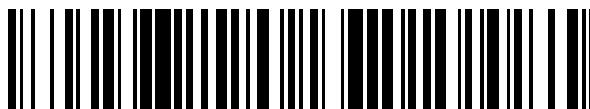


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 756 719**

51 Int. Cl.:

H01M 8/22 (2006.01)
H01M 14/00 (2006.01)
G21B 3/00 (2006.01)
H01M 4/86 (2006.01)
H01M 4/94 (2006.01)
H01M 4/96 (2006.01)
C01B 3/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **17.03.2011** **PCT/US2011/028889**
87 Fecha y número de publicación internacional: **22.09.2011** **WO11116236**
96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **17.03.2011** **E 11712377 (8)**
97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **11.09.2019** **EP 2548257**

54 Título: **Sistema de energía electroquímico de catalizador de hidrógeno**

30 Prioridad:

15.10.2010 US 393719 P 07.05.2010 US 332526 P
03.12.2010 US 419590 P 25.06.2010 US 358667 P
20.12.2010 US 425105 P 27.08.2010 US 377613 P
09.07.2010 US 363090 P 24.03.2010 US 317176 P
18.06.2010 US 356348 P 17.09.2010 US 383929 P
12.11.2010 US 413243 P 30.04.2010 US 329959 P
21.05.2010 US 347130 P 16.07.2010 US 365051 P
07.01.2011 US 430814 P 01.10.2010 US 389006 P
28.01.2011 US 437377 P 11.02.2011 US 442015 P
13.08.2010 US 373495 P 06.08.2010 US 371592 P
18.03.2010 US 315186 P 29.10.2010 US 408384 P
04.03.2011 US 449474 P 30.07.2010 US 369289 P

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
27.04.2020

73 Titular/es:

BLACKLIGHT POWER, INC. (100.0%)
493 Old Trenton Road
Cranbury, NJ 08512, US

72 Inventor/es:

MILLS, RANDELL, L.

74 Agente/Representante:

IZQUIERDO BLANCO, María Alicia

ES 2 756 719 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Sistema de energía electroquímico de catalizador de hidrógeno

5 **REFERENCIAS CRUZADAS A SOLICITUDES RELACIONADAS**

[0001] Esta solicitud reivindica el beneficio de prioridad de la solicitud provisional de Estados Unidos Nº 61/315,186, presentada el 18 de marzo, 2010.; 61/317,176, presentada el 24 de marzo de del 2010; 61/329,959, presentada el 30 de abril de del 2010; 61/332,526 presentada el 7 de mayo de del 2010; 61/347,130, presentada el 21 de mayo de del 2010; 61/356,348 presentada el 18 de junio de del 2010; 61/358,667 presentada el 25 de junio de del 2010; 61/363,090 presentada el 9 de julio de del 2010; 61/365,051 presentada el 16 de julio de del 2010; 61/369,289, presentada el 30 de julio de del 2010; 61/371,592 presentada el 6 de agosto de del 2010; 61/373,495 presentada el 13 de agosto de del 2010; 61/377,613 presentada el 27 de agosto de del 2010; 61/383,929 presentada el 17 de septiembre de 2010; 61/389,006, presentada el 1 de octubre de del 2010; 61/393719 de fecha 15 de octubre de 2010; 61/408,384, presentada el 29 de octubre de del 2010; 61/413,243 presentada el 12 de noviembre de del 2010; 61/419,590 presentada el 3 de diciembre de del 2010; 61/425,105 presentada el 20 de diciembre de del 2010; 61/430,814 presentada el 7 de enero de del 2011; 61/437,377 presentada el 28 de enero de del 2011; 61/442,015 presentada el 11 de febrero de 2011 y 61/449,474, presentada el 4 de marzo de 2011.

[0002] El documento RS3057946 describe un sistema de energía electroquímico que incluye una célula energética que comprende un ánodo capaz de oxidar una especie que comprende hidrógeno, un cátodo capaz de reducir al menos uno de O_2 o H_2O .

25 **SUMARIO DE REALIZACIONES DESCRITAS:**

[0003] La presente descripción está dirigida a un sistema de acuerdo con la reivindicación 1.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

30 **[0004]**

La FIGURA 1 es un dibujo esquemático de un reactor de energía y planta de energía de acuerdo con la presente descripción.

La FIGURA 2 es un dibujo esquemático de un reactor de energía y planta de energía para su reciclado o regeneración del combustible de acuerdo con la presente descripción.

La FIGURA 3 es un dibujo esquemático de un reactor de potencia de acuerdo con la presente descripción.

La FIGURA 4 es un dibujo esquemático de un sistema para el reciclaje o regeneración del combustible de acuerdo con la presente descripción.

La FIGURA 5 es un dibujo esquemático de un sistema de reacción de múltiples tubos que muestra además los detalles de un reactor de energía unidad y planta de energía para el reciclaje o regeneración del combustible de acuerdo con la presente descripción.

La FIGURA 6 es un dibujo esquemático de un tubo de un sistema de reacción multi-tubo que comprende una cámara de reacción y un metal-ondensación y la cámara de rehidridar separados por una válvula de compuerta o puerta para la evaporación de vapor de metal, rehidridar del metal, y resumistrar hidrideína alcalina regenerada con la presente descripción.

La FIGURA 7 es un dibujo esquemático de un paquete de múltiples células acoplado térmicamente en donde las células en la fase de producción de energía de las células de calor de ciclo en la fase de regeneración y el haz se sumergen en agua de tal manera que la ebullición y la producción de vapor se produce en la superficie exterior del anillo externo con un gradiente de calor a través de la brecha de acuerdo con la presente descripción.

La FIGURA 8 es un dibujo esquemático de una pluralidad de haces de células de múltiples acopladas térmicamente en donde los haces pueden estar dispuestos en una caja de caldera de acuerdo con la presente descripción.

La FIGURA 9 es un dibujo esquemático de una caldera que alberga los haces del reactor y los canales de la de vapor en un colector en forma de cúpula de acuerdo con la presente descripción.

La FIGURA 10 es un dibujo esquemático de un sistema de generación de energía en el que se genera vapor en la caldera de la FIGURA 9 y se canaliza a través del colector en forma de cúpula a la línea de vapor, una turbina de vapor recibe el vapor de agua en ebullición, la electricidad se genera con un generador, y el vapor se condensa y se bombea de nuevo a la caldera de acuerdo con la presente descripción.

La FIGURA 11 es un dibujo esquemático de un sistema de reacción de múltiples tubos que comprende un haz de las células de reactor en contacto térmico y separado de un intercambiador de calor por un huelgo de gas de acuerdo con la presente descripción.

La FIGURA 12 es un dibujo esquemático de un sistema de reacción multi-tubo que comprende capas alternas de aislamiento, las células de reactor, medio conductor térmico, y el intercambiador de calor o el colector de acuerdo con la presente descripción.

La FIGURA 13 es un dibujo esquemático de una sola unidad de un sistema de reacción multi-tubo que

comprende capas alternas de aislamiento, las células de reactor, medio conductor térmico, y el intercambiador de calor o el colector de acuerdo con la presente descripción.

La FIGURA 14 es un dibujo esquemático de un sistema de caldera que comprende el sistema de reacción de múltiples tubos de la FIGURA 12 y un sistema de regulación de flujo refrigerante (agua saturada) de acuerdo con la presente descripción.

La FIGURA 15 es un dibujo esquemático de un sistema de generación de energía en el que se genera vapor en la caldera de la FIGURA 14 y de salida del separador de vapor-agua a la línea principal de vapor, una turbina de vapor recibe el vapor de agua en ebullición, la electricidad se genera con una generador, y el vapor se condensa y se bombea de nuevo a la caldera de acuerdo con la presente descripción.

La FIGURA 16 es un dibujo esquemático del diagrama de flujo de generación de vapor de acuerdo con la presente descripción.

La FIGURA 17 es un dibujo esquemático de una célula de potencia de descarga y el plasma y el reactor de acuerdo con la presente descripción.

La FIGURA 18 es un dibujo esquemático de una célula de batería y combustible de acuerdo con la presente descripción.

La FIGURA 19 es una arquitectura de coche que utiliza una pila de células de CIHT de acuerdo con la presente descripción.

La FIGURA 20 es un dibujo esquemático de una célula CIHT de acuerdo con la presente descripción.

La FIGURA 21 es un dibujo esquemático de una célula CIHT tres células medio de acuerdo con la presente descripción.

La FIGURA 22 es un dibujo esquemático de una célula CIHT que comprende sistemas de recogida y reciclado de H₂O y H₂ de acuerdo con la presente descripción.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LAS REALIZACIONES DE LA DESCRIPCIÓN

[0005] La presente descripción se refiere a sistemas de catalizador para liberar energía de hidrógeno atómico para formar estados de energía más bajos en los que la capa de electrones está en una posición más próxima en relación con el núcleo. La energía liberada es aprovechada para la generación de energía y los productos, además, se desean nuevas especies de hidrógeno y compuestos. Estos estados de energía se predice por las leyes de la física clásica y requieren un catalizador para aceptar la energía del hidrógeno con el fin de someterse a la transición de la liberación de energía correspondiente.

[0006] La física clásica da soluciones de forma cerrada del átomo de hidrógeno, el ion hidruro, el ión molecular de hidrógeno, y la molécula de hidrógeno y predice especies correspondientes con un números cuánticos principales fraccionarios. Usando las ecuaciones de Maxwell, la estructura del electrón se derivó como un problema de valores en la frontera en donde el electrón comprende la corriente de la fuente de campos electromagnéticos de tiempo variable durante las transiciones con la restricción de que el electrón de estado enlazado $n = 1$ no puede emitir energía. Una reacción predicha por la solución del átomo de H implica la transferencia de energía no radiante de resonancia de hidrógeno atómico de otra manera estable a un catalizador capaz de aceptar la energía para formar hidrógeno en estados de baja energía que se pensaba posible. Específicamente, la física clásica predice que el hidrógeno atómico puede someterse a una reacción catalítica con átomos determinados, excímeros, iones, y hidruros diatómicos que proporcionan una reacción con una entalpía neta de un número entero múltiple de la energía potencial del hidrógeno atómico, $E_h = 27,2$ eV donde E_h es uno de Hartree. Especies específicas (por ejemplo, He⁺, Ar⁺, Sr⁺, K, Li, HCl, y NaH, OH, SH, she, H₂O, nH ($n =$ número entero)) identificable sobre la base de sus niveles de energía de electrones conocidos se requiere estar presente con hidrógeno atómico para catalizar el proceso. La reacción implica una transferencia de energía no radiante seguido de una emisión continua de $q.13.6$ eV o transferencia de $q.13.6$ eV a H para formar H extraordinariamente caliente del estado excitado y un átomo de hidrógeno que es inferior en energía que el hidrógeno atómico sin reaccionar que corresponde a un número cuántico principal fraccional. Es decir, en la fórmula para los principales niveles de energía del átomo de hidrógeno:

$$E_n = -\frac{e^2}{n^2 8\pi\epsilon_0 a_H} = -\frac{13.598 \text{ eV}}{n^2} \quad (1)$$

$$n = 1, 2, 3, \dots \quad (2)$$

donde a_H es el radio de Bohr para el átomo de hidrógeno (52,947 pm), e es la magnitud de la carga del electrón, y ϵ_0 es la permitividad del vacío, números cuánticos fraccionarios:

$$n = 1, \frac{1}{2}, \frac{1}{3}, \frac{1}{4}, \dots, \frac{1}{p}; \quad \text{donde } p \leq 137 \text{ es un número entero} \quad (3)$$

sustituir el parámetro $n =$ número entero bien conocido en la ecuación de Rydberg para estados excitados de hidrógeno

y representan átomos de hidrógeno en estado de baja energía llamados "hidrinos." Entonces, similar a un estado excitado que tiene la solución analítica de las ecuaciones de Maxwell, un átomo de hidrino también comprende un electrón, un protón, y un fotón. Sin embargo, el campo eléctrico de este último aumenta la unión correspondiente a la desorción de la energía en lugar de disminuir el campo central con la absorción de la energía como en un estado excitado, y la interacción de fotones de electrones resultante del hidrino es estable en lugar de radiación.

$$n = \frac{1}{\text{nº entero}}$$

[0007] El $n = 1$ estado de hidrógeno y los estados de hidrógeno son no radiantes, pero una transición entre dos estados no radiantes, p. ej. $n = 1$ a $n = 1/2$, es posible a través de una transferencia de energía no radiante. El hidrógeno es un caso especial de los estados estables dados por las ecuaciones (1) y (3) en donde el radio correspondiente del átomo de hidrógeno o hidrino está dado por

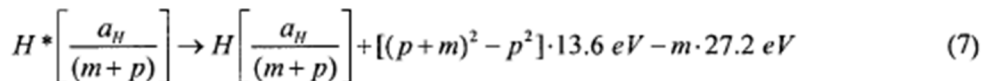
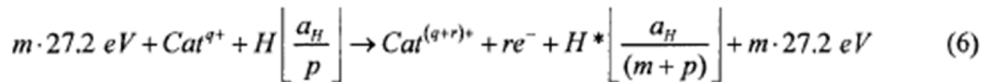
$$r = \frac{a_H}{p}, \quad (4)$$

donde $p = 1, 2, 3, \dots$ con el fin de conservar la energía, la energía debe ser transferida desde el átomo de hidrógeno al catalizador en unidades de

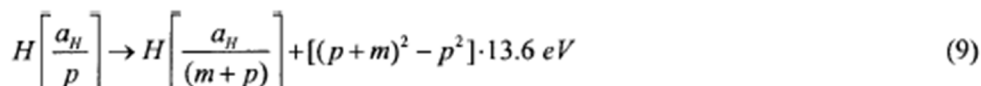
$$m \cdot 27.2 \text{ eV}, \quad m = 1, 2, 3, 4, \dots \quad (5)$$

y las transiciones de radio hasta $\frac{a_H}{m+p}$. El catalizador de reacciones implican dos etapas de liberación de energía: una transferencia no radioactiva de energía al catalizador seguido por la liberación de energía adicional cuando el radio disminuye al estado final estable correspondiente. Se cree que la velocidad de catálisis se incrementa como la entalpía neta de reacción está más estrechamente igualada a $m \cdot 27.2 \text{ eV}$. Se ha encontrado que los catalizadores que tienen una entalpía neta de reacción dentro de $\pm 10\%$, preferiblemente 65% , de $m \cdot 27.2 \text{ eV}$ son adecuados para la mayoría de aplicaciones. En el caso de la catálisis de átomos hidrino a estados de energía bajos, la entalpía de reacción de $m \cdot 27.2 \text{ eV}$ (Ec. (5)) e relativísticamente corregida por el mismo factor que la energía potencial del átomo hidrino.

[0008] Por lo tanto, la reacción general está dada por



la reacción global es



$q, r, m,$ y p son números enteros. $H^* \left[\frac{a_H}{(m+p)} \right]$ tiene el radio del átomo de hidrógeno (correspondiente a 1 en el

denominador) y un campo central equivalente a $(m+p)$ veces el de un protón, y $H \left[\frac{a_H}{(m+p)} \right]$ es el estado estable

correspondiente con el radio de $\frac{1}{(m+p)}$ el de H. Mientras los electrones experimentan aceleración radial desde el radio del átomo de hidrógeno con un radio de $\frac{1}{(m+p)}$ esta distancia, se libera energía como emisión de luz

característica o como tercer cuerpo de energía cinética. La emisión puede ser en forma de una radiación continua

extrema-ultravioleta que tiene un borde en $[(p+m)^2 - p^2 - 2m] \cdot 13,6 \text{ eV}$ o $\frac{91.2}{[(p+m)^2 - p^2 - 2m]} \text{ nm}$ y que se extiende a longitudes de onda más largas. Además de la radiación, una transferencia de energía cinética resonante para formar H rápido puede. La excitación posterior de estos átomos rápidos $H(n=1)$ por colisiones con el fondo H_2 seguido de emisión de la H que corresponde átomos rápidos $H(n=3)$ dan lugar a una emisión α Balmer ampliada. Alternativamente, H rápido es un producto directo de H o hidrino que sirve como el catalizador en el que la aceptación de la transferencia de energía de resonancia que se refiere a la energía potencial en lugar de la energía de ionización. La conservación de la energía da un protón de la energía cinética correspondiente a la mitad de la energía potencial en el primer caso y un ión de catalizador a esencialmente descansar en el último caso. La radiación de recombinación H de los protones rápidos da lugar a una emisión de Balmer ampliado que es desproporcionada al inventario de hidrógeno caliente consistente con el equilibrio de exceso de potencia.

[0009] En la presente descripción los términos tales como la reacción hidrino, catálisis H, la reacción de catálisis H, catálisis cuando se refiere a hidrógeno, la reacción del hidrógeno para formar hidrinos, y reacción de formación de hidrino se refieren a la reacción tal como la de las Ecs. (6-9)) de un catalizador se define por la Ec. (5) con H atómico para formar estados de hidrógeno que tiene niveles de energía dados por las Ecs. (1) y (3). Los términos correspondientes tales como reactivos hidrino, mezcla de reacción hidrino, mezcla de catalizadores, reactivos para la formación de hidrino, reactivos que producen o forma de hidrógeno estado de menor energía o hidrinos también se usan indistintamente cuando se refiere a la mezcla de reacción que lleva a cabo la catálisis de H a los estados H o estados hidrino que tienen niveles de energía dados por las Ecs. (1) y (3).

[0010] Las transiciones de hidrógeno de baja energía catalíticas de la presente divulgación requieren un catalizador que puede ser en forma de una reacción química endotérmica de un número entero m de la energía potencial de hidrógeno atómico no catalizada, 27,2 eV, que acepta la energía de atómico H para causar la transición. La reacción endotérmica catalizadora puede ser la ionización de uno o más electrones de una especie tal como un átomo o ion (por ejemplo, $m=3$ para $Li \rightarrow Li^{2+}$) y puede comprender adicionalmente la reacción concertada de una escisión del enlace con ionización de uno o más electrones de uno o más de los pares de la unión inicial (por ejemplo, $m=2$ para $NaH \rightarrow Na^{2+} + H$). H^+ cumple el criterio de catalizador de un proceso químico o físico con un cambio de entalpía igual a un múltiplo entero de 27,2 eV ya que ioniza a 54,417 eV, que es 2·27,2 eV. Un número entero de átomos de hidrógeno también puede servir como el catalizador de un múltiplo entero de 27,2 eV entalpía. Los átomos de hidrógeno H (1/p) $p=1,2,3,\dots$ 137 pueden someterse a otras transiciones para reducir energía estados dados por las Ecs. (1) y (3) en la que la transición de un átomo es catalizada por uno o más átomos de H que acepta resonante y no radiativamente $m \cdot 27,2 \text{ eV}$ con un cambio concomitante en contrario su energía potencial. La ecuación general global para la transición de H (1/p) a H (1/(p+m)) inducida por una transferencia de resonancia de $m \cdot 27,2 \text{ eV}$ a H (1/p) está representado por

$$H(1/p) + H(1/p) \rightarrow H + H(1/(p+m)) + [2pm + m^2 - p^2 + 1] \cdot 13.6 \text{ eV} \quad (10)$$

Átomos de hidrógeno pueden servir como un catalizador en el que $m=1$, $m=2$, y $m=3$ para uno, dos, y tres átomos, respectivamente, actuando como catalizador para otro. La tasa para la de dos átomos-catalizador, $2H$, puede ser alta cuando H extraordinariamente rápido choca con una molécula para formar el $2H$ en donde dos átomos aceptan de forma resonante y no radiativa 54,4 eV de un tercer átomo de hidrógeno de los pares de colisión. Por el mismo mecanismo, la colisión de dos H_2 calientes proporciona $3H$ para servir como un catalizador de 3,27,2 eV para el cuarto. La continua EUV a 22,8 nm y 10,1 nm, ensanchamiento de línea Balmer α extraordinario ($>100 \text{ eV}$), los estados H altamente excitados, el gas H_2 producto (1/4), y una gran liberación de energía se observa consistente con las predicciones.

[0011] $H(1/4)$ es un estado hidrino preferido basado en su multipolaridad y las reglas de selección para su formación. Así, en el caso de que se forma $H(1/3)$, la transición a $H(1/4)$ puede ocurrir catalizada rápidamente por H de acuerdo con la Ec. (10). De manera similar, $H(1/4)$ es un estado preferido para una energía de catalizador mayor que o igual a 81,6 eV correspondiente a $m=3$ en la Ec. (5). En este caso la transferencia de energía al catalizador comprende el eV 81,6 que forma ese intermedio $H^*(1/4)$ de la Ec. (7), así como un número entero de 27,2 eV de la descomposición del intermedio. Por ejemplo, un catalizador que tiene una entalpía de 108,8 eV puede formar $H^*(1/4)$ mediante la aceptación de 81,6 eV así como 27,2 eV de la energía de desintegración $H^*(1/4)$ de 122,4 eV. La energía de desintegración restante de 95,2(1/4).

[0012] Un catalizador adecuado puede, por tanto, proporcionar una entalpía positiva neta de la reacción de $m \cdot 27,2 \text{ eV}$. Es decir, el catalizador acepta resonantemente la transferencia de energía no radiante entre átomos de hidrógeno y libera la energía a los alrededores para afectar a transiciones electrónicas a los niveles de energía cuántica fraccionarios. Como consecuencia de la transferencia de energía no radiante, el átomo de hidrógeno se vuelve inestable y emite más energía hasta que se alcanza un estado no radiante de baja energía que tiene un nivel principal de energía dada por las Ecs. (1) y (3). Por lo tanto, la catálisis libera energía del átomo de hidrógeno con una disminución proporcional en el tamaño del átomo de hidrógeno, $r_n = n \alpha_H$ donde n está dado por la Ec. (3). Por ejemplo,

la catálisis de $H(n=1)$ a $H(n=1/4)$ libera 204 eV, y el radio de hidrógeno disminuye desde α_H a $\frac{1}{4}\alpha_H$.

[0013] El producto catalizador, $H(1/p)$, también puede reaccionar con un electrón para formar un ion H hidruro de hidrino $H(1/p)$, o dos $H(1/p)$ pueden reaccionar para formar el correspondiente hidrino molecular $H_2(1/p)$. Específicamente, el producto catalizador, $H(1/p)$, también puede reaccionar con un electrón para formar un ion de hidruro novelo $H(1/p)$ con una energía de unión E_B :

$$E_B = \frac{\hbar^2 \sqrt{s(s+1)}}{8\mu_e \alpha_0^2 \left[\frac{1+\sqrt{s(s+1)}}{p} \right]^2} - \frac{\pi\mu_e e^2 \hbar^2}{m_e^2} \left(\frac{1}{\alpha_H^3} + \frac{2^2}{\alpha_0^3 \left[\frac{1+\sqrt{s(s+1)}}{p} \right]^3} \right) \quad (11)$$

donde p = número entero >1 , $s = 1/2$, $\hbar$ es barra de la constante de Planck, μ_o es la permeabilidad del vacío, m_e es la

$$\mu_e = \frac{m_e m_p}{\frac{m_e}{\sqrt{3}} + m_p}$$

masa del electrón, μ_e es el electrón masa reducida dada por donde m_p es la masa del protón, α_o es

$$r_i = \frac{\alpha_0}{p} \left(1 + \sqrt{s(s+1)} \right).$$

el radio de Bohr, y el radio iónico es. A partir de la ecuación (11), la energía de ionización calculada del ion hidruro es 0,75418 eV, y el valor experimental es $6082,99 \pm 0,15 \text{ cm}^{-1}$ (0,75418 eV). Las energías de unión de iones de hidruro de hidrino fueron confirmadas por XPS.

[0014] Picos de RMN desplazados hacia arriba son prueba directa de la existencia de hidrógeno de estado de energía baja con un radio reducido con relación a ion hidruro ordinario y que tiene un aumento de apantallamiento diamagnético del protón. El desplazamiento viene dado por la suma de la de un ion H hidruro de ordinario y un componente debido al estado de energía inferior:

$$\frac{\Delta B_T}{B} = -\mu_0 \frac{e^2}{12m_e \alpha_0 \left(1 + \sqrt{s(s+1)} \right)} (1 + \alpha 2\pi p) = -(29.9 + 1.37 p) \text{ ppm} \quad (12)$$

donde por H : $p = 0$ y p = número entero >1 para $H(1/p)$ y α es la constante de estructura fina. Los picos predichos fueron observados por RMN de protón sólidos y líquidos.

[0015] $H(1/p)$ puede reaccionar con un protón y dos $H(1/p)$ puede reaccionar para formar $H_2(1/p)^+$ y $H_2(1/p)$, respectivamente. El ion molecular de hidrógeno y carga molecular y las funciones de densidad de corriente, distancias de enlace, y las energías se resolvieron del Laplaciano en coordenadas elipsoidales con la restricción de no radiación.

$$(\eta - \zeta) R_\xi \frac{\partial}{\partial \xi} \left(R_\xi \frac{\partial \phi}{\partial \xi} \right) + (\zeta - \xi) R_\eta \frac{\partial}{\partial \eta} \left(R_\eta \frac{\partial \phi}{\partial \eta} \right) + (\xi - \eta) R_\zeta \frac{\partial}{\partial \zeta} \left(R_\zeta \frac{\partial \phi}{\partial \zeta} \right) = 0 \quad (13)$$

La energía total ET del ión molecular de hidrógeno que tiene un campo central de $+pe$ en cada foco de la esferoide alargada molecular orbital es

$$E_T = -p^2 \left\{ \frac{e^2}{8\pi\epsilon_0 a_H} (4 \ln 3 - 1 - 2 \ln 3) \left[1 + p \sqrt{\frac{2e^2}{4\pi\epsilon_0 (2a_H)^3} \frac{1}{m_e c^2}} \right] - \frac{1}{2} \hbar \sqrt{\frac{pe^2}{4\pi\epsilon_0 \left(\frac{2a_H}{p}\right)^3} - \frac{pe^2}{8\pi\epsilon_0 \left(\frac{3a_H}{p}\right)^3}} \frac{1}{\mu} \right\} \quad (14)$$

$$= -p^2 16.13392 \text{ eV} - p^3 0.118755 \text{ eV}$$

donde p es un número entero, c es la velocidad de la luz en el vacío, y μ es la masa nuclear reducida. La energía total de la molécula de hidrógeno que tiene un campo central de $+pe$ en cada foco de la esferoide alargada molecular orbital es

$$E_T = -p^2 \left\{ \frac{e^2}{8\pi\epsilon_0 a_0} \left[\left(2\sqrt{2} - \sqrt{2} + \frac{\sqrt{2}}{2} \right) \ln \frac{\sqrt{2}+1}{\sqrt{2}-1} - \sqrt{2} \right] \left[1 + p \sqrt{\frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 a_0^3} \frac{1}{m_e c^2}} \right] - \frac{1}{2} \hbar \sqrt{\frac{pe^2}{8\pi\epsilon_0 \left(\frac{a_0}{p}\right)^3} - \frac{pe^2}{8\pi\epsilon_0 \left(\frac{\left(1+\frac{1}{\sqrt{2}}\right)a_0}{p}\right)^3}} \frac{1}{\mu} \right\} \quad (15)$$

$$= -p^2 31.351 \text{ eV} - p^3 0.326469 \text{ eV}$$

[0016] La energía de disociación de enlace, E_D , de la molécula de hidrógeno $H_2(1/p)$ es la diferencia entre la energía total de los correspondientes átomos de hidrógeno y E_T

$$E_D = E(2H(1/p)) - E_T \quad (16)$$

donde

$$E(2H(1/p)) = -p^2 27.20 \text{ eV} \quad (17)$$

E_D está dado por las ecuaciones (16-17) y (15):

$$\begin{aligned} E_D &= -p^2 27.20 \text{ eV} - E_T \\ &= -p^2 27.20 \text{ eV} - (-p^2 31.351 \text{ eV} - p^3 0.326469 \text{ eV}) \\ &= p^2 4.151 \text{ eV} + p^3 0.326469 \text{ eV} \end{aligned} \quad (18)$$

[0017] La RMN de gas de producto de catálisis proporciona una prueba definitiva del desplazamiento químico teóricamente predicho de $H_2(1/4)$. En general, la resonancia de ^1H RMN de $H_2(1/p)$ se prevé que sea fuera del campo de la de H_2 debido al radio fraccional en coordenadas elípticas en donde los electrones son mucho más cerca de los

núcleos. El cambio predicho $\frac{\Delta B_T}{B}$, para $H_2(1/p)$ viene dado por la suma de la de H_2 y un término que depende de p = número entero >1 para $H_2(1/p)$:

$$\frac{\Delta B_T}{B} = -\mu_0 \left(4 - \sqrt{2} \ln \frac{\sqrt{2}+1}{\sqrt{2}-1} \right) \frac{e^2}{36a_0 m_e} (1 + \pi \alpha p) \quad (19)$$

5

$$\frac{\Delta B_T}{B} = -(28.01 + 0.64 p) \text{ ppm} \quad (20)$$

10 donde para H_2 $p = 0$. El cambio de resonancia en fase gaseosa experimental H_2 absoluta de -28,0 ppm está en excelente acuerdo con el cambio de fase gaseosa absoluta predicha de -28,01 ppm (Ec. (20)). El pico de RMN predicho para el producto favorecido $H_2(1/4)$ se observó por RMN sólido y líquido incluyendo en gas criogénicamente recogido de plasmas que muestran la radiación continua predicha y H rápido.

15 **[0018]** Las energías de vibración, E_{vib} , Para el $v = 0$ a $v = 1$ de transición de moléculas de tipo hidrógeno $H_2(1/p)$ son

$$E_{vib} = p^2 0.515902 \text{ eV} \quad (21)$$

20 donde p es un número entero.

[0019] Las energías de rotación, E_{rot} , Para la transición J a $J+1$ de moléculas de tipo hidrógeno $H_2(1/p)$ son

$$E_{rot} = E_{J+1} - E_J = \frac{\hbar^2}{I} [J+1] = p^2 (J+1) 0.01509 \text{ eV} \quad (22)$$

30 donde p es un número entero e I es el momento de inercia. La emisión Ro-vibracional de $H_2(1/4)$ se observó en moléculas excitadas e-haz en los gases y atrapadas en matriz sólida.

[0020] La dependencia p^2 de las energías de rotación resultan de una dependencia inversa p de la distancia internuclear y el correspondiente impacto en el momento de inercia I . La distancia internuclear predicha $2c'$ para $H_2(1/p)$ es

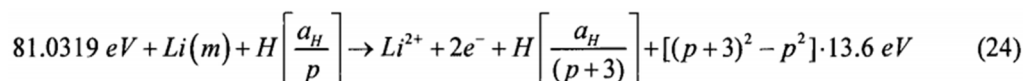
35

$$2c' = \frac{a_0 \sqrt{2}}{p} \quad (23)$$

40 CATALIZADORES

[0021] He^+ , Ar^+ , Sr^+ , Li , K , NaH , nH (n = número entero), y H_2O se predice para servir como catalizadores, ya que cumplen el criterio de catalizador de un proceso químico o físico con un cambio de entalpía igual a un múltiplo entero de la energía potencial de hidrógeno atómico, 27,2 eV. Específicamente, un sistema catalítico que es proporcionado por la ionización de t electrones de un átomo de cada uno a un nivel de energía continuo de tal manera que la suma de las energías de ionización de t electrones es aproximadamente $m \cdot 27,2 \text{ eV}$ donde m es un número entero. Un tal sistema catalítico consiste en átomos de litio. La primera y segunda energía de ionización de litio son 5,39172 eV y 75,64018 eV, respectivamente. La reacción del doble de ionización ($t = 2$) de Li a Li^{2+} entonces, tiene una entalpía neta de la reacción de 81,0319 eV, que es equivalente a $3,27,2 \text{ eV}$.

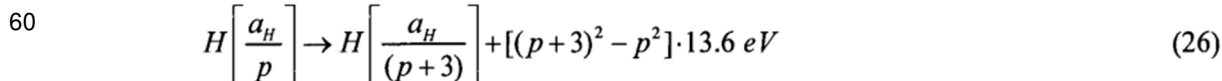
50



55



[0022] Y, la reacción global es



65 donde $m = 3$ en la Ec. (5). La energía liberada durante la catálisis es mucho mayor que la energía que se pierde al catalizador. La energía liberada es grande en comparación con reacciones químicas convencionales. Por ejemplo, cuando gases hidrógeno y oxígeno se someten a combustión para formar agua



la entalpía conocida de formación de agua es $\Delta H_f = -286$ kJ/mol o 1,48 eV por átomo de hidrógeno. Por el contrario,

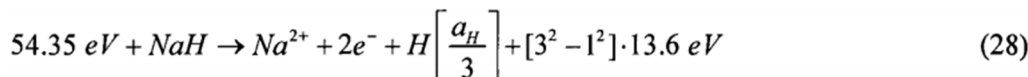
cada ($n = 1$) átomo de hidrógeno ordinario somete a una etapa de catálisis a $n = \frac{1}{2}$ libera una red de 40,8 eV. Por

$$n = \frac{1}{2} \rightarrow \frac{1}{3}, \frac{1}{3} \rightarrow \frac{1}{4}, \frac{1}{4} \rightarrow \frac{1}{5},$$

otra parte, se pueden producir nuevas transiciones catalíticas: y así sucesivamente.

Una vez comienza catálisis, hidrinos autocatalizan adicionalmente en un proceso llamado de desproporción en el que H o $H(1/p)$ sirve como catalizador para otro H o $H(1/p')$ (p puede ser igual a p').

[0023] Ciertas moléculas también pueden servir para afectar a las transiciones de H para formar hidrinos. En general, un compuesto que comprende hidrógeno tal como MH , en donde m es un elemento distinto de hidrógeno, sirve como una fuente de hidrógeno y una fuente de catalizador. Una reacción catalítica es proporcionada por la rotura del enlace $m - H$ más la ionización de t electrones del átomo m cada uno a un nivel de energía continuo tal que la suma de las energías de energía de unión y de ionización de los t electrones es aproximadamente $m \cdot 27,2$ eV, donde m es un número entero. Un tal sistema catalítico consiste en hidruro de sodio. La energía de unión de NaH es 1,9245 eV, y la primera y segunda energía de ionización de Na son 5,13908 eV y 47,2864 eV, respectivamente. Sobre la base de estas energías de molécula NaH puede servir como un catalizador y fuente de H, ya que la energía de unión de NaH más el doble de ionización ($t = 2$) de Na a Na^{2+} es 54,35 eV ($2 \cdot 27,2$ eV). Las reacciones de catalizador concertadas están dadas por



Y, la reacción global es

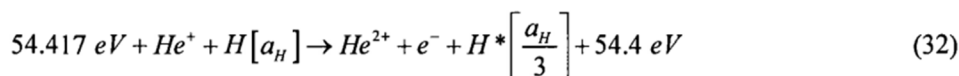


[0024] Con $m = 2$, el producto de catalizador NaH es $H(1/3)$ que reacciona rápidamente para formar $H(1/4)$, entonces hidrino molecular, $H_2(1/4)$, como un estado preferido. Específicamente, en el caso de una concentración de átomos de alto hidrógeno, la transición adicional dada por la ecuación (10) de $H(1/3)$ ($p = 3$) a $H(1/4)$ ($p + m = 4$) con H como catalizador ($p' = 1$; $m = 1$) puede ser rápido:



El correspondiente hidrino molecular $H_2(1/4)$ y hidrino ion hidruro $H^-(1/4)$ son productos finales preferidos consistentes con la observación ya que el estado $p = 4$ cuántico tiene una multipolaridad mayor que la de un cuadrupolo dando a $H(1/4)$ una vida teórica larga para mayor catálisis.

[0025] Iones de helio pueden servir como un catalizador debido a que la segunda energía de ionización del helio es 54,417 eV, que es equivalente a $2 \cdot 27,2$ eV. En este caso, 54,417 eV se transfiere no radiativamente de hidrógeno atómico a He^+ que se ioniza resonante. El electrón decae al estado $n = 1/3$ con la liberación adicional de 54,417 eV como se da en la ecuación (33). La reacción de la catálisis es



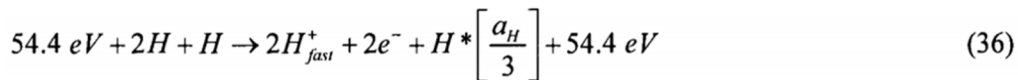
Y, la reacción global es



en el que $H^*\left[\frac{a_H}{3}\right]$ tiene el radio del átomo de hidrógeno y un campo central equivalente a 3 veces la de un protón $H\left[\frac{a_H}{3}\right]$ es el estado estable correspondiente con el radio de 1/3 el de H. Como el electrón se somete a una

aceleración radial desde el radio del átomo de hidrógeno a un radio de 1/3 de esta distancia, se libera energía como la emisión de luz característica o como tercer cuerpo de energía cinética. Se observó característica de emisión continua a partir de 22,8 nm (54,4 eV) y continuando a longitudes de onda más largas como se predijo para esta reacción de transición como las desintegraciones intermedias de hidrino energéticas. La emisión se ha observado mediante espectroscopia EUV grabada en las descargas pulsadas de helio con hidrógeno. Alternativamente, una transferencia de energía cinética resonante para formar H rápido puede ocurrir coherente con la observación de ensanchamiento de línea Balmer α extraordinaria correspondiente a la energía H de alta cinética.

[0026] El hidrógeno y hidrinos pueden servir como catalizadores. Los átomos de hidrógeno $H(1/p)$ $p = 1,2,3,\dots$ pueden sufrir transiciones a estados de energía reducida dados por las Ecs. (1) y (3) en donde la transición de un átomo es catalizada por un segundo que resonante y no radiativamente acepta m·27,2 eV con un cambio concomitante en contrario su energía potencial. La ecuación general global para la transición de $H(1/p)$ a $H(1/(m+p))$ inducida por una transferencia de resonancia de m·272 eV a $H(1/p')$ está representado por la ecuación (10). Por lo tanto, los átomos de hidrógeno pueden servir como un catalizador en el que $m = 1$, $m = 2$, y $m = 3$ para uno, dos, y tres átomos, respectivamente, actuando como un catalizador para otro. La tasa para el caso de catalizador de dos o tres átomos sería apreciable sólo cuando la densidad de H es alta. Sin embargo, las altas densidades H no son infrecuentes. Una concentración de átomos de alto hidrógeno permisiva de 2H o 3H que sirve como aceptor de energía para una tercera o cuarta se puede lograr en varias circunstancias tales como en la superficie del Sol y estrellas debido a la temperatura y la densidad por gravedad, sobre superficies metálicas que soportan múltiples monocapas, y en plasmas altamente disociadas, especialmente plasmas de hidrógeno pellizcadas. Además, una interacción H de tres cuerpos se logra fácilmente cuando surgen dos átomos de H con la colisión de un H caliente con H_2 . Este evento puede ocurrir comúnmente en plasmas que tienen una gran población de H extraordinariamente rápido. Esto se evidencia por la intensidad inusual de emisión de H atómico. En tales casos, la transferencia de energía puede ocurrir a partir de un átomo de hidrógeno a otros dos dentro de una proximidad suficiente, siendo típicamente unos pocos angstroms a través de acoplamiento multipolar. Entonces, la reacción entre tres átomos de hidrógeno por el que dos átomos aceptan resonante y no radiativamente 54,4 eV desde el tercer átomo de hidrógeno de tal manera que 2H sirve como el catalizador está dada por



Y, la reacción global es



Desde el $H^*\left[\frac{a_H}{3}\right]$ intermedio de la ecuación (37) es equivalente a la de la ecuación (33), la emisión continua se prevé que sea la misma que con He^+ como catalizador. La transferencia de energía a dos H causa el bombeo de los estados excitados catalizadores, y el H rápido se produce directamente como se indica por las ecuaciones (36-39) y

mediante transferencia de energía cinética resonante como en el caso de He^+ como catalizador. La radiación continua 22,8 nm, el bombeo de H estados excitados, y H rápido también se observaron con plasmas de hidrógeno en donde $2H$ sirve como catalizador.

- 5 **[0027]** El producto predicho de ambas de las reacciones de iones de helio y de catalizador $2H$ dadas por las ecuaciones (32-35) y las ecuaciones (36-39), respectivamente, es $H(1/3)$. En el caso de una concentración de átomos de alto hidrógeno, la transición adicional dada por la ecuación (10) de $H(1/3)$ ($p = 3$) a $H(1/4)$ ($p + m = 4$) con H como catalizador ($p' = 1$; $m = 1$) puede ser rápido como dado por eq. (31). Se prevé que una banda continua secundaria

posteriormente se derive de la rápida transición de la He^+ del producto de catálisis $\left[\frac{a_H}{3} \right]$ (Ecs. (32-35)) al estado

- 10 $\left[\frac{a_H}{4} \right]$ en el que el hidrógeno atómico acepta 27,2 desde $\left[\frac{a_H}{3} \right]$. Este continuo 30,4 nm, también fue observado. Del mismo modo, cuando Ar^+ sirvió como el catalizador, se observaron sus continuos predichos 91,2 nm y 45,6 nm. Se observó el rápido H predicho también. Además, el producto predicho $H_2(1/4)$ se aisló de reacciones tanto He^+ como $2H$ y se identificó por RMN en su desplazamiento químico predicho dado por la ecuación (20).

- 15 **[0028]** En otra reacción catalizadora de átomos H que implica una transición directa al estado $\left[\frac{a_H}{4} \right]$, dos moléculas calientes H_2 chocan y se disocian de tal manera que tres átomos de H sirven como un catalizador de 3,27,2 eV para el cuarto. Entonces, la reacción entre cuatro átomos de hidrógeno mediante el cual tres átomos de aceptar resonante y no radiativamente 81,6 eV desde el cuarto átomo de hidrógeno de tal manera que $3H$ sirve como el catalizador se da por

$$81.6 \text{ eV} + 3H + H \rightarrow 3H_{fast}^+ + 3e^- + H^* \left[\frac{a_H}{4} \right] + 81.6 \text{ eV} \quad (40)$$

$$H^* \left[\frac{a_H}{4} \right] \rightarrow H \left[\frac{a_H}{4} \right] + 122.4 \text{ eV} \quad (41)$$

$$3H_{rápido}^+ + 3e^- \rightarrow 3H + 81.6 \text{ eV} \quad (42)$$

Y, la reacción global es

$$H \rightarrow H \left[\frac{a_H}{4} \right] + [4^2 - 1^2] \cdot 13.6 \text{ eV} \quad (43)$$

la banda de radiación continua extrema-ultravioleta debido al intermedio $H^* \left[\frac{a_H}{4} \right]$ de ec. (40) se predice que tienen punto de corte de longitud de onda corta a 122,4 eV (10,1 nm) y se extienden a longitudes de onda más largas. Esta

- 40 banda continua se confirmó experimentalmente. En general, la transición de H a $H \left[\frac{a_H}{p=m+1} \right]$ debido por la $E_{\left(H \rightarrow H \left[\frac{a_H}{p=m+1} \right] \right)}$ aceptación de $m \cdot 27,2 \text{ eV}$ da una banda continua con un corte de longitud corto de onda y la energía dada por

$$E_{\left(H \rightarrow H \left[\frac{a_H}{p=m+1} \right] \right)} = m^2 \cdot 13.6 \text{ eV} \quad (44)$$

$$\lambda_{\left(H \rightarrow H \left[\frac{a_H}{p=m+1} \right] \right)} = \frac{91.2}{m^2} \text{ nm} \quad (45)$$

y que se extiende a longitudes de onda más largas que el punto de corte correspondiente. Se observaron experimentalmente series de emisión de hidrógeno de continuos de 10,1 nm, 22,8 nm, y 91,2 nm.

DATOS

[0029] Los datos de un amplio espectro de técnicas de investigación con firmeza y coherencia indica que el hidrógeno puede existir en estados de baja energía que se creía posible y apoyar la existencia de estos estados llamados hidrino, para "hidrógeno pequeño", y los correspondientes iones de hidruro e hidrino molecular. Algunos de estos estudios relacionados anteriores que apoyan la posibilidad de una nueva reacción de hidrógeno atómico, que produce hidrógeno en estados cuánticos fraccionarios que son a energías más bajas que el estado "molido" tradicional ($n = 1$), incluyen espectroscopia extrema ultravioleta (EUV), emisión característica de los catalizadores y los productos de iones de hidruro, emisión de hidrógeno de baja energía, plasmas formadas químicamente, ensanchamiento de línea α de Balmer, la inversión de población de líneas H , temperatura elevada de electrones, la duración de resplandor de plasma anómalo, generación de energía, y el análisis de nuevos compuestos químicos y hidrino molecular.

[0030] La existencia de hidrinos confirmados por varios métodos complementarios demuestra el potencial de una nueva fuente de energía. Los átomos de hidrógeno pueden servir como un catalizador en el que $m = 1$, $m = 2$, y $m = 3$ para uno, dos, y tres átomos, respectivamente, actuando como un catalizador para otro. La tasa para el catalizador de dos átomos, $2H$, puede ser alta cuando H extraordinariamente rápido choca con una molécula para formar el $2H$ en donde dos átomos aceptan resonante y no radiativamente 54,4 eV de un tercer átomo de hidrógeno de los pares de colisión. Por el mismo mecanismo, la colisión de dos H_2 calientes proporcionan 3 H para servir como un catalizador de 3-27,2 eV para el cuarto. La continua EUV a 91,2 nm, 22,8 nm y 10,1 nm, extraordinario (>50 eV) ensanchamiento de línea de Balmer α , los estados de catalizador altamente excitados, y el producto de gas H_2 (1/4) se observaron como se predijo.

[0031] Se recogieron y se disolvieron en $CDCl_3$ los gases procedentes de las células de plasma pulsado que muestran la radiación continua. H_2 hidrino molecular (1/4) fue observado por solución RMN en el desplazamiento químico predicho de 1,25 ppm en estos, así como gases recogidos a partir de múltiples fuentes de plasma incluyendo helio-hidrógeno, el hidrógeno asistido por agua-vapor, hidrógeno, y los denominados plasmas α que implican una mezcla calentada incandescentemente de estroncio, argón y hidrógeno. Estos resultados están en buen acuerdo con los resultados anteriores en reacciones sintéticas para formar compuestos de hidrino que comprenden hidrinos. El valor ^1H MAS RMN de 1,13 ppm observado para H_2 (1/4) en $NaH \cdot F$ sólido corresponden al valor de la solución de 1,2 ppm y el de los gases procedentes de células de plasma que tiene un catalizador. El correspondiente H de ion de hidruro de hidrino (1/4) se observó a partir de compuestos sólidos en el cambio predicho de -3,86 ppm en solución RMN y su energía de ionización se confirmó en la energía predicha de 11 eV por espectroscopia de fotoelectrones de rayos X. H_2 (1/4) y H (1/4) también fueron confirmados como los productos de los sistemas catalíticos de hidrino que liberaron múltiples de la máxima energía posible sobre la base de las químicas conocidas; además, los sistemas reactivos se desarrollaron y demostraron ser regenerativos térmicamente que son competitivos como una nueva fuente de energía.

[0032] En concreto, en los últimos estudios de generación de energía y caracterización del producto, de litio atómico y NaH molecular sirvieron como catalizadores, ya que cumplen el criterio de catalizador de un proceso químico o físico con un cambio de entalpía igual a un número entero múltiplo m de la energía potencial del hidrógeno atómico, 27,2 eV (por ejemplo, $m = 3$ para Li y $m = 2$ para NaH). Predicciones específicas basadas en ecuaciones de forma cerrada para niveles de energía de iones de hidruro de hidrino correspondiente H (1/4) de nuevos compuestos de hidruro de hidrino halido alcalino ($MH \cdot X$; $m = Li$ o Na , $X = Haluro$) e hidrino molecular H_2 (1/4) se ensayaron utilizando reactivos de catálisis generados químicamente.

[0033] En primer lugar, fue probado el catalizador Li . Li y $LiNH_2$ se utilizaron como una fuente de átomos de litio y el hidrógeno atómico. El uso de agua de flujo, calorimetría por lotes, la potencia medida desde 1 g de Li , 0,5 g de $LiNH_2$, 10g de $LiBr$, y 15 g de Pd/Al_2O_3 estaba a punto de 160W con un balance energético de $\Delta H = -19,1$ kJ. El balance de energía observado fue de 4,4 veces el máximo teórico basado en la química conocida. A continuación, níquel Raney (R-Ni) sirvió como un disociador cuando se utilizó la mezcla de reacción de alimentación en la síntesis química en la que $LiBr$ actuó como un adquiridor del producto catálisis H (1/4) para formar $LiH \cdot X$, así como para atrapar H_2 (1/4) en el cristal. Los ToF-SIMS mostraron picos $LiH \cdot X$. El ^1H MAS RMN $LiH \cdot Br$ y $LiH \cdot I$ mostraron una resonancia fuera del campo distinto grande a aproximadamente -2,5 ppm que corresponde H (1/4) en una matriz de LiX . Un pico RMN a 1,13 ppm corresponde a H_2 intersticial (1/4), y la frecuencia de rotación de H_2 (1/4) de 4^º veces la de H_2 ordinaria se observó a 1,989 cm^{-1} en el espectro FTIR. El espectro de XPS grabada en los cristales $LiH \cdot Br$ mostró picos a aproximadamente 9,5 eV y 12,3 eV que no pudo ser asignado a todos los elementos conocidos basados en la ausencia de cualesquiera otros picos de elemento primario, pero se correspondía con la energía de unión de H (1/4) en dos ambientes químicos. Una firma adicional del proceso energético fue la observación de la formación de un plasma llamado una transferencia resonante- o plasma rt- a bajas temperaturas (por ejemplo $\approx 10^3$ K) y las intensidades de campo muy bajas de alrededor de 1-2 V/cm cuando Li atómica estuvo presente con hidrógeno atómico. Línea de ampliación dependiente de tiempo de la H línea α Balmer se observó correspondiente a H extraordinariamente rápido (>40 eV).

[0034] *NaH* logra singularmente alta cinética ya que la reacción del catalizador se basa en la liberación de la *H* intrínseca, que se somete de forma concomitante a la transición para formar *H*(1/3) que reacciona adicionalmente para formar *H*(1/4). Calorimetría diferencial de barrido de alta temperatura (DSC) se realizó en *NaH* iónico en una atmósfera de helio a una velocidad de rampa de temperatura extremadamente lenta (0,1°C/min) para aumentar la cantidad de formación de *NaH* molecular. Se observó un nuevo efecto exotérmico de -177 kJ/mole*NaH* en el intervalo de temperatura de 640°C a 825°C. Para lograr una alta potencia, R-Ni que tiene un área superficial de aproximadamente 100 m²/g se recubrió superficialmente con NaOH y se hace reaccionar con Na metálico para formar *NaH*. El uso de agua de flujo, calorimetría por lotes, la potencia medida de 15 g de R-Ni fue de aproximadamente 0,5 kW con un balance de energía de $\Delta H = -36$ kJ en comparación con $\Delta H \approx 0$ kJ del material de partida R-Ni, aleación R-NiAl, cuando se hace reaccionar con Na metal. El balance de energía observada de la reacción *NaH* era $-1,6 \times 10^4$ kJ/mol *H*₂, más de 66 veces la entalpía de combustión -241,8 kJ/mol *H*₂. Con un aumento en dopaje de NaOH a 0,5% en peso, el Al del intermetálico R-Ni sirve para reemplazar Na metálico como reductor para generar catalizador *NaH*. Cuando se calienta a 60°C, 15 g del material catalizador compuesto requiere ningún aditivo para liberar 11,7 kJ de exceso de energía y desarrollar una potencia de 0,25 kW. La energía se escaló linealmente y la potencia aumentó de forma no lineal en donde la reacción de 1 kg 0,5% en peso de R-Ni dopado con NaOH liberó 753,1 kJ de energía para desarrollar una potencia en exceso de 50 kW. La solución RMN sobre los gases de productos disueltos en DMF-d7 mostró *H*₂(1/4) a 1,2 ppm.

[0035] Los ToF-SIMS mostraron hidruro de hidrino de sodio, *NaH_x*, picos. Los espectros ¹H MAS NMR de *NaH * Br* y *NaH * Cl* mostró resonancia fuera del campo distinto grande a -3,6 ppm y -4 ppm, respectivamente, que coincidía con *H*(1/4), y un pico de RMN a 1,1 ppm emparejado *H*₂(1/4). *NaH * Cl* de la reacción de NaCl y el ácido sólido KHSO₄ como la única fuente de hidrógeno comprendía dos estados de hidrógeno fraccionarios. El *H*(1/4) de picos de RMN se observó a -3,97 ppm, y el *H*(1/3) de pico también estuvo presente en -3,15 ppm. El *H*₂(1/4) correspondiente y se observaron *H*₂(1/3) picos a 1,15 ppm y 1,7 ppm, respectivamente, ¹H RMN de *NaH * F* disuelto en DMF-d7 mostró *H*₂(1/4) aislado y *H*(1/4) a 1,2 ppm y -3,86 ppm, respectivamente, en el que la ausencia de cualquier efecto matriz sólido o la posibilidad de asignaciones alternativas confirmaron las asignaciones de RMN sólidos. El espectro de XPS grabada en *NaH * Br* mostró la *H*(1/4) picos a aproximadamente 9,5 eV y 12,3 eV que coincidía con los resultados de *LiH * Br* y *KH * I*; mientras que, hidruro de hidrino de sodio mostró dos estados de hidrógeno fraccionarios, además, que tiene el pico *H*(1/3) XPS a 6 eV en ausencia de un pico de haluro. Las transiciones rotacionales predichas que tiene energías de 4² veces los de *H*₂ ordinaria también se observaron a partir de *H*₂(1/4), que se excita mediante un haz de electrones 12,5 keV.

[0036] Después de haber cumplido o excedido características de rendimiento existentes, una química de regeneración rentable adicional se solicitó para fuentes de energía basadas en hidrino. Combustible sólido o sistemas de catalizador heterogéneos se desarrollaron en donde los reactantes de cada uno pueden ser regenerados a partir de los productos que utilizan sistemas de química de plantas comerciales que realizan electrólisis de sal eutéctica fundida y regeneración térmica con una ganancia neta de energía del ciclo química. Sistemas de catalizadores consistían en (i) un catalizador o de la fuente de catalizador y una fuente de hidrógeno del grupo de LiH, KH, NaH y, (ii) un oxidante del grupo de NiBr₂, MnI₂, AgCl, EuBr₂, SF₆, S, CF₄, NF₃, LiNO₃, M₂S₂O₈ con Ag, y P₂O₅, (iii) un reductor de entre el grupo de polvo de Mg, o MgH₂, polvo Al, o aluminio nano-polvo (Al NP), Sr, y AC, y (iv) un soporte del grupo de AC, TiC, y YC₂. La forma metálica típica de Li y K se convierte en la forma atómica y la forma iónica de NaH se convierte en la forma molecular mediante el uso de soporte tal como un carbón activado (aq) que tiene un área superficial de 900 m²/g para dispersar las moléculas de átomos Li y K y NaH, respectivamente. La etapa de reacción de una transferencia no radiativa de energía de un múltiplo entero de 27,2 eV de hidrógeno atómico a los resultados de catalizador en catalizador ionizado y electrones libres que causa la reacción de cesar rápidamente debido a la acumulación de carga. El soporte también actuó como un aceptor de electrones conductor de electrones liberados de la reacción de catalizador para formar hidrinos. Cada mezcla de reacción comprendía además un oxidante para servir como eliminador de electrones desde el soporte conductor y un reactivo último aceptor de electrones, así como un reductor débil para ayudar a la función del oxidante. En algunos casos, la reacción concertada de aceptor de electrones (oxidación) también fue muy exotérmica para calentar los reactivos y mejorar las tasas para producir energía o compuestos hidrino, ¹H RMN, ToF-SIMS, y XPS. El calor también se registró en una reacción a escala alta de 10 veces. La ganancia de potencia y la energía medida a partir de estos sistemas catalizadores heterogéneos eran hasta 10 W/cm³ (volumen reactivo) y un factor de más de seis veces el máximo teórico, respectivamente. La reacción a escala linealmente a 580 kJ que desarrollaron una potencia de aproximadamente 30 kW. Solución ¹H RMN en muestras extraídas de los productos de reacción en DMF-d7 mostró la *H*₂ predicha (1/4) y *H*(1/4) a 1,2 ppm y -3,8 ppm, respectivamente. ToF-SIMS mostraron picos de hidruro de hidrino sodio tales como *NaH_x*, picos con catalizador de NaH, y la energía de unión 11 eV predicho de *H*(1/4) fue observado por XPS.

[0037] Los hallazgos sobre el mecanismo de reacción de la formación de hidrino se aplicaron al desarrollo de una química térmicamente reversible como una fuente de energía comercial con capacidad adicional. Cada sistema de combustible compuesto por una mezcla térmicamente reversible de reacción de un catalizador o fuente de catalizador y una fuente de hidrógeno (KH o NaH), un soporte conductor de área superficial alta (TiC, TiCN, Ti₃Sic₂, WC, YC₂, Pd/C, negro de humo (CB), y LiCl reducido a Li), y opcionalmente un reductor (Mg, AC, o Li). Además, dos sistemas comprenden un oxidante de haluro alcalino o de alcali, o el soporte de carbono comprendía el oxidante. Las reacciones para propagar formación de hidrino fueron reacciones de oxidación-reducción que implican intercambio de hidruro-haluro, cambio de hidruro, o fisi-dispersión. La reacción hacia adelante fue espontánea en condiciones de reacción,

pero se demostró mediante el uso de productos químicos de productos que el equilibrio podría ser desplazado de predominantemente los productos a la dirección inversa mediante la eliminación de forma dinámica el producto-reacción inversa volátil, el metal alcalino. Los productos de reacción inversa aislados se pueden hacer reaccionar para formar los reactivos iniciales para ser combinados para formar la mezcla de reacción inicial adicional. El ciclo térmico de los reactivos a productos invertidos térmicamente a los reactivos es energía neutral, y las pérdidas térmicas y de energía para reemplazar hidrógeno convertido a hidrinos son pequeñas comparadas con la gran energía liberada en la formación de hidrinos. Los parámetros típicos medidos por calorimetría de flujo de agua absoluta eran 2-5 veces la energía de ganancia relativa a la química de regeneración, 7 W cm^{-3} , y 300-400 kJ/mol oxidante. El hidrino molecular predicho y los productos de hidruro de hidrino $H_2(1/4)$ y $H(1/4)$ correspondiente a 50 MJ/mol H_2 consumido fueron confirmados por la solución de pico ^1H RMN a 1,2 ppm y el pico de XPS a 11 eV, respectivamente. La regeneración del producto en el intervalo de temperatura de 550-750°C mostró que la temperatura de funcionamiento de la célula era suficiente para mantener la temperatura de regeneración de las células en la fase correspondiente del ciclo de potencia-regeneración en donde los tiempos de reacción de avance y retroceso eran comparables. Los resultados indican que la generación continua de energía liberada por la formación de hidrinos es comercialmente factible mediante el uso de sistemas simplistas y eficientes que al mismo tiempo mantienen la regeneración como parte del equilibrio de energía térmica. El sistema es cerrado excepto que sólo hidrógeno consumido en la formación de hidrinos necesita ser reemplazado. El hidrógeno para formar hidrinos se puede obtener en última instancia de la electrólisis del agua con 200 veces la liberación de energía en relación con la combustión.

[0038] En los estudios de espectroscopia recientes, se han usado sistemas catalíticos atómicas que implican iones de helio y dos átomos de H. La segunda energía de ionización del helio es 54,4 eV; por lo tanto, la reacción de ionización de He^+ para He^{2+} tiene una entalpía neta de la reacción de 54,4 eV que es equivalente a 2·27,2 eV. Por otra parte, la energía potencial de hidrógeno atómico es 27,2 eV tal que dos átomos de H forman a partir de H_2 por colisión con un tercero H, caliente también puede actuar como un catalizador para esta tercera H para hacer que la misma transición como He^+ como catalizador. La transferencia de energía se prevé para bombear los niveles de energía de iones He^+ y aumentan la temperatura de excitación de electrones de H en helio-hidrógeno y de plasmas de hidrógeno, respectivamente. Después de la transferencia de energía al catalizador, el radio del átomo de H se predice a disminuir a medida que el electrón se somete a una aceleración radial a un estado estable que tiene un radio que es 1/3 del radio del átomo de hidrógeno catalizado con la liberación adicional de 54,4 eV de energía. Esta energía puede ser emitida como un continuo EUV característico, con un punto de corte a 22,8 nm y que se extiende a longitudes de onda más largas, o como tercer cuerpo de la energía cinética en el que se produce una transferencia de energía cinética resonante para formar H rápido. excitación posterior de estos átomos rápidos H ($n = 1$) por colisiones con las especies de fondo, seguido de emisión de los correspondientes átomos rápidos H ($n = 3$) se prevé para dar lugar a la emisión ampliada de Balmer α . El producto $H(1/3)$ reacciona rápidamente para formar $H(1/4)$, entonces hidrino molecular, $H_2(1/4)$, como un estado preferido. Espectroscopia ultravioleta extrema (EUV) y espectroscopia de alta resolución visible se registraron en plasmas de microondas, descarga luminiscente, y las descargas pulsadas de helio con hidrógeno y de hidrógeno solo. El bombeo de líneas de iones He^+ se produjeron con la adición de hidrógeno, y la temperatura de excitación de plasmas de hidrógeno bajo ciertas condiciones era muy alta. Por otra parte, para ambos plasmas que proporcionan catalizadores He^+ y $2H$, respectivamente, el continuo EUV y ensanchamiento de la línea extraordinaria ($>50 \text{ eV}$) Balmer α se observaron. $H_2(1/4)$ se observó por solución de RMN a 1,25 ppm en los gases recogidos de helio-hidrógeno y plasmas de hidrógeno asistidos por vapor de agua y se disolvió en $CDCl_3$. Se logró la confirmación experimental de cuatro de estas predicciones para las transiciones de hidrógeno atómico para formar hidrinos.

[0039] Estudios adicionales de EUV mostraron la banda continua 22,8 nm en las descargas de hidrógeno puro y una banda continua adicional de la descomposición del intermedio correspondiente al estado hidrino $H(1/4)$ mediante el uso de diferentes materiales de electrodos que mantienen un alto voltaje, plasma ópticamente fino durante la descarga de impulsos cortos. Dado que la energía potencial de hidrógeno atómico es 27,2 eV dos átomos de H forman a partir de H_2 por colisión con un H tercero caliente puede actuar como un catalizador para este H tercero al aceptar 2·27,2 eV de él. Por el mismo mecanismo, la colisión de dos H_2 caliente proporciona 3 H para servir como un catalizador de 3·27,2 eV para el cuarto. Después de la transferencia de energía al catalizador un compuesto intermedio se forma tiene el radio del átomo de H y un campo central de 3 y 4 veces el campo central de un protón, respectivamente, debido a la contribución del fotón de cada intermedio. El radio se predijo a disminuir a medida que el electrón se somete a una aceleración radial a un estado estable que tiene un radio que es un tercio ($m = 2$) o cuarto ($m = 3$) el radio del átomo de hidrógeno catalizado con la liberación adicional de 54,4 eV y 122,4 eV de energía, respectivamente. Esta energía emitida como un continuo EUV característico, con un punto de corte a 22,8 nm y 10,1 nm, respectivamente, se observó a partir de las descargas de hidrógeno pulsadas. Se observó la serie de emisiones de hidrógeno de continuos 10,1 nm, 22,8 nm, y 91,2 nm.

[0040] Estos datos tales como desplazamientos de RMN, masas ToF-SIMS, energías de enlace XPS, FTIR, y espectros de emisión son característicos de e identifican los productos hidrino de los sistemas catalizadores que comprenden un aspecto de la presente divulgación. Los espectros continuos directa e indirectamente coincide con las observaciones celestes significativas. El hidrógeno auto-atálisis y de desproporción pueden ser reacciones que se producen de manera ubicua en los objetos celestes y medio interestelar que comprenden hidrógeno atómico. Las estrellas son fuentes de hidrógeno atómico y hidrinos como viento estelar para reacciones interestelares muy densas que el hidrógeno atómico estelar y helio ionizado, He^+ , sirven como catalizadores en estrellas. Continuos de hidrógeno

de transiciones para formar hidrinos coincide con la emisión de enanos blancos, proporciona un posible mecanismo de vinculación de las condiciones de temperatura y densidad de las diferentes capas discretas de las fuentes corales/cromosféricas, y proporciona una fuente del fondo cósmico EUV ubicuo difuso con un continuo 10,1 nm coincidiendo con la banda intensa de 11,0 a 16,0 nm observada además de resolver la identidad de la fuente de radiación detrás de la observación de que emisión difundida $H\alpha$ es omnipresente en toda la galaxia se requieren fuentes generalizadas de flujo de 912 Å. Por otra parte, los hidrinos producto proporcionan resolución a la identidad de la materia oscura.

I. Hidrinos

[0041] Un átomo de hidrógeno que tiene una energía de unión propuesta por

$$\text{Energía de enlace} = \frac{13.6 \text{ eV}}{(1/p)^2} \quad (46)$$

donde p es un número entero mayor que 1, preferiblemente de 2 a 137, es el producto de la reacción catálisis H de la presente descripción. La energía de unión de un átomo, ion o molécula, también conocido como la energía de ionización, es la energía requerida para quitar un electrón del átomo, ion o molécula. Un átomo de hidrógeno que tiene la energía de unión dada en la ecuación (46) se hace referencia de aquí en adelante como un "átomo de hidrino" o

"hidrino." La designación para un hidrino de radio $\frac{a_H}{p}$, en el que a_H es el radio de un átomo de hidrógeno ordinario

y p es un número entero, es $H\left[\frac{a_H}{p}\right]$ un átomo de hidrógeno con un radio a_H se denominará en adelante como "átomo de hidrógeno ordinario" o "átomo de hidrógeno normal." Hidrógeno atómico ordinario se caracteriza por su energía de unión de 13,6 eV.

[0042] Hidrinos se forman por reacción de un átomo de hidrógeno ordinario con un catalizador adecuado que tiene una entalpía de neto de reacción de

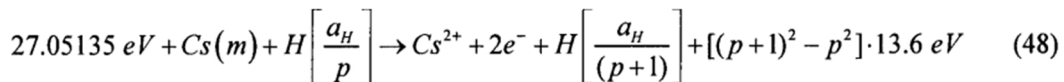
$$m \cdot 27.2 \text{ eV} \quad (47)$$

donde m es un número entero. Se cree que la velocidad de catálisis se incrementa como la entalpía neta de reacción está más estrechamente igualada a $m \cdot 27.2 \text{ eV}$. Se ha encontrado que los catalizadores que tienen una entalpía neta de reacción dentro de $\pm 10\%$, preferiblemente $\pm 5\%$, de $m \cdot 27.2 \text{ eV}$ son adecuados para la mayoría de aplicaciones.

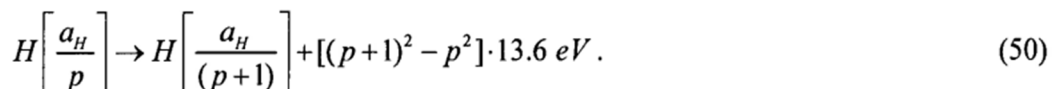
[0043] Esta catálisis libera energía del átomo de hidrógeno con una disminución proporcional en el tamaño del átomo de hidrógeno, $r_n = na_H$. Por ejemplo, la catálisis de $H(n=1)$ a $H(n=1/2)$ libera 40,8 eV, y el radio de hidrógeno

disminuye a partir de a_H a $\frac{1}{2}a_H$. Un sistema catalítico es proporcionado por la ionización de t electrones de un átomo de cada uno a un nivel de energía continuo de tal manera que la suma de las energías de ionización de t electrones es aproximadamente $m \cdot 27.2 \text{ eV}$ donde m es un número entero.

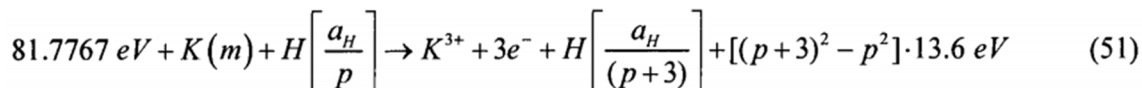
[0044] Un ejemplo adicional de tales sistemas catalíticos propuestos supra (Ecs. (6-9) implica cesio. La primera y segunda energía de ionización de cesio son 3,89390 eV y 23,15745 eV, respectivamente. La reacción de doble ionización ($t=2$) de Cs a Cs^{2+} , entonces, tiene una entalpía neta de la reacción de 27,05135 eV, que es equivalente a $m=1$ en la ecuación (47).



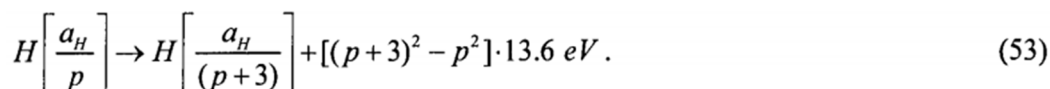
Y la reacción global es



[0045] Un sistema catalítico adicional implica potasio metálico. Las primeras, segundas, y terceras energías de ionización de potasio son 4,34066 eV, 31,63 eV, 45,806 eV, respectivamente. La reacción de triple ionización ($t = 3$) de K a K^{3+} , entonces, tiene una entalpía neta de la reacción de 81,7767 eV, que es equivalente a $m = 3$ en la Ec. (47).



Y la
reacción global es



como fuente de energía, la energía liberada durante la catálisis es mucho mayor que la energía que se pierde al catalizador. La energía liberada es grande en comparación con reacciones químicas convencionales. Por ejemplo, cuando gases de hidrógeno y oxígeno se someten a combustión para formar agua



la entalpía conocida de formación de agua es $\Delta H_f = -286 \text{ kJ/mol}$ o 1,48 eV por átomo de hidrógeno. Por el contrario, cada átomo de hidrógeno ordinario ($n = 1$) que se somete a la catálisis libera una red de 40,8 eV. Por otra parte, se

$$n = \frac{1}{2} \rightarrow \frac{1}{3}, \frac{1}{3} \rightarrow \frac{1}{4}, \frac{1}{4} \rightarrow \frac{1}{5},$$

pueden producir nuevas transiciones catalíticas: y así sucesivamente. Una vez catálisis comienza, hidrinos autocatalizan adicionalmente en un proceso llamado de desproporción. Este mecanismo es similar al de una catálisis de iones inorgánicos. Pero, la catálisis de hidrino debe tener una velocidad de reacción más alta que la del catalizador de ion inorgánico debido a la mejor coincidencia de la entalpía a $m \cdot 27.2 \text{ eV}$.

[0046] Los catalizadores de hidrógeno capaces de proporcionar una entalpía neta de reacción de aproximadamente $m \cdot 27.2 \text{ eV}$ donde m es un número entero para producir un hidrino (por el que t electrones son ionizados de un átomo o ion) se dan en la TABLA 1. Los átomos o iones dados en la primera columna están ionizados para proporcionar la entalpía neta de la reacción de $m \cdot 27.2 \text{ eV}$ dado en la décima columna donde m se da en la undécima columna. Los electrones, que participan en la ionización se dan con el potencial de ionización (también llamada energía de ionización o energía de unión). El potencial de ionización del n -ésimo de electrones del átomo o ion es designado por IP_n y está dado por la CRC. Eso es, por ejemplo, $Li + 5,39172 \text{ eV} \rightarrow Li^+ + e^-$ y $Li^+ + 75,6402 \text{ eV} \rightarrow Li^{2+} + e^-$. El primer potencial de ionización, $IP_1 = 5,39172 \text{ eV}$, y el segundo potencial de ionización, $IP_2 = 75,6402 \text{ eV}$, se dan en la segunda y tercera columnas, respectivamente. La entalpía neta de reacción para la doble ionización del Li es 81,0319 eV como se da en la décima columna, y $m = 3$ en la Ec. (5) como se da en la undécima columna.

TABLA 1. Catalizadores de hidrógeno.

	Catalizador	IP1	IP2	IP3	IP4	IP5	IP6	IP7	IP8	Entalpía	m
5	Li	5.39172	75.6402							81.032	3
	Be	9.32263	18.2112							27.534	1
	Mg	7.646235	15.03527	80.1437	109.2655	141.27				353.3607	13
	K	4.34066	31.63	45.806						81.777	3
	Ca	6.11316	11.8717	50.9131	67.27					136.17	5
10	Ti	6.8282	13.5755	27.4917	43.267	99.3				190.46	7
	V	6.7463	14.66	29.311	46.709	65.2817				162.71	6
	Cr	6.76664	16.4857	30.96						54.212	2
	Mn	7.43402	15.64	33.668	51.2					107.94	4
15	Fe	7.9024	16.1878	30.652						54.742	2
	Fe	7.9024	16.1878	30.652	54.8					109.54	4
	Co	7.881	17.083	33.5	51.3					109.76	4
	Co	7.881	17.083	33.5	51.3	79.5				189.26	7
	Ni	7.6398	18.1688	35.19	54.9	76.06				191.96	7
20	Ni	7.6398	18.1688	35.19	54.9	76.06	108			299.96	11
	Cu	7.72638	20.2924							28.019	1
	Zn	9.39405	17.9644							27.358	1
	Zn	9.39405	17.9644	39.723	59.4	82.6	108	134	174	625.08	23
25	Ga	5.999301	20.51514							26.5144	1
	As	9.8152	18.633	28.351	50.13	62.63	127.6			297.16	11
	Se	9.75238	21.19	30.8204	42.945	68.3	81.7	155.4		410.11	15
	Kr	13.9996	24.3599	36.95	52.5	64.7	78.5			271.01	10
30	Kr	13.9996	24.3599	36.95	52.5	64.7	78.5	111		382.01	14
	Rb	4.17713	27.285	40	52.6	71	84.4	99.2		378.66	14
	Rb	4.17713	27.285	40	52.6	71	84.4	99.2	136	514.66	19
	Sr	5.69484	11.0301	42.89	57	71.6				188.21	7
35	Nb	6.75885	14.32	25.04	38.3	50.55				134.97	5
	Mo	7.09243	16.16	27.13	46.4	54.49	68.8276			220.10	8
	Mo	7.09243	16.16	27.13	46.4	54.49	68.8276	125.664	143.6	489.36	18
	Ru	7.3605	16.76	28.47	50	60				162.5905	6
	Pd	8.3369	19.43							27.767	1
40	Sn	7.34381	14.6323	30.5026	40.735	72.28				165.49	6
	Te	9.0096	18.6							27.61	1
	Te	9.0096	18.6	27.96						55.57	2
	Cs	3.8939	23.1575							27.051	1
45	Ba	5.211664	10.00383	35.84	49	62				162.0555	6
	Ba	5.21	10	37.3							
	Ce	5.5387	10.85	20.198	36.758	65.55				138.89	5
	Ce	5.5387	10.85	20.198	36.758	65.55	77.6			216.49	8
	Pr	5.464	10.55	21.624	38.98	57.53				134.15	5
50	Sm	5.6437	11.07	23.4	41.4					81.514	3
	Gd	6.15	12.09	20.63	44					82.87	3
	Dy	5.9389	11.67	22.8	41.47					81.879	3
	Pb	7.41666	15.0322	31.9373						54.386	2
55	Pt	8.9587	18.563							27.522	1
	He ⁺		54.4178							54.418	2
	Na ⁺		47.2864	71.6200	98.91					217.816	8
	Mg ²⁺			80.1437						80.1437	3
	Rb ⁺		27.285							27.285	1
60	Fe ³⁺				54.8					54.8	2
	Mo ²⁺			27.13						27.13	1
	Mo ⁴⁺					54.49				54.49	2
	In ³⁺				54					54.	2
65	Ar ⁺		27.62							27.62	1
	Sr ⁺		11.03	42.89						53.92	2

[0047] El ion hidruro de hidrino de la presente descripción puede estar formado por la reacción de una fuente de electrones con un hidrino, es decir, un átomo de hidrógeno que tiene una energía de unión de aproximadamente

$\frac{13.6 \text{ eV}}{n^2}$, donde $n = \frac{1}{p}$ y p es un número entero mayor que 1. Está representado el ion hidruro de hidrino por $H(n = 1/p)$ o $H(1/p)$:



[0048] El ion de hidruro de hidrino se distingue de un ion hidruro ordinario que comprende un núcleo de hidrógeno ordinario y dos electrones que tienen una energía de unión de aproximadamente 0,8 eV. Este último se denomina en lo sucesivo como "ion de hidruro ordinario" o "ion de hidruro normal." El ion de hidruro de hidrino comprende un núcleo de hidrógeno incluyendo proteum, deuterio o tritio, y dos electrones indistinguibles en una energía de unión de acuerdo con las Ecs. (57-58).

[0049] La energía de unión de un ion de hidruro de hidrino puede ser representada por la siguiente fórmula:

$$\text{Energía de enlace} = \frac{\hbar^2 \sqrt{s(s+1)}}{8\mu_e a_0^2 \left[\frac{1 + \sqrt{s(s+1)}}{p} \right]^2} - \frac{\pi\mu_e e^2 \hbar^2}{m_e^2} \left(\frac{1}{a_H^3} + \frac{2^2}{a_0^3 \left[\frac{1 + \sqrt{s(s+1)}}{p} \right]^3} \right) \quad (57)$$

en donde p es un número entero mayor que uno, $s = 1/2$, π es pi, $\hbar$ es barra de la constante de Planck, μ_e es la

$$\mu_e = \frac{m_e m_p}{\frac{m_e}{\sqrt{3}} + m_p}$$

permeabilidad del vacío, m_e es la masa del electrón, μ_e es la masa de electrón reducida dada por donde m_p es la masa del protón, a_H es el radio del átomo de hidrógeno, a_0 es el radio de Bohr, y e es la carga elemental. Los radios son dados por

$$r_2 = r_1 = a_0 \left(1 + \sqrt{s(s+1)} \right); s = \frac{1}{2}. \quad (58)$$

[0050] Las energías de unión del ion de hidruro de hidrino, $H(n = 1/p)$ como una función de p , donde p es un número entero, se muestran en la TABLA 2.

TABLA 2. La energía de unión representante del ion de hidruro de hidrino $H(n = 1/p)$ como una función de p , Ec. (57)

	Ion de hidruro	$r_1(a_0)^a$	Energía de unión (eV) ^b	Longitud de onda (nm)
5	$H(n=1)$	1.8660	0.7542	1644
	$H(n=1/2)$	0.9330	3.047	406.9
	$H(n=1/3)$	0.6220	6.610	187.6
	$H(n=1/4)$	0.4665	11.23	110.4
	$H(n=1/5)$	0.3732	16.70	74.23
10	$H(n=1/6)$	0.3110	22.81	54.35
	$H(n=1/7)$	0.2666	29.34	42.25
	$H(n=1/8)$	0.2333	36.09	34.46
	$H(n=1/9)$	0.2073	42.84	28.94
15	$H(n=1/10)$	0.1866	49.38	25.11
	$H(n=1/11)$	0.1696	55.50	22.34
	$H(n=1/12)$	0.1555	60.98	20.33
	$H(n=1/13)$	0.1435	65.63	18.89
20	$H(n=1/14)$	0.1333	69.22	17.91
	$H(n=1/15)$	0.1244	71.55	17.33
	$H(n=1/16)$	0.1166	72.40	17.12
	$H(n=1/17)$	0.1098	71.56	17.33
25	$H(n=1/18)$	0.1037	68.83	18.01
	$H(n=1/19)$	0.0982	63.98	19.38
	$H(n=1/20)$	0.0933	56.81	21.82
	$H(n=1/21)$	0.0889	47.11	26.32
30	$H(n=1/22)$	0.0848	34.66	35.76
	$H(n=1/23)$	0.0811	19.26	64.36
	$H(n=1/24)$	0.0778	0.6945	1785
35	a Eq. (58)			
	b Eq. (57)			

[0051] De acuerdo con la presente descripción, un ion de hidruro de hidrino (H^-) que tiene una energía de unión de acuerdo con las Ecs. (57-58) que es mayor que la unión de ion de hidruro ordinario (aproximadamente 0,75 eV) para $p = 2$ hasta 23, y menos para $p = 24$ (H^-) está provisto. Para $p = 2$ para $p = 24$ de las ecuaciones (57-58), las energías de unión de iones hidruro son, respectivamente, 3, 6,6, 11,2, 16,7, 22,8, 29,3, 36,1, 42,8, 49,4, 55,5, 61,0, 65,6, 69,2, 71,6, 72,4, 71,6, 68,8, 64,0, 56,8, 47,1, 34,7, 19,3, y 0,69 eV. Los ejemplos de composiciones que comprenden los nuevos ion de hidruro también se proporcionan en el presente documento.

[0052] Los compuestos ejemplares también se proporcionan comprenden uno o más iones de hidruro de hidrino y uno o más otros elementos. Dicho compuesto se conoce como un "compuesto de hidruro de hidrino."

[0053] Especies de hidrógeno ordinarias se caracterizan por las siguientes energías de enlace (a) iones de hidruro, 0,754 eV ("ion de hidruro ordinario"); (b) un átomo de hidrógeno ("átomo de hidrógeno ordinario"), 13,6 eV; (c) molécula de hidrógeno diatómico, 15,3 eV ("molécula de hidrógeno ordinario"); (d) ión molecular de hidrógeno, 16,3 eV ("ion molecular de hidrógeno ordinario"); y (e) H_3^+ , 22,6 eV ("ion molecular de trihidrógeno ordinario"). En este documento, con referencia a formas de hidrógeno, "normal" y "ordinario" son sinónimos.

[0054] De acuerdo con una realización adicional de la presente descripción, se proporciona un compuesto que comprende al menos una especie de hidrógeno de energía de unión incrementada tales como (a) un átomo de

$$\frac{13.6 \text{ eV}}{\left(\frac{1}{p}\right)^2},$$

hidrógeno que tiene una energía de unión de aproximadamente tal como dentro de un intervalo de

$$\frac{13.6 \text{ eV}}{\left(\frac{1}{p}\right)^2}$$

aproximadamente 0,9 a 1,1 veces , donde p es un número entero de 2 a 137; (b) un ión hidruro (H^-) que

$$Energía = \frac{\hbar^2 \sqrt{s(s+1)}}{8\mu_e a_0^2 \left[\frac{1+\sqrt{s(s+1)}}{p} \right]^2} - \frac{\pi\mu_0 e^2 \hbar^2}{m_e^2} \left(\frac{1}{a_H^3} + \frac{2^2}{a_0^3 \left[\frac{1+\sqrt{s(s+1)}}{p} \right]^3} \right),$$

tiene una energía de unión de aproximadamente tal como dentro de un intervalo de aproximadamente 0,9 a 1,1 veces de unión

$$Energía = \frac{\hbar^2 \sqrt{s(s+1)}}{8\mu_e a_0^2 \left[\frac{1+\sqrt{s(s+1)}}{p} \right]^2} - \frac{\pi\mu_0 e^2 \hbar^2}{m_e^2} \left(\frac{1}{a_H^3} + \frac{2^2}{a_0^3 \left[\frac{1+\sqrt{s(s+1)}}{p} \right]^3} \right)$$

, donde p es un número entero de 2 a 24; (c)

$H_4^+(1/p)$; (d) un ion molecular trihidrido, $H_3^+(1/p)$,

que tiene una energía de unión de aproximadamente

$$\frac{22.6}{\left(\frac{1}{p}\right)^2} eV$$

$$\frac{22.6}{\left(\frac{1}{p}\right)^2} eV$$

5 tal como dentro de un intervalo de aproximadamente 0,9 a 1,1 veces , donde p es un entero

$$\frac{15.3}{\left(\frac{1}{p}\right)^2} eV$$

de 2 a 137; (e) teniendo dihidruro una energía de unión de aproximadamente tal como dentro de un

$$\frac{15.3}{\left(\frac{1}{p}\right)^2} eV$$

intervalo de aproximadamente 0,9 a 1,1 veces , donde p es un entero de 2 a 137; (f) un ion molecular

$$\frac{16.3}{\left(\frac{1}{p}\right)^2} eV$$

dihidrido con una energía de unión de aproximadamente tal como dentro de un intervalo de

$$\frac{16.3}{\left(\frac{1}{p}\right)^2} eV$$

aproximadamente 0,9 a 1,1 veces , donde p es un número entero, preferiblemente un número entero de 2 a 137.

[0055] Según una realización adicional de la presente divulgación, se proporciona un compuesto que comprende al menos un aumento de las especies de hidrógeno de energía, tales como (a) un ion molecular dihidrido que tiene una energía total de aproximadamente

$$E_T = -p^2 \left\{ \frac{e^2}{8\pi\epsilon_0 a_H} (4 \ln 3 - 1 - 2 \ln 3) \left[1 + p \sqrt{\frac{2e^2}{4\pi\epsilon_0 (2a_H)^3} \frac{1}{m_e c^2}} \right] - \frac{1}{2} \hbar \sqrt{\frac{pe^2}{4\pi\epsilon_0 \left(\frac{2a_H}{p}\right)^3} - \frac{pe^2}{8\pi\epsilon_0 \left(\frac{3a_H}{p}\right)^3}} \frac{1}{\mu} \right\} \quad (59)$$

$$= -p^2 16.13392 eV - p^3 0.118755 eV$$

tal como dentro de un intervalo de aproximadamente 0,9 a 1,1 veces

$$E_T = -p^2 \left\{ \frac{e^2}{8\pi\epsilon_0 a_H} (4 \ln 3 - 1 - 2 \ln 3) \left[1 + p \sqrt{\frac{2\hbar \sqrt{\frac{2e^2}{4\pi\epsilon_0 (2a_H)^3}}}{m_e c^2}} \right] - \frac{1}{2} \hbar \sqrt{\frac{\frac{pe^2}{4\pi\epsilon_0 \left(\frac{2a_H}{p}\right)^3} - \frac{pe^2}{8\pi\epsilon_0 \left(\frac{3a_H}{p}\right)^3}}{\mu}} \right\}$$

$$= -p^2 16.13392 \text{ eV} - p^3 0.118755 \text{ eV}$$

en donde p es un número entero, $\hbar$ es la barra de constante de Planck, m_e es la masa del electrón, c es la velocidad de la luz en el vacío, y μ es la masa nuclear reducida, y (b) una molécula de dihidrino que tiene una energía total de alrededor de

$$E_T = -p^2 \left\{ \frac{e^2}{8\pi\epsilon_0 a_0} \left[\left(2\sqrt{2} - \sqrt{2} + \frac{\sqrt{2}}{2} \right) \ln \frac{\sqrt{2}+1}{\sqrt{2}-1} - \sqrt{2} \right] \left[1 + p \sqrt{\frac{2\hbar \sqrt{\frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 a_0^3}}}{m_e c^2}} \right] - \frac{1}{2} \hbar \sqrt{\frac{\frac{pe^2}{8\pi\epsilon_0 \left(\frac{a_0}{p}\right)^3} - \frac{pe^2}{8\pi\epsilon_0 \left(\frac{\left(1+\frac{1}{\sqrt{2}}\right)a_0}{p}\right)^3}}{\mu}} \right\} \quad (60)$$

$$= -p^2 31.351 \text{ eV} - p^3 0.326469 \text{ eV}$$

tal como dentro de un intervalo de aproximadamente 0,9 a 1,1 veces

$$E_T = -p^2 \left\{ \frac{e^2}{8\pi\epsilon_0 a_0} \left[\left(2\sqrt{2} - \sqrt{2} + \frac{\sqrt{2}}{2} \right) \ln \frac{\sqrt{2}+1}{\sqrt{2}-1} - \sqrt{2} \right] \left[1 + p \sqrt{\frac{2\hbar \sqrt{\frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 a_0^3}}}{m_e c^2}} \right] - \frac{1}{2} \hbar \sqrt{\frac{\frac{pe^2}{8\pi\epsilon_0 \left(\frac{a_0}{p}\right)^3} - \frac{pe^2}{8\pi\epsilon_0 \left(\frac{\left(1+\frac{1}{\sqrt{2}}\right)a_0}{p}\right)^3}}{\mu}} \right\}$$

$$= -p^2 31.351 \text{ eV} - p^3 0.326469 \text{ eV}$$

, donde p es un entero y a_0 es el radio de Bohr.

[0056] De acuerdo con una realización de la presente descripción en donde el compuesto comprende un aumento de

las especies de hidrógeno de la energía de unión cargados negativamente, el compuesto comprende además uno o más cationes, tales como un protón, H_2^+ , ordinario o ordinario H_3^+ .

[0057] Un método se proporciona en este documento para la preparación de compuestos que comprenden al menos un ion de hidruro de hidrino. Tales compuestos se denominan en lo sucesivo "compuestos de hidruro de hidrino." El método comprende la reacción de hidrógeno atómico con un catalizador que tiene una entalpía de neto de reacción

$$\frac{m}{2} \cdot 27 \text{ eV},$$

de alrededor de $\frac{m}{2} \cdot 27 \text{ eV}$, donde m es un número entero mayor que 1, preferiblemente un número entero de menos de 400, para producir un aumento del átomo de hidrógeno de la energía de unión que tiene una energía de unión de

$$\frac{13.6 \text{ eV}}{\left(\frac{1}{p}\right)^2}$$

aproximadamente $\frac{13.6 \text{ eV}}{\left(\frac{1}{p}\right)^2}$ donde p es un número entero, preferiblemente un número entero de 2 a 137. un producto adicional de la catálisis es la energía. El átomo de hidrógeno energía de unión aumentado puede hacerse reaccionar con una fuente de electrones, para producir un aumento del ion de hidruro de energía de unión. El ion de hidruro de energía de unión aumentado puede hacerse reaccionar con uno o más cationes para producir un compuesto que comprende al menos un aumento de ion de hidruro de energía de unión.

[0058] Las composiciones de hidrógeno novedoso de la materia puede comprender:

(a) al menos una especie de hidrógeno neutra, positiva o negativa (en adelante "el aumento de las especies de hidrógeno de energía de unión") que tiene una energía de unión

- (i) mayor que la energía de unión de las correspondientes especies de hidrógeno ordinario, o
- (ii) mayor que la energía de unión de cualesquiera especies de hidrógeno para las que las correspondientes especies de hidrógeno ordinario es inestable o no se observa ya que la energía de unión de las especies de hidrógeno ordinario es menor que energías térmicas en condiciones ambientales (temperatura y presión estándar, STP), o es negativo; y

(b) al menos otro elemento. Los compuestos de la presente descripción se denominan en lo sucesivo "el aumento de compuestos de hidrógeno de energía de unión."

[0059] Por "otro elemento" en este contexto se entiende un elemento distinto de un aumento de las especies de hidrógeno de energía de unión. Por lo tanto, el otro elemento puede ser una especie de hidrógeno ordinarias, o cualquier elemento distinto de hidrógeno. En un grupo de compuestos, el otro elemento y la especie de hidrógeno de energía de unión aumentada son neutrales. En otro grupo de compuestos, el otro elemento y el aumento de las especies de hidrógeno de energía de unión están cargados de tal manera que el otro elemento proporciona el equilibrio de carga para formar un compuesto neutro. El primer grupo de compuestos se caracteriza por la unión molecular y de coordenadas; el último grupo se caracteriza por la unión iónica.

[0060] También se proporcionan nuevos compuestos e iones moleculares que comprenden

(a) al menos una especie de hidrógeno neutro, positivo o negativo (en adelante "el aumento de las especies de hidrógeno de energía de unión") que tienen una energía total

- (i) mayor que la energía total de la correspondiente especie de hidrógeno ordinario, o
- (ii) mayor que la energía total de cualquier especie de hidrógeno para los que la correspondiente especie de hidrógeno ordinario es inestable o no se observa ya que la energía total de la especie de hidrógeno ordinaria es inferior a energías térmicas en condiciones ambientales, o es negativo; y

(b) al menos un otro elemento.

La energía total de la especie de hidrógeno es la suma de las energías para eliminar todos los electrones de las especies de hidrógeno. Las especies de hidrógeno de acuerdo con la presente descripción tienen una energía total mayor que la energía total de las correspondientes especies de hidrógeno ordinario. La especie de hidrógeno que tiene una energía total aumentó de acuerdo con la presente descripción también denominado un "aumento de unión de las especies de hidrógeno de energía" a pesar de que algunas realizaciones de la especie de hidrógeno que tiene una energía total aumentado pueden tener una primera energía de unión de electrones menos que el primer electrón de energía de las correspondientes especies de hidrógeno ordinario de unión. Por ejemplo, el ion de hidruro de Ecs. (57-58) para $p = 24$ tiene una primera energía de unión que es menor que la primera energía de unión de ion de hidruro ordinario, mientras que la energía total del ion de hidruro de Ecs. (57-58) para $p = 24$ es mucho mayor que la energía total del ion de hidruro ordinario correspondiente.

[0061] También se proporcionan en este documento nuevos compuestos e iones moleculares que comprenden

(a) una pluralidad de especies de hidrógeno neutro, positivo o negativo (en adelante "el aumento de las especies de hidrógeno de energía de unión") que tienen una energía de unión

(i) mayor que la energía de unión de las correspondientes especies de hidrógeno ordinario, o
(ii) mayor que la energía de unión de cualquier especie de hidrógeno para los que las correspondientes especies de hidrógeno ordinario es inestable o no se observa debido a la energía de unión de la especie de hidrógeno ordinario es inferior a energías térmicas en condiciones ambientales o es negativo; y

(b) opcionalmente otro elemento. Los compuestos de la presente descripción se denominan en lo sucesivo "el aumento de compuestos de hidrógeno de energía de unión."

[0062] El aumento puede ser formado haciendo reaccionar uno o más átomos de hidrino con uno o más de un electrón, átomo de hidrino, un compuesto que contiene al menos una de las especies de hidrógeno de energía de unión de dicho aumento de las especies de hidrógeno de energía de unión, y al menos otro átomo, molécula, o ión que no sea un aumento de las especies de hidrógeno de energía de unión.

[0063] También se proporcionan nuevos compuestos e iones moleculares que comprenden

(a) una pluralidad de especies de hidrógeno neutro, positivo o negativo (en adelante "el aumento de las especies de hidrógeno de energía de unión") que tienen una energía total

(i) mayor que la energía total de hidrógeno molecular ordinario, o
(ii) mayor que la energía total de cualquier especie de hidrógeno para la que las correspondientes especies de hidrógeno ordinario es inestable o no se observa debido a la energía total de la especie de hidrógeno ordinario es inferior a energías térmicas en condiciones ambientales o es negativo; y

(b) opcionalmente otro elemento. Los compuestos de la presente descripción se denominan en lo sucesivo "el aumento de compuestos de hidrógeno de energía de unión."

[0064] En una realización, un compuesto se proporciona que comprende al menos un aumento de especies de hidrógeno de energía seleccionados de entre (a) iones de hidruro que tienen una energía de unión de acuerdo con las ecuaciones de unión. (57-58) que es mayor que la unión de ion de hidruro ordinario (aproximadamente 0,8 eV) para $p = 2$ hasta 23, y menos para $p = 24$ ("aumento de la unión de iones de hidruro de energía" o "ion de hidruro de hidrino"); (b) un átomo de hidrógeno que tiene una energía de unión mayor que la energía de unión del átomo de hidrógeno ordinario (aproximadamente 13,6 eV) ("aumento de átomo de hidrógeno de energía de unión" o "hidrino"); (c) molécula de hidrógeno que tiene una primera energía de unión mayor que aproximadamente 15,3 eV ("aumento de la molécula de hidrógeno de energía de unión" o "dihidrido"); y (d) iones de hidrógeno molecular que tienen una energía de unión mayor que aproximadamente 16,3 eV ("aumento de la energía de unión de iones de hidrógeno molecular" o "dihidrido ion molecular").

II. Potencia del reactor y del sistema

[0065] De acuerdo con otra realización de la presente descripción, se proporciona un reactor de catalizador de hidrógeno para la producción de especies de hidrógeno de la energía y menor consumo de energía. Como se muestra en la Figura 1, un reactor de catalizador de hidrógeno 70 comprende un recipiente 72 que comprende una mezcla de reacción de energía 74, un intercambiador de calor 80, y un convertidor de potencia tal como un generador de vapor 82 y la turbina 90. En una realización, la catálisis implica la reacción de hidrógeno atómico de la fuente 76 con el catalizador 78 para formar "hidrinos" de hidrógeno de baja energía y producen energía. El intercambiador de calor 80 absorbe el calor liberado por la reacción de catálisis, cuando la mezcla de reacción, compuesto por hidrógeno y un catalizador, reacciona para formar hidrógeno de baja energía. El intercambiador de calor intercambia calor con el generador de vapor 82 que absorbe el calor desde el intercambiador 80 y produce vapor. El reactor de energía 70 comprende además una turbina 90 que recibe el vapor del generador de vapor 82 y suministra energía mecánica a un generador de energía 97 que convierte la energía de vapor en energía eléctrica, que puede ser recibida por una carga 95 para producir un trabajo o para la disipación. En una realización, el reactor puede estar encerrado al menos parcialmente con un tubo de calor que transfiere calor a una carga. La carga puede ser un motor del motor o de vapor Stirling para producir electricidad. El motor Stirling o máquina de vapor se pueden utilizar para energía estacionaria o motivo. Alternativamente, los sistemas eléctricos o eléctricos de hidruro pueden convertir el calor a eléctrica para energía estacionaria o motivo. Una máquina de vapor adecuada para aplicaciones de distribución de potencia y motoras es Cyclone Power Technologies Mark V Engine. Otros convertidores son conocidos por los expertos en la técnica. Por ejemplo, el sistema puede comprender convertidores termoeléctricos o termoiónicos. El reactor puede ser uno de un conjunto de reactor de múltiples tubos.

[0066] En una realización, la mezcla de reacción de energía 74 comprende un material de energía 76, la liberación tal como un combustible suministrado a través del paso de suministro 62. La mezcla de reacción puede comprender una fuente de átomos de isótopos de hidrógeno o una fuente de isótopos de hidrógeno molecular, y una fuente de catalizador 78 que eliminan resonante aproximadamente $m \cdot 27,2 \text{ eV}$ para formar hidrógeno atómico de baja energía, donde m es un número entero, preferiblemente un número entero menor que 400, en el que la reacción para reducir los estados de energía de hidrógeno se produce por contacto del hidrógeno con el catalizador. El catalizador puede estar en el líquido, gaseoso, o estado fundido, sólido. La catálisis libera energía en una forma tal como compuestos de hidrógeno de baja energía de calor y forma al menos uno de los átomos de isótopos de hidrógeno de baja energía, las moléculas de hidrógeno de baja energía, iones de hidruro, y compuestos de hidrógeno de baja energía. Por lo tanto, la célula de potencia también comprende un reactor químico de hidrógeno de baja energía.

[0067] La fuente de hidrógeno puede ser gas hidrógeno, la disociación de agua, incluyendo la disociación térmica, electrólisis del agua, hidrógeno a partir de hidruros, o hidrógeno a partir de soluciones de metal-hidrógeno. En otra realización, hidrógeno molecular de la energía material 76 de liberación se disocia en hidrógeno atómico por un catalizador de disociación de hidrógeno molecular de la mezcla 74. Tales catalizadores de disociación o disociadores también pueden absorber hidrógeno, átomos y/o moléculas de deuterio, tritio o e incluyen, por ejemplo, un elemento, compuesto, aleación, o una mezcla de metales nobles tales como paladio y platino, metales refractarios tales como molibdeno y tungsteno, metales de transición tales como el níquel y titanio, y metales de transición interna tales como niobio y circonio. Preferiblemente, el disociador tiene un área superficial alta tal como un metal noble tal como Pt, Pd, Ru, Ir, Re, o Rh, o Ni en Al_2O_3 , SiO_2 , o combinaciones de los mismos.

[0068] En una realización, un catalizador se proporciona por la ionización de t electrones de un átomo o ion a un nivel de energía continuo de tal manera que la suma de las energías de ionización de t electrones es aproximadamente $m \cdot 27,2 \text{ eV}$ donde t y m son cada uno un entero. Un catalizador también puede ser proporcionado por la transferencia de electrones entre los iones t participantes. La transferencia de t electrones de un ion a otro ion proporciona una entalpía neta de reacción por lo que la suma de las energías de ionización t del ion donador de electrones menos las energías de ionización de t electrones del ion aceptor de electrones es igual a aproximadamente $m \cdot 27,2 \text{ eV}$ donde t y m son cada uno un número entero. En otra realización, el catalizador comprende MH tal como NaH tiene un átomo de H unido a hidrógeno, y la entalpía de $m \cdot 27,2 \text{ eV}$ es proporcionado por la suma de energía de unión $M-H$ y las energías de ionización de t electrones.

[0069] En una realización, una fuente de catalizador comprende un material catalítico 78 suministrado a través de

$$\frac{m}{2} \cdot 27,2 \text{ eV}$$

suministro de catalizador paso 61, que típicamente proporciona una entalpía neta de aproximadamente más o menos 1 eV . Los catalizadores comprenden átomos, iones, moléculas y hidrinos que aceptan energía a partir de hidrógeno atómico y hidrinos. En las realizaciones, el catalizador puede comprender al menos una especie elegida a partir de moléculas de AlH , BiH , ClH , CoH , GeH , InH , NaH , RuH , SbH , SeH , SiH , SNH , C_2 , N_2 , O_2 , CO_2 , NO_2 , y nO_3 y los átomos o iones de Li , Be , K , AC , Ti , V , Cr , Mn , Fe , Co , Ni , Cu , Zn , As , Se , Kr , R^b , Sr , Nb , Mo , Pd , Sn , Te , Cs , Ce , Pr , Sm , Gd , Dy , Pb , Pt , Kr , $2K^+$, He^+ , Ti^{2+} , Na^+ , Rb^+ , Sr^+ , Fe^{3+} , Mo^{2+} , Mo^{4+} , In^{3+} , He^+ , Ar^+ , Xe^+ , Ar^{2+} y H^+ y Ne^+ y H^+ .

[0070] En una realización de un sistema de energía, el calor se elimina mediante un intercambiador de calor que tiene un medio de intercambio de calor. El intercambiador de calor puede ser una pared de agua y el medio puede ser agua. El calor puede ser transferido directamente por el espacio y calentamiento de proceso. Alternativamente, el medio intercambiador de calor tal como agua sufre un cambio de fase, tal como la conversión en vapor. Esta conversión se puede producir en un generador de vapor. El vapor puede ser utilizado para generar electricidad en un motor de calor, tal como una turbina de vapor y un generador.

[0071] Una realización de una energía de catalizador de hidrógeno y reactor productor de especies de hidrogeno de baja energía 5, para su reciclado o regeneración del combustible de acuerdo con la presente descripción, se muestra en la Figura 2 y comprende una caldera 10 que contiene una mezcla de reacción de combustible 11 que puede ser una mezcla de una fuente de hidrógeno, una fuente de catalizador, y opcionalmente un disolvente que puede ser vaporizado, una fuente de hidrógeno 12, tuberías de vapor y generador de vapor 13, un convertidor de potencia tal como una turbina 14, un condensador de agua 16, una fuente de agua-maquillaje 17, un reciclador de combustible 18, y un separador de gas hidrógeno-dihidrido 19. En el Paso 1, el combustible, tal como uno que es gaseoso, líquido, sólido, o una mezcla heterogénea que comprende múltiples fases, que comprende una fuente de catalizador y una fuente de hidrógeno reacciona para formar hidrinos y productos de hidrógeno de baja energía. En el Paso 2, el combustible gastado se vuelve a procesar para volver a suministrar la caldera 10 para mantener la generación de energía térmica. El calor generado en la forma de vapor de la caldera 10 en las tuberías y generador de vapor 13 que se suministra a la turbina 14 que a su vez genera electricidad mediante la alimentación de un generador. En el Paso 3, el agua se condensa por el condensador de agua 16. Cualquier pérdida de agua puede estar compuesta por la fuente de agua 17 para completar el ciclo para mantener térmica a la conversión de energía eléctrica. En el paso 4, los productos de hidrógeno de baja energía, tales como compuestos de hidruro de hidrino y gas dihidrido pueden ser eliminados, y el hidrógeno sin reaccionar pueden ser devueltos al reciclador de combustible 18 o fuente de hidrógeno 12 que se añade de nuevo a combustible gastado para producir combustible reciclado. Los productos de gas y de hidrógeno que no han reaccionado se pueden separar por separador de gas de hidrógeno-dihidrido 19. Cualquier

compuestos de hidruro de hidrino de productos se pueden separar y eliminar con reciclador de combustible 18. El procesamiento puede realizarse en la caldera o externamente a la caldera con el combustible devuelto. Así, el sistema puede comprender además al menos uno de los transportadores de gas y de masas para mover los reactivos y productos para lograr la eliminación del combustible gastado, la regeneración y re-alimentación. El hidrógeno compensa el gastado en la formación de hidrinos se añade desde la fuente 12 durante el reprocesamiento de combustible y puede implicar hidrógeno reciclado no consumido. El combustible reciclado mantiene la producción de energía térmica para conducir la planta de energía para generar electricidad.

[0072] El reactor puede ser ejecutado en un modo continuo con la adición de hidrógeno y con la separación y la adición o sustitución para contrarrestar la degradación mínima de los reactivos. Alternativamente, el carburante reaccionado se regenera continuamente a partir de los productos. En una realización de este último esquema, la mezcla de reacción comprende especies que pueden generar los reactivos de catalizador atómico o molecular e hidrógeno atómico que reaccionan adicionalmente para formar hidrinos, y la especie de productos formados por la generación de catalizador y el hidrógeno atómico se pueden regenerar por al menos la etapa de hacer reaccionar los productos con hidrógeno. En una realización, el reactor comprende un reactor de lecho móvil que puede comprender además una sección de lecho fluidizado del reactor en el que los reactivos se suministran continuamente y los productos secundarios se eliminan y se regeneran y se devuelven al reactor. En una realización, los productos de hidrógeno de baja energía, tales como compuestos de moléculas de hidruro de hidrino o dihidrino se recogen cuando los reactivos se regeneran. Además, los iones de hidruro de hidrino pueden formarse en otros compuestos o convertidos en moléculas de dihidrino durante la regeneración de los reactivos.

[0073] El reactor puede comprender además un separador para separar los componentes de una mezcla de productos tales como por evaporación del disolvente si uno está presente. El separador puede, por ejemplo, comprender tamices para separar mecánicamente por diferencias en las propiedades físicas tales como el tamaño. El separador también puede ser un separador que explota las diferencias de densidad del componente de la mezcla, tales como un separador de ciclón. Por ejemplo, al menos dos de los grupos seleccionados de carbono, un metal tal como Eu, y un producto inorgánico tales como KBr se pueden separar en base a las diferencias en la densidad en un medio adecuado tal como gas inerte forzado y también por las fuerzas centrífugas. La separación de componentes también se puede basar en el diferencial de la constante dieléctrica y capacidad de carga. Por ejemplo, carbono se puede separar a partir de metal en base a la aplicación de una carga electrostática a la anterior con la eliminación de la mezcla por un campo eléctrico. En el caso de que uno o más componentes de una mezcla son magnéticos, la separación se puede lograr usando imanes. La mezcla puede agitarse durante una serie de imanes fuertes solos o en combinación con uno o más tamices para causar la separación en base a al menos una de la adherencia más fuerte o atracción de las partículas magnéticas para el imán y una diferencia de tamaño de las dos clases de las partículas. En una realización del uso de tamices y un campo magnético aplicado, éste añade una fuerza adicional a la de la gravedad para extraer las partículas magnéticas más pequeñas a través del tamiz, mientras que las otras partículas de la mezcla se mantienen en el tamiz, debido a su mayor tamaño.

[0074] El reactor puede comprender además un separador para separar uno o más componentes basados en un cambio de fase diferencial o de reacción. En una realización, el cambio de fase comprende fundir el uso de un calentador, y el líquido se separa del sólido por métodos conocidos en la técnica tales como filtración por gravedad, filtración usando una ayuda a un gas a presión, centrifugación, y mediante la aplicación de vacío. La reacción puede comprender la descomposición tales como descomposición de hidruro o reacción a partir de un hidruro, y las separaciones pueden ser lograas fundiendo el metal correspondiente seguido de su separación y separando mecánicamente el polvo de hidruro, respectivamente. El último se puede lograr por tamizado. En una realización, el cambio de fase o reacción pueden producir un reactivo o intermedio deseado. En ciertas realizaciones, la regeneración incluyendo cualesquiera etapas de separación deseadas puede producirse dentro o fuera del reactor.

[0075] Otros métodos conocidos por los expertos en la técnica que se pueden aplicar a las separaciones de la presente descripción mediante la aplicación de experimentación rutinaria. En general, las separaciones mecánicas se pueden dividir en cuatro grupos: sedimentación, separación centrífuga, filtración, y tamizado. En una realización, la separación de las partículas se consigue mediante al menos uno de tamizado y el uso de clasificadores. El tamaño y forma de la partícula pueden ser elegidos en los materiales de partida para lograr la separación deseada de los productos.

[0076] El sistema de alimentación puede comprender además un condensador de catalizador para mantener la presión de vapor de catalizador por un control de la temperatura que controla la temperatura de una superficie a un valor menor que el de la célula de reacción. La temperatura de la superficie se mantiene a un valor deseado que proporciona la presión de vapor deseada del catalizador. En una realización, el condensador de catalizador es una rejilla de tubo en la célula. En una forma de realización con un intercambiador de calor, la velocidad de flujo del medio de transferencia de calor puede ser controlada a una tasa que mantiene el condensador a la temperatura inferior deseada que el intercambiador de calor principal. En una realización, el medio de trabajo es agua, y la velocidad de flujo es más alta en el condensador de que la pared de agua de tal manera que el condensador es la temperatura inferior deseada. Las corrientes separadas de medios de trabajo se pueden recombinar y transferir por el espacio y proceso de calentamiento o para la conversión a vapor.

[0077] Las células de la presente divulgación comprenden los catalizadores, mezclas de reacción, métodos, y sistemas

datos a conocer en el presente documento en el que la célula sirve como un reactor y al menos un componente para activar, iniciar, propagar, y/o mantener la reacción y regenerar los reactivos. De acuerdo con la presente descripción, las células comprenden al menos un catalizador o una fuente de catalizador, al menos una fuente de hidrógeno atómico, y un recipiente. El reactor de energía de la célula electrolítica tal como una célula de electrólisis eutéctica-sal, reactor de electrólisis plasma, reactor electrodo de barrera, reactor de plasma RF, reactor de energía de gas a presión, reactor de descarga de gas de energía, descarga preferiblemente pulsado, y más preferiblemente de descarga de plasma pellizcado pulsado, célula microondas reactor de energía, y una combinación de una célula de descarga luminiscente y microondas y/o un reactor de plasma RF de la presente descripción comprende: una fuente de hidrógeno; uno de un sólido, fundido, líquido, gaseoso, y la fuente heterogénea de catalizador o reactivos en cualquiera de estos estados para causar la reacción hidrino por una reacción entre los reactivos; un recipiente que comprende los reactivos o, al menos, que contiene hidrógeno y el catalizador en el que la reacción para formar inferior-energía del hidrógeno se produce por el contacto del hidrógeno con el catalizador o mediante la reacción del catalizador, tal como m o MH (M es un metal alcalino) o BaH ; y, opcionalmente, un componente para retirar el producto de hidrógeno de baja energía. En una realización, la reacción para formar inferior-energía del hidrógeno estado se ve facilitada por una reacción de oxidación. La reacción de oxidación puede aumentar la velocidad de reacción para formar hidrinos por al menos uno de aceptar electrones del catalizador y neutralizar el catión altamente cargado formado mediante la aceptación de energía de hidrógeno atómico. Así, estas células pueden ser operados de una manera que proporciona una reacción tal oxidación. En una realización, la célula de electrólisis o de plasma puede proporcionar una reacción de oxidación en el ánodo donde el hidrógeno proporcionado por un método tal como el burbujeo y el catalizador reaccionan para formar hidrinos a través de la reacción de oxidación participantes. En una realización adicional, la célula comprende un conductor conectado a tierra tal como un filamento que puede ser también a una temperatura elevada. El filamento puede ser alimentado. El conductor tal como un filamento puede ser eléctricamente flotante con respecto a la célula. En una realización, el conductor caliente tal como un filamento puede hervir electrones, así como servir como una causa de los ionizado del catalizador. Los electrones por ebullición podrían neutralizar el catalizador ionizado. En una realización, la célula comprende además un imán para desviar electrones ionizados del catalizador ionizado para mejorar la velocidad de la reacción hidrino.

[0078] En una realización de la célula de electrólisis acuosa, el cátodo y el ánodo separación es pequeña de tal manera que el oxígeno del ánodo reacciona con hidrógeno desde el cátodo para formar al menos uno de los radicales OH (TABLA 3) y H_2O que sirven como la fuente de catalizador o catalizador para formar hidrinos. El oxígeno y el hidrógeno que puede comprender átomos pueden reaccionar en el electrolito, o hidrógeno y el oxígeno pueden reaccionar en al menos una superficie del electrodo. El electrodo puede ser catalítico para formar al menos uno de los radicales OH y H_2O . El al menos uno de los radicales OH y H_2O también puede formar por la oxidación de OH^- en el ánodo o por una reacción de reducción tal como uno que implica H_+ y O_2 en el cátodo. El electrolito tal como MOH (M = metal alcalino) se selecciona para optimizar la producción de hidrinos formado por al menos una de OH y H_2 catalizador O . En una forma de realización de pilas de combustible, el oxígeno y el hidrógeno se pueden hacer reaccionar para formar al menos uno de los radicales OH y H_2O que forman hidrinos. H_+ puede ser reducido en el cátodo, en presencia de O_2 para formar el al menos uno de los radicales OH y H_2O que reaccionan para formar hidrinos, o O_2^- puede oxidarse en el ánodo en presencia de hidrógeno para formar al menos una de OH y H_2O .

[0079] El electrolito tal como MOH (M = metal alcalino) se selecciona para optimizar la producción de hidrinos por un catalizador tal como al menos uno de OH y H_2O . En una realización, la concentración del electrolito es alta tal como 0,5 m a saturado. En una realización, el electrolito es un hidróxido saturado tal como $LiOH$ saturado, $NaOH$, KOH , $RbOH$ o $CsOH$. El ánodo y el cátodo comprenden materiales que son estables en la base durante la electrólisis. Una célula de electrólisis a modo de ejemplo puede comprender un níquel o un ánodo de metal noble tal como Pt/Ti y un níquel o carbono cátodo tal como $[Ni/KOH$ (ac saturado)/ $Ni]$ y $[IPCTT/KOH$ (ac saturado)/ $Ni]$. Pulsación de la electrólisis también crea transitoriamente un alto OH^- concentración en el cátodo en el que un cátodo adecuado es un metal que forma un hidruro que favorece la formación de al menos uno de OH y H_2 catalizador O durante al menos la fase de apagado del pulso. En una realización, el electrolito comprende o comprende, además, un carbonato tal como un carbonato alcalino, tal como K_2CO_3 . Durante la electrólisis, las especies peroxi pueden formar, tal como ácido peroxocarbonic o un percarbonato alcalino que pueden ser una fuente de OOH^- o OH , que sirven como una fuente de catalizador o catalizador para formar hidrinos o puede formar H_2O que sirve como catalizador.

[0080] H puede reaccionar con electrones de la formación del ion catalizador tal como Na^{2+} y K_3+ y estabilizar cada uno. H se puede formar por la reacción de H_2 con un disociador. En una realización, se añade un disociador de hidrógeno tal como Pt/Ti a los reactivos hidrino tales como NaH Mg TiC , NaH MgH_2 TiC , KH Mg TiC , KH MgH_2 TiC , NaH Mg H_2Y KH Mg H_2 . Además, H puede ser producido mediante el uso de un filamento caliente tal como un catalizador de Pt o filamento W en la célula. Un gas noble tal como $Él$ se puede añadir para aumentar la población átomo de H mediante el aumento de la vida media H para la recombinación. Muchos átomos gaseosos tienen una afinidad de electrones de alta y pueden servir como un agente de barrido de electrones de ionización catalizador. En una realización, uno o más átomos se proporcionan a la mezcla de reacción. En una realización, un filamento caliente proporciona los átomos. metales y elementos adecuados para vaporizar por calentamiento con la afinidad electrónica (ϵ) son: Li (0,62 eV), Na (0,55 eV), Al (0,43 eV), K (0,50 eV), V (0,53 eV), Cr (0,67 eV), Co (0,66 eV), Ni (1,16 eV), Cu , (1,24 eV), Ga (0,43 eV), Ge (1,23 eV), Se (2,02 eV), Rb (0,49 eV), Y (0,30 eV), Nb (0,89 eV), Mo (0,75 eV), Tc (0,55 eV), Ru (1,05 eV), Rh (1,14 eV), Pd (0,56 eV), Ag (1,30 eV), In (0,3 eV), Sn (1,11 eV), Sb (1,05 eV), Te (1,97 eV),

Cs(0,47 eV), La (0,47 eV), Ce (0,96 eV), Pr (0,96 eV), Eu (0,86 eV), Tm (1,03 eV), W (0,82 eV), Os (1,1 eV), Ir (1,56 eV), Pt (2,13 eV), Au (2,31 eV), Bi (0,94 eV). Las especies multi-atómicas diatómicas y superiores tienen afinidades electrónicas similares en muchos casos, y también son receptores de electrones adecuados. aceptores de electrones adecuados son diatómicas Na_2 (0,43 eV) y K_2 (0,497 eV), que son la forma dominante de gaseosa Na y K.

[0081] Mg no forma un anión estable (afinidad electrónica EA = 0 eV). Por lo tanto, puede servir como un aceptor de electrones intermedio. Mg puede servir como reactivo para formar hidrinos en una mezcla que comprende al menos dos de una fuente de catalizador y H tal como KH, NaH, o BaH, y reductor tal como un metal alcalinotérreo, un soporte tal como TiC, y un oxidante tal como un haluro de metal alcalino o alcalinotérreo. Otros átomos que no forman iones negativos estables también podrían servir como un intermedio para aceptar electrones desde el catalizador ionizante. Los electrones pueden ser transferidos a la ion formado por la transferencia de energía desde H. Los electrones también pueden ser transferidos a un oxidante. Los metales adecuados con una afinidad electrónica de 0 eV son Zn, Cd, y Hg.

[0082] En una realización, 2, Un soporte tal como carbono, carburo, o un boruro y optionall un oxidante tal como un haluro metálico o hidruro. de carbono adecuadas, carburos y boruros son negro de carbón, Pd/C, Pt/C, TiC, Ti_3SiC_2 , YC_2 , TaC, MO_2C , SiC, WC, C, B_4C , HfC, Cr_3dO_2 , ZrC, CrB_2 , VC, ZrB_2 , de MgB_2 , semilla₂, NbC y TiB_2 . En una realización, la mezcla de reacción está en contacto con un electrodo que conduce electrones ionizados del catalizador. El electrodo puede ser el cuerpo de la célula. El electrodo puede comprender un conductor eléctrico gran área de superficie, tal como lana de acero inoxidable (SS). La conducción al electrodo puede ser a través del soporte eléctricamente conductor tal como el carburo de metal, tal como TiC. El electrodo puede ser positivamente sesgada y además puede ser conectado a un electrodo contador en la célula tal como un electrodo de línea central. El contraelectrodo puede ser separado de los reactivos y puede proporcionar además un camino de retorno para la corriente conducida a través del primer electrodo polarizado positivamente. La corriente de retorno puede comprender aniones. Los aniones se pueden formar por la reducción en el contraelectrodo. Los aniones pueden comprender aniones alcalinos atómicos o diatómicos tales como Na^- , K^- , Na_2^- , y K_2^- . El vapor de metal tal como Na_2 o K_2 puede estar formado y mantenido desde el metal o hidruro tal como NaH o KH por mantener la célula a una temperatura elevada tal como en el intervalo de aproximadamente 300°C a 1000°C. Los aniones pueden comprender además H⁻ formado a partir de hidrógeno atómico. La tasa de reducción se puede aumentar mediante el uso de un electrodo con una alta superficie. En una realización, la célula puede comprender un disociador tal como un disociador químico tal como Pt/Ti, un filamento o una descarga de gas. El electrodo, disociador, o filamento generalmente comprende un emisor de electrones para reducir especies tales como especies gaseosas a los iones. El emisor de electrones puede ser hecho para ser una fuente más eficiente de los electros recubriéndolo. emisores revestidos adecuados son un electrodo de metal W o Sr o Ba dopado toriado o filamento. Una descarga de baja potencia se puede mantener entre los electrodos utilizando una fuente de alimentación externa de limitación de corriente.

[0083] En una realización, la temperatura de un medio de trabajo se puede incrementar usando una bomba de calor. Así, el espacio y el calentamiento de proceso pueden ser suministradas utilizando la célula de potencia que funciona a una temperatura superior a la ambiente, en el que un medio de trabajo se aumenta en la temperatura con un componente tal como una bomba de calor. Con la elevación suficiente de la temperatura, se puede producir una transición de fase líquido a gas, y el gas puede ser utilizado para el volumen de presión (PV) de trabajo. El trabajo PV puede comprender la alimentación de un generador para producir electricidad. El medio puede entonces ser condensado, y el medio de trabajo condensado puede ser devuelto a la célula de reactor para ser recalentado y recirculado en el bucle de potencia.

[0084] En una realización del reactor, una mezcla de catalizador heterogéneo que comprende una fase líquida y sólida se hace fluir a través del reactor. El flujo se puede conseguir mediante el bombeo. La mezcla puede ser una suspensión. La mezcla puede ser calentada en una zona caliente para hacer que la catálisis de hidrógeno a hidrinos para liberar calor para mantener la zona caliente. Los productos se puede hacer fluir fuera de la zona caliente, y la mezcla de reactivos se pueden regenerar a partir de los productos. En otra realización, al menos un sólido de una mezcla heterogénea se puede hacer fluir en el reactor mediante alimentación por gravedad. Un disolvente puede hacer fluir en el reactor por separado o en combinación con uno o más sólidos. La mezcla reaccionante puede comprender al menos uno del grupo de un disociador, un material de alta área superficial (HSA), R-Ni, Ni, NaH, Na, NaOH, y un disolvente.

[0085] En una realización, uno o más reactivos, preferiblemente una fuente de halógeno, gas halógeno, fuente de oxígeno, o disolvente, se inyectan en una mezcla de los otros reactivos. La inyección se controla para optimizar el exceso de energía y de alimentación de la reacción de formación de hidrino. La temperatura de la célula en la inyección y la velocidad de inyección puede ser controlada para lograr la optimización. Otros parámetros del proceso y de mezcla se pueden controlar para promover la optimización usando procedimientos conocidos por los expertos en la técnica de la ingeniería de procesos.

[0086] Para la conversión de energía, cada tipo de célula se puede interconectar con cualquiera de los convertidores conocidos de energía térmica o de plasma a la energía mecánica o eléctrica, que incluyen por ejemplo, un sistema de motor de calor, vapor o turbina de gas, motor Sterling, o convertidores termoiónicos o termoelectrónicos. Otros

convertidores de plasma comprenden el convertidor de potencia magnetohidrodinámica de espejo magnético, convertidor de potencia plasmadinámica, girotrón, fotón agrupamiento convertidor de potencia de microondas, la potencia de deriva de carg, o convertidor fotoeléctrico. En una realización, la célula comprende al menos un cilindro de un motor de combustión interna.

III. La célula de gas de hidrógeno y reactor de combustible sólido, líquido y heterogéneo

[0087] De acuerdo con una realización de la presente descripción, un reactor para la producción de hidrinos y potencia pueden tomar la forma de una célula de reactor. Un reactor de la presente descripción se muestra en la Figura 3. Hidrinos reaccionantes se proporcionan mediante una reacción catalítica con el catalizador. Catálisis puede ocurrir en la fase gaseosa o en estado sólido o líquido.

[0088] El reactor de la Figura 3 comprende un recipiente de reacción 261 que tiene una cámara 260 capaz de contener un vacío o presiones mayores que la atmosférica. Una fuente de hidrógeno 262 comunica con la cámara 260 suministra hidrógeno a la cámara a través del paso de suministro de hidrógeno 264. Un controlador 263 está posicionado para controlar la presión y flujo de hidrógeno en el recipiente a través del paso de suministro de hidrógeno 264. Un sensor de presión 265 monitores de presión en el buque. Una bomba de vacío 266 se utiliza para evacuar la cámara a través de una línea de vacío 267.

[0089] En una realización, la catálisis se produce en la fase de gas. El catalizador puede hacerse gaseoso manteniendo la temperatura de la célula a una temperatura elevada que, a su vez, determina la presión de vapor del catalizador. El reactivo de hidrógeno atómico y/o molecular también se mantiene a una presión deseada que puede estar en cualquier intervalo de presión. En una realización, la presión es menor que la atmosférica, preferiblemente en el intervalo de aproximadamente 10 millitorr hasta aproximadamente 100 Torr. En otra realización, la presión está determinada por el mantenimiento de una mezcla de fuente de catalizador, tal como una fuente de metal y el hidruro correspondiente, tal como un hidruro metálico en la célula se mantuvo a la temperatura de funcionamiento deseada.

[0090] Una fuente de catalizador adecuado 268 para generar átomos de hidrino se puede colocar en un depósito de catalizador 269, y el catalizador gaseoso puede estar formado por calentamiento. El recipiente de reacción 261 tiene un paso de suministro de catalizador 270 para el paso del catalizador gaseoso del depósito de catalizador 269 a la cámara de reacción 260. Alternativamente, el catalizador puede ser colocado en un recipiente abierto químicamente resistente, tal como un barco, en el interior del recipiente de reacción.

[0091] La fuente de hidrógeno puede ser gas hidrógeno y el hidrógeno molecular. El hidrógeno se puede disocia en hidrógeno atómico por un catalizador de disociación de hidrógeno molecular. Tales catalizadores o disociadores de disociación incluyen, por ejemplo, níquel Raney (R-Ni), metales preciosos o nobles, y un metal precioso o noble sobre un soporte. El metal precioso o noble puede ser Pt, Pd, Ru, Ir, y Rh, y el soporte puede ser al menos uno de Ti, Nb, Al Tales catalizadores o disociadores de disociación incluyen, por ejemplo, níquel Raney (R-Ni), metales preciosos o nobles, y un metal precioso o noble sobre un soporte. El metal precioso o noble puede ser Pt, Pd, Ru, Ir, y Rh, y el soporte puede ser al menos uno de Ti, Nb, Al Tales catalizadores o disociadores de disociación incluyen, por ejemplo, níquel Raney (R-Ni), metales preciosos o nobles, y un metal precioso o noble sobre un soporte. El metal precioso o noble puede ser Pt, Pd, Ru, Ir, y Rh, y el soporte puede ser al menos uno de Ti, Nb, Al₂O₃, SiO₂ y sus combinaciones. Más disociadores son Pt o Pd sobre carbono que puede comprender un catalizador de desbordamiento de hidrógeno, estera de fibra de níquel, hoja de Pd, esponja Ti, Pt o Pd galvanizan en Ti o Ni esponja o estera, TiH, negro de Pt y Pd negro, metales refractarios tales como el molibdeno y el tungsteno, metales de transición tales como el níquel y titanio, metales de transición interna tales como niobio y zirconio, y otros materiales conocidos por los expertos en la técnica. En una realización, el hidrógeno se disocia en Pt o Pd. El Pt o Pd se pueden revestir sobre un material soporte tal como titanio o Al₂O₃. En otra realización, el disociador es un metal refractario tal como tungsteno o molibdeno, y el material de disociación puede mantenerse a temperatura elevada por el componente de control de temperatura 271, que puede tomar la forma de una bobina de calentamiento como se muestra en sección transversal en la Figura 3. la bobina de calentamiento es alimentado por una fuente de alimentación 272. Preferiblemente, el material de disociación se mantiene a la temperatura de funcionamiento de la célula. El disociador puede además funcionar a una temperatura por encima de la temperatura de la célula de disociar de manera más eficaz, y la temperatura elevada puede impedir que el catalizador de condensación en el disociador. disociador de hidrógeno también puede ser proporcionado por un filamento caliente tal como 273 accionado por el suministro de 274.

[0092] En una realización, la disociación de hidrógeno se produce de tal manera que los átomos de hidrógeno disociados entran en contacto con el catalizador gaseoso para producir átomos de hidrino. La presión de vapor de catalizador se mantiene a la presión deseada mediante el control de la temperatura del depósito de catalizador 269 con un calentador de depósito de catalizador 275 alimentado por una fuente de alimentación 276. Cuando el catalizador está contenido en un barco en el interior del reactor, se mantiene la presión de vapor de catalizador en el valor deseado controlando la temperatura de la embarcación de catalizador, mediante el ajuste de la fuente de alimentación de la embarcación. La temperatura de la célula puede ser controlada a la temperatura de funcionamiento deseada por la bobina de calentamiento 271 que es alimentado por la fuente de alimentación 272. La célula (llamada una célula de permeación) puede comprender, además, una cámara de reacción interna 260 y un depósito de hidrógeno exterior 277 de tal manera que puede hidrógeno ser suministrado a la célula por difusión de hidrógeno a

través de la pared 278 separa las dos cámaras. La temperatura de la pared puede ser controlado con un calentador para controlar la velocidad de difusión. La velocidad de difusión se puede controlar adicionalmente controlando la presión de hidrógeno en el depósito de hidrógeno.

[0093] Para mantener la presión de catalizador en el nivel de deseo, la célula que tiene la permeación como fuente de hidrógeno puede ser sellado. Alternativamente, la célula comprende además válvulas de alta temperatura en cada entrada o salida de tal manera que la válvula en contacto la mezcla de gas de reacción se mantiene a la temperatura deseada. La célula puede comprender además un captador o trampa 279 para recoger selectivamente las especies de menor energía de hidrógeno y/o los compuestos de hidrógeno aumentado de unión con la energía y puede comprender además una válvula selectiva 280 para liberar dihidruo producto de gas.

[0094] En una realización, los reactivos tales como el combustible sólido o de la mezcla de combustible heterogénea catalizador 281 se hacen reaccionar en el recipiente 260 por calentamiento con los calentadores 271. Un reactivo añadido adicional tal como al menos uno de un reactante exotérmica, que tiene preferiblemente cinética rápida, se puede hacer fluir desde el recipiente 282 en la célula 260 a través de la válvula de control 283 y la conexión 284. el reactivo añadido puede ser una fuente de halógeno, halógeno, fuente de oxígeno, o disolvente. El reactivo 281 puede comprender una especie que reacciona con el reactivo añadido. Un halógeno puede añadirse para formar un haluro con reactivo 281, o una fuente de oxígeno puede ser añadido por el reactivo 281 para formar un óxido, por ejemplo.

[0095] El catalizador puede ser al menos uno del grupo de litio atómico, potasio o cesio, molécula NaH o molécula BaH, 2H, y átomos de hidruo, en el que la catálisis comprende una reacción de desproporción. catalizador de litio puede hacerse gaseoso manteniendo la temperatura de la célula en aproximadamente el intervalo de 500-1000°C. Preferiblemente, la célula se mantiene en aproximadamente el intervalo 500-750°C. La presión de la célula se puede mantener a menos que la atmosférica, preferiblemente en el intervalo de aproximadamente 10 millitorr hasta aproximadamente 100 Torr. Lo más preferiblemente, al menos uno del catalizador y el hidrógeno de presión se determina mediante el mantenimiento de una mezcla de metal catalizador y el hidruo correspondiente tal como litio y hidruo de litio, potasio e hidruo de potasio, sodio e hidruo de sodio y cesio e hidruo de cesio en la célula mantenido a la temperatura de funcionamiento deseada. El catalizador en la fase de gas puede comprender átomos de litio desde el metal o una fuente de metal de litio. Preferiblemente, el catalizador de litio se mantiene a la presión determinada por una mezcla de metal de litio e hidruo de litio en el rango de temperatura operativa de alrededor de 500-1000°C y lo más preferiblemente, la presión con la célula en la gama de temperatura de funcionamiento de aproximadamente 500-750°C. En otras realizaciones, K, Cs, Na, y Ba reemplazar Li en el que el catalizador es K atómica, Cs atómica, NaH molecular, y BaH molecular.

[0096] En una forma de realización del reactor de célula de gas que comprende un depósito de catalizador o barco, gaseoso Na, catalizador NaH, o el catalizador gaseoso tal como Li, K, y el vapor de Cs se mantiene en una condición super-calentada en la célula con relación al vapor en el depósito o bote que es la fuente del vapor de célula. En una realización, el vapor sobrecalentado reduce la condensación de catalizador en el disociador de hidrógeno o el disociador de al menos una de las moléculas de metal y metal hidruo infra descritas. En una realización que comprende Li como el catalizador desde un depósito o barco, el depósito o el barco se mantiene a una temperatura a la que Li se vaporiza. H₂ puede ser mantenido a una presión que es menor que la que forma una fracción molar significativo de LiH a la temperatura de depósito. Las presiones y temperaturas que alcanzan esta condición se puede determinar a partir de los gráficos de datos de H₂ presión frente fracción molar LiH en isotermas de datos que son conocidos en la técnica. En una realización, la cámara de reacción célula que contiene un disociador se hace funcionar a una temperatura más alta de tal manera que el Li no se condensa en las paredes o el disociador. El H₂ puede fluir desde el depósito a la célula para aumentar la tasa de transporte de catalizador. Flujo tal como desde el depósito de catalizador a la célula y luego fuera de la célula es un método para eliminar el producto hidruo para evitar la inhibición del producto hidruo de la reacción. En otras realizaciones, K, Cs, y Na reemplazan Li en donde el catalizador es K atómica, Cs atómica, y NaH molecular.

[0097] El hidrógeno se suministra a la reacción de una fuente de hidrógeno. Por ejemplo, el hidrógeno se suministra por permeación a partir de un depósito de hidrógeno. La presión del depósito de hidrógeno puede estar en el intervalo de 10 Torr a 10.000 Torr, de preferencia 100 Torr a 1000 Torr, y lo más preferiblemente aproximadamente la presión atmosférica. La célula puede funcionar en la temperatura de alrededor de 100°C a 3000°C, preferiblemente en la temperatura de aproximadamente 100°C a 1500°C, y más preferiblemente en la temperatura de aproximadamente 500°C a 800°C.

[0098] La fuente de hidrógeno puede ser de la descomposición de un hidruo agregado. Un diseño de la célula que suministra H₂ por permeación es una que comprende un hidruo de metal interno colocado en un recipiente sellado en el que atómica H impregna a cabo a alta temperatura. El recipiente puede comprender Pd, Ni, Ti, o Nb. En una realización, el hidruo se coloca en un tubo sellado tal como un tubo de Nb que contiene un hidruo y se sella en ambos extremos con sellos tales como Swagelocks. En el caso sellado, el hidruo podría ser un hidruo de alcalino o alcalinotérreo. Alternativamente, en esto, así como el caso-hidruo-reaccionante interno, el hidruo podría ser al menos uno del grupo de hidruos salinos, hidruo de titanio, vanadio, niobio, y los hidruos de tántalo, circonio y hafnio hidruos, hidruos de tierras raras, itrio e hidruos de escandio, hidruos de elementos de transición, hidruos intermetálico, y sus aleaciones.

[0099] En una realización, el hidruro y la temperatura de funcionamiento 6 200°C, en base a cada temperatura de descomposición de hidruro, se selecciona de entre al menos uno de la lista de: un hidruro de tierra rara con una temperatura de funcionamiento de aproximadamente 800°C; hidruro de lantano con una temperatura de funcionamiento de aproximadamente 700°C; hidruro de gadolinio con una temperatura de funcionamiento de aproximadamente 750°C; hidruro de neodimio con una temperatura de funcionamiento de aproximadamente 750°C; hidruro de itrio con una temperatura de funcionamiento de aproximadamente 800°C; hidruro de escandio con una temperatura de funcionamiento de aproximadamente 800°C; hidruro de iterbio con una temperatura de funcionamiento de aproximadamente 850-900°C; hidruro de titanio con una temperatura de funcionamiento de aproximadamente 450°C; hidruro de cerio con una temperatura de funcionamiento de aproximadamente 950°C; hidruro de praseodimio con una temperatura de funcionamiento de aproximadamente 700°C; de circonio-titanio (50%/50%) de hidruro con una temperatura de funcionamiento de aproximadamente 600°C; un metal/mezcla de metal alcalino alcalino hidruro tal como R^b/R^bh o K/KH con una temperatura de funcionamiento de aproximadamente 450°C; y una mezcla de hidruro de metal/alcalinoterreo alcalinoterreo, tal como Ba/BAH₂ con una temperatura de funcionamiento de alrededor de 900-1000°C.

[0100] Los metales en el estado de gas puede comprender moléculas covalentes diatómicas. Un objetivo de la presente descripción es proporcionar catalizador atómica tal como Li, así como K y Cs. Por lo tanto, el reactor puede comprender además un disociador de al menos una de las moléculas de metal ("mm") y moléculas de hidruro metálico ("MH"). Preferiblemente, la fuente de catalizador, la fuente de H₂Y el disociador de MM, MH, y HH, en el que M es el catalizador atómicos son emparejados para funcionar a las condiciones celulares deseadas de temperatura y concentraciones de reactivos, por ejemplo. En el caso de que una fuente de hidruro de H₂ se utiliza, en una forma de realización, su temperatura de descomposición está en el intervalo de la temperatura que produce la presión de vapor deseada del catalizador. En el caso de que la fuente de hidrógeno es de permeación de un depósito de hidrógeno a la cámara de reacción, las fuentes preferibles de catalizadores para la operación continua son metales Sr y Li desde cada uno de sus presiones de vapor puede estar en el intervalo deseado de 0,01 a 100 Torr a las temperaturas para las que tiene lugar la permeación. En otras realizaciones de la célula de permeación, la célula se hace funcionar a una alta temperatura permisiva de permeación, a continuación, la temperatura de la célula se reduce a una temperatura que mantiene la presión de vapor del catalizador volátil a la presión deseada.

[0101] En una realización de una célula de gas, un disociador comprende un componente para generar catalizador y H a partir de fuentes. catalizadores de superficie tales como Pt en Ti o Pd, iridio, o solo o en un sustrato tal como Ti puede servir también el papel como un disociador de moléculas de combinaciones de catalizador y de hidrógeno átomos de rodio. Preferiblemente, el disociador tiene un área superficial alta tal como Pt/Al₂O₃ o Pd/Al₂O₃.

[0102] El H₂ fuente también puede ser H₂ gas. En esta realización, la presión puede ser supervisado y controlado. Esto es posible con fuentes de catalizador y catalizador tales como K o metal Cs y LiNH₂. Respectivamente, ya que son volátiles a baja temperatura que es permisiva de la utilización de una válvula de alta temperatura. LiNH₂ también disminuye la temperatura de funcionamiento necesaria de la célula de Li y es menos corrosivo que es permisiva de operación de larga duración usando una alimentación a través en el caso de células plasmáticas y de filamentos en el que un filamento sirve como un disociador de hidrógeno.

[0103] Otras realizaciones de la reactor de hidrógeno de células de gas que tiene NaH como el catalizador comprenden un filamento con un disociador en la célula reactor y Na en el depósito. H₂ se puede hacer fluir a través del depósito a la cámara principal. La potencia puede ser controlada mediante el control de la tasa de flujo de gas, H₂ presión, y la presión de vapor de Na. Esto último puede ser controlado mediante el control de la temperatura del yacimiento. En otra realización, la reacción hidrino se inicia por calentamiento con el calentador externo y un H atómico es proporcionado por un disociador.

[0104] La mezcla de reacción se puede agitar por métodos conocidos en la técnica tales como agitación o mezclado mecánico. El sistema de agitación puede comprender uno o más transductores piezoeléctricos. Cada transductor piezoeléctrico puede proporcionar agitación ultrasónica. La célula de reacción puede ser vibrado y contiene además elementos de agitación, tales como bolas de acero o de tungsteno inoxidable que se hacen vibrar para agitar la mezcla de reacción. En otra realización, la agitación mecánica comprende molienda de bolas. El reactivo también se puede mezclar con estos métodos, preferiblemente por molienda con bolas. La mezcla también puede ser por métodos neumáticos, tales como burbujeo.

[0105] En una realización, el catalizador se forma mediante agitación mecánica tal como, por ejemplo, al menos uno de vibración con elementos de agitación, agitación ultrasónica, y molienda con bolas. El impacto mecánico o compresión de las ondas de sonido como la ecografía pueden causar una reacción o un cambio físico en los reactivos para causar la formación del catalizador, preferiblemente moléculas de NaH. La mezcla reaccionante puede o no puede comprender un disolvente. Los reactivos pueden ser sólidos, tales como NaH sólido que se agita mecánicamente para formar moléculas de NaH. Alternativamente, la mezcla de reacción puede comprender un líquido. La mezcla puede tener al menos una especie de Na. Las especies de Na puede ser un componente de una mezcla líquida, o pueden estar en solución. En una realización, sodio metálico se dispersa por agitación a alta velocidad de una suspensión del metal en un disolvente tal como un éter, hidrocarburo, hidrocarburo fluorado, aromático, o un

disolvente aromático heterocíclico. La temperatura del disolvente puede ser considerado justo por encima del punto de fusión del metal.

IV. Combustibles-Tipos

[0106] Una realización de la presente descripción se refiere a un combustible que comprende una mezcla de reacción de al menos una fuente de hidrógeno y una fuente de catalizador para apoyar la catálisis de hidrógeno para formar hidrinos en al menos uno de gaseosa, líquida, y fases sólidas o una posible mezcla de las fases. Los reactivos y Reacciones propuestos en el presente documento para los combustibles sólidos y líquidos son también reactivos y Reacciones de combustibles heterogéneos que comprenden una mezcla de fases.

[0107] En ciertas realizaciones, un objetivo de la presente descripción es proporcionar catalizadores atómicas tales como Li, así como K y Cs y catalizadores moleculares NaH y BaH. Metales forman moléculas diatómicas covalentes. Así, en combustibles sólidos, líquidos, y combustibles heterogéneos realizaciones, los reactivos comprenden aleaciones, complejos, fuentes de complejos, mezclas, suspensiones y soluciones que se pueden formar de forma reversible con un catalizador de metal M y se descomponen o reaccionan para proporcionar un catalizador tal como Li, NaH, y BaH. En otra realización, al menos uno de la fuente de catalizador y fuente de hidrógeno atómico comprende además al menos un reactivo que reacciona para formar al menos uno del catalizador y el hidrógeno atómico. En otra realización, la mezcla de reacción comprende catalizador NaH o una fuente de catalizador de NaH u otro catalizador, tal como Li o K que se puede formar mediante la reacción de uno o más reactivos o especies de la mezcla de reacción o puede formar por una transformación física. La transformación puede ser solvatación con un disolvente adecuado.

[0108] La mezcla de reacción puede comprender además un sólido para soportar la reacción de catálisis en una superficie. El catalizador o una fuente de catalizador, tal como NaH pueden estar recubiertos en la superficie. El recubrimiento puede lograrse mediante la mezcla de un soporte tal como carbón activado, TiC, WC, R-Ni con NaH por métodos tales como molienda con bolas. La mezcla de reacción puede comprender un catalizador heterogéneo o una fuente de catalizador heterogéneo. En una realización, el catalizador tal como NaH se recubre sobre el soporte tal como carbón activado, TiC, WC, o un polímero por el método de humedad incipiente, preferiblemente mediante el uso de un disolvente aprotico tal como un éter. El soporte también puede comprender un compuesto inorgánico tal como un haluro alcalino, preferiblemente al menos uno de NaF y HNaF₂ en donde NaH sirve como catalizador y se usa un disolvente fluorado.

[0109] En una forma de realización de un combustible líquido, la mezcla de reacción comprende al menos uno de una fuente de catalizador, un catalizador, una fuente de hidrógeno, y un disolvente para el catalizador. En otras realizaciones, la presente descripción de un combustible sólido y un combustible líquido comprende, además, combinaciones de ambos y además comprende fases gaseosas también. La catálisis con los reactivos, tales como el catalizador y el hidrógeno y fuentes del mismo en múltiples fases atómica se llama una mezcla de reacción heterogénea y el combustible se llama un combustible heterogéneo. Por lo tanto, el combustible comprende una mezcla de reacción de al menos una fuente de hidrógeno para someterse a transición a hidrinos, estados dados por la ecuación (46), y un catalizador para hacer que las transiciones que tienen los reactivos en al menos uno de líquido, sólido, y fases gaseosas. Catálisis con el catalizador en una fase diferente de los reactivos se conoce generalmente en la técnica como una catálisis heterogénea que es una realización de la presente descripción. Los catalizadores heterogéneos proporcionan una superficie para la reacción química que tenga lugar en y comprenden formas de realización de la presente descripción. Los reactivos y reacciones propuestas en el presente documento para los combustibles sólidos y líquidos son también reactivos y reacciones de combustibles heterogéneos.

[0110] Para cualquier combustible de la presente descripción, el catalizador o la fuente de catalizador, tal como NaH se puede mezclar con otros componentes de la mezcla de reacción, tal como un soporte tal como un material de HSA mediante métodos tales como la mezcla mecánica o por molienda con bolas. En todos los casos de hidrógeno adicional se puede añadir para mantener la reacción para formar hidrinos. El gas hidrógeno puede ser cualquier presión deseada, preferiblemente en el intervalo de 0,1 a 200 atm. Alternativas fuentes de hidrógeno comprenden al menos uno del grupo de NH₄X (X es un anión, preferiblemente un haluro), NaBH₄, NaAlH₄, Un borano, y un hidruro metálico tal como un hidruro de metal alcalino, alcalinotérreo hidruro de metal preferiblemente MgH₂Y un hidruro de metal tierra rara preferiblemente LaH₂ y GDH₂.

A. Apoyo

[0111] En ciertas realizaciones, los sólidos, líquidos y combustibles heterogéneos de la presente exposición comprenden un soporte. El soporte comprende propiedades específicas para su función. Por ejemplo, en el caso de que las funciones de apoyo como un aceptor de electrones o conductor, el soporte es preferiblemente conductora. Además, en el caso de que el soporte se dispersa los reactivos, el soporte tiene preferiblemente un área de superficie alta. En el primer caso, el soporte tal como un soporte HSA puede comprender un polímero conductor tal como carbono activado, el grafeno, e hidrocarburos aromáticos policíclicos heterocíclico que puede estar macromolecular. El carbono puede comprender preferiblemente carbón activado (aq), pero también puede comprender otras formas, tales como carbono mesoporoso, carbono vítreo, coque, carbono gráfico, carbono con un metal disociador tal como Pt o Pd, en el que el % en peso es de 0,1 a 5% en peso, polvos de metal de transición que tiene preferiblemente de uno a diez

capas de carbono y más preferiblemente tres capas, y un carbono de metal o de aleación revestida, preferiblemente nanopulvos, tales como un metal de transición preferiblemente al menos uno de Ni, Co, y carbono revestido Mn. Un metal puede ser intercalado con el carbono. En el caso de que el metal intercalado es Na y el catalizador es NaH, preferiblemente la intercalación Na está saturado. Preferiblemente, el soporte tiene un área de superficie alta. clases comunes de polímeros conductores orgánicos que pueden servir como el soporte son al menos uno del grupo de poli-(acetileno)s, poli-(pirrol)s, poli-(tiofeno)s, poli-(anilina)s, poli-(fluoreno)s, poli-(3-alquiltiofeno)s, politetrathiafulvalenes, polinaftalenos, poli-(sulfuro de p-fenileno), y poli-(vinileno para-fenileno)s. Estos polímeros de cadena principal lineales son típicamente conocidos en la técnica como poliacetileno, polianilina, etc. "negros" o "melaninas". El soporte puede ser un copolímero mixto tal como uno de poliacetileno, polipirrol, polianilina y. Preferiblemente, el soporte de polímero conductor es al menos uno de típicamente derivados de poliacetileno, polianilina, polipirrol y. Otro soporte comprenden otros elementos más que el carbón, tales como la polithiazyl polímero conductor ((SN) polianilina, polipirrol y. Otro soporte comprenden otros elementos más que el carbón, tales como la polithiazyl polímero conductor ((SN) polianilina, polipirrol y. Otro soporte comprenden otros elementos más que el carbón, tales como la polithiazyl polímero conductor ((SN)x).

[0112] En otra realización, el soporte es un semiconductor. El soporte puede ser un elemento de columna IV tal como carbono, silicio, germanio, y α -estaño gris. Además de los materiales elementales como el silicio y el germanio, el soporte de semiconductor comprende un material compuesto tal como arseniuro de galio y fosfuro de indio, o aleaciones tales como germanio de silicio o arseniuro de aluminio. Conducción en materiales tales como cristales de silicio y germanio se puede mejorar en una realización mediante la adición de pequeñas cantidades (por ejemplo, 1-10 partes por millón) se cultivan de dopantes tales como boro o fósforo como los cristales. El semiconductor dopado se puede moler en un polvo para servir como un soporte.

[0113] En ciertas realizaciones, el soporte de HSA es un metal tal como un metal de transición, metal noble, intermetálico, de tierras raras, los actínidos, de lantánidos, preferiblemente uno de La, Pr, Nd, y Sm, Al, Ga, In, Tl, Sn, Pb, metaloides, Si, Ge, As, Sb, Te, Y, Zr, Nb, Mo, Tc, Ru, Rh, Pd, Ag, Cd, Hf, Ta, W, Re, Os, Ir, Pt, Au, Hg, metal alcalino, metal alcalinotérreo, y una aleación que comprende al menos dos metales o elementos de este grupo tal como una aleación de lantánido, preferiblemente LaNi₅ y Y-Ni. El soporte puede ser un metal noble tal como al menos uno de Pt, Pd, Au, Ir, Rh y/o un metal noble soportado tal como Pt o Pd sobre titanio (Pt o Pd/Ti).

[0114] En otras realizaciones, el material HSA comprende al menos uno de nitruro de boro cúbico, nitruro de boro hexagonal, polvo de nitruro de boro wurtzite, heterodiamond, los nanotubos de nitruro de boro, nitruro de silicio, nitruro de aluminio, nitruro de titanio (TiN), nitruro de aluminio de titanio (TiAlN), nitruro de tungsteno, un metal o aleación, preferiblemente nanopulvos, recubierta con carbono, tal como al menos uno de Co, ni, Fe, Mn, y otros polvos metálicos de transición que tiene preferiblemente de uno a diez capas de carbono y más preferiblemente tres capas, metal o aleación de carbono, preferiblemente nanopulvo recubierto, tal como un metal de transición preferiblemente al menos uno de carbono recubierto Ni, Co, y Mn, carburo, preferiblemente un polvo, polvo de berilio óxido (BeO), polvo raro de óxido terrestre tal como La₂O₃, Zr₂O₃, Al₂O₃, aluminato de sodio, y el carbono tales como fullereno, el grafeno o nanotubos, preferiblemente de pared única.

[0115] El carburo pueden comprender uno o más de los tipos de unión: sal similar tal como carburo de calcio (CaC₂), Compuestos covalentes tales como carburo de silicio (SiC) y carburo de boro (B₄C o BC₃), y compuestos intersticiales, tales como carburo de tungsteno. El carburo puede ser un acetiluro tales como Au₂CO₂, ZnC₂ y CdC₂ o una metida como Be₂C, carburo de aluminio (Al₄C₃), y los carburos del tipo A₃MC donde A es sobre todo una tierra o una transición metal raro tal como Sc, Y, La-Na, Gd-Lu, y M es un elemento metálico o grupo principal semimetálico tal como Al, Ge,

In, Tl, Sn y Pb. El carburo que tiene iones C_2^{2-} puede comprender al menos uno de carburos $M_2^I C_2$ comprendiendo el catión M^I que comprende un metal alcalino o uno de los metales de la invención, los carburos $M^I C_2$ con el catión M^I que comprenden un metal alcalinotérreo, y preferiblemente carburos $M_2^{III} (C_2)_3$ con el catión M^{III} que comprende Al,

La, Pr, o Tb. El carburo puede comprender un ión que no sea C_2^{2-} tal que los del grupo de YC₂, TBC₂, YBC₂, UC₂, Ce₂C₃, Pr₂CO₃ y Tb₂CO₃. El carburo puede comprender un sesquicarburo tales como Mg₂C₃, Sc₃C₄ y Li₄CO₃. El carburo puede comprender un carburo ternario tales como los que contienen metales lantánidos y metales de transición que puede comprender adicionalmente unidades C₂ tales como $Ln_3 M(C_2)_2$ donde M es Fe, Co, Ni, Ru, Rh, Os, e Ir, Dy₁₂Mn₅C₁₅, Ln_{3,67}FeC₆, $Ln_3 Mn(C_2)_2$ (Ln = Gd y Tb), y ScCrC₂. El carburo puede ser además de la clasificación de carburo "intermedio" metal de transición tal como carburo de hierro (Fe₃C o FeC₂:Fe). El carburo puede ser al menos uno del grupo de, lantánidos (MC₂ y M₂CO₃) tal como carburo de lantano (LaC₂ o La₂C₃), carburo de itrio, carburos actínidos, carburos de metales de transición tales como carburo de escandio, carburo de titanio (TiC), carburo de vanadio, carburo de cromo, carburo de manganeso, y carburo de cobalto, carburo de niobio, carburo de molibdeno, carburo de tantalio, carburo de circonio y carburo de hafnio. Más carburos adecuados comprenden al menos uno de Ln₂FeC₄, Sc₃CoC₄, Ln₃MC₄ (M = Fe, Co, Ni, Ru, Rh, Os, Ir), Ln₃Mn₂C₆, Eu_{3,16}NiC₆, ScCrC₂, Th₂NiC₂, Y₂ReC₂, Ln₁₂M₅C₁₅ (M = Mn, Re), YCoC, Y₂ReC₂, Y otros carburos conocidos en la técnica.

[0116] En una realización, el soporte es un carburo eléctricamente conductor tal como TiC, TiCN, Ti₃SiC₂ o WC y HfC, MO₂C, TaC, YC₂, ZrC, Al₄C₃, SiC, y B₄C. Además carburos adecuados comprenden YC₂, TbC₂, YbC₂, LuC₂, Ce₂C₃,

PR₂C₃ y Tb₂C₃. Carburos adecuados adicionales comprenden al menos uno del grupo de Ti₂AlC, V₂AlC, Cr₂AlC, Nb₂AlC, Ta₂AlC, Ti₂AlN, Ti₃AlC₂, Ti₄AlN₃, Ti₂GaC, V₂GaC, Cr₂GaC, Nb₂GaC, MO₂GaC, Ta₂GaC, Ti₂GaN, Cr₂GaN, V₂GaN, Sc₂InC, Ti₂InC, Zr₂InC, Nb₂InC, HF₂InC, Ti₂InN, Zr₂InN, Ti₂TiC, Zr₂TiC, HF₂TiC, Zr₂TiN, Ti₃Sic₂, Ti₂GeC, CR₂GeC, Ti₃GeG₂, Ti₂Snc, Zr₂Snc, Nb₂Snc, HF₂Snc, HF₂Para SnN, Ti₂PBC, Zr₂PBC, HF₂PBC, V₂PC, Nb₂PC, V₂AsC Nb₂AsC, Ti₂SC, Zr₂SC_{0,4}, y HF₂SC. El soporte puede ser un boruro de metal. El soporte o HSA material puede ser un boruro, preferiblemente una de dos dimensiones-boruro de red que pueden ser llevando a cabo tal como MB₂ en la que *m* es un metal tal como al menos uno de Cr, Ti, Mg, Zr, y Gd (CrB₂, TiB₂, de MgB₂, ZrB₂, el BgF₂).

[0117] En una realización material de carbono-HSA, Na no se intercalan en el soporte de carbono o forman un acetiluro por reacción con el carbono. En una realización, el catalizador o la fuente de catalizador, preferiblemente NaH, se incorpora dentro del material de HSA tal como fullereno, nanotubos de carbono, y zeolita. El material de HSA puede comprender además grafito, grafeno, carbono similar al diamante (DLC), hidrogenado carbono similar al diamante (HDLC), polvo de diamante, carbono grafitico, carbono vítreo, y de carbono con otros metales tales como al menos uno de Co, Ni, Mn, Fe, y, Pd, y Pt, o dopantes que comprenden otros elementos tales como carbono fluorado, grafito preferentemente fluorado, diamante fluorado, o fluoruro de tetracarbon (C₄F). El material de HSA puede ser fluoruro de pasivado como recubierto fluoruro de metal o carbono o comprender un fluoruro tal como un fluoruro de metal, preferiblemente un fluoruro alcalino o raro.

[0118] Un soporte adecuado que tiene un área superficial grande es carbón activado. El carbón activado puede ser activado o reactivado por la activación física o química. El primero de activación puede comprender la carbonización o la oxidación, y el último de activación puede comprender la impregnación con productos químicos.

[0119] La mezcla de reacción puede comprender además un soporte tal como un soporte de polímero. El soporte polimérico puede ser elegido a partir de poli-(tetrafluoroetileno) tal como TEFLON™, polivinylferrocene, poliestireno, polipropileno, polietileno, poliisopreno, poli-(aminofosfazene), un polímero que comprende unidades de éter tales como polietilenglicol u óxido y el glicol de polipropileno u óxido, preferiblemente ariléter, un poliéter poliol tal como poli-(tetrametilen éter) glicol (PTMEG, politetrahidrofurano, "Teratano", "poliTHF"), polivinilo formal, y los de la reacción de epóxidos tales como polietileno óxido y polipropileno óxido. En una realización, el HSA comprende fluoruro. El soporte puede comprender al menos uno del grupo de moléculas orgánicas fluoradas, hidrocarburos fluorados, compuestos de alcoxi fluorados, y éteres fluorados. Ejemplos de HSA fluorados son TEFLON™, TEFLON™-PFA, fluoruro de polivinilo, PVF, poli (vinilideno fluoruro), poli(fluoruro de vinilideno-cohexafluoropropileno) y polímeros de perfluoroalcoxi.

B. Combustibles sólidos

[0120] El combustible sólido comprende un catalizador o fuente de catalizador para formar hidrinos, como al menos un catalizador, tal como uno elegido entre LiH, Li, NaH, Na, KH, K, RbH, Rb, CsH y BaH, una fuente de hidrógeno atómico y al menos uno del soporte HSA, adquiridor, un dispersante y otros reactivos químicos sólidos que realizan la una o más de las siguientes funciones (i) los reactivos forman el catalizador o hidrógeno atómico al someterse a una reacción tal como uno entre uno o más componentes de la mezcla de reacción o al someterse a un cambio físico o químico de al menos un componente de la mezcla de reacción y (ii) los reactivos inician, se propagan, y mantener la reacción de catálisis para formar hidrinos. La presión de la célula puede estar preferiblemente en el intervalo de aproximadamente 1 Torr a 100 atmósferas. La temperatura de reacción está preferiblemente en el intervalo de aproximadamente 100°C a 900°C. Los muchos ejemplos de combustibles sólidos dados en la presente descripción, incluyendo las mezclas de reacción de combustibles líquidos que comprende un disolvente, excepto con la excepción del disolvente no están destinados a ser exhaustiva. Basado en la presente descripción otras mezclas de reacción se les enseña a los expertos en la técnica.

[0121] La fuente de hidrógeno puede comprender hidrógeno o un hidruro y un disociador tal como Pt/Ti, Pt/Ti hidrurada, Pd, Pt, Ru o/Al₂O₃, Ni, Ti, Nb o polvo. Al menos uno del soporte de HSA, adquiridor, y el dispersante puede comprender al menos uno del grupo de un polvo metálico tal como Ni, Ti, o polvo de Nb, R-Ni, de ZrO₂, Al₂O₃, NaX (X = F, Cl, Br, I), Na₂O, NaOH, y Na₂CO₃. En una realización, un metal cataliza la formación de moléculas de NaH de una fuente tal como una especie Na y una fuente de H. El metal puede ser una transición, noble, intermetálico, de tierras raras, de los lantánidos, actínidos y metal, así como los demás tal como aluminio, y estaño.

C. Activadores de reacción hidrino

[0122] La reacción hidrino puede ser activado o inicia y se propaga por uno o más químicos otras reacciones. Estas reacciones pueden ser de varias clases, tales como (i) reacciones exotérmicas que proporcionan la energía de activación para la reacción hidrino, (ii) acoplado reacciones que proporcionan al menos uno de una fuente de catalizador o hidrógeno atómico para apoyar la reacción hidrino, (iii) reacciones de radicales libres que, en una forma de realización, sirven como un aceptor de electrones desde el catalizador durante la reacción hidrino, (iv) las reacciones de oxidación-reducción que, en una realización, servir como un aceptor de electrones desde el catalizador durante la reacción hidrino, (v) las reacciones de intercambio, tales como intercambio de aniones incluyendo haluro, sulfuro, hidruro, arseniuro, óxido, fosfuro, y el intercambio de nitruro que en una realización, facilitar la acción del catalizador para ser ionizado ya que acepta energía de hidrógeno atómico para formar hidrinos, y (vi) adquiridor, el

apoyo o asistida por matriz reacción hidrino que puede proporcionar al menos uno de un ambiente químico para la reacción hidrino, actuar para transferir electrones para facilitar la función de catalizador H, se somete a una fase reversible o cualquier otro cambio físico o cambio en su estado electrónico, y se une a un producto de hidrógeno de baja energía para aumentar al menos una de la extensión o velocidad de la reacción hidrino. En una realización, la mezcla de reacción comprende un soporte, preferiblemente un soporte eléctricamente conductor, para permitir la reacción de activación.

[0123] En una realización, un catalizador, tal como Li, K, y NaH sirve para formar hidrinos a una alta velocidad, acelerando el paso limitante, la eliminación de los electrones desde el catalizador, ya que es ionizado mediante la aceptación de la transferencia de energía de resonancia no radiante de hidrógeno atómico para formar hidrinos. La forma metálica típica de Li y K se puede convertir en la forma atómica y la forma iónica de NaH se puede convertir en la forma molecular mediante el uso de un soporte o material de HSA tal como carbón activado (aq), Pt/C, Pd/C, TiC, o WC para dispersar el catalizador tales como moléculas de átomos Li y K y NaH, respectivamente. Preferiblemente, el soporte tiene un área de superficie alta y la conductividad teniendo en cuenta la modificación de la superficie tras la reacción con otras especies de la mezcla de reacción. La reacción para causar una transición de hidrógeno atómico para formar hidrinos requiere un catalizador tal como Li, K, o NaH e hidrógeno atómico en el que NaH sirve como un catalizador y una fuente de hidrógeno atómico en una reacción concertada. La etapa de reacción de una transferencia de energía no radiante de un múltiplo entero de 27,2 eV de hidrógeno atómico a los resultados de catalizador en catalizador ionizado y electrones libres que causa la reacción rápidamente cesan debido a la carga de acumulación. El soporte tal como AC también puede actuar como un aceptor de electrones conductor, y reactivos electrón-aceptor final que comprende un oxidante, los radicales libres o una fuente del mismo, se añaden a la mezcla de reacción para barrer en última instancia electrones liberados de la reacción de catalizador para formar hidrinos. Además un reductor puede añadirse a la mezcla de reacción para facilitar la reacción de oxidación. La reacción aceptor de electrones es preferiblemente concertada exotérmica para calentar los reactivos y mejorar las tasas. La energía de activación y la propagación de la reacción pueden ser proporcionados por una forma rápida, exotérmica, la oxidación o la reacción de radicales libres tal como la de O_2 o CF_4 con Mg o Al en donde los radicales tales como CF_x y F y O_2 y O sirven para aceptar en última instancia electrones desde el catalizador a través de apoyo tales como AC. Otros oxidantes o fuentes de radicales solos o en combinación pueden ser seleccionados entre el grupo de O_2 , O_3 , N_2O , NF_3 , $M_2S_2O_8$ (M es un metal alcalino), S, CS_2 , y SO_2MnI_2 , $EuBr_2$, $AgCl$, y otros que figuran en la sección de reaccionesceptoras de electrones.

[0124] Preferiblemente, el oxidante acepta al menos dos electrones. El anión correspondiente puede ser O_2^{2-} , S_2^{2-} , $C_2S_4^{2-}$ (Anión tetratiooxalate), SO_3^{2-} , y SO_4^{2-} . Los dos electrones pueden ser aceptados a partir de un catalizador que vuelve doblemente ionizado durante la catálisis, tal como NaH y Li (Ecs. (28-30) y (24-26)). La adición de un aceptor de electrones a la mezcla de reacción o reactor se aplica a todas las realizaciones de células de la presente descripción tales como el combustible y heterogéneos realizaciones sólidas de catalizador, así como células de electrólisis, y células plasmáticas tales como descarga luminiscente, RF, microondas, y la barrera células plasmáticas -electrodo y células de electrólisis plasma funcionar continuamente o en modo pulsado. Un electrón conductor, preferiblemente no reactivo, de apoyo tales como AC también se puede añadir a los reactivos de cada una de estas formas de realización de células. Una forma de realización de la célula de plasma de microondas comprende un disociador de hidrógeno tal como una superficie metálica del interior de la cámara de plasma para apoyar átomos de hidrógeno.

[0125] En formas de realización, las mezclas de especies, compuestos, o materiales de la mezcla de reacción, tales como una fuente de catalizador, una fuente de una reacción enérgica, tal como un metal y al menos uno de una fuente de oxígeno, una fuente de halógeno, y una fuente de radicales libres, y un soporte se pueden utilizar en combinaciones. Elementos reactivos de compuestos o materiales de la mezcla de reacción también se pueden usar en combinaciones. Por ejemplo, la fuente de flúor o cloro puede ser una mezcla de N elementos reactivos de compuestos o materiales de la mezcla de reacción también se pueden usar en combinaciones. Por ejemplo, la fuente de flúor o cloro puede ser una mezcla de N elementos reactivos de compuestos o materiales de la mezcla de reacción también se pueden usar en combinaciones. Por ejemplo, la fuente de flúor o cloro puede ser una mezcla de N_xF_y y N_xCl_y , O el halógeno puede ser entremezclados tales como el compuesto en $N_xF_yCl_r$. Las combinaciones podrían ser determinados mediante experimentación rutinaria por los expertos en la técnica.

a. Reacciones exotérmicas

[0126] En una realización, la mezcla de reacción comprende una fuente de catalizador o un catalizador tal como al menos uno de NaH, BaH, K, y Li y una fuente de hidrógeno o de hidrógeno y al menos una especie que se somete a una reacción. La reacción puede ser muy exotérmica y puede tener cinética rápida de manera que proporciona la energía de activación para la reacción de catalizador hidrino. La reacción puede ser una reacción de oxidación. Reacciones de oxidación adecuados son la reacción de las especies que comprenden oxígeno, tales como el disolvente, preferiblemente un disolvente de éter, con un metal tal como al menos uno de Al, Ti, Be, Si, P, metales de tierras raras, metales alcalinos y metales alcalinotérreos. Más preferiblemente, la reacción exotérmica forma un haluro alcalino o alcalinotérreo, o haluros de Al, Si, P, y metales de tierras raras. Reacciones de haluros adecuados son la reacción de una especie que comprende un haluro tal como el disolvente, preferiblemente un disolvente fluorocarbono, con al

menos uno de un metal y un hidruro metálico tal como al menos uno de Al, metales de tierras raras, metales alcalinos y alcalino metales de tierras. El hidruro de metal o de metal puede ser el catalizador o una fuente del catalizador tal como NaH, BaH, K, o Li. La mezcla de reacción puede comprender al menos NaH y NaAlCl₄ o NaAlF₄ teniendo los productos de NaCl y NaF, respectivamente. La mezcla de reacción puede comprender al menos NaH, teniendo un fluorodisolvente el producto NaF.

[0127] En general, el producto de la reacción exotérmica para proporcionar la energía de activación para la reacción hidrino puede ser un óxido metálico o un haluro de metal, preferiblemente un fluoruro. Los productos adecuados son Al₂O₃, M₂O₃ (M = metal de tierra rara), TiO₂, Ti₂O₃, SiO₂, PF₃ o PF₅AlF₃, MgF₂, MF₃ (M = metal de tierra rara), NaF, NaHF₂, KF, KHF₂, LiF, y LiHF₂. En una realización en la que Ti se somete a la reacción exotérmica, el catalizador es Ti²⁺ que tiene una segunda energía de ionización de 27,2 eV ($m = 1$ en la Ec. (5)). La mezcla de reacción puede comprender al menos dos de NaH, Na, NaNH₂, NaOH, Teflon, carbono fluorado, y una fuente de Ti tal como Pt/Ti o Pd/Ti. En una realización en la que Al somete a la reacción exotérmica, el catalizador se AlH como se da en la Tabla 3. La mezcla de reacción puede comprender al menos dos de NaH, Al, polvo de carbono, un fluorocarbono, preferiblemente un disolvente tal como hexafluorobenceno o perfluoroheptano, Na, NaOH, Li, LiH, K, KH, y R-Ni. Preferiblemente, los productos de la reacción exotérmica para proporcionar la energía de activación se regeneran para formar los reactivos para otro ciclo de formar hidrinos y la liberación de la potencia correspondiente. Preferiblemente, los productos de fluoruro de metal se regeneran a metales y gas flúor por electrólisis. El electrolito puede comprender una mezcla eutéctica. El metal puede ser hidrurado y el producto de carbono y cualesquiera productos CH₄ y hidrocarburos pueden estar fluorados para formar el hidruro de metal y fluorocarbono disolvente inicial, respectivamente.

[0128] En una formas de realización de la reacción exotérmica para activar la reacción de transición hidrino al menos uno del grupo de un metal de tierra rara (M), Al, Ti, y Si se oxida al correspondiente óxido tal como M₂O₃, Al₂O₃, Ti₂O₃ y SiO₂, respectivamente. El oxidante puede ser un éter disolvente tal como 1,4-benzodioxano (BDO) y puede comprender además un fluorocarbono tal como hexafluorobenceno (HFB) o perfluoroheptano para acelerar la reacción de oxidación. En una reacción de ejemplo, la mezcla comprende NaH, carbón activado, al menos uno de Si y Ti, y al menos uno de BDO y HFB. En el caso de Si como reductor, el producto SiO₂ pueden ser regeneradas a Si por H₂ reducción a alta temperatura o por reacción con carbono para formar Si y CO y CO₂. Cierta forma de ejecución de la mezcla de reacción para formar hidrinos comprende un catalizador o una fuente de catalizador, tal como al menos uno de Na, NaH, K, KH, Li, y LiH, una fuente de reactivos exotérmicas o reactivos exotérmicas, que tiene preferiblemente cinética rápida, que activan la reacción de catálisis de H para formar hidrinos, y un soporte. Los reactivos exotérmicas pueden comprender una fuente de oxígeno y una especie que reacciona con el oxígeno para formar un óxido. Para x e y son números enteros, preferiblemente la fuente de oxígeno es H₂O, O₂, H₂O₂, MnO₂, Un óxido, un óxido de carbono, preferiblemente CO o CO₂, Un óxido de nitrógeno, NxOy tal como N₂O y NO₂, Un óxido de azufre, SxOy, Preferiblemente un oxidante tal como M₂SxOy (M es un metal alcalino) que se puede usar opcionalmente con un catalizador de oxidación tal como iones de plata, ClxOy tal como Cl₂O, y ClO₂ preferiblemente de NaClO₂, ácidos concentrados y sus mezclas tales como HNO₂, HNO₃, H₂SO₄, H₂SO₃, HCl, HF y, preferiblemente, el ácido forma ion nitronio (NO₂⁺), NaOCl, IxOy, Preferiblemente I₂O₅, PxOy, SxOy, Un oxianión de un compuesto inorgánico, tal como uno de nitrito, nitrato, clorato, sulfato, fosfato, un óxido metálico tal como óxido de cobalto, y el óxido o hidróxido del catalizador tal como NaOH, y perclorato en el que el catión es una fuente de la catalizador, tal como Na, K, y Li, un grupo funcional de un compuesto orgánico tal como un éter que contiene oxígeno, preferiblemente uno de dimetoxietano, dioxano, y 1,4-benzodioxano (BDO), y las especies reaccionantes pueden comprender al menos uno del grupo de un metal de tierra rara (M), al, Ti, y Si, y el óxido correspondiente es M₂O₃, Al₂O₃, Ti₂O₃Y SiO₂, Respectivamente. Las especies reaccionantes pueden comprender el metal o elemento de los productos de óxido de al menos uno del grupo de Al₂O₃ óxido de aluminio, La₂O₃ óxido de lantano, óxido de magnesio MgO, Ti₂O₃ óxido de titanio, Dy₂O₃ óxido de disprosio, Er₂O₃ óxido de erbio, Eu₂O₃ óxido de europio, LiOH hidróxido de litio, HO₂O₃ óxido de holmio, Li₂O óxido de litio, Lu₂O₃ óxido de lutecio, Nb₂O₅ óxido de niobio, Nd₂O₃ óxido de neodimio, SiO₂ óxido de silicio, Pr₂O₃ óxido de praseodimio, Sc₂O₃ óxido de escandio, SrSiO₃ metasilicato de estroncio, Sm₂O₃ óxido de samario, Tb₂O₃ óxido de terbio, Tm₂O₃ óxido de tulio, Y₂O₃ óxido de itrio, y Ta₂O₅ óxido de tántalo, B₂O₃ óxido de boro y óxido de circonio. El soporte puede comprender carbono, carbono preferiblemente activado. El metal o elemento pueden estar en al menos uno de Al, La, Mg, Ti, Dy, Er, Eu, Li, Ho, Lu, Nb, Nd, Si, Pr, Sc, Sr, Sm, Tb, Tm, Y, Ta, B, Zr, S, P, C, y sus hidruros.

[0129] En otra realización, la fuente de oxígeno puede ser al menos uno de un óxido tal como M₂O en la que m es un metal alcalino, preferiblemente Li₂En un₂O, y K₂O, un peróxido tal como M₂O₂ donde m es un metal alcalino, preferiblemente Li₂O₂, N/A₂O₂Y K₂O₂Y un superóxido, tales como MO₂ donde m es un metal alcalino, preferiblemente Li₂O₂, N/A₂O₂Y K₂O₂. Los peróxidos iónicos pueden comprender además los de AC, Sr, o Ba.

[0130] En otra realización, al menos uno de la fuente de oxígeno y la fuente de reactivos exotérmicas o reactivos exotérmicas, que tienen preferiblemente cinética rápida, que activan la reacción de catálisis de H para formar hidrinos comprende uno o más del grupo de MNO₃, MNO, MNO₂, M₃N, M₂NH, MNH₂, MX, NH₃, MbH₄, MAIH₄, M₃AlH₆, MOH, M₂S, MHS, MFeSi, M₂CO₃, MHCO₃, M₂SO₄, MHSO₄, M₃PO₄, M₂HPO₄, MH₂PO₄, M₂MugiR⁴, MNbO₃, M₂B₄O₇ (Tetraborato M), MBO₂, M₂WO₄, MAICl₄, MGAcl₄, M₂CrO₄, M₂cR₂O₇, M₂TiO₃, MZrO₃, MaIO₂, MCoO₂, MGaO₂, M₂GeO₃, MMn₂O₄, M₄SiO₄, M₂SiO₃, MTaO₃, MCuCl₄, MPdCl₄, MVO₃, MIO₃, MFeO₂, MIO₄, MClO₄, MScO_n, MTiO_n,

MVOn, MCrOn, MCR₂On, MMn₂On, MFeOn, MCoOn, MNiOn, MNI₂On, MCuOn y MZnOn, donde M es Li, Na o K y $n = 1, 2, 3$, o 4, un oxianión, un oxianión de un ácido fuerte, un oxidante, un oxidante molecular tales como V₂O₃, YO₂O₅, MnO₂, Re₂O₇, CrO₃, RuO₂, AgO, PdO, PdO₂, PtO, PtO₂, I₂O₄, I₂O₅, I₂O₉, SO₂, SO₃, CO₂, N₂O, NO, NO₂, N₂O₃, N₂O₄, N₂O₅, Cl₂O, ClO₂, Cl₂O₃, Cl₂O₆, Cl₂O₇, PO₂, P₂O₃, and P₂O₅, NH₄X en donde X es un nitrato u otro anión adecuado conocido por los expertos en la técnica, tales como uno del grupo que comprende F⁻, Cl⁻, Br⁻, YO⁻, NO₃⁻, NO₂⁻, SO₄²⁻, HSO₄⁻, CoO₂⁻, IO₃⁻, IO₄⁻, TiO₃⁻, CrO₄⁻, FeO₂⁻, PO₄³⁻, HPO₄²⁻, H₂PO₄⁻, VO₃IO₄⁻ y Cr₂O₇²⁻ y otros aniones de los reactivos. La mezcla de reacción puede comprender adicionalmente un reductor. En una realización, N₂O₅ está formado a partir de una reacción de una mezcla de reactivos tales como HNO₃ y P₂O₅ que reacciona de acuerdo con $2P_2O_5 + 12 HNO_3 \rightarrow 4H_3PO_4 + 6N_2O_5$.

[0131] En una realización en oxígeno o un compuesto que comprende oxígeno participa en la reacción exotérmica, O₂ puede servir como un catalizador o una fuente de un catalizador. La energía de unión de la molécula de oxígeno es 5,165 eV, y las primera, segunda y tercera energías de ionización de un átomo de oxígeno son 13,61806 eV, 35,11730 eV, y 54,9355 eV, respectivamente. Las reacciones $O_2 \rightarrow O + O^{2+}$, $O_2 \rightarrow O + O^{3+}$ y $2O \rightarrow 2O^+$ proporcionan una entalpía neta de aproximadamente 2, 4, y 1 veces E_h , respectivamente, y comprenden reacciones de catalizadores a partir de hidrino mediante la aceptación de estas energías de H para causar la formación de hidrinos.

[0132] Adicionalmente, la fuente de una reacción exotérmica para activar la reacción hidrino puede ser una reacción de formación de aleación de metal, preferiblemente entre Pd y Al iniciarse por fusión del Al. La reacción exotérmica produce preferiblemente partículas energéticas para activar la reacción de formación de hidrino. Los reactivos pueden ser un pirógeno o composición pirotécnica. En otra realización, la energía de activación puede ser proporcionada por el funcionamiento de los reactivos a una temperatura muy alta, tal como en el intervalo de aproximadamente 1000-5000°C, preferiblemente en el intervalo de aproximadamente 1500 a 2500°C. El recipiente de reacción puede comprender una alta temperatura de la aleación de acero inoxidable, un metal refractario o aleación, alúmina o carbono. La temperatura reaccionante elevado puede conseguirse por calentamiento del reactor o por una reacción exotérmica.

[0133] Los reactivos exotérmicas pueden comprender un halógeno, preferiblemente flúor o cloro, y una especie que reacciona con el flúor o el cloro para formar un fluoruro o cloruro, respectivamente. fuentes de halógeno adecuados son B_xX_y, preferiblemente BF₃, B₂F₄, BCl₃O BBr₃ y S_xX_y, preferiblemente SCl₂ o S_xF_y (X es un halógeno; x e y son números enteros). Fuentes de flúor adecuados son fluorocarbonos tales como CF₄, hexafluorobenceno, y hexadecafluoroheptano, fluoruros de xenón como XeF₂, XeF₄ y XeF₆, B_xF_y, preferiblemente BF₃, B₂F₄, SF_x tal como, fluorosilanos, nitrógeno fluorado, N_xF_y, preferiblemente NF₃, NF₃O, SbFx, BiFx, preferiblemente BiF₅, S_xF_y (X e y son números enteros), tales como SF₄, SF₆O S₂F₁₀, fósforo fluorado, M₂SiF₆ en la que M es un metal alcalino tal como Na₂SiF₆ y K₂SiF₆, MSiF₆ en la que M es un metal alcalinotérreo tal como MgSiF₆, GaSiF₃, PF₅, MPF₆ en la que M es un metal alcalino, MHF₂ en la que M es un metal alcalino tal como NaHF₂ y KHF₂, K₂F₂ TaF₇, KBF₄, K₂MNF₆Y K₂ZRF₆ en el que otros compuestos similares se prevén tales como los que tienen otra sustitución de metal alcalino o alcalinotérreo tal como uno de Li, Na, o K como el metal alcalino. Las fuentes adecuadas de cloro son gas Cl₂, SbCl₅, y clorocarbonos tales como CCl₄, Cloroformo, B_xCl_y, preferiblemente BCl₃, B₂Cl₄, BCl₃, N_xCl_y, preferiblemente NCl₃, S_xCl_y, preferiblemente SCl₂ (x e y son números enteros). Las especies reaccionantes pueden comprender al menos uno del grupo de un metal alcalino o alcalinotérreo o hidruro, un metal de tierra rara (M), Al, Si, Ti, y P que forma el fluoruro o cloruro correspondiente. Preferiblemente, el metal alcalino reactivo corresponde al de catalizador, el hidruro de alcalino-térreo es MgH₂, la tierra rara es La, y Al es un nanopolvo. El soporte puede comprender carbono, carbono activado preferiblemente, carbono mesoporoso, y el carbono usando en baterías de iones de Li. Los reactivos pueden estar en cualquier relación molar. Preferiblemente, la especie de reactivos y el flúor o cloro están en aproximadamente la relación estequiométrica como los elementos del fluoruro o cloro, el catalizador está en exceso, preferiblemente en aproximadamente la misma relación molar como el elemento que reacciona con el flúor o cloro, y el soporte está en exceso.

[0134] Los reactivos exotérmicas pueden comprender un gas halógeno, preferiblemente cloro o bromo, o una fuente de gas halógeno tal como HF, HCl, HBr, HI, preferiblemente CF₄ o CCl₄, Y una especie que reacciona con el halógeno para formar un haluro. La fuente de halógeno puede ser también una fuente de oxígeno tal como C_xO_yX_r en la que X es halógeno, y X, Y, y R son números enteros y son conocidos en la técnica. Las especies reaccionantes pueden comprender al menos uno del grupo de un metal alcalino o alcalinotérreo o hidruro, un metal de tierra rara, Al, Si, y P que forma el haluro correspondiente. Preferiblemente, el metal alcalino reactivo corresponde al de catalizador, el hidruro de alcalino-térreo es MgH₂, La tierra rara es La, y Al es un nanopolvo. El soporte puede comprender carbono, carbono preferiblemente activado. Los reactivos pueden estar en cualquier relación molar. Preferiblemente, la especie reactivo y el halógeno son en aproximadamente una relación estequiométrica igual, el catalizador está en exceso, preferiblemente en aproximadamente la misma relación molar como el elemento que reacciona con el halógeno, y el soporte es en exceso. En una realización, los reactivos comprenden, una fuente de catalizador o un catalizador tal como Na, NaH, K, KH, Li, LiH, y H₂, un gas halógeno, preferiblemente, cloro o bromo gas, al menos uno de Mg, MgH₂, Una tierra rara, preferiblemente La, Gd, o Pr, Al, y un soporte, preferiblemente carbono tal como carbón activado.

b. Reacciones de radicales libres

[0135] En una realización, la reacción exotérmica es una reacción de radicales libres, preferiblemente un haluro o

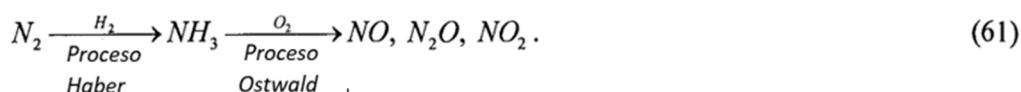
oxígeno reacción de radicales libres. La fuente de radicales haluro puede ser un halógeno, preferiblemente F_2 o Cl_2 , o un fluorocarbono, preferiblemente CF_4 . Una fuente de radicales libres F es S_2F_{10} . La mezcla de reacción que comprende un gas halógeno puede comprender además un iniciador de radicales libres. El reactor puede comprender una fuente de luz ultravioleta para formar radiales libres, los radicales libres preferiblemente de halógeno y más preferiblemente cloro o flúor radicales libres. Los iniciadores de radicales libres son los comúnmente conocidos en la técnica, tales como peróxidos, compuestos azoicos y una fuente de iones de metales tales como una sal de metal, preferiblemente, un haluro de cobalto tales como $CoCl_2$ que es una fuente de CO_2^+ o $FeSO_4$ que es una fuente de Fe^{2+} . Este último se hacen reaccionar preferiblemente con una especie de oxígeno tales como H_2O_2 o O_2 . El radical puede ser neutral.

[0136] La fuente de oxígeno puede comprender una fuente de oxígeno atómico. El oxígeno puede ser oxígeno singlete. En una realización, el oxígeno singlete se forma a partir de la reacción de $NaOCl$ con H_2O_2 . En una realización, la fuente de oxígeno comprende O_2 y puede comprender además una fuente de radicales libres o un iniciador de radicales libres para propagar una reacción de radicales libres, preferiblemente una reacción de radicales libres de átomos de O . La fuente de radicales libres o la fuente de oxígeno puede ser al menos una de la capa de ozono o un ozónido. En una realización, el reactor comprende una fuente de ozono, como una descarga eléctrica en oxígeno para proporcionar ozono a la mezcla de reacción.

[0137] La fuente de radicales libres o fuente de oxígeno puede comprender además al menos uno de un compuesto peroxo, un peróxido, H_2O_2 , Un compuesto que contiene un grupo azo, N_2O , $NaOCl$, reactivo de Fenton, o un reactivo similar, OH radical o una fuente del mismo, ion perxenato o una fuente del mismo tal como un perxenato alcalino o alcalinotérreo, preferiblemente, perxenato de sodio (Na_4XeO_6) O perxenato de potasio (K_4XeO_6), xenón tetraóxido (XeO_4), y ácido perxénico (H_4XeO_6), y una fuente de iones de metal tal como una sal de metal. La sal metálica puede ser al menos uno de $FeSO_4$, $AlCl_3$, $TiCl_3$, y, preferiblemente, un haluro de cobalto tales como $CoCl_2$ que es una fuente de CO_2^+ .

[0138] En una realización, los radicales libres tales como Cl se forman a partir de un halógeno tal como Cl_2 en la mezcla de reacción, tal como $NaH + MgH_2 +$ soporte tal como carbono activado (aq) + gas halógeno tal como Cl_2 . Los radicales libres pueden formarse por la reacción de una mezcla de Cl_2 y un hidrocarburo tal como CH_4 a una temperatura elevada tal como mayor que $200^\circ C$. El halógeno puede estar en exceso molar con respecto al hidrocarburo. El producto clorocarbono y Radicales Cl pueden reaccionar con el agente reductor para proporcionar la energía de activación y la vía para la formación de hidrinos. El producto de carbono se puede regenerar mediante el gas de síntesis (syngas) y las reacciones de Fischer-Tropsch o por reducción directa de hidrógeno de carbono en metano. La mezcla de reacción puede comprender una mezcla de O_2 y Cl_2 a una temperatura elevada tal como mayor que $200^\circ C$. La mezcla puede reaccionar para formar $ClxOy$ (x e y son números enteros), tales como ClO , Cl_2O , y ClO_2 . La mezcla de reacción puede comprender H_2 y Cl_2 a una temperatura elevada tal como mayor de $200^\circ C$ que pueden reaccionar para formar HCl . La mezcla de reacción puede comprender H_2 y O_2 con un recombinador tal como Pt/Ti , Pt/C , o Pd/C a una temperatura ligeramente elevada, tal como mayor que $50^\circ C$ que pueden reaccionar para formar H_2O . El recombinador puede funcionar a presión elevada, tal como en el intervalo de mayor que una atmósfera, preferiblemente en el intervalo de aproximadamente 2 a 100 atmósferas. La mezcla de reacción puede ser no estequiométrica para favorecer la formación libre de oxígeno radical y singlete. El sistema puede comprender además una fuente de luz o de plasma para formar radicales libres, tales como un RF, microondas, o descarga luminiscente, preferentemente de alta tensión pulsada, la fuente de plasma ultravioleta. Los reaccionantes pueden comprender además un catalizador para formar al menos uno de los radicales libres atómicas tales como Cl , O , y H , el oxígeno singlete, y el ozono. El catalizador puede ser un metal noble tal como Pt . En una forma de realización para formar radicales Cl , el catalizador de Pt se mantiene a una temperatura mayor que la temperatura de descomposición de cloruros de platino tales como $PtCl_2$, $PtCl_3$ y $PtCl_4$ que tienen temperaturas de descomposición de $581^\circ C$, $435^\circ C$, y $327^\circ C$, respectivamente. En una realización, Pt se puede recuperar de una mezcla de productos que comprende haluros de metal por disolución de los haluros de metal en un disolvente adecuado en el que el Pt , Pd o sus haluros no son solubles y la eliminación de la solución. El sólido que puede comprender carbono y Pt o Pd haluro se puede calentar para formar Pt o Pd sobre carbono por descomposición del haluro correspondiente.

[0139] En una realización, gas N_2O , NO_2 o NO se añade a la mezcla de reacción. N_2O y NO_2 puede servir como una fuente de NO radical. En otra realización, el radical NO se produce en la célula, preferiblemente mediante la oxidación de NH_3 . La reacción puede ser la reacción de NH_3 con O_2 en platino o platino-rodio a temperatura elevada. NO , NO_2 , y N_2O puede ser generada por métodos industriales conocidos tales como por el proceso de Haber seguido por el proceso de Ostwald. En una realización, la secuencia de pasos de ejemplo son:



[0140] Específicamente, el proceso Haber puede usarse para producir NH_3 de N_2 y H_2 a temperatura y presión elevada usando un catalizador tal como α -hierro que contiene algo de óxido. El proceso de Ostwald se puede usar para oxidar el amoníaco en NO , NO_2 , y N_2O en un catalizador tal como platino caliente o catalizador de platino-rodio. Nitratos alcalinos pueden regenerarse utilizando los métodos descritos supra.

[0141] La mezcla de sistema y de reacción puede iniciar y apoyar una reacción de combustión para proporcionar al menos uno de oxígeno singlete y radicales libres. Los reactivos de la combustión pueden ser no estequiométrica para favorecer la formación de radicales de oxígeno y singlete libre que reaccionan con los otros reactivos de reacción hidrino. En una realización, una reacción explosiva se suprime para favorecer una reacción constante prolongado, o una reacción explosiva es causada por los reactivos apropiados y Relaciones molares para lograr la velocidad de reacción hidrino deseado. En una realización, la célula comprende al menos un cilindro de un motor de combustión interna.

C. Reaccionesceptoras de electrones

[0142] En una realización, la mezcla de reacción comprende además un aceptor de electrones. El aceptor de electrones puede actuar como un sumidero para los electrones ionizados del catalizador cuando la energía se transfiere a ella desde hidrógeno atómico durante la reacción catalítica para formar hidrinos. El aceptor de electrones puede ser al menos uno de un soporte polimérico o metal conductor, un oxidante tal como elementos del grupo VI, moléculas y compuestos, un radical libre, una especie que forma un radical libre estable, y una especie con una alta afinidad electrónica tales como átomos de halógeno, O_2 , C, $CF_{1.2.3}$, O_4 , Si, S, $PxSy$, CS_2 , $SxNy$ y estos compuestos comprende además O y H, Au, Al, $AlxOy$ (x e y son números enteros), preferiblemente AlO_2 que en una realización es un compuesto intermedio de la reacción de $Al(OH)_3$ con Al de R-Ni, ClO, Cl_2 , F_2 , AlO_2 , B_2N , CrC_2 , C_2H , $CuCl_2$, $CuBr_2$, MnX_3 (X = haluro), MOX_3 (X = haluro), NiX_3 (X = haluro), RuF_4 , 5, o 6, ScX_4 (X = haluro), el documento WO_3 y otros átomos y moléculas con una alta afinidad electrónica como se conoce por los expertos en la técnica. En una realización, el soporte actúa como un aceptor de electrones del catalizador, ya que se ioniza mediante la aceptación de la transferencia de energía de resonancia no radiante de hidrógeno atómico. Preferiblemente, el soporte es al menos uno de conductor y forma radicales libres estables. Adecuados tales soportes son polímeros conductores. El soporte puede formar un ion negativo sobre una macroestructura tal como carbono de baterías de iones de *Li* que forman C_6 iones. En otra realización, el soporte es un semiconductor, preferentemente dopado para mejorar la conductividad. La mezcla de reacción comprende, además, radicales libres o una fuente del mismo tal como O, OH, O_2 , O_3 , H_2O_2 , F, Cl, y NO que pueden servir como un eliminador de los radicales libres formados por el soporte durante la catálisis. En una realización, el radical libre tal como el NO puede formar un complejo con el catalizador o fuente de catalizador de un metal alcali tal. En otra realización, el soporte tiene electrones no apareados. El soporte puede ser paramagnético tal como un elemento de tierra rara o compuesto tal como ER_2O_3 . En una realización, el catalizador o la fuente de catalizador, tal como Li, NaH, BaH, K, Rb, o Cs se impregna en el aceptor de electrones tal como un soporte y los otros componentes de la mezcla de reacción se añada. Preferiblemente, el soporte es de AC con NaH intercalado o Na.

d. Reacciones de oxidación-reducción

[0143] En una realización, la reacción hidrino se activa por una reacción de oxidación-reducción. En una realización ejemplar, la mezcla de reacción comprende al menos dos especies del grupo de un catalizador, una fuente de hidrógeno, un oxidante, un agente reductor, y un soporte. La mezcla de reacción también puede comprender un ácido de Lewis tal como Grupo 13 trihaluros, preferiblemente al menos uno de $AlCl_3$, BF_3 , BCl_3 y BBr_3 . En ciertas realizaciones, cada mezcla de reacción comprende al menos una especie elegido entre los siguientes género de los componentes (i)-(iv).

- (i) un catalizador seleccionado de entre Li, LiH, K, *KH*, *NaH*, Rb, RbH, Cs, y CsH.
- (ii) una fuente de hidrógeno seleccionada entre gas H_2 , una fuente de gas H_2 , o un hidruro.
- (iii) Un soporte elegido de carbono, carbidos, y boruros, tales como TiC, YC_2 , Ti_3SiC_2 , TiCN, MgB_2 , SiC, B_4C , o WC.
- (iv) un oxidante seleccionado de entre un compuesto metálico tal como uno de los haluros, fosfuros, boruros, óxidos, hidróxidos, siliciuros, nitruros, arseniuros, seleniuros, telururos, antimoniuros, carburos, sulfuros, hidruros, carbonato, carbonato de hidrógeno, sulfatos, hidrógeno sulfatos, fosfatos, fosfatos de hidrógeno, dihidrógeno fosfatos, nitratos, nitritos, permanganatos, cloratos, percloratos, cloritos, perchloritos, hipocloritos, bromatos, perbromatos, bromites, perbromites, yodatos, peryodatos, yoduros, peryoduros, cromatos, dicromatos, teluratos, selenatos, arseniats, silicatos, boratos, óxidos de cobalto, óxidos de telurio, y otros oxianiones tales como los de halógenos, P, B, Si, N, As, S, Te, Sb, C, S, P, Mn, Cr, Co, y Te en el que el metal comprende preferiblemente un metal de transición, Sn, Ga, In, un metal alcalino o metal alcalinotérreo; el oxidante comprende además un compuesto de plomo, tal como un haluro de plomo, un compuesto de germanio, tal como un haluro, óxido, o sulfuro tal como GeF_2 , $GeCl_2$, $GebR_2$, GeI_2 , GeO , GeP , GeS , GeI_4 y $GeCl_4$, fluorocarbono tal como CF_4 o $CICF_3$, clorocarbono tales como CCl_4 , O_2 , MNO_3 , $MCIO_4$, MO_2 , NF_3 , N_2O , NO NO_2 , un compuesto de boro-nitrógeno tal como $B_3N_3H_6$, Un compuesto de azufre tal como SF_6 , S, SO_2 , SO_3 , $S_2O_5Cl_2$, F_5SOF , $M_2S_2O_8$, $SxXy$ tales como S_2Cl_2 , SCL_2 , S_2bR_2O S_2F_2 , CS_2 , $SOxXy$ tal como $SOCl_2$, SOF_2 , SO_2F_2 o $SOBr_2$, XxX' y tal como ClF_5 , $XxX'yOz$ tales como ClO_2F , ClO_2F_2 , $ClOF_3ClO_3F$, y ClO_2F_3 , compuesto de boro-nitrógeno tal como $B_3N_3H_6$, Se, Te, Bi, As, Sb, Bi, $TeXx$, preferiblemente TeF_4 , TeF_6TeOx , preferiblemente TeO_2 o TeO_3 , el $SeXx$, preferiblemente SEF_6 , $SEOx$, preferiblemente SeO_2 o SEO_3 , un óxido de telurio, haluro, u otro compuesto de telurio como TeO_2TeO_3 , $Te(OH)_6$, $TeBr_2$, $TeCl_2$, $TeBr_4$, $TeCl_4$, TeF_4CTel_4 , TeF_6 , $CoTe$, o $NiTe$, un óxido de selenio, haluro, sulfuro, u otro compuesto de selenio tales como SeO_2 , SeO_3 , Se_2bR_2 , Se_2Cl_2 , $SeBr_4$, $SeCl_4$, SeF_4 , SeF_6 , $SeOBr_2$, $SeOCl_2$, $SeOF_2$, SeO_2F_2 , SeS_2 , Se_2S_6 , Se_4S_4O Se_6S_2 , P, P_2O_5 , P_2S_5 , $PxXy$ tales como PF_3 , PCl_3 , PBr_3 , PI_3 , PF_5 , PCl_5 , PBr_4F , o PCl_4F , $POxXy$ tales como $POBr_3$, PDI_3 , $POCl_3$ o POF_3 , $PSxXy$ (M es un metal alcalino, x, y y

z son números enteros, X y X' son halógeno), tales como el PSBr_3 , PSF_3 , psCl_3 , un compuesto de fósforo-nitrógeno tal como P_3norte_5 , $(\text{Cl}_2\text{PN})_3$, $(\text{Cl}_2\text{PN})_4\text{O}$ ($\text{BR}_2\text{PN})_x$, Un óxido de arsénico, haluro, sulfuro, seleniuro o telururo u otro compuesto de arsénico tales como AlAs , As_2yO_4 , As_2Se , As_4S_4 , AsBr_3 , AsCl_3 , AsF_3 , AsI_3 , As_2O_3 , As_2SE_3 , As_2S_3 , As_2Te_3 , AsCl_5 , AsF_5 , As_2O_5 , $\text{As}_2\text{SE}_5\text{O}$ ComO_2S_5 , un óxido de antimonio, haluro, sulfuro, sulfato, seleniuro, arseniuro, u otro compuesto de antimonio tales como SbAs , SbBr_3 , SbCl_3 , SbF_3SbI_3 , Sb_2O_3 , SbOCl , Sb_2SE_3 , $\text{Sb}_2(\text{SO}_4)_3$, Sb_2S_3 , Sb_2Te_3 , Sb_2O_4 , SbCl_5 , SbF_5 , SbCl_2F_3 , $\text{Sb}_2\text{O}_5\text{O}$ Sb_2S_5 , un óxido de bismuto, haluro, sulfuro, seleniuro, u otro compuesto de bismuto tales como BiAsO_4 , BiBr_3 , BiCl_3 , BiF_3 , BiF_5 , $\text{Bi}(\text{OH})_3\text{BIl}_3$, Bi_2O_3 , BiOBr , BiOCl , BiOI , Bi_2SE_3 , Bi_2S_3 , Bi_2Te_3 , $\text{O Bi}_2\text{O}_4$, SiCl_4 , SiBr_4 , un óxido metálico, hidróxido o haluro, tal como un haluro de metal de transición tal como CrCl_3 , ZnF_2 , ZnBr_2 , ZnI_2 , MnCl_2 , $\text{MnBr}_2\text{MNI}_2$, COBR_2 , CoI_2 , CoCl_2 , NiCl_2 , NiBr_2 , NiF_2FeF_2 , FeCl_2 , FeBr_2 , FeCl_3 , TIF_3 , CuBr , CuBr_2 , VF_3 y CuCl_2 , un haluro metálico tal como SnF_2 , SnCl_2 , $\text{SnBr}_2\text{SNI}_2$, SnF_4 , SnCl_4 , $\text{SnBr}_4\text{SNI}_4$, InF , InCl , InBr , InI , AgCl , AgI , AlF_3 , $\text{AlBr}_3\text{Ali}_3$, y F_3 , con CdCl_2 , CdBr_2 , CDI_2 , InCl_3 , ZrCl_4 , NBF_5 , TaCl_5 , MoCl_3 , MoCl_5 , NbCl_5 , AsCl_3 , TiBr_4 , SeCl_2 , SeCl_4 , InF_3 , InCl_3 , $\text{PbF}_4\text{CTel}_4\text{CMT}_6$, OsCl_3 , GaCl_3 , PtCl_3 , ReCl_3 , RhCl_3 , RuCl_3 , óxido o hidróxido metálico tal como Y_2O_3 , FeO , $\text{Fe}_2\text{O}_3\text{O NbO}$, NiO , $\text{Ni}_2\text{O}_3\text{SnO}$, SnO_2 , Ag_2O , AgO , Ga_2O , As_2O_3 , SEO_2TeO_2 , $\text{In}(\text{OH})_3$, $\text{Sn}(\text{OH})_2$, $\text{In}(\text{OH})_3$, $\text{Ga}(\text{OH})_3$ y $\text{Bi}(\text{OH})_3$, CO_2 , As_2SE_3 , SF_6 , S , SbF_3 , CF_4 , NF_3 , un permanganato tal como KMnO_4 y NaMnO_4 , P_2O_5 , un nitrato, tales como LiNO_3 , NaNO_3 y KNO_3 , y un haluro de boro tales como BBr_3 y BI_3 , un haluro de grupo 13, preferiblemente un haluro de indio como InBr_2 , InCl_2 y InI_3 , un haluro de plata, preferiblemente AgCl o AgI , un haluro de plomo, un haluro de cadmio, un haluro de zirconio, preferiblemente un óxido de metal de transición, sulfuro, o haluro (Sc , Ti , V , Cr , Mn , Fe , Co , Ni , Cu , o Zn con F , Cl , Br o I), una segunda o tercera serie de transición de halogenuro, preferiblemente YF_3 , óxido, sulfuro preferiblemente Y_2S_3 , o hidróxido, preferiblemente los de Y , Zr , Nb , Mo , Tc , Ag , Cd , Hf , Ta , W , Os , tales como NbX_3 , NbX_5 , o TaX_5 en el caso de haluros, un sulfuro metálico, tal como Li_2S , ZnS , FeS , NIS , MnS , Cu_2S , CuS , y SnS , un haluro alcalinotérreo tal como BaBr_2 , BaCl_2 , BaI_2 , SrBr_2 , SrI_2 , CaBr_2 , CaI_2 , MgBr_2 o MgI_2 , un haluro de tierra rara tal como $\text{EuBr}_3\text{LaF}_3$, LaBr_3 , CeBr_3 , GdF_3 , GdBr_3 , preferiblemente en el estado II tal como uno de CeI_2 , EuF_2 , EuCl_2 , EuBr_2 , EuI_2 , Dyl_2 , NdI_2Sml_2 , YbI_2 y Tml_2 , un boruro metálico tal como un boruro de europio, un boruro de MB_2 tal como CrB_2 , TiB_2 , de MgB_2 , ZrB_2 y GdB_2 un haluro alcalino, tal como LiCl , RbCl , o CsI , y un fosfuro de metal, un fosfuro alcalinotérreo tal como Ca_3P_2 , Un haluro de metal noble, óxido, sulfuro, tales como PtCl_2 , RbTP_2 , el PTI_2 , PtCl_4 , PdCl_2 , pBBR_2 y PBI_2 , un sulfuro de tierra rara tal como el CeS , otras tierras raras adecuados son aquellos de La y Gd , un metal y un anión tal como Na_2TeO_4 , $\text{N/A}_2\text{TeO}_3$, $\text{Co}(\text{CN})_2$, CosB , CoA , CO_2P , CoO , CoSe , CoTe , NISB , NiAs , NiSe , Ni_2Si , MgSe , un telururo de tierra rara tal como EuTe , un seleniuro de tierra rara tal como euse, un nitruo de tierra rara tal como Eun , un nitruo metálico, tal como AlN , y GDN , y un nitruo alcalinotérreo tal como Mg_3N_2 , Un compuesto que contiene al menos dos átomos del grupo de oxígeno y de diferentes átomos de halógeno tales como F_2O , Cl_2O , ClO_2 , Cl_2O_6 , Cl_2O_7 , ClF , ClF_3 , ClOF_3 , $\text{ClF}_5\text{ClO}_2\text{F}$, $\text{ClO}_2\text{F}_3\text{ClO}_3\text{F}$, BrF_3 , BrF_5 , Me_2O_5 , IBr , ICl , ICl_3 , IF , IF_3 , IF_5 , IF_7 , y un haluro de metal de segunda o tercera serie de transición, tales como OsF_6 , PtF_6O IrF_6 , Un compuesto de metal alcalino, tal como un haluro, óxido o sulfuro, y un compuesto que puede formar un metal tras la reducción, tal como un, alcalinotérreos, de transición, tierras raras alcalino, Grupo 13, preferiblemente en, y el Grupo 14, preferiblemente Sn , un hidruo metálico tal como un hidruo de tierra rara, hidruo alcalinotérreo, o hidruo alcalino en el que el catalizador o la fuente de catalizador puede ser un metal tal como un metal alcalino cuando el oxidante es un hidruo, preferiblemente un hidruo de metal. Los oxidantes adecuados son haluros metálicos, sulfuros, óxidos, hidróxidos, seleniuros, nitruos, y arseniuros, y fosfuros tales como haluros de metales alcalinotérreos tales como BaBr_2 , BaCl_2 , BaI_2 , CaBr_2 , MgBr_2 o MgI_2 , un haluro de tierra rara tal como EuBr_2 , EuBr_3 , EuF_3LaF_3 , GdF_3 , $\text{GdBr}_3\text{LaF}_3$, LaBr_3 , CeBr_3 , CeI_2Prl_2 , GDI_2 , y LaI_2 , un haluro de metal de segunda o tercera serie de transición como YF_3 , Un fosfuro alcalinotérreo, nitruo, o arseniuro tales como Ca_3P_2 , Mg_3N_2 , y Mg_3As_2 , un boruro metálico tal como CrB_2 o TiB_2 , un haluro alcalino, tal como LiCl , RbCl , o CsI , un sulfuro metálico, tal como Li_2S , ZnS , Y_2S_3 , FeS , MnS , Cu_2S , CuS , y Sb_2S_5 , un fosfuro de metal, tal como Ca_3P_2 , un haluro de metal de transición tal como CrCl_3 , ZnF_2 , ZnBr_2 , ZnI_2 , MnCl_2 , $\text{MnBr}_2\text{MNI}_2$, CoBr_2 , CoI_2 , CoCl_2 , NiBr_2 , NiF_2 , FeF_2 , FeCl_2 , FeBr_2 , TIF_3 , CuBr , VF_3 y CuCl_2 , un haluro metálico tal como $\text{SnBr}_2\text{SNI}_2$, InF , InCl , InBr , InI , AgCl , AgI Ali_3 , YF_3 , CdCl_2 , CdBr_2 , CDI_2 , InCl_3 , ZrCl_4 , NBF_5 , TaCl_5 , MoCl_3 , MoCl_5 , NbCl_5 , AsCl_3 , TiBr_4 , SeCl_2 , SeCl_4 , InF_3 , PbF_4 y CTel_4 , óxido o hidróxido metálico tal como Y_2O_3 , FeO , NbO , $\text{In}(\text{OH})_3$, As_2O_3 , SeO_2TeO_2 , BI_3 , CO_2 , As_2SE_3 , nitruo de metal de un Mg_3N_2 , o AlN , fosfuro de metal, tal como Ca_3P_2 , SF_6 , S , SbF_3 , CF_4 , NF_3 , KMnO_4 , NaMnO_4 , P_2O_5 , LiNO_3 , NaNO_3 , KNO_3 y un boruro metálico tal como BBR_3 . Los oxidantes adecuados incluyen al menos uno de la lista de BaBr_2 , BaCl_2 , EuBr_2 , EuF_3 , YF_3CrB_2 , TiB_2 , LiCl , RbCl , CsI , Li_2S , ZnS , Y_2S_3 , $\text{Ca}_3\text{P}_2\text{MNI}_2$, CoI_2 , NiBr_2 , ZnBr_2 , FeBr_2 , Snl_2 , InCl , AgCl , $\text{Y}_2\text{O}_3\text{TeO}_2$, CO_2 , SF_6 , S , CF_4 , NaMnO_4 , P_2O_5 , LiNO_3 . Los oxidantes adecuados incluyen al menos uno de la lista de EuBr_2 , BaBr_2 , CrB_2 , Mnl_2 y AgCl . Oxidantes de sulfuro adecuadas comprenden al menos un Li_2S , ZnS , e Y_2S_3 . En ciertas realizaciones, el oxidante de óxido es Y_2O_3 .

[0144] En realizaciones adicionales, cada mezcla de reacción comprende al menos una especie elegida del siguiente género de componentes (i)-(iii) descrita anteriormente, y comprende además (iv) al menos un agente reductor elegido de un metal, tal como un álcali, alcalinotérreos, de transición, transición de segunda y tercera serie, y metales de tierras raras y aluminio. Preferiblemente, el agente reductor es uno del grupo de polvos Al , Mg , MgH_2 , Si , La , B , Zr y Ti , y H_2 .

[0145] En realizaciones adicionales, cada mezcla de reacción comprende al menos una especie elegida del siguiente género de los componentes (i)-(iv) descritos anteriormente, y comprende además (v) un soporte, tal como un soporte conductor elegido de AC , 1% de Pt o Pd sobre carbono (Pt/C , Pd/C), y el carburo, preferiblemente TiC o WC .

[0146] Los reactivos pueden estar en cualquier relación molar, pero en ciertas realizaciones que están en relaciones molares aproximadamente iguales.

[0147] Un sistema de reacción adecuado que comprende (i) un catalizador o una fuente de catalizador, (ii) una fuente de hidrógeno, (iii) un oxidante, (iv) un reductor, y (v) un soporte comprende NaH, BaH, o KH como catalizador o de la fuente de catalizador y fuente de H, uno de BaBr₂, BaCl₂, MgBr₂MgI₂, CaBr₂, EuBr₂, EuF₃, YF₃, CrB₂, TiB₂, LiCl, RbCl, CsI, Li₂S, ZnS, Y₂S₃, Ca₃P₂, MnI₂, CoI₂, NiBr₂, ZnBr₂, FeBr₂, SnI₂, InCl, AgCl, Y₂O₃, TeO₂, CO₂, SF₆, S, CF₄, NaMnO₄, P₂O₅, LiNO₃, como el oxidante, Mg o MgH₂ como reductor en el que MgH₂ también puede servir como la fuente de H, y AC, TiC, o WC como soporte. En el caso de que un haluro de estaño es el oxidante, Sn producto puede servir como al menos uno del reductor y soporte conductor en el mecanismo de catálisis.

[0148] En otro sistema de reacción adecuado que comprende (i) un catalizador o una fuente de catalizador, (ii) una fuente de hidrógeno, (iii) un oxidante, y (iv) un soporte comprende NaH, BaH, o KH como catalizador o la fuente del catalizador y fuente de H, uno de EuBr₂, BaBr₂, CrB₂, MnI₂ y AgCl como el oxidante, y AC, TiC, o WC como soporte. Los reactivos pueden estar en cualquier relación molar, pero preferiblemente están en relaciones molares aproximadamente iguales.

[0149] El catalizador, la fuente de hidrógeno, el oxidante, el agente reductor, y el soporte pueden estar en cualquier relación molar deseada. En una realización que tiene los reactivos, el catalizador que comprende KH o NaH, el oxidante que comprende al menos uno de CrB₂, AgCl₂, y un haluro de metal del grupo de un alcalinotérreo, metal de transición, o haluro de tierras raras, preferiblemente un bromuro o yoduro, tal como EuBr₂, BaBr₂ y MnI₂, el reductor que comprende Mg o MgH y comprendiendo el soporte de AC, TiC, o WC, las relaciones molares son aproximadamente los mismos. Haluros de tierras raras se pueden formar por la reacción directa del halógeno correspondiente con el metal o el haluro de hidrógeno tal como HBr. El dihaluro puede formarse a partir del trihaluro por reducción H₂.

[0150] Oxidantes adicionales son aquellos que tienen un alto momento dipolar o forman un intermedio con un alto momento dipolo. Preferiblemente, las especies con un alto momento dipolar acepta fácilmente electrones desde el catalizador durante la reacción de catálisis. Las especies pueden tener una alta afinidad electrónica. En una realización, aceptores de electrones tienen una capa de electrones medio llena o casi medio llena tales como compuestos Sn, Mn, y Gd o Eu teniendo capas sp³, 3d, y 4f medio llenas, respectivamente. Oxidantes representativos de este último tipo son los metales que corresponden a LaF₃, LaBr₃, GdF₃, GdCl₃, GdBr₃, EuBr₂, EuI₂, EuCl₂, EuF₂, EuBr₃, EuI₃, EuCl₃ y EuF₃. En una realización, el oxidante comprende un compuesto de un no metal tal como al menos uno de P, S, Si, y C que preferiblemente tiene un alto estado de oxidación y además comprende átomos con una alta electronegatividad tales como al menos uno de F, Cl u O. En otra realización, el oxidante comprende un compuesto de un metal tal como al menos uno de Sn y Fe que tiene un estado de baja oxidación tal como II y además comprende átomos con una electronegatividad baja tal como al menos uno de Br o I. Un ion individualmente negativamente cargado de iones tales como MnO_4^- , ClO_4^- , o NO_3^- se ve favorecido por uno doblemente cargado negativamente

tales como CO_3^{2-} o SO_4^{2-} . En una forma de realización, el oxidante comprende un compuesto tal como un haluro de metal correspondiente a un metal con un punto de fusión bajo tal que puede ser fundido como un producto de reacción y se retira de la célula. Los oxidantes adecuados de metales de bajo punto de fusión son haluros de In, Ga, Ag, y Sn. Los reactivos pueden estar en cualquier relación molar, pero preferiblemente están en relaciones molares aproximadamente iguales.

[0151] En una realización, la mezcla de reacción comprende (i) un catalizador o una fuente de catalizador que comprende un metal o un hidruro de los elementos del Grupo I, (ii) una fuente de hidrógeno tal como gas H₂ o una fuente de gas H₂, o un hidruro, (iii) un oxidante que comprende un átomo o ion o un compuesto que comprende al menos uno de los elementos de los grupos 13, 14, 15, 16, y 17; preferentemente seleccionado de entre el grupo de F, Cl, Br, I, B, C, N, O, Al, Si, P, S, Se, y Te, (iv) un reductor que comprende un elemento o hidruro, preferiblemente uno o más elemento o hidruro elegido Mg, MgH₂, Al, Si, B, Zr, y un metal de tierras raras tal como La, y (v) un soporte que es preferentemente conductor y preferiblemente no reaccionar para formar otro compuesto con otras especies de la mezcla de reacción. Los soportes adecuados comprenden preferiblemente carbono, tal como AC, el grafeno, carbono impregnado con un metal tal como Pt o Pd/C, y el carburo, preferiblemente TiC o WC.

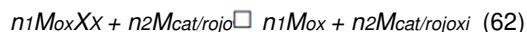
[0152] En una realización, la mezcla de reacción comprende (i) un catalizador o una fuente de catalizador que comprende un metal o un hidruro de los elementos del Grupo I, (ii) una fuente de hidrógeno tal como gas H₂ o una fuente de gas H₂, o un hidruro, (iii) un oxidante que comprende un óxido, o compuesto de sulfuro de haluro, preferiblemente un haluro de metal, óxido o sulfuro, más preferentemente un haluro de los elementos de los Grupos IA, IIA, 3d, 4d, 5d, 6d, 7d, 8d, 9d, 10d, 11d, 12d, y lantánidos, y lo más preferiblemente un haluro de metal de transición o lantánido haluro, (iv) un reductor que comprende un elemento o hidruro, preferiblemente uno o más elemento o hidruro elegido entre Mg, MgH₂, Al, Si, B, Zr, y un metal de tierras raras tal como La, y (v) un soporte que es preferentemente conductor y preferiblemente no reaccionar para formar otro compuesto con otras especies de la mezcla de reacción. Los soportes adecuados comprenden preferiblemente de carbono, tal como AC, carbono impregnado con un metal tal como Pt o Pd/C, y el carburo, preferiblemente TiC o WC.

[0153] En una realización, la mezcla de reacción comprende un catalizador o una fuente de catalizador y de hidrógeno

o una fuente de hidrógeno y puede comprender además otras especies como un reductor, un soporte, y un oxidante en el que la mezcla comprende al menos dos especies seleccionadas de BaBr₂, BaCl₂, TiB₂, CrB₂, LiCl, RbCl, LiBr, KI, MgI₂, Ca₃P₂, Mg₃As₂, Mg₃N₂, AlN, Ni₂Si, Co₂P, YF₃, YCl₃, YI₃, NiB, CeBr₃, MgO, Y₂S₃, Li₂S, GdF₃, GdBr₃, LaF₃, AlI₃, Y₂O₃, EuBr₃, EuF₃, Cu₂S, MnS, ZnS, TeO₂, P₂O₅, SnI₂, SnBr₂, CoI₂, FeBr₂, FeCl₂, EuBr₂, MnI₂, InCl, AgCl, AgF, NiBr₂, ZnBr₂, CuCl₂, InF₃, metales alcalinos, hidruros alcalinos, halogenuros alcalinos tales como LiBr, KI, RbCl, metales alcalinotérreos, hidruros de metales alcalinotérreos, haluros de metales alcalinotérreos tales como BaF₂, BaBr₂, BaCl₂, BaI₂, CaBr₂, SrI₂, SrBr₂, MgBr₂ y MgI₂, AC, carburos, boruros, metales de transición, metales de tierras raras, Ga, In, Sn, Al, Si, Ti, B, Zr y La.

e. Reacciones de intercambio. Reacciones reversibles térmicamente, y regeneración.

[0154] En una realización, el oxidante y al menos uno de los reductores, la fuente de catalizador, y el catalizador puede someterse a una reacción reversible. En una realización, el oxidante es un haluro, preferiblemente un haluro de metal, más preferiblemente al menos uno de un metal de transición, estaño, indio, metal alcalino, metal alcalinotérreo, y el haluro de tierra rara, lo más preferiblemente un haluro de tierra rara. La reacción reversible es preferiblemente una reacción de intercambio de haluro. Preferiblemente, la energía de la reacción es baja de manera que el haluro puede ser intercambiado de manera reversible entre el oxidante y el al menos uno de los reductor, fuente de catalizador, y el catalizador a una temperatura entre la temperatura ambiente y 3000°C, preferiblemente entre la temperatura ambiente y 1000°C. El equilibrio de la reacción se puede desplazar para impulsar la reacción hidrino. El cambio puede ser por un cambio de temperatura o concentración de la reacción o cambio de relación. La reacción puede ser sostenida por adición de hidrógeno. En una reacción representativa, el intercambio es



donde n₁, n₂, X, e y son números enteros, X es un haluro, y M_{ox} es el metal del oxidante, M_{red/cat} es el metal del al menos uno de los reductor, fuente de catalizador, y catalizador. En una realización, uno o más de los reactivos es un hidruro y la reacción adicional implica un intercambio de hidruro reversible además de un intercambio de haluro. La reacción reversible puede ser controlada mediante el control de la presión de hidrógeno, además de otras condiciones de reacción tales como la temperatura y la concentración de reactivos. Una reacción ejemplar es



En una realización, uno o más de los reactivos es un hidruro, y la reacción implica un intercambio de hidruro reversible. La reacción reversible puede ser controlada mediante el control de la temperatura, además de otras condiciones de reacción tales como la presión de hidrógeno y la concentración de reactivos. Una reacción ejemplar es



donde n₁, n₂, n₃, n₄, n₅, x, y, y z son números enteros que incluyen 0, M_{cat} es el metal de la fuente de catalizador, y el catalizador y M_{rojo} es el metal de uno de los reductores. La mezcla de reacción puede comprender un catalizador o una fuente de catalizador, hidrógeno o una fuente de hidrógeno, un soporte, y al menos uno o más de un reductor tal como un metal alcalinotérreo, un metal alcalino tal como Li, y otro de hidruro tal como un hidruro alcalino térreo o hidruro alcalino. En una realización que comprende un catalizador o fuente de catalizador que comprende al menos un metal alcalino tal como KH, BaH, o NaH, la regeneración se consigue mediante la evaporación del metal alcalino y la hidrogenación para formar un hidruro de metal inicial. En una realización, el catalizador o la fuente de catalizador y fuente de hidrógeno comprende NaH o KH, y el reactivo de metal para el intercambio de hidruro comprende Li. Entonces, el producto LiH se regenera por la descomposición térmica. Puesto que la presión de vapor de Na o K es mucho más alto que el de Li, el primero puede evaporar selectivamente y rehidrurar y se añadió de nuevo para regenerar la mezcla de reacción. En otra realización, el reductor o metal para el intercambio de hidruro pueden comprender dos metales alcalinotérreos, tales como Mg y AC. La reacción de regeneración puede comprender además la descomposición térmica de otro hidruro de metal bajo vacío en el que el hidruro es un producto de reacción tal como MgH₂ o de CaH₂. En una realización, el hidruro es el de un intermetálico o es una mezcla de hidruros tales como una que comprende H y al menos dos de Na, AC, y Mg. El hidruro de mezclado puede tener una temperatura de descomposición más baja que la de hidruro de metal individual más estable. En una realización, el hidruro baja la presión H₂ para evitar la fragilización por hidrógeno del sistema reactor. El soporte puede comprender carburo tales como TiC. La mezcla de reacción puede comprender NaH TiC Mg y AC. El producto hidruro alcalinotérreo tal como CaH₂ puede descomponerse bajo vacío a temperatura elevada tal como >700°C. El metal alcalino tal como Na se puede evaporar y rehidrurar. El otro metal alcalinotérreo tal como magnesio también se puede evaporar y se condensa por separado. Los reactivos se pueden recombinar para formar la mezcla de reacción inicial. Los reactivos pueden estar en cualquier relación molar. En una realización adicional, el metal evaporado tal como Na es devuelto por una estructura de mecha o capilar. La mecha puede ser la de un tubo de calor. Alternativamente, el metal condensado puede caer de nuevo a los reactivos por la gravedad. El hidrógeno se puede suministrar para formar NaH. En otra realización, el reductor o metal para el intercambio de hidruro pueden comprender un metal alcalino o un metal de transición. Los reactivos pueden comprender además un haluro tal como un haluro alcalino. En una realización, un compuesto tal como un haluro puede servir como el soporte. El compuesto puede ser un compuesto metálico tal como un haluro. El compuesto de metal puede ser reducido al metal conductor correspondiente a comprender un soporte.

mezclas de reacción adecuadas son NaH TiC Mg Li, NaH TiC MgH₂ Li, NaH TiC Li, NaH Li, NaH TiC Mg LiH, NaH TiC MgH₂LiH, NaH TiC LiH, NaH LiH, NaH TiC, NaH TiC Mg LiBr, NaH TiC Mg LiCl, NaH Mg LiBr, NaH Mg LiCl, NaH Mg Li, NaH MgH₂ LiBr, NaH MgH₂ LiCl, NaH Mg LiH, KH TiC Mg Li, KH TiC MgH₂ Li, KH TiC Li, KH Li, KH TiC Mg LiH, KH TiC MgH₂ LiH, KH TiC LiH, KH LiH, KH TiC, KH TiC Mg LiBr, KH TiC Mg LiCl, KH Mg LiBr, KH Mg LiCl, KH Mg Li, KH MgH₂LiBr, KH MgH₂ LiCl, y KH Mg LiH. Otras mezclas de reacción adecuadas son NaH MgH₂ TiC, NaH MgH₂ TiC AC, Na MgH₂TiC, Na MgH₂ TiC AC, KH MgH₂ TiC, KH MgH₂ TiC AC, K MgH₂ TiC, y K MgH₂ TiC AC. Otras mezclas de reacción adecuadas comprenden NaH Mg, NaH Mg TiC, y NaH Mg AC. AC es un soporte preferido para NaH + Mg ya que ni Na ni Mg se intercala a cualquier medida y el área superficial de AC es muy grande. La mezcla de reacción puede comprender una mezcla de hidruros en un volumen de reacción fijo para establecer una presión de hidrógeno deseada a una temperatura seleccionada. La mezcla de hidruro puede comprender un metal alcalinotérreo y su hidruro tal como Mg y MgH₂. Además, se puede añadir gas hidrógeno. Un intervalo de presión adecuado es 1 atm a 200 atm. Una mezcla de reacción adecuada es uno o más del grupo de KH Mg TiC + H₂, KH MgH₂ TiC + H₂, KH Mg MgH₂ TiC + H₂, NaH Mg TiC + H₂, NaH MgH₂ TiC + H₂ y NaH Mg MgH₂ TiC + H₂. Otros soportes adecuados, además de TiC son YC₂, Ti₃Sic₂, TiCN, MgB₂, SiC, B₄C, o WC.

[0155] En una realización, la mezcla de reacción puede comprender al menos dos de un catalizador o una fuente de catalizador y una fuente de hidrógeno tal como un hidruro de metal alcalino, un reductor tal como un metal alcalinotérreo, Li o LiH, y una adquiridor o soporte tal como un haluro de metal alcalino. El soporte no conductor puede ser convertido a un soporte conductor, tal como un metal durante la reacción. La mezcla de reacción puede comprender NaH Mg y LiCl o LiBr. Entonces, Li conductora puede formar durante la reacción. Un resultado experimental ejemplar es 031010WFC KA2 n° 1626; 1,5" LDC; 8,0gNaH n° 8 + 8,0 g Mg n° 6 + 3,4 g LiCl n° 2 + 20,0 g TiC n° 105; Tmax: 575°C; Ein: 284 kJ; dE: 12 kJ; Energía teórica: 2,9 kJ; Ganancia de energía: 4,2

[0156] En una realización, la mezcla de reacción, tal como MH (M es un metal alcalino), un reductor tal como Mg, un soporte tal como TiC o WC, y un oxidante tal como MX (M es un metal alcalinotérreo, X es un haluro), el producto comprende un hidruro de hidrino metal tal como MH(p). El hidruro de hidrino se puede convertir a hidrino molecular mediante la adición estequiométrica de un ácido tal como HCl que puede ser un gas puro. El haluro de metal de producto puede ser regenerado a hidruro de metal por electrólisis fundido seguido de hidruración del metal.

[0157] En una realización, la mezcla de reacción comprende un haluro que es una fuente de catalizador, tal como un haluro alcalino y un agente reductor tal como un metal de tierras raras y una fuente de hidrógeno tal como un hidruro o H₂. Reactivos adecuados son Mg + RbF y una fuente de H y Mg + LiCl y una fuente de H. La reacción transcurre con la formación de catalizador Rb⁺ y Li, respectivamente.

[0158] Un intervalo de temperatura de reacción adecuado es uno en el que ocurre la reacción hidrino. La temperatura puede estar en el rango en el que al menos un componente de la mezcla de reacción se funde, se somete a un cambio de fase, sufre un cambio químico tal como la descomposición, o reaccionan al menos dos componentes de la mezcla. La temperatura de reacción puede, dentro de la gama de 30°C a 1200°C. Un intervalo de temperatura adecuado es de 300°C a 900°C. El rango de temperatura de reacción para una mezcla de reacción que comprende al menos NaH puede ser mayor que 475°C. La temperatura de reacción para una mezcla de reacción que comprende un haluro metálico o hidruro puede estar en o por encima de la temperatura de reacción de regeneración. Un intervalo de temperatura adecuado para la mezcla de reacción que comprende un alcalino, tierra alcalina, o haluro de tierra rara y un catalizador o una fuente de catalizador que comprende un metal alcalino o hidruro de metal alcalino es 650°C a 850°C. Para una reacción que comprende una mezcla que forma un carbono de metal alcalino como un producto tal como MCx (M es un metal alcalino), el intervalo de temperatura puede, en la temperatura de formación del carbono de metal alcalino o superior. La reacción puede llevarse a cabo a una temperatura a la que MCx se somete a regeneración a M y C bajo presión reducida.

[0159] En una realización, la especie volátil es un metal tal como un metal alcalino. Los metales adecuados comprenden Na y K. Durante la regeneración, el metal se puede condensar en una sección más fría del sistema tal como un tubo vertical que puede comprender un brazo lateral al reactor. El metal puede añadirse a un depósito de metal. El depósito puede tener una alimentación de suministro de hidrógeno por debajo de la superficie para formar el hidruro metálico tal como NaH o KH, en el que la columna de la de metal en el tubo mantiene el hidrógeno en la proximidad a la alimentación. El hidruro metálico puede estar formado dentro de un sistema capilar tales como la estructura capilar de un tubo de calor. El capilar puede absorber selectivamente el hidruro de metal en una sección del reactor que tiene la mezcla de reacción de tal manera que el hidruro metálico se añade a la mezcla de reacción. El capilar puede ser selectivo para iónico sobre líquidos metálicos. El hidrógeno en la mecha puede estar a una presión suficiente para mantener el hidruro metálico como un líquido.

[0160] La mezcla de reacción puede comprender al menos dos de un catalizador o fuente de catalizador, hidrógeno o una fuente de hidrógeno, un soporte, un reductor y un oxidante. En una realización, un intermetálico puede servir como al menos uno de un disolvente, un soporte, y un reductor. El intermetálico puede comprender al menos dos metales alcalinotérreos tales como una mezcla de Mg y AC o una mezcla de un metal alcalinotérreo tal como Mg y un metal de transición tal Ni. El intermetálico puede servir como un disolvente para al menos uno del catalizador o la fuente de catalizador y de hidrógeno o fuente de hidrógeno. NaH o KH pueden solubilizaron por el disolvente. La mezcla de reacción puede comprender NaH Mg AC y un soporte tal como TiC. El soporte puede ser un oxidante tal como carbono

o carburo. En una realización, el disolvente tal como un metal alcalinotérreo tal como Mg interactúa con un catalizador o fuente de catalizador, tal como un hidruro de metal alcalino como compuesto iónico NaH para formar moléculas de NaH para permitir la reacción adicional para formar hidrinos. La célula puede funcionar a esta temperatura con H₂ añadido periódicamente para mantener la producción de calor.

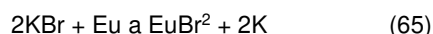
[0161] En una realización, el oxidante tal como un haluro de metal alcalino, haluro de metal alcalinotérreo, o un haluro de tierra rara, preferentemente LiCl, LiBr, RbCl, MgF₂, BaCl₂, CaBr₂, SrCl₂, BaBr₂, BaI₂, EuX₂ o GdX₃ en donde X es haluro o sulfuro, lo más preferiblemente EuBr₂, se hace reaccionar con el catalizador o fuente de catalizador, preferiblemente NaH o KH, y opcionalmente un agente reductor, preferiblemente Mg o MgH₂, para formar M_{ox} o M_{ox}H₂ y el haluro o sulfuro del catalizador tal como NaX o KX. El haluro de tierra rara se puede regenerar mediante la eliminación de manera selectiva el catalizador o la fuente de catalizador y opcionalmente el agente reductor. En una realización, M_{ox}H₂ se puede descomponer térmicamente y se retira el gas de hidrógeno por métodos tales como bombeo. El intercambio de haluro (Ecs. (62-63)) forma el metal del catalizador. El metal se puede retirar como un líquido fundido o como un gas evaporado o sublimado dejando el haluro de metal, tal como la tierra alcalina o haluro de tierra rara. El líquido puede ser eliminado, por ejemplo, por métodos tales como centrifugación o por una corriente de gas inerte presurizado. El catalizador o la fuente de catalizador puede ser rehidrurar en su caso para regenerar los reactivos originales que se recombinan en la mezcla originalmente con el haluro de tierra rara y el soporte. En el caso que el Mg o MgH₂ se utiliza como el agente reductor, Mg puede ser retirado primero formando el hidruro con H₂. Además, la fusión del hidruro, y eliminando el líquido. En una realización en donde X = F, MgF₂ producto se puede convertir en MgH₂ por intercambio de F con la tierra rara tal como EuH₂ en el que MgH₂ fundido se retira continuamente. La reacción puede llevarse a cabo bajo alta presión H₂ para favorecer la formación y la eliminación selectiva de MgH₂. El reductor puede ser rehidrurar y se añade a los otros reactivos regenerados para formar la mezcla de reacción original. En otra realización, la reacción de intercambio es entre sulfuros metálicos u óxidos del oxidante y al menos uno de los reductor, fuente de catalizador, y catalizador. Un sistema ejemplar de cada tipo es 1,66 g KH + 1g Mg + 2,74 g Y₂S₃ + 4g AC y 1 g NaH + 1g Mg + 2,26 g Y₂O₃ + 4g AC.

[0162] La eliminación selectiva del catalizador, fuente de catalizador, o el reductor puede ser continua en donde el catalizador, fuente de catalizador, o reductor pueden ser reciclados o regenerados al menos parcialmente dentro del reactor. El reactor puede comprender además un componente inmóvil o de reflujo tal como 34 inmóvil de la FIGURA 4 para eliminar el catalizador, fuente de catalizador, o reductor y devolverlo a la célula. Opcionalmente, se puede hidrurar o reaccionar adicionalmente y este producto puede ser devuelto. La célula puede ser llenada con una mezcla de un gas inerte y H₂. La mezcla de gas puede comprender un gas más pesado de H₂ de tal manera que H₂ se mantiene a flote a la parte superior del reactor. El gas puede ser al menos uno de Ne, Ar, Kr, y Xe. Alternativamente, el gas puede ser un metal alcalino o hidruro tal como K, K₂, KH o NaH. El gas puede estar formado por el funcionamiento de la célula a una temperatura alta tal como aproximadamente el punto de ebullición del metal. La sección que tiene una alta concentración de H₂ puede ser más fría de tal manera que un vapor de metal se condensa en esta región. El vapor de metal puede reaccionar con H₂ a partir de hidruro de metal, y el hidruro puede ser devuelto a la célula. El hidruro puede ser devuelto por una vía alternativa que la que resultó en el transporte del metal. Los metales adecuados son catalizadores o fuentes de catalizador. El metal puede ser un metal alcalino y el hidruro puede ser un hidruro de metal alcalino tal como Na o K y NaH o KH, respectivamente. LiH es estable a 900°C y se funde a 688,7°C; Por lo tanto, se puede añadir de nuevo al reactor sin descomposición térmica a una temperatura de regeneración correspondiente a menos de la temperatura de descomposición LiH.

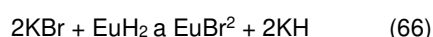
[0163] La temperatura de reacción puede ponerse en funcionamiento entre dos extremos de reciclar continuamente los reactivos por un desplazamiento del equilibrio. En una realización, el intercambiador de calor de sistema tiene la capacidad de cambiar rápidamente la temperatura de la célula entre un alto y valor bajo para desplazar el equilibrio hacia atrás y adelante para propagar la reacción hidrino.

[0164] En otra realización, los reactivos pueden ser transportados en una zona de reacción caliente por un sistema mecánico tal como un transportador o de la barrena. El calor se puede extraer mediante un intercambiador de calor y se suministra a una carga tal como una turbina y el generador. El producto se puede regenerar o regenera en lote medido que se mueve en un ciclo de vuelta a la zona de reacción caliente continuamente. La regeneración puede ser térmicamente. La regeneración puede ser por evaporación de un metal tal como una que comprende los catalizadores o fuente de catalizador. El metal eliminado puede ser hidrurado y se combina con el balance de la mezcla de reacción antes de entrar en la zona de reacción caliente. La combinación puede comprender además la etapa de mezclar.

[0165] La reacción de regeneración puede comprender una reacción catalítica con una especie adicional, tal como hidrógeno. En una realización, la fuente de catalizador y H es KH y el oxidante es EuBr₂. La reacción de regeneración impulsada térmicamente puede ser



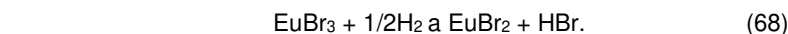
o



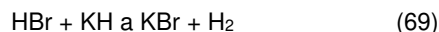
[0166] Alternativamente, H₂ puede servir como un catalizador de la regeneración del catalizador o la fuente de catalizador y oxidante tal como KH y EuBr₂, respectivamente:



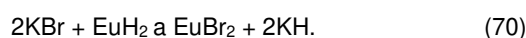
[0167] Entonces, EuBr² está formado a partir de EuBr₃ por reducción H₂. Una ruta posible es



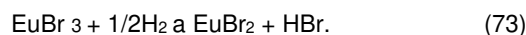
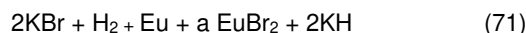
[0168] El HBr se puede reciclar:



siendo la reacción neta:



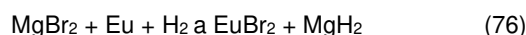
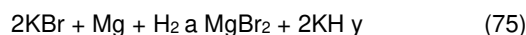
[0169] La velocidad de la reacción de regeneración impulsada térmicamente se puede aumentar mediante el uso de una vía diferente, con una menor energía conocida por los expertos en la técnica:



La reacción dada por la ecuación (71) es posible puesto que existe un equilibrio entre un metal y el hidruro correspondiente en presencia de H₂ tales como



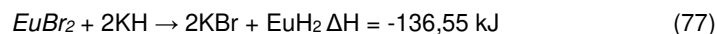
El camino de reacción puede implicar pasos intermedios de menor energía conocida por los expertos en la técnica, tales como



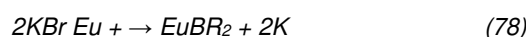
[0170] La mezcla de reacción puede comprender un soporte como el soporte tales como nanopulvos TiC, YC₂, B₄C, NbC, y Si.

[0171] El metal KH o K se puede retirar como un líquido fundido o como un gas evaporado o sublimado dejando el haluro de metal, tal como la tierra alcalina o haluro de tierra rara. El líquido puede ser eliminado por métodos tales como centrifugación o por una corriente de gas inerte presurizada. En otras realizaciones, otra fuente de catalizador o catalizador tal como NaH, LiH, RbH, CsH, BaH, Na, Li, Rb, Cs puede sustituir KH o K, y el oxidante puede comprender otro haluro metálico tal como otro haluro de tierra rara o un haluro alcalinotérreo, preferiblemente MgF₂, MgCl₂, CaBr₂, la CaF₂, SrCl₂, SrI₂, BaBr₂ o BaI₂.

[0172] En el caso de que la brecha de energía reactante de producto es pequeña, los reactivos pueden ser regenerados térmicamente. Por ejemplo, es termodinámicamente favorable revertir térmicamente la reacción dada por



por varias vías para lograr los siguientes:



La reacción se puede conducir más a la terminación mediante la eliminación dinámica de potasio. La reacción dada por la ecuación (78) se confirmó mediante la reacción de una mezcla molar de dos a uno de KBr y Eu (3,6 g (30 mmoles) de KBr y 2,3 g (15 mmoles) de Eu) en un bote de alúmina envuelto en papel de níquel en un tubo de cuarzo OD de 1 pulgada a 1050°C durante 4 horas bajo una atmósfera de argón. El potasio metal se evaporó de la zona caliente, y el producto mayoritario identificado por XRD era EuBr₂. En otra realización, EuBr₂ se formó de acuerdo con la reacción dada por la ecuación (78) por reacción sobre una mezcla molar de dos a uno de KBr y Eu (4,1 g (34,5 mmoles) de KBr y 2,1 g (13,8 mmoles) de Eu) envuelto en hoja de acero inoxidable en un tubo de acero inoxidable

OD de 0,75 pulgadas abierto en un extremo en un tubo de cuarzo a prueba de vacío OD de 1 pulgada. La reacción se realizó a 850°C durante una hora bajo vacío. El potasio de metal se evaporó de la zona caliente, y el producto mayoritario identificado por XRD era EuBr_2 . En una realización, una mezcla de reacción tal como una mezcla de sal se usa para bajar el punto de los reactivos de regeneración de fusión. Una mezcla adecuada es una mezcla de sal eutéctica de una pluralidad de cationes de una pluralidad de catalizadores tales como cationes alcalinos. En otras realizaciones, las mezclas de metales, hidruros, u otros compuestos o elementos se utilizan para disminuir el punto de los reactivos de regeneración de fusión.

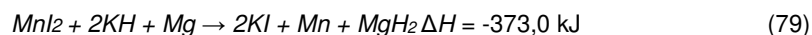
[0173] El balance de energía de la química no hidrino de este sistema catalizador hidrino es esencialmente energía neutra de tal manera que con cada ciclo de potencia y la regeneración mantiene simultáneamente para constituir una fuente de alimentación continua, 900 kJ/mol EuBr_2 son liberados por ciclo en un caso medido experimentalmente. La densidad de potencia observado fue de aproximadamente 10 W/cm³. El límite de temperatura es aquel establecido por el fallo del material de recipiente. El equilibrio de combustible neto de la reacción hidrino es 50MJ/mol H_2 consumido para formar H_2 (1/4).

[0174] En una realización, el oxidante es EuX_2 (X es un haluro) hidratado en donde el agua puede estar presente como una especie minoritaria tal que su estequiometría es menor que uno. El oxidante puede comprender, además, el europio, el haluro, y óxido tal como EuOX , preferiblemente EuOBr o una mezcla con EuX_2 . En otra realización, el oxidante es EuX_2 tales como EuBr_2 y el soporte es el carburo tal como YC_2 o TiC .

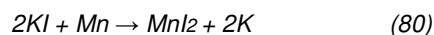
[0175] En una realización, el catalizador de metal o fuente de catalizador, tal como K o Na se evapora de una zona caliente como la reacción de intercambio tal como la reacción de intercambio de haluro ocurre con la regeneración del oxidante tal como EuBr_2 . El metal catalizador puede ser condensado en una cámara de condensación que tiene una válvula tal como una válvula o válvula de compuerta de esclusa que cuando está cerrado aísla la cámara de la cámara principal de reactor. El metal catalizador se puede hidrurar mediante la adición de una fuente de hidrógeno tal como gas hidrógeno. A continuación, el hidruro se puede añadir de nuevo a la mezcla de reacción. En una realización, la válvula se abre y el hidruro calienta al punto de fusión de tal manera que fluye de nuevo en la cámara de reacción. Preferiblemente, la cámara de condensación está por encima de la cámara de reacción principal tal que el flujo es al menos parcialmente por gravedad. El hidruro se puede añadir también de nuevo mecánicamente. Otros sistemas de reacciones adecuadas que se regeneran térmicamente comprenden al menos NaH, BaH, o KH y un haluro alcalino, tal como LiBr, LiCl, Ki, y RbCl o haluro alcalinotérreo tal como MgF_2 , MgCl_2 , CaBr_2 , LaCaF_2 , SrCl_2 , SrI_2 , BaCl_2 , BaBr_2O BaI_2 .

[0176] La mezcla de reacción puede comprender un intermetálico tales como Mg_2Ba como reductor o como un soporte y puede comprender además mezclas de oxidantes tales como mezclas de haluros de metales alcalinotérreos solas como $\text{MgF}_2 + \text{MgCl}_2$ o con haluros alcalinos, tales como $\text{KF} + \text{MgF}_2$ o KMgF_3 . Estos reactivos se pueden regenerar térmicamente de los productos de la mezcla de reacción. Durante la regeneración de $\text{MgF}_2 + \text{MgCl}_2$, MgCl_2 puede ser retirado de forma dinámica como un producto de una reacción de intercambio de Cl para F. La eliminación puede ser por evaporación, sublimación, o precipitación a partir de una mezcla líquida en al menos el último caso.

[0177] En otra realización, la brecha de energía reactante de producto es más grande y los reactivos todavía pueden ser regenerados térmicamente mediante la eliminación de al menos una especie. Por ejemplo, a temperaturas de menos de 1000°C que es termodinámicamente desfavorable para revertir térmicamente la reacción dada por



Sin embargo, mediante la eliminación de una especie como K hay varias vías para lograr los siguientes:

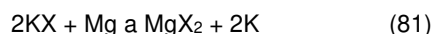


Por lo tanto, se aplican la termodinámica de no equilibrio, y muchos sistemas de reacción pueden ser regenerados que no son termodinámicamente favorables teniendo en cuenta sólo la termodinámica de equilibrio de un sistema cerrado.

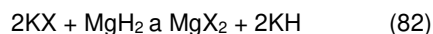
[0178] La reacción dada por la ecuación (80) puede ser accionada a más finalización mediante la eliminación dinámica de potasio. La reacción dada por la ecuación (80) se confirmó mediante la reacción de una mezcla molar de dos a uno de KI y Mn en un tubo de acero inoxidable vertical de OD de 0,75 pulgadas abierto en un extremo en un tubo de cuarzo a prueba de vacío OD de 1 pulgada. La reacción se realizó a 850°C durante una hora bajo vacío. El metal de potasio se evaporó de la zona caliente, y el MnI_2 producto se identificó mediante XRD.

[0179] En otra realización, el haluro de metal que puede servir como un oxidante comprende un metal alcalino tal como KI, LiBr, LiCl, o RbCl, o un haluro alcalinotérreo. Un haluro alcalinotérreo adecuado es un haluro de magnesio. La mezcla de reacción puede comprender una fuente de catalizador y una fuente de H tal como KH, BaH, o NaH, un oxidante tal como uno de MgF_2 , MgBr_2 , MgCl_2 , MgBr_2 , MgI_2 , y mezclas tales como MgBr_2 y MgI_2 o un compuesto mezclado-haluro tal como MgI_2Br , un reductor tal como polvo de metal Mg, y un soporte tal como TiC, YC_2 , Ti_3SiC_2 , TiCN , MgB_2 , SiC, B_4C , o WC. Una ventaja del oxidante haluro de magnesio es que no puede necesitar ser eliminado

con el fin de regenerar el oxidante reactivo Mg en polvo. La regeneración puede ser por calentamiento. La reacción de regeneración impulsada térmicamente puede ser

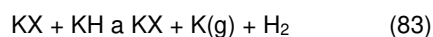


o



en donde X es F, Cl, Br, o I. En otras formas de realización, otro metal alcalino o hidruro de metal alcalino tal como NaH o BaH pueden reemplazar KH.

[0180] En otra realización, el haluro de metal que puede servir como un oxidante comprende un haluro de metal alcalino tal como KI en donde el metal es también el metal del catalizador o la fuente de catalizador. La mezcla de reacción puede comprender una fuente de catalizador y una fuente de H tal como KH o NaH, un oxidante tal como uno de KX o NaX en donde X es F, Cl, Br, o I, o mezclas de oxidantes, un reductor tal como polvo de metal mg, y un soporte tal como TiC, YC₂, B₄C, NbC, y Si nanopulvos. Una ventaja de un oxidante tal haluro es que el sistema se simplifica para la regeneración del oxidante reactivo. La regeneración puede ser por calentamiento. La reacción de regeneración impulsada térmicamente puede ser

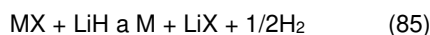


el metal alcalino tal como K puede ser recogido como un vapor, rehidurado, y añadido a la mezcla de reacción para formar la mezcla de reacción inicial.

[0181] LiH es estable a 900°C y se funde a 688,7°C; por lo tanto, los halogenuros de litio, tales como LiCl y LiBr pueden servir como el oxidante o haluro de una reacción de intercambio de hidruro-haluro en donde otro metal catalizador, tal como K o Na se evapora preferentemente durante la regeneración cuando LiH reacciona para formar el haluro inicial de litio. La mezcla de reacción puede comprender el catalizador o la fuente de catalizador y de hidrógeno o fuente de hidrógeno tal como KH o NaH, y puede comprender además uno o más de un reductor tal como un metal alcalinotérreo tal como Mg en polvo, un soporte tal como YC₂, TiC, o de carbono, y un oxidante tal como un haluro alcalino, tal como LiCl o LiBr. Los productos pueden comprender el haluro de metal catalizador y el hidruro de litio. La energía de la producción de reacción y reacción de regeneración hidrino pueden ser, respectivamente:



y



en donde M es el metal catalizador tal como un metal alcalino tal como K o Na y X es un haluro tal como Cl o Br. M se evapora preferentemente debido a la alta volatilidad de M y la inestabilidad relativa de MH. El metal M puede ser hidurado por separado y se devuelve a la mezcla de reacción para regenerarla. En otra realización, Li reemplaza LiH en la reacción de regeneración, ya que tiene una presión de vapor mucho menor que K. Por ejemplo, a 722°C, la presión de vapor de Li es 100 Pa; mientras que, a una temperatura similar, 756°C, la presión de vapor de K es 100 kPa. A continuación, K se puede evaporar selectivamente durante una reacción de regeneración entre MX y Li o LiH en la Ec. (85). En otras formas de realización, otro metal M alcalino tal como Na sustituye a K.

[0182] En otra realización, la reacción para formar hidrinos comprende al menos uno de un intercambio de hidruro y un haluro de cambio entre al menos dos especies tales como dos metales. Al menos un metal puede ser un catalizador o una fuente de un catalizador para formar hidrinos tal como un metal alcalino o hidruro de metal alcalino. El intercambio hidruro puede ser de entre al menos dos hidruros, al menos un metal y al menos un hidruro, al menos dos hidruros metálicos, al menos un metal y al menos un hidruro de metal y otros tales combinaciones con el intercambio entre o que implica dos o más especies. En una realización, el intercambio hidruro forma un hidruro de metal mixto tal como (M₁)_x(M₂)_yH_z en donde x, y, y z son números enteros y M₁ y M₂ son metales. En una realización, el hidruro mixto comprende un metal alcalino y un metal alcalinotérreo tal como KMgH₃, K₂MgH₄, NaMgH₃ y Na₂MgH₄. La mezcla de reacción puede ser al menos uno de NaH y KH, al menos un metal tal como un metal alcalinotérreo o metal de transición, y un soporte tal como carbono o carburo. La mezcla de reacción puede comprender NaH Mg y TiC o NaH o KH Mg TiC y MX en donde LiX en donde X es haluro. Un intercambio de hidruro puede ocurrir entre NaH y al menos uno de los otros metales. En realizaciones, la célula puede comprender o formar hidruros para formar hidrinos. Los hidruros pueden comprender hidruro metálico mixto tal como Mg_x(M₂)_yH_z en donde x, y, y z son números enteros y M₂ es un metal. En una realización, el hidruro mixto comprende un metal alcalino y Mg como KMgH₃, K₂MgH₄, NaMgH₃, N/A₂MgH₄ e hidruros mixtos con dopaje que pueden aumentar la movilidad H. El dopaje puede aumentar la movilidad H mediante el aumento de la concentración de H vacantes. Un dopaje adecuado es con pequeñas cantidades de sustituyentes que pueden existir como cationes monovalentes en lugar de los cationes normalmente divalentes de tipo B de una estructura de perovskita. Un ejemplo es Li dopaje para producir x vacantes como en el caso de Na(Mg_x-

$1\text{Li}x)\text{H}_{3-x}$. Células ejemplares son $[\text{Li}/\text{olefina separador LP 40}/\text{NaMgH}_3]$ y $[\text{Li}/\text{LiCl-KCl}/\text{NaMgH}_3]$.

[0183] En una realización, el catalizador es un átomo o ion de al menos uno de un material a granel tal como un metal, un metal de un compuesto intermetálico, un metal soportado, y un compuesto, en donde al menos un electrón del átomo o ion acepta sobre un múltiplo entero de 27,2 eV de hidrógeno atómico para formar hidrinos. En una realización, Mg_{2+} es un catalizador para formar hidrinos desde su tercera energía de ionización (IP) es 80,14 eV. El catalizador puede estar formado en un plasma o comprenden un compuesto reactivo de la mezcla de reacción hidrino. Un compuesto de Mg adecuado es uno que proporciona Mg_{2+} en un ambiente tal que su tercera IP está más cerrada adaptada a la energía de resonancia de 81,6 eV dada por la ecuación (5) con $m = 3$. Compuestos de magnesio ejemplares incluyen haluros, hidruros, nitruros, carburos, y boruros. En una realización, el hidruro es un hidruro metálico mixto tal como $\text{Mg}_x(\text{M}_2)_y\text{Hz}$ en donde x, y, y z son números enteros y M_2 es un metal. En una realización, el hidruro mixto comprende un metal alcalino y Mg como KMgH_3 , K_2MgH_4 , NaMgH_3 y Na_2MgH_4 . La reacción de catalizador está dada por las ecuaciones (6-9) en donde Cat^{n+} es Mg_{2+} , $r=1$, y $m=3$. En otra realización, Ti^{2+} es un catalizador para formar hidrinos desde su tercera energía de ionización (IP) es 27,49 eV. El catalizador puede estar formado en un plasma o comprenden un compuesto reactivo de la mezcla de reacción hidrino. Un compuesto de Ti adecuado es uno que proporciona Ti^{2+} en un ambiente tal que su tercera IP está más cerrada adaptada a la energía de resonancia de 27,2 eV dada por la ecuación (5) con $m = 1$. Compuestos de titanio ejemplares incluyen haluros, hidruros, nitruros, carburos, boruros y. En una realización, el hidruro es un hidruro metálico mixto tal como $\text{Ti}_x(\text{M}_2)_y\text{Hz}$ en donde x, y, y z son números enteros y M_2 es un metal. En una realización, el hidruro mixto comprende al menos uno de un metal o tierra alcalina de metal alcalino y Ti tal como KTiH_3 , K_2TiH_4 , NaTiH_3 , Na_2TiH_4 y MgTiH_4 .

[0184] Metal de magnesio en granel comprende Mg_{2+} iones y electrones planares de metal como cargas de contador en un enrejado metálico. La tercera energía de ionización de Mg es $\text{IP}_3=80,1437$ eV. Esta energía se incrementa por la energía de unión de metal Mg molar de $E_b=147,1$ kJ/mol (1,525 eV) tal que la suma de IP_3 y E_b se trata de $3 \times 27,2$ eV que es un partido a la necesaria para Mg para servir como catalizador (Ec. (5)). El tercer electrón ionizado puede estar unido o llevado a cabo a tierra por la partícula de metal que comprende el centro ionizado Mg^{2+} . Del mismo modo, metal de calcio comprende Ca_{2+} iones y electrones planares de metal como cargos de contador en un enrejado metálico. La tercera energía de ionización del AC es $\text{IP}_3=50,9131$ eV. Esta energía se incrementa por la energía AC unión de metal molar de $E_b=177,8$ kJ/mol (1,843 eV) tal que la suma de IP_3 y $2E_b$ se trata de $2 \times 27,2$ eV que es una coincidencia a la necesaria para AC para servir como catalizador (Ec. (5)). La cuarta energía de ionización es de la $\text{IP}_4=49,95$ eV. Esta energía se incrementa por la energía molar de unión de metal de $E_b=431,0$ kJ/mol (4,47 eV) tal que la suma de IP_4 y E_b se trata de $2 \times 27,2$ eV que es un partido a la necesaria para La para servir como catalizador (Ec. (5)). Otros de tales metales que tienen la suma de la energía de ionización del ion de la red y la energía reticular o un pequeño múltiplo de la misma igual a aproximadamente $m \times 27,2$ eV (Ec. (5)), tales como Cs ($\text{IP}_2=23,15$ eV), Sc ($\text{IP}_3=24,75666$ eV), Ti ($\text{IP}_3=27,4917$ eV), Mo ($\text{IP}_3=27,13$ eV), Sb ($\text{IP}_3=25,3$ eV), Eu ($\text{IP}_3=24,92$ eV), Yb ($\text{IP}_3=25,05$ eV), y Bi ($\text{IP}_3=25,56$ eV) puede servir como catalizadores. En una realización, Mg o AC es una fuente de catalizador de las mezclas de reacción descritas en la presente. La temperatura de reacción puede ser controlada para controlar la velocidad de reacción para formar hidrinos. La temperatura puede estar en el intervalo de aproximadamente 25°C a 2000°C . Un intervalo de temperatura adecuado es el punto de fusión del metal $\pm 150^\circ\text{C}$. AC también puede servir como un catalizador puesto que la suma de las primeras cuatro energías de ionización ($\text{IP}_1=6,11316$ eV, $\text{IP}_2=11,87172$ eV, $\text{IP}_3=50,9131$ eV, $\text{IP}_4=67,27$ eV) es $136,17$ eV que es $5 \times 27,2$ eV (Ec. (5)).

[0185] En una realización, la energía de reacción de catalizador es la suma de la ionización de una especie tal como un átomo o ion y, o bien la energía de unión de H_2 (4,478 eV) o la energía de ionización de H^- ($\text{IP}=0,754$ eV). La tercera energía de ionización de Mg es $\text{IP}_3=80,1437$ eV. La reacción de catalizador de H^- con un ion Mg^{2+} incluyendo uno en una red de metal tiene una entalpía correspondiente a $\text{IP H}^- + \text{IP Mg}^{2+} \sim 3 \times 27,2$ eV (Ec. (5)). La tercera energía de ionización del AC es $\text{IP}_3=50,9131$ eV. La reacción de catalizador de H^- con un ion Ca^{2+} incluyendo uno en una red de metal tiene una entalpía correspondiente a $\text{IP H}^- + \text{IP Ca}^{2+} \sim 2 \times 27,2$ eV (Ec. (5)). La cuarta energía de ionización es de La $\text{IP}_4=49,95$ eV. La reacción de catalizador de H^- con un ion La^{3+} incluyendo uno en una red de metal tiene una entalpía correspondiente a $\text{IP H}^- + \text{La IP}_4 \sim 2 \times 27,2$ eV (Ec. (5)).

[0186] En una realización, la energía de ionización o energías de un ion de un cedazo del metal además de una energía menor que o igual a la función de trabajo de metal es un múltiplo de 27,2 eV tal que la reacción de la ionización del ion a una banda de metal hasta el límite de la ionización del metal es de suficiente energía para que coincida con la requerida para ser aceptada en catalizador H a un estado hidrino. El metal puede ser sobre un soporte que aumenta la función de trabajo. Un soporte adecuado es carbono o carburo. La función de trabajo de este último es de aproximadamente 5 eV. La tercera energía de ionización de Mg es $\text{IP}_3=80,1437$ eV, la tercera energía de ionización del AC es $\text{IP}_3=50,9131$ eV, y la cuarta energía de ionización es de La $\text{IP}_4=49,95$ eV. Por lo tanto, cada uno de estos metales sobre un soporte de carbono o carburo puede servir como un catalizador que tiene una entalpía neta de $3 \times 27,2$ eV, $2 \times 27,2$ eV, y $2 \times 27,2$ eV, respectivamente. La función de trabajo de Mg es 3,66 eV; por lo tanto, solo Mg puede servir como un catalizador de $3 \times 27,2$ eV.

[0187] La transferencia de energía desde H a un aceptor, tal como un átomo o ion cancela la carga central y la energía de unión del electrón del aceptor. La energía transferida se permite cuando igual a un número entero de 27,2 eV. En el caso de que el aceptor de electrones es el electrón exterior de un ion en un metal o compuesto, existe el ion en una red de tal manera que la energía aceptada es mayor que la energía de ionización de vacío del electrón aceptor. La

energía de red se incrementa en una cantidad menor que o igual a la función de trabajo, la energía componente limitante en donde el electrón se ioniza de la celosía. En una realización, la energía de ionización o energías de un ion de un cedazo del metal además de una energía menor que o igual a la función de trabajo de metal es un múltiplo de 27,2 eV tal que la reacción de la ionización del ion a una banda de metal de hasta el límite de la ionización del metal es de suficiente energía para que coincida con la requerida para catalizador H a un estado hidrino. El metal puede ser sobre un soporte que aumenta la función de trabajo. Un soporte adecuado es carbono o carburo. La función de trabajo de este último es de aproximadamente 5 eV. La tercera energía de ionización de Mg es IP 2 eV tal que la reacción de la ionización del ion a una banda de metal hasta el límite de la ionización del metal es de suficiente energía para que coincida con la requerida para catalizador H a un estado hidrino. El metal puede ser sobre un soporte que aumenta la función de trabajo. Un soporte adecuado es carbono o carburo. La función de trabajo de este último es de aproximadamente 5 eV. La tercera energía de ionización de Mg es IP 2 eV tal que la reacción de la ionización del ion a una banda de metal hasta el límite de la ionización del metal es de suficiente energía para que coincida con la requerida para catalizador H a un estado hidrino. El metal puede ser sobre un soporte que aumenta la función de trabajo. Un soporte adecuado es carbono o carburo. La función de trabajo de este último es de aproximadamente 5 eV. La tercera energía de ionización de Mg es IP₃= 80,1437 eV, la tercera energía de ionización del AC es IP₃= 50,9131 eV, y la cuarta energía de ionización es de La IP₄= 49,95 eV. Por lo tanto, cada uno de estos metales sobre un soporte de carbono o carburo puede servir como un catalizador que tiene una entalpía neta de 3X27,2 eV, 2X27,2 eV, y 2X27,2 eV, respectivamente. La función de trabajo de Mg es 3,66 eV; por lo tanto, solo Mg puede servir como un catalizador de 3X27,2 eV. El mismo mecanismo se aplica a un ión o compuesto. Un ion de este tipo puede servir como un catalizador cuando la energía de ionización o energías de un ion de una red iónica más una energía menor que o igual a la función de trabajo compuesto es un múltiplo de 27,2 eV.

[0188] Los soportes adecuados para los sistemas de catalizadores tales como catalizadores a granel tales como Mg son al menos uno de TiC, Ti₃Sic₂, WC, TiCN, MgB₂, YC₂, SiC, y B₄C. En una realización, un soporte para un catalizador en masa puede comprender un compuesto del mismo o un metal diferente tal como un haluro alcalino o alcalinotérreo. Los compuestos adecuados para catalizador Mg son MgBr₂, MgI₂, MgB₂, CaBr₂, Cal₂ y Srl₂. El soporte puede comprender además un compuesto halogenado tal como un fluorocarbono tal como Teflon, carbono fluorado, hexafluorobenceno, y CF₄. Los productos de reacción de fluoruro de magnesio y carbono pueden regenerarse por métodos conocidos tales como la electrólisis fundida. Carbono fluorado puede regenerarse directamente mediante el uso de un ánodo de carbono. El hidrógeno puede ser suministrado por permeación a través de una membrana permeable de hidrógeno. Una mezcla de reacción adecuada es Mg y un soporte tal como TiC, Ti₃Sic₂, WC, TiCN, MgB₂, YC₂, SiC, y B₄C. El reactivo puede estar en cualquier relación molar. El soporte puede ser en exceso. El intervalo de relación molar podría ser 1,5 a 10000. La presión de hidrógeno puede mantenerse de manera que la hidruración de Mg es muy baja en medida para mantener Mg metálico y una atmósfera H₂. Por ejemplo, la presión de hidrógeno puede ser mantenida inferior a la atmosférica a una temperatura del reactor elevada tal como de 1 a 100 torr a una temperatura por encima de 400°C. Un experto en la técnica podrían determinar un intervalo de temperatura y la presión de hidrógeno adecuada basada en la composición de hidruro de magnesio frente a temperatura y diagrama de presión de hidrógeno.

[0189] La mezcla de reacción hidrino puede comprender Mg de alta superficie, un soporte, una fuente de hidrógeno tal como H₂ o un hidruro, y opcionalmente otros reactivos, tales como un oxidante. El soporte, tal como al menos uno de TiC, Ti₃Sic₂, WC, TiCN, de MgB₂, YC₂, SiC, y B₄C puede ser regenerado mediante la evaporación de metales volátiles. Mg se puede eliminar por limpieza con antraceno-tetrahidrofurano (THF) en donde forma un Mg complejo. Mg se puede recuperar mediante la descomposición térmica del complejo.

[0190] En una realización, el catalizador comprende un metal o un compuesto que tiene una energía de ionización igual a un múltiplo entero de 27,2 eV como se determina por espectroscopia de fotoelectrones de rayos X. En una realización, NaH sirve como el catalizador y fuente de H en donde la temperatura de reacción se mantiene por encima del punto de fusión de NaH de 638°C a una presión de hidrógeno de más de 107,3 bar.

[0191] Metal Al puede servir como un catalizador. Las primeras, segundas y terceras energías de ionización son 5,98577 eV, 18,82856 eV, y 28,44765 eV, respectivamente, de tal manera que la ionización de Al a Al³⁺ 53,26198 eV. Esta entalpía, más la energía de unión de Al en un defecto es un fósforo a 2X27,2 eV.

[0192] Otra clase de especies que satisface la condición de catalizador de proporcionar una entalpía neta de un múltiplo entero de 27,2 eV es la combinación de una molécula de hidrógeno y otra especie tal como un átomo o ion por lo que la suma de la energía de unión de H₂ y las energías de ionización de uno o más electrones de las otras especies es mX27,2 (Ec. (5)). Por ejemplo, la energía de unión de H₂ es 4,478 eV y la primera y segunda energía de ionización de Mg son IP₁= 7,64624 eV e IP₂= 15,03528 eV. Por lo tanto, Mg y H₂ pueden servir como un catalizador que tiene una entalpía neta de 27,2 eV. En otra realización, la condición de catalizador de proporcionar una entalpía neta de un múltiplo entero de 27,2 eV se satisface mediante la combinación de un ion de hidruro y otra especie tal como un átomo o ion por lo que la suma de las energías de ionización de H⁻ y uno o más electrones de las otras especies es mX27,2 (Ec. (5)). Por ejemplo, la energía de ionización de H⁻ es 0,754 eV y la tercera energía de ionización de Mg es IP₃= 80,1437 eV. Por lo tanto, Mg²⁺ y H⁻ pueden servir como un catalizador que tiene una entalpía neta de 3X27,2 eV.

[0193] Otra clase de especies que satisface la condición de catalizador de proporcionar una entalpía neta de un múltiplo entero de 27,2 eV es la combinación de un átomo de hidrógeno y otra especie tal como un átomo o ion por lo que la suma de las energías de ionización del átomo de hidrógeno y uno o más electrones de las otras especies es $m \times 27,2$ (Ec. (5)). Por ejemplo, la energía de ionización de H es 13,59844 eV y la primera, segunda, y tercera energías de ionización de AC son $IP_1 = 6,11316$ eV, $IP_2 = 11,87172$ eV, y $IP_3 = 50,9131$ eV. Por lo tanto, AC y H pueden servir como un catalizador que tiene una entalpía neta de $3 \times 27,2$ eV. AC también puede servir como un catalizador puesto que la suma de las primera, segunda, tercera, y cuarta energías de ionización ($IP_4 = 67,27$ eV) son $5 \times 27,2$ eV. En el último caso, ya que $H(1/4)$ es un caso preferido en base a su estabilidad, un átomo de H catalizado por AC puede pasar al estado $H(1/4)$ en donde la energía transferida al AC para hacer que sea ionizado a Ca^{4+} comprende un componente de 81,6 eV para formar el $H^*(1/4)$ intermedio y 54,56 eV liberado como parte de la energía de desintegración de $H^*(1/4)$.

[0194] En una realización, los átomos de hidrógeno pueden servir como un catalizador. Por ejemplo, átomos de hidrógeno pueden servir como un catalizador en donde $m = 1$, $m = 2$, y $m = 3$ en la Ec. (5) para uno, dos, y tres átomos, respectivamente, actuando como un catalizador para otro. La tasa para el catalizador de dos átomos, $2H$, puede ser alta cuando H extraordinariamente rápido choca con una molécula para formar el $2H$ en donde dos átomos aceptan resonante y no radiativamente 54,4 eV de un tercer átomo de hidrógeno de los pares de colisión. Por el mismo mecanismo, la colisión de dos H_2 calientes proporciona $3H$ para servir como un catalizador de $3 \times 27,2$ eV para el cuarto. La continua EUV a 22,8 nm y 10,1 nm, ensanchamiento de línea extraordinario (>50 eV) Balmer α , los estados H altamente excitados, y el gas $H_2(1/4)$ producto se observaron a partir de los sistemas de plasma como se predijo. Las altas densidades de átomos de H para las interacciones multi-cuerpo también pueden lograrse sobre un soporte tal como un carburo o boruro. En una realización, la mezcla de reacción comprende un soporte tal como TiC, TiCN, WC nano, negro de carbono, Ti_3SiC_2 , MgB_2 , TiB_2 , Cr_3C_2 , B_4C , SiC, YC_2 , y una fuente de hidrógeno tal como gas H_2 y un hidruro tal como MgH_2 . La mezcla de reacción puede comprender además un disociador tal como Pd/Al_2O_3 , Pd/C , R-Ni, polvo de Ti, polvo de Ni, y MoS_2 .

[0195] En una realización, la mezcla de reacción comprende al menos dos de un catalizador o una fuente de catalizador y de hidrógeno o una fuente de hidrógeno tal como KH, BaH, o NaH, un soporte tal como un carburo metálico preferentemente TiC, Ti_3SiC_2 , WC, TiCN, MgB_2 , B_4C , SiC, o YC_2 , o un metal tal como un metal de transición tal como Fe, Mn o Cr, reductores tales como un metal alcalinotérreo y un haluro alcalinotérreo que puede servir como un oxidante. Preferiblemente, el oxidante haluro alcalinotérreo y reductor comprenden el mismo metal alcalinotérreo. Mezclas de reacción ejemplares comprenden KH Mg TiC o YC_2 $MgCl_2$; KH Mg TiC o YC_2 MgF_2 ; KH AC TiC o YC_2 $CaCl_2$; KH AC TiC o YC_2 CaF_2 ; KH Sr TiC o YC_2 $SrCl_2$; KH Sr TiC o YC_2 SrF_2 ; KH Ba TiC o YC_2 $BaCl_2$; KH Ba TiC o YC_2 $BaBr_2$; y KH Ba TiC o YC_2 BaI_2 .

[0196] En una realización, la mezcla de reacción comprende un catalizador o una fuente de catalizador y de hidrógeno o una fuente de hidrógeno tal como KH, BaH, o NaH y un soporte tal como un carburo metálico preferentemente TiC, Ti_3SiC_2 , WC, TiCN, MgB_2 , B_4C , SiC, o YC_2 o un metal tal como un metal de transición tales como Fe, Mn o Cr. Los soportes adecuados son los que causan la formación del catalizador y de hidrógeno de tal manera que H forma hidrinos. Mezclas de reacción ejemplares comprenden KH YC_2 ; KH TiC; NaH YC_2 NaH TiC.

[0197] En una realización, la mezcla de reacción comprende un catalizador o una fuente de un catalizador y de hidrógeno o una fuente de hidrógeno tal como hidruro de metal alcali. Reactivos adecuados son KH, BaH, y NaH. La mezcla de reacción puede comprender además un reductor tal como un metal alcalinotérreo, preferentemente Mg, y adicionalmente puede comprender un soporte en donde el soporte puede ser de carbono tal como carbón activado, un metal, o carburo. La mezcla de reacción puede comprender además un oxidante tal como un haluro alcalinotérreo. En una realización, el oxidante puede ser el soporte tal como carbono. El carbono puede comprender formas tales como grafito y carbón activado y puede comprender además un disociador de hidrógeno tal como Pt, Pd, Ru, o Ir. Ta carbono adecuado puede comprender Pt/C, Pd/C, Ru/C o Ir/C. El oxidante puede formar un compuesto de intercalación con uno o más metales o la mezcla de reacción. El metal puede ser el metal del catalizador o la fuente de catalizador tal como un metal alcalino. En una reacción de ejemplo, el compuesto de intercalación puede ser KC_x en donde X puede ser 8, 10, 24, 36, 48, 60. En una realización, el compuesto de intercalación se puede regenerar al metal y carbono. La regeneración puede ser por calentamiento en donde el metal puede ser retirado de forma dinámica para forzar la reacción adicional a la terminación. Una temperatura adecuada para la regeneración está en el intervalo de aproximadamente 500-1000°C, preferiblemente en el intervalo de aproximadamente 750-900°C. La reacción puede facilitarse adicionalmente mediante la adición de otra especie, tal como un gas. El gas puede ser un gas inerte o de hidrógeno. La fuente de hidrógeno puede ser un hidruro tal como una fuente de catálisis tal como KH o una fuente de oxidante tal como MgH_2 . Los gases adecuados son uno o más de un gas noble y nitrógeno. Alternativamente, el gas podría ser amoníaco o mezclas de o con otros gases. El gas puede ser eliminado por medios tales como el bombeo. Otros agentes de desplazamiento comprenden un agente de intercalación distinto del que comprende el catalizador o la fuente de catalizador, tal como otro metal alcalino distinto del correspondiente al catalizador o fuente de catalizador. El intercambio puede ser dinámico o producirse de forma intermitente tal que al menos algo del catalizador o la fuente de catalizador se regenera. El carbono también se regenera por medios tales como la descomposición más fácil del compuesto de intercalación formado por el agente de desplazamiento. Esto puede ocurrir por calentamiento o mediante el uso de un agente de desplazamiento de gas. Cualquier metano o hidrocarburos formados a partir del carbono y el hidrógeno pueden ser reformados en catalizadores adecuados a carbono e hidrógeno. El metano también

se puede hacer reaccionar con un metal tal como un metal alcalino para formar el hidruro y el carbono correspondientes. Metales alcalinos adecuados son K y Na.

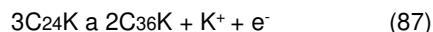
[0198] La solución NH_3 disuelve K. En una realización, NH_3 puede ser a densidades líquidas cuando se intercalan en carbono. Entonces, puede servir como disolvente para regenerar el carbono de MCx , y NH_3 se retira fácilmente de la cámara de reacción como un gas. Además, NH_3 pueden reaccionar reversiblemente con M, tal como K para formar la amida tal como KNH_2 que puede conducir la reacción de extracción M de MCx hasta su finalización. En una realización, NH_3 se añade a MCx a una presión y en otras condiciones de reacción tales que el carbono se regenera cuando se retira M. NH_3 se retira después al vacío. Puede ser recuperado para otro ciclo de regeneración.

[0199] En otra realización, el metal alcalino puede ser eliminado del producto de intercalación tales como MCx (M es un metal alcalino) para formar el metal y el carbono por extracción del metal utilizando un disolvente del metal. Los disolventes adecuados que disuelven los metales alcalinos son hexametilfosforamida ($\text{OP}(\text{N}(\text{CH}_3)_2)_3$, Amoníaco, aminas, éteres, un disolvente complejante, éteres corona, y criptandos y disolventes tales como éteres o una amida tal como THF con la adición de un éter corona o criptando. La velocidad de eliminación del metal alcalino se puede aumentar usando un sonicador. En una realización, una mezcla de reacción que comprende un catalizador o una fuente de un catalizador y que comprende además hidrógeno o una fuente de hidrógeno tal como un hidruro de metal alcalino tal como KH, BaH, o NaH, un reductor tal como tal un metal alcalinotérreo, y un soporte de carbono tal como carbón activado se hace fluir a través de una sección de producción de energía a una sección en donde el producto se regenera. La regeneración puede ser mediante el uso de un disolvente para extraer cualquier metal intercalado. El disolvente puede ser evaporado para eliminar el metal alcalino. El metal puede ser hidrurado y se combina con el carbono regenerado y reductor para formar la mezcla inicial de reacción que entonces se hace fluir en la sección de potencia para completar un ciclo de producción de energía y la regeneración. La sección de potencia-reacción puede mantenerse a una temperatura elevada para iniciar la reacción de alimentación. La fuente de calor para mantener la temperatura, así como la para proporcionar calor para cualquier otras etapas del ciclo, tales como la evaporación del disolvente puede ser de la reacción de formación de hidrino.

[0200] En una realización, las condiciones de reacción tales como la temperatura de funcionamiento de células se mantienen de tal manera que el compuesto de intercalación forma y se descompone de forma dinámica en donde las reacciones de potencia y regeneración se mantienen de forma sincrónica. En otra realización, la temperatura se cicla para desplazar el equilibrio entre la formación de intercalación y la descomposición de mantener alternativamente reacciones de potencia y de regeneración. En otra realización, el metal y el carbono pueden ser regenerados a partir del compuesto de intercalación electroquímicamente. En este caso, la célula comprende además un cátodo y el ánodo y también puede comprender un compartimiento de cátodo y el ánodo en contacto eléctrico por un puente de sal adecuada. Carbono reducido puede estar oxidado a carbono e hidrógeno se puede reducir a hidruro para regenerar los reactivos, tales como KH y de AC de KCx. En una realización, la célula comprende un ánodo K_m de potasio líquido y un cátodo de grafito intercalado. Los electrodos pueden estar acoplados por un puente de electrolito y la sal. Los electrodos pueden estar acoplados por un electrolito sólido de potasio de vidrio que puede proporcionar el transporte de iones K^+ desde el ánodo al cátodo. La reacción en el ánodo puede ser



La reacción en el cátodo puede implicar un cambio de etapa, tal como n-1 a n en donde la más alta sea la etapa, menor será la cantidad de K intercalada. En el caso de que la etapa cambia de 2 a 3, la reacción en el cátodo puede ser



La reacción global es entonces



La célula puede funcionar cíclicamente o de manera intermitente en donde la reacción de potencia se ejecuta después de una regeneración o la regeneración parcial de los reactivos. El cambio de la emf por la inyección de corriente en el sistema puede provocar la reacción hidrino para reanudar.

[0201] En una realización que comprende un catalizador o fuente de catalizador, hidrógeno o una fuente de hidrógeno y al menos uno de un oxidante, un soporte, y un reductor en donde el oxidante puede comprender una forma de carbono tales como la mezcla de reacción KH Mg AC, la reacción de oxidación resulta en un compuesto de intercalación de metal que se puede regenerar con temperatura elevada y de vacío. Alternativamente, el carbono se puede regenerar mediante el uso de un gas desplazante. El rango de presión puede ser de aproximadamente 0,1 a 500 atmósferas. Los gases adecuados son H_2 , un gas noble, N_2 o CH_4 u otro hidrocarburo volátil. Preferiblemente, la reducción de carbono tales como KCx/AC se regenera a un carbono tales como AC sin oxidar o de otra manera reaccionar K a un compuesto que no puede convertirse térmicamente de nuevo a K. Después de eliminarse K del carbono por medios tales como la evaporación o sublimación, el gas de desplazamiento se puede retirar, K puede ser

o no ser hidrurada y devuelto a la célula, y la reacción de alimentación se puede ejecutar de nuevo.

[0202] El carbono intercalado puede cargarse para aumentar la velocidad de catálisis para formar hidrinos. La carga puede cambiar el potencial químico de los reactivos. Una alta tensión se puede aplicar mediante el uso de un electrodo en contacto con las sustancias reaccionantes con un contraelectrodo no en contacto con los reactivos. Una tensión se puede aplicar, cuando la reacción está en curso. La presión, tal como la presión de hidrógeno se puede ajustar para permitir una tensión que carga los reactivos evitando al mismo tiempo una descarga luminiscente. El voltaje puede ser de DC o RF o cualquier frecuencia deseada o forma de onda incluyendo pulsando con cualquier desplazamiento en el rango de la tensión máxima, y cualquier tensión máxima, y el ciclo de trabajo. En una realización, el contraelectrodo está en contacto eléctrico con los reactivos de manera que una corriente se mantiene a través de los reactivos. El contraelectrodo puede ser negativo sesgado y la célula conductora conectada a tierra. Alternativamente, la polaridad se puede invertir. Un segundo electrodo puede ser introducido de tal manera que los reactivos son entre los electrodos, y una corriente se hace fluir entre los electrodos a través de al menos uno de los reactivos.

[0203] En una realización, la mezcla de reacción comprende KH, Mg, y carbón activado (aq). En otras realizaciones, la mezcla de reacción comprende uno o más de LiH Mg AC; NaH Mg AC; KH AC Mg; RbH Mg AC; CSH Mg AC; Li AC Mg; Na AC Mg; K AC Mg; Rb Mg AC; y CsMg AC. En otros ejemplos de realización, la mezcla de reacción comprende uno o más de KH Mg AC MgF₂; KH Mg AC MgCl₂; KH Mg AC MgF₂ + MgCl₂; KH Mg AC SrCl₂; y KH Mg AC BaBr₂. La mezcla de reacción puede comprender un intermetálico tales como Mg₂Ba como reductor o como un soporte y puede comprender además mezclas de oxidantes tales como mezclas de haluros de metales alcalinotérreos solos como MgF₂ + MgCl₂ o con haluros alcalinos, tales como KF + MgF₂ o KMgF₃. Estos reactivos se pueden regenerar térmicamente de los productos de la mezcla de reacción.

[0204] K no intercala en carbono a una temperatura mayor que 527°C. En una realización, la célula se hace funcionar a una temperatura superior tal que no se forma carbono intercalado con K. En una realización, se añade K en la célula de reacción a esta temperatura. Los reactivos de células pueden comprender además la redundante tal como Mg. La presión H₂ puede mantenerse a un nivel que formará KH in situ tal como en el intervalo de aproximadamente 5 a 50 atm.

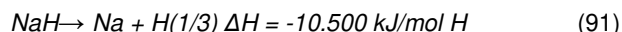
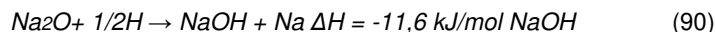
[0205] En otra realización, AC se sustituye por otro material que reacciona con el catalizador o fuente de catalizador, tal como K para formar el compuesto iónico correspondiente como MC_x (M es un metal alcalino que comprende M⁺ y C_x⁻). El material puede actuar como oxidante. El material puede formar un compuesto de intercalación con al menos uno del catalizador, fuente de catalizador, y la fuente de hidrógeno tal como K, Na, NaH, BaH, y KH. Materiales intercalantes adecuados son hexagonales de nitruro de boro y metales calcogenuros. Calcogenuros adecuados son aquellos que tienen una estructura en capas tal como MoS₂ y WS₂. El calcogenuro en capas puede ser uno o más y forma la lista de TiS₂, ZrS₂, HfS₂, TaS₂, TeS₂, ReS₂, PtS₂, SnS₂, SnSSe, TiSe₂, ZrSe₂, HfSe₂, VSe₂, TaSe₂, TeSe₂, ReSe₂, PtSe₂, SnSe₂, TiTe₂, ZrTe₂, VTe₂, NbTe₂, TaTe₂, MoTe₂, WTe₂, CoTe₂, RhTe₂, IrTe₂, NiTe₂, PdTe₂, PtTe₂, SiTe₂, NbS₂, TaS₂, MoS₂, WS₂, NbSe₂, NbSe₃, TaSe₂, MoSe₂, WSe₂ y MoTe₂. Otros materiales ejemplares adecuados son el silicio, el silicio dopado, siliciuros, boro y boruros. Boruros adecuados incluyen aquellos que forman dobles cadenas y redes bidimensionales como grafito. El boruro de red bidimensional que puede ser conductor puede tener una fórmula como MB₂ en donde M es un metal tal como al menos uno de Cr, Ti, Mg, Zr, y Gd (CrB₂, TiB₂, MgB₂, ZrB₂, GdB₂). La formación compuesta puede ser térmicamente reversible. Los reactivos se pueden regenerar térmicamente mediante la eliminación del catalizador de la fuente de catalizador.

[0206] En una realización, la mezcla de reacción que comprende reactivos que forman un compuesto de intercalación, tales como un grafito de metal, grafito hidruro de metal, o compuestos similares que comprende un elemento distinto de carbono como el oxidante, se opera a una temperatura de funcionamiento de primer ciclo de potencia que maximiza el rendimiento de hidrinos. La temperatura de la célula puede entonces ser cambiada a un segundo valor o intervalo que es óptima para la regeneración durante el ciclo de regeneración. En el caso de que la temperatura del ciclo de regeneración es menor que la temperatura del ciclo de potencia, la temperatura puede ser bajada usando un intercambiador de calor. En el caso de que la temperatura del ciclo de regeneración sea mayor que la temperatura del ciclo de potencia, la temperatura se puede elevar utilizando un calentador. El calentador puede ser un calentador de usar electricidad resistiva producida a partir de la potencia térmica evolucionada durante el ciclo de potencia. El sistema puede comprender un intercambiador de calor, como un sistema de contracorriente en donde la pérdida de calor se reduce al mínimo como productos de calor reactivos regeneradas de enfriamiento a someterse a regeneración. Alternativamente a calentamiento resistivo, la mezcla se puede calentar usando una bomba de calor para reducir la energía eléctrica consumida. La pérdida de calor también puede minimizarse mediante la transferencia de un objeto más caliente a uno más frío tal como una célula usando un tubo de calor. Los reactivos se pueden alimentar continuamente a través de una zona caliente para hacer la reacción hidrino y se puede hacer fluir más o transportar a otra región, compartimiento, reactor o sistema en donde la regeneración puede ocurrir en lotes, de manera intermitente, o de forma continua en donde los productos de regeneración pueden ser estacionarios o en movimiento.

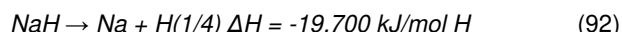
[0207] En una realización, NaOH es una fuente de NaH en un ciclo regenerativo. La reacción de NaOH y Na a Na₂O y NaH es



La reacción exotérmica puede conducir a la formación de NaH (g). Por lo tanto, la descomposición de NaH a Na o metal puede servir como reductor para formar catalizador NaH (g). En una realización, Na_2O formado como un producto de una reacción para generar catalizador NaH tal como la dada por la ecuación (89), se hace reaccionar con una fuente de hidrógeno para formar NaOH que puede servir además como una fuente de catalizador de NaH. En una realización, una reacción de regeneración de NaOH a partir del producto de la ecuación (89) en presencia de hidrógeno atómico es

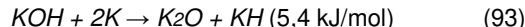


y

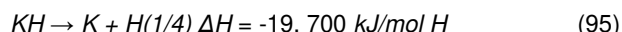
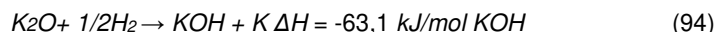


Por lo tanto, una pequeña cantidad de NaOH y Na de una fuente tal como un metal Na o NaH con una fuente de hidrógeno atómico o hidrógeno atómico sirve como una fuente catalítica del catalizador NaH, que a su vez forma un gran rendimiento de hidrinos a través de múltiples ciclos de reacciones regenerativas tales como las dadas por las ecuaciones (89-92). La reacción dada por la ecuación (90) se puede mejorar mediante el uso de un disociador de hidrógeno para formar H atómico de H_2 . Un disociador adecuado comprende al menos un miembro del grupo de los metales nobles, metales de transición, Pt, Pd, Ir, Ni, Ti, y estos elementos sobre un soporte. La mezcla de reacción puede comprender NaH o una fuente de NaH y NaOH o una fuente de NaOH y puede comprender además al menos uno de reductor tal como un metal alcalinotérreo tal como Mg y un soporte tal como carbono o carburo tales como TiC, YC_2 , TiSiC_2 , Y WC. La reacción puede realizarse en un recipiente que es inerte para los reactivos y productos, tales como un Ni, Ag, Ni-plateado, Ag-plateado, o recipiente Al_2O_3 .

[0208] En una realización, KOH es una fuente de K y KH en un ciclo regenerativo. La reacción de KOH y K a K_2O y KH es



Durante la formación de KH, se produce la reacción hidrino. En una realización, K_2O se hace reaccionar con una fuente de hidrógeno para formar KOH que puede servir además como el reactivo de acuerdo con la Ec. (93). En una realización, una reacción de regeneración de KOH a partir de la Ec. (93) en presencia de hidrógeno atómico es



Por lo tanto, una pequeña cantidad de KOH y K a partir de una fuente tal como metal K o KH con una fuente de hidrógeno atómico o hidrógeno atómico sirve como una fuente catalítica de la fuente KH de catalizador, que a su vez forma un gran rendimiento de hidrinos a través de múltiples ciclos de reacciones regenerativas tales como las dadas por las ecuaciones (93-95). La reacción dada por la ecuación (94) se puede mejorar mediante el uso de un disociador de hidrógeno para formar H atómico de H_2 . Un disociador adecuado comprende al menos un miembro del grupo de los metales nobles, metales de transición, Pt, Pd, Ir, Ni, Ti, y estos elementos sobre un soporte. La mezcla de reacción puede comprender KH o una fuente de KH y KOH o una fuente de KOH y puede comprender además al menos uno de un reductor y un soporte tal como carbono, un carburo, o un boruro tal como TiC, YC_2 , TiSiC_2 , MgB_2 , y WC. En una realización, el soporte es no reactivo o tiene una baja reactividad con KOH. La mezcla de reacción puede comprender además al menos uno de soporte dopado con KOH tales como R-Ni, KOH, y KH.

[0209] Los componentes de la mezcla de reacción pueden estar en cualquier relación molar. Una relación adecuada para una mezcla de reacción que comprende un catalizador o fuente de catalizador y una fuente de hidrógeno tal como NaH o KH, un reductor, disolvente o reactivo de intercambio de hidruro tal como un metal alcalinotérreo tal como Mg, y un soporte es uno con los dos primeros en relaciones equimolares cerca y el soporte en exceso. Una relación adecuada a modo de ejemplo NaH o KH + Mg con un soporte tal como AC es del 5%, 5% y 90%, respectivamente, en donde cada mol% se puede variar en un factor de 10 para añadir hasta 100%. En el caso de que el soporte es TiC, una relación adecuada ejemplar es 20%, 20% y 60%, respectivamente, en donde cada mol% se puede variar en un factor de 10 para añadir hasta 100%. Una relación adecuada para una mezcla de reacción que comprende un catalizador o fuente de catalizador y una fuente de hidrógeno tal como NaH o KH, un reductor, disolvente o reactivo de intercambio de hidruro tal como un metal alcalinotérreo tal como Mg, un haluro metálico que comprende un oxidante o intercambio de haluro reactivo tal como un metal alcalino, metal alcalinotérreo, metal de transición, Ag, In, o haluro de metal de tierras raras, y un soporte es uno con los dos anteriores en relaciones equimolares cerca del haluro metálico es equimolar o menos abundante, y el soporte en exceso. Una relación adecuada ejemplar NaH o KH + Mg + MX o MX_2 en donde M es un metal y X es un haluro con un soporte tal como AC es del 10%, 10%, 2% y 78%,

respectivamente, en donde cada mol% se puede variar en un factor de 10 para añadir hasta 100%. En el caso de que el soporte es TiC, una relación adecuada a modo de ejemplo es del 25%, 25%, 6% y 44%, respectivamente, en donde cada mol% se puede variar en un factor de 10 para añadir hasta 100%.

[0210] En una realización, la planta de energía se muestra en la FIGURA 2 que comprende un reactor de múltiples tubos en donde la reacción hidrino (catálisis que produce potencia de H para formar hidrinos) y reacción de regeneración son controlados temporalmente entre los reactores para mantener una salida de potencia deseada a lo largo del tiempo. Las células pueden ser calentadas para iniciar la reacción, y la energía de la reacción de formación de hidrino pueden ser almacenadas en una masa térmica incluyendo la de la célula y se transfirieron en condiciones controladas por un sistema de medio y de control de transferencia de calor para alcanzar la contribución deseada a la potencia con el tiempo. Las reacciones de regeneración se pueden realizar en las múltiples células en conjunción con las reacciones de energía para mantener la operación continua. La regeneración puede llevarse a cabo térmicamente en donde el calor puede ser proporcionado al menos parcial o totalmente a partir de la energía liberada en la formación de hidrinos. La regeneración se puede realizar en una unidad de contenido asociado a cada tubo (reactor) del reactor de múltiples tubos. En una realización, el calor de una célula productora de potencia puede fluir a una célula que está experimentando regeneración debido al gradiente de calor. El flujo puede ser a través de un medio conductor térmico incluyendo el refrigerante en donde el flujo es controlado por válvulas y al menos un controlador de flujo y la bomba.

[0211] En una realización mostrada en la Figura 5, el reactor comprende un reactor principal 101 para los reactivos para producir energía por la catálisis de hidrógeno para hidrinos y una segunda cámara 102 en comunicación con el reactor principal. El reactor de dos cámaras 110 comprende una unidad de un conjunto de unidades múltiples que comprende un reactor de múltiples tubos 100. Cada unidad comprende además un intercambiador de calor 103. Cada célula puede tener una barrera de calor, tal como aislamiento o una brecha de gas para controlar la transferencia de calor. El intercambiador de calor puede estar dispuesto de tal manera que la parte más fría está en la segunda cámara a la región más alejada de la cámara de reacción principal. La temperatura puede aumentar progresivamente a medida que el intercambiador de calor se aproxima a la parte inferior de la cámara de reacción principal. El intercambiador de calor puede comprender tubería flexible alrededor de las cámaras para mantener el gradiente de temperatura a lo largo del intercambiador de calor. Este sistema de circulación de energía puede comprender un bucle secundario 116 para el medio de trabajo tal como vapor y agua. En una realización alternativa que comprende un único sistema de transferencia de calor de bucle, la línea 115 se conecta directamente con el generador de vapor 104, y la línea de retorno 108 se conecta directamente con el condensador 112 en donde la circulación en cualquier configuración puede ser proporcionada por la bomba de circulación 129.

[0212] En una realización, las cámaras son verticales. La parte más fría del intercambiador de calor que tiene una línea de entrada fría 108 puede ser en la parte superior de la segunda cámara con un intercambio de calor en contracorriente en donde el medio de transferencia de calor tal como un fluido o gas se vuelve más caliente de la parte superior de la segunda cámara hacia la cámara principal donde el calor se retira a aproximadamente la mitad de la cámara principal con la línea 107 a la carga térmica. Las cámaras pueden comunicarse o ser aisladas por la apertura y cierre de una válvula de separación de la cámara, tal como una válvula de compuerta o válvula de compuerta entre las cámaras. El reactor 110 puede comprender además un tubo de escape de gas 121 que puede comprender una bomba de vacío 127. El gas de escape puede estar separado por un separador de gas hidrino 122, y el gas hidrino se puede utilizar en fabricación de productos químicos en el sistema 124. El gas hidrógeno puede ser recogido por un reciclador de gas de hidrógeno 123 que puede devolver el hidrógeno reciclado por la línea 120 con la adición opcional de gas de hidrógeno desde el suministro 125.

[0213] En una forma de realización usando los reactivos ejemplares de KH y SrBr_2 , la reacción de potencia hidrino se puede ejecutar y, a continuación, se abre la válvula de compuerta, K se mueve a la parte superior fra de la segunda cámara cuando SrBr_2 se forma en la cámara principal, la válvula está cerrada, K es hidrurada, se abre la válvula, KH se deja caer de nuevo en la cámara principal, la válvula se cierra, y después la reacción hidrino de formación de producto de alimentación con el SrBr_2 regenerado y KH. Metal Mg puede ser recogido en la segunda cámara también. Debido a su menor volatilidad que puede estar condensado separado de la K y volvió a la primera cámara por separado. En otras realizaciones, KH puede ser reemplazado por otro metal alcalino o hidruro de metal alcalino y el oxidante SrBr_2 puede ser sustituido por otro. El reactor es preferiblemente un metal que es capaz de funcionamiento a alta temperatura y no forma un intermetálico con Sr sobre el intervalo de temperatura de funcionamiento. Materiales de los reactores adecuados son de acero inoxidable y níquel. El reactor puede comprender Ta o un recubrimiento de Ta y puede comprender además un intermetálico que resiste la formación adicional intermetálica tal como un intermetálico de Sr y acero y acero inoxidable o níquel.

[0214] La reacción se puede controlar mediante el control de la presión de un gas inerte que puede ser introducido a través de la entrada de gas de hidrógeno 120 y se retira por el gas de escape 121. La válvula de compuerta puede ser abierta para permitir que el catalizador, tal como K se evapore de la cámara de reacción 101 a la cámara de 102. El hidrógeno puede ser bombeado fuera utilizando el gas de escape 121. El catalizador o la fuente de hidrógeno tal como KH no pueden ser reabastecidos, o la cantidad puede ser controlada para terminar o disminuir la potencia según se desee. El reductor tal como Mg puede ser hidrurado para disminuir la tasa mediante la adición de H_2 a través del suministro 120 y la compuerta de la válvula o añadiendo directamente H_2 a través de una línea separada. La masa térmica del reactor 110 puede ser tal que la temperatura no puede exceder el nivel de fallo con la reacción completa

de los reactivos en donde puede ser mantenido el ciclo de regeneración de cese.

[0215] El hidruro tal como KH puede añadirse de nuevo a la mezcla de reacción caliente en una duración de tiempo sustancialmente menor que su tiempo de descomposición térmica en el caso de que la temperatura del reactor es mayor que la temperatura de descomposición de hidruro. LiH es estable a 900°C y se funde a 688,7°C; por lo tanto, se puede añadir de nuevo al reactor sin descomposición térmica a una temperatura de regeneración correspondiente a menos de la temperatura de descomposición LiH. Mezclas de reacción adecuadas que comprenden LiH son LiH Mg TiC SrCl₂, LiH Mg TiC SrBr₂ y LiH Mg TiC BaBr₂. Mezclas de reacción adecuadas que comprenden LiH son LiH Mg TiC SrCl₂, LiH Mg TiC SrBr₂, LiH Mg TiC BaBr₂ y LiH Mg TiC BaCl₂.

[0216] Las células térmicas en proceso de regeneración pueden ser calentadas por otras células que producen energía. La transferencia de calor entre las células durante los ciclos de alimentación y de regeneración puede ser por válvulas que controlan un refrigerante que fluye. En una realización, las células pueden comprender cilindros tal como tubos de diámetro de 1 a 4 pulgadas. Las células pueden estar embebidas en un medio térmicamente conductor tal como un sólido, líquido o medio gaseoso. El medio puede ser agua que puede someterse a ebullición por un modo tal como la ebullición nucleada en la pared de las células. Alternativamente, el medio puede ser un metal fundido o sal o un sólido tal como cobre. Las células pueden ser de forma cuadrada o rectangular para transferir de manera más eficaz calor entre ellas. En una realización, las células que están siendo regeneradas se mantienen por encima de la temperatura de regeneración por transferencia de calor desde las células en el ciclo de generación de energía. La transferencia de calor puede ser a través del medio conductor. Las células productoras de potencia pueden producir una temperatura más alta que la requerida para la regeneración con el fin de mantener una cierta transferencia de calor a estas células. Una carga de calor tal como un intercambiador de calor o generador de vapor puede recibir calor desde el medio conductor. Una ubicación adecuada está en la periferia. El sistema puede comprender una barrera térmica que mantiene el medio conductor a una temperatura más alta que la carga de calor. La barrera puede comprender un aislamiento o una separación de gas. Las células productoras de energía calientan las sometidas a la regeneración de tal manera que estadísticamente la potencia de salida se acerca a un nivel constante cuando aumenta el número de células. Por lo tanto, la potencia es estadísticamente constante. En una realización, el ciclo de cada célula se controla para seleccionar las células que producen polvo para proporcionar el calor para las células en regeneración seleccionadas. El ciclo puede ser controlado mediante el control de las condiciones de reacción. La apertura y el cierre de los medios para permitir que el vapor de metal se condense fuera de la mezcla de reacción puede ser controlada para controlar cada ciclo celular.

[0217] En otra realización, el flujo de calor puede ser pasivo y puede ser también activo. Células múltiples pueden estar incrustadas en un medio conductor térmico. El medio puede ser altamente conductor térmico. Los medios adecuados pueden ser un sólido tal como un metal, incluyendo cobre, aluminio, y acero inoxidable, un líquido tal como una sal fundida, o un gas tal como un gas noble tal como helio o argón.

[0218] El reactor multi-tubo puede comprender células que están orientadas horizontalmente con un espacio muerto lo largo del eje longitudinal de la célula que permite que el vapor de metal tal como un metal alcalino escape durante la regeneración. El metal se puede condensar en una región fría en contacto con el interior de la célula en una localización en donde la temperatura puede mantenerse más baja que la temperatura de la célula. Una ubicación adecuada está en el extremo de la célula. La región fría se puede mantener a una temperatura deseada mediante un intercambiador de calor con una tasa de aceptación de calor variable. La región de condensación puede comprender una cámara con una válvula tal como una válvula de compuerta que puede ser cerrada. El metal condensado tal como K puede ser hidrurado, y el hidruro puede ser devuelto al reactor por medios tales como mecánica o neumáticamente. La mezcla de reacción puede agitarse por métodos conocidos en la técnica tales como mezclado mecánico o agitación mecánica, incluida la vibración a frecuencias bajas o ultrasónica. La mezcla también puede ser por métodos neumáticos, tales como burbujeo con un gas tal como hidrógeno o un gas noble.

[0219] En otra forma de realización del reactor de múltiples tubos que comprende células que están orientadas horizontalmente con un espacio muerto lo largo del eje longitudinal de la célula que permite que el vapor de metal tal como un metal alcalino escape durante la regeneración, una región a lo largo de la longitud de la célula se mantiene a una temperatura inferior a la mezcla de reacción. El metal se puede condensar a lo largo de esta región fría. La región fría se puede mantener a una temperatura deseada mediante un intercambiador de calor con una tasa de aceptación de calor variable y controlada. El intercambiador de calor puede comprender un conducto con un chorro de refrigerante o un tubo de calor. La temperatura de la región fría y la célula puede ser controlada a los valores deseados en base a la velocidad de flujo en el conducto o la tasa de transferencia de calor del tubo de calor controlada por parámetros tales como la presión, la temperatura, y la superficie de aceptación de calor. El metal condensado tal como K o Na puede ser hidrurado debido a la presencia de hidrógeno en la célula. El hidruro puede ser devuelto al reactor y se mezcla con los otros reactivos mediante la rotación de la célula sobre su eje longitudinal. La rotación puede ser accionada por un motor eléctrico en donde las células se pueden sincronizar usando engranajes. Para mezclar los reactivos, la rotación puede ser alternativamente en direcciones en sentido horario y antihorario. La célula se puede activar de forma intermitente 360°. La rotación puede estar a una alta velocidad angular tal que se produce un cambio mínimo en la transferencia de calor al colector de calor. La rotación rápida se puede superponer en una tasa de rotación constante lenta para lograr una mezcla adicional de los posibles reactivos residuales tales como hidruro de metal. El hidrógeno se puede suministrar a cada célula por una línea de hidrógeno o por permeación a través de la

pared celular o una membrana permeable de hidrógeno en donde se suministra hidrógeno a una cámara que contiene la célula o las células. El hidrógeno también puede ser suministrado por la electrólisis del agua. La célula de electrólisis puede comprender un componente de rotación de la célula tal como un eje de rotación cilíndrico a lo largo de la línea central de la célula de reactor.

[0220] Alternativamente, una o más escobillas internas o agitadores puede ser barrida sobre la superficie interior para mezclar el hidruro formado con los otros reactivos. Cada cuchilla o agitador se puede girar alrededor de un eje paralelo con el eje de células longitudinal. La cuchilla puede ser accionada mediante acoplamiento magnético de una cuchilla interna con una fuente de rotación externa del campo magnético. La pared del vaso tal como una pared de acero inoxidable es permeable al flujo magnético. En una realización, la velocidad de rotación de la célula o la de las cuchillas o agitadores se controla para maximizar la potencia de salida en forma de vapor de metal se hace reaccionar para formar hidruro de metal y se mezcla con la mezcla de reacción. Las células de reacción pueden ser tubulares con una sección transversal elíptica, de cuadrada, rectangular, triangular o poliédrica circular. El intercambiador de calor puede comprender tubos o conductos de refrigerante de transporte que pueden tener una forma cuadrada o rectangular, así como sección transversal circular, elíptica, triangular o poliédrica para conseguir un área de superficie deseada. Una serie de tubos cuadrados o rectangulares puede comprender una superficie continua para el intercambio de calor. La superficie de cada tubo o conducto puede ser modificada con aletas u otros materiales de área superficial mayor.

[0221] En otra realización, el reactor comprende múltiples zonas que tienen diferentes temperaturas para condensar selectivamente múltiples componentes seleccionados del producto o de la mezcla de productos. Estos componentes pueden ser regenerados en los reactivos iniciales. En una realización, la zona más fría condensa un metal alcalino, tal como la del catalizador o la fuente de catalizador, tal como al menos uno de Na y K. Otra zona condensa como segundo componente tal como un metal alcalinotérreo tal como magnesio. La temperatura de la primera zona puede estar en el intervalo de 0°C a 500°C y la de la segunda zona puede estar en el intervalo de 10°C a 490°C menor que la de la primera zona. La temperatura de cada zona puede ser controlada por un intercambiador de calor o colector de la eficiencia variable y controlable.

[0222] En otra realización, el reactor comprende una cámara de reacción capaz de un vacío o presiones mayores que la atmosférica, una o más entradas para los materiales en al menos una de una forma gaseosa, líquida, o de estado sólido, y al menos una salida para los materiales. Una salida puede comprender una línea de vacío para el bombeo de un gas tal como hidrógeno. La cámara de reacción comprende además reactivos para formar hidrinos. El reactor comprende además un intercambiador de calor dentro de la cámara de reacción. El intercambiador de calor puede comprender conductos para el refrigerante. Los conductos pueden ser distribuidos a lo largo de la cámara de reacción para recibir el calor de la mezcla de reacción la reacción. Cada conducto puede tener una barrera aislante entre la mezcla de reacción y la pared del conducto. Alternativamente, la conductividad térmica de la pared puede ser tal que existe un gradiente de temperatura entre los reactivos y el refrigerante durante el funcionamiento. El aislamiento puede ser un huelgo de vacío o huelgo de gas. Los conductos pueden ser tubos que penetran en la mezcla de reacción y sellados en el punto de penetración con la pared de la cámara para mantener la integridad de la presión de la cámara de reacción. La velocidad de flujo del refrigerante, tal como agua puede ser controlada para mantener una temperatura deseada de la cámara de reacción y reactivos. En otra realización, los conductos se sustituyen por tubos de calor que eliminan el calor de la mezcla de reacción y la transferencia a un dissipador de calor tal como un intercambiador de calor o caldera.

[0223] En una realización, las reacciones hidrino se mantienen y se regeneran en un modo discontinuo usando células térmicamente acopladas múltiples dispuestas en haces, en donde las células en la fase de producción de energía de las células de calor de ciclo en la fase de regeneración. En este diseño de energía de células intermitente, la potencia térmica es estadísticamente constante a medida que el número de células se hace grande, o el ciclo de las células es controlado para alcanzar el poder constante. La conversión de energía térmica en energía eléctrica se puede conseguir usando un motor térmico explotando un ciclo tal como un Rankine, Brayton, Stirling, o el ciclo de máquina de vapor.

[0224] Cada ciclo celular puede ser controlado mediante el control de los reactivos y productos de la química hidrino. En una realización, la química para impulsar la formación de hidrinos implica una reacción de intercambio de haluro-hidruro de entre un catalizador de hidruro alcalino y fuente de hidrógeno y un oxidante haluro de metal tal como un metal alcalinotérreo o un haluro de metal alcalino. La reacción es espontánea en un sistema cerrado. Sin embargo, la reacción inversa para formar el haluro de hidruro y alcalino alcalino inicial es térmicamente reversible cuando el sistema está abierto de tal manera que el metal alcalino del hidruro inicial se evapora y se elimina de los otros reactivos. El metal alcalino posteriormente condensado se rehidrata y devuelve al sistema. Una célula que comprende una cámara de reacción 130 y una condensación de metal y cámara de re-hidratación 131 separadas por una válvula de compuerta o puerta 132 que controla las reacciones de energía y la regeneración por controlar el flujo de evaporación de vapor de metal, la rehidratación del metal, y la re-alimentación del hidruro alcalino regenerado que se muestra en la FIGURA 6. Una zona fría a una temperatura deseada puede mantenerse en la cámara de condensación por un intercambiador de calor 139 tal como una bobina de enfriamiento por agua con una tasa de aceptación de calor variable. Por lo tanto, la célula se muestra en la Figura 6 comprende dos cámaras separadas por una válvula de compuerta o de la puerta 132. Estando cerrada la cámara de reacción 130, la reacción directa se ejecuta para formar hidrinos y haluro alcalino y productos de hidruro alcalinotérreo. A continuación, se abre la válvula, y el calor de otras células hace que los metales de productos para intercambiar el haluro como el metal alcalino volátil se evapora y se condensa en la otra cámara

catalizadora 131 que se enfría por el bucle de refrigerante 139. La válvula está cerrada, el condensado de metal se hace reaccionar con hidrógeno para formar el hidruro alcalino, y la válvula se abre de nuevo para volver a suministrar los reactivos con el hidruro alcalino inicial regenerado. El hidrógeno se recicla con mezcla añadida para reemplazar el consumido para formar hidrinos. El hidrógeno se bombea desde la cámara de reacción a través de la línea de escape de gas 133 por la bomba 134. El gas de hidrino se agota en la línea 135. El hidrógeno restante se recicla a través de la línea 136 con hidrógeno de reposición añadido por la línea 137 a partir de una fuente de hidrógeno y se suministra a la cámara de catalizador a través de la línea 138. Una célula orientada horizontalmente es otro diseño que permite una mayor área de superficie para la evaporación de catalizador. En este caso, el hidruro se re-suministra por mezcla mecánica en lugar de sólo la alimentación por gravedad. En otra realización, la célula puede ser inclinada verticalmente para provocar que el hidruro caiga en la cámara de reacción y que se mezcle allí.

[0225] En una realización, la cámara 131 mostrada en la Figura 6 comprende además una columna de destilación fraccionada o separador térmico que separa las especies químicas de al menos una mezcla de producto de reacción o mezcla de producto de reacción de regeneración tal como una mezcla de metal alcalino tal como al menos dos de Li, Na o K, un metal alcalinotérreo tal como Mg, y un haluro metálico tal como LiCl o SrBr₂ que pueden estar formados por una reacción de intercambio tal como un intercambio de metal de hidruro-metal de haluro u otra reacción que puede ocurrir durante la destilación. Un soporte tal como TiC puede permanecer en la cámara de reacción 130. El metal alcalino puede ser rehidratado. Las especies aisladas y las especies de productos de reacción tales como LiH, NaH, KH o, metal alcalinotérreo, y el haluro de metal, tal como LiCl o SrBr₂ son devueltos a la cámara de reacción 130 para reconstituir la mezcla de reacción original que forma hidrinos.

[0226] En una realización, un compuesto que comprende H se descompone para liberar H atómico que se somete a la catálisis a partir de hidrinos donde al menos un H sirve como el catalizador para al menos otro H. El compuesto H puede ser H intercalado en una matriz tal como H en carbono o H en un metal tal como R-Ni. El compuesto puede ser un hidruro tal como un alcalino, alcalinotérreo, transición, transición interna, noble, o hidruro de metal de tierra rara, LiAlH₄, LiBH₄ y otros hidruros de este tipo. La descomposición puede ser mediante calentamiento del compuesto. El compuesto puede ser regenerado por medios tales como mediante el control de la temperatura del reactor y la presión de hidrógeno. Catálisis se puede producir durante la regeneración del compuesto que comprende H. La descomposición y el reformado pueden ocurrir de forma cíclica de reformado para mantener una salida de potencia. En una realización, el hidruro se descompone mediante la adición de una sal fundida, tal como una sal eutéctica fundida, tal como una mezcla de haluros de metales alcalinos. La sal eutéctica puede ser un conductor de iones de hidruro tal como LiCl-KCl o LiCl-LiF. El metal se puede recuperar mediante técnicas de separación físicas tales como las de la presente descripción, deshidrurados y se añade de nuevo a la sal fundida para hacer energía de nuevo. El ciclo se puede repetir. Múltiples células acopladas térmicamente con diferencias de fase controlada en el ciclo de encendido de regeneración pueden producir energía continua.

[0227] En formas de realización, la reacción térmica y sistemas regenerativos comprenden los calcogenuros de hidrógeno de metal alcalino, oxianiones de hidrógeno, sistemas de halógeno H e hidróxidos metálicos y oxihidróxidos dados en la sección de células CIHT. Una reacción típica es dada por $MXH + 2M \rightarrow M_2X + MH(s)$ (Ecs. (217-233)). calcogenuros de hidrógeno ejemplares adecuados son MOH, MHS, MHSe, y MHTe (M = Li, Na, K, Rb, Cs). El sistema puede ser regenerado mediante la adición de hidrógeno. El producto MH puede ser eliminado por evaporación o separación física. MH se puede descomponer a M y se añade de nuevo a la mezcla de reacción. La mezcla de reacción puede comprender además un soporte tal como carbono, un carburo, un nitruro, o un boruro.

[0228] Una célula de producción de energía eleva su temperatura más alta que la requerida para la regeneración. Entonces, múltiples células 141 de la FIGURA 7 y 148 de la FIGURA 8 están dispuestas en haces de 147 dispuestos en una caldera 149 de la FIGURA 8 de tal manera que células que están siendo regeneradas se mantienen por encima de la temperatura de regeneración tal como aproximadamente 700°C por transferencia de calor desde las células en el ciclo de generación de energía. Los haces pueden estar dispuestos en una caja de caldera. Haciendo referencia a la FIGURA 7, un gradiente de calor impulsa la transferencia de calor entre las células 141 de cada haz en diferentes etapas del ciclo de regeneración de potencia. Para lograr un perfil de temperatura tal como uno en el intervalo de 750°C en el lado de generación de energía de más alta temperatura del gradiente a aproximadamente 700°C en el lado de regeneración de menor temperatura, las células están incrustadas en un medio de alta conductividad térmica. Un material de alta conductividad 142 tales como cobre transfiere de manera efectiva el calor entre las células y a la periferia mientras se mantiene un perfil de temperatura en el haz que logra la regeneración y mantiene la temperatura del núcleo debajo de la requerida por limitaciones materiales. El calor se transfiere finalmente a un refrigerante tal como agua que se hierve en la periferia de cada haz que comprende un tubo de caldera 143. Una temperatura adecuada del agua hirviendo está en el intervalo de temperatura de gama de 250°C-370°C. Estas temperaturas son suficientemente altas para alcanzar la ebullición nucleada, el medio más eficaz de transferencia de calor a un medio de agua; pero están por debajo del límite máximo fijado por las presiones de vapor excesivas a temperaturas por encima de este rango. En una realización, debido a la temperatura mucho más alta requerida en cada haz de célula, un gradiente de temperatura se mantiene entre cada haz y la carga de calor, la ebullición del agua y de los sistemas posteriores. En una realización, una barrera térmica en la periferia mantiene este gradiente. Cada haz de células de reactor multi-tubo está encerrado en un anillo cilíndrico interior o tubo de confinamiento de haz 144, y existe un aislamiento o brecha de vacío 145 entre el interior y un anillo exterior para mantener el gradiente de temperatura. El control de transferencia de calor se puede producir por el cambio de la presión de gas o mediante el uso de un gas

que tiene una conductividad térmica deseada en esta brecha. La pared exterior del anillo exterior 143 está en contacto con el agua en donde se produce la ebullición nucleada en esta superficie para generar vapor en una caldera, tal como se muestra en la FIGURA 10. Una turbina de vapor puede recibir el vapor del agua hirviendo, y la electricidad puede ser generada con un generador tal como se muestra en la FIGURA 11.

[0229] La caldera 150 mostrada en la FIGURA 9 comprende los haces de células múltiples 151, las cámaras de reacción de células 152, las cámaras de catalizador 153 para recibir y vapor de metal hidruro, los conductos 154 que contienen líneas de escape de gas de hidrógeno y de suministro y tuberías de refrigerante de la cámara de catalizador, un refrigerante 155 tal como agua, y un colector de vapor 156. El sistema de generación de potencia mostrado en la FIGURA 10 comprende una caldera 158, turbina de alta presión 159, la turbina de baja presión 160, el generador 161, separador de humedad 162, un condensador 163, la torre de enfriamiento 164, la bomba de agua de enfriamiento 165, la bomba de condensado 166, el sistema de purificación de alimentación de caldera 167, el calentador de agua de alimentación de primera etapa 168, el tanque de alimentación de agua de desaireación 169, la bomba de agua de alimentación 170, la bomba de refuerzo 171, el almacenamiento de producto y el procesador 172, el almacenamiento de reactivo y el procesador 173, el sistema de vacío 174, el calentador de puesta en marcha 175, el electrolizador 176, el suministro de hidrógeno 177, las líneas de refrigerante 178, la válvula de refrigerante 179, líneas de reactivo y de producto 180, y las válvulas de reactivo y de línea de producto 181. Otros componentes y modificaciones se prevén en la presente descripción y son conocidos para los expertos en la técnica.

[0230] El tamaño de célula, el número de células en cada paquete, y la anchura de la brecha de vacío se seleccionan para mantener el perfil de temperatura deseado en cada paquete, la temperatura deseada del agua hirviendo en la periferia del flujo de potencia de las células, y el flujo adecuado de calor de superficie de ebullición. Parámetros de reacción para el análisis de diseño se pueden obtener experimentalmente en las diversas reacciones posibles de cambio de hidruro-haluro y otros reactivos que resultan en la formación de hidrinos con cinéticas significativas y ganancia de energía así como las reacciones que comprenden que se pueden regenerar térmicamente como se describe aquí. Parámetros de funcionamiento ejemplares para propósitos de ingeniería de diseño son 5-10W/cc, 300-400 kJ/mol oxidante, 150 kJ/mol de K transportados, energía de ganancia 3 a 1 relativa a la química de regeneración, 50 MJ/mol H₂, temperatura de regeneración de 650°C-750°C, temperatura de operación de células suficiente para mantener la temperatura de regeneración de las células en la fase correspondiente del ciclo de potencia-regeneración, el tiempo de regeneración de 10 minutos, y el tiempo de reacción de 1 minuto.

[0231] En un sistema térmico 1 MW ejemplar, el haz consta de 33 tubos muy compactados de 2 Ms de longitud, cada uno con 5cm ID incrustado en cobre de alta conductividad térmica. Así, cada tubo tiene un volumen de trabajo ligeramente menos de cuatro litros. Dado que las duraciones de potencia y la regeneración de fase son 1 y 10 minutos, respectivamente, la elección de 33 tubos (un múltiplo del período del ciclo, 11 min) se traduce en potencia instantánea del haz que es constante en el tiempo. El tubo de haz de confinamiento tiene un diámetro interno 34 cm y un espesor de pared 6,4 mm. El diámetro interior del tubo de la caldera y espesor de la pared son de 37,2 cm y 1,27 cm, respectivamente. Utilizando los parámetros de reacción típicos, cada tubo en el haz produce una potencia promediada en el tiempo de aproximadamente 1,6 kW de energía térmica, y cada haz produce aproximadamente 55 kW de energía térmica. La temperatura dentro del haz varía entre aproximadamente 782°C en el centro a 664°C en la superficie que mira hacia el huelgo. El flujo de calor en la superficie del tubo de caldera es de aproximadamente 22 kW/m² que mantiene la temperatura de la superficie externa del tubo de la caldera a 250°C y es marginalmente suficientemente alta como para resultar en la ebullición nucleada en la superficie. El aumento de la densidad de potencia de la reacción más allá de 7 W/cc o reducir el tiempo de regeneración aumenta el flujo de ebullición que resulta en una mayor eficiencia de ebullición. Alrededor de 18 tales haces deben producir una salida de 1 MW térmico.

[0232] Un diseño de sistema alternativo a la caldera mostrado en la FIGURA 9 se muestra en la FIGURA 11. El sistema comprende al menos un haz de múltiples células acoplado térmicamente y una pared de agua periférica como la carga térmica del calor transferido a través del huelgo. La mezcla de reacción para formar hidrinos comprende un área de alta superficie de soporte eléctricamente conductor y un reductor tal como un metal alcalinotérreo. Estos materiales también pueden ser altamente conductores térmicamente de tal manera que pueden sustituir al menos parcialmente por el material de alta conductividad del haz de la FIGURA 9. Los productos químicos contribuyen a la transferencia de calor entre las células y a la periferia, mientras que se mantiene un perfil térmico adecuado y el gradiente en la matriz. El vapor generado en los tubos de la pared de agua puede fluir a una turbina y un generador para producir electricidad directamente, o la pared de agua puede alimentar vapor de agua en un bucle de vapor primario que transfiere calor a un bucle de vapor secundario a través de un intercambiador de calor. El bucle secundario puede accionar una turbina y el generador para producir electricidad.

[0233] El sistema comprende varias matrices de células de reactores múltiples o haces de células cada uno con un colector de calor. Como se muestra en la FIGURA 11, las células del reactor 186 puede ser cuadrado o rectangular con el fin de lograr el contacto cercano. Las células pueden ser agrupadas en un haz 185 con la transferencia de calor a la carga 188 que se produce desde el haz en donde la temperatura de haz se mantiene al menos a la requerida para la regeneración. Un gradiente de temperatura se puede mantener entre un haz y la carga de calor tal como un colector de calor o intercambiador 188. El intercambiador de calor puede comprender una pared de agua o un conjunto de tubos circunferenciales que tiene refrigerante que fluye en donde el flujo puede ser mantenido por al menos una bomba y puede estar encerrado en aislamiento 189. El sistema de reactor puede comprender un huelgo de gas 187 entre un

colector de calor o intercambiador 188 y cada célula de reactor de múltiples tubos o haz 185 de las células de reactor de tubos múltiples. El control de transferencia de calor se puede producir por el cambio de la presión de gas o mediante el uso de un gas que tiene una conductividad térmica deseada en el huelgo de gas 187 entre la pared de haz 185 y un colector de calor o intercambiador de 188.

[0234] El ciclo de cada célula se controla para seleccionar las células productoras de polvo para proporcionar el calor para las células en regeneración seleccionadas. Alternativamente, las células que producen energía calientan las sometidas a la regeneración de una manera aleatoria tal que estadísticamente la potencia de salida se acerca a un nivel constante cuando aumenta el número de células. Por lo tanto, la potencia es estadísticamente constante.

[0235] En otra realización, el sistema comprende un gradiente de densidad de potencia creciente desde el centro hacia fuera para mantener un perfil de temperatura deseado a lo largo del haz. En otra realización, el calor se transfiere desde las células a una caldera a través de tubos de calor. Los tubos de calor pueden ser interconectados con un intercambiador de calor o pueden estar directamente en contacto con un refrigerante.

[0236] En una realización, las reacciones hidrino se mantienen y se regeneran continuamente en cada célula en donde el calor de la fase de producción de energía de un ciclo térmicamente reversible proporciona la energía para la regeneración de los reactivos iniciales de los productos. Puesto que los reactivos se someten a ambos modos simultáneamente en cada célula, la salida de energía térmica a partir de cada célula es constante. La conversión de energía térmica en energía eléctrica se puede conseguir usando un motor térmico explotando un ciclo tal como un ciclo de Rankine, Brayton, Stirling, o de máquina de vapor.

[0237] El sistema de reactor de múltiples tubos para generar continuamente la potencia mostrado en la FIGURA 12 comprende una pluralidad de capas planas de aislamiento repetidas 192, células rectoras 193, medio térmicamente conductor 194, y el intercambiador de calor o el colector 195. En una realización, cada célula es un tubo circular, y el intercambiador de calor es paralelo con la célula y acepta constantemente calor. La FIGURA 13 muestra una sola unidad del sistema de reactor de múltiples tubos que comprende los productos químicos 197 que comprende al menos uno de los reactivos y productos, el material de aislamiento 198, el reactor 199, y el material conductor térmico 200 con tubos de agua incrustados 201 que componen el calor intercambiador o colector.

[0238] Cada célula produce energía continuamente para elevar su temperatura reactante mayor que la requerida para la regeneración. En una realización, la reacción para formar hidrinos es un intercambio de hidruro de entre un catalizador de hidruro alcalino y una fuente de hidrógeno y un metal alcalinotérreo o metal de litio. Se describen en este documento los reactivos, reacciones de intercambio, productos y reacciones de regeneración y parámetros. El sistema de reacción de múltiples tubos de la FIGURA 12 que comprende capas alternas de aislamiento, las células de reactor, y el intercambiador de calor mantiene la potencia continua a través de un gradiente de calor de la célula. El hidruro alcalino reactante se regenera continuamente por la descomposición del producto y la evaporación de metal alcalino en la zona inferior de temperatura elevada mantenida por la reacción con la condensación y rehidratación en una zona de la parte superior más fría mantenida por el colector de calor. Una escobilla de limpiaparabrisas de rotación vuelve a unirse al hidruro alcalino regenerado con la mezcla de reacción.

[0239] Después de que el metal condensado tal como K o Na es hidrurado debido a la presencia de hidrógeno en la célula incluyendo composición de hidrógeno para la consumida para hacer hidrinos, el hidruro se devuelve a la parte inferior del reactor y se mezcló con otros reactivos. Una o más cuchillas giratorias o agitadores limpiaparabrisas internos pueden ser arrastrados a lo largo de la pared interna de la célula para mezclar el hidruro formado con los otros reactivos. Opcionalmente, la reincorporación del hidruro alcalino con los otros reactivos y químicas de mezcla se consigue mediante la rotación de la célula sobre su eje longitudinal. Esta rotación también transfiere calor desde la posición inferior de la célula a la nueva posición superior después de la rotación; en consecuencia, proporciona otro medio para controlar el gradiente de temperatura interna de la pila para el transporte de metal alcalino. Sin embargo, la velocidad de transferencia de calor correspondiente es alta requiriendo una velocidad de rotación muy baja para mantener el gradiente de calor. La rotación de mezcla de las escobillas o células pueden ser accionadas por un motor eléctrico en donde las células se pueden sincronizar usando engranajes. La mezcla también puede ser por inducción magnética a través de la pared celular de baja permeabilidad tal como una de acero inoxidable.

[0240] En una realización, el hidruro alcalino inicial se regenera por evaporación a 400-550°C y la condensación a una temperatura de aproximadamente 100°C más baja en presencia de hidrógeno que reacciona para formar el hidruro alcalino. Por lo tanto, existe un gradiente de calor entre los reactivos a una temperatura elevada y una zona más fría en cada célula que impulsa la regeneración térmica. Las células están orientadas horizontalmente con un espacio muerto lo largo del eje longitudinal de la célula que permite que el vapor de metal alcalino escape de los reactivos a lo largo de la parte inferior de la célula durante la regeneración continua. El metal se condensa en la zona más fría a lo largo de la parte superior de la célula. La región más fría se mantiene a la temperatura de condensación deseada por un colector de calor que comprende tubos de la caldera con una tasa de aceptación térmica variable en la parte superior de cada célula. El intercambiador de calor comprende una pared de agua de tubos de caldera con un chorro de agua calentada a vapor. Específicamente, agua saturada fluye a través de los tubos de agua, absorbe la energía de reactor, y se evapora para formar vapor. En otro ejemplo de realización, la zona del reactor caliente está en un intervalo de 750°C $\pm$ 200°C, y la zona más fría se mantiene en un rango de 50°C a 300°C de temperatura inferior a la

zona del reactor caliente. Las mezclas de reacción y las reacciones de regeneración térmica pueden comprender las de la presente descripción. Por ejemplo, una mezcla de reacción adecuada comprende al menos dos de un metal alcalino o su hidruro, una fuente de hidrógeno, un reductor tal como un metal alcalinotérreo tal como Mg o Ca, y un soporte tal como TiC, Ti₃Sic₂, WC, TiCN, MgB₂, B₄C, SiC, y YC₂. El reactivo puede someterse a una reacción de intercambio de hidruro-haluro, y la reacción de regeneración puede ser la reacción de intercambio inverso accionado térmicamente.

[0241] El calor se transfiere en última instancia a agua que se hierve en tubos periféricamente a cada célula del reactor en donde los tubos de la caldera forman una pared de agua. Una temperatura adecuada del agua hirviente está en el intervalo de temperatura de gama de 250°C-370°C. Estas temperaturas son suficientemente altas para alcanzar la ebullición nucleada, el medio más eficaz de transferencia de calor a un medio de agua; pero están por debajo del límite máximo fijado por las presiones de vapor excesivas a temperaturas por encima de este rango. La ebullición nucleada de agua se produce en la superficie interna de cada tubo de caldera 201 de la FIGURA 13 en donde una distribución de la temperatura incluso en la pared de agua se mantiene debido a que los tubos se incrustan en el medio térmico altamente conductivo 200 tal como cobre, y, además, el agua que no se evaporó a vapor se recircula. El calor fluye de la pared celular superior a través del medio de los tubos de la caldera. Debido a las temperaturas mucho más altas requeridas en cada célula, incluso en el extremo inferior de su gradiente, un segundo gradiente de temperatura se mantiene entre cada célula superior y la carga de calor, la ebullición del agua y de los sistemas posteriores. Puesto que los tubos de la caldera tienen una mayor capacidad para eliminar el calor que la que tiene la célula para producirlo, un segundo gradiente térmico externo se mantiene mediante la adición de una o más barreras térmicas entre la parte superior de la pared celular y la pared de agua. Las temperaturas internas altas deseadas de células, así como el gradiente se consiguen mediante el aislamiento de al menos una de la parte superior-media de la célula y la pared exterior de cada tubo de caldera desde el medio conductor. Las temperaturas de la célula y el gradiente se controlan para valores óptimos a través de la transferencia de calor variable mediante el ajuste de las barreras térmicas en la parte superior-media de la célula y los tubos de la caldera, la conductividad térmica del medio penetrado por los tubos de la caldera, y la capacidad del intercambiador de calor y la tasa de flujo de vapor en los tubos. En el primer caso, las barreras térmicas pueden comprender cada uno un huelgo de gas o vacío que es variable en función de la composición y presión del gas.

[0242] El sistema de reacción de múltiples tubos se monta en un sistema de caldera mostrado en la FIGURA 14 para vapor de salida. El sistema de caldera comprende el sistema de reacción de tubos múltiples mostrado en la FIGURA 12 y un refrigerante (agua saturada) de flujo del sistema de regulación. El sistema de reacción que comprende reactores 204 calienta el agua saturada y genera vapor. El sistema de regulación de flujo (i) recoge el flujo de agua saturada en líneas de recogida de vapor 205 y tubo de recirculación de entrada 206 y hace entrar el flujo al separador de vapor-agua 207 que separa el vapor y el agua, (ii) recircula el agua separada a través de tubos de la caldera 208 utilizando la bomba de recirculación 209, la tubería de recirculación de salida 210, y líneas de distribución de agua 211, y (iii) hace salir y canaliza el vapor en una línea principal de vapor 212 a la turbina o de la carga y el intercambiador de calor. Los tubos y líneas pueden estar aislados para evitar pérdidas térmicas. Refrigerante de entrada, tales como el agua condensada de la turbina o devolver el agua de un intercambiador de calor de carga y térmica es entrada a través de la tubería de agua de retorno de entrada 213, y la presión es impulsada por bomba de refuerzo de entrada 214.

[0243] El vapor generado en los tubos de la pared de agua puede fluir a una turbina y un generador para producir electricidad directamente, o la pared de agua puede alimentar vapor de agua en un bucle de vapor primario que transfiere calor a un bucle de vapor secundario a través de un intercambiador de calor. El bucle secundario puede accionar una turbina y el generador para producir electricidad. En una realización mostrada en la Figura 15, el vapor se genera en el sistema de la caldera y de salida del separador de vapor-agua a la línea principal de vapor. Una turbina de vapor recibe el vapor de agua hirviente, y la electricidad se genera con un generador. El vapor se condensa y se bombea de nuevo al sistema de caldera. El sistema de generación de potencia mostrado en la FIGURA 15 comprende una caldera 217, intercambiador de calor 218, la turbina de alta presión 219, la turbina de baja presión 220, el generador 221, separador de humedad 222, un condensador 223, la torre de enfriamiento 224, bomba de agua de enfriamiento 225, bomba de condensado 226, sistema de purificación de caldera de alimentación de agua 227, primera etapa del calentador de agua de alimentación 228, tanque de alimentación de agua de desaireación 229, la bomba de agua de alimentación 230, la bomba de refuerzo (214 de la FIGURA 14), almacenamiento de producto y el procesador 232, el almacenamiento de reactivo y el procesador 233, sistema de vacío 234, puesta en marcha del calentador 235, electrolizador 236, suministro de hidrógeno 237, líneas de refrigerante 238, válvula de refrigerante 239, reactivo y líneas de productos 240, y válvulas de línea del reactivo y de productos 241. Otros componentes y modificaciones se prevén en la presente descripción siendo conocidos por los expertos en la técnica.

[0244] Consideren un sistema térmico 1 MW ejemplar. Para lograr una temperatura de célula de fondo en el intervalo de 400-550°C en el lado de generación de energía de mayor temperatura del gradiente y una temperatura de aproximadamente 100°C más baja en el lado de regeneración en la parte superior, las células tienen un colector de calor solamente en la parte superior como se muestra en la Figura 12, los reactivos de la producción de energía se encuentran en la parte inferior, y la sección inferior de la célula está aislada. Los parámetros de diseño del sistema seleccionados son las (1) dimensiones de la célula, (2) el número de células en el sistema, (3) la resistencia térmica

del material que rodea la mitad inferior de la célula, (4) la barrera térmica en la parte superior media de la pared exterior de la célula, (5) la conductividad térmica del medio que rodea la mitad superior de la célula que está penetrada por los tubos de la caldera, (6) la barrera térmica en la pared del tubo de caldera exterior, (7) el número de tubo de caldera, las dimensiones y el espaciado, (8) la presión de vapor, y (9) el flujo de vapor y las tasas de recirculación. Los parámetros de diseño del sistema se seleccionan para lograr o mantener los parámetros de funcionamiento deseados de (1) la temperatura y los gradientes de temperatura interna y externa de cada célula, (2) la temperatura de ebullición del agua en la periferia del flujo de potencia de las células, y (3) el flujo de calor de superficie de ebullición adecuado. Parámetros de la reacción para el análisis de diseño se pueden obtener experimentalmente en las diversas reacciones de intercambio de hidruro posibles que resultan en la formación de hidrinos con cinética significativos y ganancia de energía así como las reacciones que comprenden que se pueden regenerar térmicamente. Las composiciones químicas de potencia y de regeneración y sus parámetros se dan a conocer en el presente documento. Parámetros de funcionamiento típicos para los propósitos de ingeniería de diseño son 0,25 W/cc de potencia constante, 0,67 W/g reactivos, 0,38 g/cc densidad de reactivos, 50 MJ/mol H_2 , ganancia de energía 2 a 1 relativa a la química de hidruro de regeneración, reacción igual y tiempos de regeneración para mantener la potencia de salida constante, y temperaturas de 550°C y 400-450°C para la energía y la regeneración, respectivamente, en donde la temperatura de reacción es suficiente para vaporizar el metal alcalino en el fondo de la célula, y el gradiente térmico interno mantiene la temperatura de regeneración en la parte superior de la célula. Usando los reactivos y las densidades de potencia, el volumen de reactivo y la masa total de los reactivos para generar 1 MW de potencia térmica continua son 3,940 litros y 1.500 kg, respectivamente. El uso de un factor de relleno reactivo 0,25%, el volumen total del reactor es de 15,8 m³.

[0245] En el diseño de la muestra, la caldera comprende 140 células de reacción de acero inoxidable que tiene una longitud de 176 cm, 30,5 cm OD, un espesor de pared cilíndrica de 0,635 cm, y 3,81 cm de placas de extremo gruesas. El espesor de pared cumple con los requisitos de diseño para una presión interna de 330 PSI a 550°C debido a la presión de descomposición de equilibrio del reactivo determinante de presión ejemplar NaH. Cada célula pesa 120 kg y da salida a 7,14 kW de potencia térmica. La mitad inferior de cada tubo está incrustada en el aislamiento. Composiciones de cobre o aluminio, un medio altamente conductor térmico, que es penetrado con los tubos de agua rodea la mitad superior de cada célula. La temperatura dentro de los rangos de células entre aproximadamente 550°C en la pared inferior a 400°C en la superficie orientada a la pared. Como se muestra en la FIGURA 13, la sección transversal OD de 30,5 cm de cada reactor está cubierta por seis, tubos de caldera OD de 2,54 cm (agua) con un espesor de 0,32 cm que están espaciados de manera uniforme en los centros de 5,08 cm. El flujo de calor en la superficie interna de cada tubo de caldera es aproximadamente 11,8 kW/m² que mantiene la temperatura de cada superficie externa de tubo de caldera a aproximadamente 367°C.

[0246] En una realización ejemplar, la potencia térmica generada a partir de los reactivos se utiliza para generar vapor saturado a 360°C. La FIGURA 16 muestra el diagrama de flujo de generación de vapor. Agua a temperatura ambiente (aproximadamente 25°C) desemboca en un intercambiador de calor donde se mezcla con vapor de agua saturado y se calienta a una temperatura de saturación de 360 °C por la condensación de vapor. Una bomba de refuerzo 251 aumenta la presión del agua a una presión de saturación de 18,66 MPa a 360°C en la entrada del separador de vapor-agua 252. El agua saturada fluye a través de los tubos de la caldera de la pared de agua del sistema de la caldera 253 para generar vapor a la misma temperatura y presión. Parte de vapor fluye de vuelta al intercambiador de calor para precalentar el agua de retorno de entrada de una turbina, mientras que parte de ella va a la turbina para generar energía eléctrica. Además, el agua no evaporada en la pared de agua se recircula para mantener una temperatura uniforme a lo largo de cada tubo de caldera. Para lograr esto, una línea de recogida de vapor recibe vapor y el agua no evaporada y las entregas a un separador de vapor-agua 252. El agua se bombea desde la sección de fondo del separador para volver a los tubos de la caldera a través de una línea de distribución de agua. El vapor fluye desde la parte superior del separador 252 a la turbina con una fracción desviada al intercambiador de calor para precalentar el agua de retorno de la turbina. La velocidad de flujo de agua saturada desde el sistema de reactor 140 es 2,78 kg/s en los tubos de la caldera, y la tasa total de flujo de salida de vapor es 1,39 kg/s.

[0247] En una realización, los reactivos comprenden al menos dos de un catalizador o una fuente de catalizador y una fuente de hidrógeno tal como KH, un soporte tal como carbono, y un reductor tal como Mg. El producto puede ser un producto de metal-carbono, tal como un producto de intercalación, MH_yC_x y MC_x (y puede ser una fracción o un número entero, x es un número entero), tales como KC_x . El reactor puede comprender uno o más suministros de reactivos, una cámara de reacción mantenida a una temperatura elevada tal que los reactivos que fluyen se someten a reacción en el mismo para formar hidrinos, un intercambiador de calor para eliminar calor de la cámara de reacción, y una pluralidad de recipientes para recibir el producto, tales como KC_x y regenerar al menos uno de los reactivos. La regeneración de carbono y M o MH a partir de al menos uno de MH_yC_x y MC_x puede ser mediante la aplicación de calor y vacío en donde el metal M evaporado recogido puede ser hidrurado. En el caso de que el reductor sea un metal, se puede recuperar por evaporación también. Cada metal o hidruro puede ser recogido en uno de los suministros de reactivos. Uno de los suministros de reactivos puede comprender cada recipiente utilizado para regenerar el carbono y que contiene el carbono y opcionalmente el agente reductor.

[0248] El calor para la regeneración puede ser suministrado por la potencia de hidrinos. El calor puede ser transferido mediante el intercambiador de calor. El intercambiador de calor puede comprender al menos un tubo de calor. El calor de los recipientes de regeneración calentado puede ser entregado a una carga de potencia tal como un intercambiador

de calor o caldera. El flujo de los reactivos o productos tales como los que comprenden carbono puede llevarse a cabo mecánicamente o lograrse al menos parcialmente, usando la gravedad. El transportador mecánico puede ser una barrena o una cinta transportadora. En el caso de que la reacción hidrino sea mucho más corta que el tiempo de regeneración, el volumen de los recipientes de regeneración puede exceder a la de la reacción de la zona caliente.

5 Los volúmenes pueden estar en una proporción para mantener un flujo constante a través de la zona de reacción.

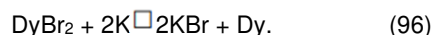
10 **[0249]** En una realización, la velocidad de la evaporación, sublimación, o volatilización del metal volátil tal como un metal alcalino o alcalinotérreo está limitado por el área de la superficie de los reactivos en relación con el espacio vacío por encima de ellos. La tasa se puede aumentar mediante la rotación de la célula o por otros medios de mezcla para exponer la superficie fresca al espacio de vacío. En una realización, un reactivo tal como el reductor tal como un metal alcalinotérreo tal como Mg une las partículas del soporte juntos para reducir su área de superficie. Por ejemplo, Mg funde a 650°C y se puede unir partículas de TiC juntos para reducir el área de superficie; esto se puede corregir por hidruración del metal, tal como Mg a MgH_2 y entonces la formación de un polvo por molienda o pulverización. Un método adecuado es la molienda con bolas. Alternativamente, el hidruro se puede fundir y se retira como líquido o se mantiene como un líquido en caso de que se aminora la agregación de las partículas de soporte. Un hidruro adecuado es MgH_2 ya que el punto de fusión es bajo, 327°C.

20 **[0250]** En una realización, el reactor comprende un lecho fluidizado en donde los reactivos líquidos pueden comprender un revestimiento sobre el soporte. El sólido se puede separar en una etapa siguiente a la reacción de los reactivos a productos incluyendo hidrinos. La separación puede ser con un separador de ciclón. La separación permite la condensación de vapor de metal para forzar una reacción inversa para algunos productos de nuevo a al menos un reactivo inicial. La mezcla de reacción original se regenera, preferiblemente térmicamente.

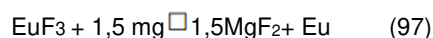
25 **[0251]** En una realización, un material de mezcla fundida ejemplar $K/KH\ Mg\ MgX_2$ (X es un haluro) comprende un recubrimiento sobre el apoyo TiC en lugar de existir como fases separadas. El K comprende además un vapor, y la presión es preferiblemente alta en la etapa de potencia. La temperatura en la etapa de potencia del reactor es preferiblemente mayor que la requerida para la regeneración tal como aproximadamente 600-800°C. Durante la regeneración de los reactivos por una reacción de intercambio de haluro en la temperatura de regeneración o por encima de K se condensa y se forma KH. La condensación puede ser a la temperatura de aproximadamente 100-400°C en donde H_2 pueden estar presentes para formar KH. Para permitir la condensación K a baja temperatura y reacción de intercambio de haluro a alta temperatura, el sistema de reacción comprende además un separador que elimina las partículas de vapor. Esto permite partículas calentadas en una sección o cámara y el vapor de condensación en otra.

35 **[0252]** En otras realizaciones, la reacción reversible térmicamente comprende, además, las reacciones de intercambio, preferibles entre dos especies que comprenden cada una al menos un átomo de metal. El intercambio puede ser entre un metal del catalizador, tal como un metal alcalino y el metal del par de intercambio tal como un oxidante. El intercambio también puede estar entre el oxidante y el reductor. Las especies intercambiadas pueden ser un anión tal como un haluro, hidruro, óxido, sulfuro, nitrato, boruro, carburo, siliciuro, arseniuro, seleniuro, telururo, fosfuro, nitrato, sulfuro de hidrógeno, carbonato, sulfato, sulfato de hidrógeno, fosfato, fosfato de hidrógeno, fosfato de dihidrógeno, perclorato, cromato, dicromato, óxido de cobalto, y otros oxianiones y aniones conocidos por los expertos en la técnica. Al menos uno de un intercambio de la pareja pueden comprender un metal alcalino, metal alcalinotérreo, metal de transición, metal de transición de segunda serie, metal de transición de tercera serie, metal noble, metal de tierra rara, Al, Ga, In, Sn, As, Se y Te. aniones intercambiados adecuados son haluro, óxido, sulfuro, nitrato, fosfuro, y boruro. Los metales adecuados para el intercambio son álcali, preferiblemente Na o K, metal alcalinotérreo, preferentemente Mg o Ba, y un metal de tierras raras, preferiblemente Eu o Dy, cada uno como el metal o hidruro. Reactivos catalíticos ejemplares y con una reacción de intercambio de ejemplo se dan más adelante. Estas reacciones no están destinadas a ser exhaustivas y otros ejemplos serían conocidos para los expertos en la técnica.

50 • 4g AC3-3 + 1g Mg + 1,66 g KH + 2,5 g DyI_2 , Ein: 135,0 kJ, dE: 6,1 kJ, TSC: ninguno, Tmax: 403°C, teórico es 1,89 kJ, ganancia es 3,22 veces,

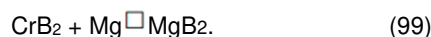


55 • 4g AC3-3 + 1g Mg + 1 g NaH + 2,09 g EuF_3 , Ein: 185,1 kJ, dE: 8,0 kJ, TSC: ninguno, Tmax: 463°C, teórico es 1,69 kJ, ganancia es 4,73 veces,



60 $EuF_3 + 3NaH \rightarrow 3NaF + Eu\ H_2 \quad (98)$

• KH 8,3 gm + Mg 5,0 gm + CAII-300 20,0gm + CrB_2 3,7gm, Ein: 317 kJ, dE: 19 kJ, sin TSC con Tmax~340 °C, energía teórica es endotérmica 0,05 kJ, ganancia es infinita,



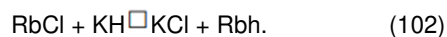
- 5 • 0,70 g de TiB₂, 1,66 g de KH, 1 g de polvo de Mg y 4 g de CA-III 300 polvo de carbono activado (AC3-4) fue terminado. La ganancia de energía fue de 5,1 kJ, pero no se observó la explosión de temperatura de la célula. La temperatura de la célula máxima fue de 431°C, teórico es 0.



- 10 • 0,42 g de LiCl, 1,66 g de KH, 1 g de polvo de Mg y 4 g de AC3-4 había terminado. La ganancia de energía fue de 5,4 kJ, pero no se observó la explosión de temperatura de la célula. La temperatura de la célula máxima fue de 412°C, teórica es 0, ganancia es infinita.



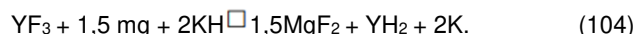
- 15 • 1,21 g de RbCl, 1,66 g de KH, 1 g de polvo de Mg y 4 g de AC3-4, ganancia de energía fue de 6,0 kJ, pero no se observó explosión de temperatura de la célula. La temperatura de la célula máxima fue de 442°C, teórico es 0.



- 20 • 4g AC3-5 + 1g Mg + 1,66 g KH + 0,87 g LiBr; Ein: 146,0 kJ; dE: 6,24 kJ; TSC: no observado; Tmax: 439°C, teórico es endotérmica,



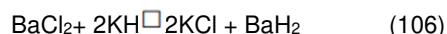
- 25 • KH 8,3 gm+ MG_ 5,0 gm+ CAII-300 20,0gm + YF₃ 7,3 g; Ein: 320 kJ; dE: 17 kJ; sin TSC con Tmax~ 340°C; ganancia de energía ~ 4,5 X (X~0,74kJ *5 = 3,7kJ),



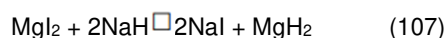
- 30 • NaH 5,0 gm+ Mg 5,0 gm + CAII-300 20,0gm + BaBr₂ 14,85 g (secado); Ein: 328 kJ; dE: 16 kJ; sin TSC con Tmax- 320°C; Ganancia de energía 160X (X~0,02kJ*5 = 0,1 kJ),



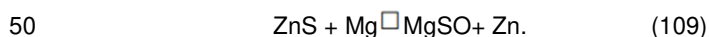
- 35 • KH 8,3 gm+ Mg 5,0 gm+ CAII-300 20,0gm + BaCl₂ 10,4 g; Ein: 331 kJ; dE: 18 kJ No TSC con Tmax- 320°C. ganancia de energía ~ 6,9X (X~0,52x5 = 2,6 kJ)



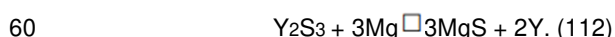
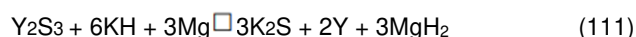
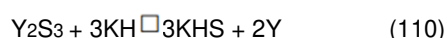
- 40 • NaH 5,0 gm+ Mg 5,0 gm+ CAII-300 20,0gm + MgI₂ 13,9 gm; Ein: 315 kJ; dE: 16 kJ No TSC con Tmax- 340°C. ganancia de energía ~ 1,8X (X~1,75x5 = 8,75 kJ)



- 45 • 4g AC3-2 + 1g Mg + 1 g NaH + 0,97 g ZnS; Ein: 132,1kJ; dE: 7,5kJ; TSC: ninguno; Tmax: 370°C, teórico es 1,4 kJ, ganancia es de 5,33 veces,

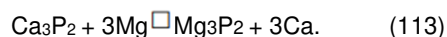


- 55 • 2,74 g de Y₂S₃, 1,66 g de KH, 1 g de polvo de Mg y 4 g de polvo de carbón activado CA-III 300 (secado a 300°C), la ganancia de energía fue de 5,2 kJ, pero no se observó explosión de temperatura de la célula. La temperatura de la célula máxima fue de 444°C, teórico es 0,41 kJ, ganancia es 12,64 veces,



60

- 4g AC3-5 + 1g Mg + 1,66 g KH + 1,82 g Ca₃P₂; Ein: 133,0 kJ; dE: 5,8 kJ; TSC: ninguno; Tmax: 407°C, teórico es endotérmico, ganancia es infinita.
- 20 g AC3-5 + 5g Mg + 8,3 g KH + Ca₃P₂ 9,1 g, Ein: 282,1kJ, dE: 18,1kJ, TSC: ninguno, Tmax: 320°C, teórico es endotérmico, ganancia es infinita.



[0253] En una realización, el sistema de reacción térmicamente regenerativo comprende:

- (i) al menos un catalizador o una fuente de catalizador elegido de NaH, BaH, y KH;
- (ii) al menos una fuente de hidrógeno seleccionado de entre NaH, KH, BaH, y MgH₂;
- (iii) al menos un oxidante seleccionado entre un haluro alcalinotérreo tal como BaBr₂, BaCl₂, BaI₂, CaBr₂, MgBr₂, MgI₂, un haluro de tierra rara tal como EuBr₂, EuBr₃, EuF₃, Dyl₂, LaF₃ o GdF₃, un haluro de metal de transición de segunda o tercera series como YF₃, un boruro metálico tal como CrB₂ o TiB₂, un haluro alcalino, tal como LiCl, RbCl, o CsI, un sulfuro metálico, tal como Li₂S, ZnS o Y₂S₃, un óxido metálico tal como Y₂O₃ y un fosfuro de metal, nitruro, o arseniuro tal como un fosfuro alcalinotérreo, nitruro, o arseniuro tales como Ca₃P₂, Mg₃N₂, y Mg₃As₂,
- (iv) al menos un agente reductor elegido entre Mg y MgH₂; y
- (v) un soporte elegido de AC, TiC, y WC.

[0254] En un sistema de ejemplo adicional capaz de regeneración térmica, el intercambio es entre el catalizador o la fuente de catalizador, tal como NaH, BaH, o KH y un haluro alcalinotérreo tal como BaBr₂ o BaCl₂ que pueden servir como un oxidante. Los metales alcalinos y metales alcalinotérreos no son miscibles en cualquier parte. Los puntos de fusión de Ba y Mg son 727°C y 1090°C, respectivamente; Por lo tanto, se puede conseguir fácilmente la separación durante la regeneración. Además, Mg y Ba no forman un intermetálico con el % atómico de Ba menos de aproximadamente 32% y la temperatura mantenida por debajo de aproximadamente 600°C. Los calores de formación de BaCl₂, MgCl₂, BaBr₂ y MgBr₂ son -855,0 kJ/mol, -641,3 kJ/mol, -757,3 kJ/mol, y -524,3 kJ/mol, respectivamente; Por lo tanto, el haluro de bario es mucho más favorecido sobre el haluro de magnesio. Por lo tanto, la regeneración térmica se puede lograr a partir de una mezcla de reacción adecuada, tal como KH o NaH Mg TiC y BaCl₂ o BaBr₂ que forma el haluro alcalino e hidruro alcalinotérreo. La regeneración se puede lograr por calentamiento de los productos y la evaporación del metal alcalino, tal que se recoge por medios tales como la condensación. Los catalizadores se pueden rehidratar. En una realización, la eliminación del metal alcalino conduce la reacción de la reforma del haluro alcalinotérreo. En otras realizaciones, un hidruro puede descomponerse por calentamiento bajo vacío cuando deseable. Ya que MgH₂ se funde a 327°C, puede ser separado preferencialmente de otros productos por fusión y selectivamente eliminar el líquido cuando sea deseable.

f. Adquiridor. Reacción hidrino asistido por soporte o matriz

[0255] En otra realización, la reacción de intercambio es endotérmica. En tal realización, el compuesto de metal puede servir como al menos uno de un soporte favorable o matriz para la reacción hidrino o adquiridor para el producto para mejorar la velocidad de reacción hidrino. Reactivos catalíticos ejemplares y con un ejemplar de soporte, matriz o adquiridor se dan más adelante. Estas reacciones no están destinadas a ser exhaustivas y otros ejemplos serían conocidos para los expertos en la técnica.

- 4g de AC3-5 + 1g de Mg + 1,66 g KH + 2,23 g de Mg₃As₂, Ein: 139,0 kJ, dE: 6,5 kJ, TSC: ninguno, Tmax: 393°C, teórico es endotérmico, ganancia es infinita.
- 20 g de AC3-5 + 5g de Mg + 8,3 g KH + 11,2 g de Mg₃As₂, Ein: 298,6 kJ, dE: 21,8 kJ, TSC: ninguno, Tmax: 315°C, teórico es endotérmico, ganancia es infinita.
- 1,01 g de Mg₃N₂, 1,66 g de KH, 1 g de polvo de Mg y 4 g de AC3-4 en una célula de servicio pesado 1", ganancia de energía era 5,2 kJ, pero no se observó explosión de temperatura de la célula. La temperatura de la célula máxima fue de 401°C, teórico es 0, ganancia es infinita.
- 0,41 g de AlN, 1,66 g de KH, 1 g de polvo de Mg y 4 g de AC3-5 en una célula de servicio pesado 1", ganancia de energía fue de 4,9 kJ, pero no se observó explosión de temperatura de la célula. La temperatura de la célula máxima fue de 407°C, teórico es endotérmico.

[0256] (I)-(v): En una realización, el sistema de reacción térmicamente regenerativa comprende al menos dos componentes elegidos de

- (i) al menos un catalizador o una fuente de catalizador elegido de NaH, BaH, KH, y MgH₂;
- (ii) al menos una fuente de hidrógeno seleccionado de entre NaH, BaH, y KH;
- (iii) al menos un oxidante, matriz, segundo soporte, o adquiridor elegido de un arseniuro de metal tal como Mg₃As₂ y un nitruro de metal tal como Mg₃N₂ o AlN;
- (iv) al menos un agente reductor elegido entre Mg y MgH₂; y
- (v) al menos un soporte seleccionado de entre AC, TiC, o WC.

D. Combustibles líquidos: Sistemas de disolventes orgánicos y fundidos

[0257] Otras formas de realización comprenden un sólido fundido, tal como una sal fundida o un disolvente líquido contenido en la cámara 200. El disolvente líquido puede ser vaporizado por el funcionamiento de la célula a una temperatura por encima del punto de ebullición del disolvente. Los reactivos tales como el catalizador pueden disolverse o suspenderse en el disolvente o los reactivos que forman el catalizador y H puede ser suspendido o disuelto en el disolvente. Un disolvente vaporizado puede actuar como un gas con el catalizador para aumentar la velocidad de la reacción de catalizador de hidrógeno para formar hidrinos. El disolvente sólido o vaporizado fundido puede ser mantenido por la aplicación de calor con el calentador 230. La mezcla de reacción puede comprender además un soporte sólido tal como un material de HSA. La reacción puede ocurrir en la superficie debido a la interacción de un sólido fundido, un líquido, o un disolvente gaseoso con el catalizador y de hidrógeno tal como K o Li plus H o NaH. En una realización que usa un catalizador heterogéneo, un disolvente de la mezcla puede aumentar la velocidad de reacción del catalizador.

[0258] En formas de realización que comprenden gas de hidrógeno, el H₂ puede ser burbujeado a través de la solución. En otra realización, la célula se presuriza para aumentar la concentración de H₂ disuelto. En una realización adicional, los reactivos se agitan, preferiblemente a alta velocidad y a una temperatura que es aproximadamente el punto de ebullición del disolvente orgánico y sobre el punto del disolvente inorgánico de fusión.

[0259] La mezcla de reacción disolvente orgánica se puede calentar, preferiblemente en el intervalo de temperatura de aproximadamente 26°C a 400°C, más preferiblemente en el intervalo de aproximadamente 100°C a 300°C. La mezcla de disolvente inorgánico puede calentarse a una temperatura superior a aquella a la que el disolvente es líquido y por debajo de una temperatura que causa la descomposición total de las moléculas de NaH.

[0260] El disolvente puede comprender un metal fundido. Los metales adecuados tienen un punto de fusión bajo tal como Ga, In, y Sn. En otra realización, el metal fundido puede servir como el soporte tal como el soporte conductor. La mezcla de reacción puede comprender al menos tres de un catalizador o una fuente de catalizador, hidrógeno o una fuente de hidrógeno, un metal, un reductor y un oxidante. La célula puede funcionar de tal manera que el metal es fundido. En una realización, el catalizador se selecciona de NaH o KH, que también sirve como la fuente de hidrógeno, el agente reductor es Mg, y el oxidante es una de EuBr₂, BaCl₂, BaBr₂, AlN, Ca₃P₂, Mg₃N₂, Mg₃As₂, MgI₂, CrB₂, TiB₂, un haluro alcalino, YF₃, MgO, Ni₂Si, Y₂S₃, Li₂S, NiB, GdF₃, e Y₂O₃. En otra realización, el oxidante es una de MnI₂, SnI₂, FeBr₂, COI₂, NiBr₂, AgCl, e InCl.

a. Disolventes orgánicos

[0261] El disolvente orgánico puede comprender uno o más de los restos que se pueden modificar para disolventes adicionales mediante la adición de grupos funcionales. Los restos pueden comprender al menos uno de un hidrocarburo tal como un alcano, alcano cíclico, alqueno, alqueno cíclico, alquino, aromático, heterocíclico, y combinaciones de los mismos, éter, hidrocarburo halogenado (fluoro, cloro, bromo, yodo hidrocarburo), preferiblemente fluorados, amina, sulfuro, nitrilo, fosforamida (por ejemplo, OP(N(CH₃)₂)₃), y aminofosfaceno. Los grupos pueden comprender al menos uno de alquilo, cicloalquilo, alcoxicarbonilo, ciano, carbamoilo, anillos heterocíclicos que contienen C, O, N, S, sulfo, sulfamoilo, alcoxisulfonilo, fosfono, hidroxilo, halógeno, alcoxi, alquiltiol, aciloxi, arilo, alquenilo, alifático, acilo, carboxilo, amino, cianoalcoxi, diazonio, carboxialquilcarboxamido, alqueniltio, cianoalcoxicarbonil, carbamoilalcoxicarbonil, alcoxicarbonilamino, cianoalquiloamino, alcoxicarbonilalquilamino, sulfoalquilamino, alquilosulfamoilakylamino, oxido, hidroxialquilo, carboxialquilcarboniloxi, cianoalquilo, carboxialquiltio, arilamino, heteroarilamino, alcoxicarbonilo, alquilcarboniloxi, cianoalcoxi, alcoxicarbonilalcoxi, carbamoilalcoxi, carboniloxicarbamoilalquilo, sulfoalcoxi, nitro, alcoxilarilo, halogenaril, amino arilo, alquilaminoarilo, tolilo, alquenilarilo, alilaril, alquenilooxilaril, aliloxilaril, cianoaril, carbamoilaril, carboxiarilo, alcoxicarbonilarilo, alquilcarboniloxilaril, sulfoarilo, alcoxisulfoaril, sulfamoilaril y nitroarilo. Preferiblemente, los grupos comprenden al menos uno de alquilo, cicloalquilo, alcoxi, ciano, anillos heterocíclicos que contienen grupos C, O, N, S, sulfo, fosfono, halógeno, alcoxi, alquiltiol, arilo, alquenilo, alifático, acilo, amino alquilo, alqueniltio, arilamino, heteroarilamino, halogenaril, amino arilo, alquilaminoarilo, alquenilarilo, alilaril, alquenilooxilaril, aliloxilaril y cianoaril.

[0262] En una realización que comprende un disolvente líquido, el catalizador de NaH es al menos uno de un componente de la mezcla de reacción y se forma a partir de la mezcla de reacción. La mezcla de reacción puede comprender además al menos uno del grupo de NaH, Na, NH₃, NaNH₂, Na₂NH, Na₃N, H₂O, NaOH, NaX (X es un anión, preferiblemente un haluro), NaBH₄, NaAlH₄, Ni, negro de Pt, negro de Pd, R-Ni, R-Ni dopada con una especie de Na, tales como al menos uno de Na, NaOH, y NaH, un soporte HSA, adquiredor, un dispersante, una fuente de hidrógeno tal como H₂ y un disociador de hidrógeno. En otras realizaciones, Li, K, Rb, o Cs reemplaza Na. En una realización, el disolvente tiene un grupo funcional halógeno, preferiblemente flúor. Una mezcla de reacción adecuada comprende al menos uno de hexafluorobenceno y octafluoronaftaleno añadido a un catalizador tal como NaH, y se mezcla con un soporte tal como carbón activado, un fluoropolímero o R-Ni. En una realización, la mezcla de reacción comprende una o más especies del grupo de Na, NaH, un disolvente, preferiblemente un disolvente fluorado, y un material de HSA. Un disolvente fluorado adecuado para la regeneración es CF₄. Un soporte adecuado o material de HSA para un disolvente fluorado con catalizadores, NaH es NaF. En una realización, la mezcla de reacción comprende

al menos NaH, CF₄ y NaF. Otros soportes o adquiridores basados en flúor comprenden M_2SiF_6 en donde M es un metal alcalino tal como Na_2SiF_6 y K_2SiF_6 , $MSiF_6$ en donde M es un metal alcalinotérreo tal como $MgSiF_6$, GaF_3 , PF_5 , MPF_6 en donde M es un metal alcalino, MHF_2 en donde M es un metal alcalino tal como $NaHF_2$ y KHF_2 , K_2TaF_7 , KBF_4 , K_2MnF_6 , y K_2ZrF_6 en donde otros compuestos similares se prevén tales como los que tienen otra sustitución de metal alcalino o alcalinotérreo tal como uno de Li, Na, o K como el metal alcalino.

b. Disolventes inorgánicos

[0263] En otra realización, la mezcla de reacción comprende al menos un disolvente inorgánico. El disolvente puede comprender adicionalmente un compuesto inorgánico fundido, tal como una sal fundida. El disolvente inorgánico puede ser NaOH fundido. En una realización, la mezcla de reacción comprende un catalizador, una fuente de hidrógeno, y un disolvente inorgánico para el catalizador. El catalizador puede ser al menos una de las moléculas de NaH, Li y K. El disolvente puede ser al menos uno de una sal fundida o fusionada o eutéctica tal como al menos una de las sales fundidas del grupo de los haluros alcalinos y haluros alcalinotérreos. El disolvente inorgánico de la mezcla de reacción de catalizador NaH puede comprender un eutéctico de bajo punto de fusión de una mezcla de haluros alcalinos, tales como NaCl y KCl. El disolvente puede ser una sal de bajo punto de fusión, preferiblemente una sal de Na tal como al menos uno de NaI (660°C), NaAlCl₄ (160°C), NaAlF₄, y el compuesto de la misma clase que NaMX₄ en donde M es un metal y X es un haluro que tiene un haluro de metal que es más estable que NaX. La mezcla de reacción puede comprender además un soporte tal como R-Ni.

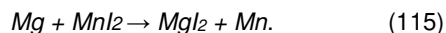
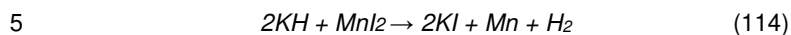
[0264] El disolvente inorgánico de la mezcla de reacción catalizador Li puede comprender un eutéctico de bajo punto de fusión de una mezcla de haluros alcalinos, tales como LiCl y KCl. El disolvente de la sal fundida puede comprender un disolvente basado en flúor que es estable a NaH. El punto de fusión LaF₃ es 1,493°C y el punto de NaF de fusión es de 996°C. Una mezcla molino de bolas en relaciones apropiadas, con opcionalmente otros fluoruros, comprende un disolvente fluoruro-sal que es estable a NaH y se funde preferiblemente en el intervalo de 600°C-700°C. En una forma de realización de sal fundida, la mezcla de reacción comprende mezcla de NaH + sal tal como NaF-KF-LiF (11,5-42,0-46,5) MP = 454°C o NaH + mezcla de sal tal como LiF-KF (52% -48%) MP = 492°C.

V. Sistemas y reacciones de regeneración

[0265] Un dibujo esquemático de un sistema para el reciclaje o regeneración del combustible de acuerdo con la presente descripción se muestra en la FIGURA 4. en una realización, los subproductos de la reacción hidrino comprenden un metal haluro MX, preferiblemente NaX o KX. A continuación, el reciclador de combustible 18 (FIGURA 4) comprende un separador 21 para separar compuestos inorgánicos tales como NaX del soporte. En una realización, el separador o un componente del mismo comprende una palanca de cambios o ciclón separador 22 que realiza la separación basada en diferencias de densidad de las especies. Un separador adicional o componente del mismo comprende un separador magnético 23 en donde las partículas magnéticas como el níquel o hierro son sacados por un imán mientras que el material no magnético tal como el flujo MX a través del separador. En otra realización, el separador o un componente del mismo comprende una solubilización producto diferencial o sistema de suspensión 24 que comprende un disolvente de lavado componente 25 que se disuelve o suspende al menos un componente en un grado mayor que otro para permitir la separación, y pueden comprender además un sistema de recuperación de compuesto 26, tal como un evaporador de disolvente 27 y el colector compuesto 28. Alternativamente, el sistema de recuperación comprende un precipitador 29 y un secador de compuesto y el colector 30. En una realización, el calor residual de la turbina 14 y el agua del condensador 16 se muestra en la Figura 4 se utiliza para calentar al menos uno del evaporador 27 y secadora 30 (FIGURA 4). El calor para cualquier otra de las etapas del reciclador 18 (FIGURA 4) puede comprender el calor residual.

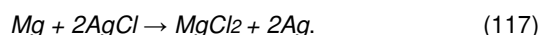
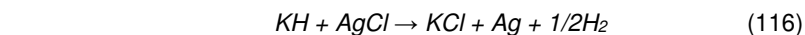
[0266] El reciclador de combustible 18 (FIGURA 4) comprende además un electrolizador 31 que electroliza el MX recuperado a metal y gas halógeno u otro producto halogenado o haluro. En una realización, la electrólisis se produce dentro del reactor de potencia 36, preferiblemente de una masa fundida, tal como una fusión eutéctica. Los productos de gas de electrólisis y de metal se recogen por separado en colector de gas altamente volátil 32 y un colector de metal 33 que puede comprender además un metal inmovil o separador 34 en el caso de una mezcla de metales, respectivamente. Si el reactivo inicial es un hidruro, el metal se hidrura por un reactor de hidrogenación 35 comprende una célula 36 capaz de presiones menores que, mayores que e iguales a la atmosférica, una entrada y salida 37 para el metal y el hidruro, una entrada para el gas hidrógeno 38 y su válvula 39, un suministro de gas hidrógeno 40, una salida de gas 41 y su válvula 42, una bomba 43, un calentador 44, y medidores de presión y de temperatura 45. En una forma de realización, el hidrógeno de suministro 40 comprende un electrolizador acuoso que tiene un separador de gas de hidrógeno y oxígeno. El producto de metal aislado se halogena al menos parcialmente en un reactor de halogenación 46 que comprende una célula 47 capaz de presiones de menor que, mayor que e igual a la atmosférica, una entrada para el carbono y una salida para el producto halogenado 48, una entrada para gas flúor 49 y su válvula 50, un suministro de gas halógeno 51, una salida de gas 52 y su válvula 53, una bomba 54, un calentador 55, y medidores de presión y temperatura 56. Preferentemente, el reactor también contiene catalizadores y otros reactivos para hacer que el metal 57 se convierta en el haluro del estado de oxidación deseado y la estequiometría como el producto. Al menos dos de los de metal o hidruro de metal, haluro de metal, soporte, y otros reactivos iniciales se reciclan a la caldera 10 después de haberse mezclado en un mezclador 58 para otro ciclo de generación de energía.

[0267] En las reacciones hidrino y regeneración ejemplares, la mezcla de reacción comprende catalizador NaH, Mg, MnI₂, y el apoyo, carbón activado, WC o TiC. En una realización, la fuente de la reacción exotérmica es la reacción de oxidación de hidruros metálicos por MnI₂ como



KI y MgI₂ pueden ser electrolizados a I₂, K, y Mg de una sal fundida. La electrólisis fundida se puede realizar usando una célula Downs o célula Downs modificada. Mn se puede separar usando un separador mecánico y tamices opcionalmente. Mg o MgH₂ sin reaccionar pueden estar separados por fusión y por la separación de fases sólida y líquida. Los yoduros para la electrólisis pueden ser del enjuague de los productos de reacción con un disolvente adecuado tal como agua desoxigenada. La solución puede ser filtrada para retirar el soporte, tal como AC y opcionalmente el metal de transición. El sólido se puede centrifugar y se secó, preferiblemente usando el calor residual de sistema de potencia. Alternativamente, los haluros se pueden separar por fusión seguido de separación de las fases líquida y sólida. En otra realización, el encendedor AC inicialmente puede ser separado de los otros productos de reacción mediante un método tal como separación de ciclón. K y Mg son inmiscibles, y los metales separados tales como K pueden hidrurarse con gas H₂, preferiblemente de la electrólisis de H₂O. El yoduro de metal puede estar formado por conocer las reacciones con el metal separado o con el metal, no separado de AC. En una forma de realización, Mn se hace reaccionar con HI para formar MnI₂ y H₂ que se recicla y se hace reaccionar con I₂ para formar HI. En otras realizaciones, otros metales, preferiblemente un metal de transición, sustituye a Mn. Otro agente reductor tal como Al puede reemplazar Mg. Otro haluro, preferiblemente cloruro puede sustituir yoduro. LiH, KH, RbH, o CsH puede sustituir NaH.

[0268] En las reacciones hidrino y regeneración ejemplares, la mezcla de reacción comprende catalizador NaH, Mg, AgCl, y el soporte, carbón activado. En una realización, la fuente de la reacción exotérmica es la reacción de oxidación de hidruros metálicos por AgCl tal como



KCl y MgCl₂ pueden ser electrolizados a Cl₂, K, Mg y de una sal fundida. La electrólisis fundida se puede realizar usando una célula Downs o célula Downs modificada. Ag se pueden separar usando un separador mecánico y tamices opcionalmente. Mg o MgH₂ sin reaccionar pueden estar separados por fusión y por la separación de fases sólida y líquida. Los cloruros para la electrólisis pueden ser del enjuague de los productos de reacción con un disolvente adecuado tal como agua desoxigenada. La solución puede ser filtrada para retirar el soporte, tal como AC y, opcionalmente, el metal Ag. El sólido se puede centrifugar y se secó, preferiblemente usando el calor residual de sistema de potencia. Alternativamente, los haluros se pueden separar por fusión de ellos seguido de separación de las fases líquida y sólida. En otra realización, el encendedor AC inicialmente puede ser separado de los otros productos de reacción mediante un método tal como separación de ciclón. K y Mg son inmiscibles, y los metales separados tales como K pueden hidrurarse con gas H₂, preferiblemente de la electrólisis de H₂O. El cloruro de metal puede estar formado por conocer las reacciones con el metal separado o con el metal, no separado de AC. En una realización, Ag se hace reaccionar con Cl₂ para formar AgCl, y H₂ que se recicla y se hace reaccionar con I₂ para formar HI. En otras realizaciones, otros metales, preferiblemente un metal de transición o In, reemplaza Ag. Otro agente reductor tal como Al puede reemplazar Mg. Otro haluro, preferiblemente cloruro puede sustituir yoduro. LiH, KH, RbH, o CsH puede sustituir NaH.

[0269] En una realización, la mezcla de reacción se regenera a partir de productos de reacción hidrino. En las reacciones hidrino y regeneración de ejemplo, la mezcla de reacción de combustible sólido comprende KH o catalizador NaH, Mg o MgH₂ y haluro alcalinotérreo tales como BaBr₂, y el soporte, carbón activado, WC, o preferiblemente TiC. En una realización, la fuente de la reacción exotérmica es la reacción de oxidación de hidruros de metal o metales por BaBr₂ como



Los puntos de fusión de Ba, magnesio, MgH₂, NaBr, KBr y son 727°C, 650°C, 327°C, 747°C, y 734°C, respectivamente. Por lo tanto, MgH₂ puede separarse de bario y cualquier Ba-Mg intermetálico manteniendo la MgH₂ con adición opcional de H₂. Preferentemente fundir el MgH₂ y separar el líquido de la mezcla de reacción-producto. Opcionalmente, se puede descomponer térmicamente para Mg. A continuación, los productos de reacción restantes se pueden añadir a una masa fundida de electrólisis. Soporte sólido y Ba se precipitan para formar capas preferiblemente separables. Alternativamente, Ba puede separarse como un líquido por fusión. Entonces, NaBr o KBr pueden ser electrolizados para formar el metal alcalino y Br₂. Este último se hace reaccionar con Ba para formar BaBr₂. Alternativamente, Ba es el ánodo, y BaBr₂ formularios directamente en el compartimiento de ánodo. El metal alcalino puede ser hidrurado

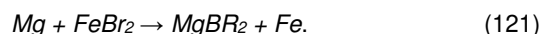
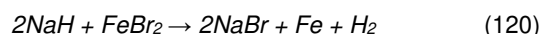
después de la electrólisis o formado en el compartimiento catódico durante la electrólisis por burbujeo de H₂ en este compartimiento. Entonces, MgH₂ o Mg, NaH o KH, BaBr₂, y el soporte son reajustados a la mezcla de reacción. En otras formas de realización, otro haluro alcalinotérreo tal como BaI₂, MgF₂, SrCl₂, CaCl₂O CaBr₂, reemplaza BaBr₂.

[0270] En otra realización, las reacciones de regeneración pueden ocurrir sin electrólisis debido a la pequeña diferencia de energía entre los reactivos y productos. Las reacciones dadas por las ecuaciones (118-119) se pueden invertir cambiando la condición de reacciones tales como la temperatura o presión de hidrógeno. Alternativamente, especies fundidas o volátiles, tales como K o Na pueden ser retiradas selectivamente para conducir la reacción hacia atrás para regenerar un reactivo o una especie que puede hacerse reaccionar adicionalmente y se añade de nuevo a la célula para formar la mezcla de reacción original. En otra realización, las especies volátiles pueden calentarse a reflujo continuamente para mantener la reacción reversible entre el catalizador o la fuente de catalizador, tal como NaH, BaH, KH, Na o K y el oxidante inicial tal como un haluro alcalinotérreo o haluro de tierra rara. En una realización, el reflujo se consigue utilizando un alambique, como el alambique 34 mostrado en la FIGURA 4. El alambique puede comprender un sistema de mecha o capilar que forma gotitas de las especies volátiles tales como K o de otro metal alcalino. Las gotitas pueden caer en la cámara de reacción por gravedad. La mecha o capilar pueden ser similares a la de un tubo de calor de metal fundido, o el alambique puede comprender un tubo de calor de metal fundido. El tubo de calor podría volver las especies volátiles tales como un metal tal como K a la mezcla de reacción a través de una mecha. En otra realización, el hidruro se puede formar y se limpia mecánicamente de una superficie o estructura de recogida. El hidruro puede caer de nuevo en la mezcla de reacción por gravedad. El retorno de suministro puede ser continuo o intermitente. En esta realización, la célula podría ser horizontal con un espacio de vapor a lo largo del eje horizontal de la célula, y la sección de condensador puede estar en el extremo de la célula. La cantidad de especies volátiles tales como K puede estar presente en la célula en aproximadamente igual estequiometría o menos con el metal del oxidante de tal manera que es limitante para provocar la formación del oxidante en la reacción inversa cuando la especie volátil es en el transporte en la célula. El hidrógeno se puede suministrar a la célula a una presión óptima controlada. El hidrógeno se puede burbujear a través de la mezcla de reacción para aumentar su presión. El hidrógeno se puede hacer fluir a través del material para mantener una presión de hidrógeno deseada. El calor puede ser retirado por la sección de condensación por un intercambiador de calor. La transferencia de calor puede ser por ebullición de un refrigerante tal como agua. El punto de ebullición puede ser la ebullición nucleada para aumentar la tasa de transferencia de calor.

[0271] En otra realización que comprende una mezcla de reacción de más de una especie volátil tales como los metales, cada especie puede ser evaporada o sublimada a un estado gaseoso y condensada. Cada especie se puede condensar en una región separada sobre la base de diferencias en la presión de vapor con las relaciones de temperatura entre las especies. Cada especie se puede hacer reaccionar adicionalmente con otros reactivos tales como hidrógeno o directamente devuelta a la mezcla de reacción. La mezcla de reacción combinada puede comprender la mezcla de reacción inicial regenerada para formar hidrinos. La mezcla de reacción puede comprender al menos dos especies del grupo de un catalizador, una fuente de hidrógeno, un oxidante, un agente reductor, y un soporte. El soporte también puede comprender el oxidante. Carbono o carburo son tales soportes adecuados. El oxidante puede comprender un metal alcalinotérreo tal como Mg, y el catalizador y fuente de H pueden comprender KH. K y Mg pueden ser volatilizados térmicamente y se condensan como bandas separadas. K puede ser hidrurado a KH mediante tratamiento con H₂ y KH puede ser devuelto a la mezcla de reacción. Alternativamente, K puede ser devuelto y después se hace reaccionar con hidrógeno para formar KH. Mg se puede devolver directamente a la mezcla de reacción. Los productos pueden ser continua o intermitente regeneraron de nuevo en los reactivos iniciales como la energía se genera mediante la formación de hidrinos. El H correspondiente que se consume se sustituye para mantener la potencia de salida.

[0272] En otra realización, las condiciones de reacción tales como la temperatura o la presión de hidrógeno se pueden cambiar para revertir la reacción. En este caso, la reacción se ejecuta inicialmente en la dirección hacia delante para formar hidrinos y los productos de mezcla de reacción. A continuación, los productos distintos de hidrógeno de baja energía se convierten en los reactivos iniciales. Esto puede ser realizado por el cambio de las condiciones de reacción y, posiblemente, añadir o eliminar al menos parcialmente los mismos u otros productos o reactivos como los utilizados o formados inicialmente. Por lo tanto, las reacciones de avance y de regeneración se llevan a cabo en ciclos alternos. El hidrógeno se puede añadir para sustituir el que se consume en la formación de hidrinos. En otra realización, las condiciones de reacción se mantienen tal como una temperatura elevada en donde la reacción reversible está optimizada de tal manera que las reacciones tanto de avance como inversas ocurren de una manera que se logre la tasa deseada, preferentemente máxima, de formación hidrino.

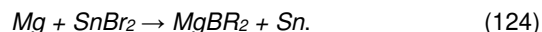
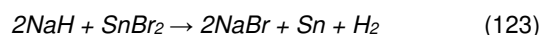
[0273] En las reacciones hidrino y regeneración ejemplares, la mezcla de reacción de combustible sólido comprende catalizador NaH, Mg, FeBr₂ y el apoyo, el carbón activado. En una realización, la fuente de la reacción exotérmica es la reacción de oxidación de hidruros metálicos por FeBr₂ tales como



NaBr y MgBr₂ pueden ser electrolizados a Br₂, Na, y Mg de una sal fundida. La electrólisis fundida se puede realizar

usando una célula Downs o célula Downs modificada. Fe es ferromagnético y se puede separar magnéticamente utilizando un separador mecánico y tamices opcionalmente. En otra realización, Ni ferromagnético puede sustituir Fe. Mg o MgH_2 sin reaccionar pueden estar separados por fusión y por la separación de fases sólida y líquida. Los bromuros para la electrólisis pueden ser del enjuague de los productos de reacción con un disolvente adecuado tal como agua desoxigenada. La solución puede ser filtrada para retirar el soporte, tal como AC y opcionalmente el metal de transición. El sólido se puede centrifugar y se secó, preferiblemente usando el calor residual de sistema de potencia. Alternativamente, los haluros se pueden separar por fusión seguido de separación de las fases líquida y sólida. En otra realización, el encendedor AC inicialmente puede ser separado de los otros productos de reacción mediante un método tal como separación de ciclón. Na y Mg son inmiscibles, y los metales separados tales como Na pueden hidrurarse con gas H_2 , preferiblemente de la electrólisis de H_2O . El bromuro de metal puede estar formado por conocer las reacciones con el metal separado o con el metal, no separado de AC. En una realización, Fe se hace reaccionar con HBr para formar $FeBr_2$ y H_2 que se recicla y se hace reaccionar con Br_2 para formar HBr. En otras realizaciones, otros metales, preferiblemente un metal de transición, sustituye Fe. Otro agente reductor tal como Al puede reemplazar Mg. Otra haluro, preferiblemente cloruro puede reemplazar bromuro. LiH, KH, RbH, o CsH pueden sustituir NaH.

[0274] En las reacciones hidrino y regeneración ejemplares, la mezcla de reacción de combustible sólido comprende catalizador KH o NaH, Mg o MgH_2 , $SnBr_2$, y el soporte, carbón activado, WC, o TiC. En una realización, la fuente de la reacción exotérmica es la reacción de oxidación de hidruros de metal o metales por $SnBr_2$ como



Los puntos de fusión de estaño, magnesio, MgH_2 , NaBr, KBr y son $119^\circ C$, $650^\circ C$, $327^\circ C$, $747^\circ C$, y $734^\circ C$, respectivamente. Aleación de estaño-magnesio se derretirá por encima de una temperatura tal como $400^\circ C$ durante aproximadamente 5% en peso de Mg como se da en su diagrama de fases de aleaciones. En una realización, los metales y aleaciones de estaño y de magnesio se separan del soporte y haluros por fusión de los metales y aleaciones y separan las fases líquida y sólida. La aleación puede hacerse reaccionar con H_2 a una temperatura que forma MgH_2 metal sólido y estaño. Las fases sólidas y líquidas se pueden separar para dar MgH_2 y estaño. MgH_2 puede ser descompuesto térmicamente a Mg y H_2 . Alternativamente, H_2 puede añadirse a los productos de reacción in situ a una temperatura selectiva para convertir cualquier Mg sin reaccionar y cualquier aleación Sn-Mg a MgH_2 sólido y el estaño líquido. El estaño puede ser eliminado selectivamente. Entonces, MgH_2 se puede calentar y se retira como un líquido. A continuación, los haluros pueden ser retirados del soporte mediante métodos tales como (1) fundirlos y la separación de las fases, (2) la separación de ciclón basada en diferencias de densidad en donde se prefiere un soporte denso tal como WC, o (3) tamizado basado en diferencias de tamaño. Alternativamente, los haluros se pueden disolver en un disolvente adecuado, y las fases líquida y sólida se separan por métodos tales como el filtrado. El líquido se puede evaporar y luego los haluros pueden ser electrolizados de la masa fundida a Na o K y posiblemente metales Mg que son inmiscibles y cada uno separado. En otra realización K se forma por reducción del haluro usando Na metálico que se regenera por electrólisis de un haluro de sodio, preferiblemente el mismo haluro como formado en el reactor hidrino. Además, el gas halógeno tal como Br_2 se obtiene de la masa fundida de electrólisis y se hace reaccionar con aislados Sn para formar $SnBr_2$ que se recicla para otro ciclo de la reacción hidrino junto con NaH o KH, y Mg o MgH_2 en donde los hidruros se forman por la hidrogenación con gas H_2 . En una realización, HBr se forma y se hace reaccionar con Sn a partir de $SnBr_2$. HBr se pueden formar por reacción de Br_2 y H_2 o durante la electrólisis por burbujeo de H_2 en el ánodo que tiene una ventaja de reducir la energía de la electrólisis. En otro modo de realización, otro metal reemplaza Sn, preferiblemente un metal de transición, y otro haluro puede sustituir Br tal como I.

[0275] En otra realización, en el paso inicial, todos los productos de reacción se hacen reaccionar con HBr acuoso, y la solución es concentrada para precipitar $SnBr_2$ de $MgBr_2$ y una solución de KBr. Otros disolventes adecuados y métodos de separación se pueden utilizar para separar las sales. $MgBr_2$ y KBr son entonces electrolizados a Mg y K. Alternativamente, Mg o MgH_2 se eliminan en primer lugar utilizando mecánico o por métodos disolventes selectivos tal que sólo KBr necesita ser electrolizado. En una realización, Sn se retira como una masa fundida a partir de MgH_2 sólido que se pueden formar mediante la adición de H_2 durante o después de la reacción hidrino. MgH_2 o Mg, KBr, y el soporte luego se añaden a la masa fundida de electrólisis. El soporte se asienta en una zona sedimentaria debido a su tamaño de partícula grande. MgH_2 y KBr forman parte de la masa fundida y se separan en base a la densidad. Mg y K son inmiscibles, y K también forma una fase separada de tal manera que Mg y K se recogen por separado. El ánodo puede ser Sn tal que K, Mg, y $SnBr_2$ son los productos de electrólisis. El ánodo puede ser estaño líquido o estaño líquido puede rociarse en el ánodo para reaccionar con bromo y formar $SnBr_2$. En este caso la brecha de energía para la regeneración es la brecha compuesta frente la brecha superior elemental correspondiente a productos elementales en ambos electrodos. En una realización adicional, los reactivos comprenden KH, apoyo y SnI_2 o $SnBr_2$. El Sn se puede retirar como un líquido, y los productos que quedan, tales como KX y el apoyo se pueden añadir a la masa fundida de electrólisis en donde el apoyo se separa en base a la densidad. En este caso, se prefiere un soporte denso tal como WC.

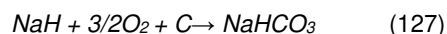
[0276] Los agentes reaccionantes pueden comprender un compuesto de oxígeno para formar un producto de óxido

tal como un óxido del catalizador o la fuente de catalizador, tal como la de NaH, Li o K y un óxido del reductor tal como el de Mg, MgH₂, Al, Ti, B, Zr, o La. En una realización, los reactivos se regeneran haciendo reaccionar el óxido con un ácido tal como un ácido de haluro de hidrógeno, preferiblemente HCl, para formar el correspondiente haluro tal como el cloruro. En una realización, una especie de carbono oxidado, tal como carbonato, carbonato de hidrógeno, una especie de ácido carboxílico tales como ácido oxálico u oxalato pueden ser reducidos por un metal o un hidruro de metal. Preferiblemente, al menos uno de Li, K, Na, LiH, KH, NaH, Al, Mg, y MgH₂ reacciona con las especies que comprenden carbono y oxígeno y forma el óxido metálico correspondiente o hidróxido y carbono. Cada metal correspondiente se puede regenerar por electrólisis. La electrólisis puede llevarse a cabo usando una sal fundida, tal como la de una mezcla eutéctica. El producto de electrólisis del gas halógeno tal como gas cloro se puede usar para formar el correspondiente ácido tal como HCl como parte de un ciclo de regeneración. El HX ácido de haluro de hidrógeno se puede formar haciendo reaccionar el gas halógeno con gas hidrógeno y disolviendo opcionalmente el gas haluro de hidrógeno en agua. Preferiblemente, el gas de hidrógeno se forma por electrólisis de agua. El oxígeno puede ser un reactivo de la mezcla de reacción hidrino o se puede hacer reaccionar para formar la fuente de oxígeno de la mezcla de reacción hidrino. La etapa de hacer reaccionar el producto de reacción hidrino óxido con ácido puede comprender enjuagar el producto con ácido para formar una solución que comprende las sales metálicas. En una realización, la mezcla de reacción hidrino y la mezcla de producto correspondiente comprende un soporte tal como carbono, carbono activado preferiblemente. Los óxidos metálicos se pueden separar del soporte mediante disolución en ácido acuoso. Por lo tanto, el producto puede ser lavado con ácido y puede además ser filtrado para separar los componentes de la mezcla de reacción. El agua puede eliminarse por evaporación utilizando calor, los residuos preferiblemente de calor desde el sistema de energía, y las sales tales como cloruros de metales pueden ser añadidos a la mezcla de electrólisis para formar los metales y gas halógeno. En una realización, cualquier producto metano o hidrocarburos puede ser reformado para hidrógeno y carbono opcionalmente o dióxido de carbono. Alternativamente, el metano se puede separar de la mezcla de productos de gas y se vende como un producto comercial. En otra realización, el metano puede formarse en otros productos de hidrocarburos por métodos conocidos en la técnica, tales como reacciones de Fischer-Tropsch. La formación de metano puede ser suprimida por la adición de un gas interferente tal como un gas inerte y por el mantenimiento de condiciones desfavorables tales como una presión o temperatura de hidrógeno reducidas.

[0277] En otra realización, los óxidos metálicos están a electrólisis directamente de una mezcla eutéctica. Óxidos tales como MgO se pueden hacer reaccionar con el agua para formar hidróxidos tales como Mg(OH)₂. En una realización, el hidróxido se reduce. El reductor puede ser un metal alcalino o hidruro tal como Na o NaH. El hidróxido de producto puede ser electrolizado directamente como una sal fundida. Productos de reacción hidrino tales como hidróxidos de metales alcalinos también se pueden usar como un producto comercial y los haluros correspondientes adquiridos. Los haluros se pueden entonces electrolizar a gas halógeno y metal. El gas halógeno puede ser utilizado como un gas industrial comercial. El metal puede ser hidrurado con gas hidrógeno, preferiblemente para la electrólisis de agua, y se suministra al reactor como una parte de la mezcla de reacción hidrino.

[0278] El reductor tal como un metal alcalino puede regenerarse a partir del producto que comprende un compuesto correspondiente, preferiblemente NaOH o Na₂O, usando métodos y sistemas conocidos por los expertos en la técnica. Un método comprende la electrólisis en una mezcla tal como una mezcla eutéctica. En una realización adicional, el producto reductor puede comprender al menos un poco de óxido tal como un óxido de metal reductor (por ejemplo, MgO). El hidróxido u óxido pueden disolverse en un ácido débil tal como ácido clorhídrico para formar la correspondiente sal tal como NaCl o MgCl₂. El tratamiento con ácido también puede ser una reacción anhidro. Los gases pueden ser la transmisión a baja presión. La sal puede ser tratada con un agente reductor producto tal como un metal alcalino o alcalinotérreo para formar el reductor inicial. En una realización, el segundo agente reductor es un metal alcalinotérreo, preferiblemente Ca en donde NaCl o MgCl₂ se reduce a Na o Mg metal. El producto adicional de CaCl₂ se recupera y recicla también. En forma de realización alternativa, el óxido se reduce con H₂ a alta temperatura.

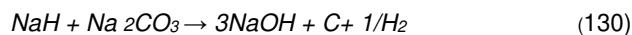
[0279] En las reacciones hidrino y regeneración ejemplares, la mezcla de reacción comprende catalizador NaH, MgH₂, O₂, y el soporte, el carbón activado. En una realización, la fuente de la reacción exotérmica es la reacción de oxidación de hidruros de metal por O₂ como



Cualquier producto MgO se puede convertir en el hidróxido, por reacción con agua



Sodio o carbonato de magnesio, carbonato de hidrógeno, y otras especies que comprenden carbono y oxígeno pueden ser reducidos con Na o NaH:



Mg(OH)₂ se puede reducir a Mg usando Na o NaH:

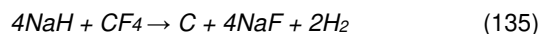


Entonces, NaOH puede ser electrolizado a Na metal y NaH y O₂ directamente a partir de la masa fundida. El proceso de Castner puede ser utilizado. Un cátodo adecuado y el ánodo para una solución básica es el níquel. El ánodo también puede ser de carbono, un metal noble tal como Pt, un soporte tal como Ti recubierto con un metal noble tal como Pt, o un ánodo dimensionalmente estable. En otra realización, NaOH es convertido en NaCl por reacción con HCl en donde los gases de Cl de electrólisis de NaCl₂ puede hacerse reaccionar con H₂ de la electrólisis del agua para formar el HCl. La electrólisis de NaCl fundido se puede realizar usando una célula Downs o célula Downs modificada. Alternativamente, HCl puede ser producido por la electrólisis de cloro-álcali. El NaCl acuoso para esta electrólisis puede ser desde el enjuague de los productos de reacción con HCl acuoso. La solución puede ser filtrada para retirar el soporte, tal como de AC que se puede centrifugar y secar, preferiblemente utilizando calor residual de sistema de potencia.

[0280] En una realización, la etapa de reacción comprende, (1) enjuagar productos con HCl acuoso para formar cloruros de metales a partir de especies tales como hidróxidos, óxidos y carbonatos, (2) convertir cualquier CO₂ evolucionado al agua y C por reducción de H₂ utilizando la reacción de desplazamiento del gas de agua y la reacción de Fischer Tropsch en donde el C se recicla como el apoyo en el paso 10 y el agua se puede usar en los pasos 1, 4, o 5, (3) filtrar y secar el soporte tal como AC en donde el secado puede incluir la etapa de centrifugación, (4) electrolizar agua a H₂ y O₂ para suministrar los pasos 8 a 10, (5) formar opcionalmente H₂ y HCl a partir de la electrólisis del NaCl acuoso para suministrar los pasos 1 y 9, (6) aislar y secar los cloruros metálicos, (7) electrolizar una masa fundida del cloruro de metal para metales y cloro, (8) formar HCl mediante la reacción de Cl₂ y H₂ para suministrar el paso 1, (9) de hidruro de cualquier metal para formar el reactivo de partida correspondiente por reacción con hidrógeno, y (10) formar la mezcla de reacción inicial con la adición de O₂ de la etapa 4 o utilizar alternativamente O₂ aislado de la atmósfera.

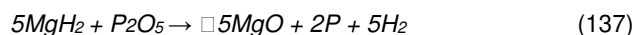
[0281] En otra realización, al menos uno de óxido de magnesio e hidróxido de magnesio están a electrólisis a partir de una masa fundida a Mg y O₂. La masa fundida puede ser una masa fundida de NaOH en donde Na también puede ser electrolizada. En una realización, óxidos de carbono tales como carbonatos y carbonatos de hidrógeno pueden ser descompuestos a al menos una de CO y CO₂ que pueden añadirse a la mezcla de reacción como una fuente de oxígeno. Alternativamente, las especies de óxido de carbono tales como CO₂ y CO se pueden reducir a carbono y agua por hidrógeno. CO₂ y CO pueden ser reducidos por la reacción de desplazamiento del gas de agua y la reacción Fischer Tropsch.

[0282] En las reacciones hidrino y regeneración ejemplares, la mezcla de reacción comprende catalizador NaH, MgH₂, CF₄, y el soporte, el carbón activado. En una realización, la fuente de la reacción exotérmica es la reacción de oxidación de hidruros metálicos de CF₄ como

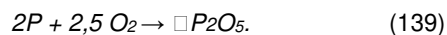


NaF y MgF₂ pueden ser electrolizados a F₂, Na, y Mg de una sal fundida que puede comprender, además, HF. Na y Mg son inmiscibles, y los metales separados pueden ser hidrurados con gas H₂, preferiblemente de la electrólisis de H₂O. El gas F₂ se puede hacer reaccionar con el carbono y cualquier producto CH₄ de la reacción para regenerar CF₄. Alternativamente y preferiblemente, el ánodo de la célula de electrólisis comprende carbono, y las condiciones actuales y la electrólisis se mantienen de modo que CF₄ es el producto de electrólisis de ánodo.

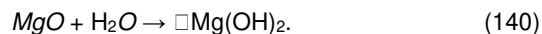
[0283] En las reacciones hidrino y regeneración ejemplares, la mezcla de reacción comprende catalizador NaH, MgH₂, P₂O₅ (P₄O₁₀), y el soporte, el carbón activado. En una realización, la fuente de la reacción exotérmica es la reacción de oxidación de hidruros metálicos por P₂O₅ tales como



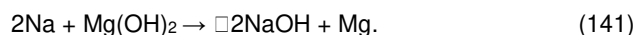
El fósforo se puede convertir a P₂O₅ por combustión en O₂



El producto MgO se puede convertir en el hidróxido por reacción con agua

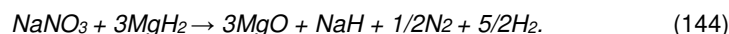
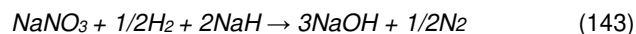
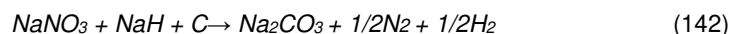


Mg(OH)₂ se puede reducir a Mg usando Na o NaH:

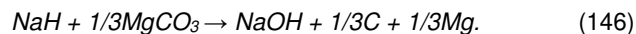
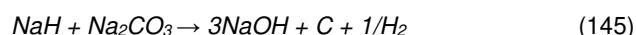


Entonces, NaOH puede ser electrolizado a metal de Na y NaH y O₂ directamente a partir de la masa fundida, o puede ser convertido en NaCl por reacción con HCl en donde la electrólisis NaCl de gas Cl₂ puede hacerse reaccionar con H₂ de la electrólisis del agua a partir de la HCl. En formas de realización, los metales tales como Na y Mg se pueden convertir en los hidruros correspondientes por reacción con H₂, preferiblemente de la electrólisis del agua.

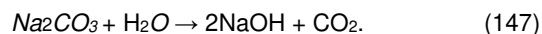
[0284] En las reacciones hidrino y regeneración ejemplares, la mezcla de reacción de combustible sólido comprende catalizador NaH, MgH₂, NaNO₃, y el soporte, el carbón activado. En una realización, la fuente de la reacción exotérmica es la reacción de oxidación de hidruros metálicos de NaNO₃ como



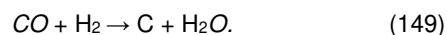
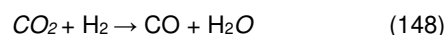
Sodio o carbonato de magnesio, carbonato de hidrógeno, y otras especies que comprenden carbono y oxígeno pueden ser reducidos con Na o NaH:



Carbonatos también se pueden descomponer de medios acuosos a los hidróxidos y CO₂



CO₂ evolucionado puede hacerse reaccionar con el agua y C por reducción de H₂ utilizando la reacción de desplazamiento del gas de agua y la reacción de Fischer Tropsch



El producto MgO se puede convertir en el hidróxido, por reacción con agua



Mg(OH)₂ se puede reducir a Mg usando Na o NaH:



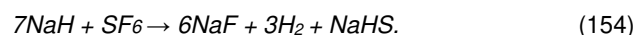
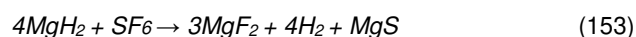
Nitratos alcalinos pueden regenerarse utilizando los métodos conocidos por los expertos en la técnica. En una realización, NO₂, pueden ser generados por métodos industriales conocidos, tales como por el proceso de Haber seguido por el proceso de Ostwald. En una realización, la secuencia ejemplar de pasos son:



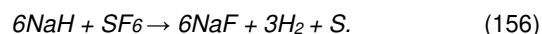
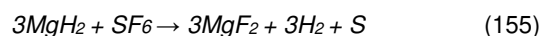
Específicamente, el proceso Haber puede ser utilizado para producir NH₃ de N₂ y H₂ a temperatura y presión elevadas usando un catalizador tal como α-hierro que contiene algo de óxido. El proceso de Ostwald se puede usar para oxidar el amoníaco a NO₂, en un catalizador tal como platino caliente o catalizador de platino-rodio. El calor puede ser el calor residual del sistema de potencia. NO₂ puede disolverse en agua para formar ácido nítrico que se hace reaccionar

con NaOH, Na_2CO_3 o NaHCO_3 para formar nitrato de sodio. A continuación, el NaOH restante puede ser electrolizado a metal Na y NaH y O_2 directamente a partir de la masa fundida, o puede ser convertido en NaCl por reacción con HCl en donde la electrólisis de NaCl de gas Cl_2 puede hacerse reaccionar con H_2 de la electrólisis del agua a partir de la HCl. En formas de realización, los metales tales como Na y Mg se pueden convertir en los hidruros correspondientes por reacción con H_2 , preferiblemente de la electrólisis del agua. En otras realizaciones, Li y K reemplazan Na.

[0285] En las reacciones hidrino y regeneración ejemplares, la mezcla de reacción comprende catalizador NaH, MgH_2 , SF_6 , y el soporte, el carbón activado. En una realización, la fuente de la reacción exotérmica es la reacción de oxidación de hidruros metálicos por SF_6 como

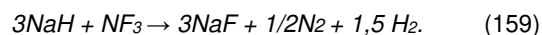
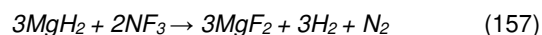


NaF y MgF_2 y los sulfuros pueden ser electrolizados para Na y Mg a partir de una sal fundida que puede comprender, además, HF. El gas de electrólisis de flúor puede reaccionar con los sulfuros para formar gas SF_6 que puede eliminarse de forma dinámica. La separación de SF_6 de F_2 puede ser mediante métodos conocidos en la técnica tales como criodestilación, separación de membrana, o cromatografía usando un medio tal como tamices moleculares. NaHS se funde a 350°C y puede ser parte de la mezcla de electrólisis fundida. Cualquier producto MgS puede hacerse reaccionar con Na para formar NaHS en donde la reacción se puede producir in situ durante la electrólisis. S y los metales pueden ser productos formados durante la electrólisis. Alternativamente, los metales pueden estar en minoría de tal manera que se forman los fluoruros más estables, o F_2 puede añadirse para formar los fluoruros.



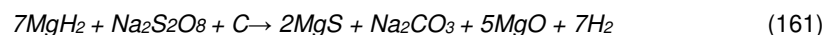
NaF y MgF_2 pueden ser electrolizados a F_2 , Na, y Mg de una sal fundida que puede comprender, además, HF. Na y Mg son inmiscibles, y los metales separados pueden ser hidrurados con gas H_2 , preferiblemente, la composición es de la electrólisis de H_2O . El gas F_2 se puede hacer reaccionar con el azufre para regenerar SF_6 .

[0286] En las reacciones hidrino y regeneración ejemplares, la mezcla de reacción comprende catalizador NaH, MgH_2 , NF_3 , y el soporte, el carbón activado. En una realización, la fuente de la reacción exotérmica es la reacción de oxidación de hidruros metálicos por NF_3 como



NaF y MgF_2 pueden ser electrolizados a F_2 , Na, y Mg de una sal fundida que puede comprender, además, HF. La conversión de Mg_3N_2 a MgF_2 puede ocurrir en la masa fundida. Na y Mg son inmiscibles, y los metales separados pueden ser hidrurados con gas H_2 , preferiblemente de la electrólisis de H_2O . El gas F_2 se puede hacer reaccionar con NH_3 , preferiblemente en un reactor de cobre-embalado, para formar NF_3 . El amoníaco puede ser creado a partir del proceso de Haber. Alternativamente, NF_3 puede estar formado por la electrólisis de NH_4F en HF anhidro.

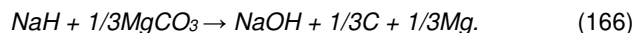
[0287] En las reacciones hidrino y regeneración ejemplares, la mezcla de reacción de combustible sólido comprende catalizador NaH, MgH_2 , $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_8$ y el soporte, el carbón activado. En una realización, la fuente de la reacción exotérmica es la reacción de oxidación de hidruros metálicos por $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_8$ como



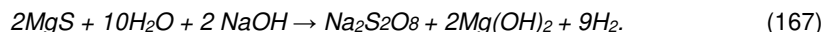
Cualquier producto MgO se puede convertir en el hidróxido, por reacción con agua



Sodio o carbonato de magnesio, carbonato de hidrógeno, y otras especies que comprenden carbono y oxígeno pueden ser reducidos con Na o NaH:



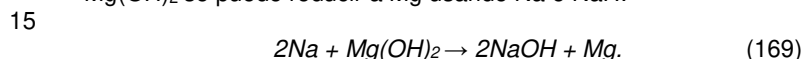
- 5 MgS se puede quemar en oxígeno, hidrolizar, intercambiar con Na para formar sulfato de sodio, y electrólizarse a $Na_2S_2O_8$



- 10 Na_2S se puede quemar en oxígeno, hidrolizarse a sulfato de sodio, y electrólizarse para formar $Na_2S_2O_8$

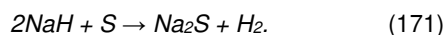
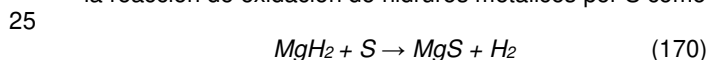


Mg(OH)₂ se puede reducir a Mg usando Na o NaH:

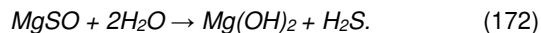


- Entonces, NaOH pueden ser electrolizados a Na metal y NaH y O_2 directamente a partir de la masa fundida, o puede ser convertido en NaCl por reacción con HCl en donde el gas NaCl electrólisis Cl_2 puede hacerse reaccionar con H_2 de la electrólisis del agua a partir de la HCl.

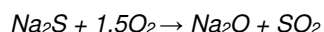
[0288] En las reacciones hidrino y regeneración ejemplares, la mezcla de reacción de combustible sólido comprende catalizador NaH, MgH_2 , S, y el soporte, el carbón activado. En una realización, la fuente de la reacción exotérmica es la reacción de oxidación de hidruros metálicos por S como



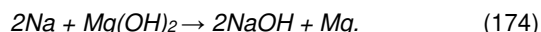
- 30 El sulfuro de magnesio se puede convertir en el hidróxido, por reacción con agua



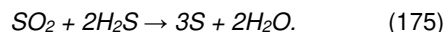
- 35 H_2S puede descomponerse a temperatura elevada o se utiliza para convertir SO_2 a S. Sulfuro de sodio se puede convertir en el hidróxido por la combustión y la hidrólisis



- 40 Mg(OH)₂ se puede reducir a Mg usando Na o NaH:

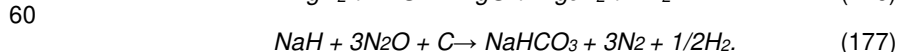
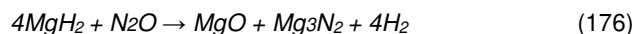


- 45 Entonces, NaOH puede ser electrolizado a Na metal y NaH y O_2 directamente a partir de la masa fundida, o puede ser convertido en NaCl por reacción con HCl en donde la electrólisis NaCl de gas Cl_2 puede hacerse reaccionar con H_2 de la electrólisis del agua a partir de la HCl. SO_2 puede ser reducida a temperatura elevada usando H_2



- 50 En formas de realización, los metales tales como Na y Mg se pueden convertir en los hidruros correspondientes por reacción con H_2 , preferiblemente de la electrólisis del agua. En otras realizaciones, la S y el metal se pueden regenerar por electrólisis a partir de una masa fundida.

55 **[0289]** En las reacciones hidrino y regeneración ejemplares, la mezcla de reacción comprende catalizador NaH, MgH_2 , N_2O , y el soporte, el carbón activado. En una realización, la fuente de la reacción exotérmica es la reacción de oxidación de hidruros metálicos por N_2O como



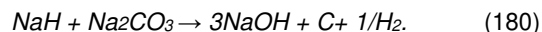
El producto MgO se puede convertir en el hidróxido, por reacción con



Nitrato de magnesio también se puede hidrolizar al hidróxido de magnesio:



El carbonato de sodio, carbonato de hidrógeno, y otras especies que comprenden carbono y oxígeno pueden ser reducidos con Na o NaH:

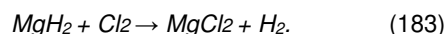


$\text{Mg}(\text{OH})_2$ se puede reducir a Mg usando Na o NaH:



Entonces, NaOH puede ser electrolizado a Na metal y NaH y O_2 directamente a partir de la masa fundida, o puede ser convertido en NaCl por reacción con HCl en donde electrólisis NaCl de gas Cl_2 puede hacerse reaccionar con H_2 de la electrólisis del agua a partir de la HCl. El amoníaco creado a partir del proceso de Haber se oxida (Ec. (152)) y la temperatura se controla para favorecer la producción de N_2O que se separa de otros gases de la mezcla de producto de reacción en estado estacionario.

[0290] En las reacciones hidrino y regeneración ejemplares, la mezcla de reacción comprende catalizador NaH, MgH_2 , Cl_2 y soporte, tal como carbono activado, WC o TiC. El reactor puede comprender además una fuente de luz de alta energía, preferentemente luz ultravioleta para disociar Cl_2 para iniciar la reacción hidrino. En una realización, la fuente de la reacción exotérmica es la reacción de oxidación de hidruros metálicos por Cl_2 como



NaCl y MgCl_2 pueden ser electrolizados a Cl_2 , Na, y Mg de una sal fundida. La electrólisis de NaCl fundido se puede realizar usando una célula Downs o célula Downs modificada. El NaCl para esta electrólisis puede ser desde el enjuague de los productos de reacción con solución acuosa. La solución puede ser filtrada para retirar el soporte, tal como de CA que se puede centrifugar y secar, preferiblemente utilizando calor residual de sistema de potencia. Na y Mg son inmiscibles, y los metales separados pueden ser hidrurados con gas H_2 , preferiblemente de la electrólisis de H_2O . Un resultado a modo de ejemplo se muestra a continuación:

- 4g WC + 1g MgH_2 + 1 g NaH + 0,01 mol Cl_2 iniciado con la lámpara de UV para disociar Cl_2 a Cl, Ein: 162,9 kJ, dE: 16,0 kJ, TSC: 23-42°C, Tmax: 85°C, teórico es 7,10 kJ, la ganancia es de 2,25 veces.

[0291] Los reactivos que comprenden un catalizador o una fuente de catalizador, tal como NaH, K o Li o sus hidruros, un reductor tal como un metal alcalino o hidruro, preferiblemente Mg, MgH_2 , o Al, y un oxidante tal como NF_3 puede ser regenerado por electrólisis. Preferiblemente, los productos de fluoruro de metal se regeneran a metales y gas flúor por electrólisis. El electrolito puede comprender una mezcla eutéctica. La mezcla puede comprender además HF. NF_3 puede ser regenerado mediante la electrólisis de NH_4F en HF anhidro. En otra realización, NH_3 se hace reaccionar con F_2 en un reactor tal como un reactor empaquetado de cobre. F_2 se puede generar por electrólisis utilizando un ánodo dimensionalmente estable o un ánodo de carbono usando condiciones que favorecen producción de F_2 . SF_6 puede ser regenerado mediante la reacción de S con F_2 . Cualquier nitrato de metal que se puede formar en la reacción hidrino se puede regenerar por lo menos una de la descomposición térmica, H_2 reducción, oxidación al óxido o hidróxido y reacción al haluro seguida por electrólisis, y la reacción con gas halógeno durante la electrólisis fundida de un haluro de metal. NCl_3 se puede formar por reacción de gas amoníaco y el cloro o por reacción de sales de amonio tales como NH_4Cl con gas de cloro. El gas de cloro puede ser de la electrólisis de sales de cloruro tales como los de la mezcla de reacción producto. El NH_3 puede formarse utilizando el proceso de Haber en donde el hidrógeno puede ser de electrólisis, preferentemente de agua. En una realización, NCl_3 se forma in situ en el reactor mediante la reacción de al menos una de NH_3 y una sal de amonio tal como NH_4Cl con gas Cl_2 . En una realización, el BiF_5 puede ser regenerado mediante la reacción de BiF_3 con F_2 formado a partir de la electrólisis de los fluoruros de metal.

[0292] En una realización en donde una fuente de oxígeno o halógeno sirve opcionalmente como un reactivo de una reacción de activación exotérmica, un óxido o haluro producto se regenera preferiblemente por electrólisis. El electrolito puede comprender una mezcla eutéctica tal como una mezcla de Al_2O_3 y Na_3AlF_6 ; MgF_2 , NaF, y HF; Na_3AlF_6 ; NaF, SiF_4 y HF; y AlF_3 , NaF, y HF. La electrólisis del SiF_4 a Si y F_2 puede ser de una mezcla eutéctica de fluoruro alcalino. Ya que Mg y Na tienen baja miscibilidad, se pueden separar en fases de las masas fundidas. Ya que Al y Na tienen baja miscibilidad, se pueden separar en fases de las masas fundidas. En otra realización, los productos de electrólisis pueden ser separados por destilación. En una realización adicional, Ti_2O_3 se regenera por reacción con Cy Cl_2 para formar CO y TiCl_4 que se hace reaccionar adicionalmente con Mg para formar Ti y MgCl_2 . Mg y Cl_2 pueden ser regenerados por electrólisis. En el caso de que el MgO es el producto, Mg se puede regenerar mediante el proceso Pidgeon. En una realización, MgO, se hace reaccionar con Si para formar SiO_2 y gas Mg que se condensa. El producto

SiO₂ puede ser regenerado a Si por reducción de H₂ a alta temperatura o por reacción con carbono para formar Si y CO y CO₂. En otra realización, Si se regenera por electrólisis utilizando un método tal como la electrólisis de óxidos sólidos en cloruro de calcio fundido. En una realización, clorato o perclorato tal como un clorato o perclorato alcalino se regenera por oxidación electrolítica. Salmuera puede ser oxidada electrolíticamente a clorato y perclorato.

[0293] Para regenerar los reactivos, cualquier revestimiento de óxido sobre un soporte metálico que puede estar formado puede eliminarse por ácido diluido después de la separación de la mezcla de reactivo o producto. En otra realización, el carburo se genera a partir del óxido por reacción con carbono con liberación de monóxido de carbono o dióxido.

[0294] En el caso de que la mezcla de reacción comprende un disolvente, el disolvente se puede separar de otros reactivos o productos a ser regenerados por eliminación del disolvente mediante evaporación o por filtración o centrifugación con retención de los sólidos. En el caso de que otros componentes volátiles tales como los metales alcalinos están presentes, pueden ser removidos selectivamente por calentamiento a una temperatura adecuadamente elevada tal que se evaporan. Por ejemplo, un metal tal que Na metal se recogió por destilación y permanece un soporte tal como carbono. El Na puede ser rehidratado a NaH y se devuelve al carbono con disolvente añadido para regenerar la mezcla de reacción. Sólidos aislados tales como R-Ni se pueden regenerar por separado. El R-Ni separado puede ser hidrurado por exposición a gas hidrógeno a una presión en el intervalo de 0,1 a 300 atm.

[0295] El disolvente puede ser regenerado en el caso de que se descompone durante la reacción de catalizador para formar hidrinos. Por ejemplo, los productos de descomposición de DMF pueden ser dimetilamina, monóxido de carbono, ácido fórmico, formiato de sodio, y formaldehído. En una realización, dimetil formamida se produce ya sea con la reacción catalizada de dimetil amina y monóxido de carbono en metanol o la reacción de formiato de metilo con dimetilamina. También se puede preparar mediante la reacción de dimetilamina con ácido fórmico.

[0296] En una realización, un disolvente de éter a modo de ejemplo puede ser regenerado a partir de los productos de la mezcla de reacción. Preferiblemente, la mezcla y las condiciones de reacción se eligen de manera que la velocidad de reacción de éter se reduce al mínimo con relación a la tasa para formar hidrinos tal que cualquier degradación éter es insignificante en relación con la energía producida a partir de la reacción hidrino. Por lo tanto, el éter se puede añadir de nuevo según sea necesario con el producto de degradación éter eliminado. Alternativamente, las condiciones de éter y de reacción pueden ser elegidas de tal manera que el producto de reacción de éter se puede aislar y se regenera el éter.

[0297] Una forma de realización comprende al menos una de las siguientes: la HSA es un fluoruro, la HSA es un metal, y está fluorado el disolvente. Un fluoruro metálico puede ser un producto de reacción. El gas de metal y flúor se puede generar por electrólisis. El electrolito puede comprender el fluoruro tal como NaF, MgF₂, AlF₃O LaF₃ y puede comprender adicionalmente por lo menos otra especie, tales como HF y otras sales que disminuyen el punto de fusión del fluoruro, tales como los descritos en la patente de los Estados Unidos N° 5,427,657. El exceso de HF puede disolver LaF₃. Los electrodos pueden ser de carbono, tal como grafito y también pueden formar fluorocarbonos como productos de degradación deseados. En una realización, al menos uno de los de metal o de aleación, preferentemente nanopulvos, recubiertos con carbono, tal como Co revestida de carbono, Ni, Fe, otros polvos de metales de transición, o aleaciones, y el carbono recubierto de metal, preferiblemente nanopulvos, tales como carbono recubierto con un metal de transición o de aleación, preferentemente al menos uno de Ni, Co, Fe, Mn y carbono revestido, comprenden partículas que son magnéticas. Las partículas magnéticas pueden separarse de una mezcla tal como una mezcla de un fluoruro tal como NaF y carbono mediante el uso de un imán. Las partículas recogidas se pueden reciclar como parte de la mezcla de reacción para formar hidrinos.

[0298] En una forma de realización en donde al menos una parte del disolvente, el apoyo o adquiridor comprende flúor, productos comprenden posiblemente carbono, en casos tales como que el solvente o soporte es un orgánico fluorinado, así como fluoruros del metal catalizador tal como NaHF₂ y NaF. Esto es además de los productos de hidrógeno de baja energía como el gas hidrino molecular que pueden ser ventilados o recogidos. Usando F₂, el carbono puede ser extraído como gas CF₄ que puede ser utilizado como reactivo en otro ciclo de la reacción para producir energía. Los productos restantes de NaF y NaHF₂ pueden ser electrolizados para Na y F₂. El Na se puede hacer reaccionar con hidrógeno para formar NaH y el F₂ puede ser utilizado para extraer el producto de carbono. Los restantes NaH, NaF, y CF₄ pueden combinarse para ejecutar otro ciclo de la reacción de producción de energía para formar hidrinos. En otras realizaciones, Li, K, Rb, o Cs pueden sustituir Na.

VI. Otras realizaciones de combustible líquidas y heterogéneas

[0299] En la presente descripción un "modo de realización líquido-disolvente" comprende cualquier mezcla de reacción y el combustible correspondiente que comprende un disolvente líquido tal como un combustible líquido y un combustible heterogéneo.

[0300] En otra forma de realización que comprende un disolvente líquido, uno de sodio atómico y NaH molecular es proporcionado por una reacción entre un metálico, iónico, o en forma molecular de Na y al menos otro compuesto o elemento. La fuente de Na o NaH puede ser al menos uno de Na metálico, un compuesto inorgánico que comprende

Na tal como NaOH, y otros compuestos Na adecuados tales como NaNH_2 , Na_2CO_3 y Na_2O , NaX (X es un haluro), y NaH(s). El otro elemento puede ser H, un agente de desplazamiento, o un agente reductor. La mezcla de reacción puede comprender al menos uno de (1) un disolvente, (2) una fuente de sodio tal como al menos uno de Na(m), NaH, NaNH_2 , Na_2CO_3 , Na_2O , NaOH, NaOH dopado-R-Ni, NaX (X es un haluro), y NaX dopados R-Ni, (3) una fuente de hidrógeno tal como gas H_2 y un disociador y un hidruro, (4) un agente de desplazamiento tal como un metal alcalino o alcalinotérreo, preferiblemente Li, y (5) un agente reductor, tal como al menos uno de un metal tal como un metal alcalino, metal alcalinotérreo, un lantánido, un metal de transición tal como Ti, aluminio, B, una aleación de metal, tal como AlHg, NaPB, AlNa, LiAl, y una fuente de un solo o en combinación con agente reductor metálico tal como un haluro alcalinotérreo, una transición de haluro metálico, un haluro de lantánido, y haluro de aluminio. Preferiblemente, el agente reductor de metal alcalino es Na. Otros reductores adecuados comprenden hidruros metálicos tales como LiBH_4 , NaBH_4 , LiAlH_4 , NaAlH_4 , RbBH_4 , CsBH_4 , $\text{Mg}(\text{BH}_4)_2$, o $4)_2$. Preferiblemente, el agente reductor reacciona con NaOH para formar una molécula de NaH y un producto de Na, tales como Na, NaH (s), y Na_2O . La fuente de NaH puede ser R-Ni que comprende NaOH y un reactivo tal como un agente reductor para formar catalizador NaH tal como un metal alcalino o alcalinotérreo o el intermetálico Al de R-Ni. Otros reactivos ejemplares son un metal alcalino o alcalinotérreo y un oxidante tal como AlX_3 , MgX_2 , LaX_3 , CeX_3Y TiX_n donde X es un haluro, preferiblemente Br o I. Además, la mezcla de reacción puede comprender otro compuesto que comprende un captador o un dispersante tal como al menos uno de Na_2CO_3 , Na_3SO_4 y Na_3PO_4 que pueden doparse en el disociador tales como R-Ni. La mezcla de reacción puede comprender además un soporte en donde el soporte puede estar dopado con al menos un reactivo de la mezcla. El soporte puede tener preferentemente un área superficial grande que favorece la producción de catalizador de NaH de la mezcla de reacción. El soporte puede comprender al menos uno del grupo de R-Ni, Al, Sn, Al_2O_3 tales como gamma, beta, o alúmina alfa, aluminato de sodio (beta-alúminas tienen otros iones presentes, tales como Na^+ y poseen la composición idealizada $\text{Na}_2\text{O} \cdot 11\text{Al}_2\text{O}_3$), óxidos de lantánidos tales como M_2O_3 (preferiblemente $\text{M} = \text{La, Sm, Dy, Pr, Tb, Gd, y Er}$), Si, sílice, silicatos, zeolitas, lantánidos, metales de transición, aleaciones de metales tales como aleaciones de alcalinos y alcalinotérreos con Na, metales de tierras raras, $\text{SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3$ o SiO_2 apoyado Ni, y otros metales soportados, tales como al menos uno de platino, paladio, o rutenio apoyados por alúmina. El soporte puede tener un área de superficie alta y comprenden materiales de alta área superficial (HSA) tales como R-Ni, zeolitas, silicatos, aluminatos, alúminas, nanopartículas de alúmina, Al_2O_3 porosa, Pt, Ru, o Pd/ Al_2O_3 , carbono, Pt o Pd/C, compuestos inorgánicos tales como materiales de Na_2CO_3 , sílice y zeolita, preferiblemente polvo de zeolita Y, y de carbono tales como fullerenos o nanotubos. En una realización, el soporte tal como Al_2O_3 (y el soporte de Al_2O_3 del disociador si está presente) reacciona con el agente reductor tal como un lantánido para formar un soporte de superficie modificada. En una realización, la superficie Al intercambia con el lantánido para formar un soporte de lantánido-sustituido. Este soporte puede ser dopado con una fuente de moléculas de NaH tales como NaOH y se hace reaccionar con un reductor tal como un lantánido. La reacción posterior del soporte de lantánido-sustituido con el lantánido no cambiará significativamente, y el NaOH dopado en la superficie puede ser reducido a catalizador de NaH por reacción con el lantánido reductor. En otros modos de realización dados en el presente documento, Li, K, Rb, o Cs pueden sustituir Na.

[0301] En una realización que comprende un disolvente líquido, en donde la mezcla de reacción comprende una fuente de catalizador de NaH, la fuente de NaH puede ser una aleación de Na y una fuente de hidrógeno. La aleación puede comprender al menos una de las conocidas en la técnica tal como una aleación de metal sódico y no o más metales alcalinos y alcalinotérreos, metales de transición, Al, Sn, Bi, Ag, In, Pb, Hg, Si, Zr, B, Pt, Pd, u otros metales y la fuente de H puede ser H_2 o un hidruro.

[0302] Los reactivos tales como la fuente de moléculas de NaH, la fuente de sodio, la fuente de NaH, la fuente de hidrógeno, el agente de desplazamiento, y el agente reductor están en cualquier relación molar deseada. Cada uno está en una relación molar de mayor que 0 y menor que 100%. Preferiblemente, las relaciones molares son similares.

[0303] En una realización líquido-disolvente, la mezcla de reacción comprende al menos una especie del grupo que comprende un disolvente, Na o una fuente de Na, NaH o una fuente de NaH, un hidruro de metal o fuente de un hidruro de metal, un reactivo o fuente de un reactivo para formar un hidruro metálico, un disociador de hidrógeno, y una fuente de hidrógeno. La mezcla de reacción puede comprender además un soporte. Un reactivo para formar un hidruro metálico puede comprender un lantánido, preferiblemente La o Gd. En una forma de realización, La puede reaccionar reversiblemente con NaH para formar LaH_n ($n = 1, 2, 3$). En una realización, la reacción de intercambio de hidruro forma catalizador NaH. La reacción general reversible puede ser dada por



La reacción dada por la ecuación (184) se aplica a otros catalizadores de tipo MH dados en la TABLA 3. La reacción puede proceder con la formación de hidrógeno que puede ser disociada para formar hidrógeno atómico que reacciona con Na para formar catalizador NaH. El disociador es, preferiblemente, al menos uno de polvo Pt, Pd, o Ru/ Al_2O_3 , Pt/Ti, y R-Ni. Preferentemente, el soporte disociador tal como Al_2O_3 comprende al menos sustitución de superficie La para Al o comprende polvo Pt, Pd, o Ru/ M^2O_3 en donde M es un lantánido. El disociador puede ser separado del resto de la mezcla de reacción en donde el separador pasa H atómica.

[0304] Una realización adecuada de líquido disolvente comprende la mezcla de reacción de un disolvente, polvo NaH, La, y Pd sobre Al_2O_3 en donde la mezcla de reacción puede regenerarse en una realización por eliminación del

disolvente, añadiendo H_2 , separando NaH e hidruro de lantano mediante tamizado, calentando hidruro de lantano para formar La, y mezcla La y NaH. Alternativamente, la regeneración implica las etapas de separación de Na e hidruro de lantano por fusión de Na y la eliminación de La, hidruro de líquido de calentamiento de lantano para formar La, hidruración Na a NaH, la mezcla de La y NaH, y añadiendo el disolvente. La mezcla de La y NaH puede ser mediante molienda con bolas.

[0305] En una realización líquido disolvente, un material de área superficial alta tal como R-Ni se dopa con NaX (X = F, Cl, Br, I). El R-Ni dopado se hace reaccionar con un reactivo que desplazará el haluro para formar al menos una de Na y NaH. En una realización, el reactivo es de al menos un metal alcalino o alcalinotérreo, preferiblemente al menos uno de K, Rb, Cs. En otra realización, el reactivo es un hidruro de alcalino o alcalinotérreo, preferiblemente al menos uno de KH, RbH, Cs H, MgH_2 y el CaH_2 . El reactivo puede ser tanto un metal alcalino como un hidruro de tierra alcalina. La reacción general reversible puede ser dada por



D. Catalizadores y reacciones adicionales de tipo MH

[0306] En general, catalizadores de hidrógeno de tipo MH para producir hidrinos proporcionados por la rotura del enlace MH más la ionización de t electrones del átomo M cada uno a un nivel de energía continuo tal que la suma de las energías de energía de unión y de ionización de los electrones t es de aproximadamente $m \cdot 27,2$ eV donde m es un número entero se dan en la TABLA 3A. Cada catalizador MH se da en la primera columna y la energía de unión MH correspondiente se da en la columna dos. El átomo M de las especies MH dadas en la primera columna se ioniza para proporcionar la entalpía neta de la reacción de $m \cdot 27,2$ eV con la adición de la energía de unión en la columna dos. La entalpía del catalizador se da en la octava columna donde M se da en la novena columna. Los electrones que participan en la ionización se dan con el potencial de ionización (también llamada energía de ionización o energía de unión). Por ejemplo, la energía de unión de NaH, 1,9245 eV, se da en la columna dos. El potencial de ionización del n -ésimo electrón del átomo o ion es designado por IP_n y está dado por la CRC. Eso es, por ejemplo, $Na + 5,13908$ eV $\rightarrow Na^+ + e^-$ y $Na^+ + 47,2864$ eV $\rightarrow Na^{2+} + e^-$. El primer potencial de ionización, $IP_1 = 5,13908$ eV, y el segundo potencial de ionización, $IP_2 = 47,2864$ eV, se dan en la segunda y tercera columnas, respectivamente. La entalpía neta de reacción para la rotura del enlace NaH y el doble de ionización de Na es 54,35 eV como se da en la octava columna, y $M = 2$ en la ecuación (47) como se da en la novena columna. La energía de unión de BaH es 1,98991 eV e IP_1 IP_2 e IP_3 son 5,2117 eV, 10,00390 eV, y 37,3 eV, respectivamente. La entalpía neta de reacción para la rotura del enlace BaH y la triple ionización de Ba es 54,5 eV como se da en la octava columna, y $m = 2$ en la ecuación (47) como se da en la novena columna. La energía de unión de la SSR es 1,70 eV e IP_1 , IP_2 , IP_3 , IP_4 e IP_5 son 5,69484 eV, 11,03013 eV, 42,89 eV, 57 eV, y 71,6 eV, respectivamente. La entalpía neta de reacción para la rotura del enlace SSR y la ionización de SR^aSR^{5+} es 190 eV como se da en la octava columna, y $m = 7$ en la ecuación (47) como se da en la novena columna. Además, H puede reaccionar con cada uno de los productos $H(1/p)$ de los catalizadores MH dados en la Tabla 3A para formar un hidrino que tiene un número cuántico p incrementado en uno (Ec. (10)) en relación con el producto de reacción de catalizador de MH solo como dado por ejemplo de la ecuación (31).

TABLA 3A. Catalizadores de hidrógeno de tipo MH capaces de proporcionar una entalpía neta de reacción de aproximadamente $m \cdot 27,2$ eV $m \cdot 27,2$ eV. Energías en eV.

Catalizador	Energía de enlace M-H	IP ₁	IP ₂	IP ₃	IP ₄	IP ₅	Entalpía	m
AlH	2,98	5,985768	18,82855				27,79	1
AsH	2,84	9,8152	18,633	28,351	50,13		109,77	4
BaH	1,99	5,21170	10,00390	37,3			54,50	2
BiH	2,936	7,2855	16,703				26,92	1
CdH	0,72	8,99367	16,90832				26,62	1
ClH	4,4703	12,96763	23,8136	39,61			80,86	3
CoH	2,538	7,88101	17,084				27,50	1
GeH	2,728	7,89943	15,93461				26,56	1
InH	2,520	5,78636	18,8703				27,18	1
NaH	1,925	5,139076	47,2864				54,35	2
NbH	2,30	6,75885	14,32	25,04	38,3	50,55	137,26	5
OH	4,4556	13,61806	35,11730				53,3	2
OH	4,4556	13,61806	35,11730	54,9355			108,1	4
OH	4,4556	13,61806 +	35,11730 +				80,39	3
RhH	2,50	13,6 KE	13,6 KE					
RuH	2,311	7,4589	18,08				28,0	1
SH	3,67	7,36050	16,76				26,43	1
SbH	2,484	10,36001	23,3379	34,79	47,222	72,5945	191,97	7
SeH	3,239	8,60839	16,63				27,72	1
SiH	3,040	9,75239	21,19	30,8204	42,9450		107,95	4
SnH	2,736	8,15168	16,34584				27,54	1
SrH	1,70	7,34392	14,6322	30,50260			55,21	2
TIH	2,02	5,69484	11,03013	42,89	57	71,6	190	7
		6,10829	20,428				28,56	1

En otras realizaciones, catalizadores de hidrógeno de tipo MH para producir hidrinos proporcionados por la transferencia de un electrón a un aceptor A, la rotura del enlace M-H más la ionización de t electrones del átomo M cada uno a un nivel de energía continuo de tal manera que la suma de la energía de transferencia de electrones que comprende la diferencia de afinidad electrónica (EA) de MH y A, energía de unión M-H, y energías de ionización de la t electrones de M es de aproximadamente $m \cdot 27,2$ eV donde M es un número entero se dan en la TABLA 3B. Cada catalizador MH, el aceptor A, la afinidad electrónica de MH, la afinidad electrónica de A, y la energía de unión MH, se da en la primera, segunda, tercera y cuarta columnas, respectivamente. Los electrones del correspondiente átomo M de MH que participan en la ionización se dan con el potencial de ionización (también llamada energía de ionización o energía de unión) en las columnas subsiguientes y la entalpía del catalizador y el número entero correspondiente se dan en la última columna m . Por ejemplo, las afinidades electrónicas de OH y H son 1,82765 eV y 0,7542 eV, respectivamente, de manera que la energía de transferencia de electrones es 1,07345 eV como se da en la quinta columna. La energía de unión de OH es 4,4556 eV se da en la columna de seis. El potencial de ionización del electrón n -ésimo del átomo o ion es designado por IP_n . Esto es por ejemplo, $O + 13,61806 \text{ eV} \rightarrow O^+ + e^-$ y $O^+ + 35,11730 \text{ eV} \rightarrow O^{2+} + e^-$. El primer potencial de ionización, $IP_1 = 13,61806 \text{ eV}$, y el segundo potencial de ionización, $IP_2 = 35,11730 \text{ eV}$, se dan en las columnas séptima y octava, respectivamente. La entalpía neta de la reacción de transferencia de electrones, la rotura del enlace OH, y el doble de ionización de O es 54,27 eV como se da en la undécima columna, y $m = 2$ en la ecuación (47) como se da en la duodécima columna. Además, H puede reaccionar con cada uno de los productos $H(1/p)$ de los catalizadores MH dados en la TABLA 3B para formar un hidrino que tiene un número cuántico p incrementado en una (Ec. (10)) en relación con el producto de reacción de catalizador de MH solo como dado por ejemplo de la ecuación (31). En otras realizaciones, el catalizador de H para formar hidrinos es proporcionado por la ionización de un ion negativo tal que la suma de su EA, más la energía de ionización de uno o más electrones es de aproximadamente $m \cdot 27,2$ eV donde M es un número entero. Alternativamente, el primer electrón del ion negativo puede ser transferido a un aceptor seguido de ionización de al menos uno más de electrones tal que la suma de la energía de transferencia de electrones más la energía de ionización de uno o más electrones es aproximadamente $m \cdot 27,2$ eV donde M es un entero. El aceptor de electrones puede ser H.

Catalizador	Aceptor (A)	EA (MH)	EA (A)	Transferencia de electrones	Energía de enlace M-H	IP ₁	IP ₂	IP ₃	IP ₄	Entalpía	m
OH [·]	H	1,82765	0,7542	1,07345	4,4556	13,61806	35,11730			54,27	2
SH [·]	H	1,277	0,7542	0,5228	3,040	8,15168	16,34584			28,06	1
CoH [·]	H	0,671	0,7542	-0,0832	2,538	7,88101	17,084			27,42	1
NiH [·]	H	0,481	0,7542	-0,2732	2,487	7,6398	18,16884			28,02	1
SeH [·]	H	2,2125	0,7542	1,4583	3,239	9,75239	21,19	30,8204	42,9450	109,40	4

[0307] En otras realizaciones, catalizadores de hidrógeno de tipo MH⁺ para producir hidrinos son proporcionados por la transferencia de un electrón de un donante A que puede estar cargado negativamente, la rotura del enlace M-H, y

la ionización de t electrones del átomo M cada uno a un nivel de energía continuo de tal manera que la suma de la energía de transferencia de electrones que comprende la diferencia de energías de ionización de MH y A , energía de unión $M-H$, y energías de ionización de la t electrones de M es de aproximadamente $m \cdot 27,2$ eV donde m es un número entero.

[0308] En una realización, una especie como un átomo, ion o molécula sirve como un catalizador para causar hidrógeno molecular a someterse a una transición a hidrino molecular $H_2(1/p)$ (p es un número entero). De manera similar al caso con H , el catalizador acepta energía de H_2 que en este caso puede ser de aproximadamente $m48,6$ eV en donde M es un número entero como se da en Mills GUTCP. Ejemplos de catalizadores adecuados que forman $H_2(1/p)$ por la catálisis directa de H_2 son O , V , y Cd que forman O^{2+} , V^{4+} y Cd^{5+} durante la reacción de catálisis que corresponde a $m = 1$, $m = 2$, y $m = 4$, respectivamente. La energía puede ser liberada en forma de calor o de la luz o como electricidad en donde las reacciones comprenden una reacción de célula media.

VIII. Potencia de descarga de gas de hidrógeno y célula de plasma y reactor

[0309] Una potencia de descarga de gas de hidrógeno y de células plasmáticas y el reactor de la presente descripción se muestra en la Figura 17. La potencia de descarga de gas de hidrógeno y de células plasmáticas y el reactor de la Figura 17, incluye una célula de descarga de gas 307 que comprende un recipiente de hidrógeno resplandor de descarga de vacío lleno de gas 315 que tiene una cámara 300. Una fuente de hidrógeno 322 suministra hidrógeno a la cámara 300 a través de la válvula de control 325 a través de un paso de suministro de hidrógeno 342. Un catalizador está contenido en la cámara de la célula 300. Una fuente de tensión y corriente 330 hace que la corriente pase entre un cátodo 305 y un ánodo 320. La corriente puede ser reversible.

[0310] En una realización, el material de cátodo 305 puede ser una fuente de catalizador, tal como Fe , Dy , Be , o Pd . En otra realización de la potencia y el plasma celular de descarga de gas de hidrógeno y el reactor, la pared del recipiente 313 está llevando a cabo y sirve como el cátodo que reemplaza electrodo 305, y el ánodo 320 puede ser hueco, tal como un ánodo hueco de acero inoxidable. La descarga puede vaporizar la fuente de catalizador a catalizador. El hidrógeno molecular puede ser disociado por la descarga para formar átomos de hidrógeno para la generación de hidrinos y energía. La disociación adicional puede ser proporcionada por un disociador de hidrógeno en la cámara.

[0311] Otra realización de la potencia y el plasma celular de descarga de gas de hidrógeno y el reactor donde se produce la catálisis en la fase de gas utiliza un catalizador gaseoso controlable. Los átomos de hidrógeno gaseosos para la conversión a hidrinos son proporcionados por una descarga de gas de hidrógeno molecular. La célula de descarga de gas 307 tiene un paso de suministro de catalizador 341 para el paso del catalizador gaseoso 350 de depósito de catalizador 395 a la cámara de reacción 300. El depósito de catalizador 395 se calienta mediante un calentador de depósito de catalizador 392 tiene una fuente de alimentación 372 para proporcionar el catalizador gaseoso a la cámara de reacción 300. La presión de vapor de catalizador se controla mediante el control de la temperatura del depósito de catalizador 395, mediante el ajuste del calentador 392 a través de su fuente de alimentación 372. El reactor comprende además una válvula de ventilación selectiva 301. Un recipiente abierto químicamente resistente, tal como un acero inoxidable, tungsteno o bote de cerámica, posicionado dentro de la célula de descarga de gas puede contener el catalizador. El catalizador en el barco catalizador puede ser calentado con un calentador de barco utilizando una fuente de alimentación asociada para proporcionar el catalizador gaseoso a la cámara de reacción. Alternativamente, la célula de descarga de gas resplandor se hace funcionar a una temperatura elevada tal que el catalizador en el barco se sublima, hierve o volatiliza en la fase de gas. La presión de vapor de catalizador se controla mediante el control de la temperatura del barco o la célula de descarga mediante el ajuste del calentador con su fuente de alimentación. Para evitar que el catalizador de condensación en la célula, la temperatura se mantiene por encima de la temperatura de la fuente de catalizador, depósito de catalizador 395 o barco catalizador.

[0312] En una realización, la catálisis se produce en la fase de gas, el litio es el catalizador, y una fuente de litio atómico tal como metal de litio o un compuesto de litio tal como $LiNH_2$ se hace gaseoso manteniendo la temperatura de la célula en el intervalo de aproximadamente $300-1000^\circ C$. Lo más preferiblemente, la célula se mantiene en el intervalo de aproximadamente $500-750^\circ C$. El reactivo de hidrógeno atómico y/o molecular se puede mantener a una presión inferior a la atmosférica, preferiblemente en el intervalo de aproximadamente 10 millitorr hasta aproximadamente 100 Torr. Más preferiblemente, la presión está determinada por el mantenimiento de una mezcla de metal de litio e hidruro de litio en la célula se mantuvo a la temperatura de funcionamiento deseada. El rango de temperatura de operación está preferiblemente en el intervalo de aproximadamente $300-1000^\circ C$ y lo más preferiblemente, la presión se consigue con la célula en la gama de temperatura de funcionamiento de aproximadamente $300-750^\circ C$. La célula puede ser controlada a la temperatura de funcionamiento deseada por la bobina de calentamiento tal como 380 de la Figura 17 que es alimentada por la fuente de alimentación 385. La célula puede comprender además una cámara de reacción interna 300 y un depósito de hidrógeno exterior 390 tal que el hidrógeno puede suministrarse a la célula por difusión de hidrógeno a través de la pared 313 separa las dos cámaras. La temperatura de la pared puede ser controlada con un calentador para controlar la velocidad de difusión. La velocidad de difusión se puede controlar adicionalmente controlando la presión de hidrógeno en el depósito de hidrógeno.

[0313] En otra realización de un sistema que tiene una mezcla de reacción que comprende especies del grupo de Li, LiNH₂, Li₂NH, Li₃N, LiNO₃, LiX, NH₄X (X es un haluro), NH₃, LiBH₄, LiAlH₄ y H₂, al menos uno de los reactivos se regenera por adición de uno o más de los reactivos y por una regeneración plasma. El plasma puede ser uno de los gases tales como NH₃ y H₂. El plasma puede mantenerse in situ (en la célula de reacción) o en una célula externa en comunicación con la célula de reacción. En otras realizaciones, K, Cs, y Na reemplazan Li en donde el catalizador es K atómica, Cs atómica, y NaH molecular.

[0314] En una realización, la SSR puede servir como un catalizador de hidrógeno de tipo MH para producir hidrinos proporcionados por la rotura del enlace SSR más la ionización de 6 electrones del átomo de Sr cada uno a un nivel de energía continuo tal que la suma de la energía de unión y energías de ionización de los 6 electrones es de aproximadamente $m \cdot 27,2 \text{ eV}$ donde m es 7 como se da en la Tabla 3A. SrH se puede formar en una célula de plasma o gas.

[0315] En otra realización, OH puede servir como un catalizador de hidrógeno de tipo MH para producir hidrinos proporcionados por la rotura del enlace OH además de la ionización de 2 o 3 electrones del átomo de O cada uno a un nivel de energía continuo de tal manera que la suma de la energía de unión y energías de ionización de los 2 o 3 electrones es de aproximadamente $m \cdot 27,2 \text{ eV}$ donde m es 2 o 4, respectivamente, como se dan en la Tabla 3A. En otra realización, H₂O se forma en una reacción de plasma por la reacción de las especies de plasma tales como OH⁻ y H, OH⁻ y H⁺ u OH⁺ y H⁻ de tal manera que H₂O sirve como catalizador. Al menos uno de OH y H₂O se puede formar por descarga en vapor de agua, o el plasma puede comprender una fuente de OH y H₂O como una descarga luminiscente, microondas, o plasma RF de un gas o gases que contienen H y O. La potencia de plasma se puede aplicar de forma intermitente, tal como en forma de potencia de impulsos como se describe en Mills Prior Publications.

[0316] Para mantener la presión de catalizador en el nivel deseado, la célula que tiene la permeación como fuente de hidrógeno puede ser sellada. Alternativamente, la célula comprende además válvulas de alta temperatura en cada entrada o salida de tal manera que la válvula en contacto con la mezcla de gas de reacción se mantiene a la temperatura deseada.

[0317] La temperatura de la célula de plasma puede ser controlada de forma independiente en un amplio intervalo mediante el aislamiento de la célula y mediante la aplicación de potencia del calentador suplementario con el calentador 380. Por lo tanto, la presión de vapor de catalizador puede ser controlada independientemente de la fuente de plasma.

[0318] La tensión de descarga puede estar en el intervalo de aproximadamente 100 a 10.000 voltios. La corriente puede estar en cualquier intervalo deseado a la tensión deseada. Además, el plasma puede ser pulsado en cualquier rango de frecuencia deseada, tensión de offset, tensión de pico, la potencia pico, y forma de onda.

[0319] En otra realización, el plasma se puede producir en un medio líquido tal como un disolvente del catalizador o de los reactivos de las especies que son una fuente de catalizador.

IX. Célula combustible y la batería

[0320] Una realización de la célula de combustible y una batería 400 se muestra en la Figura 18. Los reactivos hidrino que comprenden un combustible sólido o un catalizador heterogéneo comprenden los reactivos para las reacciones de la mitad de célula correspondiente. Una célula de transición hidrino inducida por catalizador (CIHT) está habilitada por los atributos únicos de la transición hidrino catalizada. La célula CIHT de la presente descripción es una célula de combustible de hidrógeno que genera una fuerza electromotriz (EMF) de la reacción catalítica de hidrógeno para reducir estados (hidrino) de energía. Por lo tanto, sirve como una célula de combustible para la conversión directa de la energía liberada de la reacción hidrino en electricidad.

[0321] Debido a las reacciones medias de la célula de oxidación-reducción, la mezcla de reacción productora de hidrino se constituye con la migración de los electrones a través de un transporte de masa del circuito y de iones externos a través de un camino separado para completar un circuito eléctrico. Las reacciones generales y mezclas de reacción correspondientes que producen hidrinos dadas por la suma de las reacciones de células medias pueden comprender los tipos de reacción considerados para producción de energía térmica dada en la presente descripción. La energía libre ΔG de la reacción hidrino da lugar a un potencial que puede ser un potencial de oxidación o reducción dependiendo de la química de oxidación-reducción para constituir la mezcla de reacción productora de hidrino. El potencial se puede usar para generar una tensión en una célula de combustible. El potencial V se puede expresar en términos de la energía libre ΔG :

$$V = \frac{-\Delta G}{nF} \quad (186)$$

en donde F es la constante de Faraday. Teniendo en cuenta que la energía libre es de aproximadamente -20 MJ/mol H para la transición a H(1/4), el voltaje puede ser alto dependiendo de los otros componentes celulares tales como los

productos químicos, electrolitos y electrodos. En una realización en donde la tensión está limitada por los potenciales de oxidación-reducción de estos u otros componentes, la energía puede manifestarse como una contribución de energía de corriente y correspondiente más alta de formación hidrino. Como se indica por las ecuaciones (6-9), la energía de la transición hidrino puede ser liberada en forma de radiación continua. Específicamente, la energía se transfiere al catalizador no radiativamente para formar un intermedio metaestable, que se desintegra en los sistemas de plasma con la emisión de radiación continua cuando el electrón se traduce desde el inicial al radio final. En la materia condensada tal como la célula CIHT, esta energía puede convertirse internamente en electrones energéticos que se manifiestan como una contribución de corriente y de potencia de célula a potenciales similares al potencial químico de los reactivos celulares. Así, la potencia se puede manifestar como una corriente más alta a la tensión menor que la dada por la ecuación (186). La tensión también será limitada por la cinética de la reacción; por lo tanto, la cinética alta para formar hidrinos es favorable para aumentar la potencia mediante el aumento de al menos uno de la corriente y el voltaje. Puesto que la reacción de la célula puede ser impulsada por la gran reacción exotérmica de H con un catalizador para formar hidrino, en una realización, la energía libre de las reacciones celulares de oxidación-reducción convencional para formar los reactivos para formar hidrinos pueden ser cualquier valor posible. Intervalos adecuados son aproximadamente +1.000 kJ/mol a -1000 kJ/mol, aproximadamente +1.000 kJ/mol a -100 kJ/mol, aproximadamente +1.000 kJ/mol a -10 kJ/mol, y aproximadamente +1.000 kJ/mol a 0 kJ/mol. Debido a la energía libre negativa para formar hidrinos, al menos una de la corriente de la célula, la tensión y la potencia son mayores que las debidas a la energía libre de las reacciones no hidrino que pueden contribuir a la corriente, tensión y potencia. Esto se aplica a la tensión en circuito abierto y con una carga. Por lo tanto, en una realización, la célula CIHT se distingue por encima de cualquier técnica anterior por al menos una de tener una tensión mayor que la predicha por la ecuación de Nernst para la química relacionada no hidrino incluyendo la corrección de la tensión debido a cualquier tensión de polarización cuando la célula se carga, una corriente más alta que la impulsada por la química de convenciones, y una potencia más alta que la impulsada por la química convencional.

[0322] Con respecto a la Figura 18, la célula de combustible o CIHT 400 comprende un compartimiento de cátodo 401 con un cátodo 405, un compartimiento de ánodo 402 con un ánodo 410, un puente de sal 420, reactivos que constituyen reactivos hidrino durante el funcionamiento celular con el flujo de electrones separado y el transporte de masas de iones, y una fuente de hidrógeno. En formas de realización generales, la célula CIHT es una célula de combustible de hidrógeno que genera una fuerza electromotriz (EMF) de la reacción catalítica de hidrógeno para reducir estados (hidrino) de energía. Por lo tanto, sirve como una célula de combustible para la conversión directa de la energía liberada de la reacción hidrino en electricidad. En otra realización, la célula CIHT produce al menos una de ganancia de potencia eléctrica y térmica sobre la de una fuente de electrólisis aplicada a través de los electrodos 405 y 410. La célula consume hidrógeno en hidrinos de conformación y requiere la adición de hidrógeno; de otro modo, en una realización, los reactivos para formar hidrinos son al menos uno de regenerativa térmica o electrolíticamente. Diferentes reactivos o de los mismos reactivos bajo diferentes estados o condiciones tales como al menos uno de temperatura diferente, la presión, y la concentración se proporcionan en diferentes compartimentos celulares que están conectados por conductos separados para los electrones e iones para completar un circuito eléctrico entre los compartimentos. La ganancia de potencia potencial y eléctrica entre electrodos de los compartimentos separados o ganancia térmica del sistema se genera debido a la dependencia de la reacción hidrino en el flujo de masa de un compartimento a otro. El flujo de masa proporciona al menos una de la formación de la mezcla de reacción que reacciona para producir hidrinos y las condiciones que permiten la reacción hidrino a producirse a tasas sustanciales. El flujo de masas requiere además que los electrones y los iones son transportados en los conductos separados que se conectan los compartimentos. Los electrones pueden surgir a partir de al menos uno de la ionización del catalizador durante la reacción de hidrógeno atómico con el catalizador y por una reacción de oxidación o reducción de una especie de reactivos tales como un átomo, una molécula, un compuesto, o un metal. La ionización de las especies en un compartimento como el compartimiento de ánodo 402 puede ser debido a al menos uno de (1) el cambio de energía libre favorable de su oxidación, la reducción de una especie de reactivo en el compartimento separado tales como el cátodo 401, y la reacción del ion de migrar que equilibra la carga en los compartimentos de la electroneutralidad y (2) el cambio de energía libre debido a la formación hidrino debido a la oxidación de las especies, la reducción de una especie en el compartimento separado, y la reacción de iones que resulta en la reacción para formar hidrinos. La migración de los iones puede ser a través de la sal puente 420. En otra realización, la oxidación de la especie, la reducción de una especie en el compartimento separado, y la reacción del ion de migración no puede ser espontánea o pueden producirse a una tasa baja. Un potencial de electrólisis se aplica para forzar a la reacción en donde el flujo de masa proporciona al menos una de la formación de la mezcla de reacción que reacciona para producir hidrinos y las condiciones que permiten la reacción hidrino a producirse a tasas sustanciales. El potencial de electrólisis se puede aplicar a través del circuito externo 425. Los reactivos de cada célula media puede ser al menos uno suministrado, mantenido y regenerado mediante la adición de reactivos o eliminación de los productos a través de pasajes 460 y 461 a las fuentes de reactivos o depósitos para el almacenamiento de productos y la regeneración 430 y 431.

[0323] En una realización, al menos uno de los hidrógeno atómico y el catalizador de hidrógeno se pueden formar por una reacción de la mezcla de reacción y un reactivo que en virtud de experimentar una reacción hace que la catálisis sea activa. Las reacciones para iniciar la reacción hidrino pueden ser al menos una de las reacciones exotérmicas, reacciones acopladas, reacciones de radicales libres, reacciones de oxidación-reducción, reacciones de intercambio, y adquiridor, soporte, o reacciones de catálisis asistidas por matriz. En una realización, la reacción para formar hidrinos proporciona energía electroquímica. Las mezclas de reacción y las reacciones para iniciar la reacción hidrino tales

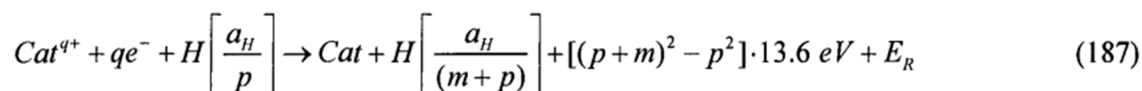
como las reacciones de intercambio de la presente descripción son la base de una célula de combustible, en donde la energía eléctrica es desarrollada por la reacción del hidrógeno para formar hidrinos. Debido a la mitad celular de reacciones de oxidación-reducción, la mezcla de reacción productora de hidrino se constituye con la migración de los electrones a través de un transporte de masa del circuito y de iones externos a través de un camino separado para completar un circuito eléctrico. Las reacciones generales y mezclas de reacción correspondientes que producen hidrinos dadas por la suma de las reacciones de semicélula pueden comprender los tipos de reacción para la energía térmica y la producción química hidrino de la presente descripción. Por lo tanto, a ser posible, la reacción hidrino no se produce o no se produce a una velocidad apreciable en ausencia de transporte de masa de flujo de electrones y de iones.

[0324] La célula comprende al menos una fuente de catalizador o un catalizador y una fuente de hidrógeno o hidrógeno. Un catalizador adecuado o de una fuente de catalizador y una fuente de hidrógeno son los seleccionados del grupo de Li, LiH, Na, NaH, K, KH, Rb, RbH, Cs, Cs H, Ba, BaH, Ca, CaH, Mg, MgH₂, MgX_r (X es un haluro) y H₂. Otros catalizadores adecuados se dan en la Tabla 3. En una realización, un ion positivo puede someterse a la reducción en el cátodo. El ion puede ser una fuente de catalizador por al menos una de reducción y reacción en el cátodo. En una realización, un oxidante se somete a reacción para formar los reactivos hidrino que entonces reaccionan para formar hidrinos. Alternativamente, los reactivos finales aceptores de electrones comprenden un oxidante. La mezcla de oxidante o de células de cátodo de reacción puede estar situada en el compartimiento catódico 401 que tiene cátodo 405. Como alternativa, la mezcla de reacción de células-cátodo está constituida en el compartimiento catódico de la migración de iones y de electrones. En una realización de la célula de combustible, el cátodo compartimiento 401 funciona como el cátodo. Durante el funcionamiento, un ion positivo puede migrar desde el ánodo al compartimiento catódico. En ciertas realizaciones, esta migración se produce a través de un puente de sal 420. Alternativamente, un ion negativo puede migrar desde el cátodo al compartimiento del ánodo a través de un puente de sal 420. El ion de migración puede ser al menos uno de un ion del catalizador o la fuente de catalizador, un ion de hidrógeno tal como H⁺, H⁻ o H[•] (1/p), y el contraión del compuesto formado por la reacción del catalizador o la fuente de catalizador con el oxidante o anión del oxidante. Cada reacción de la célula puede ser al menos una de suministrada, mantenida y regenerada mediante la adición de reactivos o eliminación de los productos a través de pasajes 460 y 461 a las fuentes de reactivos o depósitos para el almacenamiento del producto y la regeneración opcionalmente 430 y 431. En general, los oxidantes adecuados son los descritos como reactivos hidrino tales como hidruros, halogenuros, sulfuros, y óxidos. Los oxidantes adecuados son hidruros metálicos tales como hidruros alcalinos y alcalinotérreos y los haluros metálicos tales como alcalino, alcalino, de transición, tierras raras, plata y haluros metálicos de indio, así como oxígeno o una fuente de oxígeno, un halógeno, preferentemente F₂ o Cl₂, o una fuente de halógeno, CF₄, SF₆ y NF₃. Otros oxidantes adecuados comprenden radicales libres, o una fuente del mismo, y una fuente de un contraión cargado positivamente que son los componentes de la mezcla de reacción de células cátodo que en última instancia buscan electrones liberados de la reacción de catalizador para formar hidrinos.

[0325] En una realización, la química produce los reactivos hidrino activos en el compartimiento del cátodo de la célula de combustible en donde el potencial de reducción puede incluir una gran contribución de la catálisis de H a hidrino. El catalizador o la fuente de catalizador pueden comprender un átomo neutro o molécula tal como un átomo de metal alcalino o hidruro de que se puede formar por la reducción de una especie positiva tales como el ion de metal alcalino correspondiente. El potencial del ion catalizador que se reduce al catalizador y el electrón H para la transición a un estado electrónico inferior da lugar a una contribución al potencial dado por la Ec. (186) basada en ΔG de la reacción. En una realización, la reacción de reducción de células medias de cátodo y cualesquiera otras reacciones comprenden la formación del catalizador y el hidrógeno atómico y la reacción de catálisis de H a hidrino. La reacción de célula media de ánodo puede comprender la ionización de un metal tal como un metal catalizador. El ion puede migrar hacia el cátodo y ser reducido, o un ion de electrolito puede ser reducido para formar el catalizador. El catalizador se puede formar en presencia de H. Reacciones ejemplares son

Reacción de células medias de cátodo:

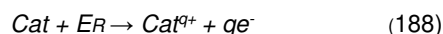
[0326]



en donde E_R es la energía de reacción de Cat^{q+}.

Reacción de célula media de ánodo:

[0327]

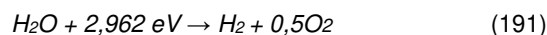
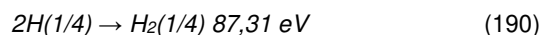


[0328] Otros agentes reductores adecuados son metales tales como metales de transición.

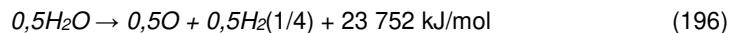
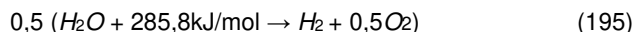
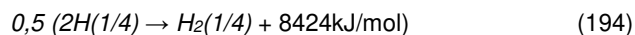
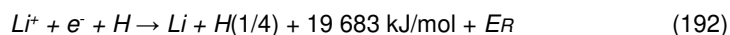
Reacción celular:**[0329]**

$$H \left[\frac{a_H}{p} \right] \rightarrow H \left[\frac{a_H}{(m+p)} \right] + [(p+m)^2 - p^2] \cdot 13.6 \text{ eV} \quad (189)$$

[0330] Con la migración del catión catalizador a través de un puente de sal adecuada o electrolito, el catalizador se puede regenerar en el compartimiento catódico y se sustituye en el ánodo. Entonces, las reacciones de células de combustible se pueden mantener mediante la sustitución del hidrógeno de cátodo-compartimiento reaccionado para formar hidrino. El hidrógeno puede ser de la electrólisis del agua. El producto de la célula puede ser hidrino molecular formado por la reacción de los átomos de hidrino. En el caso de que $H(1/4)$ es el producto, la energía de estas reacciones son



[0331] Las reacciones de células de combustible equilibradas para LiH dadas por las ecuaciones (187-191) en unidades de kJ/mol son

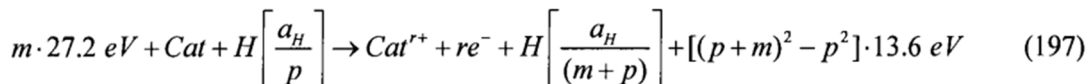


En otras realizaciones, sustitutos de Na, K, Rb, o Cs para Li.

[0332] Durante el funcionamiento, el catalizador reacciona con hidrógeno atómico, la transferencia no radiactiva de energía de un múltiplo entero de 27,2 eV de hidrógeno atómico a los resultados del catalizador en la ionización del catalizador con una liberación transitoria de electrones libres, y se forma un átomo hidrino con una gran liberación de energía. En una realización, esta reacción puede ocurrir en el compartimiento del ánodo 402 de tal manera que el ánodo 410 en última instancia acepta la corriente de electrón ionizado. La corriente también puede ser de la oxidación de un agente reductor en el compartimiento anódico. En una realización de la célula de combustible, el compartimiento del ánodo 402 funciona como el ánodo. Al menos uno de Li, K, y NaH puede servir como los catalizadores para formar hidrinos. Un soporte tal como polvo de carbono, carburo tal como TiC, WC, YC₂ o Cr₃C₂, o un boruro puede servir como un conductor de electrones en contacto eléctrico con un electrodo tal como el ánodo que puede servir como un colector de corriente. Los electrones realizados pueden ser de ionización del catalizador o la oxidación de un agente reductor. Alternativamente, el soporte puede comprender al menos uno del ánodo y el cátodo conectado eléctricamente a una carga con una ventaja. El conductor ánodo así como el conductor cátodo de conexión a la carga pueden ser de cualquier conductor tal como un metal.

[0333] En el caso de que la química produce los reactivos hidrino activos en el compartimiento del ánodo de la célula de combustible, el potencial de oxidación y los electrones pueden tener una contribución del mecanismo de catalizador. Como se muestra por las ecuaciones (6-9), el catalizador puede comprender una especie que acepta energía de hidrógeno atómico al quedar ionizado. El potencial del catalizador para ser ionizado y el electrón H para la transición a un estado electrónico inferior da lugar a la contribución al potencial dada por la ecuación (186) basada en ΔG de la reacción. Ya que NaH es una reacción interna concertada para formar hidrino con la ionización de Na a Na²⁺ como se indica por las ecuaciones (28-30), la ecuación (186), especialmente debe mantener en este caso. En una realización, la reacción de oxidación de células medias de ánodo comprende la reacción de catálisis de ionización. La reacción de célula media de cátodo puede comprender la reducción de H a hidruro. Reacciones ejemplares son

Reacción de células medias de ánodo:**[0334]**



Reacción de célula media de cátodo:

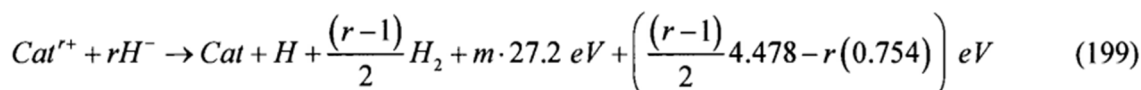
[0335]



en donde E_R es la energía de reducción de hidruro de metal MH_2 . Los oxidantes adecuados son los hidruros tales como hidruros de tierras raras, hidruro de titanio, hidruro de circonio, hidruro de itrio, LiH, NaH, KH, y BaH, calogenuros, y compuestos de un sistema de M-N-H como el sistema Li-N-H. Con la migración del catión catalizador o el ion de hidruro a través de un puente de sal adecuada o electrolito, el catalizador y el hidrógeno se pueden regenerar en el compartimiento anódico. En el caso de que el estado de oxidación estable del catalizador es de Cat , la reacción de puente salino o electrolito es

Reacción de puente de sal o electrolito:

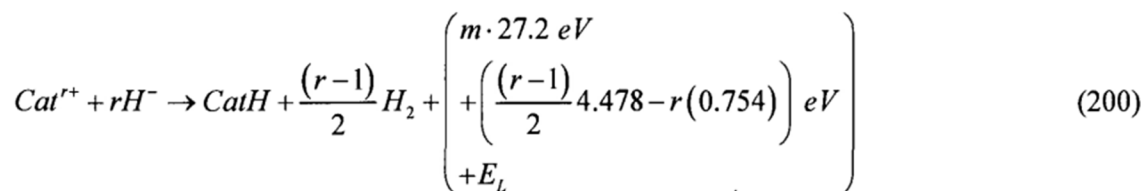
[0336]



en donde 0,754 eV es la energía de ionización de hidruro y 4,478 eV es la energía de unión de H_2 . El catalizador o la fuente de catalizador puede ser un hidruro que puede servir también como una fuente de H. Entonces, la reacción puente de sal es

Reacción de puente de sal o electrolito:

[0337]

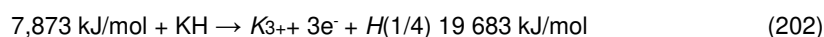


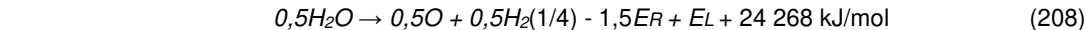
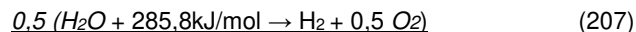
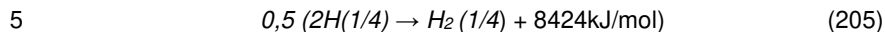
en donde E_L es energía reticular de $\text{Cat}H$. Entonces, las reacciones de células de combustible se pueden mantener mediante la sustitución de hidrógeno al compartimiento catódico, o $\text{Cat}H$ en el electrolito puede reaccionar con M para formar MH_2 . Esa reacción de ejemplo de $M = La$ está dada por



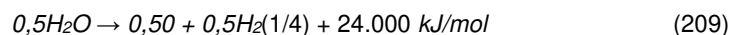
En el primer caso, el hidrógeno puede ser desde el reciclaje de hidrógeno en exceso desde el compartimiento de ánodo formado en la reducción de Cat^{r+} . Reemplazo de hidrógeno para el consumido para formar $H(1/4)$, entonces $H_2(1/4)$ puede de la electrólisis del agua.

[0338] Los reactivos apropiados que son una fuente del catalizador son LiH, NaH, KH, y BaH. Las reacciones de células de combustible equilibradas para KH dados por las ecuaciones (197-201) y (190-191) en unidades de kJ/mol son con LaH_2 como la fuente de H son

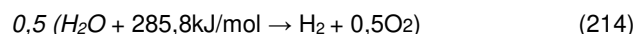
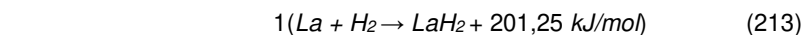
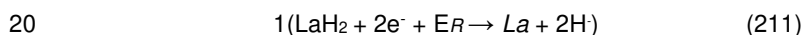
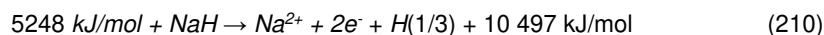




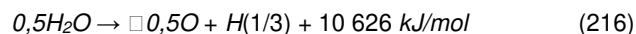
Para una buena aproximación, la reacción neta es dada por



15 **[0339]** Las reacciones de células de combustible equilibradas para NaH dadas por las ecuaciones (197-201) y (190-191) son



30 en donde el término $5,248 \text{ kJ/mol}$ de Ec. (212) incluye E_L . Para una buena aproximación, la reacción neta es dada por



35 energía adicional se emite para la transición de $H(1/3)$ a $H(1/4)$ (Ec. (31)) y, a continuación, mediante la formación de $H_2(1/4)$ como el producto final.

40 **[0340]** En una realización que comprende un reactivo de células medias de ánodo de metal tal como un metal alcalino M, las reacciones anódica y catódica están adaptadas de modo que el cambio de energía debido a la migración M es esencialmente cero. Entonces, M puede servir como un catalizador hidrino de H en el cátodo desde la entalpía catalizadora está suficientemente adaptada a $m\,27,2 \text{ eV}$. En una realización en donde la fuente de M es una aleación tal como en el ánodo, la reducción de M^+ en las formas de cátodo de la misma aleación de M con la reacción adicional de M con H para formar hidrinos. Alternativamente, la aleación de ánodo tiene esencialmente el mismo potencial de oxidación como M. En una realización, la afinidad electrónica determina la contribución de reacción hidrino a la tensión de célula CIHT desde la transición del intermedio hidrino desde el inicial al estado final y el radio es una continua transición. Materiales celulares tales como los reactivos material de electrodo y de células medias se seleccionan para conseguir la tensión deseada en base a la afinidad electrónica de limitación de los materiales.

50 **[0341]** La liberación de alta energía y la escalabilidad de la pila de células CIHT habilita aplicaciones de energía en energía eléctrica microdistribuida, distribuida y central. Además, se hace posible una fuente de potencia motriz de transformación mediante la tecnología de células CIHT, especialmente ya que el sistema es directo eléctrico con la reducción de costes y el sistema de complejidad dramático en comparación con un sistema térmico. Una arquitectura de coche que utiliza una pila de células de CIHT mostrada en la Figura 19 comprende una pila de células de CIHT 500, una fuente de hidrógeno tal como una célula de electrólisis y un tanque de agua o un depósito de hidrógeno 501, al menos un motor eléctrico 502, un sistema de control electrónico 503, y un tren o transmisión 504. En general, aplicaciones incluyen térmica, tal como calentamiento por resistencia, eléctrica, el motivo y la aviación y otros conocidos por los expertos en la técnica. En el último caso, turbinas externas eléctricas accionadas por motor podrían reemplazar a los motores a reacción, y una hélice accionada por motor eléctrico podría sustituir al motor de combustión interna correspondiente.

60 **[0342]** En una realización, los principios de operación celular básica implica el transporte iónico de hidrógeno a través de un electrolito fundido conductor de hidruro-ion (H^-), y la reacción con un catalizador tal como un metal alcalino para formar al menos uno de un hidruro y hidrinos. Un electrolito ejemplar es LiH disuelto en la sal fundida eutéctica LiCl-KCl. En la célula, el electrolito fundido conductor de H^- puede ser confinado en una cámara formada entre dos

electrodos permeables al hidrógeno, sólidos de lámina metálica tal como uno de V, Nb, Fe, aleación de Fe-Mo, láminas W, Rh, Ni, Zr, Be, Ta, Rh, Ti y Th, que también actúan como colectores de corriente. La lámina puede comprender además aleaciones y revestimientos tales como aleación de plata-paladio que tiene su superficie en contacto con el electrolito recubierto con hierro como el hierro obtenido por pulverización catódica. El gas H_2 se difunde primero a través del electrodo de cátodo y forma un ion de hidruro mediante la reacción $H + e^- \rightarrow H^-$ en la interfase cátodo-electrolito. El ion H^- migra posteriormente a través del electrolito bajo un gradiente de potencial químico. El gradiente puede ser creado por la presencia del catalizador tal como un metal alcalino en la cámara anódica. El ion H^- libera el electrón para formar átomos de hidrógeno por la reacción $H + e^- \rightarrow H^-$ en la interfaz ánodo-electrolito. El átomo de hidrógeno se difunde a través del electrodo de ánodo y reacciona con el catalizador tal como un metal alcalino para formar al menos uno de hidruro de metal, molécula H de metal, y un hidrino. La ionización del catalizador también puede contribuir a la corriente anódica. Otros reactivos pueden estar presentes en el compartimiento del ánodo para causar o aumentar la velocidad de la reacción hidrino tal como un soporte tal como TiC y un reductor, el catalizador, y el reactivo de intercambio de hidruro tal como Mg o Ca. El electrón o electrones liberados fluyen a través de un circuito externo para completar el equilibrio de cargas. En otra realización, el ánodo no es significativamente H permeable tal que gas H_2 se libera preferentemente en el ánodo en lugar formación de hidruro metálico después de la permeación H a través del metal del ánodo.

[0343] Los agentes reaccionantes se pueden regenerar térmicamente o electrolíticamente. Los productos pueden ser regenerados en los compartimientos catódicos o anódicos. O, pueden ser enviados a un regenerador usando una bomba, por ejemplo, en donde cualquiera de las químicas de regeneración de la presente descripción o conocidas por los expertos en la técnica se puede aplicar para regenerar los reactivos iniciales. Las células que sufren la reacción hidrino pueden proporcionar calor a las sometidas a la regeneración de los reactivos. En el caso de que los productos son criados en temperatura para conseguir la regeneración, los productos de células CIHT y reactivos regenerados se pueden pasar a través de un recuperador mientras que se envían hacia y desde el regenerador, respectivamente, con el fin de recuperar el calor y aumentar el equilibrio celular y la eficiencia energética del sistema.

[0344] En una forma de realización que se forma un hidruro de metal con la migración de iones, el hidruro metálico tal como un hidruro alcalino se descompone térmicamente. El gas H_2 puede ser separado del metal alcalino por una membrana permeable a H_2 , sólida, metálica y movida en la cámara de cátodo de la célula. El metal alcalino empobrecido en hidrógeno se puede mover a la cámara de ánodo de la célula de manera que la reacción que implica el transporte de H^- puede perpetuarse.

[0345] El ion de migración puede ser el del catalizador tal como un ion de metal alcalino tal como Na^+ . El ion puede ser reducido y, opcionalmente, se puede hacer reaccionar con hidrógeno para formar el catalizador o la fuente de catalizador y fuente de hidrógeno tal como uno de LiH , NaH , KH , y BaH mediante el cual el catalizador y el hidrógeno reaccionan para formar hidrinos. La energía liberada en la formación de hidrinos produce una EMF y el calor. Por lo tanto, en otras realizaciones, la reacción hidrino puede ocurrir en el compartimiento catódico para proporcionar una contribución a la EMF celular. Una célula ejemplar es $[Na/BASE/Na \text{ sal fundida o eutéctica } R-Ni]$ en donde la base es electrolito sólido de alúmina beta. En una realización, la célula puede comprender $[M/BASE/electrolito \text{ conductor de protones}]$ en donde M es un metal alcalino tal como Na . El electrolito conductor de protones puede ser una sal fundida. La sal fundida puede ser reducida a hidrógeno en el cátodo con el contraíón que forma un compuesto con M . Ejemplos de electrolitos conductores de protones son los de la divulgación tales como cationes protonados tales como amonio. Los electrolitos pueden comprender un líquido iónico. El electrolito puede tener un punto de fusión bajo tal como en el intervalo de $100-200^\circ C$. Electrolitos ejemplares son nitrato de etilamonio, nitrato de etilamonio dopado con fosfato de dihidrógeno tal como aproximadamente 1% dopado, nitrato de hidrazinio, $NH_4PO_3-TiP_2O_7$ y una sal eutéctica de $LiNO_3-NH_4NO_3$. Otros electrolitos adecuados pueden comprender al menos una sal del grupo de $LiNO_3$, Triflato de amonio ($Tf = CF_3SO_3^-$), trifluoroacetato de amonio ($TFAc = CF_3COO^-$) tetrafluorobarato de amonio (BF_4^-), metanosulfonato de amonio ($CH_3SO_3^-$), nitrato de amonio (NO_3^-), Tiocianato de amonio (SCN^-), Sulfamato de amonio ($SO_3NH_2^-$), BiFluoruro de amonio (HF_2^-) sulfato de amonio de hidrógeno (HSO_4^-) amonio bis(trifluorometanosulfonil)imida ($TFSI = CF_3SO_2)_2N^-$), amonio bis(perfluoroetanesulfonilo) imida ($BETI = CF_3CF_2SO_2)_2N^-$), nitrato de hidrazinio y puede comprender además una mezcla tal como una mezcla eutéctica que comprende además al menos uno de NH_4NO_3 , NH_4Tf , y NH_4TFAc . Otros disolventes adecuados comprenden ácidos tales como ácido fosfórico.

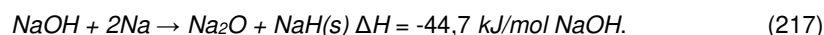
[0346] En una realización, la célula comprende un ánodo que es una fuente de la migración de iones M^+ que puede ser un ion metálico tal como un ion de metal alcalino. La célula puede comprender adicionalmente un puente de sal selectivo para M^+ . El puente de sal selectivo de iones puede ser BASE. Los reactivos de células medias de cátodo pueden comprender un material de intercambio catiónico tal como una resina de intercambio catiónico. El medio de células cátodo puede comprender un electrolito tal como un líquido iónico o un electrolito acuoso tal como un haluro de metal alcalino, nitrato, sulfato, perclorato, fosfato, carbonato, hidróxido, u otro electrolito similar. La membrana de intercambio catiónico puede estar protonada en el estado oxidado. Durante la descarga, M^+ puede desplazar H^+ que se reduce a H . La formación de H da lugar a la formación de hidrinos. Células ejemplares son $[Na, \text{ aleación de } Na, \text{ o } Na \text{ calcogenuro}/BASE, \text{ líquido iónico, sal eutéctica, resina de intercambio de electrolito/catión acuosa}]$. La célula puede regenerada electrolíticamente o por intercambio de ácido con el intercambiador de cationes.

[0347] En una realización, un gradiente de presión o de temperatura entre los dos compartimientos de células medias afecta a la formación de reactivos hidrino o la velocidad de reacción hidrino. En una realización, el compartimiento de

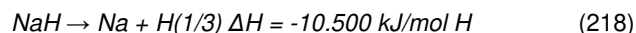
ánodo comprende un metal alcalino a una temperatura superior o presión que la de la misma de metal alcalino en el compartimiento catódico. La diferencia de presión o de temperatura proporciona una EMF tal que el metal, tal como sodio se oxida en el ánodo.

[0348] El ion se transporta a través de una membrana selectiva de iones, tal como alúmina beta o vidrio Na^+ que es selectiva para iones Na^+ . Los iones que migran se reducen en el cátodo. Por ejemplo, Na^+ se reduce para formar Na. El compartimiento del cátodo comprende además hidrógeno que puede ser suministrado por permeación a través de una membrana o una fuente de hidrógeno proporcionado como reactivo para formar hidrinos. Otros reactivos pueden estar presentes en el compartimiento catódico, tal como un soporte tal como TiC y un reductor, el catalizador, y el reactivo de intercambio de hidruro tal como Mg o Ca o sus hidruros. La fuente de H puede reaccionar con el metal alcalino para formar el hidruro. En una realización, se forma NaH. Una forma adecuada de NaH es la forma molecular que reacciona además para formar hidrinos. La liberación de energía a partir de la formación de hidruro metálico y hidrinos proporciona una fuerza de accionamiento adicional para la ionización y la migración de iones tales como Na^+ para aumentar la potencia de salida de la célula. Cualquier hidruro metálico tal como NaH que no se hace reaccionar para formar hidrino de la H se puede descomponer térmicamente de tal manera que el hidrógeno y el metal, tal como Na se reciclan. El metal tal como Na se puede aumentar la presión en el compartimiento de la célula de ánodo por una bomba electromagnética. Una célula ejemplar es [Na/beta alúmina/MgH₂ y opcionalmente un soporte tal como TiC o WC]. Na se oxida a Na^+ en el ánodo, migra a través de la beta alúmina de puente de sal, se reduce a Na en el cátodo, y reacciona con MgH₂ en el compartimiento catódico para formar NaH que más reacciona para formar hidrinos. El hidruro o uno o más de otros reactivos de cátodo o especies pueden ser fundidos a la temperatura de funcionamiento de la célula. La célula puede comprender un electrolito. Electrolitos ejemplares son electrolitos fundidos tales como NaH-NaOH, NaOH (MP = 323°C), NaH-NaI (MP = 220°C), NaH-NaAlEt₄, NaOH-NaBr-NaI, NaCN-NaI-NaF y NaFNaCl-NaI.

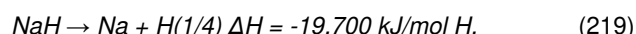
[0349] NaOH puede comprender un reactivo de cátodo en donde la célula puede formar hidrinos por las reacciones que dan lugar a H o un hidruro. La reacción de NaOH y Na a Na_2O y NaH(s) calculado a partir de las liberaciones de calores de formación de $\Delta H = -44,7 \text{ kJ/mol de NaOH}$:



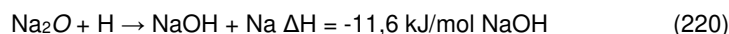
Esta reacción exotérmica puede conducir a la formación de NaH(g) y fue explotada para conducir la reacción muy exotérmica dada por las ecuaciones (28-31).



y



La reacción regenerativa en presencia de hidrógeno atómico es



Células ejemplares son [M/BASE/M'OH] (M y M' son metales alcalinos que pueden ser los mismos), [Na/BASE/NaOH], [Na/BASE/NaOH NaI], [Na/BASE/NaOH NaBr], [Na/BASE/NaOH NaBr NaI], [Na/BASE/NaOH NaBH₄], [K/K BASE/RbOH], [K/K BASE/CsOH], [Na/Na BASE/RbOH], y [Na/Na BASE/CsOH]. Otro álcali puede reemplazar Na. Células ejemplares son [K/K BASE/mezcla de KOH y MNH₂ (M = metal alcalino)] y [Na/Na BASE/NaOH CsI (adquiridor de hidrino)]. La célula puede comprender además un material de matriz conductor tal como carbono, un carburo o boruro para aumentar la conductividad de los reactivos de células medias tales como el hidróxido alcalino. El MOH cátodo puede comprender una mezcla eutéctica de hidróxidos alcalinos tales como NaOH y KOH que tiene un punto eutéctico a 170°C y 41% en peso de NaOH. El ánodo puede comprender K y Na o ambos.

[0350] En una forma de realización, el cátodo comprende un hidróxido alcalino tal como NaOH y comprende además una fuente de H atómico tal como un disociador e hidrógeno tales como R-Ni, PdC(H₂), PtC(H₂), IrC(H₂). La fuente de hidrógeno atómico puede ser un hidruro tal como un hidruro de intermetálico tal como LaNi₅H₆, un hidruro de tierra rara tal como CeH₂ o LaH₂, un hidruro de metal de transición tal como TiH₂ o NiH₂, o un hidruro de metal de transición interna tales como ZrH₂. La fuente de hidrógeno atómico se puede mezclar con el hidróxido alcalino. Células ejemplares son [Na/base/NaOH y R-Ni, PdC(H₂), PtC(H₂), IrC(H₂), LaNi₅H₆, CeH₂, LaH₂, TiH₂, NiH₂O ZrH₂]. El H puede servir como al menos uno de un reactivo y el catalizador a partir de hidrinos. El H también puede servir para aceptar un electrón de OH⁻ para formar H⁻ y OH con la transición de H de OH para formar H(1/p) de acuerdo con las reacciones de la TABLA 3.

[0351] En una realización, los iones y los electrones migran internamente entre las medias células y a través del circuito externo, respectivamente, y combinar en el cátodo. La reacción de reducción y potencialmente al menos otros posteriores resultados de la reacción de célula media en una alteración de una carga parcial de la H de una fuente de H para revertir de un déficit a un exceso con relación a neutral. Durante esta alteración con la formación de H de la

fuerza, la formación de hidrinos por una porción de la H se produce. Alternativamente, los iones y los electrones migran internamente entre las medias células y a través del circuito externo, respectivamente, y los electrones se ionizan a partir de los iones tales como H^+ en el ánodo. La reacción de oxidación y, potencialmente al menos otros posteriores resultados de la reacción de célula media en una alteración de una carga parcial de la H de una fuente de H tal como H^+ para revertir de un exceso a un déficit relativo a neutral. Durante esta alteración con la formación de H de la fuente, la formación de hidrinos por una porción de la H se produce. Como ejemplos, considere la carga positiva parcial sobre la H de cada uno del grupo funcional OH de NaOH de la célula [Na/BASE/NaOH] y el grupo NH que se forma durante el funcionamiento de la célula [Li₃N/LiCl-KCl/CeH₂]. En el primer caso, Na⁺ se reduce en el cátodo para Na que reacciona con NaOH para formar NaH en donde el H puede ser al menos parcialmente cargado negativamente. En el último caso, H^+ se oxida en el ánodo y reacciona con Li₃N para formar Li₂NH y LiNH₂ por lo que la carga de la H se somete a la alteración de un exceso a un déficit. Durante estas alteraciones se forman hidrinos. Estados ejemplares

que pueden acelerar la reacción para formar hidrinos en los casos anteriores y estos últimos son $Na \overset{\delta-}{H} \cdots \overset{\delta+}{H} ONa$ y $H \overset{\delta-}{\cdots} \overset{\delta+}{H} NLi_2$, respectivamente. En una realización, un estado tal como $Na \overset{\delta-}{H} \cdots \overset{\delta+}{H} ONa$ o $H \overset{\delta-}{\cdots} \overset{\delta+}{H} NLi_2$ se forma en carbono modificado de la divulgación actual.

[0352] En otras realizaciones, NaOH se sustituye por otro reactivo con Na que forma un hidruro o H, tales como otros hidróxidos, sales de ácido, o sales de amonio tales como al menos uno de hidróxidos alcalinos, hidróxidos alcalinotérreos, hidróxidos de metales de transición y oxihidróxidos y haluros de amonio, tales como NH₄Cl, NH₄Br, NiO(OH), Ni(OH)₂, CoO(OH), HCoO₂, HCrO₂, GaO(OH), InOOH, Co(OH)₂, Al(OH)₃, AlO(OH), NaHCO₃, NaHSO₄, NaH₂PO₄, Na₂HPO₄. oxihidróxidos adecuados ejemplares adicionales son al menos uno del grupo de bracewilita (CrO(OH)), diásporo (AlO(OH)), SCO(OH), YO(OH), VO(OH), goetita (α -Fe³⁺O(OH)), groutita (Mn³⁺O(OH)), guayanaite (CrO(OH)), montroseite ((V, Fe) O(OH)), CoO(OH), NiO(OH), Ni_{1/2}Co_{1/2}O(OH), y Ni_{1/3}Co_{1/3}Mn_{1/3}O(OH), RHO(OH), ino(OH), tsumgalita (GaO(OH)), manganita (Mn³⁺O(OH)), ytrotungstio-(Y) YW₂O₆(OH)₃, ytrotungstio-(Ce) ((Ce, Nd, Y)W₂O₆(OH)₃), sin nombre (Nd-analógico de ytrotungstio-(Ce)) ((Nd, Ce, La)W₂O₆(OH)₃), Frankhawthorneita (Cu₂[(OH)₂(TeO₄)], Khinita (Pb²⁺Cu₃²⁺(TeO₆)(OH)₂), y parakhinita (Pb²⁺Cu₃²⁺TeO₆(OH)₂). Una reacción a modo de ejemplo que implica Al(OH)₃ es



Una célula correspondiente modo de ejemplo es sal eutéctica [Na/BASE/Al(OH)₃ Na]. Otras células adecuadas son [Na/BASE/ al menos uno de hidróxidos alcalinos, hidróxidos alcalinotérreos, hidróxidos de metales de transición o oxihidróxidos tales como CoO(OH), HCoO₂, HCrO₂, GaO(OH), InOOH, Co(OH)₂, NiO(OH), Ni(OH)₂, Al(OH)₃, AlO(OH), NaHCO₃, NaHSO₄, NaH₂PO₄, Na₂HPO₄ electrolito tal como una sal eutéctica]. En otras formas de realización, otro metal alcalino es sustituido por un uno dado. El oxidante de la media de células cátodo tales como hidróxidos, oxihidróxidos, compuestos de amonio, y compuestos de anión de ácido de hidrógeno puede ser intercalado en una matriz tal como carbono.

[0353] En una forma de realización que tiene un enlace H a otro elemento en donde el H es ácido, la migración de iones M⁺ puede intercambiar con el ácido H, liberado como H⁺ y H⁺ puede ser reducido posteriormente a H₂. Esta reacción puede ser suprimida para favorecer la formación de MH de la adición de hidrógeno tales como alta presión gas H₂ en donde la formación de MH favorece la formación de hidrinos.

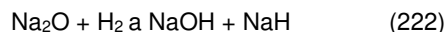
[0354] El reactivo de células medias cátodo o ánodo que comprende una fuente de H puede comprender un ácido. El H del reactivo puede estar unido a oxígeno o un haluro, por ejemplo. Los ácidos adecuados son los conocidos en la técnica tales como HF, HBr, HI, H₂S, nítrico, nítrico, sulfúrico, sulfuroso, carbónico, acético, oxálico, perclórico, clórico, cloroso, hipocloroso, borínico, metaborínico, bórico tales como H₃BO₃ o HBO₂, silícico, metasilícico, ortosilícico, arsénico, arsenoso, selénico, selenoso, teluroso, y ácido telúrico. Una célula ejemplar es [M o M aleación/BASE o separador y electrolito que comprende un disolvente orgánico y una sal/ácido, tal como HF, HBr, HI, H₂S, nítrico, nítrico, sulfúrico, sulfuroso, fosfórico, carbónico, acético, oxálico, perclórico, clórico, cloroso, hipocloroso, borínico, metaborínico, bórico tales como H₃BO₃ o HBO₂, silícico, metasilícico, ortosilícico, arsénico, arsenoso, selénico, selenoso, teluroso, y ácido telúrico].

[0355] En formas de realización, el electrolito y el separador pueden ser los de baterías de iones de Li, en donde Li puede ser sustituido por otro alcalino tal como Na cuando el ion correspondiente es el ion de migración. El electrolito puede ser un electrolito sólido o una sal del puente Na tales como NASICON. La fuente de H tal como un hidróxido tal como NaOH, sal de ácido H tal como NaHSO₄O oxihidróxido de tal CoO(OH) o HCoO₂ pueden ser intercalados en carbono. Células ejemplares son [Na/olefina separador LP 40 NaPF₆/NaOH o NaOH intercalado C], [Na/Na electrolito sólido o sal puente tales como NASICON/NaOH o NaOH intercalado C] y [Li, LiC, Li o Li aleación tal como Li₃Mg/separador tal como una membrana de olefinas y el electrolito orgánico, tal como solución de electrolitos LiPF₆ en DEC o LiBF₄ en tetrahidrofurano (THF) o una sal eutéctica/hidróxidos alcalinos, hidróxidos alcalinotérreos, hidróxidos de metales de transición o oxihidróxidos, sales de ácido, o sales de amonio tales como CoO(OH), HCoO₂, HCrO₂, GaO(OH), InOOH, Co(OH)₂, NiO(OH), Ni(OH)₂, Al(OH)₃, AlO(OH), NH₄Cl, NH₄Br, NaHCO₃, NaHSO₄,

NaH₂PO₄, Na₂HPO₄ o estos compuestos intercalados en C]. Una matriz o soporte conductor se pueden añadir tal como carbono, carburo, o boruro. Un material adecuado para un electrolito básico es Ni.

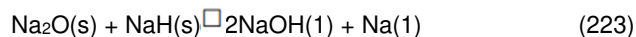
[0356] La célula puede ser regenerada por los métodos químicos y físicos de la descripción. Por ejemplo, la célula comprende [Na/BASE/NaOH Na], [Na/BASE/NaOH], o [Na/BASE/NaOH R-Ni mixta] se puede regenerar mediante la adición de H₂ al producto Na₂O para formar NaOH y al menos uno de Na y NaH. En una realización, la regeneración de Na₂O se realiza en un recipiente inerte que es resistente a la formación y óxido tales como, Ag, Co, o recipiente de alúmina Ni. El producto de la descarga tal como Na₂O se puede fundir, tierra, muele, o se procesa por medios conocidos en la técnica para aumentar el área de superficie antes de la hidrogenación. La cantidad de hidrógeno se puede controlar para formar estequiométricamente una mezcla de Na y NaOH. La temperatura también puede ser controlada de tal manera que Na y NaOH se prefieren. El al menos uno de Na y NaH se puede separar por destilación o por separación basada en densidad. En una realización, la célula se hace funcionar a aproximadamente 330°C y no significativamente mayor en la temperatura. Por debajo de esta temperatura NaOH sería solidificado, y por encima de esta temperatura Na se disolvería en el NaOH fundido. Como se desea, el menos Na denso forma una capa separada en NaOH fundido, y en una realización, se separa físicamente por medio de un tal bombeo. El Na se devuelve al ánodo. NaH se puede descomponer térmicamente para Na y regresar al ánodo. En una realización, el reactor térmico de los productos se puede regenerar de la misma manera. En un sistema ejemplar, H₂ se añade a un sistema cerrado que comprende la célula [Na/BASE/hidrógeno alcogenuro tal como NaOH]. En este caso, una mezcla de Na y NaH sirve como el ánodo y Na₂O puede ser regenerado de forma continua.

[0357] La reacción de regeneración



se puede realizar en un recipiente a presión que puede ser el medio de células. Las temperaturas adecuadas están en el intervalo de aproximadamente 25°C a 450°C y aproximadamente 150°C a 250°C. La velocidad de reacción es superior a una temperatura más elevada tal como de aproximadamente 250°C. La hidrogenación se puede producir a una temperatura inferior tal como aproximadamente 25°C con un molino de bolas y una presión de hidrógeno de aproximadamente 0,4 MPa. 50% de completarse la reacción (Ec. (222)) se puede lograr a una temperatura tan baja como 60°C 1 10 MPa durante 48 horas, y la reacción se completa elevando la temperatura a 100°C. Las presiones adecuadas están en el intervalo de más de cero a aproximadamente 50 MPa. En realizaciones ejemplares, la absorción de hidrógeno a 3% en peso (capacidad de hidrógeno teórico es 3,1% en peso) se produce a 1,8 MPa con la temperatura mantenida a cada uno de 175, 200, 225, y 250°C. Las isotermas de absorción a estas temperaturas son muy similares; mientras que la de 150°C muestra un poco menos de absorción de hidrógeno de 2,85% en peso a 1,8 MPa. La reacción de hidrogenación Na₂O es capaz de una cinética rápida. Por ejemplo, a una presión de 0,12 MPa, 1,5% en peso de hidrógeno se puede absorber en 20 minutos a 150°C, y más de 2% en peso de hidrógeno puede ser absorbido dentro de 5 minutos a 175-250°C. El NaH se separa de NaOH por métodos físicos y de evaporación conocidos en la técnica. En el último caso, el sistema comprende un sistema de evaporación o sublimación y al menos uno de los Na y NaH evaporados o sublimados se recoge y Na o NaH se devuelve a la semipila anódica. La evaporación o sublimación de separación puede ser bajo una atmósfera de hidrógeno. NaH aislado puede descomponerse por separado utilizando al menos uno de calentamiento y aplicar una presión reducida. Ciertos catalizadores tales como TiCl₃ y SiO₂ pueden ser utilizados para hidrogenar Na₂O a una temperatura deseada que son conocidos en la técnica para sistemas similares.

[0358] En otra forma de realización basada en el diagrama de fase Na, NaOH, NaH Na₂O, la regeneración se puede lograr mediante el control de la temperatura de la célula y el hidrógeno de presión para desplazar el equilibrio de la reacción



que se produce aproximadamente en el intervalo de 412 + 2°C y 182 + 10 torr. Los líquidos forman capas separables en donde se elimina la capa Na. La solución se puede enfriar para formar Na fundido y NaOH sólido que permite además que Na pueda ser eliminado.

[0359] El hidrógeno de la reacción de M con MOH (M es alcalino) se puede almacenar en un material de almacenamiento de hidrógeno que se puede calentar hasta por un calentador tal como un calentador eléctrico para suministrar hidrógeno durante la regeneración. La capa M (por ejemplo Na) se bombea al ánodo por una bomba tal como una bomba electromagnética o se puede hacer fluir al ánodo.

[0360] Haciendo referencia a la FIGURA 18, en una realización de una célula ejemplar [Na/BASE/NaOH], la sal fundida que comprende una mezcla de producto y reactivos se regenera en el compartimiento catódico 420 por el suministro de hidrógeno a través de la entrada 460 a una presión controlada usando la fuente de hidrógeno y la bomba 430. La temperatura de la sal fundida se mantiene por el calentador 411 de manera que forma una capa Na en la parte superior y se bombea al compartimiento anódico 402 por la bomba 440. En otra forma de realización también mostrada en la FIGURA 18, la sal fundida que comprende una mezcla de producto y reactivos se hace fluir en la célula de regeneración 412 del compartimiento catódico 401 a través del canal 419 y a través de 416 y 418, comprendiendo

cada uno al menos una de una válvula y una bomba. El hidrógeno se suministra y la presión es controlada por fuente de hidrógeno y de la bomba 413 conectada a la célula de regeneración 412 por una línea 415 con el flujo controlado por una válvula de control 414. La temperatura de la sal fundida se mantiene con el calentador 411. La hidrogenación provoca que Na forme una capa separada que se bombea desde la parte superior de la célula de regeneración 412 a la cámara catódica 402 a través del canal 421 a través de 422 y 423, que comprende cada uno al menos uno de una válvula y una bomba. En una realización tal como uno que comprende un modo de flujo sal cátodo continuo, el canal 419 se extiende por debajo de la capa de Na para suministrar sal que fluye desde el compartimiento de cátodo a la capa inferior que comprende al menos Na₂O y NaOH. Cualquiera de los compartimientos catódicos o anódicos, o célula de regeneración puede comprender, además, un agitador para mezclar el contenido en un momento deseado en las reacciones de potencia o de regeneración.

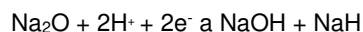
[0361] En una realización, la célula tiene al menos el producto de reacción del cátodo Li₂O que se convierte en al menos LiOH en donde LiOH es un reactivo cátodo. La regeneración de LiOH puede ser la adición de H₂. LiH también puede ser formado. El LiH y LiOH pueden formar dos capas separadas debido a la diferencia de densidades. Las condiciones de temperatura y presión de hidrógeno se pueden ajustar para lograr la separación. El LiH se puede mover físicamente a la célula media ánodo. El LiH se puede descomponer térmicamente para Li o se utiliza directamente como un reactivo de ánodo. El ánodo puede comprender además otro compuesto o elemento que reacciona y se almacena de hidrógeno tal como un material de almacenamiento de hidrógeno tal como Mg. Durante el funcionamiento de células al menos una reacción se produce para formar Li⁺ tales como LiH puede estar en equilibrio con Li que ioniza, LiH puede ionizar a Li⁺ directamente, y LiH puede someterse a una reacción de intercambio de hidruro con un material de almacenamiento de H tal como Mg e ioniza Li. La célula puede tener un electrolito tal como un electrolito sólido que puede ser BASE. En otra realización, Li₂O se convierte en LiOH y LiH, y Li se devuelve al ánodo por electrólisis tales que LiOH permanece como reactivo cátodo. En una realización que comprende otro metal alcalino como ánodo tal como Na o K, la mezcla de cátodo producto de reacción de célula media puede comprender algunos Li₂O y MOH y opcionalmente M₂O (M = álcali). La reducción de Li₂O y M₂O para LiOH y LiH y opcionalmente MH y MOH se produce por reacción con H₂ seguido de la reacción espontánea de LiH y MOH para LiOH y MH. M puede ser retirado de forma dinámica para conducir la reacción en el modo de no equilibrio. La eliminación puede ser por destilación con M condensado en una cámara separada o una parte diferente del reactor. El MH o M se aísla y se devuelven al ánodo.

[0362] Los agentes reaccionantes se pueden alimentar continuamente a través de las células medias para causar la reacción hidrino y pueden estar más fluidos o se transportan a otra región, compartimiento, reactor o sistema en donde la regeneración puede ocurrir en lotes, de manera intermitente, o de forma continua en donde los productos regeneradores pueden ser estacionarios o en movimiento.

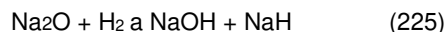
[0363] En una realización, la reacción inversa de la reacción de calcogenuro de metal de hidruro de metal es la base de una reacción de célula media para formar hidrinos. El reactivo de células medias puede ser el calcogenuro deshidrogenado tal como Na₂O, Na₂S, Na₂Se, Na₂Te, y otros tales calcogenuros. En el caso de que el ion de migración es H⁺, El reactivo calcogenuro de metal de está en el medio de células cátodo. Reacciones ejemplares son



Cátodo

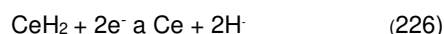


Reacción global



[0364] En una célula similar, H⁺ desplaza Na en NaY. Células ejemplares son fuente de protones [como PtC(H₂)/Conductor de protones tal como Nafion, líquido iónico, o electrolito acuoso NaY (zeolita/sodio que reacciona con H⁺ para formar HY (zeolita protonada)) CB] y [fuente de protones tal como PtC(H₂)/Protón conductor tal como HCl-LiCl-KCl/NaY (zeolita de sodio que reacciona con H⁺ para formar HY (zeolita protonada)) CB]. H⁺ también puede desplazar H⁺ como en el caso de la célula [fuente de protones a modo de ejemplo tal como PtC(H₂)/Conductor de protones tal como HCl-LiCl-KCl/HY (zeolita hydrogen que reacciona con H⁺ para formar CB gas de hidrógeno)]. En otras realizaciones, el reactivo célula comprende zeolita recubierta de metal tal como zeolita recubierta de níquel que se dopa con K⁺ o Na⁺.

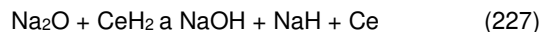
[0365] En el caso de que el ion de migración sea H⁺, el reactivo de calcogenuro de metal está en la célula media de ánodo. Reacciones ejemplares son



Ánodo



5 Reacción general



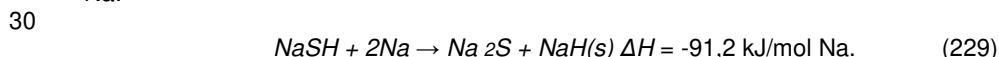
10 Células ejemplares son [fuente de protones tal como $\text{PtC}(\text{H}_2)$ /Protón conductor tal como Nafion/calcofenuro tal como Na_2O] y [calcofenuro tal como Na_2O /conductor de iones de hidruro tal como una sal eutéctica tal como una mezcla o haluros alcalinos, tales como LiCl-KCl /fuente de hidruro tal como un hidruro metálico tal como una transición, la transición interior, tierras raras, álcali, o hidruro alcalinotérreo tal como TiH_2 , ZrH_2 o CeH_2].

15 **[0366]** En otra realización, el reactivo de células medias puede ser al menos uno de un óxido tal como M_2O en donde M es un metal alcalino, preferiblemente Li_2O , Na_2O , y K_2O , un peróxido tal como M_2O_2 donde M es un metal alcalino, preferiblemente Li_2O_2 , Na_2O_2 y K_2O_2 y un superóxido, tales como MO_2 donde M es un metal alcalino, preferiblemente Li_2O_2 , Na_2O_2 y K_2O_2 . Los peróxidos iónicos pueden comprender además los de Ca, Sr, o Ba. Un disolvente adecuado es una sal eutéctica, electrolito sólido, o un disolvente orgánico o iónico.

20 **[0367]** En una realización general, un calcofenuro de metal reacciona con un átomo de metal formado por la reducción del catión correspondiente en el cátodo. La reacción del metal M con un calcofenuro de hidrógeno XH está dada por



25 **[0368]** Esta reacción exotérmica puede conducir a la formación de MH(g) para conducir la reacción muy exotérmica dada por las ecuaciones (28-31). El calcofenuro puede ser al menos uno de O, S, Se, y Te. El metal M puede ser al menos uno de Li, Na, K, Rb y Cs. Además de O, otra reacción de calcofenuro ejemplar implica S. La reacción de NaSH y Na a Na_2S y NaH(s) calculado a partir de los calores de formación de comunicados de $\Delta H = -91,2 \text{ kJ/mol}$ de Na:



35 Esta reacción exotérmica puede conducir a la formación de NaH(g) para conducir la reacción muy exotérmica dado por las ecuaciones (28-31). células ejemplares son [Na/BASE/NaHS (MP = 350°C)], [Na/BASE/NaHSe], y [Na/BASE/NaHTe]. En otras formas de realización, otro metal alcalino es sustituido por uno dado,

40 **[0369]** Calcofenuros de hidrógeno adicionales adecuados son los que tienen una estructura en capas en ausencia de la H como calcofenuros alcalinotérreos hidrogenados e hidrogenados de MoS_2 y WS_2 , TiS_2 , ZrS_2 , HfS_2 , TaS_2 , TeS_2 , ReS_2 , PtS_2 , SnS_2 , SnSSe , TiSe_2 , ZrSe_2 , HfSe_2 , VSe_2 , TaSe_2 , TeSe_2 , ReSe_2 , PtSe_2 , SnSe_2 , TiTe_2 , ZrTe_2 , VTe_2 , NbTe_2 , TaTe_2 , MoTe_2 , WTe_2 , CoTe_2 , RhTe_2 , IrTe_2 , NiTe_2 , PdTe_2 , PtTe_2 , SiTe_2 , NbS_2 , TaS_2 , MoS_2 , WS_2 , NbSe_2 , NbSe_3 , TaSe_2 , MoSe_2 , WSe_2 , MoTe_2 y LiTiS_2 . En general, un reactivo de células medias de cátodo puede comprender un compuesto que comprende metal, hidrógeno, y calcofenuro.

45 **[0370]** En general, los reactivos de células medias cátodo pueden comprender un H ácido que se somete a reducción con el ion de migración tales como M^+ equilibrando la carga. La reacción del metal M con HX' (X' es el anión correspondiente de un ácido) está dada por



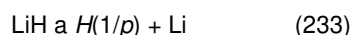
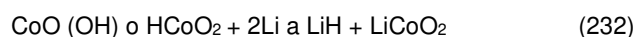
50 en donde M puede ser un metal alcalino. Esta reacción exotérmica puede conducir a la formación de MH(g) para conducir la reacción exotérmica muy ejemplar dada por las ecuaciones (6-9) y (28-31). Una reacción de ácidos ejemplares implica un compuesto que comprende un haluro metálico tal como un haluro alcalino o alcalinotérreo y un ácido tal como un haluro de hidrógeno. La reacción de KHF_2 y K para 2KF y KH calculado a partir de los calores de formación de comunicados de $\Delta H = -132,3 \text{ kJ/mol K}$:



60 Una célula ejemplar es [K/BASE/ KHF_2 (MP = $238,9^\circ\text{C}$)]. En el caso de que Na reemplaza K, el cambio de entalpía es $\Delta H = -144,6 \text{ kJ/mol Na}$. Una célula ejemplar es [Na/separador de olefina $\text{NaPF}_6 \text{ LP40/NaHF}_2$ (MP = $>160^\circ\text{C}$)]. El H ácido puede ser la de una sal de un ácido multiprótico tales como NaHSO_4 , NaHSO_3 , NaHCO_3 , NaH_2PO_4 , Na_2HPO_4 , NaHCrO_4 , NaHCr_2O_7 , NaHCO_2O_4 , NaHSeO_3 , NaHSeO_4 , Na_2HASO_4 , NaHMoO_4 , NaHB_4O_7 , NaHWO_4 , NaHTiO_3 , NaHGeO_3 , $\text{N/A}_3\text{HSiO}_4$, $\text{N/A}_2\text{H}_2\text{SiO}_4$, NaH_3SiO_4 , NaHSiO_3 , y un metal tal como un metal alcalino y un oxianión de hidrógeno, un oxianión de hidrógeno de un ácido fuerte, y compuestos de amonio tales como NH_4X en donde X es un anión tal como haluro o nitrato. células ejemplares son [Na/BASE/ NaHSO_4 (MP = 350°C) o NaHSO_3 (MP = 315°C)] y [Na/separador de olefina $\text{NaPF}_6 \text{ LP40/NaHCO}_3$, NaH_2PO_4 , Na_2HPO_4 , NaHCrO_4 , NaHCr_2O_7 , NaHCO_2O_4 , NaHSeO_3 , NaHSeO_4 , Na_2HASO_4 , NaHMoO_4 , NaHB_4O_7 , NaHWO_4 , NaHTiO_3 , NaHGeO_3 , $\text{N/A}_3\text{HSiO}_4$, $\text{Na}_2\text{H}_2\text{SiO}_4$, NaH_3SiO_4 ,

NaHSiO₃, y un metal tal como un metal alcalino y un oxianión de hidrógeno, un oxianión de hidrógeno de un ácido fuerte, y compuestos de amonio tales como NH₄X en donde X es un anión tal como haluro o nitrato]. Otros metales alcalinos pueden sustituir por Na. En formas de realización, el electrolito puede ser una sal acuosa del ion de migración.

[0371] Oxidantes adecuados adicionales son los que se pueden sintetizar por métodos conocidos en la técnica, tales como la oxidación del óxido de metal en una solución básica son WO₂(OH), WO₂(OH)₂, VO(OH), VO(OH)₂, VO(OH)₃, V₂O₂(OH)₂, V₂O₂(OH)₄, V₂O₂(OH)₆, V₂O₃(OH)₂, V₂O₃(OH)₄, V₂O₄(OH)₂, FeO(OH), MnO(OH), MnO(OH)₂, Mn₂O₃(OH), Mn₂O₂(OH)₃, Mn₂O₂(OH)₅, MnO₃(OH), MnO₂(OH)₃, MnO(OH)₅, Mn₂O₂(OH)₂, Mn₂O₆(OH)₂, Mn₂O₄(OH)₆, NiO(OH), TiO(OH), TiO(OH)₂, Ti₂O₃(OH), Ti₂O₃(OH)₂, Ti₂O₂(OH)₃, Ti₂O₂(OH)₄, y NiO(OH). En general, el oxidante puede ser MxOyHz en donde x, y, y z son números enteros y M es un metal tal como una transición, la transición interior, o metal de tierra rara tal como oxihidróxidos metálicos. En el caso de que el ion de migración de la célula es Li⁺ con la reducción en el cátodo, la reacción para formar hidrino puede ser



En una realización, H de CoO(OH) o HCoO₂ se intercala entre los aviones CoO₂. La reacción con los resultados de litio en al menos uno de sustitución Li de H en la estructura, LiH es un producto de intercalación (en la divulgación, la inserción también se puede utilizar en lugar de intercalación), LiH es un producto separado. Al menos uno de los siguientes resultados, algunos de los H reaccionan para formar hidrinos durante la reacción o hidrinos están formados a partir de los productos. Células ejemplares son [Li, Na, K, Li aleación tal como Li₃Mg, LiC, o carbono modificado, tales como CxKH_y tales como C₈KH_{0,6}/BASE o separador de olefina Li, Na, o KPF₆ LP40/CoO(OH), HCoO₂, HCrO₂, GaO(OH), InOOH, WO₂(OH), WO₂(OH)₂, VO(OH), VO(OH)₂, VO(OH)₃, V₂O₂(OH)₂, V₂O₂(OH)₄, V₂O₂(OH)₆, V₂O₃(OH)₂, V₂O₃(OH)₄, V₂O₄(OH)₂, FeO(OH), MnO(OH), MnO(OH)₂, Mn₂O₃(OH), Mn₂O₂(OH)₃, Mn₂O₂(OH)₅, MnO₃(OH), MnO₂(OH)₃, MnO(OH)₅, Mn₂O₂(OH)₂, Mn₂O₆(OH)₂, Mn₂O₄(OH)₆, NiO(OH), TiO(OH), TiO(OH)₂, Ti₂O₃(OH), Ti₂O₃(OH)₂, Ti₂O₂(OH)₃, Ti₂O₂(OH)₄, NiO(OH), y MxOyHz en donde x, y, y z son números enteros y M es un metal tal como una transición, la transición interior, o metal de tierra rara)]. En otras realizaciones, el álcali puede estar sustituido con otro.

[0372] En una realización, la H de la sustancia reaccionante tal como un oxihidróxido o base, tal como NaOH es hidrógeno unido. En una realización, la distancia O - H...H puede estar en el intervalo de aproximadamente 2 a 3 Å y preferiblemente en el intervalo de aproximadamente 2,2 a 2,7 Å. Un metal tal como un metal alcalino que comprende el ion de migración reducido reacciona con la H enlazada con hidrógeno para formar hidrinos. La unión H puede implicar H unida a átomos tales como O y N en donde el enlace H puede ser con otro grupo funcional tal como un carbonilo (C=O), CO, S=O, SO, N=O, NO, y otros tales grupos conocidos en la técnica. Un reactivo cátodo modo de ejemplo puede ser un hidróxido o oxihidróxido de mezcla con un compuesto con un grupo carbonilo tal como una cetona, o un carbonato tal como un carbonato alcalino, DEC, EC, o DMC u otro grupo H de unión tal como CO, S=O, SO, N=O, o NO. compuestos adecuados ejemplares son éteres, sulfuros, disulfuros, sulfóxidos, sulfonas, sulfitos, sulfatos, sulfonatos, nitratos, nitritos, y compuestos nitro y nitroso. En una realización, los reactivos de cátodo H enlazados comprenden además un poco de agua que participa en la unión H y aumenta la tasa para formar hidrinos. El agua puede ser intercalado en carbono para formar otro de carbono modificado de la divulgación. El carbono puede ser activado con grupos electronegativos, tales como CO, C=O, y grupos de carboxilato que pueden enlazarse por hidrógeno a H añadida. El carbono puede ser activado oxidativamente con tratamiento con aire, O₂, o HNO₃, o activado por tratamiento con agua y/o CO₂ a 800-1000°C. El carbono puede comprender un disociador tal como Pt/C o Pd/C que se activa. H atómico está formado por el disociador que enlaza H en la matriz de carbono. La activación puede ser por métodos tales como tratamiento con vapor o activación. En otra realización, un material de hidruro tal como R-Ni es activado por agua o vapor. La activación puede ser mediante calentamiento a una temperatura en el intervalo de aproximadamente 25°C a 200°C, mientras que fluye una mezcla de vapor o vapor de agua y un gas inerte tal como argón. Otros materiales activados adecuados comprenden materiales de intercalación tales como HBN, calcogenuros, carbono, carburos, boruros y como TiB₂ que están funcionalizados con grupos electronegativos de unión a H. El reactivo de unión a H también puede comprender zeolita protonada (HY). Unión a H es sensible a la temperatura; así, en una realización, la temperatura de los reactivos de unión a H se controla para controlar la velocidad de la reacción hidrino y, en consecuencia, uno de la tensión, corriente y potencia de la célula CIHT. FTIR puede grabarse en oxihidróxidos y otros materiales de cátodo similares para estudiar especies de unión a H tales como OH y el hidrógeno que está unido H a O.

[0373] En realizaciones de células que comprenden un reactivo de células medias de cátodo de hidróxido alcalino, un disolvente puede añadirse al menos a la semipila catódica para por lo menos parcialmente disolver el hidróxido alcalino. El disolvente puede ser capaz de de unión a H tal como agua o un alcohol tal como metanol o etanol. La célula puede comprender un electrolito que comprende un disolvente orgánico. Células ejemplares son [Na/Celgard LP 30/NaOH + matriz de unión H o disolvente tal como un alcohol], [Li/Celgard LP 30/LiOH + H matriz de unión o disolvente tal como un alcohol], y [K/Celgard LP 30/KOH + H matriz de unión o disolvente tal como un alcohol] y [Na/Celgard LP 30/NaOH + metanol o etanol], [Li/Celgard LP 30/LiOH + metanol o etanol] y [K/Celgard LP 30/KOH + metanol o etanol]. El disolvente de la célula que tiene un disolvente orgánico como parte del electrolito puede ser seleccionado para disolver parcialmente el hidróxido alcalino. La célula puede comprender un puente de sal para

separar el hidróxido alcalino disuelto de una célula media de otra. El disolvente para disolver al menos parcialmente el hidróxido alcalino puede ser agua. Alternativamente, un hidróxido alcalino puede estar formado de agua durante la descarga o formado a partir de un soluto tal como un carbonato. Células ejemplares son [Li LP 30/Li⁺ vidrio/agua], [Li LP 30/Li⁺ vidrio/base acuosa tal como LiOH o Li₂CO₃], [Li LP 30/Whatman GF/fibra de vidrio D hoja/agua], [30/Whatman GF/fibra de vidrio D hoja/base acuosa Li LP tal como LiOH o Li₂CO₃], [Na LP 30/Na⁺ vidrio/agua], [Na LP 30/Na⁺ vidrio/base acuosa tal como NaOH o Na₂CO₃], [K LP 30/K⁺ vidrio/agua], [K LP 30/K⁺ vidrio/base acuosa tal como KOH o K₂CO₃]. El rendimiento de la célula de cátodo de hidróxido alcalino del tipo ejemplar [Na/CG2400 + Na-LP40/NaOH] también puede ser mejorada por calentamiento en donde se utiliza un disolvente térmicamente estable.

[0374] En una realización, al menos uno de la sustancia reaccionante de células medias tales como los reactivos de células medias de cátodo puede comprender un ácido acuoso. Células ejemplares son [Li LP 30/ fibra de vidrio D hoja ácido Whatman GF/acuoso tal como HCl], [Na LP 30/Na⁺ vidrio/ácido acuoso tal como HCl] y [K LP 30/K⁺ vidrio ácido acuoso/tal como HCl]. El pH de electrolitos o disolventes neutros, básicos y ácidos se puede ajustar mediante la adición de ácido o base para optimizar la velocidad de formación hidrino.

[0375] En otra realización, que no tiene electrolito, un soporte de alta área superficial/hidruro sirve para absorber Na metálico formado en la superficie de la reducción de Na⁺. Los soportes adecuados son tales R-Ni y TiC. Opcionalmente, los reactivos de cátodo comprenden un hidruro de fundido, tal como MgH₂ (MP 327°C) en donde una atmósfera de hidrógeno puede suministrarse para mantener el hidruro. En otras formas de realización, M (metal alcalino tal como Li o K) sustituyendo Na en donde las células ejemplares son [K/K-BASE/KI KOH] [K/K-BASE/KOH] (K-BASE es potasio beta alúmina), [LiLi-BASE o Al₂O₃/ LiI LiOH] [Li/Li-BASE o Al₂O₃/ LiOH] (Li-BASE es litio beta alúmina). Hidruro fundido ejemplar adecuado que comprende mezclas son las mezclas eutécticas de NaH-KBH₄ a alrededor de 43 + 57% en moles que tiene la temperatura de fusión es de aproximadamente 503°C, KH-KBH₄ a alrededor de 66 + 34% en moles que tiene la temperatura de fusión es de aproximadamente 390°C, NaH-NaBH₄ a alrededor de 21 + 79% en moles que tiene la temperatura de fusión es de aproximadamente 395°C, KBH₄-LiBH₄ a alrededor de 53 + 47% en moles que tiene la temperatura de fusión es de aproximadamente 103°C, NaBH₄-LiBH₄ a aproximadamente 41,3 + 58,7% en moles que tiene la temperatura de fusión es de aproximadamente 213°C, y KBH₄-NaBH₄ a aproximadamente 31,8 + 68,2% en moles que tiene la temperatura de fusión es de aproximadamente 453°C en donde la mezcla puede comprender, además, un hidruro de metal alcalino o alcalinotérreo tal como LiH, NaH, o KH. Otros hidruros ejemplares son Mg(BH₄)₂ (MP 260°C) y Ca(BH₄)₂ (367°C).

[0376] En una forma de realización general, la reacción para formar H y formar el catalizador, tal como Li, NaH, K, o H como catalizador por el que se forman hidrinos comprende una reacción de un reactivo que comprende H. El H del reactivo puede estar unido a cualquier elemento. Las fuentes adecuadas de H comprenden H unido a otro elemento en donde el enlace tiene un gran momento dipolar. La unión puede ser covalente, iónico, metálico, coordinado, tricentrado, van der Waals, fisi-absorción, quimiabsorción, electrostático, hidrófilas, hidrófobas, u otra forma de unión conocida en la técnica. elementos adecuados son átomos de Grupo III, IV, V, VI, y VII tales como boro, carbono, nitrógeno, oxígeno, halógeno, aluminio, silicio, fósforo, azufre, selenio, y telurio. La reacción puede comprender una reacción de intercambio o la extracción de H. La reacción puede comprender una reacción de reducción de la sustancia reaccionante que comprende H. La reacción puede implicar una reducción cátodo directa o la reducción por un intermedio que se redujo primero en el cátodo. Por ejemplo, H unido a un átomo tal como B, C, N, O, o X (X = halógeno) de un compuesto inorgánico u orgánico puede someterse a reacción con un átomo de metal alcalino M para formar al menos uno de H, H₂Y MH el que la reacción da lugar además a la formación de hidrinos. M puede estar formada en el medio de células de cátodo de la migración de M⁺. La unión de la H que contiene reactivo puede ser cualquier forma tal como van der Waals, fisi-absorción, y químico-absorción. Los compuestos ejemplares que comprenden H unido a otro átomo son BxHy (X e y son números enteros), H intercalado de carbono, un alquino tal como acetileno, 1-nonino, o fenilacetileno, los compuestos que tienen un grupo BN-H como NH₃BH₃, NH₃, Una amina primaria o secundaria, amida, ftalimida, ftalhidrazida, poliamida tal como una proteína, urea o compuesto similar o sal, imida, aminal o aminoacetal, hemiaminal, guanidina o compuesto similar tal como un derivado de arginina o sales de los mismos tales como guanidinio cloruro, triazabicyclodeceno, MNH₂, M₂NH, MNH₂BH₃, MNHR (M es un metal tal como un metal alcalino) (R es un grupo orgánico), sulfonato difenilbencidina, M(OH)x o MO(OH) (M es un metal tal como un alcalino, alcalino, de transición o metal de transición interna), H₂OH₂O₂, y ROH (R es un grupo orgánico de un alcohol) tal como etanol, eritritol (C₄H₁₀O₄), Galactitol (Dulcitol), (2R, 3S, 4R, 5S)-hexano-1,2,3,4,5,6-hexol, o alcohol de polivinilo (PVA), o un compuesto similar tal como al menos uno del grupo que comprende los que tienen grupos SiOH como un silanol y un ácido silícico y uno que tiene grupos BOH tal como un ácido borínico, un ácido borínico alquilo, y ácido bórico tales como H₃BO₃ o HBO₂. Otros reactivos de ejemplo que comprende H son RMH que M es un elemento de Grupo III, IV, V, o VI y R es orgánico tal como un grupo alquilo, RSH tales como tioles, H₂S, H₂S₂, H₂Se, H₂Te, HX (X es un halógeno), MSH, MHSe, MHTe, MxHyXz (X es un anión ácido, M es un metal tal como un álcali, alcalino, de transición, la transición interior, o metal de tierra rara, y x, y, z son números enteros), AlH₃, SiH₄, SixHy, SixHyXz (X es un halógeno), PH₃, P₂H₄, GeH₄, GexHy, GexHyXz (X es un halógeno), AsH₃, As₂H₄, SnH₄, SbH₃ y BiH₃. Células ejemplares son [M, aleación de M o compuesto/BASE intercalado con M, o separador de olefina, disolvente orgánico, y una sal, o electrolito acuosa de sal/BxHy (x e y son números enteros), H intercalado de carbono, un alquino tal como acetileno, 1-nonino, o fenilacetileno, NH₃BH₃, NH₃, una amina primaria o secundaria, amida, poliamida, tal como una proteína, urea, imida, aminal o aminoacetal, hemiaminal, guanidina o compuesto similar tal como un derivado de arginina o sales de los mismos tales como cloruro de guanidinio, triazabicyclodecene, MNH₂, M₂NH, MNH₂BH₃, MNHR (M es un metal tal como un metal alcalino) (R es un grupo orgánico), sulfonato difenilbencidina, M(OH)x o MO(OH) (M es un

metal tal como un alcalino, alcalino, de transición o metal de transición interna), $\text{H}_2\text{OH}_2\text{O}_2$, y ROH (R es un grupo orgánico de un alcohol) tal como etanol o alcohol polivinílico, o un compuesto similar tal como al menos uno del grupo que comprende los que tienen grupos SiOH como un silanol y un ácido silícico y uno que tienen grupos BOH tal como un ácido borínico, un ácido borínico alquilo, ácido bórico, tales como H_3BO_3 o HBO_2 , H_2S , H_2S_2 , H_2Se , H_2Te , HX (X es un halógeno), MSH, MHSe, MHTe, MxHyXz (X es un anión ácido, M es un metal tal como un álcali, alcalino, de transición, transición interior, o metal de tierra rara, y x, y, z son números enteros), AlH_3 , SiH_4 , SixHy , SixHyXz (X es un halógeno), PH_3 , P_2H_4 , GEH_4 , GexHy , GexHyXz (X es un halógeno), AsH_3 , As_2H_4 , SnH_4 , SbH_3 y BiH_3 , [Na/base/alcohol de polivinilo], [Na o K/separador de olefina y disolvente orgánico y una sal/fenilacetileno], [Li/Celgard LP 30/ftalimida] y [Li/Celgard LP 30/ftalhidrazida].

[0377] En una realización, el grupo OH puede ser más como un grupo inorgánico, básico, tal como ion hidróxido (OH^-) que un grupo OH orgánico tal como el de un alcohol o un grupo ácido. A continuación, el átomo central unido a O es más metálico.

[0378] En una realización, un reactivo de células medias comprende un compuesto con la unión H interna como la aspirina u o-metoxi-fenol. Una célula ejemplar es [Li/Celgard LP 30/o-metoxi-fenol]. En una realización, al menos en reactivo de células medias es un compuesto unido a H periódico tales como silicatos con H^+ y posiblemente algún ión de metal alcalino que comprende el ion positivo tal como HY. Otros compuestos periódicos H enlazados comprenden proteínas tales como los que comprenden serina, treonina y arginina, ADN, polifosfato, y el hielo. En una realización, la célula se hace funcionar por debajo del punto de fusión de agua tal que el hielo comprende un conductor de protones. Células ejemplares son [Pt/C (H_2)/Nafion/hielo azul de metileno], [Pt/C (H_2)/Nafion/antraquinona hielo] y [Pt/C (H_2)/Nafion/politiofeno hielo o polipirrol]. (El símbolo "/" se utiliza para designar los compartimentos de la célula y también se utiliza, en su caso, para designar "on" tal como Pt sobre carbono durante Pt/C. Por lo tanto, en la descripción tal designación "on" puede también estar sin el símbolo / en donde es inherente a un experto en la técnica que PtC por ejemplo significa Pt sobre carbono).

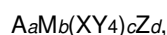
[0379] El H del reactivo puede estar unido a un metal, tal como una tierra rara, de transición, de transición interna, álcali o un metal alcalinotérreo. El reactivo de H puede comprender un hidruro. El hidruro puede ser un hidruro de metal. En una reacción ejemplar, H se extrae de un hidruro tal como un hidruro de metal para formar M^+H^- en donde M^+ es un contraión tal como el de un electrolito, y H^- migra hacia el ánodo, se oxida a H, y reacciona con un receptor, tal como el de la divulgación.

[0380] El H del reactivo H puede someterse a intercambio con otro reactivo que comprende un compuesto metálico iónico tal como una sal metálica tal como un haluro de metal. La reacción puede comprender una reacción de intercambio de hidruro-haluro. Reacciones de intercambio de hidruro de haluros ejemplares se dan en la divulgación. La célula puede comprender una fuente de haluro en el cátodo de célula media tal como gas halógeno, líquido o sólido, un puente de sal de haluro, y un hidruro tal como un haluro de metal en el de célula media ánodo. Haluro se puede formar en la semipila catódica, migrar a través del puente de sal, y se oxidan en el ánodo medio de células y reaccionar con un hidruro metálico para formar el haluro de metal y los átomos de H y gas H_2 en donde hidrinos se forman durante el intercambio de haluro-hidruro. Células ejemplares son [halógeno tal como $\text{I}_2(\text{S})$ /puente de sal haluro, tal como hidruro de Agl/metal, tal como MnH_2], $[\text{BR}_2(1)/\text{AgBr}/\text{hidruro metálico tal como } \text{EuH}_2]$ Y $[\text{Cl}_2(\text{G})/\text{AgCl}/\text{SSR}_2]$.

[0381] En una realización, la célula comprende una fuente de iones Na^+ , un medio para transportar selectivamente iones Na^+ , y un sumidero de iones Na^+ y una fuente de H para formar catalizador NaH y hidrinos. La fuente de H puede ser un hidruro tal como hidruro de metal. hidruros metálicos adecuados son tierras raras, metales de transición, metales de transición interna, álcali, e hidruros de metales alcalinotérreos, y otros hidruros de elementos tales como B y Al. La célula puede comprender un ánodo de fuente Na tal como un compuesto de intercalación de Na, nitruro, o calcogenuro, al menos uno de un electrolito, el separador, y el puente de sal, y un cátodo que comprende al menos uno de un hidruro metálico tal como un hidruro de tierra rara, hidruro metálico de transición tal como R-ni o TiH_2 , o hidruro de metal de transición interna tales como ZrH_2 . Un material de matriz hidrogenado, tal como el carbono hidrogenado, tal como carbono activo, un compuesto de intercalación Na tal como un óxido de metal o de oxianión de metal tal como NaCoO_2 o NaFePO_4 , u otro calcogenuro. Materiales de cátodo de sodio a modo de ejemplo son un sumidero de Na que comprende óxidos tales como Na_xWO_3 , $\text{Na}_x\text{V}_2\text{O}_5$, NaCoO_2 , NaFePO_4 , NaMn_2O_4 , NaNiO_2 , $\text{Na}_2\text{FePO}_4\text{F}$, NaV_2O_5 , $\text{Na}_2\text{Fe}_{1-x}\text{Mn}_x\text{PO}_4\text{F}$, $\text{Na}_x[\text{Na}_{0.33}\text{Ti}_{1.67}\text{O}_4]$, o $\text{Na}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$, óxidos de metales de transición en capas tales como óxidos de Ni-Mn-Co como $\text{NaNi}_{1/3}\text{Co}_{1/3}\text{Mn}_{1/3}\text{O}_2$ y $\text{Na}(\text{Na}_x\text{Ni}_x\text{Co}_y\text{Mn}_z)\text{O}_2$ y NaTi_2O_4 . materiales de ánodo de sodio a modo de ejemplo son una fuente de Na, tal como grafito (NaC_6), Carbono duro (NaC_6), titanato de ($\text{Na}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$), $\text{Si}(\text{Na}_{4.4}\text{Si})$, y $\text{Ge}(\text{Na}_{4.4}\text{Ge})$. Una célula ejemplar es [NaCl/membrana de polipropileno saturada con una solución de electrolito de 1 M NaPF₆ en 1:1 carbonato de dimetilo/carbonato de etileno/ NaCoO_2 R-Ni]. El electrolito puede ser una sal de punto bajo de fusión, preferiblemente una sal de Na tal como al menos uno de NaI (660°C), NaAlCl_4 (160°C), NaAlF_4 , y el compuesto de la misma clase que NaMX_4 en donde M es un metal y X es un haluro que tiene un haluro metálico tal como uno que es más estable que NaX. Al menos una mezcla de reacción de célula media puede comprender además un soporte tal como R-Ni o un carburo tal como TiC. células ejemplares son [Na/beta alúmina de sodio/ NaAlCl_4 TiC MH_2 tales como TiH_2 , ZrH_2 o LaH_2]. En otras realizaciones, K sustituye Na. En una realización, la M de metal alcalino tal como Na está formada por la reducción de M^+ en un material poroso tal como un hidruro de metal poroso tal que se impide de contraer cualquier electrolito reactivo tal como MAICl_4 .

[0382] En otras realizaciones de la descripción, un metal alcalino puede sustituir a otro. Por ejemplo, el ánodo que comprende un metal alcalino puede ser una aleación tal como uno de Li_3Mg , K_3Mg y Na_3Mg en donde diferentes metales alcalinos son reactivos de célula media adecuados.

[0383] En otra realización, la célula CIHT basada en Na comprende un cátodo, un ánodo, y un electrolito en donde al menos un componente comprende hidrógeno o una fuente de hidrógeno. En una realización, el cátodo contiene un material a base de sodio electroquímicamente activo tal como un material de intercalación desintercalación reversible. El material también puede comprender una especie que sirve como material de condensador durante la carga y descarga. Materiales de intercalación desintercalación reversibles Na adecuados comprenden óxidos de transición, sulfuros, fosfatos, y fluoruros. El material puede contener un metal alcalino tal como Na o Li que pueden ser desintercalados durante la carga y pueden además ser intercambiados por métodos tales como la electrólisis. El material a base de sodio electroquímicamente activo de la Patente de EE.UU. Nº EE.UU. 7759, 008 B2 (20 de julio, 2010) se incorporan aquí por referencia. El material activo de sodio basado es principalmente un fosfato de metal de sodio seleccionado a partir de compuestos de la fórmula general:



En donde

- i. A se selecciona entre el grupo que consiste en sodio y mezclas de sodio con otros metales alcalinos, y $0 < a \leq 9$;
- ii. M comprende uno o más metales, que comprende al menos un metal que es capaz de experimentar oxidación a un estado de valencia más elevado, y $1 \leq b \leq 3$;
- iii. XY_4 se selecciona del grupo que consiste en $\text{X}'\text{O}_{4-x}\text{Y}'_x$, $\text{X}'\text{O}_{4-y}\text{Y}'_{2y}$, $\text{X}''\text{S}_4$, y mezclas de los mismos, donde X' es P, As, Sb, Si, Ge, S, y mezclas de los mismos; X'' es P, As, Sb, Si, Ge y mezclas de los mismos; Y' S es halógeno; $0 \leq x < 3$; y $0 < y < 4$; y $0 < c \leq 3$;
- iv. Z es OH, halógeno, o mezclas de los mismos, y $0 \leq d \leq 6$; y en donde M, X, y, Z, a, b, c, d, x e y se seleccionan a fin de mantener la electroneutralidad del compuesto.

ejemplos de sodio preferidos no limitantes. que contienen materiales activos incluyen NaVPO_4F , $\text{Na}_{1+y}\text{VPO}_4\text{F}_{1+y}$, NaVOPO_4 , $\text{Na}_3\text{V}_2(\text{PO}_4)_2\text{F}_3$, $\text{Na}_3\text{V}_2(\text{PO}_4)_3$, NaFePO_4 , $\text{NaFe}_x\text{Mg}_{1-x}\text{PO}_4$, $\text{Na}_2\text{FePO}_4\text{F}$ y combinaciones de los mismos, en donde $0 < x < 1$, y $-0,2 \leq y \leq 0,5$. Otro material activo preferido tiene la fórmula general $\text{Li}_{1-z}\text{Na}_z\text{VPO}_4\text{F}$ en donde 1. Además de vanadio (V), diversos metales de transición y elementos de metales no de transición se pueden utilizar individualmente o en combinación para preparar los materiales activos a base de sodio. En las realizaciones, H sustituye parcialmente por Na o Li del material a base de sodio electroquímicamente activo. Al menos uno del cátodo, ánodo, o electrolito comprende, además, H o una fuente de H. El diseño de la célula puede ser el de las células CIHT que tienen los materiales a base de litio electroquímicamente activos con Na sustituyendo a Li y puede comprender, además, estos materiales a base de sodio electroquímicamente activos reemplazando los correspondientes de las células a base de litio. En otras formas de realización, otro metal alcalino, tal como Li o K puede sustituir por Na.

[0384] El ánodo puede comprender Na/carbono en donde el electrolito puede comprender un compuesto Na inorgánico tal como NaClO_4 y un disolvente orgánico tal como EC: DEC, PC: DMC, o PC: VC. El electrolito puede comprender la NASICON de electrolito sólido ($\text{Na}_3\text{Zr}_2\text{Si}_2\text{PO}_{12}$). La célula CIHT de sodio puede comprender $[\text{Na}$ o $\text{NaCl}/\text{Na}_3\text{Zr}_2\text{Si}_2\text{PO}_{12}/\text{N}/\text{A}_3\text{V}_2(\text{PO}_4)_3]$ y $[\text{Na}_3\text{V}_2(\text{PO}_4)_3/\text{N}/\text{A}_3\text{Zr}_2\text{Si}_2\text{PO}_{12}/\text{N}/\text{A}_3\text{V}_2(\text{PO}_4)_3]$.

[0385] En una realización, Na puede servir como un reactivo de ánodo y como un electrolito de semipila catódica en donde un gradiente de concentración de Na puede existir debido a una mezcla con otro elemento fundido o compuesto de la semipila catódica. La célula comprende además una fuente de H tal como un reactivo de cátodo hidruro y puede comprender además un soporte. Células de concentración de ejemplo que tienen Na^+ como el ion de migración que pueden ser a través de un puente de sal, tal como electrolito sólido beta alúmina (BASE) son $[\text{Na}/\text{BASE}/\text{Na}$ a una concentración menor que la semipila anódica debido a otros elementos fundidos o compuestos tales como al menos uno de In, Ga, Te, Pb, Sn, Cd, Hg, P, S, I, Se, Bi, y As, fuente de H tal como hidruro, y opcionalmente un soporte].

[0386] En otras realizaciones, el material de cátodo es un compuesto de intercalación con las especies intercalantes tales como un metal alcalino o un ion tal como Na o Na^+ reemplazado por H o H^+ . El compuesto puede comprender H intercalado. El compuesto puede comprender un compuesto de óxido en capas tal como NaCoO_2 con al menos algunos Na sustituidos por H, tales como $\text{CoO}(\text{OH})$ también designa HCoO_2 . El compuesto cátodo de célula media puede ser un compuesto en capas, tal como un calcogenuro en capas tal como un óxido en capas tal como NaCoO_2 o NaNiO_2 con al menos un poco de metal intercalado alcalino tal como Na sustituido por intercalado H. En una realización, al menos algunos H y posiblemente algún Na es la especie intercalada del material de cátodo cargado y se intercala Na durante la descarga. compuestos de intercalación adecuados con sustitución H de al menos algunos de la Na son los que comprenden el ánodo o el cátodo de una batería de iones de Li o Na, tales como los de la divulgación. Compuestos de intercalación ejemplares adecuados que comprenden HxNa_y o H sustituyendo Na son Na grafito, Na_xWO_3 , $\text{Na}_x\text{V}_2\text{O}_5$, NaCoO_2 , NaFePO_4 , NaMn_2O_4 , NaNiO_2 , $\text{Na}_2\text{FePO}_4\text{F}$, NaMnPO_4 , sistema VOPO_4 , NAV_2O_5 , NaMgSO_4F , NaMSO_4F (M = Fe, Co, Ni, metal de transición), NaMPO_4F (M = Fe, Ti), $\text{Na}_x[\text{N}/\text{A}_{0,33}\text{Ti}_{1,67}\text{O}_4]$, o $\text{Na}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$, óxidos de metales de transición en capas tales como óxidos de Ni-Mn-Co como $\text{NaNi}_{1/3}\text{Co}_{1/3}\text{Mn}_{1/3}\text{O}_2$ y Na ($\text{Na}_{a-1}\text{Ni}_x\text{Co}_y\text{Mn}_z$)

O₂ y NaTi₂O₄, y otros materiales de calcogenuros y de intercalación de capas Na de la descripción tal como materiales de intercalación desintercalación reversibles Na que comprenden óxidos de transición, sulfuros, fosfatos, y fluoruros. Otros compuestos adecuados comprenden intercalaciones oxihidróxidas de al menos uno del grupo de AlO(OH), SCO(OH), YO(OH), VO(OH), CrO(OH), MnO(OH) (α -MnO(OH) groutita y γ -MnO(OH) manganita), FeO(OH), CoO(OH), NiO(OH), (OH), GaO(OH), InO(OH), Ni_{1/2}Co_{1/2}O(OH), y Ni_{1/3}Co_{1/3}Mn_{1/3}O(OH). células ejemplares son [fuente Na tal como Na, aleación de Na, tales como NaCl o Na₃Mg sal/eutética, electrolito orgánico, tal como LP 40 con NaPF₆, Un líquido iónico, o electrolito de sodio sólido, tal como compuestos/intercalación base o NASICON que comprenden HxN/Ay o H sustituyendo en el grupo de Na grafito, Na_xWO₃, N/AxV₂O₅, NaCoO₂, NaFePO₄, NaMn₂O₄, NaNiO₂, Na₂FePO₄F, NaMnPO₄, sistema VOPO₄, NAV₂O₅, NaMgSO₄F, NaMSO₄F (M = Fe, Co, Ni, metal de transición), NaMPO₄F (M = Fe, Ti), Na_x[Na_{0,33}Ti_{1,67}O₄], o Na₄Ti₅O₁₂, óxidos de metales de transición en capas tales como óxidos de Ni-Mn-Co como NaNi_{1/3}Co_{1/3}Mn_{1/3}O₂ y Na(Na_xNi_xCo_yMn_z) O₂ y NaTi₂O₄, y otros materiales de calcogenuros y intercalación con capas de Na de la divulgación, tales como materiales de intercalación desintercalación Na reversibles que comprenden óxidos de transición, sulfuros, fosfatos, y fluoruros] y [fuente de Na, tales como Na, aleación de Na, tales como NaCl o Na₃Mg sal/eutética, electrolito orgánico, tal como LP 40 con NaPF₆, un líquido iónico, o electrolito de sodio sólido tal como la base o NASICON/al menos uno del grupo de AlO(OH), SCO(OH), YO(OH), VO(OH), CrO(OH), MnO(OH) (α -MnO(OH) groutita y γ -MnO(OH) manganita), FeO(OH), CoO(OH), NiO(OH), RhO(OH), GaO(OH), ino(OH), Ni_{1/2}Co_{1/2}O(OH), y Ni_{1/3}Co_{1/3}Mn_{1/3}O(OH)]. Otros metales alcalinos pueden sustituir por Na tales como K.

[0387] En una realización, el producto de cátodo formado a partir de la reducción del ion de migración y cualquier posible reacción adicional con un reactivo de cátodo se puede regenerar por no electrólisis, así como técnicas de electrólisis. El producto se puede regenerar al material del ánodo de partida por los métodos de la presente descripción para mezclas de reacción. Por ejemplo, el producto que comprende elemento(s) del ion de migración puede ser separado físicamente o térmicamente y se regenera y se devuelve al ánodo. La separación puede ser por descomposición térmica de un hidruro y la evaporación del metal que es el ion de migración reducida. El producto cátodo del ion de migración también puede ser separado y se hizo reaccionar con productos de ánodo para formar los reactivos de partida. El hidruro de los reactivos de cátodo se puede regenerar por hidrógeno, agregando, o el hidruro puede estar formado en una cámara de reacción separada después de la separación de los productos de reacción del cátodo correspondientes necesarias para desde el hidruro de partida. Del mismo modo, cualesquiera otros reactivos de cátodo pueden regenerarse mediante etapas de separación y síntesis química in situ o en un recipiente separado para formar los reactivos.

[0388] En una realización de la célula CIHT, otro catión reemplaza Na⁺ como el ion móvil. El ion móvil puede ser reducido en el cátodo para formar el catalizador o la fuente de catalizador, tal como NaH, K, Li, Sr⁺ o BaH. El electrolito puede comprender β -Alúmina (beta prime-alúmina prime) o alúmina beta, así complejoado con el ion móvil correspondiente. Por lo tanto, el electrolito sólido puede comprender Al₂O₃ complejoado con al menos una de Na⁺, K⁺, Li⁺, Sr₂⁺ y Ba₂⁺ y también puede ser complejoado con al menos uno de H⁺, Ag⁺, o Pb²⁺. El puente de electrolito o sal puede ser un ion impregnado vidrio tal como K⁺ vu. En una forma de realización con H⁺ como el ion móvil, H⁺ se reduce a H en el cátodo para servir como una fuente de hidrógeno atómico para la catálisis a hidrinos. En una realización general, el compartimiento de ánodo comprende un metal alcalino, el electrolito sólido comprende el ion de metal correspondiente Migración complejoado con alúmina beta, y el compartimiento de cátodo comprende una fuente de hidrógeno tal como un hidruro o H₂. El ion metálico migración se puede reducir al metal en el cátodo. El metal o un hidruro formado a partir del metal puede ser el catalizador o la fuente de catalizador. Hidrinos se forman por la reacción del catalizador y de hidrógeno. La célula puede ser operado en un rango de temperatura que proporciona una conductividad favorable. Un intervalo de temperatura de funcionamiento adecuada es de 250°C a 300°C. Otros puentes de sal conductores de iones de sodio ejemplares son NASICON (Na₃Zr₂Si₂PO₁₂) y Na_xWO₃. En otras formas de realización, otro metal tal como Li o K puede sustituir Na. En una realización, al menos uno de los componentes celulares tales como el puente de sal, y reactivos de cátodo y ánodo comprenden un revestimiento que es selectivamente permeable a una especie dada. Un ejemplo es un recubrimiento de óxido de circonio que es selectivamente permeable a OH⁻. Los reactivos pueden comprender micro-partículas encapsuladas en un recubrimiento tal que reaccionan selectivamente con la especie selectivamente permeable. Electrolitos sólidos de litio o puentes de sal pueden ser haluro estabilizado LiBH₄ tal como LiBH₄-LiX (X = haluro), Li⁺ impregnado Al₂O₃ (Li- β -alúmina), vidrios basados en Li₂S, Li_{0,29+d}La_{0,57}TiO₃ (d = de 0 a 0,14), La_{0,51}Li_{0,34}TiO_{2,94}, Li₉AlSiO₈, Li₁₄ZnGe₄O₁₆ (LISICON), Li_xM_{1-y}M_yS₄ (M = Si, Ge, y M' = P, Al, Zn, Ga, Sb) (tio-LISICON), Li_{2,68}PO_{3,73}N_{0,14} (LIPON), Li₅La₃Ta₂O₁₂, Li_{1,3}Al_{0,3}Ti_{1,7}(PO₄)₃, LiM₂(PO₄)₃, M^{IV} = Ge, Ti, Hf y Zn, Li_{1+x}Ti₂(PO₄)₃ (0 ≤ x ≤ 2) LiNbO₃, silicato de litio, aluminato de litio, aluminosilicato de litio, polímero sólido o gel, dióxido de silicio (SiO₂), óxido de aluminio (Al₂O₃), óxido de litio (Li₂O), Li₃N, Li₃P, óxido de galio (Ga₂O₃), óxido de fósforo (P₂O₅), óxido de silicio y aluminio, y soluciones sólidas de los mismos y otros conocidos en la técnica. Una célula ejemplar es [Li/Li electrolito sólido/R-Ni].

[0389] En un tipo de reacción de intercambio de hidruro, la reacción de intercambio de hidruro puede comprender la reducción de un hidruro de otra que la del catalizador o fuente de catalizador, tal como un hidruro alcalino tal como LiH, KH, o NaH o BaH. Los iones de hidruro estabilizan el catión catalizador altamente ionizado del estado de transición. El propósito del diferente hidruro es forzar a que la reacción proceda a una mayor medida en dirección hacia adelante de formar el estado de transición y hidrinos. Hidruros diferentes adecuados son los hidruros alcalinotérreos, tales como BaH y MgH₂, diferentes hidruros alcalinos tales como LiH con KH o NaH, hidruros de

metales de transición tales como TiH_2 , e hidruros de tierras raras tales como EuH_2 , GdH_2 y LaH_2 .

[0390] En una realización, los electrones y catalizador de iones se recombinan en el estado de transición de tal manera que no se producirá la reacción de catálisis. La disposición externa de un contraión para el catalizador ionizado tal como iones de hidruro facilita la catálisis y la formación de catalizador ionizado tal como Na^{2+} o K_3^+ . Esto se facilita adicionalmente mediante los componentes de la mezcla de reacción de un soporte conductor, tal como TiC y opcionalmente un reductor tal como un metal alcalinotérreo o su hidruro tal como MgH_2 u otra fuente de iones de hidruro. Por lo tanto, la célula CIHT puede llevar a cabo como una batería y suministrar energía a una carga variable de la demanda en donde la carga completa el circuito para el flujo de electrones desde el compartimiento del ánodo y el flujo de iones de carga opuesta del compartimiento catódico. Además, un circuito de este tipo para al menos uno de los electrones y los iones de carga opuesta aumenta la velocidad de la reacción hidrino en una realización.

[0391] Con respecto a la Figura 18, la célula de combustible 400 comprende un compartimiento de cátodo 401 con un cátodo 405, un compartimiento de ánodo 402 con un ánodo 410, un puente de sal 420, reactivos hidrino, y una fuente de hidrógeno. Los reactivos de compartimiento del ánodo pueden comprender un catalizador o una fuente de catalizador y de hidrógeno o una fuente de hidrógeno tal como LiH , NaH , BaH , o KH y pueden comprender uno o más de un soporte como TiC y un reductor como al menos uno de metal alcalinotérreo y su hidruro como Mg y MgH_2 y un metal alcalino y su hidruro tal como Li y LiH . Los reactivos de compartimiento del cátodo pueden comprender una fuente de una especie intercambiable tales como anión tal como haluro o hidruro. Reactivos adecuados son hidruros metálicos tales como alcalinotérreo o hidruros de metales alcalinos tales como MgH_2 , BaH , y LiH . Los metales correspondientes, tales como Mg y Li pueden estar presentes en el compartimiento catódico.

[0392] El puente de sal puede comprender una membrana de conducción de aniones y/o un conductor de aniones. El puente de sal puede realizar un catión. El puente de sal se puede formar de una zeolita o alúmina, tales como uno saturado con el catión del catalizador, tal como aluminato de sodio, un boruro de lantánido (como MB_6 , donde M es un lantánido), o un boruro alcalinotérreo (tal como MB_6 donde M es un alcalino térreo). Un componente reactivo o célula puede ser un óxido. Las especies electroquímicas en un óxido pueden ser iones óxido o protones. El puente de sal puede conducir iones óxido. Ejemplos típicos de conductores de óxido son zirconia estabilizada con itria (YSZ), ceria dopada con gadolinia (CGO), galato de lantano y óxido de vanadio de cobre de bismuto tales como BiCuVO_x . Algunos materiales de perovskita como $\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{Co}_y\text{O}_{3-d}$ también muestran óxido mixto y la conductividad de electrones. El puente de sal puede conducir protones. Ceratos y circonatos de bario dopados son buenos conductores de protones o conductores de iones óxido protonados. El conductor de H^+ puede ser conductores de protones de tipo SrCeO_3 como el óxido de niobio de itrio de cerio de estroncio. HxWO_3 es otro conductor de protones adecuado. Nafion, membranas similares, y compuestos relacionados son también conductores de protones adecuados, y pueden servir adicionalmente como conductores de cationes tales como conductores Na^+ o Li^+ . El conductor de protones puede comprender una película sólida de electrolito de sal fundida HCl-LiCl-KCl sobre una malla metálica, tal como SS que puede servir como un puente salino conductor de protones para una célula que tiene un electrolito orgánico. El electrolito catión puede someterse a intercambio con Nafion para formar el conductor de iones correspondiente. El conductor de protones puede ser un polímero anhidro tal como membrana iónica líquida a base de material compuesto tal como Nafion y líquidos iónicos, tales como 1-etil-3-metilimidazolio trifluoro-metanosulfonato y 1-etil-3-metilimidazolio tetrafluoroborato, o un polímero que comprende donador de protones y grupos aceptores tales como uno que tiene restos de bencimidazol tales como poli-[(1-(4,4'-difeniléter)-5-oxibenzimidazole)bencimidazol] que también se pueden mezclar con Nafion y aún más dopado tal como con compuestos inorgánicos deficientes en electrones, tales como nanopartículas BN.

[0393] En otras realizaciones, uno o más de un número de otros iones conocidos por los expertos en la técnica puede ser móvil dentro de sólidos, tales como Li^+ , Na^+ , Ag^+ , F^- , Cl^- , y N_3^- . Correspondientes buenos materiales de electrolito que utilizan cualquiera de estos iones son Li_3N , $\text{Na-}\beta\text{-Al}_2\text{O}_3$, AgI , PbF_2 y SrCl_2 . Óxido de polietileno dopado de sal alcalina o polímeros similares puede servir como un electrolito/separador para un ion de metal alcalino de migración tal como Li^+ . En una realización, el puente de sal comprende el electrolito fundido solidificado de la célula formada por enfriamiento en una ubicación específica, tal como en un plano de separación. El enfriamiento puede ser logrado mediante el uso de un disipador de calor tal como un conductor de calor tal como una placa de metal que es porosa. Además, los hidruros alcalinos y alcalinotérreos, halogenuros, y mezclas, son buenos conductores de H^- de ion de hidruro. Mezclas adecuadas comprenden una sal fundida eutéctica. El puente de sal puede comprender un hidruro y puede llevar a cabo selectivamente iones de hidruro. El hidruro puede ser muy estable térmicamente. Debido a sus altos puntos de fusión y temperaturas de descomposición térmica, hidruros adecuados son hidruros salinos tales como los de litio, calcio, estroncio y bario, y los hidruros de metales tales como los de metales de tierras raras tales como Eu , Gd , y La . En el último caso, H o protones pueden difundirse a través del metal con una conversión de H a H^- en la superficie. El puente de sal puede ser un ion de hidruro sólido conductor de electrolito tal como $\text{CaCl}_2\text{-CaH}_2$. Ion de hidruro adecuado de realización de electrolitos sólidos son $\text{CaCl}_2\text{-CaH}_2$ (5 a 7,5% en moles) y $\text{CaCl}_2\text{-LiCl-CaH}_2$. Células ejemplares que comprenden un puente de sal conductor de H^- son $[\text{Li/sal eutéctica tales como LiCl-KCl LiH/Fe (H}_2)]$ y $[\text{Li o Li aleación/CaCl}_2\text{-CaH}_2\text{/sal eutéctica tales como LiCl-KCl LiH/Fe (H}_2)]$.

[0394] El cátodo y el ánodo pueden ser un conductor eléctrico. El conductor puede ser el apoyo y comprender además una ventaja para cada uno del cátodo y el ánodo que conecta cada uno a la carga. El cable es también un conductor.

Un conductor adecuado es un metal, carbono, carburo, o un boruro. Un metal adecuado es un metal de transición, acero inoxidable, metal noble, metal de transición interna tales como Ag, metal alcalino, metal alcalinotérreo, Al, Ga, In, Sn, Pb, y Te.

[0395] La célula puede comprender una célula sólida, fundida, o líquida. Esta última puede comprender un disolvente. Las condiciones de funcionamiento pueden controlarse para alcanzar un estado o característica de al menos un componente reactivo o célula deseada, tal como los de los reactivos de células de cátodo, reactivos de célula de ánodo, el puente de sal, y compartimentos celulares. Estados adecuados son sólido, líquido y gaseoso, y propiedades adecuadas son la conductividad de iones y electrones, propiedades físicas, miscibilidad, velocidad de difusión, y la reactividad. En el caso de que uno o más reactivos se mantienen en un estado fundido la temperatura del compartimento puede ser controlada para estar por encima del punto de fusión reactivo. Puntos de fusión ejemplares de Mg, MgH₂, K, KH, Na, NaH, Li, y LiH son 650°C, 327°C, 63,5°C, 619°C, 97,8°C, 425°C (dec), 180,5°C, y 688,7°C, respectivamente. El calor puede ser de la catálisis de hidrógeno para hidrinos. Alternativamente, los reactivos oxidantes y/o reductores son fundidos con calor suministrado por la resistencia interna de la célula de combustible o por el calentador externo 450. En una realización, la célula CIHT está rodeada de aislamiento tal que comprende como una chaqueta de doble pared evacuada tales como una chaqueta de hoja de metal lleno de aislamiento para la pérdida de calor por conducción y por radiación que es conocido por los expertos en la técnica. En una realización, la configuración es un retenedor termodinámicamente eficiente de calor, tal como una pila cilíndrica derecha que proporciona un volumen óptimo a relación de área a la superficie para retener el calor. En una realización, los reactivos de al menos uno de los compartimentos de cátodo y ánodo están al menos parcialmente solvatados por un disolvente. El disolvente puede disolver el catalizador o la fuente de catalizador tales como metales alcalinos e hidruros tales como LiH, NaH Li, Na, KH, K, BaH, y Ba. Los disolventes adecuados son los descritos en la sección de Disolvente Orgánico y la sección de disolvente inorgánico. Los disolventes adecuados que se disuelven los metales alcalinos son hexametilfosforamida (*OP(N(CH₃)₂)₃*), amoníaco, aminas, éteres, un disolvente complejante, éteres de corona, y criptandos y disolventes tales como éteres o una amida tal como THF con la adición de un éter de corona o criptando.

[0396] La célula de combustible puede comprender además al menos un sistema de hidrógeno 460, 461, 430, y 431 para la medición de, entregar, y controlar el hidrógeno a al menos un compartimento. El sistema de hidrógeno puede comprender una bomba, al menos un valor, un indicador de presión y el lector, y el sistema de control para suministrar hidrógeno a por lo menos uno de los compartimentos de cátodo y ánodo. El sistema de hidrógeno puede reciclar hidrógeno a partir de un compartimento a otro. En una realización, el sistema de hidrógeno recicla gas H₂ desde el compartimento anódico al compartimento catódico. El reciclado puede ser activo o pasivo. En el primer caso, H₂ puede ser bombeado desde el ánodo al compartimento de cátodo durante el funcionamiento, y en el último caso, H₂ puede difundir o fluir desde el ánodo al compartimento de cátodo debido a una acumulación de presión en el compartimento del ánodo durante el funcionamiento de acuerdo con la reacción, tal como los de las Ecs. (199-200).

[0397] Los productos pueden ser regenerados en los compartimentos catódicos o anódicos. Los productos pueden ser enviados a un regenerador en donde cualquiera de las químicas de regeneración de la presente descripción se puede aplicar para regenerar los reactivos iniciales. Las células que se someten a la reacción hidrino pueden proporcionar calor a los sometidos a la regeneración de los reactivos.

[0398] En una realización, la célula de combustible comprende compartimentos de ánodo y cátodo que contienen cada uno un ánodo y el cátodo, la mezcla de reacción correspondiente, y un puente de sal entre los compartimentos. Los compartimentos pueden comprender paredes celulares no conductoras inertes. Materiales de contenedor adecuados son carburos y nitruros tales como SiC, B₄C, BC₃ o TiN o un tubo de acero inoxidable recubierto internamente con carburos y nitruros, tales como SiC, B₄C o BC₃O estaño. Alternativamente, la célula puede estar forrada con un aislante inerte, tal como MgO, SiC, B₄C, BC₃ o TiN. La célula puede estar hecha de un material conductor con un separador aislante. Materiales celulares adecuados son de acero inoxidable, metales de transición, metales nobles, metales refractarios, metales de tierras raras, Al, y Ag. Las células pueden tener cada una una conexión de interfaz con aislante inerte. Separadores aislantes adecuados y materiales para los pasamuros eléctricos son MgO y carburos y nitruros, tales como SiC, B₄C, BC₃ o TiN. Otra célula, separadores, y alimentadores se pueden utilizar que son conocidos para los expertos en la técnica. El cátodo y el ánodo ejemplar cada uno comprende lana de acero inoxidable con una ventaja de acero inoxidable conectado a una fuente de células a través de la soldadura de plata. La mezcla de reacción de ánodo ejemplar comprende (i) un catalizador o fuente de catalizador y una fuente de hidrógeno del grupo de Li, LiH, Na, NaH, K, KH, Rb, RbH, Cs, Cs H, Ba, BaH, Ca, HAC, Mg, MgH₂, MgX₂ (X es un haluro) y H₂, opcionalmente (ii) un reductor del grupo de Mg, Ca, Sr, Ba, y Li, y (iii) un soporte del grupo de C, Pd/C, Pt/C, TiC, y YC₂. La mezcla de reacción en el cátodo ejemplar comprende (i) un oxidante del grupo de MX₂ (M = Mg, Ca, Sr, Ba; X = H, F, Cl, Br, I) y LiX (X = H, Cl, Br), opcionalmente (ii) un reductor del grupo de Mg, Ca, Sr, Ba, y Li, y opcionalmente (iii) un soporte del grupo de C, Pd/C, Pt/C, TiC, y YC₂. El puente de sal ejemplar comprende un hidruro de metal que tiene estabilidad a alta temperatura presiona o se conforma en una losa. El puente de sal puede ser de entre el grupo de hidruros metálicos de LiH, de CaH₂, SSR₂, BaH₂, LaH₂, GdH₂ y EuH₂. Hidrógeno o un hidruro pueden añadirse a cualquiera de los compartimentos de células que pueden comprender además un disociador de hidrógeno tal como Pd o Pt/C. En una realización en Mg²⁺ es el catalizador, la fuente de catalizador puede ser un hidruro de metal mixto tal como Mg_x(M₂)_yH_z en donde x, y, y z son números enteros y M₂ es un metal. En una realización, el hidruro mixto comprende un metal alcalino y Mg como KMgH₃, K₂MgH₄, NaMgH₃, Na₂MgH₄ e hidruros mixtos con dopaje que pueden aumentar la movilidad H. El dopaje puede aumentar la movilidad H mediante el aumento de la concentración de H

vacantes. Un dopaje adecuado es con pequeñas cantidades de sustituyentes que pueden existir como cationes monovalentes en lugar de los cationes normalmente divalentes de tipo B de una estructura de perovskita. Un ejemplo es dopaje de Li para producir x vacantes como en el caso de $\text{Na}(\text{Mg}_{x-1}\text{Li}_x)\text{H}_{3-x}$.

[0399] En una realización, un hidruro mixto se forma a partir de una aleación durante la descarga, tal como una que comprende un metal alcalino y un metal alcalinotérreo tal como M_3Mg (M = álcali). El ánodo puede ser la aleación y el cátodo puede comprender una fuente de H tal como un hidruro o H a partir de un cátodo H-permeable y gas H_2 , tal como $\text{Fe}(\text{H}_2)$ o gas H_2 y un disociador como $\text{PtC}(\text{H}_2)$. La célula puede comprender y electrolitos tales como un conductor de hidruro tal como una sal eutéctica fundida, tal como una mezcla de haluros alcalinos, tales como LiCl-KCl . Las células ejemplares son $[\text{Li}_3\text{Mg}, \text{Na}_3\text{Mg}, \text{o } \text{K}_3\text{Mg/LiCl-KCl LiH/TiH}_2, \text{CeH}_2, \text{LaH}_2 \text{ o } \text{ZrH}_2]$.

[0400] En una realización, las reacciones de ánodo y cátodo comprenden diferentes reactivos para formar hidrinos o el mismo reactivo mantenidos con al menos una de las diferentes concentraciones, diferentes cantidades, o bajo diferentes condiciones tales que una tensión se desarrolla entre las dos medias células que pueden suministrar energía a la carga externa a través de los cables de ánodo y cátodo. En una realización, la mezcla de reacción en el ánodo comprende (i) un catalizador o la fuente de catalizador y una fuente de hidrógeno tal como al menos uno del grupo de Li, LiH, Na, NaH, K, KH, Rb, RbH, Cs, Cs H, Ba, BaH, Ca, HAC, Mg, MgH_2 , MgX_2 (X es un haluro) y H_2 , opcionalmente (ii) un reductor tal como al menos uno del grupo de Mg, Ca, Sr, Ba, y Li, y (ii) un soporte tal como al menos uno del grupo de C, Pd/C, Pt/C, TiC, y YC_2 . La mezcla de reacción en el cátodo comprende (i) un catalizador o la fuente de catalizador y una fuente de hidrógeno tal como al menos uno del grupo de Li, LiH, Na, NaH, K, KH, Rb, RbH, Cs, Cs H, Ba, BaH, Ca, CaH, Mg, MgH_2 , MgX_2 (X es un haluro) y H_2 , opcionalmente (ii) un reductor tal como al menos uno del grupo de Mg, Ca, Sr, Ba, Li, y (ii) un soporte tal como al menos uno del grupo de C, Pd/C, Pt/C, TiC, y YC_2 . Opcionalmente, cada mezcla de reacción de célula media puede comprender un oxidante tal como al menos uno del grupo de MX_2 (M = Mg, Ca, Sr, Ba; X = H, F, Cl, Br, I) y LiX (X = H, Cl, Br). En una realización ejemplar, la mezcla de reacción de ánodo comprende KH Mg TiC y la mezcla de reacción en el cátodo comprende NaH Mg TiC. En otras realizaciones ejemplares, las células comprenden Mg MgH_2 TiC//NaH H_2 , KH TiC Mg//NaH TiC, KH TiC Li//NaH TiC, Mg TiC H_2 //NaH TiC, KH MgH_2 TiC Li// KH Mg TiC LiBr, KH Mg TiC//KH Mg TiC MX_2 (MX_2 es un haluro de tierra alcalina), NaH Mg TiC//KH Mg TiC MX_2 en donde // designa el puente de sal que puede ser un hidruro. Hidrógeno o un hidruro pueden añadirse a cualquiera de los compartimientos de células que pueden comprender además un disociador de hidrógeno tal como Pd o Pt/C.

[0401] Los reactivos de al menos una de las células medias pueden comprender un material de almacenamiento de hidrógeno, tal como un hidruro metálico, una especie de un sistema M-N-H como LiNH_2 , Li_2NH , o Li_3N , y un hidruro de metal alcalino que comprende, además de boro tales como borohidruros o de aluminio, tal como aluminohidruros. Además los materiales de almacenamiento de hidrógeno son adecuados los hidruros metálicos tales como hidruros de metales alcalinotérreos tales como MgH_2 , hidruros de aleaciones de metales tales como BaReH₉, LaNi_5H_6 , $\text{FeTiH}_{1.7}$ y MgNiH_4 , borohidruros de metales tales como $\text{Be}(\text{BH}_4)_2$, $\text{Mg}(\text{BH}_4)_2$, $\text{Ca}(\text{BH}_4)_2$, $\text{Zn}(\text{BH}_4)_2$, $\text{Sc}(\text{BH}_4)_3$, $\text{Ti}(\text{BH}_4)_3$, $\text{Mn}(\text{BH}_4)_2$, $\text{Zr}(\text{BH}_4)_4$, NaBH_4 , LiBH_4 , KBH_4 y $\text{Al}(\text{BH}_4)_3$, AlH_3 , NaAlH_4 , Na_3AlH_6 , LiAlH_4 , Li_3AlH_6 , LiH, LaNi_5H_6 , $\text{La}_2\text{Co}_1\text{Ni}_9\text{H}_6$ y TiFeH_2 , NH_3BH_3 , poliamionborano, complejos de borano de amina tales como borano de amina, amoniatos de boro hidruro, complejos de hidrazinaborano, diamoniato diborano, boracina, y octahidrottriboratos de amonio o tetrahidrobtoratos, los líquidos iónicos de imidazolio, tales como alquil(aril)-3-metilimidazolio N-bis(trifluorometanosulfonil) sales de imidato, sustancias de borato de fosfonio, y carbonita. Otros compuestos ejemplares son borano de amoniaco, borano de amoniaco alcalino tal como borano de amoniaco de litio, y alquilo de borano de amina tal como complejo de borano dimetilamina, complejo de trimetilamina borano, y boranos aminoácidos y aminas de borano tales como aminodiborano, n-dimetilaminodiborano, tris(dimetilamino)borano, di-n-butilboronamina, dimetilaminoborano, trimetiloaminoborano, amoniaco-trimetilborano, y trietiloaminoborano. Además los materiales de almacenamiento de hidrógeno adecuados son líquidos orgánicos con hidrógeno absorbido tales como carbazol y derivados tales como 9-(2-etilhexil)carbazol, 9-etilcarbazol, 9-fenilcarbazol, 9-metilcarbazol, y 4,4'-bis(N'arbazolilo)-1,1'-bifenilo.

[0402] En una realización, al menos una célula comprende adicionalmente un electrolito. El electrolito puede comprender un hidruro fundido. El hidruro fundido puede comprender un hidruro metálico tal como hidruro de metal alcalino o un hidruro de metal alcalinotérreo. El hidruro fundido puede ser disuelto en una sal. La sal puede tener un punto de fusión bajo tal como una sal eutéctica en donde uno de los cationes puede ser igual que la del hidruro de metal. La sal puede comprender LiH disuelto en una mezcla de LiCl/KCl o una mezcla tal como LiF/ MgF_2 . La sal puede comprender uno o más haluros del mismo catión que el del catalizador o son compuestos más estables que el compuesto de haluro que se puede formar a partir de la reacción del catalizador con el haluro de la sal tal como la mezcla de LiH con LiCl/KCl. La sal eutéctica puede comprender un fluoruro de metal alcalinotérreo tal como MgF_2 y el fluoruro del metal catalizador tal como un fluoruro de metal alcalino. El catalizador o la fuente de catalizador y fuente de hidrógeno pueden comprender un hidruro de metal alcalino tal como LiH, NaH, o KH, o BaH. Alternativamente, la mezcla de sal comprende haluros mixtos del mismo metal alcalino como el metal catalizador, ya una reacción de intercambio de haluro-hidruro con el hidruro catalizador daría lugar a ninguna reacción neta. Las mezclas adecuadas de haluros mixtos y hidruro de catalizador son al menos dos de KF, KCl, KBr, y KI con KH y Li o Na con sustitución de K. Preferiblemente, la sal es un conductor de iones de hidruro. Además de halogenuros, otros electrolitos de sales fundidas adecuadas que pueden conducir iones de hidruro son hidróxidos tales como KH en KOH o NaH en NaOH, y los sistemas de organometálicos tales como NaH en $\text{NaAl}(\text{Et})_4$. La célula puede estar hecha de metales tales como

Al, acero inoxidable, Fe, Ni, Ta, o comprenden un grafito, nitruro de boro, MgO, alúmina, o crisol de cuarzo.

[0403] El electrolito puede comprender una sal eutéctica de dos o más fluoruros tal como al menos dos compuestos del grupo de los haluros de álcali y haluros alcalinotérreos. Mezclas de sales ejemplares incluyen LiF-MgF₂, NaF-MgF₂, KF-MgF₂, y NaF-CaF₂. Mezclas de reacción ejemplares comprenden NaH NaF MgF₂ TiC, NaH NaF MgF₂ Mg TiC, KH KF MgF₂ TiC, KH KF MgF₂ Mg TiC, NaH NaF de CaF₂ TiC, NaH NaF CaF₂ Mg TiC, KH NaF CaF₂ TiC, y KH NaF CaF₂ Mg TiC. Otros disolventes adecuados son sales fundidas de aluminato de cloro orgánico y sistemas basados en borohidruros de metales e hidruros de aluminio metal. Electrolitos adecuados adicionales que pueden ser mezclas fundidas tales como mezclas eutécticas fundidas se dan en la TABLA 4.

TABLA 4. Electrolitos de sal fundida.

AlCl ₃ -CaCl ₂	AlCl ₃ -CoCl ₂	AlCl ₃ -FeCl ₂	AlCl ₃ -KCl	AlCl ₃ -LiCl
AlCl ₃ -MgCl ₂	AlCl ₃ -MnCl ₂	AlCl ₃ -NaCl	AlCl ₃ -NiCl ₂	AlCl ₃ -ZnCl ₂
BaCl ₂ -CaCl ₂	BaCl ₂ -CsCl	BaCl ₂ -KCl	BaCl ₂ -LiCl	BaCl ₂ -MgCl ₂
BaCl ₂ -NaCl	BaCl ₂ -RbCl	BaCl ₂ -SrCl ₂	CaCl ₂ -CaF ₂	CaCl ₂ -CaO
CaCl ₂ -CoCl ₂	CaCl ₂ -CsCl	CaCl ₂ -FeCl ₂	CaCl ₂ -FeCl ₃	CaCl ₂ -KCl
CaCl ₂ -LiCl	CaCl ₂ -MgCl ₂	CaCl ₂ -MgF ₂	CaCl ₂ -MnCl ₂	CaCl ₂ -NaAlCl ₄
CaCl ₂ -NaCl	CaCl ₂ -NiCl ₂	CaCl ₂ -PbCl ₂	CaCl ₂ -RbCl	CaCl ₂ -SrCl ₂
CaCl ₂ -ZnCl ₂	CaF ₂ -KCaCl ₃	CaF ₂ -KF	CaF ₂ -LiF	CaF ₂ -MgF ₂
CaF ₂ -NaF	CeCl ₃ -CsCl	CeCl ₃ -KCl	CeCl ₃ -LiCl	CeCl ₃ -NaCl
CeCl ₃ -RbCl	CoCl ₂ -FeCl ₂	CoCl ₂ -FeCl ₃	CoCl ₂ -KCl	CoCl ₂ -LiCl
CoCl ₂ -MgCl ₂	CoCl ₂ -MnCl ₂	CoCl ₂ -NaCl	CoCl ₂ -NiCl ₂	CsBr-CsCl
CsBr-CsF	CsBr-CsI	CsBr-CsNO ₃	CsBr-KBr	CsBr-LiBr
CsBr-NaBr	CsBr-RbBr	CsCl-CsF	CsCl-CsI	CsCl-CsNO ₃
CsCl-KCl	CsCl-LaCl ₃	CsCl-LiCl	CsCl-MgCl ₂	CsCl-NaCl
CsCl-RbCl	CsCl-SrCl ₂	CsF-CsI	CsF-CsNO ₃	CsF-KF
CsF-LiF	CsF-NaF	CsF-RbF	CsI-KI	CsI-LiI
CsI-NaI	CsI-RbI	CsNO ₃ -CsOH	CsNO ₃ -KNO ₃	CsNO ₃ -LiNO ₃
CsNO ₃ -NaNO ₃	CsNO ₃ -RbNO ₃	CsOH-KOH	CsOH-LiOH	CsOH-NaOH
CsOH-RbOH	FeCl ₂ -FeCl ₃	FeCl ₂ -KCl	FeCl ₂ -LiCl	FeCl ₂ -MgCl ₂
FeCl ₂ -MnCl ₂	FeCl ₂ -NaCl	FeCl ₂ -NiCl ₂	FeCl ₃ -LiCl	FeCl ₃ -MgCl ₂
FeCl ₃ -MnCl ₂	FeCl ₃ -NiCl ₂	K ₂ CO ₃ -K ₂ SO ₄	K ₂ CO ₃ -KF	K ₂ CO ₃ -KNO ₃
K ₂ CO ₃ -KOH	K ₂ CO ₃ -Li ₂ CO ₃	K ₂ CO ₃ -Na ₂ CO ₃	K ₂ SO ₄ -Li ₂ SO ₄	K ₂ SO ₄ -Na ₂ SO ₄
KAlCl ₄ -NaAlCl ₄	KAlCl ₄ -NaCl	KBr-KCl	KBr-KF	KBr-KI
KBr-KNO ₃	KBr-KOH	KBr-LiBr	KBr-NaBr	KBr-RbBr
KCl-K ₂ CO ₃	KCl-K ₂ SO ₄	KCl-KF	KCl-KI	KCl-KNO ₃
KCl-KOH	KCl-LiCl	KCl-LiF	KCl-MgCl ₂	KCl-MnCl ₂
KCl-NaAlCl ₄	KCl-NaCl	KCl-NiCl ₂	KCl-PbCl ₂	KCl-RbCl
KCl-SrCl ₂	KCl-ZnCl ₂	KF-K ₂ SO ₄	KF-KI	KF-KNO ₃
KF-KOH	KF-LiF	KF-MgF ₂	KF-NaF	KF-RbF
KFeCl ₃ -NaCl	KI-KNO ₃	KI-KOH	KI-LiI	KI-NaI
KI-RbI	KMgCl ₃ -LiCl	KMgCl ₃ -NaCl	KMnCl ₃ -NaCl	KNO ₃ -K ₂ SO ₄
KNO ₃ -KOH	KNO ₃ -LiNO ₃	KNO ₃ -NaNO ₃	KNO ₃ -RbNO ₃	KOH-K ₂ SO ₄
KOH-LiOH	KOH-NaOH	KOH-RbOH	LaCl ₃ -KCl	LaCl ₃ -LiCl
LaCl ₃ -NaCl	LaCl ₃ -RbCl	Li ₂ CO ₃ -Li ₂ SO ₄	Li ₂ CO ₃ -LiF	Li ₂ CO ₃ -LiNO ₃
Li ₂ CO ₃ -LiOH	Li ₂ CO ₃ -Na ₂ CO ₃	Li ₂ SO ₄ -Na ₂ SO ₄	LiAlCl ₄ -NaAlCl ₄	LiBr-LiCl
LiBr-LiF	LiBr-LiI	LiBr-LiNO ₃	LiBr-LiOH	LiBr-NaBr
LiBr-RbBr	LiCl-Li ₂ CO ₃	LiCl-Li ₂ SO ₄	LiCl-LiF	LiCl-LiI
LiCl-LiNO ₃	LiCl-LiOH	LiCl-MgCl ₂	LiCl-MnCl ₂	LiCl-NaCl

(continuación)

5					
	LiCl-NiCl ₂	LiCl-RbCl	LiCl-SrCl ₂	LiF-Li ₂ SO ₄	LiF-LiI
	LiF-LiNO ₃	LiF-LiOH	LiF-MgF ₂	LiF-NaCl	LiF-NaF
	LiF-RbF	LiI-LiOH	LiI-NaI	LiI-RbI	LiNO ₃ -Li ₂ SO ₄
10	LiNO ₃ -LiOH	LiNO ₃ -NaNO ₃	LiNO ₃ -RbNO ₃	LiOH-Li ₂ SO ₄	LiOH-NaOH
	LiOH-RbOH	MgCl ₂ -MgF ₂	MgCl ₂ -MgO	MgCl ₂ -MnCl ₂	MgCl ₂ -NaCl
	MgCl ₂ -NiCl ₂	MgCl ₂ -RbCl	MgCl ₂ -SrCl ₂	MgCl ₂ -ZnCl ₂	MgF ₂ -MgO
15	MgF ₂ -NaF	MnCl ₂ -NaCl	MnCl ₂ -NiCl ₂	Na ₂ CO ₃ -Na ₂ SO ₄	Na ₂ CO ₃ -NaF
	Na ₂ CO ₃ -NaNO ₃	Na ₂ CO ₃ -NaOH	NaBr-NaCl	NaBr-NaF	NaBr-NaI
	NaBr-NaNO ₃	NaBr-NaOH	NaBr-RbBr	NaCl-Na ₂ CO ₃	NaCl-Na ₂ SO ₄
	NaCl-NaF	NaCl-NaI	NaCl-NaNO ₃	NaCl-NaOH	NaCl-NiCl ₂
20	NaCl-PbCl ₂	NaCl-RbCl	NaCl-SrCl ₂	NaCl-ZnCl ₂	NaF-Na ₂ SO ₄
	NaF-NaI	NaF-NaNO ₃	NaF-NaOH	NaF-RbF	NaI-NaNO ₃
	NaI-NaOH	NaI-RbI	NaNO ₃ -Na ₂ SO ₄	NaNO ₃ -NaOH	NaNO ₃ -RbNO ₃
	NaOH-Na ₂ SO ₄	NaOH-RbOH	RbBr-RbCl	RbBr-RbF	RbBr-RbI
25	RbBr-RbNO ₃	RbCl-RbF	RbCl-RbI	RbCl-RbOH	RbCl-SrCl ₂
	RbF-RbI	RbNO ₃ -RbOH	CaCl ₂ -CaH ₂		

El electrolito de sal fundida tales como las mezclas de sales ejemplares dadas en la Tabla 4 son conductores de iones H⁺. En formas de realización, está implícito en la revelación que una fuente de H⁺ tal como un hidruro alcalino tal como LiH, NaH, o KH se añade al electrolito de sal fundida para mejorar la conductividad de iones H⁺. En otras formas de realización, el electrolito fundido puede ser un conductor de iones de metal alcalino o un conductor de protones.

[0404] En una realización, la mezcla de reacción comprende un electrolito que soporta ion de hidruro, H⁻, como un contraión de migración en donde el contraión equilibra el ion positivo creado por la ionización del catalizador durante la reacción hidrino. El calor de formación del KCl y LiCl son -436,50 kJ/mol y -408,60 kJ/mol, respectivamente. En una realización, la mezcla de reacción comprende un electrolito de sal fundida una mezcla de sales de haluros alcalinos, tales como KCl y LiCl. La mezcla puede ser una mezcla eutéctica. La temperatura de la célula se mantiene por encima del punto de fusión de sal. La mezcla de reacción comprende además una fuente de ion de hidruro tal como un hidruro de metal alcalino tal como LiH, KH, o NaH. La mezcla de reacción puede comprender además al menos uno de un soporte tal como TiC o C y un reductor tal como un metal alcalinotérreo o su hidruro tal como Mg o MgH₂.

[0405] La mezcla de reacción puede comprender (1) un catalizador o una fuente de catalizador y una fuente de hidrógeno tal como uno de LiH, NaH, KH, RbH, CsH, BaH, y al menos un H, (2) una mezcla eutéctica de sal que puede servir como un electrolito que puede tener una elevada conductividad de iones y puede permitir selectivamente que un ion de hidruro pase, comprendiendo al menos dos cationes del grupo de Li, Na, K, Rb, Cs, Mg, Ca, Sr, y Ba y al menos un haluro del grupo de F, Cl, Br, y I, (3) un soporte que puede ser conductor de la electricidad tal como carburo tales como TiC, y (4) opcionalmente un agente reductor y el intercambio hidruro reactivo tal como un metal de tierra alcalina o hidruro de tierra alcalina.

[0406] Las células CIHT ejemplares comprenden un (i) agente reductor o una fuente de reductor, tal como un elemento o compuesto que comprende un elemento de la lista de aluminio, antimonio, bario, bismuto, boro, cadmio, calcio, carbono (grafito), cerio, cesio, cromo, cobalto, cobre, disprosio, erbio, europio, gadolinio, galio, germanio, oro, hafnio, holmio, indio, iridio, hierro, lantano, plomo, litio, lutecio, magnesio, manganeso, mercurio, molibdeno, neodimio, níquel, niobio, osmio, paladio, fósforo, platino, potasio, praseodimio, prometio, protactinio, renio, rodio, rubidio, rutenio, samario, escandio, selenio, silicio, plata, sodio, estroncio, azufre, tántalo, tecnecio, telurio, terbio, tulio, estaño, titanio, tungsteno, vanadio, iterbio, itrio, zinc, y zirconio; (ii) un electrolito tal como uno de los indicados en la TABLA 4, (iii) un oxidante tal como los compuestos dados en la TABLA 4 (iv) la realización de electrodos, tales como metales, carburos metálicos, tales como TiC, boruros metálicos, tales como TiB₂ y de MgB₂, nitruros metálicos tales como nitrato de titanio, y aquellos elementos o materiales que comprenden elementos de la lista de aluminio, antimonio, bario, bismuto, boro, cadmio, calcio, carbono (grafito), cerio, cesio, cromo, cobalto, cobre, disprosio, erbio, europio, gadolinio, galio, germanio, oro, hafnio, holmio, indio, iridio, hierro, lantano, plomo, litio, lutecio, magnesio, manganeso, mercurio, molibdeno, neodimio, níquel, niobio, osmio, paladio, fósforo, platino, potasio, praseodimio, prometio, protactinio, renio, rodio, rubidio, rutenio, samario, escandio, selenio, silicio, plata, sodio, estroncio, azufre, tántalo, tecnecio, telurio, terbio, tulio, estaño, titanio, tungsteno, vanadio, iterbio, itrio, zinc, y zirconio. Los metales pueden ser de la lista de aluminio, antimonio, bario, bismuto, platino, potasio, praseodimio, prometio, protactinio, renio, rodio, rubidio, rutenio, samario, escandio, selenio, silicio, plata, sodio, estroncio, tantalio, tecnecio, telurio, terbio, tulio, estaño, titanio, tungsteno,

vanadio, iterbio, itrio, zinc, y zirconio, y (v) hidrógeno o una fuente de hidrógeno tal como un hidruro tal como un hidruro alcalino o alcalinotérreo, y una fuente de catalizador o fuente de catalizador, tal como Li, NaH, K, Rb⁺, Cs, y al menos un H. En una realización, la célula comprende además un sistema para regenerar los reactivos o productos químicos de células a las especies y concentraciones que restauran la célula a un estado que las reacciones para formar reactivos hidrino y luego se producen hidrinos a un ritmo más rápido que antes de la regeneración. En una realización, el sistema de regeneración comprende un sistema de electrólisis. En una realización, los electrodos no experimentan corrosión significativa durante la regeneración. Por ejemplo, el ánodo de la electrólisis no se somete a una oxidación sustancial. En una realización, el electrolito contiene un hidruro tal como MH (M es un metal alcalino) o MH₂ (M es un metal alcalinotérreo) en donde el hidruro se oxida durante la electrólisis. En una realización, la tensión de la electrólisis es inferior a la que se oxida la electrólisis de ánodo. Una tensión adecuada para un Cu, Fe, Ni o ánodo de la electrólisis es inferior a 1,5 V frente a un electrodo de referencia Li⁺/Li. En otra realización, la célula comprende componentes celulares, reactivos, y sistemas para mantener las condiciones que forman reactivos hidrino y luego desde hidrinos. En una realización, un hidruro metálico tal como LiH se electroliza para regenerar el metal correspondiente, tal como Li y gas hidrógeno. El metal regenerado se puede formar en un compartimento de células medias que comprende un puente de sal para confinar el metal tal como Li a la célula media. Alternativamente, el cátodo de electrolisis (ánodo celular CIHT) puede comprender un metal que forma una aleación con el metal electrolizado. Por ejemplo Li puede formar aleaciones durante la regeneración electrolítica tal como Li₃Mg, LiAl, LiSi, LiSn, LiBi, LiTe, LiSe, LiCd, LiZn, LiSb, y LiPb.

[0407] Cada célula comprende reactivos que forman los reactivos para formar hidrino por el transporte de electrones a través de un circuito externo y el transporte de iones a través del puente de electrolito o de sal. Los reactivos hidrino comprenden al menos hidrógeno atómico o una fuente de hidrógeno atómico y un catalizador o la fuente de catalizador, tal como Li, NaH, K, R^b, Cs, y al menos un H. Células ejemplares específicas son [LiAl/LiCl-LiCl LiH/Ni (H₂)], [LiAl/LiF-LiCl-LiBr LiH/Ni (H₂)], [Li/LiOH Li₂SO₄/Nb (H₂)], [Na/LiCl-KCl LiH/Nb (H₂)], [Na/LiCl-LiF/Nb (H₂)], [Na/NaCl-KCl/Nb (H₂)], [Na/NaCl-NaF/Nb (H₂)], [Na/NaBr-NaI/Nb (H₂)], [Na/NaBr-NaI/Fe (H₂)], [Na/NaI-NaNO₃/Nb (H₂)], [K/LiCl-KCl/Nb (H₂)], [K/LiCl-LiF/Nb (H₂)], [K/NaClKCl/Nb (H₂)] Y [K/KCl-KF/Nb (H₂)]. Otras células ejemplares son [Pt/C(H₂)/HCl-LiCl-KCl/CB], [Pt/C(H₂)/HCl-LiClKCl/Pt/Ti], [R-Ni/Celgard LP 30/CoO(OH)], [Mg/Celgard LP 30/CoO(OH)], [PdLi aleación/Celgard LP 30/hidruro tal como ZrH₂], [PdLi aleación/LiCl-KCl/hidruro tal como ZrH₂] y [PtC(H₂)/LiNO₃ acuosa/HNO₃ grafito de carbono intercalado (CG)].

[0408] Otras células ejemplares comprenden una fuente de hidrógeno tal como H_2 o un hidruro y los componentes del grupo de [LiAl/LiCl-KCl/Al], [LiAl/LiF-LiCl/Al], [LiAl/LiF-LiCl-LiBr/Al], [Lisi/LiCl-KCl/LiAl], [Lisi/LiCl-KCl/Al], [Lisi/LiF-LiCl/LiAl], [Lisi/LiF-LiCl/Al], [Lisi/LiF-LiCl-LiBr/LiAl], [Lisi/LiF-LiCl-LiBr/Al], [LiPb/LiCl-KCl/LiAl], [LiPb/LiCl-KCl/Al], [LiPb/LiF-LiCl/LiAl], [LiPb/LiF-LiCl/Al], [LiPb/LiF-LiCl-LiBr/LiAl], [LiPb/LiF-LiCl-LiBr/Al], [LiPb/LiCl-KCl/Lisi], [LiPb/LiF-LiCl/Lisi], [LiPb/LiF-LiCl-LiBr/Lisi], [LiC/LiCl-KCl/LiAl], [LiC/LiCl-KCl/Al], [LiC/LiF-LiCl/LiAl], [LiC/LiF-LiCl/Al], [LiC/LiF-LiCl-LiBr/LiAl], [LiC/LiF-LiCl-LiBr/Al], [LiC/LiCl-KCl/Lisi], [LiC/LiF-LiCl/Lisi], [LiC/LiF-LiCl-LiBr/Lisi], [Bina/NaCl-NaF/Bi], [Na/NaFNaCl-Na/Bi], [BiK/KCl-KF/Bi], [Bina/NaCl-NaF NaH (0,02% mol)/Bi], [Na/NaF-NaCl-Na NaH (0,02% mol)/NaBi], [BiK/KCl-KF KH (0,02% mol)/Bi], [LiAl/LiCl-KCl LiH (0,02 mol%)/Al], [LiAl/LiF-LiCl LiH (0,02% mol)/Al], [LiAl/LiF-LiCl-LiBr LiH (0,02% mol)/Al], [Lisi/LiCl-KCl LiH (0,02 mol%)/LiAl], [Lisi/LiCl-KCl LiH (0,02% mol)/Al], [Lisi/LiF-LiCl LiH (0,02% mol)/LiAl], [Lisi/LiF-LiCl LiH (0,02 mol %)/Al], [Lisi/LiF-LiCl-LiBr LiH (0,02% mol)/LiAl], [Lisi/LiF-LiCl-LiBr LiH (0,02% mol)/Al], [LiPb/LiCl-KCl LiH (0,02 mol%)/LiAl], [LiPb/LiCl-KCl LiH (0,02% mol)/Al], [LiPb/LiF-LiCl LiH (0,02% mol)/LiAl], [LiPb/LiF-LiCl LiH (0,02 mol %)/Al], [LiPb/LiF-LiCl-LiBr LiH (0,02% mol)/LiAl], [LiPb/LiF-LiCl-LiBr LiH (0,02% mol)/Al], [LiPb/LiCl-KCl LiH (0,02 mol%)/Lisi], [LiPb/LiF-LiCl LiH (0,02% mol)/Lisi], [LiPb/LiF-LiCl-LiBr LiH (0,02% mol)/Lisi], [LiCl-KCl-KCl LiH (0,02 mol%)/LiH], [LiC/LiCl-KCl LiH (0,02% mol)/Al], [LiC/LiF-LiCl LiH (0,02% mol)/LiAl], [LiC/LiF-LiCl-LiBr LiH (0,02% mol)/Al], [LiC/LiCl-KCl LiH (0,02% mol)/Lisi], [LiC/LiF-LiCl LiH (0,02 mol%)/Lisi], [LiC/LiF-LiCl-LiBr LiH (0,02% mol)/Lisi] y [K/KH KOH/K en grafito], [K/K-beta alúmina/KH en un disolvente grafito tal como una sal eutéctica], [K/K-vidrio/KH en grafito disolvente tal como una sal eutéctica], [NaOH Na/NaH/Na en grafito], [Na/Na-beta alúmina/NaH en grafito disolvente tal como una sal eutéctica], [Na/Na-vidrio/NaH en grafito disolvente tal como una sal eutéctica], [Na/NaH NaAlEt₄/ Na en grafito], [Li/LiH LiOH/Li en grafito], [Li/Li-beta alúmina/LiH en grafito disolvente tal como una sal eutéctica], [Li/Li-vidrio/LiH en grafito disolvente tal como un sal eutéctica], [Na/NaH NaAlEt₄/NaNH₂], [Na/NaH NaOH/NaNH₂], [Alúmina Na/Na-beta/NaNH₂], [Na/Na-vidrio/NaNH₂], [K/KH KOH/KNH₂], [K/K-beta alúmina/KNH₂] y [K/K-vidrio/KNH₂]. Células adicionales que comprenden (i) al menos un electrodo del conjunto de Li₃Mg, LiAl, Al, LiSi, Si, LiC, C, LiPb, Pb, LiTe, Te, LiCd, Cd, BiLi, Bi, LiPd, Pd, LiSn, Sn, Sb, LiSb, LiZn, Zn, Ni, Ti, y Fe, (ii) un electrolito eutéctico que comprende una mezcla de al menos dos de LiF, LiCl, LiBr, LiI, y KCl, y (iii) una fuente de hidrógeno tal como gas H_2 o un hidruro tal como LiH en donde una concentración adecuada de LiH es de aproximadamente 0,001 a 0,1% en moles. En realizaciones que tienen una amida de metal tales como NaNH₂ o LiNH₂ o una imida de metal tal como Li₂NH, el sistema puede cerrarse con gas NH₃ aplicado a la célula media para mantener un equilibrio con el metal correspondiente y la amida.

[0409] Las células ejemplares adicionales pueden comprender un soporte que puede soportar H atómico en donde el H atómico consumido se sustituye por la adición de H en la célula, tal como [LiAl/LiCl-LiF LiH (0,2% mol)/NbC]; [Li/LiClLiF LiH (0,2% mol)/NbC], [Li/LiClLiF/NbC], [LiAl/LiCl-KCl LiH (0,2 mol%)/NbC]; [Li/LiCl-KCl LiH (0,2% mol)/NbC], [Li/LiCl-KCl/NbC], [LiAl/LiCl-LiF LiH (0,2 100 mol%)/TiC]; [Li/LiCl-LiF LiH (0,2% mol)/TiC], [Li/LiCl-LiF/TiC], [LiAl/LiCl-KCl LiH (0,2% mol)/TiC]; [Li/LiCl-KCl LiH (0,2% mol)/TiC] y [Li/LiCl/KCl/NbC].

[0410] La célula comprende además un colector de corriente para el ánodo y el cátodo en donde los colectores de corriente pueden comprender láminas sólidas o materiales de malla. Materiales de toma de corriente sin recubrimiento adecuados para el medio de células de ánodo pueden ser seleccionados de entre el grupo de acero inoxidable, Ni, aleaciones de Ni-Cr, Al, Ti, Cu, Pb y aleaciones de Pb, metales refractarios y metales nobles. Materiales de toma de corriente sin recubrimiento adecuados para el medio de células de cátodo pueden ser seleccionados de entre el grupo de acero inoxidable, Ni, aleaciones de Ni-Cr, Ti, Pb-óxidos (PbOx), y metales nobles. Alternativamente, el colector de corriente puede comprender una hoja de metal adecuada, tal como Al, con una capa de pasivación delgada que no se corroe y protegerá la lámina sobre la que se deposita. Capas resistentes a la corrosión ejemplares que se pueden usar en cualquiera de las células medias son TiN, CrN, C, CN, NiZr, NiCr, Mo, Ti, Ta, Pt, Pd, Zr, W, FeN, y CoN. En una realización, el colector de corriente de cátodo comprende lámina Al recubierta con TiN, FeN, C, CN. El recubrimiento puede llevarse a cabo por cualquier método conocido en la técnica. Los métodos ejemplares son la deposición de vapor físico tal como pulverización catódica, deposición química de vapor, electrodeposición, deposición por pulverización, y laminación.

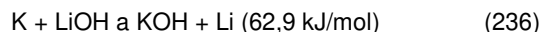
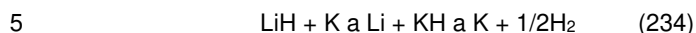
[0411] El potencial químico o actividad de una especie tal como un catalizador, fuente de catalizador, o fuente de H tal como Li^+ , Li, LiH, H^+ o H^- puede ser cambiado cambiando los electrodos o el electrolito, hidruros de adición o H_2 para causar hidruración, y la adición de otros productos químicos que interactúan con especies. Por ejemplo, el cátodo puede ser un metal o hidruro de metal, tal como hidruro de titanio o hidruro de niobio que pueden ser resistentes a la desactivación por exceso de actividad Li o LiH. En otra realización en donde LiH en el electrolito reduce el voltaje, el cátodo es un hidruro de metal que es más estable que LiH. LiH presente en el electrolito puede reaccionar con el metal correspondiente a reformar el hidruro y Li. Un hidruro de ejemplo es hidruro de lantano. Una célula ejemplar es $[\text{Li}/\text{LiCl-KCl}/\text{LaH}_2 \text{ o } \text{LaH}_{2-x}]$. Otros hidruros adecuados son hidruros de tierras raras tales como los de La, Ce, Eu, Gd y, hidruro de itrio, y el hidruro de circonio. Hidruros ejemplares adecuados adicionales que demuestran alta conductividad eléctrica son uno o más del grupo de CeH_2 , DyH_2 , ErH_2 , GdH_2 , HoH_2 , LaH_2 , LuH_2 , NdH_2 , PrH_2 , ScH_2 , TbH_2 , TmH_2 y YH_2 . En una realización, el área de superficie de al menos uno del hidruro y el metal correspondiente se incrementa para causar una mayor velocidad de reacción durante el funcionamiento de la célula. El hidrógeno puede añadirse a uno o más de los compartimientos catódicos o anódicos. La adición puede ser como gas hidrógeno, o hidrógeno puede ser suministrado por permeación a través de una membrana. La membrana puede estar compuesta de metal del hidruro. Por ejemplo, un tubo de metal de tierras raras tal como un tubo de lantano puede comprender el cátodo en donde el tubo está sellado de tal manera que H_2 sólo puede ser suministrado por permeación a través del tubo. Hidruro de lantano forma en la superficie en contacto con el electrolito.

[0412] Preferiblemente, el hidruro de metal, que comprende al menos uno de un reactivo de cátodo y un reactivo de ánodo, es un conductor eléctrico. Hidruros eléctricamente conductores ejemplares son hidruro de titanio e hidruro de lantano. Otros hidruros eléctricamente conductores adecuados son TiH_2 , VH, $\text{VH}_{1.6}$, LaNi_5H_6 , $\text{La}_2\text{Co}_1\text{Ni}_9\text{H}_6$, $\text{ZrCr}_2\text{H}_{3.8}$, $\text{LaNi}_3,55\text{Mn}_{0.4}\text{Al}_{0.3}\text{Co}_{0.75}$, $\text{ZrMn}_{0.5}\text{Cr}_{0.2}\text{V}_{0.1}\text{Ni}_{1.2}\text{CRH}$ CrH_2 , NiH, CuH, YH_2 , YH_3 , ZrH_2 , NbH, NbH_2 , $\text{PdH}_{0.7}$, LaH_2 , LaH_3 , TAH, los hidruros de lantánidos: MH_2 (Fluorita) M = Ce, Pr, Nb, Sm, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Lu; MH_3 (cúbico) M = Ce, Pr, Nd, Yb; MH_3 (Hexagonal) M = Sm, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Lu; hidruros de actínidos: MH_2 (Fluorita) M = Th, Np, Pu, Am; MH_3 (Hexagonal) M = Np, Pu, Am, y MH_3 (cúbico, estructura compleja) M = Pa, U. En una realización, los reactivos anódicos de célula comprenden una fuente de Li y los reactivos de cátodo comprenden un hidruro eléctricamente conductor que es aproximadamente tan térmicamente estable o más estable que LiH. Los reactivos de células medias pueden comprender además un soporte de cualquier tipo o un soporte eléctricamente conductor tal como un carburo tal como TiC, un boruro tal como TiB_2 o MgB_2 , u otro soporte tal como TiCN. Fuentes de litio ejemplares adecuadas son metal Li, una aleación de litio, o un compuesto de litio.

[0413] Las células ejemplares son $[\text{Li}/\text{LiCl-KCl}/\text{LaH}_2]$, $[\text{Li}/\text{LiCl-KCl}/\text{CeH}_2]$, $[\text{Li}/\text{LiCl-KCl}/\text{EUH}_2]$, $[\text{Li}/\text{LiCl-KCl}/\text{GDH}_2]$, $[\text{Li}/\text{LiCl-KCl}/\text{YH}_2]$, $[\text{Li}/\text{LiCl-KCl}/\text{YH}_3]$, $[\text{Li}/\text{LiCl-KCl}/\text{ZRH}_2]$, $[\text{Li}/\text{LiCl-KCl}/\text{LaH}_2 \text{ TiC}]$, $[\text{Li}/\text{LiCl-KCl}/\text{CeH}_2 \text{ TiC}]$, $[\text{Li}/\text{LiCl-KCl}/\text{EUH}_2 \text{ TiC}]$, $[\text{Li}/\text{LiCl-KCl}/\text{GDH}_2 \text{ TiC}]$, $[\text{Li}/\text{LiCl-KCl}/\text{YH}_2 \text{ TiC}]$, $[\text{Li}/\text{LiCl-KCl}/\text{YH}_3 \text{ TiC}]$, $[\text{Li}/\text{LiCl-KCl}/\text{ZRH}_2 \text{ TiC}]$, $[\text{Li}/\text{electrolito de carbonato alcalino fundido/hidruro tal como } \text{ZrH}_2, \text{TiH}_2, \text{CeH}_2 \text{ o } \text{LaH}_2]$, $[\text{MLi}/\text{LiCl-KCl}/\text{LaH}_2]$, $[\text{MLi}/\text{LiCl-KCl}/\text{CeH}_2]$, $[\text{MLi}/\text{LiCl-KCl}/\text{EUH}_2]$, $[\text{MLi}/\text{LiCl-KCl}/\text{GDH}_2]$, $[\text{MLi}/\text{LiCl-KCl}/\text{YH}_2]$, $[\text{MLi}/\text{LiCl-KCl}/\text{YH}_3]$, $[\text{MLi}/\text{LiCl-KCl}/\text{ZRH}_2]$, $[\text{MLi}/\text{LiCl-KCl}/\text{LaH}_2 \text{ TiC}]$, $[\text{MLi}/\text{LiCl-KCl}/\text{CeH}_2 \text{ TiC}]$, $[\text{MLi}/\text{LiCl-KCl}/\text{EUH}_2 \text{ TiC}]$, $[\text{MLi}/\text{LiCl-KCl}/\text{GDH}_2 \text{ TiC}]$ y $[\text{MLi}/\text{LiCl-KCl}/\text{YH}_2 \text{ TiC}]$, $[\text{MLi}/\text{LiCl-KCl}/\text{YH}_3 \text{ TiC}]$, $[\text{MLi}/\text{LiCl-KCl}/\text{ZRH}_2 \text{ TiC}]$ (M es uno o más elementos tales como un metal que forma una aleación o compuesto con Li y sirve como una fuente de Li. Aleaciones ejemplares adecuadas MLI son Li_3Mg , LiAl, LiSi, LiB, LiC, LiPb, LiTe, LiSe tal como Li_2Se , LiCd, BiLi, LiPd, LiSn, Li_2CuSn , $\text{Li}_{1-x}\text{In}_{1-y}\text{Sb}$ ($0 < x < 3$, $0 < y < 1$), LiSb, LiZn, aleaciones Li de metal-metaloides tales como óxidos, nitruros, boruros, siliciuros y, y aleaciones de metal-Li mixtos. Compuestos ejemplares adecuados MLI son LiNH_2 , Li_2NH , Li_3N , Li_2S , Li_2Te , Li_2Se , carbono intercalado de litio, y un calcogenuro de litio intercalado.

[0414] El electrolito puede proporcionar una actividad favorable para el catalizador o la fuente de catalizador, tal como Li o LiH que previene la inactivación de la reacción hidrino en donde la inactivación puede ser debido a un exceso de actividad del catalizador o la fuente de catalizador, tal como Li o LiH. En una realización, la relación de dos o más sales de una mezcla se puede cambiar para disminuir la actividad de una primera hidruro tal como LiH. Alternativamente, otro metal o un compuesto de otro metal se pueden añadir que forma un segundo hidruro para disminuir la actividad del primer hidruro. Por ejemplo, un metal alcalino tal como K o su sal tal como un haluro alcalino tal como KCl que tiene un segundo hidruro correspondiente tal como KH con una temperatura de descomposición térmica más baja puede ser añadido a desplazar el equilibrio del primer al segundo hidruro. El segundo hidruro puede

descomponerse térmicamente para liberar hidrógeno. El hidrógeno puede ser reciclado mediante bombeo. En otra realización, un hidróxido del mismo o de otro metal puede añadirse tal como LiOH o KOH que pueden eliminar catalíticamente el primer hidruro tal como LiH. Reacciones ejemplares son



10 **[0415]** En otra realización, la temperatura de la célula puede ser cambiada para alterar la actividad de una especie tal como el catalizador o la fuente de catalizador, tal como Li o LiH para controlar la reacción hidrino y la potencia celular. La temperatura puede ser controlada de tal manera que la temperatura es más alta en un electrodo en comparación con el otro. Por ejemplo, el cátodo puede ser selectivamente calentado para elevar su temperatura en relación con el ánodo para afectar favorablemente la actividad de las especies tales como Li o LiH para propagar la reacción hidrino a una velocidad alta.

15 **[0416]** En una realización, la actividad del catalizador o la fuente de catalizador, tal como Li o LiH se puede controlar mediante el uso de un cátodo que se forma una aleación o compuesto con el catalizador o fuente de catalizador. Por ejemplo, el cátodo puede comprender Sn o Sb que forma una aleación con Li. El ánodo puede ser una fuente de Li tal como Li o una aleación diferente que tiene un potencial de oxidación más alto que el cátodo tales como LiAl. Una célula ejemplar es Li/LiCl-KCl LiH/LiSN.

20 **[0417]** En una realización, la actividad de una especie a ser limitada tal como LiH disminuye con la temperatura, y su actividad es menor al bajar la temperatura del electrolito. La actividad más baja puede ser debido a la menor solubilidad de la especie en la sal eutéctica con la temperatura. La sal puede ser mantenida a alrededor de su punto de fusión. En una realización, una especie cuya actividad para ser controlada es un metal tal como Li, y su actividad se reduce haciéndolo reaccionar con hidrógeno para formar el hidruro tal como LiH que tiene una solubilidad limitada y precipita fuera del electrolito. Por lo tanto, el metal, tal como Li puede ser retirado parcialmente por burbujeo con hidrógeno. La reacción puede ser revertida por electrólisis para regenerar el metal tal como Li y de hidrógeno. La actividad de un metal tal como Li se puede disminuir mediante la selección de un electrolito que tiene una solubilidad inferior Li tales como electrolito eutéctico LiF-LiCl sobre LiCl-KCl. En una realización, los cátodos preferidos son vanadio y hierro, el ánodo puede ser un ánodo de metal Li abierto. La presión de hidrógeno puede ser alta para reducir la concentración Li. El cátodo puede tener H₂ aplicado o hidrurarse antes de contactar con el Li disuelto en el electrolito. El exceso de Li puede ser convertido en LiH por reacción con hidrógeno suministrado a la célula.

25 **[0418]** En una realización, la actividad de las especies, tales como un metal o hidruro se controla mediante el uso de un metal o sistema de tampón hidruro. En una realización, el metal es Li, el hidruro es LiH, y al menos una de las actividades de metal o hidruro están controladas por un tampón que comprende al menos uno de una amida, imida, o nitruro. La mezcla de reacción puede comprender uno o más del grupo de Li, LiH, LiNH₂, Li₂NH, Li₃N, H₂ y NH₃ que controla la actividad. El sistema puede comprender una mezcla de metales tales como metales alcalinos y alcalinotérreos tales como Li, Na, y K, elementos o compuestos que reaccionan con o forman compuestos con Li tales como boro, Mg, Ca, aluminio, Bi, Sn, Sb, Si, S, Pb, Pd, Zn, Ga, In, Se y Te, LiBH₄ y LiAlH₄, hidruros tales como hidruros de metales alcalinos y alcalinotérreos tales como LiH, NaH, KH, y MgH₂ y amidas, imidas, y nitruros o comprenden al menos uno de una amida, imida, o nitruro de otro metal, tal como NaNH₂, KNH₂, Mg(NH₂)₂, Mg₃N₂, y los elementos que reaccionan con Li para formar aleaciones Li de metal-metaloides tales como óxidos, nitruros, boruros, siliciuros y/o aleaciones de metal mixto Li. El sistema puede comprender además LiAlH₄ y Li₃AlH₆ o hidruros similares, tales como Na y K hidruros de aluminio y borohidruros alcalinos. hidruros adecuados ejemplares son LiAlH₄, LiBH₄, Al(BH₄)₃, LiAlH₂(BH₄)₂, Mg(AlH₄)₂, Mg(BH₄)₂, Ca(AlH₄)₂, Ca(BH₄)₂, NaAlH₄, NaBH₄, Ti(BH₄)₃, Ti(AlH₄)₄, Zr(BH₄)₃, y Fe(BH₄)₃. La mezcla de reacción puede comprender una mezcla de hidruros para controlar la actividad. Una mezcla ejemplar es LiH y otro hidruro alcalino, tal como NaH o KH. La mezcla puede comprender metales alcalinotérreos o hidruros. Hidruros mixtos de ejemplo son LiMgH₃, NaMgH₃ y KMgH₃. La reacción puede comprender un reactivo con la especie tal como un reactivo para formar un hidruro tal como LiBH₄ en donde el reactivo puede ser de boro. La actividad puede ser controlada mediante el control de al menos una de la temperatura de la célula y la presión. En una realización, la célula se hace funcionar a una temperatura y presión que controla la actividad controlando el porcentaje molar de hidruro relativo a la del metal. La temperatura de descomposición y la presión de un hidruro pueden cambiar mediante el uso de un hidruro mixto. La actividad se puede controlar, mediante el control de la presión de hidrógeno. La presión de hidrógeno en el electrolito, en cualquier compartimento de la semicélula, y en cualquier fuente de membrana permeable, u otro componente de la célula pueden ser controlados. Células ejemplares son [LiAl/LiCl-KCl LiH LiNH₂/ Ti], [LiAl/LiCl-KCl LiH LiNH₂/ Nb], [LiAl/LiCl-KCl LiH LiNH₂/ Fe], [LiAl/LiCl-KCl LiH Li₂NH/Ti], [LiAl/LiCl-KCl LiH Li₂NH/Nb], [LiAl/LiCl-KCl LiH Li₂NH/Fe], [LiAl/LiCl-KCl LiH Li₃N/Ti], [LiAl/LiCl-KCl LiH Li₃N/Nb], [LiAl/LiCl-KCl LiH Li₃N/Fe], [LiAl/LiCl-KCl LiH LiNH₂ Li₂NH/Ti], [LiAl/LiCl-KCl LiH LiNH₂ Li₂NH/Nb], [LiAl/LiCl-KCl LiH LiNH₂ Li₂NH/Fe], [LiAl/LiCl-KCl MgH₂ LiH LiNH₂/ Ti], [LiAl/LiCl-KCl MgH₂ LiH LiNH₂/ Nb] y [LiAl/LiCl-KCl MgH₂ LiH LiNH₂/ Fe]. El cátodo puede comprender un metal, elemento, aleación o compuesto que se forma y la aleación con Li. El cátodo puede ser una fuente de hidrógeno por permeación. Los reactivos cátodo pueden comprender un metal, elemento, aleación o compuesto que se forma y la aleación con Li. Los reactivos pueden comprender un polvo.

reactivos de cátodo ejemplares son polvos Al, Pb, Si, Bi, Sb, Sn, C, y B que pueden formar aleaciones con Li. En una realización, al menos una fuente de H puede ser un hidruro de metal que puede disolverse en el electrolito y puede ser una especie en donde se desea el control de su actividad. El hidruro puede ser LiH que puede reaccionar con el cátodo o cátodos reactivos para formar una aleación y también pueden liberar H en el cátodo o los reactivos catódicos.

[0419] Además la adición de amida, imida, y compuestos de nitrato al electrolito, la actividad del reactivo o las especies pueden ser modificados mediante la adición de al menos un compuesto del grupo de los fosfuros, boruros, óxidos, hidróxidos, siliciuros, nitruros, arseniuros, seleniuros, telururos, antimoniuros, carburos, sulfuros y compuestos hidruros. En una realización, la actividad de las especies tales como Li o LiH o de otra fuente de catalizador o catalizador, tal como K, KH, Na, y NaH se controla mediante el uso de un tampón que implica un anión que puede unirse a la especie. El tampón puede comprender un contraión. El contraión puede ser al menos uno del grupo de los haluros, óxidos, fosfuros, boruros, hidróxidos, siliciuros, nitruros, arseniuros, seleniuros, telururos, antimoniuros, carburos, sulfuros, hidruros, sulfatos de carbonato, carbonato de hidrógeno, sulfatos, hidrógeno, fosfatos, fosfatos de hidrógeno, dihidrógeno fosfatos, nitratos, nitritos, permanganatos, cloratos, percloratos, cloritos, percloritos, hipocloritos, bromatos, perbromatos, bromitos, perbromitos, yodatos, peryodatos, yoduros, peryoduros, cromatos, dicromatos, teluratos, selenatos, arseniats, silicatos, boratos, óxidos de cobalto, óxidos de telurio, y otros oxianiones tales como los de halógenos, P, B, Si, N, As, S, Te, Sb, C, S, P, Mn, Cr, Co, y Te. Al menos un compartimento de la célula media CIHT puede contener un compuesto de contraión, la célula puede comprender un puente de sal, y el puente de sal puede ser selectivo para el contraión.

[0420] En el caso de que una especie tal como LiH inhibe la reacción hidrino, su actividad se puede reducir mediante el uso de un componente de la mezcla de reacción, tal como un soporte que disminuye su actividad. La actividad puede ser fallecida por uno o más de varios efectos. Puede ser eliminado por una reacción que consume la especie. Por ejemplo, un soporte de carbono puede intercalar Li para consumir uno o más de Li o LiH para formar el compuesto de intercalación. Las especies pueden ser física o termodinámicamente excluidas de los reactivos hidrino. Por ejemplo, Li o LiH pueden particionar en el electrolito sobre un soporte tal como carbono o carburo debido a la solubilidad más favorable en el primero que la absorción, la intercalación, o la presencia en este último. En una realización ejemplar, LiH no puede intercalarse fácilmente o absorber sobre carbono tal que no se esté presente para inhibir la reacción hidrino.

[0421] Alternativamente, el puente de sal puede ser selectivo para el catión del contraión en donde el catión puede ser una fuente de las especies tales como el catalizador. Un puente de sal adecuado para Li^+ , Na^+ y K^+ , una fuente del catalizador de Li, NaH, y K, respectivamente, es beta alúmina complejoado con Li^+ , Na^+ y K^+ , respectivamente. El puente de sal Li^+ o de electrolito sólido puede ser haluro estabilizado LiBH_4 tal como $\text{LiBH}_4\text{-LiX}$ (X = haluro), Li^+ impregnado Al_2O_3 (Li- β -alúmina), vidrios basados en Li_2S , $\text{Li}_{0,29+\text{d}}\text{La}_{0,57}\text{TiO}_3$ (d = 0 a 0,14), $\text{La}_{0,51}\text{Li}_{0,34}\text{TiO}_{2,94}$, $\text{Li}_9\text{AlSiO}_8$, $\text{Li}_{14}\text{ZnGe}_4\text{O}_{16}$ (LISICON), $\text{Li}_x\text{M}_{1-y}\text{M}'_y\text{S}_4$ (M = Si, Ge, y M' = P, Al, Zn, Ga, Sb) (tio-LISICON), $\text{Li}_{2,68}\text{PO}_3,73\text{Nb}_{0,14}$ (LIPON), $\text{Li}_5\text{La}_3\text{Ta}_2\text{O}_{12}$, $\text{Li}_{1,3}\text{Al}_{0,3}\text{Ti}_{1,7}(\text{PO}_4)_3\text{LiM}_2(\text{PO}_4)_3$, M^{IV} = Ge, Ti, Hf y Zr, $\text{Li}_{1+x}\text{Ti}_2(\text{PO}_4)_3$ ($0 \leq x \leq 2$) LiNbO_3 , Silicato de litio, aluminato de litio, aluminosilicato de litio, polímero sólido o gel, dióxido de silicio (SiO_2), Óxido de aluminio (Al_2O_3), Óxido de litio (Li_2O), Li_3N , Li_3P , óxido de galio (Ga_2O_3), Óxido de fósforo (P_2O_5), Óxido de silicio y aluminio, y soluciones sólidas de los mismos y otros conocidos en la técnica. Una célula ejemplar es [Li/Li electrolito sólido/R-Ni]. La conductividad puede ser mejorada con sales de Li tales como Li_3PO_4 o Li_3BO_3 . Li vidrio también puede servir como el puente de sal Li^+ . Por ejemplo, hoja de fibra de vidrio de borosilicato Whatman GF/D saturada con un 1 M LiPF_6 solución de electrolito en 1:1 carbonato de dimetilo (DMC)/carbonato de etileno (CE) también conocido como LP 30 o 1 1 M LiPF_6 en 1:1 de carbonato de dietilo (DEC)/carbonato de etileno (CE) también conocido como LP 40 puede servir como separador/electrolito. LiBH_4 estabilizado por haluro puede servir como conductor de iones Li^+ rápido incluso a temperatura ambiente. El haluro puede ser LiF, LiCl, LiBr, o LiI. El separador puede ser una membrana tal como una poliolefina única o de múltiples capas o aramida. La membrana puede proporcionar una barrera entre el ánodo y el cátodo y puede permitir aún más el intercambio de iones de litio de un lado de la célula al otro. Un separador de membrana adecuado es el polipropileno (PP), polietileno (PE), o membrana electrolítica de tres capas (PP/PE/PP). Una membrana ejemplar específica es membrana de polipropileno Celgard 2400 (Charlotte, NC) con un espesor de $25\mu\text{m}$ y una porosidad de 0,37. El electrolito puede ser 1 M LiPF_6 solución de electrolito en 1:1 de carbonato de dimetilo (DMC)/carbonato de etileno (EC). Otro separador/electrolito adecuado es Celgard 2300 y 1 M LiPF_6 solución de electrolito en 30: 5: 35: 30 v/v EC-PC-EMC-DEC disolvente. Otros disolventes y electrolitos adecuados son electrolitos borato de aniones quelados de litio tales como de litio [bis(oxalato) borato], dioxolano, derivados tetrahidrofurano, hexametilfosforamida (HMPA), dimetoxietano (DME), 1,4-benzodioxano (BDO), tetrahidrofurano (THF), y perclorato de litio en dioxolano tal como 1,3-dioxolano. Otros disolventes conocidos por los expertos en la técnica que son apropiados para el funcionamiento de un ánodo basado en Li son adecuados. Estos disolventes van desde orgánicos tal como carbonato de propileno a inorgánicos tal como cloruro de tionilo y dióxido de azufre y por lo general tienen grupos polares tal como al menos uno de grupos carbonilo, nitrilo, sulfonilo, y éter. El disolvente puede comprender además un aditivo para aumentar la estabilidad del disolvente o aumentar al menos una de la extensión y la velocidad de la reacción hidrino.

[0422] En formas de realización, carbonatos orgánicos y ésteres pueden comprender disolventes de electrolitos. Los disolventes adecuados son carbonato de etileno (EC), carbonato de propileno (PC), carbonato de butileno (BC), γ -butirolactona (γBL), δ -valerolactona (δVL), *N*-metilmorfolina-*N*-óxido (NMO), carbonato de dimetilo (DMC),

carbonato de dietilo (DEC), carbonato de metil etil (EMC), acetato de etilo (EA), metil butanoato de metilo (MB), y butanoato de etilo (EB). En formas de realización, los éteres orgánicos pueden comprender disolventes de electrolitos. Los disolventes adecuados son dimetoximetano (DMM), 1,2-dimetoxietano (DME), 1,2-dietoxietano (DEE), tetrahidrofurano (THF), 2-metil-tetrahidrofurano (2-Me-THF), 1,3-dioxolano (1,3-DL), 4-metil-1,3-dioxolano (4-Me-1,3-DL), 2-metil-1,3-dioxolano (2-Me-1,3-DL). Las sales de litio pueden comprender solutos de electrolitos. Solutos adecuados son tetrafluoroborato de litio (LiBF₄), hexafluorofosfato de litio (LiPF₆), hexafluoroarseniato de litio (LiAsF₆), Percolado de litio (LiClO₄), Triflato de litio (Li+CF₃SO₃⁻), Imida de litio (Li+[N(SO₂CF₃)₂]⁻), y beti de litio (Li+[N(SO₂CF₂CF₃)₂]⁻). En formas de realización, se añaden aditivos para mejorar el rendimiento de las propiedades a granel tales como 12-corona-4, 15-corona-5, azaéteres, boratos, boranos, y boronatos. En formas de realización, el electrolito puede comprender además ánodo de aditivos de interfaz de electrolito sólido (SEI) tales como CO₂, SO₂, 12-corona-4, 18-corona-6, carbonato de catecol (CC), carbonato de vinileno (VC), etileno sulfito (ES), α -bromo- γ -butirolactona, metilo coloroformato, 2-acetiloxi-4,4-dimetil-4-butanolida, succinimida, N-benciloxicarboniloxisuccinimida, y cinamato de metilo. En formas de realización, el electrolito puede comprender además aditivos de cátodo de la capa de superficie, tales como I/I₂, N-butilferroceno, 1,1'-dimetilferroceno, derivados de ferroceno, una sal tal como una de Na 1,2,4-triazol, una sal tal como un Na de imidazol, 1,2,5-tricianobenceno (TCB), tetracianoquinodimetano (TCNQ), bencenos sustituidos, pirocarbonato, y ciclohexilbenceno. En formas de realización, el electrolito puede comprender además nuevos disolventes no acuosos tales como carbonatos cíclicos, γ BL, ésteres lineales, ésteres fluorados, carbonatos fluorados, carbamatos fluorados, éteres fluorados, ésteres de glicol borato (BEG), sulfonas, y sulfamidas. En formas de realización, el electrolito puede comprender además nuevas sales de litio tales como boratos aromáticos Li, boratos Li no aromáticos, fosfatos Li quelados, Li FAP, Li azolato, y Li imidazolidina. En una realización, el producto hidrino como hidrino molecular es soluble en el disolvente, tal como DMF. Una célula ejemplar es [Li/disolvente que comprende al menos algo de DMF LiPF₆/CoO(OH)].

[0423] El potencial químico o la actividad de las especies, tales como un catalizador, fuente de catalizador, o fuente de H tal como Li⁺, Li, LiH, H⁺ o H⁻ puede ser ajustado con el fin de facilitar al menos una de una reacción electroquímica, transporte de electrones, y el transporte de iones para formar los reactivos hidrino y hidrinos. El ajuste puede ser el cambio potencial externo causado por la presencia de al menos un reactivo interno o especies en el interior de una cámara eléctricamente conductora en contacto con los reactivos externos de al menos una de las células medias. La cámara eléctricamente conductora puede ser un electrodo de la célula tales como cátodo o ánodo. El reactivo interno o especies pueden ser un hidruro tal como un hidruro alcalino tal como KH, hidruro alcalinotérreo tal como MgH₂, Hidruro de metal de transición tal como TiH₂, un elemento de transición interna de hidruro tal como NBH₂, o un hidruro noble tal como hidruro Pd o Pt. La cámara de conductor que comprende el cátodo o ánodo puede contener el hidruro de metal. El reactivo interno o especies pueden ser un metal tal como un metal alcalino tal como K, metal alcalinotérreo tal como Mg o Ca, un metal de transición tal como Ti o V, un elemento de metal de transición interna, tal como Nb, un metal noble tal como Pt o Pd, Ag, un compuesto, o un metaloide. Compuestos ejemplares son de halogenuros de metal, óxidos, fosfuros, boruros, hidróxidos, siliciuros, nitruros, arseniuros, seleniuros, telururos, antimoniuros, carburos, sulfuros, hidruros, carbonato, carbonato de hidrógeno, sulfatos, sulfatos de hidrógeno, fosfatos, fosfatos de hidrógeno, fosfatos de dihidrógeno, nitratos, nitritos, permanganatos, cloratos, percloratos, cloritos, percloritos, hipocloritos, bromatos, perbromatos, bromitas, perbromitas, yodatos, peryodatos, yoduros, peryoduros, cromatos, dicromatos, teluratos, selenatos, arseniats, silicatos, boratos, óxidos de cobalto, óxidos de telurio, y que tienen otros oxianiones tales como los de halógenos, P, B, Si, N, As, S, Sb, C, S, P, Mn, Cr, Co, y Te. El reactivo interno o especies pueden ser al menos uno de los metales tales como In, Ga, Te, Pb, Sn, Cd, o Hg, compuestos tales como hidróxidos o los nitratos, los elementos tales como P, S, y I, y metaloides tales como Se, Bi, y como que puede ser un líquido a la temperatura de la célula. El metal fundido puede proporcionar un contacto eléctrico con la cámara. Otros conductores pueden mezclarse con la sustancia reactivo interno o especies tales como al menos uno de un polvo de metal o de matriz, un metal fundido, un carburo tal como TiC, un boruro tal como de MgB óxidos de telurio, y que tienen otros oxianiones tales como los de halógenos, P, B, Si, N, As, S, Sb, C, S, P, Mn, Cr, Co, y Te. El reactivo interno o especies pueden ser al menos uno de los metales tales como In, Ga, Te, Pb, Sn, Cd, o Hg, compuestos tales como hidróxidos o los nitratos, los elementos tales como P, S, y I, y metaloides tales como Se, Bi, y como que puede ser un líquido a la temperatura de la célula. El metal fundido puede proporcionar un contacto eléctrico con la cámara. Otros conductores pueden mezclarse con la sustancia reactivo interno o especies tales como al menos uno de un polvo de metal o de matriz, un metal fundido, un carburo tal como TiC, un boruro tal como de MgB compuestos tales como hidróxidos o los nitratos, los elementos tales como P, S, y I, y metaloides tales como Se, Bi, y como que puede ser un líquido a la temperatura de la célula. El metal fundido puede proporcionar un contacto eléctrico con la cámara. Otros conductores pueden mezclarse con la sustancia reactivo interno o especies tales como al menos uno de un polvo de metal o de matriz, un metal fundido, un carburo tal como TiC, un boruro tal como de MgB compuestos tales como hidróxidos o los nitratos, los elementos tales como P, S, y I, y metaloides tales como Se, Bi, y como que puede ser un líquido a la temperatura de la célula. El metal fundido puede proporcionar un contacto eléctrico con la cámara. Otros conductores pueden mezclarse con la sustancia reactivo interno o especies tales como al menos uno de un polvo de metal o de matriz, un metal fundido, un carburo tal como TiC, un boruro tal como de MgB₂, O un carbono tal como negro de

carbono. células ejemplares son [Li bell/LiF-LiCl/Fe (Pd) (H₂)], [LiAl/LiF-LiCl/Fe (Pd) (H₂)], [Li bell/LiF-LiCl/Ni (Pd) (H₂)], [LiAl/LiF-LiCl/Ni (Pd) (H₂)], [Li bell/LiF-LiCl/Ni (Cd) (H₂)], [LiAl/LiF-LiCl/Ni (Cd) (H₂)], [Li bell/LiF-LiCl/Ni (Se) (H₂)], [LiAl/LiF-LiCl/Ni (Se) (H₂)], [Li bell/LiF-LiCl/Ti (Pd) (H₂)], [LiAl/LiF-LiCl/Ti (Pd) (H₂)], [Li bell/LiF-LiCl/Ti (Cd) (H₂)], [LiAl/LiF-LiCl/Ti (Cd) (H₂)], [Li bell/LiF-LiCl/Ti (Se) (H₂)], [LiAl/LiF-LiCl/Ti (Se) (H₂)], [Li bell/LiF-LiCl/Ti (TiC Bi) (H₂)], Y [LiAl/LiF-LiCl/Ti (TiC Bi) (H₂)] En donde () designa el interior del tubo o cámara.

[0424] La cámara de conductor que comprende el ánodo puede contener el metal. En una realización, el potencial de un hidruro interna tal como al menos uno de KH, TiH, y NbH en el interior del cátodo se corresponde al de la actividad Li de LiH en la saturación de 8% en moles para permitir la reacción hidrino. El potencial del hidruro interna puede ser controlado mediante el control de la extensión de hidruración. Este último puede ser controlado mediante el control de la presión de gas de hidrógeno aplicada. Además, el potencial químico o la actividad de las especies externos pueden ajustarse a un valor deseado mediante la selección de un metal u otro material eléctricamente conductor que contiene el reactivo interno o especies. Una actividad potencial o deseada alcanza una alta tasa de la reacción hidrino. En una realización, un potencial deseado corresponde a una tensión de célula teórico de aproximadamente cero basada en la química no incluyendo la formación hidrino. El intervalo de alrededor de cero puede estar dentro de 1 V. El material metálico o conducción puede seleccionarse de entre el grupo de los metales, carburos metálicos, tales como TiC, boruros metálicos, tales como TiB₂ y de MgB₂, nitruros metálicos tales como nitrato de titanio, y aquellos elementos o materiales que comprenden elementos de la lista de aluminio, antimonio, bario, bismuto, boro, cadmio, calcio, carbono (grafito), cerio, cesio, cromo, cobalto, cobre, disprosio, erbio, europio, gadolinio, galio, germanio, oro, hafnio, holmio, indio, iridio, hierro, lantano, plomo, litio, lutecio, magnesio, manganeso, mercurio, molibdeno, neodimio, níquel, niobio, osmio, paladio, fósforo, platino, potasio, praseodimio, prometio, protactinio, renio, rodio, rubidio, rutenio, samario, escandio, selenio, silicio, plata, sodio, estroncio, azufre, tantalio, tecnecio, telurio, terbio, tulio, estaño, titanio, tungsteno, vanadio, iterbio, itrio, zinc, y zirconio. Los metales pueden ser de la lista de aluminio, antimonio, bario, bismuto, cadmio, calcio, cerio, cesio, cromo, cobalto, cobre, disprosio, erbio, europio, gadolinio, galio, germanio, oro, hafnio, holmio, indio, iridio, hierro, lantano, plomo, litio, lutecio, magnesio, manganeso, mercurio, molibdeno, neodimio, níquel, niobio, osmio, paladio, platino, potasio, praseodimio, prometio, protactinio, renio, rodio, rubidio, rutenio, samario, escandio, selenio, silicio, plata, sodio, estroncio, tantalio, tecnecio, telurio, terbio, tulio, estaño, titanio, tungsteno, vanadio, iterbio, itrio, zinc, y zirconio. En una realización, el hidruro en el compartimiento del conductor, tal como, cátodo H-permeable hueco o ánodo difunde a través de la pared en la célula media o electrolito. El hidruro se puede regenerar mediante el bombeo del gas hidrógeno sin reaccionar en el compartimiento. Alternativamente, la cámara puede ser enfriada o se deja enfriar de tal manera que las formas de hidruro espontánea. El hidrógeno puede fluir al reactivo interno o especies tales como el metal correspondiente a través de una línea de gas de al menos un compartimento de la célula media a través de una válvula en el interior de la cámara de conductor donde reacciona para regenerar el hidruro.

[0425] El electrolito puede comprender adicionalmente un metal o hidruro tal como un metal alcalino o alcalinotérreo o hidruro. Un metal alcalinotérreo adecuado y de hidruro es Mg y MgH₂, respectivamente. Al menos un electrodo puede comprender un soporte tal como TiC, YC₂, Ti₃Sic₂, y WC, y el medio celular puede comprender además un catalizador tal como K, NaH, o pueden ser Li de la migración de Li⁺, un reductor tal un Mg o Ca, un soporte tal como TiC, YC₂, Ti₃Sic₂ o WC, un oxidante tal como LiCl, SrBr₂, SrCl₂O BaCl₂, y una fuente de H tal como un hidruro tal como R-Ni, TiH₂, MgH₂, NaH, KH, o LiH. El hidrógeno puede penetrar a través de la pared del compartimento de células medias para formar el catalizador o servir como la fuente de H. La fuente de permear H puede ser de la oxidación de H⁻.

[0426] En una realización, Mg²⁺ sirve como un catalizador de la reacción dada en la Tabla 1. La fuente de Mg²⁺ puede ser el reactivo cátodo o ánodo o el electrolito. El electrolito puede ser una sal fundida, tal como un conductor de iones de hidruro tal como mezcla eutéctica que comprende al menos una sal de magnesio tal como un haluro tal como yoduro. El electrolito puede ser acuoso, tal como un haluro de magnesio acuoso u otra sal de magnesio soluble. Células ejemplares son [Li₃Mg/MgI₂ o MgX₂-MX' o MX'₂ (X, x' = haluro, M = metal alcalino o alcalinotérreo)/CeH₂, TiH₂ o LaH₂] y [R-Ni, LaNi₅H₆, La₂Co₁Ni₉H₆, ZrC₂H₃8, LaNi_{3,55}Mn_{0,4}Al_{0,3}Co_{0,75}, ZrMn_{0,5}Cr_{0,2}V_{0,1}Ni_{1,2}/al menos uno de una sal de magnesio tal como MgI₂, MgSO₄, y Mg(NO₃)₂ y MOH (M = álcali)/carbono tales como CB, PtC, PdC].

[0427] En una realización de la célula CIHT, un catalizador a granel tal como Mg, Ca, o Mg además de un apoyo, o Ca además de un soporte, en donde un soporte adecuado se elige de TiC, Ti₃Sic₂, WC, TiCN, MgB₂, B₄C, SiC, y YC₂, comprende el reductor del compartimiento del ánodo. El electrolito puede comprender una sal tal como una mezcla eutéctica que conduce iones de hidruro. El cátodo y, opcionalmente, el compartimiento del ánodo pueden comprender una membrana permeable de hidrógeno. El hidrógeno puede ser suministrado al compartimiento catódico de tal modo que penetra a través de la membrana y las formas hidruro de iones que migran a través del electrolito hacia el compartimiento del ánodo donde pueden ser oxidados a H. El H puede difundirse a través de la membrana ánodo y reaccionan con el catalizador a granel a partir de hidrinos. En otra realización de la célula CIHT, un metal alcalino o hidruro de metal alcalino comprende el catalizador o la fuente de catalizador, y la mezcla de reacción en el ánodo puede comprender además al menos uno de un reductor tal como un metal alcalinotérreo tal como Mg o Ca y un soporte, en donde un soporte adecuado se elige de TiC, Ti₃Sic₂, WC, TiCN, MgB₂, B₄C, SiC, y YC₂. Esta mezcla de reacción puede comprender el reductor del compartimiento del ánodo. El electrolito puede comprender una sal tal como una mezcla eutéctica que conduce iones de hidruro. En una realización, el electrolito comprende un hidróxido de metal fundido alcalino tal como KOH que pueden conducir iones de hidruro. El cátodo y, opcionalmente, el compartimiento del ánodo pueden comprender una membrana permeable de hidrógeno. El hidrógeno puede ser suministrado al compartimiento catódico de tal modo que penetra a través de la membrana y las formas hidruro de

iones que migran a través del electrolito hacia el compartimiento del ánodo donde pueden ser oxidados a H. El H puede difundirse a través de la membrana ánodo y reaccionan con el catalizador para hidrinos. Alternativamente, el H puede reaccionar con un catalizador formado o presente en la membrana cátodo o ánodo o en el electrolito.

[0428] En una realización, el puente de sal comprende un sólido con un alta conductancia de iones de hidruro. El puente de sal también puede servir como electrolito. Al menos uno del puente de sal y electrolito puede comprender una mezcla de un hidruro tal como un hidruro de metal alcalino o alcalinotérreo tal como MgH_2 o de CaH_2 . Un haluro tal como un haluro alcalino o alcalinotérreo tal como LiF, y un material de matriz tal como polvo Al_2O_3 . La mezcla se puede sinterizar en donde la sinterización puede estar en una atmósfera H_2 . Alternativamente, el puente de sal y, opcionalmente, el electrolito es un líquido tal como una sal fundida en donde al menos uno de los reactivos de células medias cátodo y ánodo es insoluble en el puente salino o electrolito. Un ejemplo de un puente de sal conductor hidruro fundido es LiH en LiCl/KCl sal fundida eutéctica. Reactivos hidrino ejemplares son una fuente de catalizador y una fuente de hidrógeno tal como NaH o KH, un soporte tal como TiC, C, Pd/C, y Pt/C, y un hidruro de tierra alcalina tal como MgH_2 u otro regenera térmicamente hidruro tal como al menos uno de LiH, MgH_2 y MAIH_4 (M = Li, Na, K, Rb, Cs). Los compartimentos de células medias pueden ser aislados y conectados por un separador eléctricamente aislante. El separador también puede servir como un soporte para el puente de sal. El puente de sal puede comprender una sal fundida soportada por el separador. El separador puede ser MgO o fibra BN. Este último puede ser una tela tejida o no tejida. En una realización, el catalizador o la fuente de catalizador y fuente de hidrógeno tal como NaH o KH es sustancialmente insoluble en el puente de sal. Cada mezcla de reactivo de células medias puede ser presionado en una placa y se fija al colector de corriente del ánodo y el cátodo. La placa puede estar asegurada con al menos una chapa perforada tal como una lámina de metal. Alternativamente, el separador puede ser permeable a H en donde H^+ reacciona para formar H en la interfase de célula media de cátodo, H pasa a través del separador y forma H^- en la interfaz de célula media de ánodo. Separadores adecuados que transportan H^- mediante la formación de H son metales base refractarios, tales como V, Nb, Fe, aleación de Fe-Mo, W, Rh, Ni, Zr, Be, Ta, Rh, Ti, Th, y tierras Raras, así como metales nobles y aleaciones tales como Pd y aleación de Pd/Ag. El metal que comprende una membrana de H puede estar sesgado para aumentar la actividad de H^- Conversión de H en las interfaces. La actividad también se puede aumentar mediante el uso de un gradiente de concentración.

[0429] En una realización, la célula CIHT comprende un compartimiento de cátodo y un compartimiento de ánodo en donde los compartimentos pueden contener al menos uno de los mismos reactivos, excepto que el compartimiento anódico contiene exclusivamente uno o más reactivos selectivos necesarios para mantener la reacción hidrino en una tasa favorable para desarrollar una tensión entre las células. Los compartimentos de ánodo y cátodo están en contacto por un puente de sal que es un conductor de iones, pero sustancialmente un aislante para los electrones. En una realización, el puente de sal es selectiva para la conductividad de iones de hidruro. En una realización, el puente de sal puede permitir la migración o el intercambio de materiales reactivos entre los compartimentos a excepción de la sustancia(s) reactiva(s) selectiva(s). En una realización, el compartimiento de ánodo contiene un catalizador o fuente de catalizador y una fuente de hidrógeno tal como NaH, KH, o al menos un H, opcionalmente un reductor tal como un metal alcalinotérreo o hidruro tal como Mg y MgH_2 y uno o más reactivos selectivos tales como al menos un soporte que puede servir también como un disociador de hidrógeno. El soporte puede comprender carbono, carburo, o un boruro. Carbono adecuado, carburos y boruros son negro de carbono, TiC, Ti_3SiC_2 , TiCN, SiC, YC_2 , TaC, MO_2C , WC, C, HfC, Cr_3C_2 , ZrC, VC, NbC, B_4C , CrB_2 , ZrB_2 , el BgF_2 , MgB_2Y TiB_2 . Los soportes adecuados que también pueden servir como disociadores de hidrógeno son Pd/C, Pt/C Pd/MgO, Pd/ Al_2O_3 , Pt/MgO, y Pt/ Al_2O_3 . Los compartimentos de células medias pueden ser aislados y conectados por un separador eléctricamente aislante que puede servir también como un soporte para el puente de sal. El puente de sal puede comprender una sal fundida soportada por el separador. La sal fundida puede ser al menos uno de un electrolito, un electrolito que comprende un hidruro, y un hidruro disuelto en un electrolito. Alternativamente, el puente salino se sustituye por un separador que no es permeable a la sustancia reactiva selectiva. El separador puede ser permeable a uno o más iones o compuestos de cualquiera de las mezclas de reacción de compartimiento ánodo o de compartimiento cátodo siendo impermeables al (a los) reactivos(s) selectivo(s). En una realización, el separador no es permeable al soporte. El separador puede ser MgO o fibra BN. Este último puede ser una tela tejida o fieltro no tejida. La reacción hidrino para formar catalizador ionizado forma selectiva en el compartimiento de ánodo debido a los reactivos de compartimiento del ánodo que contiene exclusivamente los reactivos selectivos y la impermeabilidad del separador o puente de sal al reactivo selectivo.

[0430] En una realización, el transporte de iones y electrones hace que los reactivos hidrino que se forman en una región distinta de en por lo menos uno de los compartimentos de cátodo o ánodo. Los reactivos hidrino pueden formar en el electrolito tal que la reacción hidrino se produce en la ubicación de al menos uno del electrolito, el puente de sal, una interfaz del electrolito y el puente de sal, la interfaz electrolito-cátodo, y la interfaz ánodo-electrolito. El cátodo puede comprender una membrana permeable al hidrógeno tal como una lámina de níquel o de tubo o electrodo de níquel poroso, y el electrolito puede comprender una sal eutéctica que transporta los iones de hidruro tales como LiH disuelto en LiCl-KCl. El hidrógeno puede penetrar a través de la membrana, y un ión de catalizador, tal como Li^+ o K^+ podrá reducirse al catalizador, tal como Li o K en la interfase electrolito tal que Li o K y H se forman en la interfase y además reaccionan para formar hidrinos. En este caso, se incrementa el potencial de reducción. En una realización, la concentración de LiCl-KCl es de aproximadamente 58,5 + 41,2% en moles, la temperatura de fusión es de aproximadamente 450°C, y la concentración LiH es de aproximadamente 0,1% en moles o inferior. En otras realizaciones, la concentración LiH puede ser cualquier por ciento en moles deseable el límite de saturación de aproximadamente 8,5%. En otro ejemplo de realización, el electrolito puede comprender LiH + LiF + KF o NaF y

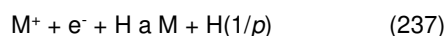
opcionalmente un soporte tal como TiC. Otros electrolitos adecuados son mezclas de hidruros alcalinos y borohidruros alcalinos y alcalinotérreos en donde la reacción de la célula puede ser un intercambio de metal. Las mezclas adecuadas son las mezclas eutécticas de NaH-KBH₄ a alrededor de 43 + 57% en moles que tiene la temperatura de fusión es de aproximadamente 503°C, KH-KBH₄ a alrededor de 66 + 34% en moles que tiene la temperatura de fusión es de aproximadamente 390°C, NaH-NaBH₄ a alrededor de 21 + 79% en moles que tiene la temperatura de fusión es de aproximadamente 395°C, KBH₄-LiBH₄ a alrededor de 53 + 47% en moles que tiene la temperatura de fusión es de aproximadamente 103°C, NaBH₄-LiBH₄ a aproximadamente 41,3 + 58,7% en moles que tiene la temperatura de fusión es de aproximadamente 213°C, y KBH₄-NaBH₄ a aproximadamente 31,8 + 68,2% en moles que tiene la temperatura de fusión es de aproximadamente 453°C en donde la mezcla puede comprender, además, un hidruro de metal alcalino o alcalinotérreo tal como LiH, NaH, KH o. Una concentración adecuada del hidruro es de 0,001 a 10% en moles. células ejemplares son [K/KH KBH₄-NaBH₄/ Ni], [Na/NaH NaBH₄-LiBH₄/ Ni], [LiAl/LiH KBH₄-LiBH₄/ Ni], [K/KBH₄-NaBH₄/ Ni], [Na/NaBH₄-LiBH₄/ Ni], y [LiAl/KBH₄-LiBH₄/ Ni]. hidruro de aluminio puede reemplazar borohidruro.

[0431] El electrolito puede comprender un catalizador o la fuente de catalizador distinto de LiH y otros electrolitos adecuados tales como KH o NaH con uno de NaBr + NaI, KOH + KBr, KOH + KI, NaH + NaAlEt₄, NaH + NaAlCl₄, NaH + NaAlCl₄ + NaCl, NaH + NaCl + NaAlEt₄, y unos halogenuros de otras sales. El catión de al menos una sal puede ser la del catalizador o la fuente de catalizador. En una realización, el catalizador y la fuente de H pueden formarse por HCl por la oxidación de Cl⁻ o H. El Cl⁻ puede ser desde el electrolito.

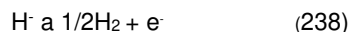
[0432] Una forma de realización de una célula térmica comprende una distribución de mezcla de reacción para causar una localización regional de la reacción de catálisis para producir localmente los iones y electrones. Los reactivos se distribuyen de tal manera que una primera área en la célula contiene exclusivamente uno o más reactivos selectivos necesarios para mantener la reacción hidrino a una tasa favorable a fin de desarrollar una tensión entre esta al menos una primera región y al menos una, segunda región de la célula. La célula comprende paredes conductoras en una realización, o puede comprender un circuito conductor. Una corriente de electrones puede fluir a través de las paredes de la célula o el circuito debido a la tensión. Los electrones reducen un reactivo en la segunda región tal como un hidruro para producir un anión tal como un ión hidruro. El anión puede migrar desde la segunda a la primera región para completar el circuito. La migración puede ser a través de una sal de disolvente o fundido. La sal fundida puede ser al menos uno de un electrolito, un electrolito que comprende un hidruro, y un hidruro disuelto en un electrolito. Un puente separador o sal puede mantener los reactivos selectivos en la primera región. El puente separador o sal también puede mantener una separación de otros reactivos que se desean separar. El puente separador o sal puede ser selectiva a los iones de hidruro.

[0433] En una realización ejemplar, los reactivos de ánodo y cátodo son los mismos excepto que el compartimiento del ánodo o región contiene exclusivamente el soporte. No se requiere un puente de sal y un separador y de iones conductor físico puede confinar opcionalmente el apoyo en el compartimiento catódico o región. Por ejemplo, las mezclas de reacción de ánodo y cátodo comprenden NaH o KH y Mg, y la mezcla de reacción en el ánodo comprende además TiC. En otros ejemplos de realización, la mezcla de reactivos tanto de las células comprende uno o más de un catalizador, fuente de catalizador, y la fuente de hidrógeno tal como al menos uno de Li, LiH, Na, NaH, K, KH, Rb, RbH, Cs, CsH, Mg, MgH₂, y al menos un H, y al menos uno de un reductor o reactivo de intercambio de hidruro tal como un metal alcalinotérreo o hidruro tal como Mg, LiH, MbH₄, MAIH₄ (M = Li, Na, K, Rb, Cs), y M₂(BH₄)₂ (M = Mg, Ca, Sr, Ba). Un soporte se localiza exclusivamente en el compartimiento del ánodo o región. Los soportes adecuados que también puede servir como un disociador de hidrógeno incluyen carbono, carburo, o un boruro. Carbono adecuado, carburos y boruros incluyen negro de carbono, TiC, Ti₃Sic₂, YC₂, TiCN, MgB₂, SiC, TaC, MO₂C, WC, C, B₄C, HfC, Cr₃C₂, ZrC, CrB₂, VC, ZrB₂, NbC y TiB₂. Los soportes adecuados que también pueden servir como disociadores de hidrógeno incluyen Pd/C, Pt/C Pd/MgO, Pd/Al₂O₃, Pt/MgO, y Pt/Al₂O₃. Mezclas de reacción de ánodo adecuadas incluyen NaH Pd/Al₂O₃ TiC + H₂, NaH NaBH₄ TiC, NaH KBH₄ TiC, NaH NaBH₄ Mg TiC, NaH KBH₄ Mg TiC, KH NaBH₄ TiC, KH KBH₄ TiC, KH NaBH₄ Mg TiC, KH KBH₄ Mg TiC, NaH RbBH₄ Mg TiC, NaH CsBH₄ Mg TiC, KH RbBH₄ Mg TiC, KH CsBH₄ Mg TiC, NaH Mg TiC Mg(BH₄)₂, NaH Mg TiC Ca(BH₄)₂, KH Mg TiC Mg(BH₄)₂, KH Mg TiC Ca(BH₄)₂, NaH Mg TiC, KH Mg TiC, LiH Mg TiC, NaH mg de Pd/C, KH mg de Pd/C, LiH mg de Pd/C, NaH Mg Pt/C, KH Mg Pt/C, NaH Mg LiCl, KH Mg LiCl, KH KOH TiC, y LiH Mg Pt/C. En una realización, los reactivos de cátodo pueden ser el mismo ausente el soporte. Alternativamente, en una realización, los reactivos anódicos pueden ser el mismo ausente el soporte.

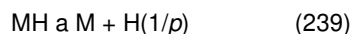
[0434] Química de hidrino puede ser localizada en un electrodo de dos compuestos de diferentes metales. La selectividad para formar hidrinos en uno puede ser debido a una reacción química específica preferida que da lugar a reactivos hidrino como catalizador o hidrógeno atómico. Por ejemplo, un electrodo puede disociar H₂ a H de tal manera que se puede producir la reacción hidrino. La mezcla de reacción puede comprender un hidruro alcalino tal como LiH en un hidruro de realización de sal eutéctica tal como una mezcla de compuestos que comprenden al menos uno de diferentes metales alcalinos y haluros tales como una mezcla de LiCl y KCl. Con un electrodo que comprende un H₂ disociador tal como Ni, Ti, Nb o con relación a un electrodo activo menos disociativo tal como Cu o Fe, las reacciones de célula media pueden ser
Reacción del cátodo (disociador H₂)



Reacción de ánodo

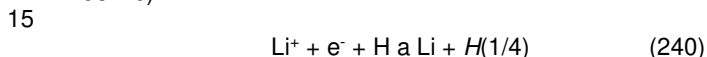


5 Neto

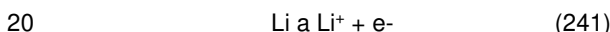


en donde M es un metal catalizador tal como Li, Na, o K.

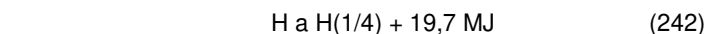
10 **[0435]** En una realización, las reacciones redox para formar hidrinos implican la reacción del cátodo de Ec. (237) en donde M es un metal alcalino tal como Li. Metales disociadores de cátodo adecuados son Nb, Fe, Ni, V, aleación de Fe-Mo, W, Rh, Zr, Be, Ta, Rh, Ti, y láminas de Th. Reacciones ejemplares son reacción de cátodo (por ejemplo, lámina de Nb)



Reacción del ánodo



Neto

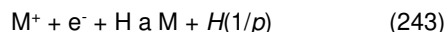


[0436] El ánodo de metal Li puede comprender una campana invertida o una cubeta en un electrolito en donde Li se mantiene en la cubeta por su flotabilidad en el electrolito, un electrodo poroso, una aleación Li tal como aleación de LiAl, o Li de metal en una cámara tal como un tubo metálico, tal como un tubo de Ni. La sal puede ser una sal eutéctica tal como 79 a 21% en peso de LiCl-LiF o 51,9 a 47,6% en peso de LiCl-KCl. La temperatura de funcionamiento puede estar por encima del punto del electrolito de sal de fusión tal como por encima de aproximadamente 485°C para el eutéctico de LiF/LiCl o por encima de aproximadamente 350°C para la LiCl/KCl eutéctica. Otros eutécticos adecuados y los puntos de fusión están LiClCsCl (59,3 + 40,7% en moles, pf = 200°C) y LiCl-KCl'sCl (57,5 + 13,3 + 29,2% en moles, pf = 150°C). En una realización, las concentraciones Li y Li⁺ permanecen sustancialmente constantes en el tiempo debido a la difusión contadora de Li y Li⁺ consumida y formada por las reacciones dadas por las ecuaciones (240-241). El hidrógeno puede ser suministrado por difusión a través de un diafragma de una cámara o a través de un tubo que comprende un electrodo tal como el cátodo. En una célula que comprende un ánodo de metal, tal como un ánodo de metal Li que comprende además una campana o cubeta invertida en un electrolito para mantener el metal, el hidrógeno puede ser suministrado desde un diafragma situado debajo de la cubeta, y el diafragma puede estar orientado horizontalmente con respecto a la superficie del electrolito y la cubeta. La fuente de hidrógeno puede ser gas hidrógeno o un hidruro tal como un hidruro metálico tal como un hidruro de metal alcalino o de al menos un electrodo puede comprender un hidruro de metal. Un hidruro de metal adecuado es MH en donde M es un metal alcalino. Una concentración adecuada es de 0,001 a 1% en peso. La concentración de al menos uno de Li o LiH puede mantenerse por debajo del que disminuye la reacción de catalizador para formar hidrinos. Por ejemplo, la concentración en un electrolito de LiCl-KCl eutéctica puede mantenerse por debajo de 1% en peso, preferiblemente por debajo de 0,1% en peso, y lo más preferiblemente por debajo de 0,05% en peso. La concentración de Li y LiH se puede monitorizar con un detector o sensor. El sensor puede ser óptico, tal como un sensor de absorción óptica. El sensor para LiH puede ser un sensor de absorción de infrarrojos. El análisis puede comprender un informador o indicador tal como una especie de unión. El sensor puede ser un electrodo selectivo. El sensor puede comprender electrodos que responden a la concentración de Li o LiH de acuerdo con la ecuación de Nernst en donde la concentración se determinó a partir de la tensión. Electrodo adecuado no apoyarían significativamente la catálisis de H a hidrino. El sensor puede ser un aparato de calibrado para voltametría tales como voltametría cíclica, polarografía, o amperometría. La concentración puede ser aumentada o disminuida para mantener una concentración óptima para permitir la reacción hidrino. La adición o eliminación de Li o LiH pueden ser mediante la aplicación de electrolisis para la célula. La concentración de la Li o LiH puede ser controlada mediante el uso de un electrodo que absorbe Li o LiH. Un material ejemplar adecuado es el cobre.

[0437] En una realización, la célula comprende electrodos que comprenden dos metales. Los metales adecuados son los seleccionados de los metales de transición, metales de transición interna, Al, Sn, In, y metales de tierras raras. La célula puede comprender además un electrolito de sal eutéctica tal como al menos dos haluros metálicos, tales como LiCl-KCl o LiCl-LiF y, además, puede comprender una fuente de hidruro tal como 0,01% en peso de LiH.

[0438] En otra realización, un electrodo, el ánodo, puede comprender un metal más electropositivo que proporciona electrones para reducir una fuente iónica de catalizador o H⁺ para formar el catalizador o H de la mezcla catalizadora en el cátodo. En las reacciones de ejemplo, M_a es el metal del ánodo que tiene un potencial de par de reducción más favorable que el del cátodo y M es un metal catalizador tal como Li, Na, o K:

Reacción de cátodo



Reacción de ánodo



Y en solución

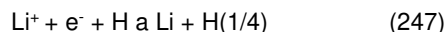


Neto



[0439] En una realización, las reacciones redox para formar hidrinos implican la reacción del ánodo de la ecuación (244) en donde M_a es el metal del ánodo es decir tiene un potencial de reducción de par más favorable que el del cátodo. Metales adecuados de ánodo y de cátodo, y de catalizador son V, Zr, Ti, o Fe, y Li. Reacciones ejemplares son

Reacción de cátodo



Reacción de ánodo



Y en la solución



Neto

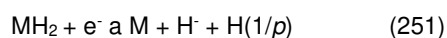


En una realización, el metal M_a tales como V se puede separar de la mezcla de sal y se añade al ánodo para reconstituirlo. Un método adecuado para reconstituir el ánodo es el uso de un metal de ánodo paramagnético o ferromagnético y recoger las partículas de metal por un campo magnético. En una realización, el ánodo está magnetizado de tal manera que el material reducido se recoge en el ánodo. metales de ánodo ferromagnéticos adecuados son Ni y Fe. En otra realización, el ánodo se coloca en la parte inferior de la célula y puede estar compuesta de un metal denso tal que cualquier metal reducido formado en el electrolito puede precipitar y volver a depositar en la superficie del ánodo para reconstituirlo. Metales electropositivos adecuados para el ánodo son uno o más del grupo de un metal alcalino o alcalinotérreo, Al, V, Zr, Ti, Mn, Se, Zn, Cr, Fe, Cd, Co, Ni, Sn y Pb. El material de ánodo puede ser un hidruro que se descompone de manera que el metal está libre de un revestimiento de óxido y es activo para la oxidación. Células de ánodo electropositivo ejemplares son [Ti/LiF-LiCl/LiAl-Hx], [V/LiF-LiCl/LiAl-Hx], [Zr/LiF-LiCl/LiAl-Hx], [V/LiF-LiCl/Nb (H₂)], [Zr/LiF-LiCl/Zr (H₂)], [Ti/LiF-LiCl/Ti (H₂)], [V/LiF-LiCl-LiH (0,02% mol)/Nb (H₂)], [Zr/LiF-LiCl-LiH (0,02% mol)/Zr (H₂)], [Ti/LiF-LiCl-LiH (0,02% mol)/Ti (H₂)], Y [V/LiCl-KCl/Fe (H₂)]. La energía eléctrica se puede optimizar cambiando la temperatura, burbujear el electrolito H₂, electro-purificación del electrolito, la adición de H₂, hidruración o cambiando la cantidad de hidruro de cualquiera de las células mediante la adición de medio ánodo hidruro metálico tal como TiH₂, VH₂ o ZrH₂, hidruro metálico de cátodo tal como LiH, o adición de gas H.

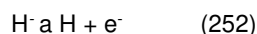
[0440] En una realización, los metales adecuados se seleccionan de la lista de aluminio, antimonio, bario, carbono (grafito), cerio, cromo, cobalto, cobre, disprosio, erbio, europio, gadolinio, germanio, hafnio, holmio, hierro, lantano, lutecio, magnesio, manganeso, molibdeno, neodimio, níquel, niobio, praseodimio, prometio, protactinio, samario, escandio, plata, estroncio, tantalio, tecnecio, telurio, terbio, tulio, titanio, tungsteno, vanadio, iterbio, itrio, y circonio. La célula puede comprender además una sal eutéctica y puede comprender además al menos uno de un hidruro tal como un hidruro alcalino e hidrógeno. Al menos uno de los electrodos metálicos puede estar hidrurado, o hidrógeno puede ser impregnado a través del metal a partir de un suministro de hidrógeno. En una realización, el metal puede comprender un metal alcalino o alcalinotérreo. El metal puede ser una fuente de catalizador. El electrodo tal como el ánodo puede comprender un electrodo abierto o poroso o un electrodo cerrado. En el primer caso, un metal tal como un metal alcalino o alcalinotérreo se encuentra en contacto con el electrolito, y en el último caso, está encerrado en una cámara eléctricamente conductora que está en contacto con el electrolito. Cámaras adecuadas están compuestas de aluminio, antimonio, bario, carbono (grafito), cerio, cromo, cobalto, cobre, disprosio, erbio, europio, gadolinio, germanio, hafnio, holmio, hierro, lantano, lutecio, magnesio, manganeso, molibdeno, neodimio, níquel, niobio, praseodimio, prometio, protactinio, samario, escandio, plata, estroncio, tantalio, tecnecio, telurio, terbio, tulio, titanio, tungsteno, vanadio, iterbio, itrio y circonio. El metal tal como Li, Na, K o pueden entrar en la solución cuando el

electrodo está abierto. El metal puede entrar como un ion. En una realización, la célula puede comprender un ánodo y un cátodo y un electrolito. Los electrolitos adecuados comprenden una mezcla de al menos uno de un hidruro metálico y un haluro de metal y mezclas de halogenuros metálicos tales como combinaciones de MH, M'X M''X" en donde M, M' y M'' son los metales alcalinos y X y x' son haluros. electrolitos a modo de ejemplo son mezclas de NaH LiCl KCl, LiCl NaCl, y LiH LiCl NaCl. En una realización, el metal CIHT cátodo puede ser hidrurado o tienen hidrógeno presente antes de que el metal del ánodo abierto o poroso entra en contacto con él. Hidruros de cátodo ejemplares adecuados son hidruros de niobio y titanio. En una realización, el metal del ánodo se puede unir a la superficie del cátodo y puede ser eliminado por electrólisis. El hidrógeno puede reaccionar con el metal del ánodo tal como Li y puede precipitar fuera del electrolito. El precipitado tal como LiH se puede regenerar al metal del ánodo por métodos tales como la electrólisis y la regeneración térmica.

[0441] En una realización, las reacciones redox para formar hidrinos implican H⁻ como el ion de migración. La reacción en el cátodo puede comprender la reducción de un hidruro para formar H⁻, y la reacción en el ánodo puede comprender la oxidación de H⁻ para H. Hidrinos pueden formar en cualquiera de los electrodos dependiendo de la presencia de un catalizador con H. Reacciones ejemplares son



Reacción del ánodo



Después de H difusión en electrolito

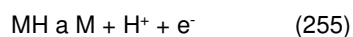


Neto

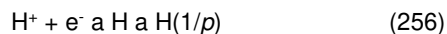


MH₂ puede ser reformada por la adición de H₂ a M. un hidruro metálico puede formar en el ánodo, así en el paso dado por la ecuación (252). El hidruro se puede descomponer al menos parcialmente térmicamente a la temperatura de funcionamiento de la célula.

[0442] En una realización, las reacciones redox para formar hidrinos implican H⁺ como el ion de migración. La reacción en el cátodo puede comprender la reducción de H⁺ para formar H, y la reacción en el ánodo puede comprender la oxidación de H a H⁺. Hidrinos pueden formar en cualquiera de electrodo dependiendo de la presencia de un catalizador con H. Reacciones ejemplares son



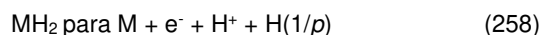
Reacción de ánodo



Neto



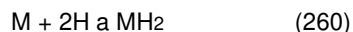
MH pueden ser reformados mediante la adición de H₂ a M. En otra realización ejemplar, las reacciones son



Reacción de ánodo



Después de la difusión H en electrolito



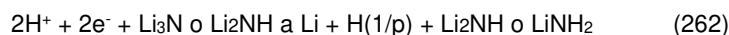
Neto



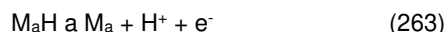
MH₂ puede ser reformada por la adición de H₂ a M. Un hidruro metálico puede formar en el ánodo, así como en el paso dado por la ecuación (259). El hidruro se puede descomponer al menos parcialmente térmicamente a la temperatura de funcionamiento de la célula.

[0443] En otra realización, la célula media de ánodo comprende una fuente de H⁺ tal como un hidruro tal como al menos uno de un hidruro alcalino o alcalinotérreo, un hidruro de metal de transición tal como Ti hidruro, un hidruro metálico de transición interna tal como Nb, Zr, o Ta hidruro, paladio o platino hidruro, y un hidruro de tierra rara. Alternativamente, la fuente de H⁺ puede ser de hidrógeno y un catalizador. El catalizador puede ser un metal tal como un metal noble. El catalizador puede ser una aleación tal como una que comprende al menos un metal noble y otro metal, tal como Pt₃Ni. El catalizador puede comprender un soporte tal como carbono, siendo un ejemplo Pt/C. El catalizador puede comprender los de membrana de intercambio de protones (PEM) pilas de combustible, las pilas de combustible de ácido fosfórico, o las pilas de combustible similares que comprenden un protón de migración formado por un catalizador tal como los conocidos por los expertos en la técnica. La fuente de H⁺ puede ser de un ánodo permeable de hidrógeno y una fuente de hidrógeno tal como Pt(H₂), Pd(H₂), Ir(H₂), Rh(H₂), Ru(H₂), metal noble (H₂), Ti(H₂), Nb(H₂) o V(H₂) ánodo ((H₂) designa una fuente de hidrógeno tal como gas hidrógeno que impregna a través del ánodo). La fuente de H⁺ puede ser de hidrógeno en contacto con los reactivos de ánodo de células medias tales como Pd/C, Pt/C, Ir/C, Rh/C, y Ru/C. La fuente de H₂ que forma H⁺ puede ser un hidruro tal como un hidruro alcalino, un hidruro de tierra alcalina tal como MgH₂, un hidruro de metal de transición, un hidruro de metal de transición interna, y un hidruro de metal de transición que puede ponerse en contacto con los reactivos de ánodo de células medias tales como Pd/C, Pt/C, Ir/C, Rh/C, y Ru/C. El metal catalizador puede estar soportado por un material tal como carbono, un carburo, o un boruro. El H⁺ migra al compartimiento catódico de la célula media. La migración puede ser a través de un puente de sal que es un conductor de protones tal como alúmina beta o una membrana de intercambio de protones no acuoso. La célula puede comprender además un electrolito. En otra realización, el puente de sal se puede sustituir por un electrolito, tal como un electrolito de sal eutéctica fundido. En el compartimiento de células medias de cátodo, el H⁺ se reduce a H. El H puede servir como reactivo a partir de hidrinos con un catalizador. Al menos algunos H también pueden reaccionar con una fuente de catalizador para formar el catalizador. La fuente de catalizador puede ser un nitrato o imida tal como un nitrato de metal alcalino o de imida tales como Li₃N o Li₂NH. El producto de la célula media imida o amida cátodo puede ser descompuesto y el hidrógeno puede ser devuelto al metal del compartimiento de células medias de ánodo para reformar el hidruro correspondiente. La fuente de catalizador puede ser H atómico. El hidrógeno reaccionado para formar hidrinos puede estar compuesto. El hidrógeno puede ser transferido por bombeo o electrolíticamente. En las reacciones ejemplares, MaH es el hidruro de ánodo de metal y M es un metal catalizador tal como Li, Na, o K:

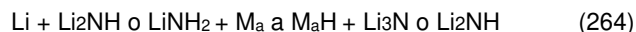
Reacción de cátodo



Reacción de ánodo



Regeneración



Neto



La célula puede comprender además un material de soporte de ánodo o cátodo tal como un boruro tal como GdB₂, B₄C, MgB₂, TiB₂, ZrB₂, y CrB₂, un carburo tal como TiC, YC₂O WC o TiCN. Células ejemplares adecuadas son [LiH/beta alúmina/Li₃N], [NaH/beta alúmina/Li₃N], [KH/beta alúmina/Li₃N], [MgH₂/ Beta alúmina/Li₃N], [de CaH₂/ Beta alúmina/Li₃N], [SSR₂/ Beta alúmina/Li₃N], [BaH₂/ Beta alúmina/Li₃N], [NBH₂/ Beta alúmina/Li₃N], [MgH₂/ Beta alúmina/Li₃N], [ZRH₂/ Beta alúmina/Li₃N], [LaH₂/ Beta alúmina/Li₃N], [LiH/beta alúmina/Li₂NH], [NaH/beta alúmina/Li₂NH], [KH/beta alúmina/Li₂NH], [MgH₂/ Beta alúmina/Li₂NH], [de CaH₂/ Beta alúmina/Li₂NH], [SSR₂/ Beta alúmina/Li₂NH], [BaH₂/ Beta alúmina/Li₂NH], [NBH₂/ Beta alúmina/Li₂NH], [MgH₂/ Beta alúmina/Li₂NH], [ZRH₂/ Beta alúmina/Li₂NH], [LaH₂/ Beta alúmina/Li₂NH], [LiH/beta alúmina/Li₃N TiC], [NaH/beta alúmina/Li₃N TiC], [KH/beta alúmina/Li₃N TiC], [MgH₂/ Beta alúmina/Li₃N TiC], [de CaH₂/ Beta alúmina/Li₃N TiC], [SSR₂/ Beta alúmina/Li₃N TiC], [BaH₂/ Beta alúmina/Li₃N TiC], [NBH₂/ Beta alúmina/Li₃N TiC], [MgH₂/ Beta alúmina/Li₃N TiC], [ZRH₂/ Beta alúmina/Li₃N TiC], [LaH₂/ Beta alúmina/Li₃N TiC], [LiH/beta alúmina/Li₂NH TiC], [NaH/beta alúmina/Li₂NH TiC], [KH/beta alúmina/Li₂NH TiC], [MgH₂/ Beta alúmina/Li₂NH TiC], [de CaH₂/ Beta alúmina/Li₂NH TiC], [SSR₂/ Beta alúmina/Li₂NH TiC], [BaH₂/ Beta alúmina/Li₂NH TiC], [NBH₂/ Beta alúmina/Li₂NH TiC], [MgH₂/ Beta alúmina/Li₂NH TiC], [ZRH₂/ Beta alúmina/Li₂NH TiC], [LaH₂/ Beta alúmina/Li₂NH TiC].

Beta alúmina/Li₂NH TiC], [LaH₂/ Beta alúmina/Li₂NH TiC], [Ti (H₂)/Beta alúmina/Li₃N], [Nb (H₂)/Beta alúmina/Li₃N], [V (H₂)/Beta alúmina/Li₃N], [Ti (H₂)/Beta alúmina/Li₂NH], [Nb (H₂)/Beta alúmina/Li₂NH], [V (H₂)/Beta alúmina/Li₂NH], [Ti (H₂)/Beta alúmina/Li₃N TiC], [Nb (H₂)/Beta alúmina/Li₃N TiC], [V (H₂)/Beta alúmina/Li₃N TiC], [Ti (H₂)/Beta alúmina/Li₂NH TiC], [Nb (H₂)/Beta alúmina/Li₂NH TiC], [V (H₂)/Beta alúmina/Li₂NH TiC] y [PTC(H₂) o PdC(H₂)/H⁺ conductor como conductor de protones sólido tal como H⁺Al₂O₃/Li₃N].

[0444] En formas de realización, la fuente de H⁺ es un compuesto orgánico o inorgánico que comprende un protón, tales como un oxianión de hidrógeno alcalino o alcalinotérreo tal como fosfato o sulfato. Un ácido tal como ácido silícico, un compuesto de aluminio alquilo o borano con H tales como aquellos con miembros de puente H, amonio o un compuesto de amonio alquilo. Además fuentes de H adecuadas son complejos de amina de borano tal como borano amina, amoniato de hidruro de boro, complejos de hidrazina-borano, diamoniato de diborano, boracina, y octahidrotetraboratos de amonio o tetrahidrobóratos, los líquidos iónicos de imidazolio, tales como alquil (aril)-3-metilimidazolio N-bis(trifluorometanosulfonilo) sales de imidato, borato de fosfonio, y las sustancias carbonita. Otros compuestos ejemplares son borano de amoniaco, borano de amoniaco alcalino tal como borano de amoniaco de litio, y complejo de alquilo de amina borano tal como complejo de dimetilamina borano, complejos de trimetilamina borano, y amino boranos y aminas de borano tales como aminodiborano, n-dimetilaminodiborano, tris borano (dimetilamino), di-n-butilboronamina, dimetilaminoborano, trimetilaminoborano, amoniaco-trimetilborano, y trietiloaminoborano. compuestos de amonio adecuados son haluros de amonio o alquil amonio, y compuestos aromáticos, tales como imidazol, piridina, pirimidina, pirazina, percloratos, PF_6^- , y otros aniones de la descripción que son compatibles con cualquier componente de la célula que está en contacto, dichos componentes comprenden al menos el electrolito, puente de sal, los reactivos de cada una de las células medias, y electrodos. El puente de electrolito o la sal también puede comprender estos compuestos. Electrolitos de sal fundida conductora H⁺ de temperatura ambiente ejemplar son 1-etil-3-metilimidazolio cloruro-AlCl₃ y líquidos iónicos próticos basados en pirrolidinio. En una realización, la fuente de H⁺ es una zeolita protonada tal como HY. La fuente de H⁺ puede comprender también un compuesto organometálico tales compuestos aromáticos de metales de transición tales como compuestos que comprenden ferroceno como polivinilferroceno, niqueloceno, cobaltoceno, y otros compuestos similares que están protonados en una realización.

[0445] En realizaciones, la fuente de H⁺ es un compuesto que tiene un enlace metal-H (MH) tal como un metal de transición, ruterinio, renio, platino, o complejo de osmio con otros ligandos tales como CO, halógeno, ciclopentadienilo, y trifenilfosfina. Fuentes adecuadas adicionales comprenden metales con puentes de hidrógeno, tales como W, Lu, Ru, Mo, Co, Mn, e Y comprende además ligandos tales como CO, NO, y ciclopentadienilo. La fuente puede comprender metales polihidruros IR, W, Re, Pt, Os, y Rh con ligandos tales como fosfinas terciarias y ciclopentadienilo. En otra realización, la fuente de H⁺ es un compuesto que comprende H unido a un elemento del Grupo V, VI, o VII.

[0446] La célula que tiene H⁺ como el ion de migración puede comprender un electrolito conductor de H⁺ adecuado. Las sales inorgánicas de electrolitos ejemplares con cationes protonados tales como amonio. Los electrolitos pueden comprender un líquido iónico. El electrolito puede tener un punto de fusión bajo tal como en el intervalo de 100-200°C. Electrolitos ejemplares son nitrato de etilamonio, nitrato de etilamonio dopados con fosfato de dihidrógeno tal como aproximadamente 1% dopado, nitrato de hidrazinio, NH₄PO₃-TiP₂O₇ y una sal eutéctica de LiNO₃-NH₄NO₃. Otros electrolitos adecuados pueden comprender al menos una sal del grupo de LiNO₃, Triflato de amonio (Tf = CF₃SO₃⁻), Trifluoroacetato de amonio (TFAc = CF₃COO⁻) Tetrafluorobarato amonio (BF₄⁻), Metanosulfonato de amonio (CH₃SO₃⁻), Nitrato de amonio (NO₃⁻), Tiocianato de amonio (SCN⁻), sulfamato de amonio (SO₃NH₂⁻), BiFluoruro de amonio (HF₂⁻) hidrógeno sulfato de amonio (HSO₄⁻) Bis amonio (trifluorometanosulfonil) imida (TFSI = CF₃SO₂)₂N⁺), Amonio bis(perfluoroetanesulfonilo) imida (BETI = CF₃CF₂SO₂)₂N⁺), Nitrato de hidrazinio y puede comprender además una mezcla tal como una mezcla eutéctica que comprende además al menos uno de NH₄NO₃, NH₄Tf, y NH₄TFAc. Otros disolventes adecuados comprenden ácidos tales como ácido fosfórico. En una realización, H⁺ se genera en el ánodo y se reduce a H en el cátodo como un conductor no reactivo tal como un metal tal como acero inoxidable (SS). El voltaje de la célula teórico de la química basada en no hidrino puede ser esencialmente cero, pero un voltaje práctico se desarrolla debido a la formación de hidrinos durante la formación de H. Células ejemplares son [Pt(H₂), Pt/C (H₂), borano, boranos aminoácidos y aminas borano, AlH₃, o compuesto H-X X = Grupo V, VI, o elemento VII)/mezcla de sal inorgánica que comprende un electrolito líquido, tal como nitrato de amonio-trifluoroacetato/Li₃N, Li₂NH, o M (M = metal, tal como SS, una transición, la transición interior, o metal de tierra rara)], [R-Ni/H⁺ conductor electrolito/al menos uno de Ni, Pd, Nb], [hidrogenado Pt/C/H⁺ conductor electrolito tal como una sal de amonio o Nafion/al menos uno de Ni, Pd, Nb], [hidrogenado Pt/C/H⁺ conductor electrolito tal como una sal de amonio o Nafion/Pd-Ag (uno de Li₃N, metal alcalino tal como Li, un metal alcalinotérreo, metal de tierras raras, Ti, Zr)], [H₂ y el ánodo de célula de combustible de gas que comprende Pt/C/H⁺ conductor electrolito tal como una sal de amonio o Nafion/al menos uno de Li, Pd, Nb, Pd-Ag (uno de Li₃N, metal alcalino tal como Li, un metal alcalinotérreo, metal de tierras raras, Ti, Zr)] en donde () designa el interior de una cámara permeable H tal como un tubo, y [H₂ y el ánodo de célula de combustible de gas que comprende Pt/C, R-Ni, Pt o Pd/R-Ni, hidrogenado Pt/C/H⁺ conductor electrolito tal como una sal de amonio/Al₂O₃/Metal alcalino tal como Li, un metal alcalinotérreo, Li₃N, metal de tierras raras, Ti, Zr].

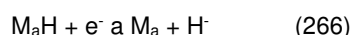
[0447] En una realización, el cátodo puede comprender una membrana permeable de hidrógeno tal como un tubo de metal. El H⁺, reducido a H en el cátodo, puede difundirse a través de la membrana tal como la membrana 473 se muestra en la Figura 20. La membrana puede separar una cámara interior 474 del electrolito 470. La cámara puede

contener un reactivo tal como un elemento, aleación, compuesto u otro material que reacciona con el H que se difunde dentro de la cámara. El reactivo de interior puede ser un metal que forma un hidruro tal como al menos uno de un metal alcalino tal como Li, un metal alcalinotérreo tal como Ca, Sr, y Ba, un metal de transición tal como Ti, un metal de transición interna tales como Zr, y un metal de tierras raras tal como La. El reactivo puede también ser un compuesto tal como al menos uno de Li_3N y Li_2NH . Células ejemplares son $[\text{Pt}(\text{H}_2)$, $\text{Pt}/\text{C}(\text{H}_2)$, borano, boranos aminoácidos y aminas borano, AlH_3 , o compuesto H-X X = elemento de Grupo V, VI, o VII)/mezcla de sal inorgánica que comprende un electrolito líquido, tal como nitrato de amonio-trifluoracetato/SS, Nd, Ni, Ta, Ti, V, Mo (Li_3N , Li_2NH , o M; M = metal, tal como SS, una transición, la transición interior, o metal de tierra rara)] en donde () denota interior de la cámara.

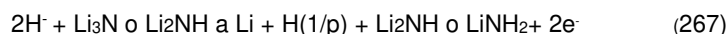
[0448] En una realización, el ánodo comprende una fuente de protones, y el cátodo comprende un sumidero de protones. El cátodo puede comprender una molécula orgánica que se reduce de forma reversible mediante reacción con los electrones y protones. moléculas orgánicas ejemplares adecuados son azul de metileno (cloruro de metiltioninio), sulfonato difenilbencidina, sulfonato de difenilamina, diclorofenolindofenol, indofenol, ácido N-fenilnitrilico, N-etoxicrisoidina (4-(4-etoxifenilazo)-1,3-fenilendiamina monohidrocloreto), dianisidina (4-(4-amino-3-metoxifenil)-2-metoxianilina), sulfonato de difenilamina, difenilamina, viológenos (derivados bipyridinio de 4,4'bipyridil), tionina, ácido indigotetrasulfónico, ácido indigotrisulfónico, índigo carmín (ácido 5,5'-indigodisulfónico), ácido indigomonosulfónico, fenosafranina, safranina T, los compuestos de 2,8-dimetil-3,7-diamino-fenazina, rojo neutro (colorantes eurhodina), antraquinona, y compuestos similares conocidos en la técnica. En una realización, la célula comprende además un compuesto o material que comprende hidrógeno tal como un hidruro o hidrógeno intercalados en un soporte tal como carbono. La célula comprende los componentes de otras células de la divulgación que tienen un H migración la célula comprende además un compuesto o material que comprende hidrógeno tal como un hidruro o hidrógeno intercalados en un soporte tal como carbono. La célula comprende los componentes de otras células de la divulgación que tienen un H migración la célula comprende además un compuesto o material que comprende hidrógeno tal como un hidruro o hidrógeno intercalados en un soporte tal como carbono. La célula comprende los componentes de otras células de la divulgación que tienen un H^+ de migración. Células ejemplares son $[\text{Pt}/\text{C}(\text{H}_2)$ o $\text{Pd}/\text{C}(\text{H}_2)$ /separador de protones conductor tal como Nafion, electrolito de sal acuosa, o molécula aceptora iónica líquida/orgánica de protones tal como azul de metileno, sulfonato difenilbencidina, sulfonato de difenilamina, diclorofenolindofenol, indofenol, ácido N-fenilnitrilico, N-etoxicrisoidina (4-(4-etoxifenilazo)-1,3-fenilendiamina monohidrocloreto), dianisidina (4-(4-amino-3-metoxifenil)-2-metoxianilina), sulfonato de difenilamina, difenilamina, viológenos (derivados bipyridinio de 4,4'bipyridil), tionina, ácido indigotetrasulfónico, ácido indigotrisulfónico, carmín índigo (ácido 5,5'-indigodisulfónico), ácido indigomonosulfónico, fenosafranina, safranina T, los compuestos de 2,8-dimetil-3,7-diamino-fenazina, rojo neutro (colorantes eurhodina), o 113 antraquinona, un hidruro metálico tal como una tierra rara, de transición, de transición interna, hidruro alcalino, metal alcalinotérreo, o $\text{C}(\text{H}_2)$].

[0449] En otra realización, las células medias de cátodo comprenden una fuente de H^+ tal como un cátodo permeable de hidrógeno y una fuente de hidrógeno tal como $\text{Ti}(\text{H}_2)$, $\text{Nb}(\text{H}_2)$ o $\text{V}(\text{H}_2)$ cátodo (H_2 designa una fuente de hidrógeno tal como gas hidrógeno que permea a través del cátodo en contacto con el electrolito) o hidruro tal como al menos uno de un hidruro alcalino o alcalinotérreo, un hidruro de metal de transición tal como Ti hidruro, una transición interna de metal hidruro tal como Nb, Zr, Ta o hidruro, paladio o platino hidruro, y un hidruro de tierra rara. El H^+ migra al compartimiento anódico de la célula media. La migración puede ser a través de un puente de sal que es un conductor de hidruro. La célula puede comprender además un electrolito. En otra realización, el puente de sal se puede sustituir por un electrolito, tal como un electrolito de sal eutéctica fundido, tal como LiCl-KCl o LiF-LiCl . En el compartimiento de células medias de ánodo, el H^+ se oxida a H. El H puede servir como reactivo a partir de hidrinos con un catalizador. Al menos algunos H también pueden reaccionar con una fuente de catalizador para formar el catalizador o al menos un H puede comprender el catalizador. La fuente de catalizador puede ser un nitrato o imida tal como un nitrato de metal alcalino o de imida tales como Li_3N o Li_2NH . En una realización, los reactivos anódicos, tales como al menos uno de un nitrato y de imida tales como Li_3N y Li_2NH pueden estar contenidos en una cámara tal como una cámara permeable H tal como un tubo, o la cámara puede comprender una membrana permeable H en contacto con el electrolito. El ion de hidruro en el electrolito puede estar oxidado en la pared de la cámara o de la membrana y difunda a través de la pared o de la membrana para reaccionar con los reactivos en la cámara en donde la reacción hidrino puede ocurrir entre el catalizador formado tal como Li y H. La célula media de ánodo de imida o amida puede descomponerse y el hidrógeno puede ser devuelto al metal del compartimiento de cátodo de célula media para reformar el hidruro correspondiente. El hidrógeno reaccionado para formar hidrinos puede estar compuesto. El hidrógeno puede ser transferido por bombeo o electrolíticamente. En las reacciones de ejemplo, M_aH es el hidruro de cátodo de metal y M es un metal catalizador tal como Li, Na, o K:

Reacción de cátodo



Reacción de ánodo



Regeneración



Neto



La célula puede comprender además un material de ánodo o cátodo de soporte tal como un boruro tal como GdB_2 , B_4C , MgB_2 , TiB_2 , ZrB_2 , y CrB_2 , un carburo tal como TiC , YC_2 o WC o TiCN . Células ejemplares adecuadas son $[\text{Li}_3\text{N}/\text{LiCl-KCl}/\text{Ti}(\text{H}_2)]$, $[\text{Li}_3\text{N}/\text{LiCl-KCl}/\text{Nb}(\text{H}_2)]$, $[\text{Li}_3\text{N}/\text{LiCl-KCl}/\text{V}(\text{H}_2)]$, $[\text{Li}_2\text{NH}/\text{LiCl-KCl}/\text{Ti}(\text{H}_2)]$, $[\text{Li}_2\text{NH}/\text{LiCl-KCl}/\text{Nb}(\text{H}_2)]$, $[\text{Li}_2\text{NH}/\text{LiCl-KCl}/\text{V}(\text{H}_2)]$, $[\text{Li}_3\text{N TiC}/\text{LiCl-KCl}/\text{Ti}(\text{H}_2)]$, $[\text{Li}_3\text{N TiC}/\text{LiCl-KCl}/\text{Nb}(\text{H}_2)]$, $[\text{Li}_3\text{N TiC}/\text{LiCl-KCl}/\text{V}(\text{H}_2)]$, $[\text{Li}_2\text{NH TiC}/\text{LiCl-KCl}/\text{Ti}(\text{H}_2)]$, $[\text{Li}_2\text{NH TiC}/\text{LiCl-KCl}/\text{Nb}(\text{H}_2)]$, $[\text{Li}_2\text{NH TiC}/\text{LiCl-KCl}/\text{V}(\text{H}_2)]$, $[\text{Li}_3\text{N}/\text{LiCl-KCl}/\text{LiH}]$, $[\text{Li}_3\text{N}/\text{LiCl-KCl}/\text{NaH}]$, $[\text{Li}_3\text{N}/\text{LiCl-KCl}/\text{KH}]$, $[\text{Li}_3\text{N}/\text{LiCl-KCl}/\text{MgH}_2]$, $[\text{Li}_3\text{N}/\text{LiCl-KCl}/\text{CaH}_2]$, $[\text{Li}_3\text{N}/\text{LiCl-KCl}/\text{SSR}_2]$, $[\text{Li}_3\text{N}/\text{LiCl-KCl}/\text{BAH}_2]$, $[\text{Li}_3\text{N}/\text{LiCl-KCl}/\text{NBH}_2]$, $[\text{Li}_3\text{N}/\text{LiCl-KCl}/\text{ZRH}_2]$, $[\text{Li}_3\text{N}/\text{LiCl-KCl}/\text{LaH}_2]$, $[\text{Li}_2\text{NH}/\text{LiCl-KCl}/\text{LiH}]$, $[\text{Li}_2\text{NH}/\text{LiCl-KCl}/\text{NaH}]$, $[\text{Li}_2\text{NH}/\text{LiCl-KCl}/\text{KH}]$, $[\text{Li}_2\text{NH}/\text{LiCl-KCl}/\text{MgH}_2]$, $[\text{Li}_2\text{NH}/\text{LiCl-KCl}/\text{CaH}_2]$, $[\text{Li}_2\text{NH}/\text{LiCl-KCl}/\text{SSR}_2]$, $[\text{Li}_2\text{NH}/\text{LiCl-KCl}/\text{BAH}_2]$, $[\text{Li}_2\text{NH}/\text{LiCl-KCl}/\text{NBH}_2]$, $[\text{Li}_2\text{NH}/\text{LiCl-KCl}/\text{ZRH}_2]$, $[\text{Li}_2\text{NH}/\text{LiCl-KCl}/\text{LaH}_2]$, $[\text{Li}_3\text{N TiC}/\text{LiCl-KCl}/\text{LiH}]$, $[\text{Li}_3\text{N TiC}/\text{LiCl-KCl}/\text{NaH}]$, $[\text{Li}_3\text{N TiC}/\text{LiCl-KCl}/\text{KH}]$, $[\text{Li}_3\text{N TiC}/\text{LiCl-KCl}/\text{MgH}_2]$, $[\text{Li}_3\text{N TiC}/\text{LiCl-KCl}/\text{CaH}_2]$, $[\text{Li}_3\text{N TiC}/\text{LiCl-KCl}/\text{SSR}_2]$, $[\text{Li}_3\text{N TiC}/\text{LiCl-KCl}/\text{BAH}_2]$, $[\text{Li}_3\text{N TiC}/\text{LiCl-KCl}/\text{NBH}_2]$, $[\text{Li}_3\text{N TiC}/\text{LiCl-KCl}/\text{ZRH}_2]$, $[\text{Li}_3\text{N TiC}/\text{LiCl-KCl}/\text{LaH}_2]$, $[\text{Li}_2\text{NH TiC}/\text{LiCl-KCl}/\text{LiH}]$, $[\text{Li}_2\text{NH TiC}/\text{LiCl-KCl}/\text{NaH}]$, $[\text{Li}_2\text{NH TiC}/\text{LiCl-KCl}/\text{KH}]$, $[\text{Li}_2\text{NH TiC}/\text{LiCl-KCl}/\text{MgH}_2]$, $[\text{Li}_2\text{NH TiC}/\text{LiCl-KCl}/\text{CaH}_2]$, $[\text{Li}_2\text{NH TiC}/\text{LiCl-KCl}/\text{SSR}_2]$, $[\text{Li}_2\text{NH TiC}/\text{LiCl-KCl}/\text{BAH}_2]$, $[\text{Li}_2\text{NH TiC}/\text{LiCl-KCl}/\text{NBH}_2]$, $[\text{Li}_2\text{NH TiC}/\text{LiCl-KCl}/\text{ZRH}_2]$, $[\text{Li}_2\text{NH TiC}/\text{LiCl-KCl}/\text{LaH}_2]$, $[\text{Ni}(\text{Li}_3\text{N})/\text{LiCl-KCl}/\text{CEH}_2\text{CB}]$, $[\text{Ni}(\text{Li}_3\text{N TiC})/\text{LiCl-KCl}/\text{CEH}_2\text{CB}]$ y $[\text{Ni}(\text{Li LiClKCl})/\text{LiClKCl LiH}/\text{Fe}(\text{H}_2)]$ en donde () designa el interior de una cámara permeable H tal como un tubo.

[0450] En una forma de realización que comprende el sistema M-N-H tal como una célula que tiene al menos un reactivo de células medias o producto que comprende al menos uno de MNH_2 , M_2NH , y M_3N , al menos un H sirve como un catalizador para otro. El mecanismo de catalizador está soportado por los picos de RMN correspondientes a $\text{H}_2(1/2)$, $\text{H}_2(1/3)$ y $\text{H}_2(1/4)$ a 2,2, 1,65, y 1,2 ppm, respectivamente.

[0451] En otras realizaciones, la fuente de catalizador puede ser otro compuesto que libera el catalizador tras la reacción con H formado por la oxidación de H⁺ en el ánodo. Los compuestos adecuados son sales que forman aniones de ácidos de hidrógeno o ácidos tales como Li_2SO_4 que puede formar LiHSO_4 o Li_3PO_4 que puede formar Li_2HPO_4 , por ejemplo, reacciones ejemplares son
Reacción de cátodo



Reacción de ánodo



Regeneración



Neto



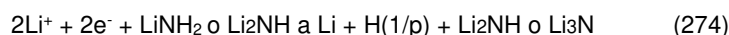
Las reacciones de transferencia de H que implican estos sistemas pueden ser la fuente del catalizador así como detalle en la descripción.

[0452] En otra realización, la célula media de ánodo comprende una fuente de catión metálico tal como un catión de metal alcalino tal como Li^+ . La fuente puede ser el metal correspondiente, tal como Li o una aleación de metal tal como al menos uno de Li_3Mg , LiAl, LiSi, LiB, LiC, LiPb, LiTe, LiSe tal como Li_2Se , LiCd, BiLi, LiPd, LiSn, Li_2CuSn , $\text{Li}_x\text{In}_{1-y}\text{Sb}$ ($0 < x < 3$, $0 < y < 1$), LiSb, LiZn, Li aleaciones de metal-metaloides tales como óxidos, nitruros, boruros, siliciuros y, y aleaciones de metal-Li mixtos. El catión tal como Li^+ migra al compartimento catódico de la célula media. La célula puede tener un electrolito. El catión tal como Li^+ puede migrar a través de un electrolito de sal fundida tal como una mezcla de sal fundida eutéctica tal como una mezcla de haluros de metales alcalinos tales como LiF-LiCl o LiCl-KCl. células ejemplares son $[\text{LiSb}/\text{LiCl-KCl}/\text{Se TiH}_2]$, $[\text{LiSb}/\text{LiCl-KCl}/\text{Se ZrH}_2]$, $[\text{LiSN}/\text{LiCl-KCl}/\text{Se TiH}_2]$, $[\text{LiSN}/\text{LiCl-KCl}/\text{Se ZrH}_2]$, $[\text{LiH} + \text{al menos uno de LiAl, LiSi, LiB, LiC, LiPb, LiTe, LiSe, LiCd, BiLi, LiPd, LiSn, Li}_2\text{CuSn, Li}_x\text{In}_{1-y}\text{Sb} (0 < x < 3, 0 < y < 1), \text{LiSb, LiZn, y Li aleaciones de metal-metaloides}/\text{LiCl-KCl}/\text{LiH}]$, $[\text{LiH} + \text{al menos uno de LiAl, LiSi, LiB, LiC, LiPb, LiTe, LiSe, LiCd, BiLi, LiPd, LiSn, Li}_2\text{CuSn, Li}_x\text{In}_{1-y}\text{Sb} (0 < x < 3, 0 < y < 1), \text{LiSb, LiZn, y Li aleaciones de metal-metaloides}/\text{LiCl-KCl}/\text{LiH} + \text{soporte}]$ y $[\text{LiH} + \text{al menos uno de LiAl, LiSi, LiB, LiC, LiPb, LiTe, LiSe, LiCd, BiLi, LiPd, LiSn, Li}_2\text{CuSn, Li}_x\text{In}_{1-y}\text{Sb} (0 < x < 3, 0 < y < 1) \text{ aleaciones, LiSb, LiZn, y metal Li-metaloides} + \text{soporte}/\text{LiCl-KCl}/\text{LiH} + \text{soporte}]$ en donde los soportes a modo de

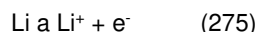
ejemplo adecuados son un carburo, boruro, o carbono.

[0453] Alternativamente, la migración puede ser a través de un puente de sal que es un conductor de cationes tal como alúmina beta. Un Li ejemplar+ sal puente/electrolito comprende hoja de fibra de vidrio de borosilicato saturada con una solución de electrolito 1 M LiPF₆ en 1:1 carbonato de dimetil/carbonato de etileno. En el compartimiento de células medias cátodo, el catión tal como Li⁺ esta reducido. El producto de reducción tal como un átomo tal como Li puede servir como un catalizador y también puede reservar como reactivo a partir de hidrógeno a partir de una fuente en donde el catalizador y H pueden reaccionar para formar hidrinos. La fuente de hidrógeno puede ser una amida o imida tal como una amida de metal alcalino o de imida tales como LiNH₂ o Li₂NH. La fuente de hidrógeno puede ser un material de almacenamiento de hidrógeno. El producto de la célula media imida o nitruro de cátodo puede ser hidrurada por adición de hidrógeno, y la fuente de catión tal como Li puede ser devuelta al compartimiento anódico electrolíticamente o por medios físicos o químicos. En las reacciones de ejemplo, Li es el metal del ánodo y Li es el catalizador. En otras realizaciones, Na, K o puede reemplazar Li.

Reacción de cátodo



Reacción de ánodo



Regeneración con Li a compartimiento del ánodo



Neto



La célula puede comprender además un material de ánodo o cátodo de soporte tal como un boruro tal como GdB₂, B₄C, MgB₂, TiB₂, ZrB₂, y CrB₂, un carburo tal como TiC, YC₂ o WC o TiCN. Células ejemplares adecuadas son [hoja de fibra de vidrio Li/borosilicato saturados con un 1 M LiPF₆ solución de electrolito en 1:1 carbonato de dimetil/carbonato de etileno/LiNH₂], [Li o Li aleación tal como Li₃Mg o LiC/olefina separador LiBF₄ en tetrahidrofurano (THF)/LiNH₂], [Hoja de fibra de vidrio Li/borosilicato saturado con una solución 1 M LiPF₆ de electrolito en 1:1 de carbonato de dimetil/carbonato de etileno/Li₂NH], [Li/borosilicato hoja de fibra de vidrio LiAl saturado con un 1 M LiPF₆ solución de electrolito en 1:1 carbonato de dimetil/carbonato de etileno/LiNH₂], [Li/borosilicato hoja de fibra de vidrio saturada con una solución 1 M LiPF₆ de electrolito en 1:1 de carbonato de dimetil/carbonato de etileno/Li₂NH], [Almunia Li/Li-beta/LiNH₂], [Almunia Li/Li-beta/LiNH₂], [Almunia LiAl/Li-beta/LiNH₂], [Almunia LiAl/Li-beta/Li₂NH], [hoja de fibra de vidrio Li/borosilicato saturada con una solución 1 M LiPF₆ de electrolito en 1:1 carbonato de dimetil/carbonato de etileno/LiNH₂ TiC], [hoja de fibra de vidrio Li/borosilicato saturado con un 1 M LiPF₆ solución de electrolito en 1:1 de carbonato de dimetil/carbonato de etileno/Li₂NH TiC], [Li/borosilicato hoja de fibra de vidrio saturada con una solución 1 M LiPF₆ de electrolito en 1:1 carbonato de dimetil/carbonato de etileno/LiNH₂ TiC], [Li/borosilicato hoja de fibra de vidrio saturada con una solución 1 M LiPF₆ de electrolito en 1:1 de carbonato de dimetil/carbonato de etileno/Li₂NH TiC], [Almunia Li/Li-beta/LiNH₂ TiC], [Almunia Li/Li-beta/LiNH₂ TiC], [Almunia LiAl/Li-beta/LiNH₂ TiC], [Almunia LiAl/Li-beta/Li₂NH TiC], [Li/LiCl-KCl/LiNH₂], [Li/LiCl-KCl/Li₂NH], [LiAl/LiCl-KCl/LiNH₂], [LiAl/LiCl-KCl/Li₂NH], [Li/LiF-LiCl/LiNH₂], [Li/LiF-LiCl/LiNH₂], [LiAl/LiF-LiCl/LiNH₂], [LiAl/LiF-LiCl/Li₂NH], [Li/LiCl-KCl/LiNH₂ TiC], [Li/LiCl-KCl/Li₂NH TiC], [LiAl/LiCl-KCl/LiNH₂ TiC], [LiAl/LiCl-KCl/Li₂NH TiC], [Li/LiF-LiCl/LiNH₂ TiC], [Li/LiF-LiCl/LiNH₂ TiC], [LiAl/LiF-LiCl/LiNH₂ TiC], [LiAl/LiF-LiCl/Li₂NH TiC], [Li₂Se/LiCl-KCl/LiNH₂], [Li₂Se/LiCl-KCl/Li₂NH], [Li₂Se/LiCl-KCl/LiNH₂ TiC], [Li₂Se/LiCl-KCl/Li₂NH TiC]. Otro metal alcalino puede reemplazar Li, y mezclas de los reactivos pueden ser usadas en al menos uno del cátodo o ánodo. Células ejemplares adicionales son [M (M = metal alcalino) o M aleación tal como una aleación de Li como se da en la divulgación/base/MNH₂ y opcionalmente un hidruro metálico tal como de CaH₂, la SSR₂, BaH₂, TiH₂, ZrH₂, LaH₂, CeH₂ o de otro hidruro de tierra rara].

[0454] Alternativamente, el ánodo puede comprender como fuente de Li que se forma un compuesto tal como un seleniuro o telururo en el cátodo. Células ejemplares son [LiNH₂/ LiCl-KCl/Te], [LiNH₂/ LiCl-KCl/Se], [LiNH₂/ LiCl-KCl/Te TiH₂], [LiNH₂/ LiCl-KCl/Se TiH₂] Y [LiNH₂/ LiCl-KCl/Te ZrH₂], [LiNH₂/ LiCl-KCl/Se ZrH₂] Y [LiBH₄ Mg/Celgard LP 30/Se].

[0455] En otras formas de realización análogas al sistema Li-NH, otro catalizador o la fuente de catalizador tal como Na, K, o Ca reemplaza Li correspondiente a los sistemas Na-N-H, K-N-H, y Ca-N-H, respectivamente.

[0456] En otra realización, el medio de células de ánodo comprende una fuente de catión metálico tal como un catión de metal alcalino tal como Li⁺. La fuente puede ser al menos uno de un metal tal como Li, un hidruro tal como LiH, LiBH₄ y LiAlH₄ y un compuesto de intercalación tal como uno de carbono, nitruro de boro hexagonal, y calcogenuros metálicos. Calcogenuros litiados adecuados son aquellos que tienen una estructura en capas tal como MoS₂ y WS₂. El calcogenuro en capas puede ser uno o más del grupo de TiS₂, ZrS₂, HfS₂, TaS₂, TeS₂, ReS₂, PtS₂, SnS₂, SnSSe, TiSe₂, ZrSe₂, HfSe₂, TaSe₂, TeSe₂, ReSe₂, PtSe₂, SnSe₂, TiTe₂, ZrTe₂, VTe₂, EtNT₂, TaTe₂, MO₂, WTe₂, CoTe₂,

RhTe₂, IrTe₂, NiTe₂, PdTe₂, PtTe₂, SiTe₂, NbS₂, TaS₂, MoS₂ y WS₂, NbSe₂, NbSe₃, TaSe₂, MoSe₂, VSe₂, WSe₂ y MoTe₂. La fuente del catión metálico puede comprender además al menos nitruros de metales de transición de litio tales como Li_{2,6}M_{0,4}N (M = Co, Cu, Ni), Li_{2,6}Co_{0,4}N, Li_{2,6}Co_{0,2}Cu_{0,2}N, Li_{2,6}Co_{0,2}Ni_{0,2}N, Li_{2,6}Cu_{0,2}Ni_{0,2}N, Li_{2,6}Co_{0,25}Cu_{0,15}N, Li_{2,6}Co_{0,2}Cu_{0,1}Ni_{0,1}N, Li_{2,6}Co_{0,25}Cu_{0,1}Ni_{0,05}N, y Li_{2,6}Co_{0,2}Cu_{0,15}Ni_{0,05}N, materiales compuestos tales como compuestos tales como Li_{2,6}M_{0,4}N y al menos uno de SiC, óxidos de silicio, y óxidos metálicos tales como CO₃O₄ y LiTi₂O₄, y aleaciones tales como SnSb, óxidos de metales de transición de litio tales como LiTi₂O₄, Óxidos de estaño de litio, una aleación de metal tal como al menos aleaciones de litio tales como Li₃Mg, LiAl, LiSi, LiB, LiC, LiPb, LiTe, LiSe tal como Li₂Se, LiCd, BiLi, LiPd, LiSn, Li₂CuSn, Li_xLi_{1-y}Sb (0 < x < 3, 0 < y < 1), LiSb, LiZn, Li aleaciones de metal-metaloides tales como óxidos, nitruros, boruros, y siliciuros, y aleaciones de metal mixto Li, compuestos del sistema Li-NH tales como LiNH₂, Li₂NH, y Li₃N, y compuestos de litio tales como calcogenuros tales como Li₂Se, Li₂Te, y Li₂S. El catión tal como Li⁺ migra al compartimiento catódico de la célula media. La célula puede tener un electrolito o un disolvente. El catión tal como Li⁺ puede migrar a través de un electrolito de sal fundida tal como una mezcla de sal fundida eutéctica tal como una mezcla de haluros de metales alcalinos tales como LiF-LiCl o LiCl-KCl. La célula puede tener un puente de sal para el ion de migración tales como Li⁺. Entonces, el puente de sal puede ser un vidrio tal como vidrio de borosilicato saturado con electrolito Li⁺ o una tal cerámica como Li⁺ alúmina beta impregnado. Al menos una célula media puede comprender además una fuente de Li que comprende óxidos tales como LiWO₃, Li₆Fe₂WO₃, Li_xWO₃, Li_xV₂O₅, LiCoO₂, LiFePO₄, LiMn₂O₄, LiNiO₂, Li₂FePO₄F, LiMnPO₄, sistema VOPO₄, LiV₂O₅, LiMgSO₄F, LiMSO₄F (M = Fe, Co, Ni, metal de transición), LiMPO₄F (M = Fe, Ti), Li_x[Li_{0,33}Ti_{1,67}O₄], o Li₄Ti₅O₁₂, Óxidos de metales de transición en capas tales como óxidos de Ni-Mn-Co como LiNi_{1/3}Co_{1/3}Mn_{1/3}O₂, y Li(Li_aNi_xCo_yMn_z)O₂ y LiTi₂O₄. Al menos una célula media puede comprender además un sumidero de Li que comprende versiones deficientes de litio de estos compuestos tales como estos óxidos. En general, los iones de óxido pueden tener un embalaje cúbico de caras centradas incluyendo aquellas con la estructura de espinela (por ejemplo LiMn₂O₄ y variantes que contienen más de un ion redox) y aquellos con distribuciones de cationes ordenadas. Estos últimos se clasifican por tener una estructura en capas. LiCoO₂ y LiNiO₂ son compuestos ejemplares. Materiales adecuados adicionales tienen embalaje hexagonal compacto de óxido incluyendo algunos con estructuras relacionadas de olivino, tales como LiFePO₄. Mientras que otros tienen estructuras cristalinas más abiertas que pueden denominarse estructuras de marco o esqueleto. Estas se consideran además porque contiene polianiones. Los materiales ejemplares son algunos sulfatos, wolframatos, fosfatos, Nasicon, y materiales relacionados con el Nasicon tales como Li₃V₂(PO₄)₃ y Li₂(SO₄)₃, mezclas, y mezclas de polianión. Los iones de litio pueden ocupar más que un tipo de posición intersticial.

[0457] Compuestos CIHT a base de fosfato ejemplares adecuados para materiales de electrodos que pueden servir como una fuente o sumidero del ion de migración tales como Li⁺ o Na⁺ que pueden ser una fuente de catalizador. Pueden actuar para desplazar H en realizaciones para causar la formación de hidrinos mediante los cuales uno o más átomos de H pueden servir como catalizador son LiFePO₄, LiFe_{1-x}M_xPO₄, Li₃V₂(PO₄)₃, LiVPO₄F, LiVPO₄OH, LiV₂P₂O₇, Li₂MPO₄F, Na₂MPO₄F, Li₄V₂(SiO₄)(PO₄)₂, Li₃V_{1,5}Al_{0,5}(PO₄)₃, β-LiVOPO₄, NaVPO₄F, Na₃V₂(PO₄)₂F₃, Fase novela A, Fase novela B, Fase novela C, y estos compuestos con el metal alcalino sustituido por otro tal como Li reemplazados por Na o viceversa. En general, el material celular CIHT puede comprender la fórmula general A₂FePO₄F en donde A puede ser Li o Na o mezclas, OH pueden sustituir a F en estos compuestos. Estos materiales pueden ser al menos uno de empobrecido en el metal alcalino y tienen H al menos parcialmente sustituido por el álcali en realizaciones.

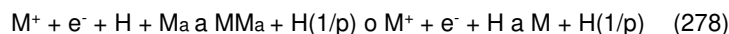
[0458] La célula puede comprender al menos uno de ánodo, electrolito, puente de sal, separador, y el cátodo de las baterías de iones de litio conocidas por los expertos en la técnica y comprenden además una fuente de hidrógeno y otros reactivos tales como uno o más soportes para facilitar la formación de hidrinos. El catalizador Li puede formarse en presencia de H formado en o presente en el medio de células correspondiente con Li. La célula puede comprender fuente de ánodo de Li tal como un compuesto de intercalación Li, nitruro, o calcogenuro, al menos uno de un electrolito, el separador, y el puente de sal y el catodo que comprende al menos uno de tal hidruro de metal tal como hidruro de tierra rara, hidruro de metal de transición tal como R-Ni o TiH₂, o hidruro de metal de transición interna tales como ZrH₂, un material de matriz hidrogenado, tal como el carbono hidrogenado, tal como carbono activo, un compuesto de intercalación Li tal como un óxido de metal de transición, óxido de tungsteno, óxido de molibdeno, óxido de niobio, óxido de vanadio, un óxido metálico o oxianión de metal tal como LiCoO₂ o LiFePO₄, u otro calcogenuro. Materiales de cátodo litados ejemplares son un sumidero de Li que comprende óxidos tales como Li_xWO₃, Li_xV₂O₅, LiCoO₂, LiFePO₄, LiMn₂O₄, LiNiO₂, Li₂FePO₄F, LiMnPO₄, sistema de VOPO₄, LiV₂O₅, LiMgSO₄F, LiMSO₄F (M = Fe, Co, Ni, metal de transición), LiMPO₄F (M = Fe, Ti), Li_x[Li_{0,33}Ti_{1,67}O₄], O Li₄Ti₅O₁₂, óxidos de metales de transición en capas tales como óxidos de Ni-Mn-Co como LiNi_{1/3}Co_{1/3}Mn_{1/3}O₂, y Li(Li_aNi_xCo_yMn_z)O₂ y LiTi₂O₄. Materiales de ánodo litados ejemplares son una fuente de Li, como el grafito (LiC₆), carbono duro (LiC₆), titanato (Li₄Ti₅O₁₂), Si (Li_{4,4}Si), y Ge (Li_{4,4}Ge). El cátodo puede comprender boranos aminoácidos y aminos de borano que reaccionan con el ión de migración reducido. Células ejemplares son [membrana/polipropileno LiC saturado con 1 M LiPF₆ solución de electrolito en 1:1 carbonato de dimetil/carbonato de etileno/CoO₂ R-Ni], [Li₃N membrana/polipropileno saturado con una solución 1 M LiPF₆ de electrolito en 1:1 carbonato de dimetil/carbonato de etileno/CoO₂ R-Ni], [Li/poliolefina separador LP 40/MHx] en donde MHx es un hidruro tal como uno de un metal alcalino, metal alcalinotérreo, metal de transición, metal de transición interna, metal de tierra rara, R-Ni, carbono hidrogenado, carbono MH (M = metal alcalino), [fuente de Li tales como Li metálico o aleación/electrolito sólido de litio o electrolito de sal fundida, tal como una fuente de sal eutéctica/H tal como un hidruro (MHx) o M(H₂) En donde M es un H₂ de metal permeable o H₂ cátodo de difusión] y [fuente de Li tales como metal Li o aleación/poliolefina separador LP/fuente 40 H tal como un hidruro o

M(H₂) en donde M es un H₂ de metal permeable o H₂ cátodo de difusión]. En una realización, el H₂ de metal permeable o H₂ cátodo de difusión está incrustado en un disociador de hidrógeno y de apoyo como al menos uno de carbono, Pt/C, Pd/C, Ru/C, Ir/C, un carburo, un boruro, y un polvo de metal tal como Ni, Ti, y Nb. Metales permeables de hidrógeno adecuados son Pd, Pt, Nb, V, Ta, y aleación de Pd-Ag. En el caso que el electrolito es una sal fundida, la sal puede comprender un carbonato tal como un carbonato alcalino.

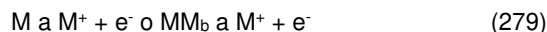
[0459] El catión de migración puede someterse a la reducción en el cátodo y formar una aleación o compuesto con un reactivo del compartimiento de cátodo. El catión reducido puede formar un metal tal como Li, un hidruro tal como LiH, LiBH₄ y LiAlH₄ y un compuesto de intercalación tal como uno de carbono, nitruro de boro hexagonal, y calcogenuros metálicos. calcogenuros adecuados son aquellos que tienen una estructura en capas tal como MoS₂ y WS₂. El calcogenuro en capas puede ser uno o más forma la lista de TiS₂, ZrS₂, HfS₂, TaS₂, TeS₂, ReS₂, PtS₂, SnS₂, SnSSe, TiSe₂, ZrSe₂, HfSe₂, VSe₂, TaSe₂, TeSe₂, ReSe₂, PtSe₂, SnSe₂, TiTe₂, ZrTe₂, VTe₂, EtNb₂, TaTe₂, MO₂, WTe₂, CoTe₂, RhTe₂, IrTe₂, NiTe₂, PdTe₂, PtTe₂, SiTe₂, NbS₂, TaS₂, MoS₂, WS₂, NbSe₂, NbSe₃, TaSe₂, MoSe₂, WSe₂ y MoTe₂. Un cátodo Li ejemplar es LiTiS₂. Los reactivos cátodo de células medias pueden comprender los de las baterías de iones de litio tal como un óxido de metal de transición, óxido de tungsteno, óxido de molibdeno, óxido de niobio, óxido de vanadio, Li₂WO₃, Li₂V₂O₅, LiCoO₂, LiFePO₄, LiMn₂O₄, LiNiO₂, Li₂FePO₄F, LiMnPO₄, sistema de VOPO₄, LiV₂O₅, LiMgSO₄F, LiMSO₄F (M = Fe, Co, Ni, metal de transición), LiMPO₄F (M = Fe, Ti), Li₂[Li_{0,33}Ti_{1,67}O₄], o Li₄Ti₅O₁₂, óxidos de metales de transición en capas tales como óxidos de Ni-Mn-Co como LiNi_{1/3}Co_{1/3}Mn_{1/3}O₂, y Li(Li_aNi_xCo_yMn_z)O₂ y LiTi₂O₄. En una realización, el electrodo negativo cargado es una fuente de M⁺ de migración tales como Li⁺, y electrones al circuito que comprende un calcogenuro intercalado con metal alcalino (por ejemplo litio). La aleación o compuesto formado puede ser una aleación de litio o un compuesto tal como al menos uno de Li₃Mg, LiAl, LiSi, LiB, LiC, LiPb, LiTe, LiSe tal como Li₂Se, LiCd, BiLi, LiPd, LiSn, Li₂CuSn, Li_xIn_{1-y}Sb (0 < x < 3, 0 < y < 1), LiSb, LiZn, Li aleaciones de metal-metaloides tales como óxidos, nitruros, boruros, y siliciuros, y aleaciones de metal mixto Li, compuestos del sistema Li-NH tales como LiNH₂, Li₂NH, y Li₃N, y compuestos de litio tales como calcogenuros tales como Li₂Se, Li₂Te, y Li₂S. Al menos uno de los reactivos de compartimiento de ánodo o el cátodo comprende una fuente de hidrógeno tal como gas hidrógeno o de hidrógeno a partir de permeación de metal, un hidruro, o un compuesto de Li-NH o sistema similar. La fuente de permeación de hidrógeno puede ser un tubo de un metal que forma una aleación con el ion de migración reducido tales como Li. El tubo puede ser presurizado internamente con hidrógeno. El tubo puede estar compuesto de metales ejemplares como Sb, Pb, Al, Sn y Bi. Al menos uno de los reactivos de cátodo y ánodo puede comprender además un soporte tal como un carburo, boruro, o carbono. En otras formas de realización, otro catalizador o fuentes de catalizadores tales como Na, K, Rb, o sustituto Cs de Li.

[0460] La célula puede comprender una intercalación o un compuesto sándwich de al menos uno del cátodo y el ánodo, un puente de electrolito o sal, y una fuente de hidrógeno al menos uno del cátodo o ánodo. Al menos uno de los reactivos de células medias de cátodo y ánodo puede comprender los de una batería de iones de litio. La fuente de hidrógeno puede ser un hidruro, de hidrógeno a través de permeación a través de una membrana, y un soporte hidrogenado. El ion de migración puede ser Li⁺, Na⁺ o K⁺ con un electrolito adecuado que puede comprender un electrolito orgánico, tal como MPF₆ (M es el metal alcalino correspondiente) en un disolvente carbonato o una sal eutéctica fundida, tal como una mezcla o haluros alcalinos, tales como los del mismo metal alcalino M.

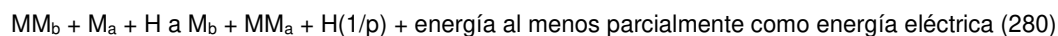
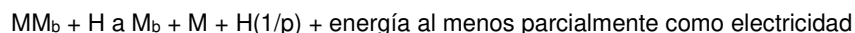
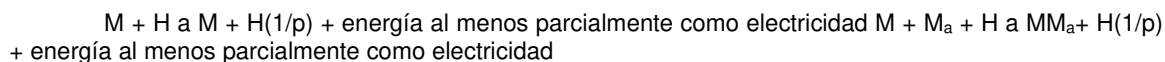
[0461] En una realización, la electroquímica crea reactivos hidrino de un catalizador y H en, al menos uno del cátodo o ánodo o sus compartimentos. Reacciones a modo de ejemplo en donde el metal M es el catalizador o fuente de catalizador y M_a y M_b son metales que forman una aleación o compuesto con M son



Reacción de ánodo



Neto



[0462] Las células ejemplares son [Li/LiCl-KCl/Sb o LiSb TiH₂], [Li/LiCl-KCl/Sb o LiSb LiH], [Li/LiCl-KCl/Sb o LiSb ZrH₂], [Li/LiCl-KCl/Sb o LiSb MgH₂], [LiSn/LiCl-KCl/Sb o LiSb MgH₂], [LiSn/LiCl-KCl/Sb o LiSb LiH], [LiH/LiCl-KCl/Sb o LiSb TiH₂], [LiH/LiCl-KCl/Sb o LiSb ZrH₂], [LiH/LiCl-KCl/Sb o LiSb TiH₂], [LiH/LiCl-KCl/Sb o LiSb LiH], [LiH/LiCl-KCl/Sb o LiSb MgH₂], [LiSn/LiCl-KCl/Sb o LiSb MgH₂], [LiSn/LiCl-KCl/Sb o LiSb LiH], [LiSn/LiCl-KCl/Sb o LiSb TiH₂], [LiSn/LiCl-KCl/Sb o LiSb ZrH₂], [LiPb/LiCl-KCl/Sb o LiSb MgH₂], [LiPb/LiCl-KCl/Sb o LiSb LiH], [LiPb/LiCl-KCl/Sb o LiSb TiH₂], [LiPb/LiCl-KCl/Sb o LiSb ZrH₂], [LiH Li₃N/LiCl-KCl/Se], [Li₃N/LiCl-KCl/Se TiH₂], [Li₂NH/LiCl-KCl/Se], [Li₂NH/LiCl-KCl/Se TiH₂], [LiH

Li₃N/LiCl-KCl/MGSE], [Li₃N/LiCl-KCl/MGSE TiH₂], [Li₂NH/LiCl-KCl/MGSE], [Li₂NH/LiCl-KCl/MGSE TiH₂], [LiH Li₃N/LiCl-KCl/Te], [Li₃N/LiCl-KCl/Te TiH₂], [Li₂NH/LiCl-KCl/Te], [Li₂NH/LiCl-KCl/Te TiH₂], [LiH Li₃N/LiCl-KCl/MgTe], [Li₃N/LiCl-KCl/MgTe TiH₂], [Li₂NH/LiCl-KCl/MgTe], [Li₂NH/LiCl-KCl/MgTe TiH₂], [LiH Li₃N/LiCl-KCl/LiNH₂], [Li₃N/LiCl-KCl/LiNH₂], [LiH Li₂NH/LiCl-KCl/Li₂NH], [Li₂NH/LiCl-KCl/Li₂NH], [LiH Li₃N/LiCl-KCl/LiNH₂ TiH₂], [Li₃N/LiCl-KCl/LiNH₂ TiH₂], [LiH Li₂NH/LiCl-KCl/Li₂NH TiH₂], [Li₂NH/LiCl-KCl/Li₂NH TiH₂], [Li₃N TiH₂/LiCl-KCl/LiNH₂], [Li₂NH TiH₂/LiCl-KCl/Li₂NH], [al menos uno de Li, LiH, LiAl, LiSi, LiB, LiC, LiPb, LiTe, LiSe, LiCd, BiLi, LiPd, LiSn, Li₂CuSn, Li_xIn_{1-y}Sb (0<x<3, 0<y<1), LiSb, LiZn, Li aleaciones de metal-metaloides, Li₃N, Li₂NH, LiNH₂, y un soporte/LiCl-KCl/al menos una fuente de H tal como LiH, MgH₂, TiH₂, ZrH₂, Un soporte, y un material para formar una aleación o compuesto con Li tal como al menos del siguiente grupo de aleaciones o de compuesto o las especies sin el Li: Li₃Mg, LiAl, LiSi, LiB, LiC, LiPb, LiTe, LiSe, LiCd, BiLi, LiPd, LiSn, Li₂CuSn, Li_xIn_{1-y}Sb (0<x<3, 0<y<1), LiSb, LiZn, Li aleaciones de metal-metaloides, S, Se, Te, MgSe, MgTe, Li₃N, Li₂NH, LiNH₂] Y [al menos uno de Li, LiH, LiAl, LiSi, LiB, LiC, LiPb, LiTe, LiSe, LiCd, BiLi, LiPd, LiSn, Li₂CuSn, Li_xIn_{1-y}Sb (0<x<3, 0<y<1), LiSb, LiZn, Li aleaciones de metal-metaloides, Li₃N, Li₂NH, LiNH₂, y un soporte/un puente de sal, tal como vidrio de borosilicato o Li impregnado beta alúmina/al menos una fuente de H tal como LiH, MgH₂, TiH₂, ZrH₂, Un soporte, y un material para formar una aleación o compuesto con Li tal como al menos del siguiente grupo de aleaciones o de compuesto o las especies sin el Li: Li₃Mg, LiAl, LiSi, LiB, LiC, LiPb, LiTe, LiSe, LiCd, BiLi, LiPd, LiSn, Li₂CuSn, Li_xIn_{1-y}Sb (0<x<3, 0<y<1), LiSb, LiZn, Li aleaciones de metal-metaloides, S, Se, Te, MgSe, MgTe, Li₃N, Li₂NH, LiNH₂]. Las células que comprenden ánodo y compartimientos catódicos reactivos de un sistema tal como el sistema Li-NH pueden comprender un diseño de silla mecedora. Al menos uno de H o Li suministrada por un conjunto de reactivos a la otra puede reaccionar en el compartimiento opuesto para liberar al menos uno de H o Li para establecer el ciclo de reacción entre dos conjuntos de reactivos. Por ejemplo, los reactivos anódicos pueden comprender Li₃N y los reactivos de cátodo pueden comprender LiNH₂. El Li desde el ánodo puede reaccionar con el cátodo LiNH₂ para formar Li₂NH + H. El H puede reaccionar con Li₃N en el compartimiento del ánodo para formar Li y Li₂NH que continúa el ciclo. La reacción inversa para formar los reactivos originales pueden conseguirse mediante la adición y la eliminación de al menos uno de H y Li o por vía electrolisis apropiadamente.

[0463] En una realización de una célula que tiene un electrolito sólido y Li⁺ es el ion de migración, la fuente de Li⁺ es un compuesto de litio tal como un compuesto de intercalación de litio o un hidruro de litio tal como LiH o LiBH₄. Células ejemplares son [LiH/base/LiOH], [LiBH₄/BASE/LiOH], [LiV₂O₅/BASE/LiOH] y [LiC disolvente tal como LiI LiBr/base/LiOH]. Células ejemplares adicionales que comprenden M⁺ (M = metal alcalino) como la migración de iones son [Na/Na-BASE/LiOH], [Na/Na-BASE/NaBH₄], [Li/Celgard LP 30/PTC (H₂)], [Li₃Mg/Celgard LP 30/PTC (H₂)], [Li₃Mg/Celgard LP 30/R-Ni], [Li_{1,6}Ga/Celgard LP 30/R-Ni], [Na/BASE/PTC (H₂) NaI NaBr], [Na/BASE/PTAL₂O₃(H₂) NaI NaBr], [Na/BASE/PDAl₂O₃(H₂) NaI NaBr], [Na/BASE/IPCTT (H₂) NaI NaBr], [Na/BASE/NaSH NaBr NaI], [Na/BASE NaOH/NaSH], [LiBH₄/LiI CsI/Te], [LiBH₄/LiI CsI/Se], [LiBH₄/LiI CsI/MgTe] y [LiBH₄/LiI CsI/MgSe].

[0464] En una realización, la química es regenerativa por medios tales como la electrolisis o de forma espontánea. En el último caso, un ejemplo adecuado de acuerdo con las Ecs. (278-280), es la formación de M en el cátodo, la difusión de M al ánodo compuesto por M_a, y la reacción espontánea de M para formar la aleación MM_a. Otro ejemplo de realización respecto a la ulterior ec. (274), es la formación de M en el cátodo, la reacción de M con MNH₂ o M₂NH para formar H y M₂NH o M₃N, respectivamente, la reacción de H suministrado con M₂NH o M₃N para formar o bien MNH₂ o M₂NH y M, la difusión de M al ánodo compuesto por M_a, y la reacción espontánea de M para formar la aleación MM_a.

[0465] En una realización, la célula comprende un metal y amoníaco en al menos una de las medias células de cátodo y ánodo en donde el metal forma la amida correspondiente por reacción con gas amoníaco. En una realización que tiene un metal que reacciona con el nitrógeno para formar nitruro de metal correspondiente que reacciona adicionalmente con hidrógeno para formar la amida, la correspondiente célula media contiene nitrógeno y gas hidrógeno opcionalmente. En ausencia de gas hidrógeno, la amida se puede formar por H en la célula media o de hidrógeno que migra desde otras células medias. La fuente de hidrógeno puede ser un hidruro tal como un hidruro de metal. Las especies de hidrógeno que emigran pueden ser H⁺ o H⁻. La célula puede comprender, además, los otros componentes celulares de la divulgación, tal como un electrolito, puente de sal o el separador, el soporte, la fuente de hidrógeno, y otros reactivos de células medias. Células ejemplares son [M + NH₃/LP separador 40 o LiBF₄ en tetrahidrofurano (THF), electrolito líquido iónico, de electrolito sólido tal como LiAlO₂ o base, de electrolito de sal eutéctica/M' + NH₃] En donde M y M' son cada uno un metal que forma una amida por reacción con NH₃ tal como un metal alcalino o alcalinotérreo. Preferiblemente, M y M' son metales diferentes. células ejemplares adicionales son [M + NH₃ o N₂ y H₂ opcionalmente Pt/C(H₂LP)/separador 40 o LiBF₄ en tetrahidrofurano (THF), electrolito líquido iónico, de electrolito sólido tal como LiAlO₂ o base, de electrolito de sal eutéctica/M' + NH₃ o N₂ y H₂ opcionalmente un hidruro metálico tal como TiH₂, ZrH₂, o un hidruro de tierra rara] en donde M y M' son cada uno un metal que forma una amida por reacción con NH₃ o tal como un metal alcalino o alcalinotérreo o reaccionar con N₂ y H₂ para formar la amida correspondiente. Preferiblemente, M y M' son metales diferentes. La célula también puede comprender una matriz conductora. En una realización, la matriz de conductor es un metal tal como un metal alcalino. células ejemplares son [LP Li/separador 40 o LiBF₄ en tetrahidrofurano (THF), electrolito líquido iónico, de electrolito sólido tal como LiAlO₂ o base, electrolito de sal eutéctica/NaNH₂ Na] y [LiC/Celgard LP 40/N₂ y H₂ mezcla de gas y la matriz de la realización tal como TiC, polvo de metal tal como Al, R-Ni, o la reducción de Ni, o CB o PtC].

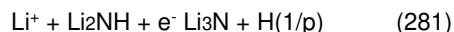
[0466] En una realización, amida de litio se forma por la reacción de Li con amoníaco. El ánodo es una fuente de Li, y el cátodo es una fuente de NH₃. Una fuente adecuada de Li es metal Li o una aleación de Li tales como Li₃Mg. Una

fuerza adecuada de amoníaco es NH_3 intercalados en carbono tal como negro de carbono, zeolita, mezclas de zeolitas de carbono y otros materiales que absorben NH_3 . Células ejemplares son [Li o Li_3Mg /separador de olefina LP40/ NH_3 carbono intercalado o NH_3 absorbido en zeolita]. En otras formas de realización, otro metal alcalino tal como Na o K sustituye Li.

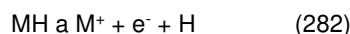
[0467] En una realización, el ion de migración puede ser uno de un ion metálico tal como un ión de metal alcalino, tal como Li^+ o H^+ o H^- . Al menos uno de los reactivos de células medias de cátodo y ánodo comprende boranos aminoácidos y aminas de borano que reaccionan con el ion de migración sometiendo a reducción. Los resultados de la reacción en las vacantes de H o adición de H que causan hidrinos a formarse en donde uno o más átomos de H sirven como un catalizador para otro. En otra realización, los resultados de la reacción en la formación de H en presencia de catalizador, tal como Li, K, o NaH que reaccionan para formar hidrinos. Células ejemplares son [Li o aleación de Li tal como LiC o Li_3Mg /olefina separador LP 40/amino borano y la amina borano], [Pt/C(H_2)/Conductor de protones tal como Nafion o iónico/amino borano líquido y amina borano], [amino borano y borano de amina /sal eutéctica H^- conductor tal como LiCl-KCl/hidruro tal como una tierra rara, de transición, de transición interna, álcali, y metal alcalinotérreo]. La célula puede comprender además al menos uno de un soporte conductor, matriz y aglutinante.

[0468] En una realización, puede producirse un intercambio de cationes entre los reactivos de células medias y la sal eutéctica. En un ejemplo, Li_2NH reacciona con un catión del electrolito, y se sustituye por un catión de las células medias de ánodo. La fuente puede ser un metal o un hidruro tal como el designado por MH.

Reacción de cátodo



Reacción de ánodo



Regeneración



Neto



[0469] En una realización, un ion tal como Li^+ puede estar formado por la oxidación de la imida correspondiente en el ánodo. La reacción del ion de migración en el cátodo también puede implicar la formación de un compuesto o aleación que comprende el ion de migración reducido. Reacciones ejemplares son

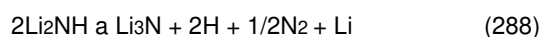
Reacción de ánodo



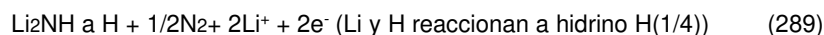
Reacción del cátodo



Neto



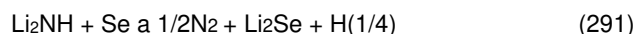
Reacción de ánodo



Reacción de cátodo



Neto

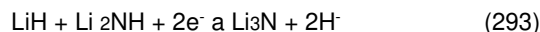


Células ejemplares son [$\text{Li}_2\text{NH}/\text{LiCl-KCl}/\text{Se}$], [$\text{Li}_2\text{NH}/\text{LiCl-KCl}/\text{Se} + \text{H}_2$], [$\text{LiNH}_2/\text{LiCl-KCl}/\text{Se}$], [$\text{LiNH}_2/\text{LiCl-KCl}/\text{Se} + \text{H}_2$],

[Li₂NH/LiCl-KCl/Te], [Li₂NH/LiCl-KCl/Te + H₂], [LiNH₂/LiCl-KCl/Te], y [LiNH₂/LiCl-KCl/Te + H₂].

[0470] En una realización, LiH que puede actuar como un catalizador con el sistema Li-N-H. En un sistema de ejemplo, las reacciones reversibles son

Reacción de cátodo



Reacción de ánodo



ya que H se reduce y H⁻ es hidrinos oxidados H(1/p) están formados. En efecto, LiNH₂ mueve de cátodo a ánodo y la química es reversible para causar hidrinos para formar con la producción de energía eléctrica. El portador H puede ser H⁻ que migra desde el cátodo al ánodo.

[0471] En una realización, al menos un átomo de H creado por reacciones entre especies del sistema M-N-H sirven como catalizador para otro formado por estas reacciones. Reacciones reversibles ejemplares son LiH + LiNH₂ a Li₂NH + H₂, LiH + Li₂NH a Li₃N + H₂, Li + LiNH₂ a Li₂NH + 1/2H₂, Li + Li₂NH a Li₃N + 1/2H₂. Na o K pueden reemplazar Li. El pico H₂ RMN a 3,94 ppm y los picos producto de reacción de la célula [Li₃N/LiCl-KCl/CeH₂] a 2,2 ppm, 1,63 ppm, y 1,00 ppm siendo el más grande inicialmente el pico de 1,63 ppm es consistente con H que actúa como el catalizador para formar H(1/2), H(1/3), y después H(1/4) que tiene los picos moleculares RMN correspondientes H₂(1/2), H₂(1/3), y H₂(1/4). Li también puede servir como un catalizador. Basado en la intensidad de los picos H₂(1/4) en NaNH₂, NaH puede servir como un catalizador, así como en este material.

[0472] En una realización, el ánodo comprende una fuente de Li, que también puede comprender una fuente de hidrógeno tal como al menos uno de metal Li, LiH, Li₂Se, Li₂Te, Li₂S, LiNH₂, Li₂NH, y Li₃N. El cátodo comprende yodo y puede comprender además un compuesto de yodo y una matriz tal como poli-2-vinilpiridina (P2VP). Un compuesto adecuado comprende aproximadamente 10% P2VP. La célula comprende además una fuente de hidrógeno que puede ser del ánodo reacciona o puede ser un reactivo del compartimiento catódico. Las fuentes adecuadas de hidrógeno son gas H₂ añadido directamente o por permeación a través de una membrana tal como una membrana de metal permeable hidrógeno. Células ejemplares son [Li/LiI formados durante la operación/l₂ P2VP H₂], [Li/LiI formada durante la operación/l₂ P2VP SS (H₂)], [LiH/LiI formada durante la operación/l₂ P2VP], [LiNH₂/LiI formada durante la operación/l₂ P2VP], [Li₂NH/LiI formada durante la operación/l₂ P2VP], [Li₃N/LiI formada durante la operación/l₂ P2VP], [Li₂Se/LiI formada durante la operación/l₂ P2VP SS (H₂)], [Li₂Te/LiI formó durante la operación/l₂ P2VP SS (H₂)], y [Li₂S/LiI formada durante la operación/l₂ P2VP SS (H₂)].

[0473] En una realización, la electroquímica crea reactivos de hidrino de las reacciones de intercambio de haluro de hidruro de la presente descripción. En una realización, las reacciones redox para formar hidrinos implican la reacción en el cátodo de la ecuación (243) en donde M⁺ + H se reduce a MH que es un reactivo de una reacción de intercambio de haluro de hidruro que forma hidrinos como resultado de la reacción de intercambio. Reacciones ejemplares son

Reacción de cátodo



Reacción de ánodo



Y en solución



Reacción de hidrino neta



[0474] La mezcla eutéctica que comprende el electrolito puede ser una fuente de los reactivos hidrino de una reacción de intercambio de haluro-hidruro. Una mezcla eutéctica adecuada puede comprender al menos una primera sal tal como sal de haluro y una sal que es una fuente de un hidruro. La fuente de hidruro puede ser una fuente de catalizador. Un haluro alcalino puede servir como una fuente de catalizador. Por ejemplo, LiX, NaX, KX o (X es un haluro) puede servir como una fuente de catalizador que comprende LiH, NaH, KH y, respectivamente. Alternativamente, al menos un H puede servir como catalizador. La primera sal puede comprender una tierra rara, un metal de transición,

alcalinotérreos, alcalinos y otros metales a los de Ag y sales alcalinas. Mezclas de haluro-sal ejemplares son $\text{EuBr}_2\text{-LiX}$ ($\text{X} = \text{F}, \text{Cl}, \text{Br}$), $\text{LaF}_3\text{-LiX}$, $\text{CeBr}_3\text{-LiX}$, AgCl-LiX . Otros se dan en la Tabla 4. En una realización adicional, al menos un electrodo puede ser un reactivo o producto de la reacción de intercambio de haluro-hidruro. Por ejemplo, el cátodo puede ser Eu o EuH_2 que es el producto de la reacción de intercambio de haluro de un haluro de europio como EuBr_2 y un hidruro de metal alcalino tal como LiH. Otros metales de las tierras raras o de transición o sus hidruros, tales como La, LaH_2 , Ce, CeH_2 , Ni, NiH, y Mn pueden comprender el cátodo. Estos son los productos de las reacciones de intercambio de haluro de hidruro de la presente descripción tales como los que existen entre un hidruro de metal alcalino MH tal como LiH, NaH, KH y y haluros metálicos, tales como LaF_3 , CeBr_3 , NiBr_2 y MnI_2 , respectivamente. En una realización, los reactivos de intercambio de haluro de hidruro se pueden regenerar por electrólisis o térmicamente. En una realización, la célula puede funcionar a temperatura elevada tal que la regeneración térmica se produce en la célula. La reacción inversa de la bolsa de haluro-hidruro puede producirse térmicamente en donde la energía térmica es al menos parcialmente a partir de la reacción para formar hidrinos.

[0475] En una realización, una especie conductora tal como metal Li de un electrodo poroso o abierto puede acumularse en la célula como en el electrolito. Las especies conductoras pueden provocar un cortocircuito de la tensión desarrollada entre el cátodo y el ánodo. El corto puede ser eliminado por romper la continuidad del circuito de conducción entre los electrodos. El electrolito se puede agitar para romper el circuito. La concentración de las especies conductoras puede ser controlada para evitar un cortocircuito. En una realización, la liberación de las especies se controla mediante el control de la solubilidad de la especie en el electrolito. En una realización, se controlan las condiciones de reacción tales como la temperatura, composición del electrolito, y la presión de hidrógeno y la concentración de hidruro. Por ejemplo, la concentración de metal tal como el de Li puede ser controlada mediante la alteración de su solubilidad por la cantidad de LiH presente y viceversa. Alternativamente, las especies conductoras tales como Li pueden ser eliminadas. La eliminación puede ser por galvanoplastia utilizando la electrólisis. En una realización, el exceso de metal tal como un metal alcalino o alcalinotérreo tal como Li se puede eliminar por electrólisis formando primero el hidruro. Entonces, los iones pueden ser eliminados. M^+ tales como Li^+ puede ser plateado como metal, tal como Li y H^- eliminado como gas H_2 . El electrochapado puede ser sobre un electrodo contador. El contraelectrodo puede formar una aleación de Li tales como LiAl. La electrólisis puede retirar el Li desde el cátodo CIHT. Durante la electrólisis, metal Li depositado sobre el cátodo CIHT puede estar anodizado (oxidado) a Li^+ que migra al cátodo de electrólisis (CIHT ánodo) donde es electrodepositado. O Li^+ puede entrar en solución en el ánodo de la electrólisis, y un anión puede formar en el cátodo de la electrólisis. En una realización, H puede reducirse a H^- en el cátodo de la electrólisis. En otra realización, Li puede ser depositado en el cátodo de la electrólisis y H puede estar formado en el ánodo de electrólisis. El H puede estar formado por la oxidación de H^- . El H puede reaccionar con Li en la superficie del ánodo de electrólisis para formar LiH. El LiH puede disolverse en el electrolito de manera que Li se extrae de la electrólisis del ánodo (cátodo CIHT) para regenerar el voltaje de la célula CIHT y la potencia debido a la vuelta de la catálisis de H para formar hidrinos cuando se opera en el modo de célula CIHT. Durante el funcionamiento de la célula CIHT, un hidruro tal como LiH puede precipitar de electrolito y ser separado en base a una diferencia de flotabilidad entre ella, el electrolito, y, opcionalmente, el metal Li. También se puede precipitar selectivamente sobre un material. La capa de hidruro puede ser bombeado o de otra manera transferido mecánicamente a una célula de electrólisis en donde metal Li y H_2 se generan y devuelven a la célula CIHT. La potencia eléctrica de electrólisis puede ser proporcionada por otra célula CIHT. Otros metales pueden sustituir a Li en otras realizaciones.

[0476] En una realización, una tensión se genera a partir de una reacción que forma reactivos hidrino que entonces reaccionan para formar hidrinos, y la polaridad se invierte periódicamente por la aplicación de una fuente de alimentación externa para regenerar las condiciones para formar hidrinos. La regeneración puede comprender al menos uno de regenerar parcialmente los reactivos originales o sus concentraciones, y la eliminación de un reactivo, o intermedia, o de otras especies tales como un contaminante o uno o más productos. Extracción de uno o más productos puede eliminar al menos parcialmente la inhibición del producto. La electrólisis puede llevarse a cabo mediante la aplicación de una tensión para eliminar hidrino y otros productos que inhiben. En una realización, exceso de metal alcalino tal como Li, Na, o K puede ser electrochapado de la solución. En una realización, los iones tales como Li^+ , Na^+ o K^+ se electrolizan a los metales en un cátodo usando una fuente de energía externa que puede ser otra célula CIHT trabajando en la dirección de formación de hidrinos para suministrar al menos parcialmente la energía de electrólisis. La electrólisis puede ser sobre un cátodo para formar una aleación tal como Li_3Mg , LiAl, LiSi, LiB, LiC, LiPb, LiTe, LiCd, BiLi, LiPd, LiSn, LiSb, LiZn, LiGa, LiIn, Li aleaciones de metal-metaloides tales como óxidos, nitruros, boruros, siliciuros y, aleaciones de Li de metal mezclado tales como Cu (5,4% en peso) Li (1,3% en peso) Ag (0,4% en peso) Mg (0,4% en peso) Zr (0,14% en peso) Al (balance), Cu (2,7% en peso) Li (2,2% en peso) Zr (0,12% en peso) Al (balance), Cu (2,1% en peso) Li (2,0% en peso) Zr (0,10% en peso) Al (balance), y Cu (0,95% en peso) Li (2,45% en peso) Zr (0,12% en peso) Al (balance), NaSn, NaZn, NaBi, KsN, KzN, o aleaciones KBi. Otros ánodos de células CIHT que pueden ser regenerados por electrólisis como cátodo son ánodos de boruro impregnados de litio (litiados) tal como aleación de LiB y TiB_2 , MgB_2 , GdB_2 , CrB_2 , ZrB_2 litiados. Otras aleaciones adecuadas, tales como las de los metales alcalinotérreos son aleaciones de MgNi y MgCu. La electrólisis en un ánodo puede formar hidrógeno o un hidruro metálico del metal del ánodo, tal como níquel, titanio, niobio, o hidruro de vanadio. El cátodo y el ánodo de electrólisis pueden ser ánodo y cátodo de la célula CIHT, donde se invierten los papeles en el cambio de CIHT a la célula de electrólisis y de vuelta otra vez después se regenera la célula. La tensión inversa se puede aplicar como un pulso. La polaridad inversa pulsada y la forma de onda pueden estar en cualquier intervalo de frecuencia, tensión de pico, la potencia pico, pico de corriente, ciclo de trabajo, y el desplazamiento de tensión. La reversión de impulsos

puede ser DC, o la tensión aplicada puede ser alterna o tener una forma de onda. La solicitud puede ser pulsada a una frecuencia deseada y la forma de onda puede tener una frecuencia deseada. Frecuencias de impulsos adecuados están dentro del intervalo de aproximadamente 1 a aproximadamente 1.000 Hz y el ciclo de trabajo puede ser de aproximadamente 0,001% a aproximadamente 95%, pero pueden estar dentro de los intervalos más estrechos de factor de dos incrementos dentro de este intervalo. La tensión de pico puede estar dentro del intervalo de al menos uno de aproximadamente 0,1 V a 10 V, pero puede estar dentro de los rangos más estrechos de un factor de dos incrementos dentro de este rango. En otra realización se aplica un pulso de alto voltaje que puede estar en el intervalo de aproximadamente 10 V a 100 kV, pero puede estar dentro de los rangos más estrechos de incrementos de magnitud orden dentro de este rango. La forma de onda puede tener una frecuencia dentro de la gama de al menos uno de aproximadamente 0,1 Hz a aproximadamente 100 MHz, alrededor de 100 MHz a 10 GHz, y sobre 10 GHz a 100 GHz, pero puede estar dentro de los intervalos más estrechos de incrementos de magnitud orden dentro de este rango. El ciclo de trabajo puede ser al menos uno del intervalo de aproximadamente 0,001% a aproximadamente 95%, y aproximadamente 0,1% a aproximadamente 10%, pero pueden estar dentro de los rangos más estrechos de incrementos de magnitud orden dentro de este rango. La densidad de potencia de pico de los impulsos puede estar en el intervalo de aproximadamente 0,001 W/cm² a 1.000 W/cm² pero puede estar dentro de los rangos más estrechos de incrementos de magnitud orden dentro de este rango. La densidad de potencia media de los pulsos puede estar en el intervalo de aproximadamente 0,0001 W/cm² a 100 W/cm², Pero puede estar dentro de los rangos más estrechos de incrementos de magnitud orden dentro de este rango.

[0477] En una realización, los reactivos que pueden ser de corta duración se generan durante la electrólisis que resultan en la formación de hidrinos y la potencia eléctrica correspondiente durante la fase de descarga de la pila CIHT de un ciclo repetido de carga y descarga. El poder de electrólisis se puede aplicar para optimizar la energía de la formación de hidrinos con relación a la energía de entrada. Las condiciones de electrólisis de tensión, forma de onda, célula de servicio, la frecuencia y otros tales paráms pueden ser ajustados para aumentar la ganancia de energía eléctrica a partir de la célula.

[0478] Las células ejemplares para la electrólisis de impulsos son [Li/olefina LP40 separador/C hidrogenado], [LiC/olefina separador LP40/C hidrogenado], [Li/olefina LP40 separador/hidruro de metal], [LiC/olefina separador LP40/hidruro de metal].

[0479] En otra realización, la eliminación de los agentes inhibidores o regeneración de la reacción hidrino se realiza por agitación mecánica tal como agitación. En otra realización, la eliminación de los agentes inhibidores o regeneración de la reacción hidrino se realiza ciclando térmicamente la célula. Alternativamente, un reactivo puede añadirse para eliminar la fuente de la inhibición. Una fuente de protones puede añadirse en el caso de que la especie inhibidora es un hidruro tal como hidruro de hidrino. La fuente puede ser HCl. El producto puede ser un haluro metálico tal como un haluro de metal alcalino que pueden estar más lejos la eliminación de agentes inhibidores o regeneración de la reacción hidrino se realiza ciclando térmicamente la célula. Alternativamente, un reactivo puede añadirse para eliminar la fuente de la inhibición. Una fuente de protones puede añadirse en el caso de que la especie inhibidora sea un hidruro tal como hidruro de hidrino. La fuente puede ser HCl. El producto puede ser un haluro metálico tal como un haluro de metal alcalino que pueden ser regenerados por electrólisis. La electrólisis puede ser en el electrolito fundido, tal como un eutéctico. En el caso de que el agente inhibidor es un metal alcalino de hidruro tal como Li, un reactivo puede añadirse que reacciona selectivamente con él para cambiar su actividad. Por ejemplo, un reactivo adecuado para Li es nitrógeno que favorece la formación de un nitruro con Li.

[0480] En una realización, Li puede ser regenerado y se recogió en un recipiente tal como una campana sumergida en electrolito que agrupa el metal en la parte superior del electrolito en el interior de la campana, debido a la menor densidad del metal con respecto al del electrolito. En una realización, la concentración de metal en el electrolito puede ser controlada por un sistema de accionamiento tal como un sistema de liberación controlada térmicamente o eléctricamente tal como una célula Knudsen o sistema de liberación piezoeléctrico. En otra realización, el metal, tal como Li se controla mediante el control de las condiciones de reacción tales como la temperatura de la célula, la concentración de al menos un reactivo, o la presión de hidrógeno. Por ejemplo, la formación de aleaciones LiAl o LiSi es espontánea de LiH con un metal contraelectrodo tal como Ti que forma un hidruro metálico tal como TiH. La reacción se forma por una alta concentración de LiH. Entonces, la célula se puede ejecutar en el modo de CIHT que tiene la aleación de litio como el ánodo y el hidruro metálico tal como TiH como el cátodo cuando se baja la concentración LiH.

[0481] En formas de realización, los reactivos de células medias son regenerados. La regeneración puede estar en el modo por lotes por medios tales como la electrólisis de los productos a los reactivos o por la reacción térmica de los productos a los reactivos. Alternativamente, el sistema puede regenerar de forma espontánea en lotes de modo o de forma continua. La reacción para formar los reactivos hidrino se produce por el flujo de electrones e iones que implican los reactivos correspondientes que se someten a oxidación en el medio de células de ánodo y la reducción en la semipila catódica. En una realización, la reacción global para formar los reactivos hidrino no es termodinámicamente favorable. Por ejemplo, tiene una energía libre positiva, y la reacción en la dirección inversa es espontánea o se puede hacer espontánea cambiando las condiciones de reacción. A continuación, la dirección de avance de la reacción está impulsada por la liberación de energía grande en la formación de hidrinos de una manera que puede ser una reacción concertada. Puesto que la reacción para formar hidrinos no es reversible, los productos pueden convertir espontáneamente a los reactivos después de formarse hidrinos. O, una temperatura de una o más condiciones de

reacción tales, presión de hidrógeno, o concentración de uno o más reactivos o productos se cambia para regenerar los reactivos iniciales de la célula. En una célula ejemplar, el ánodo comprende una aleación o compuesto de la fuente de catalizador, tal como Li, tales como LiPb o LiSb y Li₂Se, Li₂Te, una amida, imida o nitruro tales como los de Li, respectivamente, y el cátodo comprende una fuente de hidrógeno y un reactivo que reacciona con la fuente de catalizador que también puede ser la fuente de hidrógeno. La fuente de hidrógeno y el reactivo que puede ser también una fuente de hidrógeno puede ser como al menos uno de un hidruro, un compuesto, un elemento tal como un metal, una amida, una imida, o un nitruro. En formas de realización adicionales que tienen una aleación de metal alcalino tal como una aleación de Li, la aleación puede ser hidrurada (es decir, el hidruro de aleación correspondiente). El metal de cualquiera de los reactivos de células medias cátodo puede formar una aleación u otro compuesto tal como un seleniuro, telururo, o hidruro con la fuente de catalizador. El transporte de la fuente de catalizador del ánodo con la formación de una aleación o compuesto en el cátodo no es termodinámicamente favorable, pero es impulsado por la reacción hidrino. Entonces, la reacción espontánea inversa que implica sólo los productos distintos de hidrinos puede ocurrir para regenerar los reactivos. Células ejemplares son [Lisb/LiCl-KCl/Ti (KH)], [Lisb/LiCl + KCl LiH/Ti (KH)], [Lisi/LiCl-KCl LiH/LiNH₂], [Lisi/LiCl-KCl/LiNH₂], [LiPb/LiCl-KCl/Ti (KH)], [LiPb/LiCl-KCl LiH/Ti (KH)], [Li₂Se/LiCl-KCl/LiNH₂ o Li₂NH], [Li₂Se/LiCl-KCl/LiNH₂ o Li₂NH + soporte tales como TiC], [Li₂Te/LiCl-KCl/LiNH₂ o Li₂NH], [Li₂Te/LiCl-KCl/LiNH₂ o Li₂NH soporte + tales como TiC], [Lisi/LiCl-KCl LiH/Ti (H₂)], [LiPb/LiCl-KCl/Ti (H₂)], [Li₂Se/LiCl-KCl/Ti (H₂)], [Li₂Te/LiCl-KCl/Ti (H₂)], [Lisi/LiCl-KCl LiH/Fe (H₂)], [LiPb/LiCl-KCl/Fe (H₂)], [Li₂Se/LiCl-KCl/Fe (H₂)], y [Li₂Te/LiCl-KCl/Ni (H₂)]. Una reacción de regeneración ejemplar que implica la amida reactiva con una imida producto o nitruro es la adición de hidrógeno que reacciona con la imida o nitruro a partir de la imida o amida hidrogenada, respectivamente.

[0482] En una realización, el hidruro de hidrino inhibe la reacción, y la regeneración se consigue haciendo reaccionar el hidruro para formar hidrino molecular que pueden ser ventilados desde la célula. El hidruro puede estar presente en al menos uno del cátodo y el ánodo, y en el electrolito. La reacción de hidruro a hidrino molecular puede lograrse mediante la electrólisis. La electrólisis puede tener una polaridad opuesta a la de la operación de la célula CIHT. La electrólisis puede formar protones o H que reacciona con hidruro de hidrino para formar hidrino molecular. La reacción puede tener lugar en el ánodo de electrólisis. En una realización, el ion de hidruro hidrino tiene una alta movilidad tal que migra al ánodo y reacciona con H⁺ o H para formar hidrino molecular.

[0483] En una realización, los reactivos de células medias se seleccionan de tal manera que la energía en las reacciones redox mejores coincide con el múltiplo de número entero de alrededor de 27,2 eV transferencia de energía entre el átomo de H y el catalizador para aumentar la velocidad de reacción para formar hidrinos. La energía en las reacciones redox puede proporcionar energía de activación para aumentar la velocidad de reacción para formar hidrinos. En una realización, la carga eléctrica a la célula se ajusta para que coincida con las reacciones redox acopladas a través del flujo de la electricidad y los iones al múltiplo número entero de aproximadamente 27,2 transferencia de energía eV entre el átomo de H y el catalizador para aumentar la velocidad de reacción para formar hidrinos.

[0484] En una realización, un voltaje de polarización positivo se aplica a al menos el ánodo para recoger electrones de catalizador ionizante. En una realización, un colector de electrones en el ánodo recoge los electrones ionizantes a una velocidad mayor que en ausencia del colector. Una velocidad adecuada es una más rápida que la velocidad de que los electrones reaccionarían con reactivos circundantes, tales como hidruros metálicos para formar aniones tales como iones de hidruro localmente. Por lo tanto, el colector de fuerza a los electrones a través del circuito externo en donde el voltaje se incrementa debido a la liberación de energía para formar hidrinos. Por lo tanto, el colector de electrones tal como un potencial positivo aplicado actúa como fuente de energía de activación para la reacción hidrino que el colector obliga a los electrones a través del circuito externo en donde el voltaje se incrementa debido a la liberación de energía para formar hidrinos. Por lo tanto, el colector de electrones tal como un potencial positivo aplicado actúa como fuente de energía de activación para la reacción hidrino que el colector obliga a los electrones a través del circuito externo en donde el voltaje se incrementa debido a la liberación de energía para formar hidrinos. Por lo tanto, el colector de electrones tal como potencial positivo aplicado actúa como fuente de energía de activación para la reacción hidrino que proporciona potencia a la célula CIHT. En una realización, el sesgo actúa como un amplificador de corriente tal como un transistor en donde la inyección de una pequeña corriente causa el flujo de una corriente grande impulsada por la reacción hidrino. El voltaje aplicado, así como otras condiciones tales como la temperatura y la presión de hidrógeno se pueden controlar para controlar la potencia de salida de la célula.

[0485] En una realización, la célula comprende un compartimiento de ánodo que contiene una mezcla de reacción catalizadora hidrino estando sin H o H limitada, un compartimiento de cátodo que comprende una fuente de hidrógeno tal gas de hidrógeno o un hidruro, un puente de sal que conecta los compartimientos de conducción de iones en donde la conducción de iones puede ser un ion de hidruro, y un ánodo y cátodo conectado eléctricamente por un circuito externo. La potencia puede ser entregada a una carga conectada con el circuito externo, o la energía puede ser entregada a la célula con una fuente de energía aplicada en serie o en paralelo con el circuito externo. La fuente de energía aplicada puede proporcionar la energía de activación de la reacción hidrino tales que una potencia amplificada es salida de la célula debido a la potencia aplicada. En otras realizaciones, la potencia de electrólisis aplicada provoca la migración de otro ion tal como un haluro u óxido en donde el transporte de masa induce la reacción hidrino a ocurrir en un compartimiento.

[0486] En una realización de la célula CIHT, los productos se regeneran por electrólisis. Una sal fundida puede comprender el electrolito. Los productos pueden ser un haluro alcalino del metal catalizador y un hidruro de al menos un segundo metal tal como un metal alcalino o hidruro de tierra alcalina. Los productos se pueden oxidar mediante la aplicación de una tensión para reducir el haluro de metal en el cátodo de la electrólisis y el haluro a halógeno en el ánodo de la electrólisis en donde la polaridad es opuesta a la de la célula CIHT. El metal catalizador puede reaccionar con hidrógeno para formar el hidruro alcalino. El halógeno puede reaccionar con el hidruro metálico tal como un hidruro o alcalinotérreo hidruro alcalino para formar el correspondiente haluro. En una realización, el puente de sal es selectiva para el ion haluro y el metal catalizador está en el compartimento CIHT ánodo y el segundo metal está en el compartimento CIHT cátodo. Puesto que la energía eléctrica liberada para formar hidrinos es mucho mayor que la que se requiere para la regeneración, una segunda célula CIHT puede regenerar la primera célula CIHT y viceversa de modo que la potencia constante puede ser la salida de una pluralidad de células en un ciclo de potencia y la regeneración. Una célula CIHT ejemplar es NaH o KH Mg y de apoyo tales como TiC/MX donde MX es un haluro metálico tal como LiCl y el puente de sal designado por // es un conductor de iones haluro. Conductores de iones haluro adecuados son una sal de haluro tal como un electrólito fundido que comprende un haluro alcalino, un haluro alcalinotérreo, y mezclas, un oxocloruro de tierras raras sólido, y un haluro alcalino o haluro alcalinotérreo que es un sólido a los paráms de funcionamiento de la célula. En una realización, el electrolito sólido Cl⁻ puede comprender cloruros metálicos, haluros metálicos, y otros compuestos de haluro tales como PdCl₂ que pueden doparse con KCl, así como PbF₂, BiCl₃ y polímeros de intercambio iónico (silicatos, fosfotungstates de sodio, y polifosfatos de sodio). El electrolito sólido puede comprender un soporte impregnado. Un electrolito sólido ejemplar es de tela de vidrio tejida impregnada con PBCl₂ dopado. En otra realización, el contraión es un ión que no sea un haluro, tal como al menos uno del grupo de los óxidos, fosfuros, boruros, hidróxidos, siliciuros, nitruros, arseniuros, seleniuros, telururos, antimoniuros, carburos, sulfuros, hidruros, carbonato, carbonato de hidrógeno, sulfatos, sulfatos de hidrógeno, fosfatos, fosfatos de hidrógeno, fosfatos de dihidrógeno, nitratos, nitritos, permanganatos, cloratos, percloratos, cloritos, percloritos, hipocloritos, bromatos, perbromatos, bromitas, perbromitas, yodatos, peryodatos, yoduros, peryoduros, cromatos, dicromatos, teluratos, selenatos, arseniats, silicatos, boratos, óxidos de cobalto, óxidos de telurio, y otros oxianiones tales como los de halógenos, P, B, Si, N, As, S, Te, Sb, C, S, P, Mn, Cr, Co, y Te, el compartimento CIHT cátodo contiene un compuesto de la contraión, y el puente de sal es selectivo para el contraión. Una célula CIHT ejemplar que se puede regenerar por electrólisis comprende un hidruro de metal alcalino en el ánodo y un haluro de metal en el cátodo tal como un haluro alcalino o alcalinotérreo y un electrolito de haluro de metal tal como una sal eutéctica fundida. El ánodo y el cátodo pueden comprender además el metal del hidruro y el haluro, respectivamente.

[0487] Sobre la base de la ecuación de Nernst, un aumento en H⁺ hace que el potencial sea más positivo. Un potencial más negativo favorece la estabilización del estado de transición de iones catalizadores. En una realización, la mezcla de reacción comprende un metal intercambiable hidruro para hacer el potencial de Nernst más negativo. Los metales adecuados son Li y un metal alcalinotérreo tal como Mg. La mezcla de reacción también puede comprender un oxidante tal como un álcali, alcalinotérreos o haluro de metal de transición para reducir el potencial. El oxidante puede aceptar electrones cuando se forma el ion catalizador.

[0488] El soporte puede servir como un condensador y la carga mientras que se aceptan los electrones desde el catalizador ionizante durante la transferencia de energía desde H. La capacitancia del soporte se puede aumentar mediante la adición de un dieléctrico de alta permitividad que se puede mezclar con el soporte, o el material dieléctrico es gaseoso a la temperatura de funcionamiento de la célula. En otra realización, se aplica un campo magnético para desviar los electrones ionizados desde el catalizador para impulsar la reacción hidrino adelante.

[0489] En otra realización, el catalizador se ioniza y se reduce en una reacción de ánodo de células medias. La reducción puede ser por hidrógeno para formar H⁺. El H⁺ puede migrar al compartimento del cátodo por un puente de sal adecuada. El puente de sal puede ser una membrana conductora de protones, la membrana de intercambio de protones, y/o un conductor de protones, tales como conductores de protones de tipo perovskita de estado sólido basado en SrCeO₃ tales como SrCe_{0,9}Y_{0,08}Nb_{0,02}O_{2,97} y SrCeO_{0,95}Yb_{0,05}O₃ - *alfa*. El H⁺ puede reaccionar en el compartimento catódico para formar H₂. Por ejemplo, H⁺ puede ser reducido en el cátodo o reaccionar con un hidruro tal como MgH₂ para formar H₂. En otra realización, migra el catión del catalizador. En el caso de que el ion de migración sea un catión tal como Na⁺, El puente de sal puede ser beta-alúmina de electrolito sólido. Un electrolito líquido tal como NaAlCl₄ también puede ser utilizado para transportar los iones tales como Na⁺.

[0490] En una célula de doble membrana de tres compartimentos mostrada en la FIGURA 20, el puente de sal puede comprender un electrolito conductor de ion 471 en un compartimento 470 entre el ánodo 472 y el cátodo 473. Los electrodos se mantienen separados y pueden sellarse a la pared interior del vaso de manera que la pared del vaso y electrodos forman la cámara 470 para el electrolito 471. Los electrodos están aislados eléctricamente desde el recipiente de modo que están aislados unos de otros. Cualesquiera otros conductores que pueden eléctricamente cortar los electrodos deben también estar aislados eléctricamente del recipiente para evitar el cortocircuito. El ánodo y el cátodo pueden comprender un metal que tiene una alta permeabilidad al hidrógeno. El electrodo puede comprender una geometría que proporciona un área superficial superior, tal como un electrodo de tubo, o puede comprender un electrodo poroso. Hidrógeno del compartimento de cátodo 474 puede difundirse a través del cátodo y someterse a reducción a H⁻ en la interfaz del cátodo y electrolito de puente de sal 471. El H⁻ migra a través del electrolito y se oxida a H en la interfase electrolito-ánodo. El H se difunde a través del ánodo y reacciona con el catalizador en el

compartimiento del ánodo 475 para formar hidrinos. El H^- y la ionización catalizadora proporciona la corriente de reducción en el cátodo que se lleva en el circuito externo 476. Los electrodos permeables por H pueden comprender V, Nb, Fe, aleación de Fe-Mo, W, Mo, Rh, Ni, Zr, Be, Ta, Rh, Ti, Th, Pd, Ag recubierto de Pd, V recubierto de Pd, Ti recubierto de Pd, tierras raras, otros metales refractarios, y otros tales metales conocidos por los expertos en la técnica.

Los electrodos pueden ser láminas de metal. Los productos químicos se pueden regenerar térmicamente por calentamiento de cualquier hidruro formado en el compartimiento del ánodo para descomponerlo térmicamente. El hidrógeno se puede hacer fluir o se bombea al compartimiento catódico para regenerar los reactivos iniciales de cátodo. Las reacciones de regeneración pueden ocurrir en los compartimientos de ánodo y cátodo, o los productos químicos en uno o ambos de los compartimientos pueden ser transportados a uno o más recipientes de reacción para realizar la regeneración.

[0491] En otra realización, el catalizador se somete a catálisis H y se ioniza en el compartimiento del cátodo y también se convierte en neutralizados en el compartimiento catódico de tal manera que no fluye corriente neta directamente debido a la reacción de catálisis. La energía libre para producir una EMF es de la formación de hidrinos que requiere el transporte de masa de los iones y electrones. Por ejemplo, el ion de migración puede ser H^+ que se forma por la oxidación de una especie, tales como H_2 en el compartimiento anódico. H^+ migra al compartimiento catódico a través de al menos uno de un electrolito y un puente de sal tal como una membrana de intercambio de protones y se reduce a H o un hidruro en el compartimiento catódico para causar que se produzca la reacción hidrino. Alternativamente, H_2 o un hidruro puede reducirse para formar H^- en el compartimiento catódico. La reducción ulterior forma al menos uno del catalizador, una fuente de catalizador, y H atómico, que permite que se produzca la reacción hidrino. El H^- migra al compartimiento anódico en donde él u otra especie se ioniza para proporcionar los electrones al circuito externo para completar el ciclo. El H oxidado puede de H_2 que puede reciclarse al compartimiento catódico mediante una bomba.

[0492] En otra realización, un metal se oxida en el ánodo. El ion de metal migra a través de un electrolito tal como una sal fundida o de electrolito sólido. Electrolitos fundidos adecuados son haluros de los iones de metales de migración. El ión metálico se reduce en el cátodo en donde el metal se somete a una reacción que cambia su actividad. En reacciones adecuadas, el metal se disuelve en otro metal, forma un compuesto intermetálico con al menos otro metal, quimiabsorbe o fisiabsorbe sobre una superficie o se intercala en un material tal como carbono, y forma un hidruro de metal. El metal puede servir como el catalizador o la fuente de catalizador. Los reactivos de cátodo comprenden también hidrógeno y pueden comprender otros reactivos para causar que se produzca la reacción hidrino. Los otros reactivos pueden comprender un soporte tal como TiC y un reductor, el catalizador, y el reactivo de intercambio de hidruro. Adecuados compuestos intermetálicos Mg ejemplares incluyen Mg-Ca, Mg-Ag, Mg-Ba, Mg-Li, Mg-Bi, Mg-Cd, Mg-Ga, Mg-In, Mg-U y Mg-Ni y sus hidruros. Ca adecuados intermetálicos ejemplares incluyen Ca-Cu, Ca-In, Ca-Li, Ca-Ni, Ca-Sn, Ca-Zn, y sus hidruros. Aleaciones o amalgamas ejemplares de Na y K incluyen los de Hg, Pb y Bi. Otros incluyen Na-Sn y Li-Sn. Un hidruro se puede descomponer térmicamente. Un intermetálico se puede regenerar por destilación. Los metales regeneradas pueden ser reciclados.

[0493] En otra realización, el catalizador o la fuente de catalizador en el compartimiento anódico se somete a ionización, y el catión correspondiente migra a través del puente de sal que es selectivo para el catión. Un catión adecuado es Na^+ y una membrana selectiva Na^+ es beta alúmina. El catión es reducido en el compartimiento catódico que contiene hidrógeno o una fuente de hidrógeno y opcionalmente otros reactivos de la mezcla de reacción hidrino tales como uno o más de un soporte, un reductor, un oxidante, y un agente de intercambio de hidruro. La célula puede ser operada como una célula CIHT, una célula de electrólisis, o una combinación en donde la potencia de electrólisis aplicada es amplificada por la reacción hidrino.

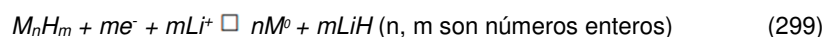
[0494] En otra realización, el compartimiento de cátodo comprende una fuente de catalizador y una fuente de H . El catalizador y H se forman de la reacción de las fuentes con el catión reducido que migró desde el compartimiento de ánodo. El catalizador y H se someten a una reacción adicional para formar hidrinos.

[0495] En una realización, los iones positivos de electrolito, tales como Li^+ de la sal eutéctica $LiCl/KCl$ y opcionalmente LiH migran desde el compartimiento anódico al compartimiento catódico a través del puente de sal y se reducen al metal o hidruro tal como Li y LiH . Otro electrolito ejemplar comprende $LiPF_6$ en carbonato de dimetilo/carbonato de etileno. Vidrio de borosilicato puede ser el separador. En otras realizaciones, uno o más metales alcalinos sustituyen para al menos uno de Li y K . En el caso de que K^+ sustituye a Li^+ como el ion de migración, un electrolito sólido de potasio de vidrio puede ser utilizado. En una realización, debido a la migración de los iones tales como Li^+ , su reducción, y cualquier reacción posterior tal como la formación de hidruro, y la catálisis de H a los estados hidrino se produce en el compartimiento catódico para proporcionar una contribución a la EMF celular. La fuente de hidrógeno para formar el hidruro y H para la reacción hidrino puede ser un hidruro con un calor menos negativo de la formación que la del hidruro del ion de migración. Hidruros adecuados en el caso de Li^+ como la migración de iones incluyen MgH_2 , TiH_2 , LiH , NaH , KH , RbH , CsH , BaH , $LaNi_xMn_yH_z$, y Mg_2NiH_x en donde x , y , y z son números racionales. Un hidruro adecuado para K o Na con sustitución de Li es MgH_2 .

[0496] En una realización, los reactivos de ánodo de célula media comprenden al menos un metal oxidable, y los reactivos cátodo de célula media comprenden al menos un hidruro que puede reaccionar con el metal del ánodo. Al menos uno de los reactivos de células medias de cátodo y ánodo puede comprender además un material de matriz o

soporte conductor, tal como un carbono tal como negro de carbono, un carburo tal como TiC, YC₂ o WC, o un boruro tal como de MgB₂ o TiB₂, y las dos medias células comprenden un electrodo conductor. Los reactivos pueden estar en cualquier relación molar, pero una proporción adecuada es de aproximadamente una mezcla estequiométrica de los metales para el intercambio de hidrógeno y hasta el apoyo 50% en moles. El metal del ánodo se oxida en el compartimiento de células medias de ánodo, el catión tal como Li⁺ migra al compartimiento de células medias cátodo y se reduce, y el átomo de metal tal como Li reacciona con el hidruro en el compartimiento catódico. En una realización, la reacción es una reacción de intercambio de hidruro. El contenido de hidrógeno del compartimiento de la célula media cátodo también sirve como una fuente de H para formar hidrinos. Al menos uno del catión migrado, la reducción de cationes, un producto de reacción del catión migrado, al menos un H, y uno o más reactivos del cátodo del compartimiento de células medias o sus productos de reacción con el catión migrado o la reducción del catión sirve como un catalizador o fuente de catalizador para formar hidrinos. Puesto que la reacción de la célula puede ser impulsada por la gran reacción exotérmica de H con el catalizador para formar hidrinos, en una realización, el hidruro de compartimiento de cátodo que se somete a intercambio de H con el catión migrado reducido desde el compartimiento del ánodo tiene una energía libre de formación que es similar o más negativa que la del hidruro del catión migrado reducido. Entonces, la energía libre debido a la reacción del catión migrado reducido tales como Li con el hidruro de metal de cátodo puede ser ligeramente negativo, cero o positivo. Excluyendo la reacción hidrino, en formas de realización, la energía libre de la reacción de intercambio de hidruro puede ser cualquier valor posible. Los intervalos adecuados son alrededor de 1.000 kJ/mol a -1000 kJ/mol, aproximadamente 1.000 kJ/mol a -100 kJ/mol, aproximadamente 1.000 kJ/mol a -10 kJ/mol, y alrededor de 1.000 kJ/mol a 0 kJ/mol. hidruros adecuados para el intercambio de hidruro que sirven además como fuente de H para formar hidrinos son al menos uno de un metal, semi-metal, o un hidruro de aleación. En el caso que el ion de migración sea un catalizador o fuente de catalizador tal como Li⁺, Na⁺, o K⁺, el hidruro puede comprender cualquier metal, semi-metal, o aleación diferente de la correspondiente a la de iones de migración. Hidruros ejemplares adecuados son un hidruro de alcalino o alcalinotérreo, un hidruro de metal de transición tal como Ti hidruro, un hidruro metálico de transición interna tal como Nb, Zr, o hidruro de Ta, paladio o hidruro de platino, y un hidruro de tierra rara. Debido a la energía libre negativa para formar hidrinos, el voltaje de la célula es mayor que la debida a la energía libre de cualquier reacción de intercambio de hidruro que puede contribuir a la tensión. Esto se aplica a la tensión en circuito abierto y la con una carga. Así, la célula CIHT se distingue por encima de cualquier estado de la técnica por tener una tensión mayor que la predicha por la ecuación de Nernst para la química relacionada no hidrino tales como la reacción de intercambio de hidruro incluyendo la corrección de la tensión debido a cualquier tensión de polarización cuando está cargada la célula.

[0497] En una realización, los reactivos de células medias de ánodo comprenden una fuente de catalizador tal como un metal alcalino o un compuesto en donde el ion de metal alcalino migra al compartimiento catódico y puede se somete a una reacción de intercambio de hidruro con un hidruro del compartimiento de cátodo. Una reacción celular convencional en general a modo de ejemplo en donde los reactivos de ánodo comprenden una fuente de Li puede ser representado por



en donde M designa un único elemento o varios elementos (en una mezcla, compuesto intermetálico, o una forma de aleación) seleccionados de los metales o semimetales capaces de formar un hidruro. Estos hidruros también podrían ser sustituidos por un compuesto designado "M hidruro" que significa un elemento M en donde se absorben los átomos de hidrógeno (por ejemplo, se combinan químicamente). M hidruro puede ser designado de aquí en adelante MH_m, en donde m es el número de átomos de absorbidos por H o combinadas por M. En una realización, la entalpía libre de formación por H del hidruro de M_nH_m o MH_m es mayor, equivalente, o menor que la del hidruro del catalizador tales como LiH. Alternativamente, al menos un H puede servir como catalizador. Metales ejemplares o semimetales comprenden metales alcalinos (Na, K, Rb, Cs), metales alcalinotérreos (Mg, Ca, Ba, Sr), elementos del Grupo IIIA tales como B, Al, Ga, Sb, del Grupo IVA tales como C, Si, Ge, Sn, y desde el Grupo VA tal como N, P, As. Otros ejemplos son aleaciones de metales de transición y los compuestos intermetálicos AB_n, en donde A representa uno o más elemento(s) capaces de formar un hidruro estable y B es un elemento que forma un hidruro inestable. Los ejemplos de compuestos intermetálicos se dan en la TABLA 5.

TABLA 5. Elementos y combinaciones que forman hidruros.

A	B	n	AB _n
Mg, Zr	Ni, Fe, Co	1/2	Mg ₂ Ni, Mg ₂ Co, Zr ₂ Fe
Ti, Zr	Ni, Fe	1	TiNi, TiFe, ZrNi
La, Zr, Ti, Y, Ln	V, Cr, Mn, Fe, Ni	2	LaNi ₂ , YNi ₂ , YMn ₂ , ZrCr ₂ , ZrMn ₂ , ZrV ₂ , TiMn ₂
La, Ln, Y, Mg	Ni, Co	3	LnCo ₃ , YNi ₃ , LaMg ₂ Ni ₉
La, tierras raras	Ni, Cu, Co, Pt	5	LaNi ₅ , LaCO ₅ , LaCu ₅ , LAPt ₅

Otros ejemplos son los compuestos intermetálicos en donde parte de los sitios A y/o sitios B están sustituidos con otro elemento. Por ejemplo, si M representa LaNi₅, La aleación intermetálica puede ser representada por LaNi_{5-x}UNAx, donde A es, por ejemplo, Al, Cu, Fe, Mn, y/o Co, y La puede estar sustituido con Mischmetal, una mezcla de metales de tierras raras que contienen 30% a 70% de cerio, neodimio y cantidades muy pequeñas de elementos de la misma

serie, siendo lantano el resto. En otras realizaciones, el litio puede ser sustituido por otros catalizadores o fuentes de catalizador, tal como Na, K, Rb, Cs, Ca, y al menos un H. En formas de realización, el ánodo puede comprender una aleación tal como Li₃Mg, K₃Mg, Na₃Mg que se forma un hidruro mixto tal como MMgH₃ (M = metal alcalino). Células ejemplares son [Li₃Mg, K₃Mg, Na₃Mg/LiCl-KCl/hidruro tal como CeH₂, LaH₂, TiH₂, ZrH₂ o M(H₂) en donde M es un H₂ de metal permeable o H₂ cátodo de difusión].

[0498] En las reacciones de ejemplo, Li es el metal del ánodo y M_nH_m es un reactivo hidruro del compartimiento catódico de células medias:

Reacción de cátodo



Reacción de ánodo



En otras realizaciones, Li puede ser reemplazado por otro catalizador o la fuente de catalizador, tal como Na o K. M puede ser también un catalizador o una fuente de catalizador. El H consumido para formar hidrinos puede ser sustituido. El Li y M_nH_m pueden ser regenerados por electrólisis u otras reacciones físicas o químicas. Energía eléctrica y calor neto se desprenden debido a la formación de hidrinos:
Neto



[0499] La célula puede comprender un puente de sal adecuado o selectivo para el ion de migración y puede comprender además un electrolito adecuado para el ion de migración. El electrolito puede comprender el ion del ion de migración tales como electrolito Li⁺ tal como una sal de litio tal como hexafluorofosfato de litio en un disolvente orgánico tal como dimetil o carbonato de dietilo y carbonato de etileno para el caso de que el ion de migración es Li⁺. Entonces, el puente de sal puede ser un vidrio tal como vidrio de borosilicato saturado con electrolito Li⁺ o una tal cerámica como Li⁺ alúmina beta impregnado. El electrolito también puede comprender al menos uno o más materiales cerámicos, polímeros y geles. Células ejemplares comprenden (1) un disco de 1 cm², 75 μm de espesor de electrodo positivo compuesto que contiene 7-10 mg de hidruro de metal, tal como R-Ni, Mg mezclado con TiC, o NaH mezclado con 15% SP de carbono (negro de carbono de MM), (2) un disco de metal Li de 1 cm² como el electrodo negativo, y (3) una hoja de fibra de vidrio Whatman GF/D de borosilicato saturada con una solución de electrolito 1 M LiPF₆ en 1:1 carbonato de dimetil/carbonato de etileno como el separador/electrolito. Otros electrolitos adecuados son hexafluorofosfato de litio (LiPF₆), hexafluoroarseniato de litio monohidrato (LiAsF₆), perclorato de litio (LiClO₄), Tetrafluoroborato de litio (LiBF₄), y triflato de litio (LiCF₃SO₃) en un disolvente orgánico tal como carbonato de etileno. Además, gas H₂ puede ser añadido a la célula, tal como al compartimiento catódico. En otra célula, el electrolito y la fuente de catalizador pueden comprender un anión radical tal como naftalenolito o litio naftalenuro en naftaleno u otro disolvente orgánico adecuado. Una célula ejemplar comprende [una fuente de Li o ion de naftaluro tal como litio naftalenuro/naftaleno/una fuente de Li o H, tales como LiH]. La célula puede comprender además un aglutinante de los reactivos de ánodo o cátodo. Aglutinantes poliméricos adecuados incluyen, por ejemplo, poli-(fluoruro de vinilideno), co-poli(vinilideno fluoruro-hexafluoropropileno), poli(tetrafluoroetileno, poli(vinilo cloruro), o poli-(monómero de etileno-propileno-dieno), EPDM. Los electrodos pueden ser adecuados conductores tales como el níquel en contacto con los reactivos de célula media.

[0500] En una realización, los reactivos de células medias de ánodo pueden comprender un metal alcalino tal como Li intercalado en una matriz tal como carbono que puede servir como el catalizador o la fuente de catalizador. En una realización ejemplar, el ánodo comprende un ánodo de Li-carbono (LiC) de la batería de iones de litio tal como Li-grafito. La célula puede comprender, además, un electrolito tal como un electrolito de sal fundida y un cátodo que comprende una fuente de de H. Células ejemplares son [LiC/LiCl-KCl/Ni (H₂)], [LiC/LiF-LiCl/Ni (H₂)], [LiC/LiCl-KCl/Ti (H₂)], [LiC/LiF-LiCl/Ti (H₂)], [LiC/LiCl-KCl/Fe (H₂)], [LiC/LiF-LiCl/Fe (H₂)], [LiC/LiClKCl LiH (0,02% mol)/Ni (H₂)], [LiC/LiF-LiCl LiH (0,02% mol)/Ni (H₂)], [LiC/LiCl-KCl LiH (0,02% mol)/Ti (H₂)], [LiC/LiF-LiCl LiH (0,02% mol)/Ti (H₂)], y [LiC/LiCl-KCl LiH (0,02% mol)/Fe (H₂)], [LiC/LiF-LiCl LiH (0,02% mol)/Fe (H₂)].

[0501] En otra realización, el carbono se sustituye por otro material que reacciona con el catalizador o fuente de catalizador, tal como Li, Na o K para formar el compuesto iónico correspondiente como MC_x (M es un metal alcalino que comprende M⁺ y C_x⁻). El material puede formar un compuesto de intercalación con al menos uno del catalizador, fuente de catalizador, y la fuente de hidrógeno tal como K, Na, Li, NaH, LiH, BaH, y KH y también H solo. Materiales intercalantes adecuados son hexagonales de nitruro de boro y metales calcogenuros. Calcogenuros adecuados son aquellos que tienen una estructura en capas tal como MoS₂ y WS₂. El calcogenuro en capas puede ser uno o más de la lista de TiS₂, ZrS₂, HfS₂, TaS₂, TeS₂, ReS₂, PtS₂, SnS₂, SnSSe, TiSe₂, ZrSe₂, HfSe₂, VSe₂, TaSe₂, TeSe₂, ReSe₂, PtSe₂, SnSe₂, TiTe₂, ZrTe₂, VTe₂, EtNb₂, TaTe₂, MO₂, WTe₂, CoTe₂, RhTe₂, IrTe₂, NiTe₂, PdTe₂, PtTe₂, SiTe₂, NbS₂, TaS₂, MoS₂ y WS₂, NbSe₂, NbSe₃, TaSe₂, MoSe₂, WSe₂ y MoTe₂. Otros materiales ejemplares adecuados son el

silicio, el silicio dopado, siliciuros, boro y boruros. Boruros adecuados incluyen aquellos que forman dobles cadenas y redes bidimensionales como grafito. El boruro de red bidimensional que puede ser conductor puede tener una fórmula como MB_2 en donde M es un metal tal como al menos uno de Cr, Ti, Mg, Zr, y Gd (CrB_2 , TiB_2 , MgB_2 , ZrB_2 , el BgF_2). La formación de compuesto puede ser térmica o electrolíticamente reversible. Los reactivos se pueden regenerar térmicamente mediante la eliminación del catalizador de la fuente de catalizador. En una realización, el electrodo negativo cargado es una fuente de M^+ de migración tales como Li^+ y electrones al circuito que comprende un calcogenuro intercalado por metal alcalino (por ejemplo litio).

[0502] En otra realización, metal-carbono del electrodo negativo de litio, tal como carbono se sustituye por una fuente del ion metálico tal como Li^+ que comprende al menos un compuesto que comprende el metal y uno o más elementos que no sean sólo de carbono. El compuesto de metal que contiene puede comprender un óxido metálico tal como un óxido de Co, Ni, Cu, Fe, Mn, o Ti, un óxido de metal de transición, óxido de tungsteno, óxido de molibdeno, óxido de niobio, óxido de vanadio, un sulfuro tales como los de hierro, níquel, cobalto y manganeso, un nitruro, un fosfuro, un fluoruro, y un compuesto de otro metal o metales de un intermetálico o aleación. El electrodo negativo de la célula CIHT puede comprender un electrodo negativo conocido de una batería de iones de litio. La reacción de liberación de iones puede ser una reacción de conversión o una reacción de intercalación. En este caso, el catalizador puede ser Li. El catalizador puede estar formado en el cátodo. La reacción puede ser la reducción de Li^+ . Los reactivos cátodo de células medias pueden comprender además H de una fuente tal como un hidruro o gas H_2 suministrado por permeación de H a través de una membrana. El catalizador y H reaccionan para formar hidrinos para proporcionar una contribución a la energía de pila de CIHT.

[0503] En una realización, la célula puede comprender además un puente de sal para el ion intercalado de migración tales como Li^+ . Puentes de sal adecuados son vasos saturados con una sal del ion de migración y un disolvente y cerámicas tales como alúmina beta impregnada con el ion de migración. Células ejemplares son [Li/borosilicato hoja de fibra de vidrio LiC saturado con una 1 M $LiPF_6$ solución de electrolito en 1:1 dimetil/Ni (H_2)], [Li/borosilicato hoja de fibra de vidrio LiC carbonato/carbonato de etileno saturado con una solución 1 M $LiPF_6$ de electrolito en 1:1 dimetil/Ni (H_2)], [Li/borosilicato hoja de fibra de vidrio LiC carbonato/carbonato de etileno saturado con una solución 1 M $LiPF_6$ de electrolito en 1:1 de carbonato de dimetilo/carbonato de etileno/Ti (H_2)], [Li/borosilicato hoja de fibra de vidrio LiC saturado con una solución 1 M $LiPF_6$ de electrolito en 1:1 de carbonato de dimetilo/carbonato de etileno/Ti (H_2)], [Li/borosilicato hoja de fibra de vidrio LiC saturado con una solución 1 M $LiPF_6$ de electrolito en 1:1 de carbonato de dimetilo/carbonato de etileno/Fe (H_2)], y [Li/borosilicato hoja de fibra de vidrio LiC saturado con una solución 1 M $LiPF_6$ de electrolito en 1:1 de carbonato de dimetilo/carbonato de etileno/Fe (H_2)].

[0504] El al menos uno de la mezcla de reacción en el cátodo o ánodo puede comprender otros reactivos para aumentar la velocidad de la reacción hidrino tal como al menos uno de un soporte tal como un carburo tal como TiC un oxidante tal como un metal alcalino o alcalinotérreo haluro metálico tal como LiCl o $SrBr_2$, y un reductor tal como un metal alcalinotérreo tal como Mg. El compartimiento del cátodo puede comprender un catalizador, tal como K, NaH, o puede ser Li de la migración de Li^+ , reductor tal como un Mg o Ca, un soporte tal como TiC, YC_2 , Ti_3SiC_2O WC, un oxidante tal como LiCl, $SrBr_2$, $SrCl_2O$ $BaCl_2$, y una fuente de H tal como un hidruro tal como R-Ni, TiH_2 , MgH_2 , NaH, KH, o LiH.

[0505] En una realización, uno o más átomos de H sirven como el catalizador de la potencia o célula CIHT para formar hidrinos. El mecanismo puede comprender al menos uno de la creación de H vacantes (agujeros) o de H en un material tal que múltiples átomos de H interactúan para formar hidrinos. En la presente descripción, está implícito que los electrodos negativos y positivos de diferentes realizaciones se pueden utilizar en combinaciones diferentes por un experto en la técnica. Alternativamente, el ion de migración reducido o su hidruro pueden servir como el catalizador o la fuente de catalizador. El producto hidrino puede ser identificado por RMN que muestra picos sólidos o líquidos dados por las ecuaciones (12) y (20) para hidrino molecular y el ion de hidruro de hidrino, respectivamente. Específicamente, los productos de reacción de catalizador H de célula ejemplar [Li_3N TiC/LiCl-KCl/CeH₂ negro de humo (CB)] mostró picos de H RMN líquidos después de la extracción con disolventes de los productos de reacción del ánodo en dDMF a 2,2 ppm, 1,69 ppm, 1 ppm, y -1,4 ppm correspondiente a $H_2(1/2)$, $H_2(1/3)$, $H_2(1/4)$, y $H^+(1/2)$, respectivamente. En una realización, un captador tal como se añade un haluro alcalino tal como KI a la célula media para servir como un adquiridor para hidrino molecular e hidruro de hidrino.

[0506] Por ejemplo, un ion de migración tal como un ion metálico tal como Li^+ pueden migrar desde el ánodo al cátodo de la célula CIHT, someterse a la reducción en el cátodo, y el Li ejemplar puede desplazar H tal como un H en una red para crear uno o más átomos libres de H y opcionalmente vacantes H que causan la formación de H libre en donde los H libres reaccionan para formar hidrinos. Alternativamente, el ion de migración reducido o su hidruro pueden servir como el catalizador o la fuente de catalizador. El H que contiene celosía se puede hidrogenar de carbono, un hidruro tal como un hidruro metálico tal como un álcali, alcalino, de transición, de transición interna, noble, o hidruro de metal de tierra rara, $LiAlH_4$, $LiBH_4$ y otros tales hidruros o R-Ni, por ejemplo. En otras realizaciones, el H enrejado puede ser un disociador de hidrógeno y una fuente de H tal como al menos uno de Pd/C, Pt/C, Pt/Al_2O_3 , Pd/Al_2O_3 , Pt/Ti, polvo de Ni, polvo de Nb, polvo de Ti, Ni/SiO_2 , $Ni/SiO_2-Al_2O_3$, con gas H_2 , o un hidruro tal como un álcali, alcalinotérreo, de transición, de transición interna, noble, o hidruro de metal de tierra rara, $LiAlH_4$, $LiBH_4$ y otros tales hidruros. En otras realizaciones, el H que contiene celosía es un compuesto de intercalación con las especies intercalantes tales como un metal alcalino o un Li o ion Li^+ reemplazado por H o H^+ . El compuesto puede comprender H intercalado. El

compuesto puede comprender un compuesto de óxido en capas tal como LiCoO_2 con al menos algún Li sustituido por H, tales como $\text{CoO}(\text{OH})$ HCoO también designa C_2 . El compuesto cátodo de célula media puede ser un compuesto en capas, tal como un calcogenuro en capas tal como un óxido en capas tal como LiCoO_2 o LiNiO_2 con al menos un poco de metal intercalado alcalino tal como Li sustituido por H intercalado. En una realización, al menos algunos H y posiblemente algún Li es la especie intercalada del material de cátodo cargado y se intercala Li durante la descarga. Otros metales alcalinos pueden sustituir a Li. Compuestos de intercalación adecuados con sustitución H de al menos algunos de los Li son los que comprenden el ánodo o el cátodo de una batería de iones de Li tales como los de la descripción. Compuestos de intercalación ejemplares adecuados son grafito Li, Li_xWO_3 , $\text{Li}_x\text{V}_2\text{O}_5$, LiCoO_2 , LiFePO_4 , LiMn_2O_4 , LiNiO_2 , $\text{Li}_2\text{FePO}_4\text{F}$, LiMnPO_4 , sistema VOPO_4 , LiV_2O_5 , LiMgSO_4F , LiMSO_4F ($\text{M} = \text{Fe}, \text{Co}, \text{Ni}$, metal de transición), LiMPO_4F ($\text{M} = \text{Fe}, \text{Ti}$), $\text{Li}_x[\text{Li}_{0,33}\text{Ti}_{1,67}\text{O}_4]$, o $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$, óxidos de metales de transición en capas tales como óxidos de Ni-Mn-Co como $\text{LiNi}_{1/3}\text{Co}_{1/3}\text{Mn}_{1/3}\text{O}_2$, y $\text{Li}(\text{Li}_a\text{Ni}_x\text{Co}_y\text{Mn}_z)\text{O}_2$ y LiTi_2O_4 , y otra capas de calcogenuros Li. La célula puede comprender al menos uno de un puente de sal, un separador, tal como una membrana de olefina, y un electrolito. El electrolito puede ser una sal de Li en un disolvente orgánico, una sal eutéctica, un electrolito sólido de litio, o un electrolito acuoso. células ejemplares son [aleación de Li o Li tales como Li_3Mg o grafito Li/separador tal como una membrana de olefinas y el electrolito orgánico, tal como solución de electrolito LiPF_6 en DEC, LiBF_4 en tetrahidrofurano (THF), punto de sal eutéctica de bajo punto de fusión tal como una mezcla de hidruros alcalinos, LiAlCl_4 , Una mezcla de aluminio alcalino o borohidruros con una atmósfera de H_2 , o un electrolito sólido de litio tal como LiPON , silicato de litio, aluminato de litio, aluminosilicato de litio, polímero sólido o gel, dióxido de silicio (SiO_2), óxido de aluminio (Al_2O_3), óxido de litio (Li_2O), óxido de galio (Ga_2O_3), óxido de fósforo (P_2O_5), óxido de aluminio de silicio, y soluciones sólidas de los mismos, o un electrolito acuoso/ MNH_2 , M_2NH ($\text{M} = \text{metal alcalino}$), y mezcla de compuestos MNH con el metal opcionalmente mixto, MOH , MHS , MHSe , MHTe , hidróxidos, oxihidróxidos, compuestos que comprenden metales y aniones de ácidos de hidrógeno tales como NaHCO_3 o KHSO_4 , hidruros tales como NaH , TiH_2 , ZrH_2 , CeH_2 , LaH_2 , MgH_2 , la SSR_2 , de CaH_2 , BaH_2 , LiAlH_4 , LiBH_4 , R-Ni, compuestos que comprenden HxLi_y o H sustituyendo Li en al menos uno del grupo de Li-grafito, Li_xWO_3 , $\text{Li}_x\text{V}_2\text{O}_5$, LiCoO_2 , LiFePO_4 , LiMn_2O_4 , LiNiO_2 , $\text{Li}_2\text{FePO}_4\text{F}$, LiMnPO_4 , sistema de VOPO_4 , LiV_2O_5 , LiMgSO_4F , LiMSO_4F ($\text{M} = \text{Fe}, \text{Co}, \text{Ni}$, metal de transición), LiMPO_4F ($\text{M} = \text{Fe}, \text{Ti}$), $\text{Li}_x[\text{Li}_{0,33}\text{Ti}_{1,67}\text{O}_4]$, O $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$, óxidos de metales de transición en capas tales como óxidos de Ni-Mn-Co como $\text{LiNi}_{1/3}\text{Co}_{1/3}\text{Mn}_{1/3}\text{O}_2$, y $\text{Li}(\text{Li}_a\text{Ni}_x\text{Co}_y\text{Mn}_z)\text{O}_2$ y LiTi_2O_4 . Otras capas de calcogenuros Li, y un compuesto de intercalación con el apoyo hidrogenado tal como carbono hidrogenado, y Pd/C, Pt/C, Pt/ Al_2O_3 , Pd/ Al_2O_3 , Pt/Ti, polvo de Ni, el polvo de Nb, polvo de Ti, Ni/ SiO_2 , Ni/ SiO_2 - Al_2O_3 , con gas H_2 , o un hidruro tal como un álcali, alcalino, de transición, de transición interna, noble, o hidruro de metal de tierra rara, LiAlH_4 , LiBH_4 y otros tales hidruros]. La fuente de H pueden ser HY (zeolita protonada) en donde una célula ejemplar es [Na o Li/Celgard electrolito orgánico, tal como LP 30/HY CB]. Para mejorar el rendimiento, un material conductor y el aglutinante se pueden añadir a al menos uno de los reactivos de cátodo y ánodo de células medias de las células de la divulgación. Un material conductor ejemplar y un aglutinante son negro de carbono que puede ser de aproximadamente 10% en peso ligante monómero y etileno propileno dieno que puede ser de aproximadamente 3% en peso; aunque, otras proporciones pueden utilizarse como se conoce en la técnica. El material conductor puede servir adicionalmente como al menos uno de un disociador de hidrógeno y un soporte de hidrógeno. Conductores adecuados que también son disociadores son Pd/C, Pt/C, Ir/C, Rh/C, y Ru/C, Pt/ Al_2O_3 , Pd/ Al_2O_3 , Pt/Ti, polvo de Ni, el polvo de Nb, polvo de Ti, Ni/ SiO_2 y Ni/ SiO_2 - Al_2O_3 .

[0507] En una realización, CoH puede servir como un catalizador de hidrógeno de tipo MH para producir hidrinos proporcionados por la rotura del enlace CoH más la ionización de 2 electrones del átomo de Co cada uno a un nivel de energía continuo de tal manera que la suma de la energía de unión y energías de ionización de los 2 electrones es de aproximadamente $m \cdot 27,2 \text{ eV}$ donde M es 1 como se da en la TABLA 3. CoH puede estar formado por la reacción de un metal M tal como un metal alcalino con oxihidróxido de cobalto tal como la reacción de 4M con 2CoOOH para formar CoH, MCoO_2 , MOH, y M_2O o la reacción de 4 M y COOOH para formar CoH y $2\text{M}_2\text{O}$. CoH también puede estar formado por la reacción de M con hidróxido de cobalto, tales como la reacción de 5M con $2\text{Co}(\text{OH})_2$ para formar CoH, MCoO_2 , $2\text{M}_2\text{O}$, y $1,5\text{H}_2$ o la reacción de 3M con $\text{Co}(\text{OH})_2$ para formar CoH, MOH, y M_2O .

[0508] En una realización, el reactivo de cátodo comprende una mezcla de al menos dos compuestos diferentes del grupo de los oxihidróxidos, hidróxidos y óxidos de favorecer M intercalación en lugar de formación de MOH (M es alcalino). La formación de un producto de intercalado tales como LiCoO_2 de CoOOH es recargable.

[0509] Calcogenuros intercalados por hidrógeno tales como los que comprenden O, S, Se, y Te pueden estar formados por hidrógeno tratando el calcogenuro de metal. El tratamiento puede ser a temperatura y presión elevadas. Un disociador tal como Pt/C o Pd/C se puede utilizar para crear hidrógeno atómico que se derrama sobre un soporte tal como carbono para intercalarse en el calcogenuro. Calcogenuros adecuados son al menos uno del grupo de TiS_2 , ZrS_2 , HfS_2 , TaS_2 , TeS_2 , ReS_2 , PtS_2 , SnS_2 , SnSSe , TiSe_2 , ZrSe_2 , HfSe_2 , TaSe_2 , TeSe_2 , ReSe_2 , PtSe_2 , SnSe_2 , TiTe_2 , ZrTe_2 , VTe_2 , EiNb_2 , TaTe_2 , MoTe_2 , WTe_2 , CoTe_2 , RhTe_2 , IrTe_2 , NiTe_2 , PdTe_2 , PtTe_2 , SiTe_2 , NbS_2 , TaS_2 , MoS_2 y WS_2 , NbSe_2 , NbSe_3 , TaSe_2 , MoSe_2 , VSe_2 , WSe_2 y MoTe_2 .

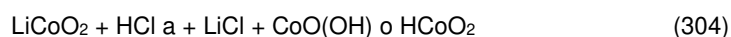
[0510] En otras realizaciones, el compuesto intercalado por metal alcalino (M) tal como un compuesto de intercalación Li es M deficiente en donde la deficiencia puede conseguirse por la carga. El disipador de M puede ser un elemento o compuesto que reacciona con M tal como S, Se, Te, Li_2NH o LiNH_2 . La fuente de M como Li puede ser un metal alcalino y aluminio o borohidruro tal como LiAlH_4 , LiBH_4 . células ejemplares son [LiAlH_4 o LiBH_4 / Separador tal como una membrana de olefinas y el electrolito orgánico, tal como solución de electrolito LiPF_6 en DEC o LiBF_4 en tetrahidrofurano (THF)/NaH, TiH_2 , ZrH_2 , CeH_2 , LaH_2 , MgH_2 , la SSR_2 , de CaH_2 , BaH_2 , S, Se, Te, Li_2NH , LiNH_2 , R-Ni,

deficiencia de Li en al menos uno del grupo de Li-grafito, Li_xWO_3 , $\text{Li}_x\text{V}_2\text{O}_5$, LiCoO_2 , LiFePO_4 , LiMn_2O_4 , LiNiO_2 , $\text{Li}_2\text{FePO}_4\text{F}$, LiMnPO_4 , sistema de VOPO_4 , LiV_2O_5 , LiMgSO_4F , LiMSO_4F ($\text{M} = \text{Fe}, \text{Co}, \text{Ni}$, metal de transición), LiMPO_4F ($\text{M} = \text{Fe}, \text{Ti}$), $\text{Li}_x[\text{Li}_{0.33}\text{Ti}_{1.67}\text{O}_4]$, o $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$, óxidos de metales de transición en capas tales como óxidos de Ni-Mn-Co como $\text{LiNi}_{1/3}\text{Co}_{1/3}\text{Mn}_{1/3}\text{O}_2$, y $\text{Li}(\text{Li}_a\text{Ni}_x\text{Co}_y\text{Mn}_z)\text{O}_2$ y LiTi_2O_4 , otros calcogenuros de capas Li, y un compuesto de intercalación con opcionalmente un soporte hidrogenado tal como carbono hidrogenado, y Pd/C , Pt/C , $\text{Pt/Al}_2\text{O}_3$, $\text{Pd/Al}_2\text{O}_3$, Pt/Ti , polvo de Ni, el polvo de Nb, polvo de Ti, Ni/SiO_2 , $\text{Ni/SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3$, con gas H_2 , o un hidruro tal como un álcali, alcalino, de transición, de transición interna, noble, o hidruro de metal de tierra rara, LiAlH_4 , LiBH_4 y otros tales hidruros] y $[\text{MBH}_4]$ ($\text{M} = \text{Li}, \text{Na}, \text{K}$)/base/S, Se, Te, calcogenuros de hidrógeno tales como NaOH , NaHS , NaHSe , y NaHTe , hidróxidos, oxihidróxidos, tales como CoO(OH) o HCoO_2 y NiO(OH) , hidruros tales como NaH , TiH_2 , ZrH_2 , CeH_2 , LaH_2 , MgH_2 , la SSR_2 , de CaH_2Y BaH_2 , Li_2NH , LiNH_2 , R-Ni, deficiencia de Li en al menos uno del grupo de Li-grafito, Li_xWO_3 , $\text{Li}_x\text{V}_2\text{O}_5$, LiCoO_2 , LiFePO_4 , LiMn_2O_4 , LiNiO_2 , $\text{Li}_2\text{FePO}_4\text{F}$, LiMnPO_4 , sistema de VOPO_4 , LiV_2O_5 , LiMgSO_4F , LiMSO_4F ($\text{M} = \text{Fe}, \text{Co}, \text{Ni}$, metal de transición), LiMPO_4F ($\text{M} = \text{Fe}, \text{Ti}$), $\text{Li}_x[\text{Li}_{0.33}\text{Ti}_{1.67}\text{O}_4]$, o $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$, óxidos de metales de transición en capas tales como óxidos de Ni-Mn-Co como $\text{LiNi}_{1/3}\text{Co}_{1/3}\text{Mn}_{1/3}\text{O}_2$, y $\text{Li}(\text{Li}_a\text{Ni}_x\text{Co}_y\text{Mn}_z)\text{O}_2$ y LiTi_2O_4 , otros calcogenuros de capas Li, y un compuesto de intercalación con opcionalmente un soporte hidrogenado tal como carbono hidrogenado, y Pd/C , Pt/C , $\text{Pt/Al}_2\text{O}_3$, $\text{Pd/Al}_2\text{O}_3$, Pt/Ti , polvo de Ni, el polvo de Nb, polvo de Ti, Ni/SiO_2 , $\text{Ni/SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3$, con gas H_2 , o un hidruro tal como un álcali, alcalino, de transición, de transición interna, noble, o hidruro de metal de tierra rara, LiAlH_4 , LiBH_4 y otros tales hidruros]. Oxihidróxidos adecuados ejemplares adicionales son al menos uno del grupo de bracewilita (CrO(OH)), diásporo (AlO(OH)), SCO(OH) , YO(OH) , VO(OH) , goetita ($\alpha\text{-Fe}_3\text{O(OH)}$), groutita ($\text{Mn}_3\text{O(OH)}$), guyanita (CrO(OH)), montroseita ($(\text{V}, \text{Fe})\text{O(OH)}$), CoO(OH) , NiO(OH) , $\text{Ni}_{1/2}\text{Co}_{1/2}\text{O(OH)}$, y $\text{Ni}_{1/3}\text{Co}_{1/3}\text{Mn}_{1/3}\text{O(OH)}$, RhO(OH) , InO(OH) , tsumgalita (GAO(OH)), manganita ($\text{Mn}_3\text{O(OH)}$), itrotungstito-(Y) $\text{YW}_2\text{O}_6(\text{OH})_3$, itrotungstito-(Ce) ($(\text{Ce}, \text{Nd}, \text{Y})\text{W}_2\text{O}_6(\text{OH})_3$), (Nd-análogo de itrotungstito-(Ce) sin nombre) ($(\text{Nd}, \text{Ce}, \text{La})\text{W}_2\text{O}_6(\text{OH})_3$), Frankhawthorneita ($\text{Cu}_2[(\text{OH})_2[\text{TeO}_4]]$), khinita ($\text{Pb}^{2+}\text{Cu}_3^{2+}(\text{TeO}_6)(\text{OH})_2$), y parakhinita ($\text{Pb}^{2+}\text{Cu}_3^{2+}\text{TeO}_6(\text{OH})_2$).

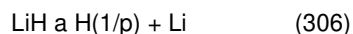
[0511] En una realización que comprende R-Ni y un ion de metal alcalino de migración tal como Li^+ , R-Ni hidruro se puede regenerar por primera hidruración de cualquier producto Li-R-Ni incorporado en el material por reducción H para formar LiH seguido por la electrólisis en donde Li^+ y R-Ni hidruro se forma a partir de la oxidación de LiH. El entonces Li^+ se reduce en el cátodo de electrolisis (ánodo celular CIHT).

[0512] En una realización que comprende R-Ni, el R-Ni puede doparse con otro compuesto para formar hidrógeno o un hidruro. Un dopante adecuado es MOH (M = metal alcalino). La reacción con el ion de migración reducido que comprende un metal alcalino es de $2\text{M} + \text{MOH}$ a $\text{M}_2\text{O} + \text{MH}$; MH reacciona para formar hidrinos y el MOH se puede regenerar mediante la adición de hidrógeno (por ejemplo, las Ecs. (217) y (220)). Células ejemplares son [membrana Li/ polipropileno saturada con una solución 1 M LiPF_6 de electrolito en 1:1 de carbonato de dimetilo/carbonato de etileno de membrana/R-Ni], [Li/polipropileno saturado con una solución 1 M LiPF_6 de electrolito en 1:1 de carbonato de carbonato de dimetilo/etileno/R-Ni], [membrana de polipropileno Na dopada con LiOH/saturada con un 1 M NaPF_6 solución de electrolito en 1:1 carbonato de dimetil/carbonato de etileno/R-Ni dopado con NaOH], y [membrana K/polipropileno saturada con una solución de electrolito de 1 M KPF_6 en 1:1 de carbonato de dimetilo/carbonato de etileno/KOH dopado con R-Ni].

[0513] En una realización, la incorporación de H en un material tal como un compuesto de intercalación puede ser por electrólisis. El compuesto de intercalación que comprende H y opcionalmente un metal tal como Li puede estar formado por la electrólisis de un electrólito que comprende protones o una fuente de protones o la oxidación de iones de hidruro o una fuente de iones de hidruro. Los protones o fuente de protones o los iones de hidruro o fuente de iones de hidruro pueden ser el contador de la mitad de las células y los electrolitos de células electroquímicas tales como los de la presente descripción. Por ejemplo, el primero puede ser proporcionado por la célula media y electrolitos [$\text{Pt}(\text{H}_2)$, $\text{Pt/C}(\text{H}_2)$, borano, boranos aminoácidos y aminas borano, AlH_3 , o H-X compuesto X = elemento de Grupo V, VI, o VII)/mezcla de sal inorgánica que comprende un electrolito líquido, tal como nitrato-trifluoracetato amonio/. Este último puede ser proporcionado por el electrolito y de células medias/electrolito conductor H^+ tal como una sal eutéctica un cátodo permeable fundido tal LiCl-KCl/H y H_2 tal como $\text{Ni}(\text{H}_2)$ y $\text{Fe}(\text{H}_2)$, hidruro tal como un álcali, alcalino, de transición, de transición interna, o hidruro de metal de tierras raras, siendo este último por ejemplo, CeH_2 , DyH_2 , ErH_2 , GdH_2 , HoH_2 , LaH_2 , LuH_2 , NdH_2 , PrH_2 , ScH_2 , TbH_2 , TmH_2 y YH_2 , y un compuesto M-N-H tal como Li_2NH o LiNH_2]. En una realización, los compuestos tales como HxLi_y o H sustituyendo Li en Li-grafito, Li_xWO_3 , $\text{Li}_x\text{V}_2\text{O}_5$, LiCoO_2 , LiFePO_4 , LiMn_2O_4 , LiNiO_2 , $\text{Li}_2\text{FePO}_4\text{F}$, LiMnPO_4 , sistema de VOPO_4 , LiV_2O_5 , LiMgSO_4F , LiMSO_4F ($\text{M} = \text{Fe}, \text{Co}, \text{Ni}$, metal de transición), LiMPO_4F ($\text{M} = \text{Fe}, \text{Ti}$), $\text{Li}_x[\text{Li}_{0.33}\text{Ti}_{1.67}\text{O}_4]$, o $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$, óxidos de metales de transición en capas tales como óxidos de Ni-Mn-Co como $\text{LiNi}_{1/3}\text{Co}_{1/3}\text{Mn}_{1/3}\text{O}_2$, y $\text{Li}(\text{Li}_a\text{Ni}_x\text{Co}_y\text{Mn}_z)\text{O}_2$ y LiTi_2O_4 , otros calcogenuros Li en capas pueden ser sintetizados al reaccionar el calcogenuro Li con una fuente de protones, tales como sal de amonio, tal como nitrato de amonio, seguido de la descomposición tales como la descomposición con liberación de NH_3 o por reacción con un ácido con la formación del compuesto Li del anión. La síntesis puede estar en solución acuosa o en un líquido iónico. Una reacción de ejemplo es



Un producto deseado es $\text{CoO}(\text{OH})$, heterogenita, o HCoO_2 . En el caso de que el ion de migración de la célula es Li^+ con la reducción en el cátodo, la reacción para formar hidrino puede ser



10 en donde Li puede servir como catalizador. Otros productos son $\text{Co}(\text{OH})_2$, y Co_3O_4 . El LiCl puede ser eliminado por filtración del producto sólido. En otras formas de realización, otro ácido puede ser sustituido por HCl con el compuesto de anión de ácido Li correspondiente formado. Los ácidos adecuados son los conocidos en la técnica tales como HF, HBr, HI, H_2S , nítrico, nitroso, sulfúrico, sulfuroso, fosfórico, carbónico, acético, oxálico, perclórico, clórico, cloroso y ácido hipocloroso. En una realización, H puede sustituir F un compuesto de intercalación tales como LiMSO_4F ($\text{M} = \text{Fe}, \text{Co}, \text{Ni}$, metal de transición) por la reacción de LiH con MSO_4 en un líquido iónico a temperatura elevada. Durante la célula de descarga H puede reaccionar a partir de hidrinos. La incorporación de los iones de migrar tales como Li^+ durante la descarga puede dar lugar a H libre o reactivo para formar hidrinos. En otras realizaciones, el álcali puede estar sustituido con otro.

20 **[0514]** En otras realizaciones, un reactivo de cátodo comprende al menos uno de un hidróxido o oxihidróxido de que se pueden sintetizar por métodos conocidos para los expertos en la técnica. Las reacciones pueden ser dadas por las ecuaciones (303-304). Otra reacción hidrino oxihidróxido ejemplar que implica $\text{NiO}(\text{OH})$ viene dada por



Otros ejemplos de oxihidróxidos adecuados son al menos uno del grupo de bracewelita ($\text{CrO}(\text{OH})$), diásporo ($\text{AlO}(\text{OH})$), $\text{ScO}(\text{OH})$, $\text{YO}(\text{OH})$, $\text{VO}(\text{OH})$, goetita ($\alpha\text{-Fe}^{3+}\text{O}(\text{OH})$), groutita ($\text{Mn}^{3+}\text{O}(\text{OH})$), guyanaita ($\text{CrO}(\text{OH})$), montroseita ($(\text{V}, \text{Fe})\text{O}(\text{OH})$), $\text{CoO}(\text{OH})$, $\text{NiO}(\text{OH})$, $\text{Ni}_{1/2}\text{Co}_{1/2}\text{O}(\text{OH})$, y $\text{Ni}_{1/3}\text{Co}_{1/3}\text{Mn}_{1/3}\text{O}(\text{OH})$, $\text{RhO}(\text{OH})$, $\text{InO}(\text{OH})$, tsumgalita ($\text{GaO}(\text{OH})$), manganita ($\text{Mn}^{3+}\text{O}(\text{OH})$), itrotungstato-(Y) $\text{YW}_2\text{O}_6(\text{OH})_3$, itrotungstato-(Ce) ($(\text{Ce}, \text{Nd}, \text{Y})\text{W}_2\text{O}_6(\text{OH})_3$), (Nd-analógico de itrotungstato-(Ce) sin nombre) ($(\text{Nd}, \text{Ce}, \text{La})\text{W}_2\text{O}_6(\text{OH})_3$), frankhawthorneita ($\text{Cu}_2[(\text{OH})_2[\text{TeO}_4]]$), khinita ($\text{Pb}^{2+}\text{Cu}_3^{2+}(\text{TeO}_6)(\text{OH})_2$), y parakhinita ($\text{Pb}^{2+}\text{Cu}_3^{2+}\text{TeO}_6(\text{OH})_2$). Los reactivos se pueden regenerar a partir de los productos por electrólisis. Alternativamente, los productos se pueden convertir en los reactivos iniciales usando etapas de procesamiento químico conocidas en la técnica, y pueden utilizar métodos de la descripción, tales como el paso dado por la ecuación (304). En una realización, puede ser utilizada una combinación de electrólisis y etapas químicas. Por ejemplo, el producto puede ser delitiado por electrólisis, y el CoO_2 resultante puede ser convertido en $\text{CoO}(\text{OH})$ o HCoO_2 .

40 **[0515]** En una realización, el oxihidróxido se regenera por al menos uno de la electrólisis y la regeneración química. Hidrógeno consumido para formar hidrinos puede ser reemplazado por la adición de gas hidrógeno o una fuente de hidrógeno tal como un hidruro tal como LiH. Li se puede extraer por calentamiento y la evaporación o sublimación con reemplazo H usando hidrógeno aplicada. Por ejemplo, LiCoO_2 pueden ser convertidos al menos parcialmente a $\text{CoO}(\text{OH})$ o HCoO_2 por tratamiento con ácido tal como HCl (Ecs. (303-304)). Alternativamente, el oxihidróxido se puede regenerar por electrólisis en solución acuosa con el óxido de litio formando Li eliminado. En otra realización, el H se sustituye por tratamiento del producto con un ácido gaseoso, tal como un ácido hidrohaleo tal como HBr o HI. El Li intercalado puede reaccionar con el ácido para formar el correspondiente haluro, tal como LBr o LiI. El haluro de litio se puede eliminar mediante sublimación o evaporación.

50 **[0516]** En una realización, la regeneración se consigue utilizando una célula CIHT que comprende tres medias células como se muestra en la Figura 21. Las medias células primarias ánodo 600 y el cátodo 601 comprenden la célula principal que comprende los reactivos estándar tales como una fuente de Li y $\text{CoO}(\text{OH})$, respectivamente, separadas por un separador 602 y un electrolito orgánico. Cada uno tiene su correspondiente electrodo 603 y 604, respectivamente. La potencia de la célula principal de descarga se disipa en la carga 605 después de cerrar el interruptor 606. Además, la tercera o la regeneración de células medias 607 hace interfaz con la célula media de cátodo primario 601 y comprende una fuente de protones. Las medias células de cátodo primario y de regeneración están separadas por un conductor de protones 608. La regeneración de célula media tiene su electrodo 609. Durante la recarga de la energía de pila de principio se suministra por la fuente 610 con el interruptor 611 cerrado y el interruptor 606 abierto. Las células medias de regeneración 607 sirven como ánodo secundario y el ánodo principal 600 sirve como un cátodo secundario. Los protones se forman por la oxidación de H y migran desde la célula de regeneración 607 al cátodo primario 601. Iones Li^+ son desplazados de LiCoO_2 por iones H^+ para formar $\text{CoO}(\text{OH})$ o HCoO_2 como iones Li^+ de migración hacia el cátodo secundario 600 y se reducen a Li. En una forma de realización de células de tres cámaras, el ánodo de recarga puede comprender una fuente de protones tal como $\text{Pt}/\text{C}(\text{H}_2)$ y un conductor de protones. Entonces la célula de recarga podría ser $[\text{Pt}/\text{C}(\text{H}_2)]$ con interfaz conductora de protones/ LiCoO_2/Li . Células ejemplares son [fuente de Li tales como Li o una aleación de Li tales como Li_3Mg o LiC /separador de olefina y el

electrolito orgánico, tal como Celgard y LP 40/CoO (OH) o HCoO_2 / conductor de protones/ H^+ fuente tal como $\text{Pt}(\text{H}_2)$, $\text{Pt}/\text{C}(\text{H}_2)$. En otra realización, se suministra hidrógeno a la cámara 607 que comprende un catalizador de disociación de hidrógeno tal como Pt/C y un separador de membrana en 608 que puede ser Nafion mediante el cual los átomos de H se difunden en el material del producto cátodo en la cámara 601 mientras se aplica una tensión de electrólisis entre electrodos 604 y 603. El voltaje aplicado positivo en el electrodo 604 provoca Li para migrar a la cámara 600 a ser reducidos en el electrodo 603, mientras que H se incorpora en el material del cátodo durante la electrólisis. En otra realización, el separador 608 está aislado eléctricamente desde el cuerpo celular y comprende el electrodo 609. La cámara 607 comprende una fuente de H tal como un hidruro. El electrodo 609 puede oxidar H^- de una fuente tal como el hidruro. La conductividad puede ser aumentada por una sal eutéctica fundida H^- conductora en la cámara 607. La electrólisis provoca H para migrar a la cámara 601 para ser intercalado en el oxihidróxido.

[0517] En una realización, el ion de migración se puede reducir durante la electrólisis tales que las especies reducidas forma un compuesto de la forma reducida y comprende además de hidrógeno en cualquier forma, tal como al menos uno de hidrógeno, protones, iones de hidruro, y una fuente de hidrógeno, protones e iones de hidruro. Por ejemplo, Li^+ puede ser reducida a un carbono de electrodos que comprende como un reactivo de células medias. El Li puede intercalarse en el carbono. La intercalación puede desplazar algunos de los átomos de H. La creación de H de en el material es tal que múltiples átomos de H interactúan para formar hidrinos. Además, durante la descarga de la migración de un ion tal como un ion metálico tal como Li^+ crea vacantes en un material compuesto que comprende una fuente del ión de migrar tales como el ion de migración en un estado de oxidación diferente y de hidrógeno, protones, iones de hidruro o una fuente de hidrógeno, protones, iones de hidruro. Las vacantes creadas por el movimiento de la migración de iones tienen el efecto de crear vacantes H (agujeros) o de H en un material tal que múltiples átomos de H interactúan para formar hidrinos. Alternativamente, el ion de migración reducido o su hidruro pueden servir como el catalizador o la fuente de catalizador. El cátodo para el ion de migración puede ser un reactivo que forma un compuesto con el ion de migración reducido, tal como un reactivo que forma un compuesto de intercalación con el ion de migración reducido. compuestos de intercalación adecuados para Li ejemplar son los que comprenden el ánodo o el cátodo de una batería de iones de Li tales como los de la descripción. xWO_3 , $\text{Li}_x\text{V}_2\text{O}_5$, LiCoO_2 , LiFePO_4 , LiMn_2O_4 , LiNiO_2 , $\text{Li}_2\text{FePO}_4\text{F}$, LiMnPO_4 , sistema de VOPO_4 , LiV_2O_5 , LiMgSO_4F , LiMSO_4F ($\text{M} = \text{Fe}$, Co , Ni , metal de transición), LiMPO_4F ($\text{M} = \text{Fe}$, Ti), $\text{Li}_x[\text{Li}_{0.33}\text{Ti}_{1.67}\text{O}_4]$, o $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$, óxidos de metales de transición en capas tales como óxidos de Ni-Mn-Co como $\text{LiNi}_{1/3}\text{Co}_{1/3}\text{Mn}_{1/3}\text{O}_2$, y $\text{Li}(\text{Li}_a\text{Ni}_x\text{Co}_y\text{Mn}_z)\text{O}_2$ y LiTi_2O_4 , y otros calcogenuros de capas Li. Ánodos adecuados forman un compuesto de ion de migración y además comprenden hidrógeno. El ánodo puede ser una mezcla de materiales o compuestos. Por ejemplo, el hidrógeno puede estar presente como un hidruro tal como LiH , y el compuesto del ion de migración puede comprender un compuesto de intercalación tales como carbono u otro electrodo negativo de una batería de iones de Li. Alternativamente, el compuesto del ion de migración puede comprender una aleación tal como al menos uno de Li_3Mg , LiAl , LiSi , LiB , LiC , LiPb , LiGa , LiTe , LiSe tal como Li_2Se , LiCd , BiLi , LiPd , LiSn , Li_2CuSn , $\text{Li}_x\text{In}_{1-y}\text{Sb}$ ($0 < x < 3$, $0 < y < 1$), LiSb , LiZn , Li aleaciones de metal-metaloides tales como óxidos, nitruros, boruros, y siliciuros, y aleaciones mezcladas de metal Li o un compuesto que es una fuente de Li tales como uno que libera Li tras la reacción con el hidruro. Los compuestos ejemplares de este último tipo son Li_3N y Li_2NH que puede reaccionar con LiH por ejemplo para dar iones Li, electrones y Li_2NH o LiNH_2 . Células ejemplares son [al menos uno de un compuesto de H y grafito Li que puede estar formado por electrólisis, una mezcla de un hidruro y una especie que es una fuente de Li y soporte H tal como carbono litiado, un carburo, boruro, o silicio, una mezcla de un hidruro tal como LiH y una aleación tal como al menos uno de Li_3Mg , LiAl , LiSi , LiB , LiC , LiPb , LiGa , LiTe , LiSe tal como Li_2Se , LiCd , BiLi , LiPd , LiSn , Li_2CuSn , $\text{Li}_x\text{In}_{1-y}\text{Sb}$ ($0 < x < 3$, $0 < y < 1$), LiSb , LiZn , Li aleaciones de metal-metaloides tales como óxidos, nitruros, boruros, y siliciuros, y aleaciones de metal mixto Li, y una mezcla de un hidruro tal como LiH y Li_3N o Li_2NH /separador tal como una membrana de olefinas y el electrolito orgánico, tal como LiPF_6 solución de electrolito en DEC o sal eutéctica/grafito, Li_xWO_3 , $\text{Li}_x\text{V}_2\text{O}_5$, LiCoO_2 , LiFePO_4 , LiMn_2O_4 , LiNiO_2 , $\text{Li}_2\text{FePO}_4\text{F}$, LiMnPO_4 , sistema de VOPO_4 , LiV_2O_5 , LiMgSO_4F , LiMSO_4F ($\text{M} = \text{Fe}$, Co , Ni , metal de transición), LiMPO_4F ($\text{M} = \text{Fe}$, Ti), $\text{Li}_x[\text{Li}_{0.33}\text{Ti}_{1.67}\text{O}_4]$, o $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$, óxidos de metales de transición en capas tales como óxidos de Ni-Mn-Co como $\text{LiNi}_{1/3}\text{Co}_{1/3}\text{Mn}_{1/3}\text{O}_2$, y $\text{Li}(\text{Li}_a\text{Ni}_x\text{Co}_y\text{Mn}_z)\text{O}_2$ y LiTi_2O_4 , LiMgSO_4F , LiMSO_4F ($\text{M} = \text{Fe}$, Co , Ni , metal de transición), LiMPO_4F ($\text{M} = \text{Fe}$, Ti), otros calcogenuros de capas Li].

[0518] En una realización, la H que se consume para formar hidrinos de un material de electrodo, como el compuesto que comprende H y producto o fuente del ion de migración puede ser sustituido por gas de hidrógeno. La aplicación de gas hidrógeno puede desplazar hidrino molecular.

[0519] En formas de realización, el cátodo puede comprender una membrana permeable de hidrógeno tal como tubo de metal que está recubierto con el ion de migración reducido tal como un ion metálico tal como ion de Li^+ reducido. El ion de migración reducido tales como metal Li puede ser electrochapado sobre la membrana por electrólisis. La fuente del ión de migración puede ser un material de electrodo de batería de iones de Li tales como los de la descripción. Fuentes Li adecuadas son al menos uno de grafito Li, Li_xWO_3 , $\text{Li}_x\text{V}_2\text{O}_5$, LiCoO_2 , LiFePO_4 , LiMn_2O_4 , LiNiO_2 , $\text{Li}_2\text{FePO}_4\text{F}$, LiMnPO_4 , sistema de VOPO_4 , LiV_2O_5 , LiMgSO_4F , LiMSO_4F ($\text{M} = \text{Fe}$, Co , Ni , metal de transición), LiMPO_4F ($\text{M} = \text{Fe}$, Ti), $\text{Li}_x[\text{Li}_{0.33}\text{Ti}_{1.67}\text{O}_4]$, o $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$, óxidos de metales de transición en capas tales como óxidos de Ni-Mn-Co como $\text{LiNi}_{1/3}\text{Co}_{1/3}\text{Mn}_{1/3}\text{O}_2$, y $\text{Li}(\text{Li}_a\text{Ni}_x\text{Co}_y\text{Mn}_z)\text{O}_2$ y LiTi_2O_4 , y otros calcogenuros de capas Li. La electrodeposición se puede producir en ausencia de hidrógeno. Entonces, el hidrógeno se puede aplicar a la parte interior del tubo sin voltaje de electrólisis en donde el electrodo sirve entonces como el cátodo de célula CIHT. Otras fuentes Li adecuadas son metal Li, aleaciones de Li y compuestos Li tales como un compuesto de Li-N-H.

[0520] En una realización, un compuesto que comprende H libera H atómico que se somete a la catálisis a partir de hidrinos donde al menos un H sirve como el catalizador para al menos otro compuesto H. El H puede ser H intercalado en una matriz tal como H en carbono o H en un metal tal como R-Ni. El compuesto puede ser un hidruro tal como un álcali, alcalino, de transición, de transición interna, noble, o hidruro de metal de tierra rara, LiAlH_4 , LiBH_4 y otros tales hidruros. La liberación puede ser mediante la incorporación del ion de migración de la célula tal como un ion alcalino, tal como Li^+ en el compuesto. Alternativamente, el ion de migración reducido o su hidruro pueden servir como el catalizador o la fuente de catalizador. El cátodo puede comprender carbono, un conductor recubierto de carbono tal como un metal u otro material capaz de absorber H e intercalando un metal que desplaza H o cambia su estado potencial o oxidación química en la red. Por ejemplo, K y H en una matriz de carbono existe como tres capas de carbono, iones K e iones de hidruro, y carbono ($\text{C}/\dots, \text{K}^+ \text{H}^- \text{K}^+ \text{H}^- \dots/\text{C}$), y Li y H existen como LiH en las capas de carbono. En general, el compuesto de metal-carbono, tales como los conocidos como compuestos hidrógeno-álcali-metalgrafito-ternarios de intercalación pueden comprender MC_x (M es un metal tal como un metal alcalino que comprende M^+ y C_x^-). Durante el funcionamiento, H y al menos uno de un átomo o ion que no sea una especie de H, tal como K, K^+ , Li, o Li^+ pueden ser incorporados en la red de carbono de tal manera que los átomos de H se crean que pueden someterse a la catálisis para formar hidrinos donde al menos uno H puede servir como el catalizador para al menos otro átomo de H, o el átomo o ión que no sea una especie de H puede servir como el catalizador o la fuente de catalizador. En otras realizaciones, otros compuestos de intercalación pueden sustituir un carbono tales como boronitruro hexagonal (hBN), calcogenuros, carburos, silicio, y boruros, tales como TiB_2 y de MgB_2 . Células ejemplares son compuestos de intercalación de hidrógeno-álcali-metal-grafito-ternario, Li, K, aleación Li/separador de membrana tales como olefina y el electrolito orgánico, tal como solución de electrolito LiPF_6 en DEC o compuestos de intercalación sal eutéctica/ternarios de hidrógeno-metal alcalino-grafito, o H incorporado en al menos uno del grupo de hBN, Li hBN, grafito, grafito Li, Li_xWO_3 , $\text{Li}_x\text{V}_2\text{O}_5$, LiCoO_2 , LiFePO_4 , LiMn_2O_4 , LiNiO_2 , $\text{Li}_2\text{FePO}_4\text{F}$, LiMnPO_4 , sistema de VOPO_4 , LiV_2O_5 , LiMgSO_4F , LiMSO_4F (M = Fe, Co, Ni, metal de transición), LiMPO_4F (M = Fe, Ti), $\text{Li}[\text{Li}_{0,33}\text{Ti}_{1,67}\text{O}_4]$, o $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$, óxidos de metales de transición en capas tales como óxidos de Ni-Mn-Co como $\text{LiNi}_{1/3}\text{Co}_{1/3}\text{Mn}_{1/3}\text{O}_2$, y $\text{Li}(\text{Li}_x\text{Ni}_y\text{Co}_y\text{Mn}_z)\text{O}_2$ y LiTi_2O_4 , otros calcogenuros de capas Li] y [Li/PTC o PdC Celgard LP 30/hidrogenado] en donde el hidrógeno puede estar sustituido tal como se consume para formar hidrinos.

[0521] En formas de realización, al menos uno de los reactivos de células medias de cátodo y ánodo comprende carbono modificado. El carbono modificado puede comprender hidrógeno fisi-absorbido o químico-absorbido. El carbono modificado puede comprender compuestos de intercalación de grafito dados en M.S. Dresselhaus y G. Dresselhaus, "compuestos de intercalación de grafito", *Advances in Physics*, (2002), vol. 51, Nº 1, pp. 1-186 que se incorpora aquí por referencia. El carbono modificado puede comprender o incluir además una especie intercalada tal como al menos uno de K, Rb, Cs, Li, Na, KH, RbH, CsH, LiH, NaH, Sr, Ba, Co, Eu, Yb, Sm, Tm, Ca, Ag, Cu, AlBr_3 , AlCl_3 , AsF_3 , AsF_5 , AsF_6 , Br_2 , Cl_2 , Cl_2O_7 , $\text{Cl}_3\text{Fe}_2\text{Cl}_3$, CoCl_2 , CrCl_3 , CuCl_2 , FeCl_2 , FeCl_3 , H_2SO_4 , HClO_4 , HgCl_2 , HNO_3 , I_2 , ICl , IBr , KBr , MoCl_5 , N_2O_5 , NiCl_2 , PdCl_2 , SbCl_5 , SbF_5 , SO_3 , SOCl_2 , SO_2Cl_2 , TlBr_3 , UCl_4 , WCl_6 , MOH , $\text{M}(\text{NH}_3)_2$, en donde el compuesto puede ser $\text{C}_{12}\text{M}(\text{NH}_3)_2$ (M = metal alcalino), un calcogenuro, un metal, un metal que forma una aleación con un metal alcalino, e hidruro de metal, un ánodo de batería de iones de litio o de cátodo reactivo, y el compuesto M-N-H en donde M es un metal tal como Li, Na o K, MAIH_4 (M = metal alcalino), MbH_4 (M = metal alcalino), y otros reactivos de la descripción. El reactivo de la batería de iones de litio puede ser al menos uno del grupo de Li_xWO_3 , $\text{Li}_x\text{V}_2\text{O}_5$, LiCoO_2 , LiFePO_4 , LiMn_2O_4 , LiNiO_2 , $\text{Li}_2\text{FePO}_4\text{F}$, LiMnPO_4 , sistema de VOPO_4 , LiV_2O_5 , LiMgSO_4F , LiMSO_4F (M = Fe, Co, Ni, metal de transición), LiMPO_4F (M = Fe, Ti), $\text{Li}[\text{Li}_{0,33}\text{Ti}_{1,67}\text{O}_4]$, o $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$, óxidos de metales de transición en capas tales como óxidos de Ni-Mn-Co como $\text{LiNi}_{1/3}\text{Co}_{1/3}\text{Mn}_{1/3}\text{O}_2$, y $\text{Li}(\text{Li}_x\text{Ni}_y\text{Co}_y\text{Mn}_z)\text{O}_2$ y LiTi_2O_4 , y otros calcogenuros de capas Li. calcogenuros adecuados son al menos uno del grupo de TiS_2 , ZrS_2 , HfS_2 , TaS_2 , TeS_2 , ReS_2 , PtS_2 , SnS_2 , SnSSe , TiSe_2 , ZrSe_2 , HfSe_2 , TaSe_2 , TeSe_2 , ReSe_2 , PtSe_2 , SnSe_2 , TiTe_2 , ZrTe_2 , VTe_2 , EtNb_2 , TaTe_2 , MO_2 , WTe_2 , CoTe_2 , RhTe_2 , IrTe_2 , NiTe_2 , PdTe_2 , PtTe_2 , SiTe_2 , NbS_2 , TaS_2 , MoS_2 y WS_2 , NbSe_2 , NbSe_3 , TaSe_2 , MoSe_2 , VSe_2 , WSe_2 y MoTe_2 .

[0522] El carbono modificado puede comprender centros negativos que se unen H^+ . Los centros negativos pueden comprender una especie intercalada tal como un ion negativo. El carbono modificado puede comprender centros de óxido formados por oxidación o por intercalación. El carbono modificado puede comprender HNO_3 o H_2SO_4 intercalados. Células ejemplares son [Li o aleación de Li tales como Li_3Mg o LiC/Celgard electrolito orgánico, tal como LP 30 o sal eutéctica/carbono intercalado por HNO_3], [Li/Celgard LP 30/carbono intercalado por H_2SO_4], $[\text{LiTi}_2(\text{PO}_4)_3]$, Li_xVO_2 , Li_3VO_8 , $\text{Li}_2\text{Mn}_4\text{O}_9$ o $\text{Li}_4\text{Mn}_5\text{O}_{12}/\text{LiNO}_3$ acuosa/carbono intercalado por HNO_3], y [Li/Celgard LP 30/nanotubos de carbono (H_2)]. Ejemplos adicionales de carbono modificado pueden comprender N_2O , SF_6 CF_4 , NF_3 PCl_3 , PCl_5 , Cs_2 , SO_2 , CO_2 , P_2O_5 , absorbidos o intercalados en carbono. Células ejemplares son Li/Celgard LP 30 o sal eutéctica/carbono modificado tal como al menos uno del grupo de N_2O , SF_6 CF_4 , NF_3 PCl_3 , PCl_5 , Cs_2 , SO_2 , CO_2 , y P_2O_5 absorbido en el carbono].

[0523] En una realización, el carbono modificado es el óxido de grafito. El hidrógeno como átomos y moléculas puede intercalarse en el óxido de grafito. H óxido de grafito intercalado puede comprender un reactivo semipila catódica. El H puede ser desplazado por un metal alcalino para formar hidrinos. Una célula ejemplar es [Li/Celgard LP 30/H óxido de grafito intercalado].

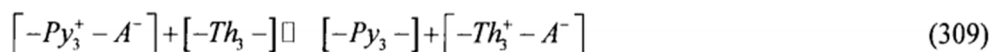
[0524] El carbono modificado también puede comprender un complejo de una especie de intercalación tal como un metal alcalino tal como K, Rb, Cs o un metal alcalinotérreo y un aceptor, tal como un aceptor aromático. En una

realización, el aceptor forma un complejo de transferencia de carga con el donante y más absorbe o se une de hidrógeno por medios tales como fisisorción o quimisorción. Aceptores ejemplares adecuados son tetracianopireno, tetrantropireno, tetracianoetileno, ftalonitrilo, tetraftalonitrilo, violantreno B, grafito, y moléculas o materiales similares. El carbono modificado puede ser grafito o grafito modificado con H al menos unida y, opcionalmente, otras especies de carbono modificado. El ánodo puede comprender una fuente de iones M^+ de metal alcalino que sirven como el ion de migración tales como Li^+ , Na^+ o K^+ . La fuente puede ser un compuesto de intercalación de metal alcalino, hidrógeno-álcali metal y grafito-ternario, aleación de metal alcalino, o en otra fuente de la descripción. La célula puede comprender un electrolito tal como un electrolito orgánico o acuoso y una sal y puede comprender además un puente de sal o separador. En otras realizaciones, el ánodo puede comprender una fuente de metales alcalinos o alcalinotérreos o al menos uno de los metales y el carbono modificado puede comprender uno de estos metales. Células ejemplares son [al menos uno de un carbono modificado tal como un compuesto de intercalación de hidrógeno-álcali metal y grafito-ternario y un metal M de metal alcalino o alcalinotérreo o aleación/separador tal como una membrana de olefinas y el electrolito orgánico, tal como MPF₆ solución de electrolito en DEC o sal/carbono modificado eutéctica].

[0525] En una realización, el cátodo y el ánodo pueden comprender al menos uno de carbono, carbono hidrogenado y carbono modificado. En una realización que comprende una forma de carbono en ambas medias células, el ion de migración puede ser H^+ o H en donde los reactivos de células medias de ánodo y cátodo, respectivamente, comprenden hidrógeno. Por ejemplo, el cátodo puede comprender un compuesto de intercalación de hidrógeno-álcali metal y grafito-ternario que se reduce a un ion de hidruro que migra a través de un H^+ electrolito conductor tal como una sal eutéctica fundida, tal como una mezcla de haluro alcalino, tal como LiCl-KCl. El ion de hidruro puede estar oxidado en el ánodo para formar carbono carbono hidrogenado o un compuesto de intercalación de hidrógeno-álcali metal-grafito-ternario a partir de un compuesto de intercalación de álcali metal-grafito-ternario. Alternativamente, el carbono hidrogenado o un compuesto de intercalación de hidrógeno-álcali metal y grafito-ternario pueden oxidarse en el ánodo para H^+ que migra a través de un H^+ electrolito conductor tal como Nafion, un líquido iónico, un conductor de protones sólido, o un electrolito acuoso para las células medias de cátodo en donde se reduce a H. El H puede reaccionar para formar carbono hidrogenado o un compuesto de intercalación de hidrógeno-álcali metal y grafito-ternario a partir de un compuesto de intercalación de metal alcalino-grafito-ternario. Células ejemplares son [carbono tal como negro de carbono o grafito/sal eutéctica de carbono tales como compuesto de intercalación LiCl-KCl/hidrógeno-álcali-metal-grafito-ternario o carbono hidrogenado], [compuesto de intercalación álcali-metal-grafito-ternariosal eutéctica tal como compuesto de intercalación LiCl-KCl/hidrógeno-álcali-metal-grafito-ternario o carbono hidrogenado], y [carbono hidrogenado/electrolito conductor de protones tal como Nafion o un ion líquido/carbono tal como negro de carbón o grafito].

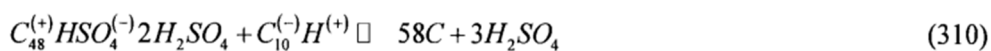
[0526] En una realización, un hidruro de álcali tal como KH en grafito tiene algunas propiedades interesantes que podrían servir cátodo o ánodo de la célula CIHT donde la migración H^+ al ánodo o migración K^+ al cátodo que comprende un compuesto tal como C_8KHx resulta en la transferencia de carga y desplazamiento H o incorporación para dar lugar a una reacción para formar hidrinos. Células ejemplares son [K/separador tal como una membrana de olefinas y el electrolito orgánico, tal como solución KPF₆ de electrolito en DEC/al menos uno de carbono (H_2) y C_8KHx], [Na/separador tal como una membrana de olefinas y el electrolito orgánico, tal como solución NaPF₆ de electrolito en DEC/al menos uno de carbono (H_2) y $CyNaHx$], [al menos uno de carbono (H_2) y C_8KHx /sal eutéctica/hidruro tal como hidruro metálico o H_2 a través de una membrana permeable], [al menos uno de carbono (H_2) y $CyNaHx$ /sal eutéctica/al menos uno de hidruro tal como hidruro de metal y H_2 a través de una membrana permeable] y [al menos uno de carbono (H_2), $CyLiHx$, y $CyLi$ /sal eutéctica/al menos uno de hidruro tal como hidruro de metal y H_2 a través de una membrana permeable].

[0527] En una realización, el ánodo puede comprender un derivado de politiofeno (PtioP), y el cátodo puede comprender polipirrol (PPy). El electrolito puede ser $LiClO_4$ tal como 0,1 M en un disolvente orgánico tal como acetonitrilo. Una reacción reversible ejemplar que impulsa la creación de vacantes y la adición de H en el carbono hidrogenado que forman hidrinos es



donde $-Py-$ es el monómero de pirrol y $-Th-$ es el monómero de tiofeno y A es el anión que participa en el servicio de transporte de aniones entre medias células. Alternativamente, el ánodo puede comprender polipirrol, y el cátodo puede comprender grafito. El electrolito puede ser una sal alcalina tal como una sal de Li en un electrolito tal como carbonato de propileno (PC). Al menos uno de los electrodos puede comprender carbono hidrogenado en donde las reacciones de electrones y de transferencia de iones causan que H atómico reaccione para formar hidrinos. Células ejemplares son [PtioP CB(H_2)/0,1M $LiClO_4$ acetonitrilo /PPy CB(H_2)] y [PPy CB(H_2)/Li sal PC/grafito (H_2)] en donde CB es negro de carbono.

[0528] En otra realización, el ánodo y el cátodo puede ser carbono que pueden ser hidrogenados tales como negro de carbón hidrogenado y grafito, respectivamente. El electrolito puede ser un ácido tal como H_2SO_4 . La concentración puede ser alta como 12 M. Una reacción reversible ejemplar que impulsa la creación de vacantes y la adición de H en el carbono hidrogenado que forman hidrinos es



Una célula ejemplar es [CB(H₂)/12 M H₂SO₄/ grafito (H₂)].

[0529] En una realización, la célula comprende un electrolito acuoso. El electrolito puede ser una sal de metal alcalino en solución tal un sulfato alcalino, hidrógeno sulfato, nitrato, nitrito, fosfato, hidrógeno fosfato, dihidrógeno fosfato, carbonato, hidrógeno carbonato, haluro, hidróxido, permanganato, clorato, perclorato, clorito, percloruro, hipoclorito, bromato, perbromato, bromito, perbromito, yodato, peryodato, yodito, perioditas, cromato, dicromato, telurato, selenato, arseniato, silicato, borato, y otro oxianión. Otro electrolito adecuado es un borohidruro alcalino tal como borohidruro de sodio en base concentrada tal como aproximadamente 4,4 M NaBH₄ en aproximadamente 14 M NaOH. El electrodo negativo puede ser carbono, tal como grafito o carbón activado. Durante la carga el metal alcalino tal como Na se incorpora en el carbono. El electrodo positivo puede comprender un compuesto o material que comprende H donde el ion de migración desplaza H para liberar H que se somete a una reacción adicional para formar hidrinos. El electrodo positivo puede comprender Na₄Mn₉O₁₈ sustituido por H. Dichos compuestos de óxido de manganeso similares, compuestos similares de óxido de rutenio, compuestos de óxido de níquel similares, y al menos uno de tales compuestos en una matriz hidrogenado tal como carbono hidrogenado. El compuesto o material que comprende H puede ser al menos uno de H zeolita (HY en donde Y = zeolita que comprende NaY con un poco de Na sustituido por H). HY puede estar formada por reacción NaY con NH₄Cl para formar HY, NaCl, y NH₃ que se retira. Reactivos de células medias de baja conductividad se pueden mezclar con una matriz conductora, tal como carbono, carburo o boruro. El cátodo puede ser un derivado de ácido silícico. En otra realización, el cátodo puede ser R-Ni en donde Na puede formar hidróxido de sodio o aluminato en el cátodo y suelte H. El cátodo y el ánodo puede comprender carbono con diferentes etapas de intercalación alcalino y la hidrogenación de tal manera que hay un transporte de al menos uno de H⁺ o iones alcalinos desde un electrodo al otro para causar el desplazamiento H o incorporación que da además lugar a la reacción para formar hidrinos. En una realización, el agua puede ser oxidado en un electrodo y se reduce en otro debido a las diferentes actividades de los materiales de los electrodos o células medias. En una realización, H⁺ puede estar formado en el electrodo negativo y ser reducido en el electrodo positivo en donde el flujo de H provoca hidrinos a ser formados en uno o ambos de los electrodos. Células ejemplares son [al menos uno de Cna, CyNaHx, opcionalmente sal R-Ni/acuosa de Na/al menos una de la CNa, CyNaHx, HY, R-Ni, y Na₄Mn₉O₁₈ + carbono (H₂) o R-Ni]. En otras realizaciones, Na puede ser reemplazado por otro metal alcalino, tal como K o Li. En otras formas de realización, otro metal alcalino, tal como K o Li reemplaza Na. Un K ejemplar, compuesto inercalao en electrolitos acuosos tales como KCl (aq) es KxMnOy (X = 0,33 ey~2). El tipo de cristal puede ser seleccionado para el catión seleccionado, tal como birnessita para K. H⁺ puede intercambiar para el ion de metal alcalino. La reducción de H⁺ a H puede causar la formación de hidrinos.

[0530] En realizaciones que tienen un electrolito acuoso, el cátodo es estable a evolución O₂ y el ánodo es estable a evolución H₂. Materiales de cátodo adecuados ejemplares son LiMn_{0,05}Ni_{0,05}Fe_{0,9}PO₄, LiMn₂O₄, LiNi_{1/3}Co_{1/3}Mn_{1/3}O₂, LiCoO₂. En otras realizaciones, el H que contiene celosía tal como el material de cátodo es un compuesto de intercalación con las especies intercalantes tales como un metal alcalino o un ion tal como Li o Li⁺ reemplazado por H o H⁺. El compuesto puede comprender H intercalado. El compuesto puede comprender un compuesto de óxido en capas tal como LiCoO₂ con al menos algún Li sustituido por H, tales como CoO(OH) también designado HCoO₂. El compuesto cátodo de célula media puede ser un compuesto en capas, tal como un calcogenuro en capas tal como un óxido en capas tal como LiCoO₂ o LiNiO₂ con al menos un poco de metal intercalada alcalino tal como Li sustituido por H intercalado. En una realización, al menos algunos H y posiblemente algún Li es la especie intercalada del material de cátodo cargado y se intercala Li durante la descarga. Otros metales alcalinos pueden sustituir a Li. Compuestos de intercalación adecuados con H con sustitución de al menos algunos de los Li son los que comprenden el ánodo o el cátodo de una batería de iones de Li tales como los de la descripción. Compuestos de intercalación ejemplares adecuados que comprenden HxLi_y o H sustituyendo Li son grafito Li, Li_xWO₃, Li_xV₂O₅, LiCoO₂, LiFePO₄, LiMn₂O₄, LiNiO₂, Li₂FePO₄F, LiMnPO₄, sistema de VOPO₄, LiV₂O₅, LiMgSO₄F, LiMSO₄F (M = Fe, Co, Ni, metal de transición), LiMPO₄F (M = Fe, Ti), Li_x[Li_{0,33}Ti_{1,67}O₄], o Li₄Ti₅O₁₂, óxidos de metales de transición en capas tales como óxidos de Ni-Mn-Co como LiNi_{1/3}Co_{1/3}Mn_{1/3}O₂, y Li(Li_aNi_xCo_yMn_z)O₂ y LiTi₂O₄, y otros calcogenuros de capas Li.

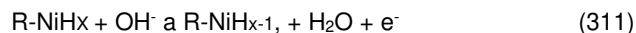
[0531] Los ejemplos de materiales de ánodo adecuados son LiTi₂(PO₄)₃, Li_xVO₂Li_v3O₈, Li₂Mn₄O₉, Li₄Mn₅O₁₂. electrolitos ejemplares adecuados son haluros alcalinos o de amonio, nitratos, percloratos, y sulfatos tales como LiNO₃, LiCl, y NH₄X, X = haluro, nitrato, perclorato y sulfato. La solución acuosa puede ser básica para favorecer intercalación Li sobre la formación de LiOH. El pH se puede aumentar mediante la adición de LiOH tal como 0,0015 M LiOH. En otras realizaciones, evolución H₂ se promueve mediante el ajuste del pH en donde la evolución H facilita la formación de hidrinos. En otras realizaciones, la formación de oxihidroxidos, hidróxidos, óxidos alcalinos, e hidruros alcalinos se produce en donde la formación de los resultados de hidruro alcalino en la formación de hidrino de acuerdo con reacciones como las de las Ecs. (305-306).

[0532] Una célula de LiTio tipo de iones puede tener un electrolito acuoso que tiene una sal tal como LiNO₃. Esto es posible mediante el uso de un cátodo típico positivo tal como LiMn₂O₄ con un compuesto de intercalación con un potencial mucho más positivo que LiC₆, tal como óxido de vanadio de tal manera que la tensión de pila es menor que la tensión de la electrólisis del agua teniendo en cuenta cualquier sobrepotencial de oxígeno o la evolución de hidrógeno en los electrodos. Otros electrolitos adecuados son un haluro de metal alcalino, nitrato, sulfato, perclorato,

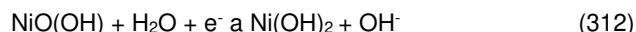
fosfato, carbonato, hidróxido, u otro electrolito similar. Con el fin de hacer hidrinos la célula comprende además un material hidrogenado. Las reacciones celulares causan adiciones H o vacantes que se formen ese resultado en la formación de hidrino. El material hidrogenado puede ser un hidruro tal como R-Ni o un material hidrogenado tal como el CB(H₂). metales ejemplares adicionales o semi-metales de los hidruros adecuados comprenden metales alcalinos (Na, K, Rb, Cs), metales alcalinotérreos (Mg, Ca, Ba, Sr), elementos del Grupo IIIA tales como B, Al, Ga, Sb, desde el Grupo IVA, tales como C, Si, Ge, Sn, desde el Grupo VA tal como N, P, As, y metales de transición y aleaciones. Otros ejemplos son compuestos intermetálicos AB_N, En donde A representa uno o más elemento(s) capaces de formar un hidruro estable y B es un elemento que forma un hidruro de inestable. Los ejemplos de compuestos intermetálicos se dan en la Tabla 5. Las células ejemplares son [LiV₂O₅ CB(H₂) o R-Ni/LiNO₃ acuoso opcionalmente con LiOH/CB (H₂) o R-Ni LiMn₂O₄], [LiV₂O₅/LiOH/R-Ni acuoso], [LiV₂O₅/LiNO₃ acuoso opcionalmente con LiOH/R-Ni], [LiTi₂(PO₄)₃, Li₂VO₂, LiV₃O₈, Li₂Mn₄O₉, o Li₄Mn₅O₁₂/LiNO₃ acuoso o LiClO₄ opcionalmente con LiOH o KOH (ac saturado)/calcogenuros en capas Li y al menos uno de estos compuestos con un poco de H que reemplaza Li o los deficientes en Li, compuestos que comprenden HxLi_y o H sustituyendo Li en al menos uno del grupo de Li-grafito, Li₂WO₃, Li₂V₂O₅, LiCoO₂, LiFePO₄, LiMn₂O₄, LiNiO₂, Li₂FePO₄F, LiMnPO₄, sistema de VOPO₄, LiV₂O₅, LiMgSO₄F, LiMSO₄F (M = Fe, Co, Ni, metal de transición), LiMPO₄F (M = Fe, Ti), Li₂[Li_{0.33}Ti_{1.67}O₄], o Li₄Ti₅O₁₂, óxidos de metales de transición en capas tales como óxidos de Ni-Mn-Co como LiNi_{1/3}Co_{1/3}Mn_{1/3}O₂, y Li(Li_{0.33}Ni_{0.33}Co_{0.33}Mn_{0.33}) O₂ y LiTi₂ O₄, otros calcogenuros de capas Li] y [LiTi₂(PO₄)₃, Li₂VO₂LiV₃O₈, Li₂Mn₄O₉ Li₄Mn₅O₁₂/LiNO₃ acuosa o LiClO₄ opcionalmente con LiOH o KOH (ac saturado)/HCoO₂ o CoO(OH)]. Otro álcali tal como K puede sustituir a Li.

[0533] En una realización, el electrolito es un hidruro tal como MbH₄ (M es un metal tal como un metal alcalino). Un electrolito adecuado es un borohidruro alcalino tal como borohidruro de sodio en base concentrada tal como aproximadamente 4,4 M NaBH₄ en aproximadamente 14 M NaOH. El ánodo comprende una fuente de iones M⁺ que se reducen al metal M, tal como Li, Na o K en el cátodo. En una realización, M reacciona con el hidruro tal como MbH₄ mediante el cual hidrinos se forman en el proceso. M, MH, o al menos un H pueden servir como catalizadores para otro. La fuente H es el hidruro y puede incluir además otra fuente tal como otro hidruro, compuesto H, o gas H₂ con opcionalmente un disociador. Células ejemplares son [R-Ni/14 M NaOH 4,4 M NaBH₄/carbono (H₂)], [NaV₂O₅ CB(H₂)/14 M NaOH 4,4 M NaBH₄/ Carbono (H₂)], y [R-Ni/4,4 M NaBH₄ en aproximadamente 14 M NaOH/oxihidróxido tales como AlO(OH), SCO(OH), YO(OH), VO(OH), CrO(OH), MnO(OH) (α -MnO(OH) groutita y γ -MnO(OH) manganita), FeO(OH), CoO(OH), NiO(OH), RhO(OH), GaO(OH), InO(OH), Ni_{1/2}Co_{1/2}O(OH), y Ni_{1/3}Co_{1/3}Mn_{1/3}O (OH) o hidróxido tal como Co(OH)₂, Ni(OH)₂, La(OH)₃, Ho(OH)₃, Tb(OH)₃, Yb(OH)₃, Lu(OH)₃, Er(OH)₃].

[0534] En otra forma de realización que comprende un electrolito acuoso, la célula comprende un electrodo de hidruro metálico tal como los de la presente descripción. Hidruros ejemplares adecuados son R-Ni, cobalto Raney (R-o), cobre Raney (R-u), hidruros de metales de transición tales como CoH, CrH, TiH₂, FeH, MnH, NiH, ScH, VH, CuH, y ZnH, hidruros intermetálicos tales como LaNi₅H₆, La₂Co₁Ni₉H₆, ZrCr₂H_{3.8}, LaNi_{3.55}Mn_{0.4}Al_{0.3}Co_{0.75}, ZrMn_{0.5}Cr_{0.2}VO_{0.1}Ni_{1.2} y AgH, CdH₂, PdH, PtH, NbH, TaH, ZrH₂, HfH₂, YH₂, LaH₂, CeH₂ y otros hidruros de tierras raras. Metales ejemplares adicionales o semi-metales de los hidruros adecuados comprenden metales alcalinos (Na, K, Rb, Cs), metales alcalinotérreos (Mg, Ca, Ba, Sr), elementos del Grupo IIIA tales como B, Al, Ga, Sb, desde el Grupo IVA, tales como C, Si, Ge, Sn, y desde el Grupo VA tal como N, P, As, y metales de transición y aleaciones. El hidruro puede ser un compuesto intermetálico. Otros ejemplos son compuestos intermetálicos AB_N, en donde A representa uno o más elemento(s) capaces de formar un hidruro estable y B es un elemento que forma un hidruro inestable. Los ejemplos de compuestos intermetálicos se dan en la Tabla 5 y la sección correspondiente de la descripción. El hidruro puede ser al menos uno del tipo AB₅, donde A es una mezcla de tierras raras de lantano, cerio, neodimio, praseodimio y B es níquel, cobalto, manganeso y/o aluminio, y AB₂ donde A es titanio y/o vanadio y B es zirconio o níquel, modificado con cromo, cobalto, hierro y/o manganeso. En una realización, el material del ánodo sirve la función de formar de manera reversible una mezcla de compuestos de hidruro de metal. Los compuestos ejemplares son LaNi₅ y LaNi_{3.6}Mn_{0.4}Al_{0.3}Co_{0.7}. Una reacción de ánodo de ejemplo del hidruro metálico R-Ni es



En una realización, hidruro de níquel puede servir como un reactivo de células medias tal como el ánodo. Puede estar formado por electrólisis acuosa usando un cátodo de níquel que se hidrua. El electrolito puede ser uno básico tal como KOH o K₂CO₃, y el ánodo también puede ser níquel. El cátodo puede comprender un oxidante que puede reaccionar con agua tal como un óxido metálico tal como niqueloxihidróxido (NiOOH). Una reacción cátodo ejemplar es



Vacantes o adiciones de H forman durante la operación de la célula tal como durante la descarga causan reacciones de hidrino para liberar energía eléctrica, además de cualquiera de las reacciones no basadas en hidrino. La célula puede comprender un electrolito tal como un hidróxido alcalino tal como KOH y puede comprender, además, un espaciador tal como una poliolefina hidrófila. Una célula ejemplar es [R-Ni, cobalto Raney (R-Co), cobre Raney (R-Cu), LaNi₅H₆, La₂Co₁Ni₉H₆, ZrCr₂H_{3.8}, LaNi_{3.55}Mn_{0.4}Al_{0.3}Co_{0.75}, ZrMn_{0.5}Cr_{0.2}VO_{0.1}Ni_{1.2}, CoH, CrH, FeH, MnH, NiH, ScH, VH, CuH, ZnH, AgH/poliolefina KOH (aq), NaOH (aq), o LiOH (aq)/NiO (OH)]. Oxidantes adecuados adicionales son WO₂(OH), WO₂(OH)₂, VO(OH), VO(OH)₂, VO(OH)₃, V₂O₂(OH)₂, V₂O₂(OH)₄, V₂O₂(OH)₆, V₂O₃(OH)₂, V₂O₃(OH)₄, V₂O₄(OH)₂, FeO(OH), MnO(OH), MnO(OH)₂, Mn₂O₃(OH), Mn₂O₂(OH)₃, Mn₂OH₅, MnO₃(OH), MnO₂(OH)₃,

MnO(OH)₅, Mn₂O₂(OH)₂, Mn₂O₆(OH)₂, Mn₂O₄(OH)₆, NiO(OH), TiO(OH), TiO(OH)₂, Ti₂O₃(OH), Ti₂O₃(OH)₂, Ti₂O₂(OH)₃, Ti₂O₂(OH)₄, y NiO(OH). oxihidróxidos adecuados ejemplares adicionales son al menos uno del grupo de bracewelita (CrO(OH)), diásporo (AlO(OH)), ScO(OH), YO(OH), VO(OH), goetita (α -Fe³⁺O(OH)), groutita (Mn³⁺O(OH)), guyanaita (CrO(OH)), montroseita ((V, Fe) O(OH)), CoO(OH), NiO(OH), Ni_{1/2}Co_{1/2}O(OH), y Ni_{1/3}Co_{1/3}Mn_{1/3}O(OH), RhO(OH), InO(OH), tsumgalita (GaO(OH)), manganita (Mn³⁺O(OH)), itrotungstio-(Y) YW₂O₆(OH)₃, itrotungstio-(Ce) ((Ce, Nd, Y)W₂O₆(OH)₃), (Nd-analógico de itrotungstio-(Ce) sin nombre) ((Nd, Ce, La) W₂O₆(OH)₃),

Frankhawthorneita (Cu₂[(OH)₂[TeO₄]], Khinita y (Pb²⁺Cu₃²⁺(TeO₆)(OH)₂), y parakhinita (Pb²⁺Cu₃²⁺TeO₆(OH)₂). En general, el oxidante puede ser MxO_yH_z en donde x, y, y z son números enteros y M es un metal tal como una transición, la transición interior, o metal de tierra rara tal como oxihidróxidos metálicos. En otras realizaciones, otros calcogenuros hidrogenados o calcogenuros pueden reemplazar oxihidróxidos. S, Se, o Te pueden sustituir O y otros tales calcogenuros pueden sustituir los que comprenden O. Las mezclas son también adecuadas. Células ejemplares son [hidruro tal como NiH, R-Ni, ZrH₂, TiH₂, LaH₂, CeH₂, PdH, PtxH, hidruro de la TABLA 5, LaNi₅ y LaNi_{3,6}Mn_{0,4}Al_{0,3}Co_{0,7}/MOH acuoso/M' xO_yH_z] (M = metal alcalino y M' = metal de transición), [R-Ni comercial no procesado/KOH acuoso/R-N comercial no procesado cargado a NiO(OH)], y [hidruro metálico/KOH acuoso/R-Ni comercial no procesado cargado a NiO(OH)]. La célula puede ser regenerada por la carga o por tratamiento químico tal como rehidratar el hidruro metálico tal como RNi. En las células alcalinas, un reactivo de cátodo puede comprender una sal de ferrato Fe(VI) tal como K₂FeO₄ o BaFeO₄.

[0535] En una realización, mH (m = número entero), H₂O, o OH sirve como el catalizador (TABLA 3). OH puede estar formada por la oxidación de OH⁻ en el ánodo. El electrolito puede comprender base concentrada tal como MOH (M = álcali) en el intervalo de concentración de aproximadamente 6,5 M a saturada. El material activo en el electrodo positivo puede comprender hidróxido de níquel que se carga a oxihidróxido de níquel. Alternativamente, puede ser otro oxihidróxido, óxido, hidróxido, o carbono tales como CB, PtC, o PdC, o un carburo tal como TiC, un boruro tal como TiB₂, o un carbonitruro tales como TiCN. El cátodo tal como hidróxido de níquel puede tener una red conductora compuesta de óxidos de cobalto y un colector de corriente tal como un esqueleto de espuma de níquel, pero puede ser alternativamente matriz de fibra de níquel o pueden producirse por sinterización de fibras de níquel filamentosas. El material activo en el electrodo negativo puede ser una aleación capaz de almacenar hidrógeno, tal como uno del tipo AB₅ (LaCePrNdNiCoMnAl) o AB₂ (VTiZrNiCrCoMnAlSn), donde la designación "AB_x" se refiere a la relación de los elementos de tipo A (LaCePrNd o TiZr) a la de los elementos de tipo B (VNiCrCoMnAlSn). Ánodos de hidruro adecuados son los utilizados en las baterías de hidruro metálico tal como hidruro de baterías de níquel-metal que son conocidos para los expertos en la técnica. Ejemplos de ánodos de hidruro adecuados comprenden los hidruros del grupo de R-Ni, LaNi₅H₆, La₂Co₁Ni₉H₆, ZrCr₂H_{3,8}, LaNi_{3,55}Mn_{0,4}Al_{0,3}Co_{0,75}, ZrMn_{0,5}Cr_{0,2}V_{0,1}Ni_{1,2}, y otras aleaciones capaces de almacenar hidrógeno, tal como uno del tipo AB₅ (LaCePrNdNiCoMnAl) o AB₂ (VTiZrNiCrCoMnAlSn), donde la designación "AB_x" se refiere a la relación de los elementos A de tipo (LaCePrNd o TiZr) a la de los elementos de tipo B (VNiCrCoMnAlSn). En otras realizaciones, el ánodo hidruro comprende al menos uno de MmNi₅ (Mm = metal Misch) tales como MmNi_{3,5}Co_{0,7}Al_{0,8}, El AB₅ de tipo: MmNi_{3,2}Co_{1,0}Mn_{0,6}Al_{0,11}Mes_{0,09} (Mm = metal misch: 25% en peso de La, 50% en peso de Ce, 7% en peso de Pr, 18% en peso de Nd), La_{1-y}RyNi_{5-x}Mx, AB₂ de tipo: Ti_{0,51}Zr_{0,49}V_{0,70}Ni_{1,18}Cr_{0,12} aleaciones, aleaciones a base de magnesio tales como Mg_{1,9}Al_{0,1}Ni_{0,8}Co_{0,1}Mn_{0,1} aleación, Mg_{0,72}Sc_{0,28}(Pd_{0,012} + Rh_{0,012}), y Mg₈₀Ti₂₀, Mg₈₀V₂₀, La_{0,8}Nd_{0,2}Ni_{2,4}Co_{2,5}Si_{0,1}, LaNi_{5-x}Mx (M = Mn, Al), (M = Al, Si, Cu), (M = Sn), (M = Al, Mn, Cu) y LaNi₄Co, MmNi_{3,55}Mn_{0,44}Al_{0,3}Co_{0,75}, LaNi_{3,55}Mn_{0,44}Al_{0,3}Co_{0,75}, MgCu₂, MgZn₂, MgNi₂, compuestos AB como TiFe, TiCo, y TiNi, compuestos AB_n (n = 5, 2, o 1), AB₃₋₄ compuestos, y AB_x (A = La, Ce, Mn, Mg; B = Ni, Mn, Co, Al). Otros hidruros adecuados son ZrFe₂, Zr_{0,5}Co_{0,5}Fe₂, Zr_{0,8}Sc_{0,2}Fe₂, YNi₅, LaNi₅, LaNi_{4,5}Co_{0,5}, (Ce, La, Nd, Pr) de Ni₅, Aleación de metal Misch-níquel, Ti_{0,98}Zr_{0,02}V_{0,43}Fe_{0,09}Cr_{0,05}Mn_{1,5}, La₂Co₁Ni₉ y TiMn₂. En cualquier caso, los materiales pueden tener microestructuras complejas que permiten que las aleaciones de almacenamiento de hidrógeno para operar en el entorno agresivo dentro de la célula donde la mayoría de los metales son termodinámicamente más estables en forma de óxidos. Materiales de hidruro de metal adecuados son conductores, y pueden ser aplicados a un colector de corriente tal como uno hecho de níquel perforado o expandido o sustrato de espuma de níquel o uno hecho de cobre.

[0536] En formas de realización, el disolvente acuoso puede comprender H₂O, D₂O, T₂O, o mezclas de agua y mezclas de isótopos. En una realización, la temperatura se controla para controlar la velocidad de la reacción hidrino y en consecuencia la potencia de la célula CIHT. Un intervalo de temperatura adecuado es de aproximadamente la temperatura ambiente hasta 100°C. La temperatura puede ser mantenida sobre >100°C mediante el sellado de la célula de manera que se genera la presión y la ebullición se suprime.

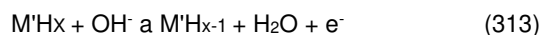
[0537] En una realización, el al menos uno de catalizador OH y H₂O se forma en el ánodo de la oxidación de OH⁻ en la presencia de H o una fuente de H. Un reactivo de ánodo adecuado de células medias es un hidruro. En una realización, el ánodo puede comprender un material de almacenamiento de hidrógeno, tal como un hidruro metálico tal como hidruros de aleaciones de metales tales como BaReH₉, La₂Co₁Ni₉H₆, LaNi₅H₆ o LaNi₅H (en la divulgación, LaNi₅H se define como el hidruro de LaNi₅ y puede comprender LaNi₅H₆ y otras estequiometrías de hidruro, y lo mismo se aplica a otros hidruros de la divulgación en donde otras estequiometrías que las presentadas están también dentro del alcance de la presente descripción), ZrCr₂H_{3,8}, LaNi_{3,55}Mn_{0,4}Al_{0,3}Co_{0,75}, ZrMn_{0,5}Cr_{0,2}V_{0,1}Ni_{1,2}, Fetih_{1,7}, TiFeH₂ y MgNiH₄. En una realización que comprende un LaNi₅H₆, La₂Co₁Ni₉H₆, ZrCr₂H_{3,8}, LaNi_{3,55}Mn_{0,4}Al_{0,3}Co_{0,75} o ZrMn_{0,5}Cr_{0,2}V_{0,1}Ni_{1,2} ánodo o ánodo similar y KOH o NaOH electrolito, LiOH se añade al electrolito para pasivar cualquier recubrimiento de óxido para facilitar la captación de H₂ a hidruro o rehidruro el LaNi₅H₆, La₂Co₁Ni₉H₆,

ZrCr₂H_{3,8}, LaNi_{3,55}Mn_{0,4}Al_{0,3}Co_{0,75} o ZrMn_{0,5}Cr_{0,2}V_{0,1}Ni_{1,2}. Células ejemplares son [BaReH₉, LaNi₅H₆, La₂Co₁Ni₉H₆, ZrCr₂H_{3,8}, LaNi_{3,55}Mn_{0,4}Al_{0,3}Co_{0,75}, ZrMn_{0,5}Cr_{0,2}V_{0,1}Ni_{1,2}, Fetih_{1,7}, TiFeH₂Y MgNiH₄/ MOH (acuoso saturado) (M = álcali)/carbono, PdC, PtC, oxihidróxido, carburo o boruro] y [LaNi₅H₆, La₂Co₁Ni₉H₆, ZrCr₂H_{3,8}, LaNi_{3,55}Mn_{0,4}Al_{0,3}Co_{0,75} o ZrMn_{0,5}Cr_{0,2}V_{0,1}Ni_{1,2}/ KOH (ac sat) EuBr₂ o EuBr₃/CB].

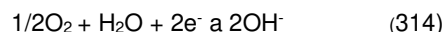
[0538] OH formado como un compuesto intermedio de una reacción de reducción de reactivo(s) a OH⁻ puede servir como un catalizador o una fuente de catalizador, tal como OH o H₂O para formar hidrinos. En una realización, el oxidante de la célula que comprende un electrolito alcalino tal como un MOH acuoso o electrolito M₂CO₃ (M = álcali) comprende una fuente de oxígeno, tal como al menos uno de un compuesto que comprende oxígeno, un átomo de oxígeno que contiene polímero conductor, un compuesto que contiene oxígeno o polímero se añade a una matriz conductora, tal como carbono, O₂, el aire y humo oxidado tal como vapor de humo tratado. La reacción de reducción de oxígeno puede formar compuestos oxigenados reducidos y radicales que pueden comprender al menos O y

posiblemente H tales como el ion peróxido de hidrógeno, ion superóxido, radical hidroperoxilo, O₂⁻, O₂²⁻, HOOH, HOO⁻, OH y OH⁻. En una realización, la célula comprende además un separador que impide o retarda la migración de oxígeno desde el cátodo al ánodo y es permeable al ion de migración tal como OH⁻. El separador también puede retardar o prevenir que óxidos o hidróxidos tales como

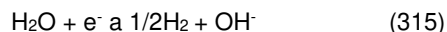
Zn(OH)₄²⁻, Sn(OH)₄²⁻, Sn(OH)₆²⁻, Sb(OH)₄⁻, Pb(OH)₄²⁻, Cr(OH)₄⁻, y Al(OH)₄⁻, formados en el compartimiento de células medias de ánodo migren al compartimiento catódico. En una realización, el ánodo comprende una fuente de H tal como un hidruro tal como R-Ni, LaNi₅H₆, La₂Co₁Ni₉H₆, ZrCr₂H_{3,8}, LaNi_{3,55}Mn_{0,4}Al_{0,3}Co_{0,75} o ZrMn_{0,5}Cr_{0,2}V_{0,1}Ni_{1,2} o gas H₂ y un disociador tal como Pt/C. En esta forma de realización y otras de la divulgación que comprenden R-Ni, otro metal Raney, tal como cobalto Raney (R'o), cobre Raney (R'u), y otras formas de R-Ni que comprenden activadores que pueden comprender otros metales, óxidos de metales, aleaciones, o compuestos pueden ser sustituidos por R-Ni para comprender otras formas de realización. Una célula ejemplar comprende hidruro metálico M'Hx (M'=metal o aleación tal como R-Ni o LaNi₅) y un cátodo de oxígeno, tal como gas O₂ o aire en el cátodo como un cátodo de carbono o de oxígeno absorbido en el carbono C(O₂)_x que libera O₂ dando C(O₂)_{x-1}. En una realización similar a la ecuación (315), al menos uno de agua y el oxígeno se reduce a al menos uno de OH⁻, H, y H₂ en el cátodo. Correspondientes reacciones ejemplares son ánodo



en donde OH se puede formar como un intermedio y servir como un catalizador para formar hidrinos. Cátodo



Alternativamente, la reacción catódica puede implicar agua sola en el electrodo positivo:

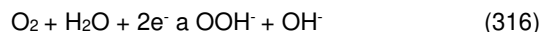


El cátodo para realizar la reacción Ec. (315) puede ser un catalizador de reducción de agua, y opcionalmente un catalizador de reducción O₂ (Ec. (314)), tal como metales soportados, zeolitas, y polímeros que pueden ser conductor tal como polianilina, politiofeno, o poliacetileno, que se pueden mezclar con una matriz de conductor tal como carbono. Catalizadores de reducción adecuados H₂O reducen eficientemente H₂O a H₂ en soluciones tales como soluciones alcalinas. Ejemplos de catalizadores son los del grupo de Ni, Ni porosa, polvo de Ni sinterizado, Ni-Ni(OH)₂, R-Ni, Fe, compuestos intermetálicos de metales de transición, HF₂Fe, Zr-Pt, Nb-Pd (I), Pd-Ta, Nb-Pd (II), Ti-Pt, Ni nanocrystalino Ni_xMo_{1-x} (x = 0,6, 0,85 por ciento atómico), Ni-Mo, aleación Mm tales como MmNi_{3,6}Co_{0,75}Mn_{0,42}Al_{0,27}, aleación de Ni-Fe-Mo (64:24:12) (% en peso), aleación de Ni-S, y la aleación Ni-S-Mn. El electrolito puede comprender además activadores tales como activadores iónicos tales como cada uno o la combinación de tris(etilendiamina)Co(III) complejo de cloruro y Na₂MoO₄ o EDTA (ácido etilendiaminotetraacético) con hierro. Células ejemplares son [M/KOH (ac saturado)/catalizador de reducción de agua y posibilidad de catalizador de reducción de O₂]; M = aleación o metales tales como los de Zn, Sn, Co, Sb, Te, W, Mo, Pb, Ge; catalizador de reducción de agua y posibilidad de un catalizador de reducción O₂ = al menos uno de Pt/Ti, Pt/Al₂O₃, vapor de carbono, perovskita, Ni, Ni porosa, polvo de Ni sinterizado, Ni-Ni (OH)₂, R-Ni, Fe, compuestos intermetálicos de metales de transición, HF₂Fe, Zr-Pt, Nb-Pd (I), PDTA, Nb-Pd (II), Ti-Pt, nanocrystalino Ni_xMo_{1-x} (x= 0,6, 0,85 por ciento atómico), Ni-Mo, aleación Mm tales como MmNi_{3,6}Co_{0,75}Mn_{0,42}Al_{0,27}, aleación de Ni-Fe-Mo (64:24:12) (% en peso), aleación de Ni-S, y aleación de Ni-S-Mn.

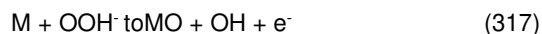
[0539] En una realización, el cátodo comprende una fuente de oxígeno tal como un óxido, oxihidróxido, gas oxígeno, o aire. El oxígeno de la fuente se reduce en el cátodo en una solución acuosa para formar un ión negativo que comprende O y puede comprender H. La reacción de reducción de oxígeno puede formar compuestos reducidos de oxígeno y radicales que pueden comprender al menos O y posiblemente H tal como ion de peróxido de hidrógeno, ion

superóxido, radical hidroperoxilo, O₂⁻, O₂²⁻, HOOH, HOO⁻, OH y OH⁻. En una realización, al menos una de estas especies o una especie producto formada en el ánodo puede comprender el catalizador. La reacción del catalizador puede implicar la oxidación de OOH⁻ a OH y óxido de metal en donde OOH sirve como una fuente de catalizador. Reacciones ejemplares de metal M son

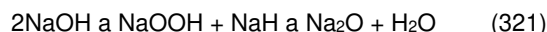
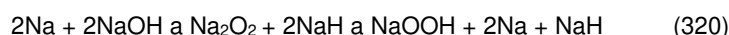
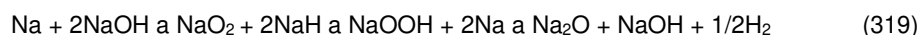
Cátodo



5 Ánodo:



10 en donde OOH^- y posiblemente HOOH sirve como una fuente de catalizador. OH^- también puede servir como la fuente de catalizador en una célula que comprende un cátodo o ánodo agente reactivo de hidróxido que forma un óxido y puede comprender además un electrolito sólido tal como la base. Una célula ejemplar es $[\text{Na}/\text{BASE}/\text{NaOH}]$ y reacciones ejemplares que implican superóxido, peróxido, y óxido son

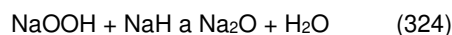


25 En la última reacción, H_2O puede reaccionar con Na . La reacción para formar MOOH intermedio tal como NaOOH (M = álcali) que pueden reaccionar para formar Na_2O y OH^- puede implicar hidrógeno suministrado. Células ejemplares son $[\text{Ni}(\text{H}_2 \text{ tal como en el intervalo de aproximadamente } 1 \text{ a } 1,5 \text{ atm}) \text{ NaOH}/\text{BASE}/\text{NaCl}-\text{NiCl}_2 \text{ o } \text{NaCl}-\text{MnCl}_2 \text{ o } \text{LiCl}-\text{BaCl}_2]$ y.) $[\text{Ni}(\text{H}_2)]$ al menos uno de Na_2O y $\text{NaOH}/\text{BASE}/\text{NaCl}-\text{NiCl}_2$ o $\text{NaCl}-\text{MnCl}_2$ o $\text{LiCl}-\text{BaCl}_2]$ que pueden producir energía eléctrica mediante la formación de hidrinos por medio de reacciones tales como

Cátodo:



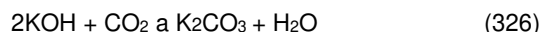
30 Ánodo:



40 en donde M' es un metal, X es haluro, otros metales alcalinos pueden ser sustituidos por Na , y NaH o OOH^- puede servir como una fuente de catalizador, o OH^- puede estar formado como un compuesto intermedio y servir como catalizador.

45 **[0540]** En una realización, el electrolito comprende o adicionalmente comprende un carbonato tal como un carbonato alcalino. Durante la electrólisis, las especies peroxi pueden formar, tal como ácido peroxocarbonic o un percarbonato alcalino que pueden ser una fuente de OOH^- o OH^- que sirven como una fuente de catalizador o catalizador para formar hidrinos. células ejemplares son $[\text{Zn}, \text{Sn}, \text{Co}, \text{Sb}, \text{Te}, \text{W}, \text{Mo}, \text{Pb}, \text{Ge}/\text{KOH} \text{ (ac saturado)} + \text{K}_2\text{CO}_3/\text{Carbono} + \text{aire}]$ y $[\text{Zn}, \text{Sn}, \text{Co}, \text{Sb}, \text{Te}, \text{W}, \text{Mo}, \text{Pb}, \text{Ge}/\text{KOH} \text{ (ac saturado)} + \text{K}_2\text{CO}_3/\text{Ni polvo} + \text{de carbono (50/50\% en peso)} + \text{aire}]$.

50 **[0541]** En una realización, la matriz tal como vapor de carbón activado comprende una fuente de oxígeno, tal como grupos carboxilato que reaccionan con el electrolito tal como un hidróxido tal como KOH para formar el carboxilato correspondiente, tal como K_2CO_3 . Por ejemplo, CO_2 de grupos carboxilato pueden reaccionar como sigue:



55 en donde OH^- se oxida y CO_2 esta reducido. El proceso puede comprender un mecanismo para formar hidrinos. El carbón activado y PtC que comprende carbón activado pueden reaccionar de esta manera para formar hidrinos. Del mismo modo, R-Ni reacciona con OH^- para formar H_2O y Al_2O_3 que implica la oxidación de OH^- y proporciona un mecanismo directo para formar hidrinos. Por lo tanto, hidrinos puede estar formado en un cátodo de carbono o ánodo R-Ni por reacción directa. Esto se evidencia por un gran 1,25 ppm RMN pico del producto después de la extracción en dDMF.

65 **[0542]** Una forma de realización comprende una célula de combustible con una fuente de hidrógeno tal como gas H_2 y una fuente de oxígeno, tal como O_2 gas o aire. Al menos uno de H_2 y O_2 se pueden generar por electrólisis del agua. La electricidad para la electrólisis puede ser suministrada por una célula CIHT que puede ser accionado por los gases suministrados a él directamente desde la célula de electrólisis. La electrólisis puede comprender además separadores de gas para H_2 y O_2 para suministrar gases purificados a cada uno del cátodo y el ánodo. El hidrógeno puede ser

suministrado al células medias de ánodo, y el oxígeno puede ser suministrado a la media de células cátodo. El ánodo puede comprender una H₂ catalizador de oxidación y puede comprender un H₂ disociador tal como Pt/C, Ir/C, Ru/C, Pd/C, y otros de la divulgación. El cátodo puede comprender una O₂ catalizador de reducción tales como los de la descripción. La célula produce especies que se pueden formar OH que pueden servir como catalizador para formar hidrinos y producir energía como la energía eléctrica en exceso de que a partir de la reacción del hidrógeno y el oxígeno para formar agua.

[0543] En una realización, que comprende una célula un O₂ o reacción de reducción de aire en el cátodo comprende un ánodo que es resistente a H₂ evolución tal como un Pb, In, Hg, Zn, Fe, Cd o hidruro tal como ánodo LaNi₅H₆. El

metal M ánodo puede formar un complejo o de iones tal como $M(OH)_4^{2-}$ que es al menos parcialmente soluble en el electrolito de manera que la reacción del ánodo procede sin impedimentos por un revestimiento tal como un revestimiento de óxido. El ánodo también puede comprender otros metales más activos, tales un Li, Mg, o Al en donde los inhibidores se pueden usar para evitar la reacción directa con el electrolito acuoso, o un electrolito no acuoso tal como un electrolito orgánico o un líquido iónico puede ser utilizada. electrolitos líquidos iónicos adecuados para ánodos tales como Li son 1-metil-3-octilimidazolio bis(trifluorometilosuloni)amida, 1-etil-3-metilimidazolio bis(pentafluoroetilsuloni)amida, y 1-etil-3-metilimidazolio bis(trifluorometilosuloni)amida. El ánodo se puede regenerar en solución acuosa por electrólisis en donde Pb, Hg, Cd o se puede añadir para suprimir evolución H₂. Los metales con un alto potencial de electrodo negativo tal como Al, Mg, y Li se pueden utilizar como ánodos con un electrolito orgánico aprótico.

[0544] En una realización, la reducción de O₂ procede a través de la vía de peróxido que involucra dos electrones. cátodos adecuados que favorecen la vía de peróxido son el grafito y la mayoría de otros carbonos, oro, óxido de cubierta metales tales como níquel o cobalto, algunos macrociclos de metales de transición, y los óxidos de metales de transición. El óxido de manganeso, tal como MnO₂ puede servir como un catalizador de reducción O₂. Alternativamente, el oxígeno puede ser reducido directamente a OH⁻ o H₂O por cuatro electrones. Esta vía es predominante en metales nobles tales como platino y del grupo del platino de metales, algunos óxidos de metales de transición que tienen la estructura perovskita o pirocloro, algunos macrociclos de metales de transición tales como ftalocianina de hierro y plata.

[0545] El electrodo puede comprender un electrodo compuesto para la reducción de oxígeno y la evolución. Esto último puede ser utilizado para la regeneración. El electrodo puede ser bifuncional capaz de reducción de oxígeno y la evolución en donde la actividad se proporciona por los correspondientes capas de catalizador separadas, o el electrocatalizador puede ser BiFuncional. Los diseños de electrodos y de células pueden ser aquellos conocidos en la técnica para las baterías de metal-aire, tales como Fe o baterías de Zn-aire o una modificación adecuada de los mismos conocidos por los expertos en la técnica. Una estructura de electrodo adecuado comprende un colector de corriente, una capa de difusión de gas que pueden comprender carbono y un aglutinante, y una capa activa que puede ser un catalizador bifuncional. Alternativamente, el electrodo puede comprender las capas de reducción O₂ en un lado del colector de corriente y capas evolución O₂ en el otro lado. El primero puede comprender una capa de difusión de gas exterior en contacto con la fuente de oxígeno y una capa de catalizador hidrófobo poroso en contacto con el colector de corriente; mientras que, este último puede comprender una capa de catalizador hidrófilo poroso en contacto con el electrolito en un lado de la capa y el colector de corriente en el otro lado.

[0546] Óxidos de tipo perovskita adecuados que pueden servir como catalizadores para reducir el oxígeno de una fuente pueden tener la fórmula general ABO₃, y tales perovskitas sustituidas pueden tener la fórmula general A_{1-x}A'_xB_{1-y}B'yO₃. A puede ser La, Nd; A' puede ser de estroncio, de bario, de calcio; y B puede ser de níquel, cobalto, manganeso, rutenio. Otros catalizadores adecuados para la reducción de oxígeno en el cátodo son un catalizador de tipo perovskita como La_{0,6}Ca_{0,4}CoO₃ dopado con óxido de metal, La_{1-x}CaxCoO₃, La_{1-x}Sr_xCoO₃ (0 ≤ x ≤ 0,5), o La_{0,8}Sr_{0,2}Co_{1-y}ByO₃ (B = Ni, Fe, Cu, o Cr; 0 ≤ y ≤ 0,3), La_{0,5}Sr_{0,5}CoO₃, LaNiO₃, LaFe_xNi_{1-x}O₃, LaCoO₃ sustituido, La_{1-x}CaxMO₃, La_{0,8}Ca_{0,2}MnO₃, La_{1-x}A'_xCo_{1-y}B'yO₃ (A' = Ca; B' = Mn, Fe, Co, Ni, Cu), La_{0,6}Ca_{0,4}Co_{0,8}Fe_{0,2}O₃, La_{1-x}A'_xFe_{1-y}B'yO₃ (A' = Sr, Ca, Ba, La; B' = Mn), La_{0,8}Sr_{0,2}Fe_{1-y}MnyO₃ y óxidos de tipo perovskita basado en Mn y un poco de metal de transición o lantánidos, o una espinela como Co₃O₄ o NiCO₂O₄. Un pirocloro tales como Pb₂Ru₂Pb_{1-x}O_{1-y} o Pb₂Ru₂O_{6,5}. Otros óxidos tales como Na_{0,8}pt₃O₄, compuestos organometálicos tales como porfirina colbalt, o macrociclos pirolizados con aditivos Co. Óxidos de tipo pirocloro adecuados tienen la fórmula general A₂B₂O₇ o A₂B_{2-x}A_xO_{7-y} (A = Pb/Bi, B = Ru/Ir), tales como Pb₂IR₂O_{7-y}, PbBiRu₂O_{7-y}, Pb₂(PbxIR_{2-x})O_{7-δ}, y Nd₃IrO₇. Espinelas adecuadas son óxidos de cobalto de níquel, óxido de cobalto puro o dopado con -(CO₃O₄), Espinelas en óxidos de cobalto del tipo MxCO_{3-x}O₄ (M = Co, Ni, reducción de oxígeno Mn) y (M = Co, Li, Ni, Cu, Mn evolución del oxígeno). El catalizador de la evolución de oxígeno puede ser níquel, plata, metal noble tal como Pt, Au, Ir, Rh, Ru o, óxido de cobalto de níquel tales como NiCO₂O₄ y cobre óxido de cobalto tales como CuCO₂O₄. La reducción de oxígeno o catalizador de evolución pueden comprender además un soporte conductor tal como carbono tal como negro de carbono, carbono grafitico, Ketjen negro, o grafitado Vulcan XC 72. células ejemplares son [Zn, Sn, Co, Sb, Te, W, Mo, Pb, Ge/KOH (ac saturado)/aire + carbono + O₂ catalizador de reducción tal como el catalizador de tipo perovskita como La_{0,6}Ca_{0,4}COO₃ dopado con óxido de metal, La_{1-x}CaxCOO₃, La_{1-x}Sr_xCoO₃ (0 ≤ x ≤ 0,5), o La_{0,8}Sr_{0,2}Co_{1-y}ByO₃ (B = Ni, Fe, Cu, o Cr; 0 ≤ y ≤ 0,3), o una espinela como CO₃O₄ o NiCO₂O₄. Un pirocloro tales como Pb₂Ru₂Pb_{1-x}O_{1-y} o Pb₂Ru₂O_{6,5}, otros óxidos tales como Na_{0,8}pt₃O₄ o macrociclos pirolizados con aditivos Co]. En otra realización, el cátodo comprende un catalizador de reducción de agua.

[0547] El cátodo es capaz de soportar la reducción de al menos uno de H_2O y O_2 . El cátodo puede comprender un conductor área de alta superficie tal como carbono, tales como negro de carbón, carbón activado, y el vapor de carbón activado. El cátodo puede comprender un conductor que tiene un bajo más potencial para la reducción de al menos uno de O_2 o H_2O o H_2 evolución tal como Pt, Pd, Ir, Ru, Rh, Au, o estos metales sobre un soporte conductor, como el carbono o titanio como cátodo con H_2O como cátodo reactivo de células medias. El electrolito puede ser concentrado base, tal como en el intervalo de aproximadamente 6,1 M a saturada. Células ejemplares son [disociador e hidrógeno tales como PtCB, PdC, o Pt (20%) Ru(10%) (H_2 , ~1000 Torr), o hidruro de metal, tal como R-Ni de diversas composiciones, R-Co, R-Cu, $LaNi_5H_6$, $La_2Co_1Ni_9H_6$, $ZrCr_2H_{3,8}$, $LaNi_{3,55}Mn_{0,4}Al_{0,3}Co_{0,75}$, $ZrMn_{0,5}Cr_{0,2}V_{0,1}Ni_{1,2}$ o hidruro de TABLA 5/base acuosa tal como KOH (aq) electrolito (>6,5 M a saturado o >11 M para saturada)/carbono, electrodo de oxígeno tal como O_2 o aire en el carbono, $C(O_2)_x$ o oxidada de carbono tal como vapor de carbón activado, o CB, PtC, PdC, $CB(H_2)$, $PtC(H_2)$, $PdC(H_2)$, conductor que tiene un bajo sobre potencial de reducción de al menos uno de O_2 o H_2O o H_2 evolución tal como Pt, Pd, Ir, Ru, Rh, Au, o estos metales sobre un soporte conductor, como el carbono o titanio como cátodo con al menos uno de H_2O y O_2 como cátodo reactivo de células medias].

[0548] En una realización, el anión puede servir como una fuente de oxígeno en el cátodo. Los aniones adecuados son oxianiones tales como CO_3^{2-} , SO_4^{2-} , y PO_4^{3-} . El anión tal como pueden formar una solución básica. Una reacción cátodo ejemplar es



La reacción puede implicar una reacción reversible de oxidación-reducción de células medias tales como



La reducción de H_2O a OH^- + H puede resultar en una reacción en el cátodo para formar hidrinos en donde H_2O sirve como catalizador. El gran pico 1,23 ppm RMN correspondiente a $H_2(1/4)$ aislado a partir de productos de cátodo de las células tales como [Zn, Sn, Pb, Sb/KOH (ac sat) + K_2CO_3 / CB-SA] que tiene electrolitos KOH- K_2CO_3 apoya este mecanismo. En una realización, CO_2 , SO_2 , PO_2 y otros reactivos similares pueden añadirse a la célula como fuente de oxígeno.

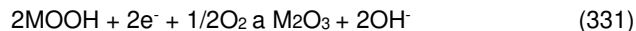
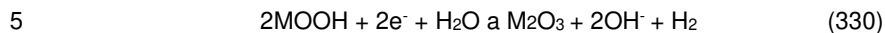
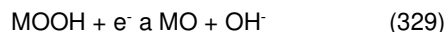
[0549] El ánodo puede comprender un metal capaz de reaccionar con una especie de oxígeno tales como OOH^- u OH^- . Los metales adecuados son Al, V, Zr, Ti, Mn, Se, Zn, Cr, Fe, Cd, Co, Ni, Sn, In, Pb, Cu, Sb, Bi, Au, Ir, Hg, Mo, Os, Pd, Re, Rh, Ru, Ag, Tc, Te, Tl, y W que pueden ser polvos. El ánodo puede comprender fibras hidrófilas cortas tales como fibras de celulosa para evitar la densificación durante la recarga. El ánodo puede estar formado en un estado descargado y activado por la carga. Un ánodo de zinc modo de ejemplo puede comprender una mezcla de polvo de óxido de zinc, fibras de celulosa, aglutinante politetrafluoretileno, y, opcionalmente, un poco de polvo de zinc y aditivos tales como el plomo (ii) óxido o los óxidos de antimonio, bismuto, cadmio, galio, e indio para evitar H_2 evolución. La mezcla se puede agitar en una mezcla de agua-acetona, y la suspensión homogénea resultante se puede filtrar, la torta de filtro a presión en un colector de corriente tal como una red de cobre chapado en plomo y se secó a temperatura ligeramente >100°C. El electrodo que tiene una porosidad de aproximadamente 50% puede ser envuelto en una membrana de polímero micro-poroso, tal como Celgard que mantiene el electrodo juntos y puede servir como el separador. En otras realizaciones, el ánodo se pueden ensamblar utilizando polvo principalmente Zn que evita el paso de carga inicial.

[0550] La célula puede comprender una pila de células conectadas en serie o en paralelo que pueden tener un depósito para acomodar los cambios de volumen en el electrolito. La célula puede comprender además al menos uno de humedad y sistemas de gestión CO_2 . El electrodo de metal puede ser colocada entre electrodos de oxígeno a duplicar la superficie. El oxígeno puede difundirse desde el aire a través de un electrodo de aire teflón laminado poroso que comprende un electrodo de difusión de oxígeno. En una realización, los electrones desde el ánodo reaccionan con el oxígeno en los sitios catalíticos de una parte en contacto con el electrodo de difusión de oxígeno para formar reducidos especies de agua y oxígeno.

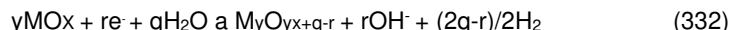
[0551] En una realización, la célula de metal-aire tal como una célula de aire Zn puede comprender una célula de combustible de metal-aire, en donde el metal se añade continuamente y se oxida un metal tal como óxido o hidróxido metálico se retira continuamente. de metal fresco es transportado a y de los residuos de metal oxidado lejos de la semipila anódica por medio de un bombeo tal, augurando, transporte, u otros medios mecánicos de mover estos materiales conocidos por los expertos en la técnica. El metal puede comprender gránulos que pueden ser bombeados.

[0552] En una realización, un oxihidróxido puede servir como la fuente de oxígeno para formar OH^- . El oxihidróxido puede formar un óxido estable. reacciones catódicas ejemplares comprenden al menos uno de una reducción de un oxihidróxido o una reacción de reducción de un oxihidróxido tal como uno del grupo de $MnOOH$, $CoOOH$, $GaOOH$, y $InOOH$ y oxihidróxidos de lantánidos tales como $LaOOH$ con al menos uno de H_2O y O_2 para formar un óxido correspondiente, tal como La_2O_3 , Mn_2O_3 , CoO , Ga_2O_3 , e In_2O_3 . Reacciones ejemplares de metal M se dan por

Cátodo:



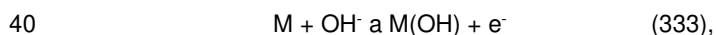
Alternativamente, un óxido puede servir como la fuente de oxígeno para formar OH^- . El producto de metal reducido puede ser un óxido, oxihidróxido, o hidróxido que tiene el metal en un estado de oxidación inferior. Una reacción cátodo ejemplar que implica metal M es Cátodo:



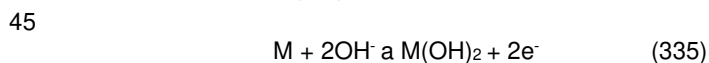
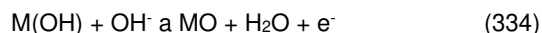
en donde y, x, r, y q son números enteros. óxidos ejemplares adecuados son MnO_2 , Mn_2O_3 , Mn_3O_4 , $\text{M}'\text{O}$ (M' = metal de transición), SeO_2 , TeO_2 , P_2O_5 , SO_2 , CO_2 , N_2O , NO_2 , NO , SnO , PbO , La_2O_3 , Ga_2O_3 , y In_2O_3 en donde los gases pueden ser mantenidos en una matriz tal como absorbido en carbono. El electrolito puede ser base concentrada, tal como en el intervalo de aproximadamente 6,1 M a saturada. células ejemplares son [disociador e hidrógeno tales como PtCB, PdC, o Pt(20%) Ru(10%) (H_2 , ~1000 Torr), o hidruro de metal, tal como R-Ni de diversas composiciones, R-Co, R-Cu, LaNi_5H_6 , $\text{La}_2\text{Co}_1\text{Ni}_9\text{H}_6$, $\text{ZrCr}_2\text{H}_{3,8}$, $\text{LaNi}_{3,55}\text{Mn}_{0,4}\text{Al}_{0,3}\text{Co}_{0,75}$, $\text{ZrMn}_{0,5}\text{Cr}_{0,2}\text{V}_{0,1}\text{Ni}_{1,2}$ o hidruro de TABLA 5/base acuosa tal como KOH (aq) electrolito (>6,5 M a saturado o >11 M para saturada)/oxihidróxido o óxido tal como MnO_2 , Mn_2O_3 , Mn_3O_4 , $\text{M}'\text{O}$ (M' = metal de transición), SeO_2 , TeO_2 , P_2O_5 , SO_2 , CO_2 , N_2O , NO_2 , NO , de SnO , PbO , La_2O_3 , Ga_2O_3 , e In_2O_3 en donde los gases pueden ser mantenidos en una matriz tal como absorbido en carbono o (aq sat) CoOOH , MnOOH , LaOOH , GaOOH , o InOOH], $[\text{M}/\text{KOH}/\text{MOx}$ ($\text{X} = 1$ o 2) metales adecuados $\text{M} = \text{Zn}$, Sn , Co , Sb , Te , W , Mo , Pb , Ge], y $[\text{M}/\text{KOH}$ (aq sat)/metales adecuados $\text{M}'\text{OOH}$ $\text{M} = \text{Zn}$, Sn , Co , Sb , Te , W , Mo , Pb , Ge ; $\text{M}' = \text{Mn}$, Co , La , Ga , In .

[0553] OH formado como un compuesto intermedio de una reacción de oxidación de OH^- puede servir como un catalizador o fuente de catalizador, tal como OH o H_2O para formar hidrinos. En una realización, un metal que forma un hidróxido u óxido puede servir como ánodo. Alternativamente, un reactivo de partida hidróxido puede servir como ánodo. Al menos uno de los metales oxidados, el óxido metálico, y el hidróxido de metal puede oxidar OH^- a OH como un producto intermedio para formar un compuesto que comprende al menos dos de los metales, oxígeno, e hidrógeno tales como el hidróxido de metal, óxido, o oxihidróxido. Por ejemplo, el metal puede oxidarse para formar un hidróxido que pueden reaccionar adicionalmente a un óxido. Al menos un hidróxido de H puede ser transferida a OH^- ya que se oxida para formar agua. Por lo tanto, un hidróxido metálico o oxihidróxido pueden reaccionar de manera similar como un hidruro (Ec. (313)) para formar un intermedio OH que puede servir como un catalizador para formar hidrinos. Reacciones ejemplares de metal M son

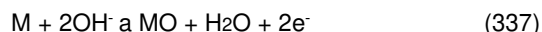
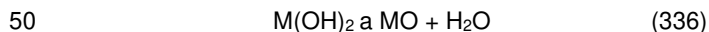
Ánodo:



entonces



entonces



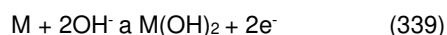
en donde OH del producto de agua puede formarse inicialmente como un producto intermedio y servir como un catalizador para formar hidrinos. El metal del ánodo puede ser estable a la reacción directa con base concentrada o puede reaccionar a una velocidad lenta. Los metales adecuados son un metal de transición, Ag, Cd, Hg, Ga, In, Sn, Pb, y aleaciones que comprenden uno o más de estos y otros metales. El ánodo puede comprender una pasta de metal en forma de polvo y el electrolito, tal como una base, tal como MOH ($\text{M} = \text{álcali}$). Reactivos anódicos ejemplares de pasta son Zn en polvo mezclado con solución saturada de polvo de KOH o Cd mezclado con KOH. Metales electropositivos adecuados para el ánodo son uno o más del grupo de Al, V, Zr, Ti, Mn, Se, Zn, Cr, Fe, Cd, Co, Ni, Sn, In y Pb. Alternativamente, los metales adecuados que tienen baja reactividad agua son Cu, Ni, Pb, Sb, Bi, Co, Cd, Ge, Au, Ir, Fe, Hg, Mo, Os, Pd, Re, Rh, Ru, Se, Ag, Tc, Te, Ti, Sn, y W. En otras realizaciones, el ánodo puede comprender un hidróxido o oxihidróxido tal como uno de esos metales tal como $\text{Co}(\text{OH})_2$, $\text{Zn}(\text{OH})_2$, $\text{Sn}(\text{OH})_2$ y $\text{Pb}(\text{OH})_2$. Hidróxidos de metales adecuados forman óxidos o oxihidróxidos. El electrolito puede ser base concentrada, tal como en el intervalo de aproximadamente 6,1 M a saturada. Células ejemplares son [metal tal como Sc, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Ag, Cd, Hg, Ga, In, Sn, Pb, o metales que tienen baja reactividad en agua, tal como uno del grupo de Cu, Ni,

Pb, Sb, Bi, Co, Cd, Ge, Au, Ir, Fe, Hg, Mo, Os, Pd, Re, Rh, Ru, Se, Ag, Tc, Te, Ti, Sn, y W, o estos metales como pasta con MOH saturado o un hidróxido de metal, tal como $\text{Co}(\text{OH})_2$, $\text{Zn}(\text{OH})_2$, $\text{Sn}(\text{OH})_2$, o $\text{Pb}(\text{OH})_2$ /base acuosa tal como KOH (aq) electrolito ($>6,5$ M a saturado o >11 M a saturado)/oxihidróxido o óxido tal como MnO_2 , Mn_2O_3 , Mn_3O_4 , $\text{M}'\text{O}$ ($\text{M}' = \text{metal de transición}$), SeO_2 , TeO_2 , P_2O_5 , SO_2 , CO_2 , N_2O , NO_2 , NO , de SnO , PbO , La_2O_3 , Ga_2O_3 , e In_2O_3 en donde los gases pueden ser mantenidos en una matriz tal como absorbido en carbono o CoOOH , MnOOH , LaOOH , GaOOH , o InOOH , o de carbono, electrodo de oxígeno tal como O_2 o aire en el carbono, $\text{C}(\text{O}_2)_x$ o carbono oxidado tal como vapor de carbón activado, o CB, PtC, PdC, $\text{CB}(\text{H}_2)$, $\text{PtC}(\text{H}_2)$, $\text{PdC}(\text{H}_2)$, conductor que tiene un bajo sobre potencial de reducción de al menos uno de O_2 o H_2O o H_2 evolución tal como Pt, Pd, Ir, Ru, Rh, Au, o estos metales sobre un soporte conductor, como el carbono o titanio como cátodo con al menos uno de H_2O y O_2 como reactivo de cátodo de las células medias], [hidróxido de Zn, Sn, Co, Sb, Te, W, Mo, Pb, o Y/KOH (aq saturado)/carbono de vapor], y [pasta de MOH saturado-Zn/MOH (aq saturado)/CB, carbón activado o vapor carbón activado con O_2].

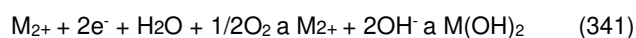
[0554] En una realización, el cátodo puede comprender un óxido metálico tal como un óxido o de oxihidróxido, y el ánodo puede comprender un metal o un óxido reducido con relación al metal oxidado del cátodo. La reducción de agua dada en la ecuación (314) puede implicar el oxígeno del óxido o de oxihidróxido. El cátodo y el ánodo pueden comprender el mismo metal en diferentes estados de oxidación o de óxido. La reacción en el ánodo puede ser dada por al menos una de las Ecs. (333-337). células ejemplares son $[\text{M}/\text{KOH} (\text{aq saturado})/\text{MOOH} (\text{M} = \text{metal de transición, metal de tierra rara, Al, Ga, o In})]$, $[\text{M}/\text{KOH} (\text{aq saturado})/\text{MO}_2 (\text{M} = \text{Se, Te, o Mn})]$, y $[\text{M}/\text{KOH} (\text{aq saturado})/\text{MO} (\text{M} = \text{Zn, Sn, Co, Sb, Te, W, Mo, Pb, o Ge})]$. El hidrógeno se puede añadir a al menos una de las células un medio para iniciar y propagar las reacciones de oxidación y Reducción de agua (por ejemplo, las Ecs. (314-315) y (346)) que mantienen algunos OH u otro catalizador que comprende al menos uno de O y H. La fuente de hidrógeno puede ser un hidruro tal como R-Ni o LaNi_5H_6 . Carbono, tal como carbono de vapor también puede ser añadido a un electrodo tal como el cátodo para facilitar la reducción de agua a OH^- y OH^- oxidación a OH y posiblemente H_2O . Al menos uno de los electrodos puede comprender una mezcla que comprende carbono. Por ejemplo, el cátodo puede comprender una mezcla de carbono y un óxido de metal, tal como una mezcla de carbono de vapor y un óxido de Zn, Sn, Co, Sb, Te, W, Mo, Pb, o Ge. El ánodo puede comprender metal correspondiente del óxido de cátodo de metal. Otros catalizadores adecuados para la reducción de O_2 en el cátodo son un catalizador de tipo perovskita como $\text{La}_{0,6}\text{Ca}_{0,4}\text{COO}_3$ dopado con óxido de metal, $\text{La}_{1-x}\text{Ca}_x\text{COO}_3$, $\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{COO}_3$ ($0 \leq x \leq 0,5$), o $\text{La}_{0,8}\text{Sr}_{0,2}\text{Co}_{1-y}\text{ByO}_3$ ($\text{B} = \text{Ni, Fe, Cu, o Cr; } 0 \leq y \leq 0,3$), o una espinela como CO_3O_4 o NiCO_2O_4 , Un pirocloro tales como $\text{Pb}_2\text{Ru}_2\text{Pb}_{1-x}\text{O}_{1-y}$ o $\text{Pb}_2\text{Ru}_2\text{O}_{6,5}$, Otros óxidos tales como $\text{Na}_{0,8}\text{Pt}_3\text{O}_4\text{O}$ macrociclos pirolizados con aditivos Co. El catalizador de reducción de oxígeno puede comprender además un soporte conductor tal como carbono, tales como negro de carbón o de grafito de carbono. Células ejemplares son $[\text{Zn, Sn, Co, Sb, Te, W, Mo, Pb, Ge}/\text{KOH} (\text{aq saturado})/\text{aire} + \text{carbono} + \text{O}_2 \text{ catalizador de reducción tal como el catalizador de tipo perovskita como } \text{La}_{0,6}\text{Ca}_{0,4}\text{CoO}_3 \text{ dopado con óxido de metal, } \text{La}_{1-x}\text{Ca}_x\text{CoO}_3, \text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{CoO}_3 (0 \leq x \leq 0,5), \text{ o } \text{La}_{0,8}\text{Sr}_{0,2}\text{Co}_{1-y}\text{ByO}_3 (\text{B} = \text{Ni, Fe, Cu, o Cr; } 0 \leq y \leq 0,3), \text{ o una espinela como } \text{CO}_3\text{O}_4 \text{ o } \text{NiCO}_2\text{O}_4, \text{ Un pirocloro tales como } \text{Pb}_2\text{Ru}_2\text{Pb}_{1-x}\text{O}_{1-y} \text{ o } \text{Pb}_2\text{Ru}_2\text{O}_{6,5}, \text{ otros óxidos tales como } \text{Na}_{0,8}\text{Pt}_3\text{O}_4\text{O macrociclos pirolizados con aditivos Co}].$ En otra realización, el cátodo comprende un catalizador de reducción de agua.

[0555] En una realización, la célula comprende además una fuente de oxígeno que sirve como un reactivo de participar directamente o indirectamente en la formación de un catalizador y una fuente de H que reacciona además para formar hidrinos. La célula puede comprender un metal M que sirve como el ánodo de tal manera que el ion metálico correspondiente sirve como el ion de migración. metales ejemplares adecuados son al menos uno del grupo de Cu, Ni, Pb, Sb, Bi, Co, Cd, Ge, Au, Ir, Fe, Hg, Mo, Os, Pd, Re, Rh, Ru, Se, Ag, Tc, Te, Ti, Sn, y W, y aleaciones metálicas de los mismos o aleaciones de otros metales. OH puede servir como el catalizador de acuerdo con las reacciones dan en la Tabla 3. Además de los iones de metal tal como M^{2+} . Algunos OH puede estar formado al menos de forma transitoria a partir de OH^- . El oxígeno puede ser reducido en el cátodo. El agua también puede participar en la reacción de reducción para formar al menos algunos OH que puede servir como catalizador para formar hidrinos. reacciones ejemplares son

Ánodo:



Cátodo:



en donde algunos intermedios radicales OH se forman en el ánodo o el cátodo para reaccionar adicionalmente para formar hidrinos. En otra realización, la fuente de oxígeno para reaccionar con el agua es un oxihidróxido como MnOOH o CoOOH . OH puede estar formada por la oxidación de OH^- en el ánodo y la reducción de O o O_2 a OH^- en el cátodo. El O puede ser la de un oxihidróxido. El balance de energía puede facilitar la formación de OH en condiciones de propagar la reacción para formar hidrinos. En otras realizaciones, el oxidante puede ser una mezcla de oxígeno y otro oxidante que puede ser un gas o puede ser inerte. Mezclas ejemplares adecuadas son O_2 mezclado con al menos uno

de CO₂, NO₂, NO, N₂O, NF₃, CF₄, SO₂, SF₆, CS₂, He, Ar, Ne, Kr, y Xe.

[0556] La concentración de base, tal como MOH (M = álcali) tal como KOH (aq) puede estar en cualquier intervalo deseado, tal como en el intervalo de aproximadamente 0,01 M a saturado (sat), aproximadamente 6,5 M a saturado, aproximadamente 7 M a saturado, aproximadamente 8 M a saturado, aproximadamente 9 M a saturado, aproximadamente 10 M a saturado, aproximadamente 11 M a saturado, aproximadamente 12 M a saturado, aproximadamente 13 M a saturado, aproximadamente 14 M a saturado, aproximadamente 15 M a saturado, aproximadamente 16 M a saturado, aproximadamente 17 M a saturado, aproximadamente 18 M a saturado, aproximadamente 19 M a saturado, aproximadamente 20 M a saturado, y aproximadamente 21 M a saturado. Otros electrolitos adecuados ejemplares solos, en combinación con una base tal como MOH (M = álcali), y en cualquier combinación son haluros alcalinos o de amonio, nitratos, percloratos, carbonatos, Na₃PO₄ o K₃PO₄ y sulfatos y NH₄X, X = haluro, nitrato, perclorato, fosfato y sulfato. El electrolito puede estar en cualquier concentración deseada. Cuando R-Ni se utiliza como el ánodo, una alta concentración local de OH⁻ pueden formar debido a la composición de base de R-Ni o la reacción de Al con agua o base. La reacción Al también puede suministrar hidrógeno en el ánodo para facilitar aún más la reacción de la ecuación (313).

[0557] Las partículas de polvo de ánodo pueden tener un recubrimiento protector para evitar la corrosión alcalina del metal que son conocidas en la técnica. Un inhibidor de corrosión de zinc y el desprendimiento de hidrógeno adecuado es un agente quelante tal como uno seleccionado del grupo de ácido aminocarboxílico, poliamina, aminoalcohol y se añadió al ánodo en cantidad suficiente para conseguir la inhibición deseada. Represión de Zn a la corrosión también se puede lograr mediante la fusión de zinc con hasta 10% Hg y disolviendo ZnO en electrolitos alcalinos o sales de Zn en los electrolitos ácidos. Otros materiales adecuados son compuestos orgánicos tales como polietilenglicol y los descritos en US 4,377,625 incorporados aquí por referencia, e inhibidores usados en baterías comerciales Zn-MnO₂ conocidas por los expertos en la materia. Inhibidores ejemplares adecuados adicionales para Zn y otros metales posiblemente son inhibidores orgánicos o inorgánicos, compuestos orgánicos, tales como tensioactivos, y compuestos que contienen plomo, antimonio, bismuto, cadmio y galio que suprimen H₂ de formación, así como óxidos metálicos correspondientes, y agentes quelantes tales como 5% de CoO + 0,1% de ácido dietilanoetraminapentaacético, 5% de SnO₂ + 0,1% de ácido dietilanoetraminapentaacético, ácido etilenediaminatetraacético (EDTA) o un agente quelante similar, ácido ascórbico, laponita u otra arcilla de transporte de hidróxido de litio, un agente tensioactivo y sulfato de indio, sulfuros alifáticos, tales como sulfuro de butilo etilo, sulfuro de dibutilo, y alilo sulfuro de metilo, agentes complejantes tales como citrato alcalino, estannato alcalino, y óxido de calcio, aleaciones metálicas y aditivos tales como metales de los grupos III y V, glicol de polietileno, etileno-polglicol tales como los de masa molecular diferente, tal como PEG200 o PEG600, fluoropolietilenoalcohol, éter con óxido de etileno, forma de ácido éster polioxietileno alquil fosfato, fosfato de alquilo polietileno, polifluoroalcohol etoxilado, y óxido de alquilo-polietileno. En realizaciones adicionales, otros metales electropositivos tales como Sc, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Ag, Cd, Hg, Ga, In, Sn y Pb o metales adecuados que tienen baja reactividad agua son Cu, Ni, Pb, Sb, Bi, Co, Cd, Ge, Au, Ir, Fe, Hg, Mo, Os, Pd, Re, Rh, Ru, Se, Ag, Tc, Te, Tl, Sn, y W están protegidos por un inhibidor de la corrosión. En una realización, el material de revestimiento de protección puede ser soportado a formar un puente de sal selectivo para OH⁻. Una célula adecuada que comprende el puente salino es un tipo de célula de combustible como se da en la descripción. El puente de sal puede ser una membrana que tiene grupos amonio cuaternario de grupos similares que proveen selectividad para OH⁻. Alternativamente, podría ser un óxido o hidróxido selectiva a OH⁻. Un separador comercial que es resistente a H₂ permeación para su uso con un ánodo de hidrógeno es Nafion 350 (DuPont).

[0558] La célula puede ser regenerada por electrólisis o por reacción con hidrógeno y por otros métodos y sistemas de procesamiento químico y separación dados en la divulgación o conocidos en la técnica. El metal oxidado tal como el óxido de metal se puede regenerar por electrólisis en una tensión más baja mediante el suministro de H₂ al ánodo donde el metal se deposita en el cátodo. Para otro ejemplo, el ánodo Zn puede ser eliminado y reemplazado con un nuevo bote con Zn regenerado químicamente. En una realización que comprende un ánodo Zn, Pb, o Sn que forma ZnO, PbO, y SnO, respectivamente, durante la descarga, el producto ZnO, PbO, y SnO puede ser tratado con carbono o CO a partir de zinc, plomo y estaño y CO₂ o se trataron con ácido sulfúrico a partir de ZnSO₄, PbSO₄, SnSO₄, que pueden ser electrolizados para formar Zn, Pb, Sn y ácido sulfúrico que puede ser reciclado. En el caso de una célula que comprende los reactivos iniciales de un ánodo de metal y el correspondiente metal oxidado tal como un óxido, oxihidróxido, e hidróxido, los productos de células se oxidan de metal en ambos electrodos. La célula puede ser regenerada por electrólisis o mediante la eliminación de los electrodos, la combinación de los reactivos de electrodos que comprende una mezcla de metal y compuesto de metal oxidado y la separación de la mezcla en metal y compuesto de metal oxidado. Un método ejemplar es calentar la mezcla tal que el metal se funde y forma una capa separable basada en la densidad. Los metales adecuados son Pb (MP = 327,5°C), Sb (MP = 630,6°C), Bi (MP = 271,4°C), Cd (MP = 321°C), Hg (MP = -39°C), Se (MP = 221°C), y Sn (MP = 232°C). En otra realización, el ánodo comprende un metal magnético tal como un metal ferromagnético tal como Co o Fe, y el cátodo comprende el óxido correspondiente, tal como CoO y NiO. Después de la descarga, el cátodo y el ánodo pueden comprender una mezcla del metal y el óxido correspondiente. El metal y el óxido de cada célula media se pueden separar magnéticamente desde el metal es ferromagnético. El metal separado puede ser devuelto al ánodo, y el óxido de metal separado puede ser devuelto al cátodo para formar una célula regenerada.

[0559] En una reacción general, OH⁻ se somete a oxidación para OH para servir como un catalizador para formar

hidrinos y pueden formar H_2O de una fuente de H tal como un hidruro (Ec. (313)) o hidróxido (Ec. (334)) en donde H_2O puede servir como el catalizador para formar hidrinos. La reacción de un hidróxido para proporcionar H puede ser una reacción de dos OH^- grupos bajo oxidación para formar un óxido metálico y H_2O . El óxido de metal puede ser un metal diferente o del mismo metal como la fuente de al menos un grupo OH^- . A medida dada por la ecuación (334) un metal M' puede reaccionar con una fuente de OH^- de MOH como M es alcalino para formar OH^- y H_2O . Considerando que, la ecuación (355) es un ejemplo de la reacción del metal M como fuente de OH^- y el metal que forma el óxido de metal. Otra forma de las reacciones de las ecuaciones (355) y (217) que implica la célula ejemplar $[Na/BASE/NaOH]$ que sigue el mismo mecanismo que el de la ecuación (334) es



En una realización de la célula de electrólisis que comprende un electrolito acuoso básico, el mecanismo de reacción para formar OH^- y hidrinos sigue a la de las Ecs. (313 a 342) y (355). Por ejemplo, el electrolito puede comprender una base alcalina (M), tales como MOH o M_2CO_3 que proporciona OH^- e iones de metal alcalino M^+ que pueden formar M_2O y OH^- como un intermedio a H_2O . Por ejemplo, una reacción en el cátodo a modo de ejemplo siguiendo la ecuación (342) es



En otra realización de la célula de electrólisis acuosa, el oxígeno del ánodo reacciona con un hidruro metálico o de metal en el cátodo para formar OH^- (Ec. (314)) que se oxida en el ánodo para formar OH^- . OH^- también puede estar formado como un compuesto intermedio en el cátodo. OH^- reacciona además para formar hidrinos. La reducción de O_2 y H_2O a OH^- en el cátodo puede ser facilitada por el uso de un carbono o cátodo de metal revestida de carbono. El carbono puede ser electrochapado de un electrolito de carbonato tal como un carbonato alcalino, tal como K_2CO_3 . La célula puede funcionar sin un recombinador externa para aumentar la concentración O_2 para aumentar la velocidad de reducción O_2 .

[0560] En otras realizaciones de célula que producen OH^- , al menos uno de H y/o formado durante al menos una de las reacciones de oxidación y reducción también puede servir como un catalizador para formar hidrinos.

[0561] En una reacción más generalizada que tiene un electrolito de ion calcogenuro de hidrógeno, la reacción de cátodo comprende una reacción que lleva a cabo al menos uno de acepta electrones y acepta H. La reacción ánodo comprende una reacción que lleva a cabo al menos uno de dona electrones, dona H, y oxida el ion calcogenuro de hidrógeno.

[0562] En otra realización, un sistema de células se muestra en la Figura 21 puede comprender un compartimiento de ánodo 600, un ánodo 603, tales como Zn, un compartimiento de cátodo 601, un cátodo 604 tal como carbono, y un separador 602 tal como una membrana de poliolefina selectivamente permeable al ion de migración tal como OH^- de un electrolito tal como MOH (6,5 M a saturado) (M = álcali). Una membrana adecuada es Celgard 3501. Los electrodos están conectados a través del conmutador 606 por una carga 605 para descargar la célula de manera que un óxido o hidróxido de producto tales como ZnO se forma en el ánodo 603. La célula que comprende electrodos 603 y 604 pueden ser recargados utilizando fuente de alimentación de electrólisis 612 que puede ser otro celular CIHT. La célula puede comprender además un electrodo auxiliar tal como un ánodo auxiliar 609 en un compartimiento auxiliar 607 se muestra en la Figura 21. Cuando la célula que comprende ánodo 603 y el cátodo 604 se descarga adecuadamente, el electrodo 603 comprende un producto oxidado tal como ZnO puede servir como el cátodo con el electrodo auxiliar 609 que sirve como ánodo para la regeneración electrólisis de ánodo 603 o para la descarga espontánea. Un electrodo adecuado en este último caso con un electrolito básico es Ni o Pt/Ti. En el último caso, los ánodos de hidruro adecuados son los utilizados en las baterías de hidruro metálico tal como hidruro de baterías de níquel-metal que son conocidos para los expertos en la técnica. Ejemplos de ánodos de electrodos auxiliar adecuados son aquellos de la divulgación, tal como un metal, tal como Sc, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Ag, Cd, Hg, Ga, In, Sn, Pb, o metales adecuados que tienen baja reactividad agua son Cu, Ni, Pb, Sb, Bi, Co, Cd, Ge, Au, Ir, Fe, Hg, Mo, Os, Pd, Re, Rh, Ru, Se, Ag, Tc, Te, Tl, Sn, o W, o estos metales como pasta con MOH saturado, un disociador e hidrógeno tales como $PtC(H_2)$, o hidruro de metal, tal como R-Ni, $LaNi_5H_6$, $La_2Co_1Ni_9H_6$, $ZrCr_2H_{3,8}$, $LaNi_{3,55}Mn_{0,4}Al_{0,3}Co_{0,75}$, $ZrMn_{0,5}Cr_{0,2}V_{0,1}Ni_{1,2}$, y otras aleaciones capaces de almacenar hidrógeno, tal como uno del tipo AB_5 ($LaCePrNdNiCoMnAl$) o AB_2 ($VTiZrNiCrCoMnAlSn$), donde la designación "ABx" se refiere a la relación de elementos de tipo A ($LaCePrNd$ o $TiZr$) a la de los elementos de tipo B ($VNiCrCoMnAlSn$). En otras realizaciones, el ánodo hidruro comprende al menos uno de los de tipo AB_5 : $MmNi_{3,2}Co_{1,0}Mn_{0,6}Al_{0,11}Mes_{0,09}$ (Mm = metal misch: 25% en peso de La, 50% en peso de Ce, 7% en peso de Pr, 18% en peso de Nd), de tipo AB_2 : $Ti_{0,5}Zr_{0,49}V_{0,70}Ni_{1,18}Cr_{0,12}$ aleaciones, aleaciones a base de magnesio tales como $Mg_{1,9}Al_{0,1}Ni_{0,8}Co_{0,1}Mn_{0,1}$ aleación, $Mg_{0,72}Sc_{0,28}(Pd_{0,012}) + Rh_{0,12}$, y $Mg_{80}Ti_{20}$, $Mg_{80}V_{20}$, $La_{0,8}Nd_{0,2}Ni_{2,4}CO_{2,5}Si_{0,1}$, $LaNi_{5-x}Mx$ (M = Mn, Al), (M = Al, Si, Cu), (M = Sn), (M = Al, Mn, Cu) y $LaNi_4Co$, $MmNi_{3,55}Mn_{0,44}Al_{0,3}Co_{0,75}$, $LaNi_{3,5}MgCu_2$, $MgZn_2$, $MgNi_2$, compuestos AB tales como compuestos $TiFe$, $TiCo$, y $TiNi$, AB_n (n = 5, 2, o 1), compuestos AB_{3-4} , y AB_x (A = La, Ce, Mn, Mg; B = Ni, Mn, Co, Al). La célula que comprende el ánodo 609 y el cátodo 603 puede ser descargada a través de la carga 613 cuando el interruptor 611 está cerrado y se abre el interruptor 606. La célula que comprende electrodos 603 y 609 puede ser recargada utilizando la fuente de alimentación 610 que puede ser otro celular CIHT. Alternativamente, después de cerrar el conmutador 614 y el interruptor de apertura 611, la recarga de la célula descargada que comprende electrodos 604 y 609 pueden

producirse usando la fuente de energía 616 que puede ser otra célula CIHT. Además, el ánodo auxiliar 609 un hidruro tal como el R-Ni, LaNi_5H_6 , La_2Co de Ni_9H_6 , $\text{ZrCr}_2\text{H}_{3,8}$, $\text{LaNi}_{3,55}\text{Mn}_{0,4}\text{Al}_{0,3}\text{Co}_{0,75}$ o $\text{ZrMn}_{0,5}\text{Cr}_{0,2}\text{V}_{0,1}\text{Ni}_{1,2}$ puede ser recargada electrolíticamente o regenerada mediante la adición de hidrógeno in situ o por eliminación, hidrogenación, y sustitución. ánodos ejemplares adecuados que forman óxidos o hidróxidos durante la descarga que tienen reacciones de regeneración termodinámicamente favorables de H_2 de reducción del metal son Cu, Ni, Pb, Sb, Bi, Co, Cd, Ge, Au, Ir, Fe, Hg, Mo, Os, Pd, Re, Rh, Ru, Se, Ag, Tc, Te, Tl, Sn, y W. Estos y otros tales electrodos pueden funcionar con H_2 en el medio de las células a lote o continuamente regenerar el electrodo. Los electrodos pueden ser reciclados alternativamente. Por ejemplo, el ánodo de hidruro de metal descargado tal como LaNi_5 de LaNi_5H_6 se puede utilizar como el cátodo en otra célula acuosa en donde la reducción de agua o H^+ a hidrógeno en el cátodo rehidrará la LaNi_5 a LaNi_5H_6 que a su vez puede servir como un ánodo. La fuente de energía que acciona los ciclos de descarga y recarga es la formación de hidrinos de hidrógeno. Otros ánodos, cátodos, electrodos auxiliares, electrolitos y disolventes de la descripción pueden ser intercambiados por un experto en la técnica para comprender otras células capaces de causar la regeneración de al menos un electrodo tal como el ánodo inicial.

[0563] En otras realizaciones, al menos uno del ánodo 603 y el cátodo 604 puede comprender una pluralidad de electrodos en donde cada uno comprende además un conmutador para conectar eléctricamente o desconectar cada uno de la pluralidad de electrodos hacia o desde el circuito. Entonces, un cátodo o ánodo pueden estar conectados durante la descarga, y otro pueden estar conectados durante la recarga por electrólisis, por ejemplo. En una realización ejemplar que tiene un electrolito básico tal como MOH (M = álcali) tal como KOH (aq saturado), el ánodo comprende un metal tal como metales adecuados que tienen baja reactividad al agua son Cu, Ni, Pb, Sb, Bi, Co, Cd, Ge, Au, Ir, Fe, Hg, Mo, Os, Pd, Re, Rh, Ru, Se, Ag, Tc, Te, Tl, Sn, W, o Zn o un hidruro tal como R-Ni o LaNi_5H_6 y el cátodo comprende una pluralidad de al menos dos electrodos, tal como un electrodo de carbono que está conectado al circuito durante la descarga y el níquel que está conectado durante la recarga. En otra realización, el electrolito se puede cambiar en al menos una de las células un medio antes de la electrólisis. Por ejemplo, MOH saturada puede diluirse para permitir H_2 evolución en el cátodo de la electrólisis y luego se concentró de nuevo para la descarga. En otra realización, al menos una parte del disolvente y el soluto se puede cambiar para permitir que los reactivos celulares para ser regenerado. La tensión de la electrólisis de los productos de células puede exceder la del disolvente; entonces el cambio de disolvente se selecciona para permitir la regeneración de los reactivos por electrólisis. En una realización, el ánodo tal como metal o hidruro puede ser retirado de una primera célula que comprende el ánodo y un siguiente descarga de cátodo y se regenera por electrólisis en una segunda célula que tiene un contraelectrodo y volvió a la primera célula como el ánodo regenerado. En una realización, la célula CIHT que comprende un ánodo de hidruro comprende además un sistema de electrólisis que intermitentemente cargas y descargas de la célula de tal forma que hay una ganancia en el balance de energía neta, $5\text{H}_6/\text{KOH}$ (ac sat)/SC] electrólisis pulsado con descarga constante y corriente de carga en donde el tiempo de descarga es de aproximadamente 1,1 a 100 veces el tiempo de carga y las corrientes de descarga y de carga puede ser el mismo dentro de un factor de aproximadamente 10. En una forma de realización, las células se cargan y descargan de manera intermitente. En realizaciones ejemplares, las células tienen ánodos de metal o hidruro de metal (MH) ánodos tales como $[\text{Co}/\text{KOH}$ (ac sat)/SC], $[\text{Zn}/\text{KOH}$ (ac sat)/SC], $[\text{Sn}/\text{KOH}$ (ac sat)/SC] y $[\text{MH}/\text{KOH}$ (ac sat)/SC] en donde MH puede ser LaNi_5H_x , $\text{TiMn}_2\text{H}_x\text{O}$ $\text{La}_2\text{Ni}_9\text{CoH}_x$. Las células CIHT intermitentemente cargadas y descargadas también pueden comprender un electrolito fundido, tal como al menos un hidróxido y un haluro u otra sal y pueden comprender además una fuente de H en el ánodo, tal como un hidruro de MH o H_2O que puede ser en el electrolito. células ejemplares adecuados son $[\text{MH}/\text{M}'(\text{OH})_n\text{M}''\text{X}_m/\text{M}''']$ y $[\text{M}/\text{M}'(\text{OH})_n\text{M}''\text{X}_m(\text{H}_2\text{O})/\text{M}''']$ en donde n, m son números enteros, M, M', M'' y M''' pueden ser metales, metales adecuados M pueden ser Ni, M' y M'' pueden ser metales alcalinos y alcalinotérreos, y aniones adecuados X pueden ser hidróxido, haluro, sulfato, nitrato, carbonato y fosfato. En una realización ejemplar, la célula CIHT se carga a corriente constante, tal como 1 mA durante 2 s, después se descarga tal como a corriente constante de 1 mA durante 20 s. Las corrientes y tiempos se pueden ajustar para cualesquiera valores deseables para lograr la máxima ganancia de energía.

[0564] En una realización, el ánodo comprende un metal que forma un óxido o un hidróxido que puede ser reducido por hidrógeno. El hidrógeno puede estar formado en el cátodo mediante una reacción tal como la reacción de agua, tal como la dada por la ecuación (315). El óxido o hidróxido pueden reducirse también por hidrógeno añadido. En una realización, un óxido o hidróxido se forma en el ánodo en donde el agua es la fuente de hidróxido, y el hidrógeno reduce el hidróxido u óxido de la que el agua es al menos parcialmente el hidrógeno fuente. Hidrinos se forman durante la reacción dinámica que implica la oxidación de OH^- o el metal del ánodo, la reducción de agua a gas hidrógeno, y el hidrógeno de la reacción con el óxido o hidróxido de ánodo para regenerar el metal del ánodo. Entonces, el ánodo puede comprender un metal cuyo óxido o hidróxido puede ser reducido por hidrógeno tal como uno del grupo de metales de transición, Ag, Cd, Hg, Ga, In, Sn y Pb o metales adecuados que tienen baja reactividad agua del grupo de Cu, Ni, Pb, Sb, Bi, Co, Cd, Ge, Au, Ir, Fe, Hg, Mo, Os, Pd, Re, Rh, Ru, Se, Ag, Tc, Te, Tl, Sn y W. En una realización, el Zn metal de transición también puede servir como un catalizador de acuerdo con las reacciones dan en la Tabla 1.

[0565] La célula puede ser regenerada por electrólisis del agua con complemento de nuevo para cualquier hidrógeno consumido en la formación de hidrinos o perdido de la célula. En una realización, la electrólisis es pulsado de tal manera que un hidruro tal como hidruro metálico tal como hidruro de níquel se forma durante la electrólisis que produce una tensión en la dirección inversa de la tensión de electrólisis y electroliza agua durante el intervalo de tiempo del ciclo de trabajo que tiene una ausencia de la tensión aplicada. Los paráms de electrólisis tales como tensión de pico, corriente y potencia, el voltaje offset, corriente y potencia, y ciclo de trabajo, y la frecuencia están optimizados para aumentar la ganancia de energía. En una realización, la célula genera electricidad y gas hidrógeno (Ec. (315)) que

puede ser recogida como un producto. Alternativamente, el gas de hidrógeno se puede reciclar a hidruro de la R-Ni para continuar la descarga de la pila con la producción de electricidad en donde la formación de hidrinos proporciona una contribución a al menos una de la tensión de célula, corriente, potencia, y energía. La célula también puede ser recargada por una fuente externa de electricidad que puede ser otro celular CIHT para causar la generación de hidrógeno para reemplazar cualquier consume en la formación de hidrinos o se pierde de la célula. En una realización, el material de hidruro puede ser rehidratar por H₂ Además in situ o en un recipiente separado después de la extracción del compartimiento de ánodo. En el primer caso, el ánodo puede ser sellado y presurizado con hidrógeno. Alternativamente, la célula se puede presurizar con hidrógeno en donde el hidrógeno es absorbido o retenido por el reactivo de ánodo preferentemente. En una realización, la célula puede ser presurizado con H₂ durante la operación.

[0566] En otra realización de una célula que comprende un hidruro tal como un hidruro reactivo de células medias de metal y los otros reactivos de células medias que comprenden un oxihidróxido, el electrolito puede ser un conductor de hidruro tal como una sal eutéctica fundida. Una célula ejemplar es [R-Ni/LiCl KCl 0,02% en peso LiH/COOOH].

[0567] Además de hidruro metálico tal como R-Ni, el ánodo puede comprender antraquinona, polipirrol, o litio especialmente pasivado. En una realización ejemplar, el ánodo puede comprender antraquinona (AQ) mezclado con carbono hidrogenado en donde la reacción del ánodo crea átomos de H que reaccionan a partir de hidrinos. La célula puede comprender, además, hidróxido de nickeloxi como cátodo con antrahidroquinona (AQH₂) como el ánodo en donde el electrolito puede ser básico. Una reacción celular reversible ejemplar es



Una célula ejemplar es [AQH₂/separador de KOH/NiOOH]. En formas de realización, el hidróxido de níquel-oxi puede ser reemplazado por otro óxido o de oxihidróxido como el plomo o manganeso óxidos tales como PbO₂ o MnO₂.

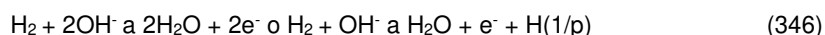
[0568] En otras realizaciones acuosas de electrolitos, OH⁻ es un reactivo de la célula media. OH⁻ puede estar oxidado a H₂O con un ion de metal reducido en el cátodo. Un compuesto organometálico puede contener el ion metálico. Compuestos organometálicos adecuados son compuestos de metales de transición aromáticos tales como compuestos que comprenden ferroceno (Fe(C₅H₅)₂), niqueloceno, y cobaltoceno. Otros compuestos organometálicos que pueden sufrir una reacción de oxidación-reducción conocidos por los expertos en la técnica pueden ser sustituidos por estos ejemplos y sus derivados. La forma oxidante de ferroceno es ferrocenio ([Fe(C₅H₅)₂]⁺). El compuesto organometálico puede comprender hidróxido de ferrocenio o haluro, tal como cloruro de que se reduce a ferroceno. El ferrocenio puede comprender un polímero de tendido eléctrico tal como polivinilferrocenium. El polímero puede estar unido a un electrodo conductor tal como Pt o de otro metal, tal como figura en la descripción. Una reacción de ánodo de ejemplo de la hidruro metálico R-Ni está dado por la Ec. (311). Una reacción cátodo ejemplar es



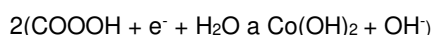
Las vacantes o adiciones de H formadas durante el funcionamiento celular, tales como secreción causan reacciones de hidrino para liberar energía eléctrica, además de cualquier de las reacciones no basadas en hidrino. El electrolito puede comprender un hidróxido alcalino acuoso. Una célula ejemplar es [R-Ni/poliolefina KOH(aq), NaOH(aq), o LiOH(aq)/polivinilferrocenio (OH)]. Otros disolventes polares o mezclas de la presente descripción se pueden utilizar, así como una solución acuosa.

[0569] En una realización, la fuente de H comprende hidrógeno. El hidrógeno atómico se puede formar en un disociador tales como y Pd/C, Pt/C, Ir/C, Rh/C, o Ru/C. La fuente de hidrógeno puede ser también una membrana permeable de hidrógeno y gas H₂, tal como Ti(H₂), Aleación Pd-Ag (H₂), V(H₂), Ta(H₂), Ni(H₂), o Nb(H₂). La célula puede comprender una membrana de intercambio aniónico acuoso tal como un hidróxido de membrana conductora de iones, tales como uno con grupos hidróxido de amonio cuaternario de alquilo y una solución acuosa básica. La célula puede comprender un puente de membrana o sal que es idealmente impermeable para H₂. El puente de membrana o sal puede ser selectivo para OH⁻ transporte. El electrolito básico puede ser solución acuosa de hidróxido tal como hidróxido alcalino acuoso, tal como KOH o NaOH. El ánodo puede ser un oxihidróxido tal como AlO(OH), ScO(OH), YO(OH), VO(OH), CrO(OH), MnO(OH) (α-MnO(OH) groutita y γ-MnO(OH) manganita), FeO(OH), CoO(OH), NiO(OH), RhO(OH), GaO(OH), InO(OH), Ni_{1/2}Co_{1/2}O(OH), y Ni_{1/3}Co_{1/3}Mn_{1/3}O(OH), o puede ser un conductor de área de alta superficie tal como carbono tales como CB, Pt/C o Pd/C, un carburo tal como TiC, o un boruro tal como TiB₂. En solución básica, las reacciones son

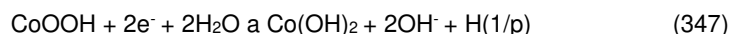
Ánodo



Cátodo



o



Células ejemplares son [R-Ni, H₂ y Pd/C, Pt/C, Ir/C, Rh/C, o Ru/C o hidruro de metal tal como un metal de transición, metal de transición interna, hidruro de tierra rara, o aleación tal como uno de los tipos AB₅ o AB₂ de baterías alcalinas/MOH (M es un metal alcalino) tal como KOH (aproximadamente 6M a saturado) en donde la base puede servir como un catalizador o fuente de catalizador, tal como K o 2K⁺, u otra base, tal como conductor NH₄OH, OH⁻ tal como un electrolito acuoso básico, separador tal como uno con grupos cuaternarios hidróxido de amonio alquilo y solución acuosa básica, líquido iónico, o conductor OH⁻ sólida/MO (OH) (M = metal tal como Co, Ni, Fe, Mn, Al), tal como AlO(OH), ScO(OH), YO(OH), VO(OH), CrO(OH), MnO(OH) (α -MnO(OH) groutita y γ -MnO(OH) manganita), FeO(OH), CoO(OH), NiO(OH), RhO(OH), GaO(OH), InO(OH), Ni_{1/2}Co_{1/2}O(OH), y Ni_{1/3}Co_{1/3}Mn_{1/3}O(OH), u otro H intercalan calcogenuro, o HY]. En otra realización, Mg tal como Mg²⁺ puede servir como catalizador. Células ejemplares son [1% en peso de Mg(OH)₂ mezclado con R-Ni/KOH (aq saturado)/CB] y [R-Ni/Mg(OH)₂ corona éter/CB]. En otras realizaciones, el electrolito puede ser un líquido iónico o sal en un disolvente orgánico. La célula puede ser regenerada por la carga o por tratamiento químico.

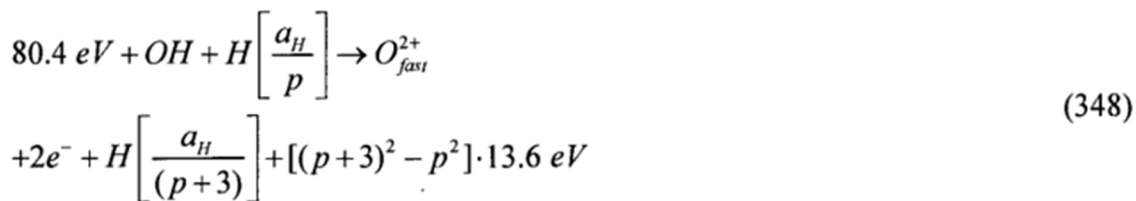
[0570] En una realización del sistema de célula de combustible que haya suministrado H₂, el H₂ se hace reaccionar selectivamente o preferencialmente en el ánodo. La velocidad de reacción de H₂ en el ánodo es mucho mayor que en el cátodo. La restricción H₂ a la célula media de ánodo o el uso de un material que favorece la reacción en el ánodo sobre el cátodo comprende dos métodos para lograr la selectividad. La célula puede comprender un puente de membrana o sal que es idealmente impermeable para H₂. El puente de membrana o sal puede ser selectivo para el transporte OH⁻.

[0571] En una realización en oxígeno o un compuesto que comprende oxígeno participa en la reacción de oxidación o reducción, O₂ puede servir como un catalizador o una fuente de un catalizador. La energía de unión de la molécula de oxígeno es 5,165 eV, y las energías de ionización primera, segunda y tercera de un átomo de oxígeno son 13,61806 eV, 35,11730 eV, y 54,9355 eV, respectivamente. Las reacciones de O₂ → O + O₂⁺, O₂ → O + O₃⁺ y 2O → 2O⁺ proporcionar una entalpía neta de aproximadamente 2, 4, y 1 veces E_h, respectivamente, y comprenden reacciones de catalizadores a partir de hidrino mediante la aceptación de estas energías de H para causar la formación de hidrinos. En una realización, OH puede servir como un catalizador de hidrógeno de tipo MH para producir hidrinos proporcionados por la rotura del enlace OH además de la ionización de 2 o 3 electrones del átomo de O cada uno a un nivel de energía continuo de tal manera que la suma de la energía de unión y las energías de ionización de los 2 o 3 electrones es de aproximadamente $m \cdot 27,2$ eV donde M es 2 o 4, respectivamente, como se dan en la Tabla 3. OH puede estar formado por la reacción de OH⁻ en el ánodo como se da por ejemplo de las Ecs. (311), (313), y (346) o en el cátodo por la reducción de H₂O como se da por ejemplo de las Ecs. (315) y (347). El gran pico 1,2 ppm a partir del análisis del producto de reacción de las células, tal como [R-Ni/KOH (saturado)/COOOH CB] y [R-Ni/KOH (saturado)/PdC] es coherente con $m = 3$ en la Ec. (5) para el catalizador OH con un 27,2 eV adicional de la energía de desintegración de la H₂(1/4) acorde con intermedio del 108,8 eV de catalizador OH. El aumento de la intensidad del producto de ánodo R-Ni soporta el mecanismo de OH como el catalizador formado por la oxidación de OH⁻.

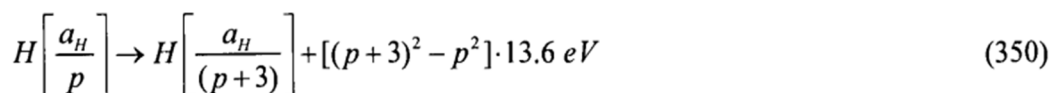
[0572] Alternativamente, OH puede servir como catalizador para provocar una transición al estado H(1/3) como se dan en la Tabla 3 que las transiciones rápidamente al estado H(1/4) por catálisis con H como dado por la ecuación (10). La presencia de un pico pequeño H₂(1/3) RMN a 1,6 ppm y el gran pico H₂(1/4) RMN a 1,25 ppm apoya este mecanismo.

[0573] En una realización, el sobre potencial de al menos un electrodo puede causar un partido mejor la energía del catalizador para eV $m \cdot 27,2$ ($m =$ número entero). Por ejemplo, como se muestra en la Tabla 3A, OH puede ser un catalizador en donde $M = 2$ en la ecuación (47). El sobrepotencial del cátodo para al menos uno de O₂ y la reducción de agua y al menos uno del sobrepotencial del metal, hidróxido de metal, oxihidróxido de metal, hidruro de metal, o el H₂ electrodo para aceptar un electrón, la liberación de H, y oxidar OH⁻ a OH (Ecs. (313-347)) provoca una coincidencia más exacta a $m \cdot 27,2$ eV tales como 54,4 eV. Un material de cátodo adecuado es de carbono que tiene un sobrepotencial >0,6 V en 10A/m² y aumenta con la densidad de corriente. La densidad de corriente se puede ajustar mediante el control de la carga para optimizar la contribución de la producción hidrino a la potencia celular. El sobrepotencial también se puede ajustar mediante la modificación de la superficie del electrodo como el cátodo. El sobrepotencial de carbono se puede aumentar mediante oxidación parcial o activación mediante métodos tales como tratamiento con vapor.

[0574] Además, el oxígeno atómico es un átomo especial con dos electrones desapareados en el mismo radio igual al radio de Bohr del hidrógeno atómico. Cuando H atómica sirve como catalizador, 27,2 eV de energía se acepta de manera que la energía cinética de cada H ionizado que sirve como un catalizador para la otra es de 13,6 eV. Del mismo modo, cada uno de los dos electrones de O puede ionizarse con 13,6 eV de energía cinética transferida al ion O de tal manera que la entalpía neta para la rotura del enlace OH de OH con la ionización posterior de los dos electrones desapareados exterior es 80,4 eV como se da en la Tabla 3. Durante la ionización de OH⁻ a OH, la coincidencia de energía para la reacción adicional para H(1/4) y O₂⁺ + 2e⁻ puede ocurrir en donde el 204 eV de energía liberada contribuye a la energía eléctrica de la célula CIHT. La reacción se da como sigue:

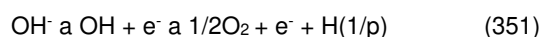


Y, la reacción global es



donde $m = 3$ en la Ec. (5). La energía cinética también podría ser conservada en electrones calientes. La observación de inversión de población H en plasmas de vapor de agua es una prueba de este mecanismo.

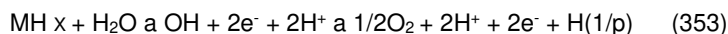
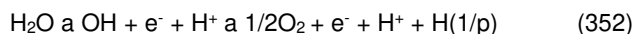
[0575] En el caso de que OH^- se oxida para formar OH que reacciona adicionalmente para formar hidrino, la concentración de OH^- puede ser alto para aumentar la velocidad de reacción para formar OH y por lo tanto hidrino como se da mediante la siguiente reacción:



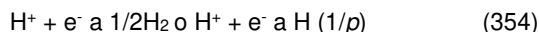
La concentración de OH^- correspondiente a la de electrolito tal como MOH (M = álcali) tal como KOH o NaOH puede ser cualquier concentración deseada, pero preferiblemente es alta, tal como 1 M a saturado. Una célula ejemplar es [R-Ni/MOH (acuoso saturado)/CB].

[0576] En otra realización, el pH puede ser inferior, tal como neutro a ácido. En el caso de que H_2O se oxida para formar OH que reacciona adicionalmente para formar hidrino, la concentración del electrolito puede ser alta para aumentar la actividad y la conductividad para aumentar la velocidad de reacción para formar OH y por lo tanto hidrino como dado por la siguiente reacción:

ánodo



cátodo



La presencia de un hidruro de reactivo de ánodo tal como MH_x (M es un elemento distinto de H, tal como un metal) favorece la formación de OH sobre la evolución de O_2 por la reacción competitiva dada por la ecuación (353). La reacción para formar hidrinos puede estar limitada por la disponibilidad de H desde el hidruro; por lo tanto, las condiciones para aumentar la concentración de H puede ser optimizado. Por ejemplo, la temperatura se puede aumentar o H_2 puede ser suministrado al hidruro para reponer cualquier consumido. El separador puede ser de teflón en las células con una temperatura elevada. El electrolito puede ser una sal distinta de una base, tal como al menos uno del grupo de MNO_3 , MNO , MNO_2 , MX (X = haluro), NH_3 , M_2S , MHS , M_2CO_3 , $MHCO_3$, M_2SO_4 , $MHSO_4$, M_3PO_4 , M_2HPO_4 , MH_2PO_4 , M_2MugiR^4 , $MNbO_3$, $M_2segunC_4O_7$ (Tetraborato M), MBO_2 , M_2WO_4 , M_2CrO_4 , $M_2Cr_2O_7$, M_2TiO_3 , $MZrO_3$, $MaIO_2$, $MCoO_2$, $MGaO_2$, M_2GeO_3 , MMn_2O_4 , M_4SiO_4 , M_2SiO_3 , $MTaO_3$, MVO_3 , MIO_3 , $MFeO_2$, MIO_4 , $MClO_4$, $MSCON$, $MTiON$, $MVON$, $MCrON$, MCR_2ON , MMn_2ON , $MFeON$, $MCoON$, $MNiON$, MNi_2ON , $MCuON$, $MZnON$, (M es alcalino o amonio y $n = 1, 2, 3$, o 4), y una sal básica orgánica tal como acetato de M o carboxilato M en donde M es un metal alcalino o amonio. Una célula ejemplar es [R-Ni/ m^2SO_4 (Aq saturado)/CB]. El electrolito también puede comprender estos y otros aniones con cualquier catión que es soluble en el disolvente, tal como alcalinotérreo, metal de transición, metal de transición interna, tierras raras, y otros cationes de los Grupos III, IV, V, y VI, tales como

Al, Ga, In, Sn, Pb, Bi y Te. células ejemplares son [R-Ni/MgSO₄ o Ca (NO₃)₂ (Aq saturado)/carbón activado (aq)]. La concentración de electrolito puede ser cualquier concentración deseada, pero preferiblemente es alta tal como 0,1 M a saturada.

[0577] En una realización, el ánodo o cátodo puede comprender un aditivo tal como un soporte tal como un carburo tal como TiC o TaC o carbono tal como Pt/C o CB, o un compuesto inorgánico o adquiridor como LAN o KI. Células ejemplares son [Zn LAN/KOH (ac sat)/SC], [Sn TaC/KOH (ac sat)/SC], [Sn KI/KOH (ac sat)/SC], [Pb CB/KOH (ac sat)/SC], [W CB/KOH (ac sat)/SC]. En otra realización, el electrolito puede comprender una mezcla de bases tal como hidróxido de amonio saturado a Hecho saturada en KOH. células ejemplares son [Zn/KOH (ac sat) NH₄OH (ac sat)/SC] y [Co/KOH (ac sat) NH₄OH (ac sat)/SC].

[0578] En una realización, al menos una de las reacciones de célula media de cátodo y ánodo forman al menos una de OH y H₂O que sirve como un catalizador para formar hidrinos. OH puede estar formada por la oxidación de OH⁻ o OH puede estar formada por la oxidación de un precursor tal como una fuente de al menos uno de OH, H y O. En los dos últimos casos, el H reacciona con una fuente de O para formar OH y/o reacciona con una fuente de H para formar OH, respectivamente. El precursor puede ser una especie negativa o neutral o compuesto. Las especies negativas

pueden ser un ion que comprende OH, OH⁻, o un resto que comprende OH o OH⁻ tal como $Al(OH)_4^-$ que comprende OH⁻, o un ion superóxido o peróxido (HO_2^-) que comprende OH. Las especies negativas pueden ser un ion que

comprende H, H⁻, o un resto que comprende H o H⁻ tal como AlH_4^- el que comprende H⁻, O un ión peróxido que comprende H. El H producto de la oxidación de las especies negativas luego reacciona con una fuente de O para formar OH. En una realización, OH puede estar formado por una reacción de H o fuente de H con un óxido o de oxihidróxido de que pueden formar OH⁻ como un intermedio para la formación de OH. Las especies negativas pueden ser un ion que comprende un elemento o elementos distintos de H tal como O, O⁻, O₂⁻, O_2^- , O_2^{2-} , o un resto que

comprende O, O⁻, O₂⁻, O_2^- , o O_2^{2-} tal como óxido de metal, tal como CoO_2^- o NiO_2^- que comprende un ion de óxido, o un ión peróxido que comprende O. El producto O de la oxidación de las especies negativas luego reacciona con una fuente de H para formar OH. Las especies neutras o compuesto pueden comprender OH, OH⁻, O un resto que comprende OH o OH⁻ un hidróxido tal o oxihidróxido tal como NaOH, KOH, Co(OH)₂ o CoOOH que comprende OH⁻ o H₂O, un alcohol, o peróxido que comprende OH. Las especies neutras o compuesto pueden comprender H, H⁻, o un resto que comprende H o H⁻ tal como un hidruro de metal que comprende H-O H₂O, un alcohol, o peróxido que comprende H. El producto de oxidación H reacciona entonces con una fuente de O para formar OH. Las especies

neutras o compuesto pueden comprender un elemento o elementos distintos de H, tales como O, O⁻, O₂⁻, O_2^- , O_2^{2-} , o un resto que comprende O, O⁻, O₂⁻, O_2^- , o O_2^{2-} tal como óxido de metal, hidróxido, oxihidróxido o que comprende un ion óxido o una fuente del mismo, o H₂O, un alcohol, o peróxido que comprende O. El producto O de oxidación reacciona entonces con una fuente de H para formar OH.

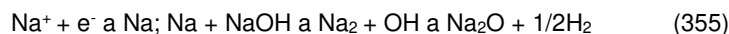
[0579] OH puede estar formado por la reducción de OH⁺ o OH puede estar formado por la reducción de un precursor tal como una fuente de al menos uno de OH, H y O. En los dos últimos casos, el H reacciona con una fuente de O para formar OH y/o reacciona con una fuente de H para formar OH, respectivamente. El precursor puede ser una especie positiva o neutra o compuesto. Las especies positivas pueden ser un ion que comprende OH o un resto que

comprende OH, tales como $Al(OH)_2^+$ que comprende OH⁺, O un ión peróxido que comprende OH. Las especies positivas pueden ser un ion que comprende H, H⁺, O un resto que comprende H o H⁺ tal como H₃O⁺ que comprende H⁺, O un ión peróxido que comprende H. El producto H de la reducción de las especies positivas luego reacciona con una fuente de O para formar OH. Las especies positivas pueden ser un ion que comprende un elemento o elementos

distintos de H tal como O, O⁻, O₂⁻, O_2^- , O_2^{2-} , o un resto que comprende O, O⁻, O₂⁻, O_2^- , o O_2^{2-} tal como óxido de metal, tal como AlO⁺ que comprende un ion de óxido, o un ión peróxido que comprende O. El producto O de la reducción de las especies positivas luego reacciona con una fuente de H para formar OH. Las especies neutras o compuesto pueden comprender OH o un resto que comprende OH tal como H₂O, un alcohol, o peróxido. Las especies neutras o compuesto pueden comprender H, H⁻, o un resto que comprende H o H⁺ tal como una sal ácida o ácido tal como MHSO₄, MH₂PO₄, M₂HPO₄ (M = álcali) y HX (X = haluro), respectivamente, que comprende H⁺ o H₂O, un alcohol, o peróxido que comprende H. El producto H de la reducción reacciona entonces con una fuente de O para formar OH. Las especies neutras o compuesto pueden comprender un elemento o elementos distintos de H tal como O o un resto que comprende O tal como H₂O, un alcohol, o peróxido. El producto O de la reducción a continuación reacciona con una fuente de H para formar OH.

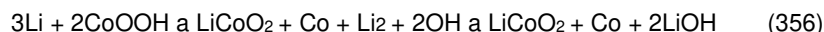
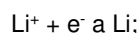
[0580] OH puede estar formado como un producto intermedio o por una reacción química concertada o secundaria que implica la oxidación o reducción de un compuesto o especie. Lo mismo se aplica para catalizador H₂O. Los reactivos pueden comprender OH o una fuente de OH tal como al menos uno de OH⁻, O y H. Las fuentes adecuadas

de OH formado como producto intermedio en la formación o el consumo de OH⁻ son óxidos metálicos, hidróxidos metálicos, o oxihidróxidos tales como CoOOH. Reacciones ejemplares se dan en la descripción en donde OH forma transitoriamente durante una reacción que implica OH⁻, y algunos de los OH reacciona para formar hidrinos. Ejemplos de OH formados por una reacción secundaria implican un hidróxido o oxihidróxido tal como NaOH, KOH, Co(OH)₂ o CoOOH que comprenden OH⁻. Por ejemplo, Na puede formar por la reducción de Na⁺ en una célula tal como [Na/BASE/NaOH] en donde la reacción con NaOH puede formar OH como un intermedio transitorio como sigue:

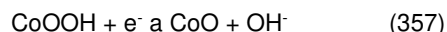


En una realización, tal como [Na/BASE/NaOH], la tasa de transporte de Na⁺ se maximiza por medios tales como la disminución de la resistencia de base mediante la elevación de la temperatura o la disminución de su espesor con el fin de aumentar la tasa de al menos una de Na₂ y la formación de H. En consecuencia, se producen los índices de OH y a continuación, la formación hidrino.

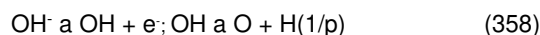
[0581] De manera similar, Li pueden formar por la reducción de Li⁺ en una célula tal como [Li/Celgard LP 30/CoOOH] en donde la reacción con CoOOH puede formar OH como un intermedio transitorio de la siguiente manera:



Alternativamente, en la célula de electrolito orgánico [Li/Celgard LP 30/COOOH], el H₂(1/4) pico RMN a 1,22 ppm es predominantemente en el ánodo. El mecanismo puede ser OH⁻ migración al ánodo en donde se oxida a OH que sirve como reactivo para formar hidrino. Reacciones ejemplares son



Ánodo



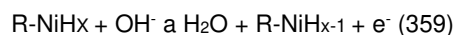
La O puede reaccionar con Li para formar Li₂O. El oxihidróxido y electrolitos se pueden seleccionar para favorecer OH⁻ como el ion de migración. En una realización, el electrolito que facilita la migración de OH⁻ es un electrolito iónico tal como una sal fundida, tal como una mezcla eutéctica de haluros alcalinos, tales como LiCl-KCl. El ánodo puede ser un reactivo con OH⁻ o OH tal como un metal o hidruro, y el cátodo puede ser una fuente de OH⁻ tal como un oxihidróxido o hidróxido tales como los que figuran en la descripción. Células ejemplares son [Li/LiCl-KCl/CoOOH, MnOOH, Co(OH)₂, Mg(OH)₂].

[0582] En una realización, al menos uno de O₂, 2O, OH, y H₂O sirve como un catalizador para formar hidrinos en al menos una de las reacciones de los combustibles sólidos y las células CIHT. En una realización, OH puede estar formado por la reacción de una fuente de oxígeno tal como P₂O₅, SO₂, KNO₃, KMnO₄, CO₂, O₂, NO, N₂O, NO₂, O₂ y H₂O, y una fuente de H tal como MH (M = álcali), H₂O, o gas H₂ y un disociador.

[0583] La célula puede ser regenerada por electrólisis o por adición de H₂. La electrólisis puede pulsarse en condiciones dadas en la descripción. Una célula CIHT puede proporcionar la energía de la electrólisis de otros, como sus ciclos de carga-recarga de un proceso cíclico paulatinamente emiten energía eléctrica neta más allá de la de la recarga. La célula puede ser un tipo mecedora con H transportado hacia atrás y adelante entre el ánodo y el cátodo. El ion de migración que comprende H puede ser OH⁻ o H⁺ en formas de realización. Considere una célula que tiene una fuente de H en el ánodo y un sumidero de H en el cátodo tales como [R-Ni/KOH (ac sat)/AC]. de descarga ejemplar y la recarga de las reacciones se dan por

Descarga

Ánodo:

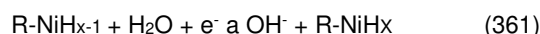


Cátodo

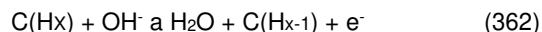


Recarga de electrólisis

Cátodo:



Ánodo



en donde al menos uno H o OH producido durante estas reacciones (Ecs. (359-360)) sirve como catalizador para formar hidrinos. La célula puede funcionar para consumir agua para reemplazar el hidrógeno que se formó hidrinos. El oxígeno puede ser adquirido selectivamente por un reactivo selectivo para oxígeno o eliminado. Alternativamente, el hidrógeno se puede añadir de nuevo a la célula. La célula puede ser sellada para contener de otro modo el equilibrio de H inventario entre los electrodos. Al menos un electrodo puede ser rehidratar continua o intermitentemente durante el funcionamiento de la célula. El hidrógeno puede ser suministrado por una línea de gas que fluye H_2 en un electrodo. La célula puede comprender otra línea para eliminar H_2 para mantener un flujo a través de al menos un electrodo. El rehidridar por al menos uno del inventario de hidrógeno interno, el hidrógeno generado internamente por electrólisis, y se suministra externamente hidrógeno, puede ser mediante la reacción directa de hidrógeno con el cátodo o ánodo o reactivos. En una realización, el reactivo de ánodo tal como un hidruro comprende además un agente para llevar a cabo al menos uno de aumentar la cantidad de y la tasa de H_2 absorción por el reactivo de ánodo, tal como un hidruro tal como R-Ni, $LaNi_5H_6$, $La_2Co_1Ni_9H_6$, $ZrCr_2H_{3,8}$, $LaNi_{3,55}Mn_{0,4}Al_{0,3}Co_{0,75}$ o $ZrMn_{0,5}Cr_{0,2}V_{0,1}Ni_{1,2}$. El agente puede ser un catalizador de desbordamiento de hidrógeno. Los agentes adecuados son CB, PtC, PdC, y otros disociadores de hidrógeno y disociadores de hidrógeno sobre materiales de soporte. La presión de hidrógeno puede estar en el intervalo de aproximadamente 0,01 a 1000 atm. Un intervalo adecuado para rehidridar $LaNi_5$ es aproximadamente de 1 a 3 atm.

[0584] El ion de migración puede ser OH^- en donde el ánodo comprende una fuente de H tal un calcogenuro en capas de H intercalado tal como un oxihidróxido como $CoOOH$, $NiOOH$, HtS_2 , $HZrS_2$, $HHfS_2$, $HTaS_2$, $HTeS_2$, $HReS_2$, $HPtS_2$, $HSnS_2$, $HSnSSe$, $HTiSe_2$, $HZrSe_2$, $HHfSe_2$, $HTaSe_2$, $HTeSe_2$, $HReSe_2$, $HPtSe_2$, $HSnSe_2$, $HTiTe_2$, $HZrTe_2$, $HVTe_2$, $HNbTe_2$, $HTaTe_2$, $HMoTe_2$, $HWTe_2$, $HCoTe_2$, $HRhTe_2$, $HIrTe_2$, $HNiTe_2$, $HPdTe_2$, $HPtTe_2$, $HSiTe_2$, $HNbS_2$, $HTaS_2$, HMO_2 , HWS_2 , $HNbSe_2$, $HNbSe_3$, $HTaSe_2$, $HMoSe_2$, $HVSe_2$, $HWSe_2$ y $HMoTe_2$. El electrolito puede ser un conductor OH^- tal como una solución acuosa básica tal como KOH acuoso en donde la base puede servir como un catalizador o fuente de catalizador, tal como OH, K, o $2K^+$. La célula puede comprender además un OH^- separador permeable tal como CG3401. Células ejemplares son [un calcogenuro en capas de H intercalado tal como $CoOOH$, $NiOOH$, $HTiS_2$, $HZrS_2$, $HHfS_2$, HTA_2 , $HTeS_2$, $HReS_2HPTS_2$, $HSNS_2$, $HSnSSe$, $HTiSe_2$, $HZrSe_2$, $HHfSe_2$, $HTaSe_2$, $HTeSe_2$, $HReSe_2$, $HPtSe_2$, $HSnSe_2$, $HTiTe_2$, $HZrTe_2$, $HVTe_2$, $HNbTe_2$, $HTaTe_2$, $HMoTe_2$, $HWTe_2$, $HCoTe_2$, $HRhTe_2$, $HIrTe_2$, $HNiTe_2$, $HPdTe_2$, $HPtTe_2$, $HSiTe_2$, $HNbS_2$, $HTaS_2$, HMO_2 , HWS_2 , $HNbSe_2$, $HNbSe_3$, $HTaSe_2$, $HMoSe_2$, $HVSe_2$, $HWSe_2$ Y $HMoTe_2/KOH$ (6,5 M a saturado) + CG3401/carbono tales como CB, PtC, PdC, $CB(H_2)$, $PtC(H_2)$, $PdC(H_2)$, un carburo tal como TiC, y un boruro tal como TiB₂]. El ánodo se puede regenerar mediante el suministro de hidrógeno o por electrólisis.

[0585] En una realización, al menos uno de los reactivos de células medias de cátodo o ánodo o el electrolito comprende una especie estabilizante de OH o una especie de iniciador tal como un catalizador de radical libre que sirve como un acelerador de radicales libres. Especies de estabilización OH adecuadas son lss que estabilizan los radicales libres o previenen su degradación, y los iniciadores adecuados de radicales libres son compuestos que reaccionan para formar radicales libres, tales como peróxidos o una sal CO_2^+ que proporciona CO_2^+ iones de reaccionar con O_2 para formar superóxido. La fuente de radicales libres o una fuente de oxígeno pueden comprender además al menos uno de un compuesto peroxo, un peróxido, H_2O_2 , un compuesto que contiene un grupo azo, N_2O , NO, NO_2 , NaOCl, reactivo de Fenton, o un reactivo similar, OH radical o una fuente del mismo, ion perxenato o una fuente del mismo tal como un perxenato alcalino o alcalinotérreo, preferiblemente, perxenato de sodio (Na_4XeO_6) o perxenato de potasio (K_4XeO_6), Xenón tetraóxido (XeO_4), y ácido perxénico (H_4XeO_6), y una fuente de iones de metal tal como una sal de metal. La sal metálica puede ser al menos uno de $FeSO_4$, $AlCl_3$, $TiCl_3$, y, preferiblemente, un haluro de cobalto tales como $CoCl_2$ que es una fuente de CO_2^+ . El electrolito puede comprender un catión del material de ánodo que puede servir como un intiaor de OH. En una realización ejemplar que comprende un ánodo de níquel tal como R-Ni o Ni hidruro o aleación, el electrolito comprende un aditivo de sal de níquel tal como $Ni(OH)_2$, NiO_3 , $Ni_3(PO_4)_2O$ NISO₄ en donde el electrolito puede ser un álcali hidróxido, carbonato, fosfato o sulfato, respectivamente. células ejemplares son [R-Ni, cobalto Raney (R-Co), cobre Raney (R-Cu), CoH, $LaNi_5H_6$, $La_2Co_1Ni_9H_6$, $ZrCr_2H_{3,8}$, $LaNi_{3,55}Mn_{0,4}Al_{0,3}Co_{0,75}$, $ZrMn_{0,5}Cr_{0,2}V_{0,1}Ni_{1,2}$, CrH, FeH, MnH, NiH, ScH, VH, CuH, ZnH, AgH/KOH o NaOH (saturado) al menos uno de $FeSO_4$, $AlCl_3$, $TiCl_3$, $CoCl_2$, $Ni(OH)_2$, NiO_3 , $Ni_3(PO_4)_2Y$ NisO₄/PdC, CB, o $CoOOH$ + CB].

[0586] Los ejemplos de electrolitos solos, en combinación con una base tal como MOH (M = álcali), y en cualquier combinación son haluros alcalinos o de amonio, nitratos, percloratos, carbonatos, Na_3PO_4 o K_3PO_4 y sulfatos y NH_4X , X = haluro, nitrato, perclorato, fosfato y sulfato. El electrolito puede comprender una mezcla o hidróxidos u otras sales tales como haluros, carbonatos, sulfatos, fosfatos y nitratos. En general, los solutos adecuados ejemplares solos o en combinación son MNO_3 , MNO , MNO_2 , MX (X = haluro), NH_3 , MOH, M_2S , MHS, M_2CO_3 , $MHCO_3$, M_2SO_4 , $MHSO_4$, M_3PO_4 , M_2HPO_4 , MH_2PO_4 , M_2MugIR^4 , $MNbO_3$, $M_2segunC_4O_7$ (Tetraborato M), MBO_2 , M_2WO_4 , M_2CrO_4 , $M_2cR_2O_7$, M_2TiO_3 , $MZrO_3$, $MalO_2$, $MCoO_2$, $MGaO_2$, M_2GeO_3 , MMn_2O_4 , M_4SiO_4 , M_2SiO_3 , $MTaO_3$, MVO_3 , MIO_3 , $MFeO_2$, MIO_4 , $MClO_4$, $MScO_n$, $MTiO_n$, MVO_n , $MCrO_n$, MCr_2O_n , MMn_2O_n , $MFeO_n$, $MCoO_n$, $MNiO_n$, MNi_2O_n , $MCuO_n$, $MZnO_n$, (M es alcalino o de amonio y $n = 1, 2, 3, o 4$), y una sal básica orgánica tal como acetato de M o carboxilato de M. El electrolito también puede comprender estos y otros aniones con cualquier catión que es soluble en el disolvente, tal como alcalinotérreo, metal de transición, metal de transición interna, tierras raras, y otros cationes de los Grupos III, IV, V, y

VI, tales como Al, Ga, In, Sn, Pb, Bi y Te. Otros solutos adecuados son un peróxido tal como H_2O_2 (que puede añadirse de forma continua en cantidades diluidas tal como aproximadamente <0,001% en peso a 10% en peso), una amida, una base orgánica tal como urea o compuesto similar o sal y guanidina o compuesto similar tal como un derivado de la arginina o sus sales, imida, amina o aminoacetal, hemiaminal, ROH (R es un grupo orgánico de un alcohol) tal como etanol, eritritol ($C_4H_{10}O_4$), Galactitol (Dulcitol), (2R, 3S, 4R, 5S)-hexano-1,2,3,4,5,6-hexol, o alcohol de polivinilo (PVA), RSH, tales como tioles, MSH, MHSe, MHTe, $MxHyXz$ (X es un anión ácido, M es un metal tal como un álcali, alcalino, de transición, la transición interior, o metal de tierra rara, y x, y, z son números enteros que incluyen 0). La concentración puede ser cualquier deseada, tal como una solución saturada. Un soluto adecuado hace que la solución tal como una solución acuosa a ser básico. Preferiblemente, el OH^- concentración es alta. células ejemplares son solución [R-Ni/acuosa que comprende un soluto o combinaciones de solutos del grupo de KOH, KHS, K_2S , K_3PO_4 , K_2HPO_4 , KH_2PO_4 , K_2SO_4 , $KHSO_4$, K_2CO_3 , $KHCO_3$, KX (X = haluro), KNO_3 , KNO, KNO_2 , K_2MoO_4 , K_2CrO_4 , $K_2Cr_2O_7$, KaO_2 , NH_3 , K_2S , KHS, $KNbO_3$, $K_2B_4O_7$, KBO_2 , K_2WO_4 , K_2TiO_3 , $KZrO_3$, $KCoO_2$, $KGaO_2$, K_2GeO_3 , KMn_2O_4 , K_4SiO_4 , K_2SiO_3 , $KTaO_3$, MVA_3 , KIO_3 , $KFeO_2$, KIO_4 , $KClO_4$, $KScON$, $KTiON$, KVO_n , $KCRO_n$, KCr_2O_n , KMn_2O_n , $KFeO_n$, $KCoO_n$, $KNiO_n$, KNl_2O_n , $KCuO_n$ y $KzNO_n$, (N = 1, 2, 3, o 4) (todo saturado) y Kactetato, diluir H_2O_2 aditivo, diluir $CoCl_2$ aditivo, amida, base orgánica, urea, guanidina, imida, amina o aminoacetal, hemiaminal, ROH (R es un grupo orgánico de un alcohol) tal como etanol, eritritol ($C_4H_{10}O_4$), Galactitol (Dulcitol), (2R, 3S, 4R, 5S)-hexano-1,2,3,4,5,6-hexol, o alcohol de polivinilo (PVA), RSH, tales como tioles, MSH, MHSe, y MHTe/CB o $CoOOH$ + CB].

[0587] El OH puede estar solvatado por un medio de unión H. El H y posiblemente el O pueden someterse a intercambio en el medio. La reacción hidrino puede iniciarse durante la reacción de cambio. Para aumentar la unión H, el medio puede comprender una unión H disolvente tal como agua o alcohol y, opcionalmente, un soluto de unión H, tal como hidróxido. La concentración puede ser alta para favorecer la unión H y para aumentar la velocidad de la reacción hidrino.

[0588] Otros disolventes o mezclas de la presente descripción y las de la sección de disolventes orgánicos de Mills PCT EE.UU. 09/052072 que se incorpora aquí por referencia se pueden utilizar, así como, o en combinación con una solución acuosa. El disolvente puede ser polar. El disolvente puede comprender agua pura o una mezcla de agua y uno o más disolventes adicionales, tales como al menos uno de un alcohol, amina, cetona, éter, y nitrilo. Ejemplos de disolventes adecuados se pueden seleccionar de entre el grupo de al menos uno de agua, dioxolano, dimetoxietano (DME), 1,4-benzodioxano (BDO), tetrahidrofurano (THF), dimetilformamida (DMF), dimetilacetamida (DMA), dimetilsulfóxido (DMSO), 1,3-dimetil-2-imidazolidinona (DMI), hexametilfosforamida (HMPA), N-metil-2-pirrolidona (NMP), metanol, etanol, aminas tales como tributilamina, trietilamina, triisopropilamina, N,N-dimetilanilina, furano, tiofeno, imidazol, piridina, pirimidina, pirazina, quinolina, isoquinolina, indol, 2,6-lutidina (2,6-dimetilpiridina), 2-picolina (2-metilpiridina), y nitrilos tales como acetonitrilo y propanonitrilo, 4-dimetilaminobenzaldehído, acetona y dimetil acetona-1,3-dicarboxilato. células ejemplares son [R-Ni/solución que comprende un disolvente o combinación de disolventes del grupo de agua, alcohol, amina, cetona, éter, y nitrilo, y un soluto o combinaciones de solutos del grupo de KOH, K_3PO_4 , K_2HPO_4 , KH_2PO_4 , K_2SO_4 , $KHSO_4$, K_2CO_3 , $K_2C_2O_4$, $KHCO_3$, KX (X = haluro), KNO_3 , KNO, KNO_2 , K_2MgIr^4 , K_2CrO_4 , $K_2Cr_2O_7$, KaO_2 , NH_3 , K_2S , KHS, $KNbO_3$, $K_2B_4O_7$, KBO_2 , K_2WO_4 , K_2TiO_3 , $KZrO_3$, $KCoO_2$, $KGaO_2$, K_2GeO_3 , KMn_2O_4 , K_4SiO_4 , K_2SiO_3 , $KTaO_3$, MVA_3 , KIO_3 , $KFeO_2$, KIO_4 , $KClO_4$, $KSCON$, $KTiON$, MVA_n , $KCRO_n$, KCr_2O_n , KMn_2O_n , $KFeO_n$, $KCoO_n$, $KNiO_n$, KNl_2O_n , $KCuO_n$ y $KzNO_n$, (n = 1, 2, 3, o 4) (todo saturado) y Kactetato/CB o $CoOOH$ + CB]. células ejemplares adicionales son [R-Ni/KOH (aq saturado)/Pt/Ti], [R-Ni/ K_2SO_4 (aq saturado)/Pt/Ti], [PTC(H_2)/KOH (aq saturado)/ $MnOOH$ CB], [PTC(H_2)/KOH (aq saturado)/ $FepO_4$ CB], [R-Ni/ NH_4OH (aq saturado)/CB].

[0589] En una realización, al menos dos disolventes son inmiscibles. La célula está orientada de tal manera que las capas se separan proporcionando un disolvente diferente a cada uno de los compartimentos de células medias de cátodo y ánodo. Los disolventes y orientación de la célula relativa a la gravedad dirigida centralmente se selecciona para proporcionar a cada célula media con el disolvente que estabiliza una especie específica, tales como OH o H para mejorar el rendimiento de la célula. La orientación celular se selecciona que distribuye los disolventes inmiscibles para favorecer la reactividad de al menos un reactivo o intermedio de una reacción que promueve la formación de hidrino.

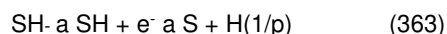
[0590] Los materiales de cátodo y ánodo pueden tener un área superficial muy alta para mejorar la cinética y de ese modo la potencia. OH puede descomponerse o reaccionar muy rápidamente en un cátodo de metal de tal manera que un cátodo de carbono puede ser preferible. Otros cátodos adecuados comprenden aquellos que no se degradan OH o tienen una menor tasa de degradación tales como carburos, boruros, nitruros, y nitrilos. El ánodo también puede comprender un soporte como uno de los componentes. El apoyo en diferentes realizaciones de la descripción puede ser un soporte de carbono fluorado. Células ejemplares son [R-Ni, cobalto Raney (R'o), cobre Raney (R'u), $LaNi_5H_6$, $La_2Co_1Ni_9H_6$, $ZrCr_2H_{3,8}$, $LaNi_{3,55}Mn_{0,4}Al_{0,3}Co_{0,75}$, $ZrMn_{0,5}Cr_{0,2}V_{0,1}Ni_{1,2}$, CoH, CRH, FeH, MnH, NiH, SCH, VH, Cuh, ZnH, AGH/KOH o NaOH (saturados)/carbono, carburos, boruros, y nitrilos, CB, PdC, PtC, TiC, Ti_3SiC_2 , YC_2 , TaC, MO_2C , SiC, WC, C, B_4C , HfC, Cr_3C_2 , ZrC, CrB_2 , VC, ZrB_2 , MgB_2 , NiB_2 , NbC , TiB_2 , boronitruro hexagonal (hBN), y TiCN]. El ánodo puede comprender un metal tal como Zn, Sn, Pb, Cd, o Co o un hidruro tal como $LaNi_5H_6$ y un soporte tal como carbono, carburos, boruros, y nitrilos, CB, carbón de vapor, carbón activado, PdC, PtC, TiC, Ti_3SiC_2 , YC_2 , TaC, MO_2C , SiC, WC, C, B_4C , HfC, Cr_3C_2 , ZrC, CrB_2 , VC, ZrB_2 , MgB_2 , NiB_2 , NbC , TiB_2 , boronitruro hexagonal (hBN), y TiCN.

[0591] MOH hidratado ($M =$ alcalino tal como K) puede reaccionar directamente para formar hidrinos a una tasa baja por el mismo mecanismo que dado por las ecuaciones (346) y (315) que comprende las reacciones de la oxidación con OH^- y H a H_2O y la reducción de H_2O a H y OH^- . OH puede servir como un catalizador de tipo MH dan en la Tabla 3, o H puede servir como un catalizador para otros picos H. La RMN en dDMF en 1,22 ppm y 2,24 ppm que coincide con los productos de catalizador correspondientes de $\text{H}_2(1/4)$ y $\text{H}_2(1/2)$. En una realización, la velocidad de reacción se incrementa dramáticamente mediante el uso de un esquema para suministrar H para la reacción de oxidación de OH^- en un ánodo y mediante el uso de un cátodo grande área de superficie para facilitar la reducción de agua en un cátodo de tal manera que la reacción acelerada es aprovechada para producir electricidad.

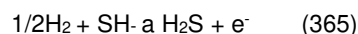
[0592] Por el mismo mecanismo como catalizador OH, SH dan en la Tabla 3 puede servir como un catalizador para formar $\text{H}(1/4)$. La reacción posterior para formar $\text{H}^-(1/4)$ es consistente con la observada -3,87 ppm pico en la RMN líquida de compuestos tales como NaHS y mezclas de reacción que pueden formar SH.

[0593] En una realización, SH pueden estar formados en la célula para servir como el catalizador hidrino según la reacción dada en la Tabla 3 en donde $M = 7$. Desde $\text{H}(1/4)$ es un estado preferido, puede formar con el equilibrio de la energía de la transición hidrino más de 81,6 eV transferido al catalizador SH. En una realización, el SH catalizador puede estar formado por la oxidación de SH^- en el ánodo. El electrolito de la célula puede comprender al menos una sal SH tales como MSH ($M =$ álcali). El electrolito puede comprender H_2O . La reacción en el ánodo puede ser al menos una de

Reacción en el ánodo:

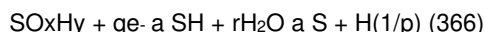


y



en donde MH_x es un hidruro o una fuente de H y algunos de los H se convierte en hidrino durante la reacción de ánodo. En la última reacción, H_2S puede disociar, y el H^+ podrá reducirse a H_2 en el cátodo. El hidrógeno que es sin reaccionar a partir de hidrinos se puede reciclar. Células ejemplares son $[\text{LaNi}_5\text{H}_6, \text{La}_2\text{Co}_1\text{Ni}_9\text{H}_6, \text{ZrCr}_2\text{H}_{3,8}, \text{LaNi}_{3,55}\text{Mn}_{0,4}\text{Al}_{0,3}\text{Co}_{0,75}, \text{ZrMn}_{0,5}\text{Cr}_{0,2}\text{V}_{0,1}\text{Ni}_{1,2}\text{O R-Ni/MSH (acuoso saturado) (M = álcali)/CB}]$. En otra realización, SH se forma por reducción de una especie en el cátodo además de o que comprende H. La especie puede ser azufre o un óxido de azufre, tal como ácido sulfuroso, ácido sulfúrico, SO_2 , sulfito, sulfato de hidrógeno, sulfato de hidrógeno, o tiosulfato. El ánodo puede ser un hidruro o metal estable en medio ácido tal como Pt/Ti apropiado para el pH. Otros compuestos pueden formar SH en la célula tales como SF_6 . Una reacción cátodo ejemplar es

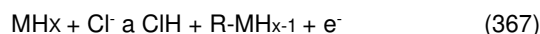
Reacción de cátodo:



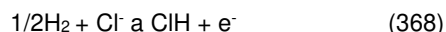
Células ejemplares son $[\text{LaNi}_5\text{H}_6, \text{La}_2\text{Co}_1\text{Ni}_9\text{H}_6, \text{ZrCr}_2\text{H}_{3,8}, \text{LaNi}_{3,55}\text{Mn}_{0,4}\text{Al}_{0,3}\text{Co}_{0,75}, \text{ZrMn}_{0,5}\text{Cr}_{0,2}\text{V}_{0,1}\text{Ni}_{1,2}, \text{R-Ni}, \text{o Pt/Ti/m}^2\text{SO}_4, \text{MHSO}_4\text{O H}_2\text{SO}_4 (M = \text{álcali})/\text{CB}]$. La concentración de la fuente de SH puede ser cualquier concentración soluble. La concentración óptima optimiza la salida de potencia debido a la formación hidrino. En otras realizaciones de la descripción, SH y SH^- se puede sustituir por OH y OH^- , respectivamente.

[0594] MSH hidratada ($M =$ alcalino tal como Na) puede reaccionar directamente para formar hidrinos a una tasa baja por el mismo mecanismo que dado por las ecuaciones (365) y (354) que comprende las reacciones de la oxidación con SH^- y H a H_2S y la reducción de H_2S a H y SH^- . SH puede servir como un catalizador de tipo MH dan en la Tabla 3, o H puede servir como un catalizador para otro pico H. La RMN en dDMF a -3,87 ppm coincide con el producto correspondiente catalizador de $\text{H}^-(1/4)$. En una realización, la velocidad de reacción se incrementa dramáticamente mediante el uso de un esquema para suministrar H para la reacción de oxidación de SH^- en un ánodo y mediante el uso de un cátodo grande área de superficie para facilitar la reducción de H^+ en un cátodo de tal manera que la reacción acelerada es aprovechada para producir electricidad. Ya que S es un sólido estable, el ion de hidruro de hidrino puede ser un producto de baja energía favorecida como $\text{Na}^+ \text{H}^-(1/4)$ que tiene S intersticial.

[0595] En una realización, CIH pueden estar formados en la célula para servir como el catalizador hidrino según la reacción dada en la TABLA 3 en donde $m = 3$. En una realización, el catalizador de CIH puede estar formado por la oxidación de Cl^- en el ánodo que también suministra H. El electrolito de la célula puede comprender al menos una sal de Cl como MCL ($M =$ álcali). El electrolito puede comprender H_2O . La reacción en el ánodo puede ser al menos una de reacción en el ánodo:



y



en donde MH x es un hidruro o una fuente de H y algunos de los H se convierte en hidrino durante la reacción de ánodo. En la última reacción, ClH puede disociar, y el H⁺ podrá reducirse a H₂ en el cátodo. El hidrógeno que se sin reaccionar a partir de hidrinos se puede reciclar. células ejemplares son [LaNi₅H₆, La₂Co₁Ni₉H₆, ZrCr₂H_{3,8}, LaNi_{3,55}Mn_{0,4}Al_{0,3}Co_{0,75}, ZrMn_{0,5}Cr_{0,2}V_{0,1}Ni_{1,2}O R-Ni/MCL (acuoso saturado) (M = álcali)/CB]. En otra realización, ClH se forma por reducción de una especie en el cátodo además de o que comprende H. Las especies pueden ser óxido de cloro tales como cloratos, percloratos, cloritos, percloritos, o hipocloritos. El ánodo puede ser un hidruro o metal estable en medio ácido tal como Pt/Ti apropiado para el pH. Otros compuestos pueden formar ClH en la célula tales como SbCl₅. Una reacción cátodo ejemplar es

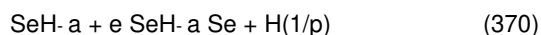
Reacción de cátodo:



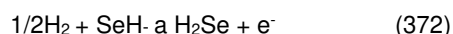
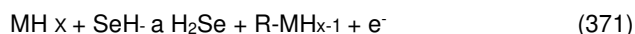
Células ejemplares son [LaNi₅H₆, La₂Co₁Ni₉H₆, ZrCr₂H_{3,8}, LaNi_{3,55}Mn_{0,4}Al_{0,3}Co_{0,75}, ZrMn_{0,5}Cr_{0,2}V_{0,1}Ni_{1,2}, R-Ni, o Pt/Ti/HClO₄, HClO₃, HClO₂, HClO, MCIO₄, MCIO₃, MCIO₂, MCIO, (M = álcali)/CB]. La concentración de la fuente de ClH puede ser cualquier concentración soluble. La concentración óptima optimiza la salida de potencia debido a la formación hidrino. En otras realizaciones de la descripción, ClH y puede sustituir a OH.

[0596] MCl hidratada (M = alcalino tal como Cs) puede reaccionar directamente para formar hidrinos a una tasa baja por el mismo mecanismo que dado por las ecuaciones (367) y (368) y (354) que comprende las reacciones de la oxidación con Cl⁻ y H para ClH y la reducción de HCl a H y Cl⁻. ClH puede servir como un catalizador de tipo MH dan en la TABLA 3, o H puede servir como un catalizador para el otro H. Los resultados de la espectroscopia de emisión de excitación de e-haces de una serie de picos en CsCl tienen una separación constante de 0,25 eV coincide con el catalizador correspondiente producto de H₂(1/4). En una realización, la velocidad de reacción se incrementa dramáticamente mediante el uso de un esquema para suministrar H para la reacción de oxidación de Cl⁻ en un ánodo y mediante el uso de un cátodo de grande área de superficie para facilitar la reducción de H⁺ en un cátodo de tal manera que la reacción acelerada es aprovechada para producir electricidad.

[0597] En una realización, SeH se pueden formar en la célula para servir como el catalizador hidrino según la reacción dada en la TABLA 3 en donde m = 4. Ya que H(1/4) es un estado preferido, puede formar con el equilibrio de la energía de la transición hidrino más de 81,6 eV transferido al catalizador SeH. En una realización, el SeH catalizador puede estar formado por la oxidación de SeH⁻ en el ánodo. El electrolito de la célula puede comprender al menos una sal SeH como MSeH (M = álcali). La reacción en el ánodo puede ser al menos una de

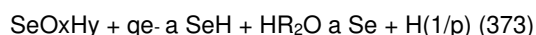


y



en donde MHx es un hidruro o una fuente de H y algunos de los H se convierte en hidrino durante la reacción de ánodo. En la última reacción, H₂Se puede disociar, y el H⁺ podrá reducirse a H₂ en el cátodo o H₂Se puede reducirse a SeH⁻. El hidrógeno que es sin reaccionar a partir de hidrinos se puede reciclar. Células ejemplares son [LaNi₅H₆, La₂Co₁Ni₉H₆, ZrCr₂H_{3,8}, LaNi_{3,55}Mn_{0,4}Al_{0,3}Co_{0,75}, ZrMn_{0,5}Cr_{0,2}V_{0,1}Ni_{1,2}O R-Ni/MSeH (ac sat) (M = álcali)/CB]. En otra realización, SeH se forma por reducción de una especie en el cátodo además de o que comprende H. La especie puede ser Se o un óxido de selenio tales como SeO₂ o SeO₃, Un compuesto tal como M₂SeO₃, M₂SeO₄, MHSeO₃ (M = álcali), o un ácido tal como H₂SeO₃ o H₂SeO₄. El ánodo puede ser un hidruro o metal estable en medio ácido tal como Pt/Ti apropiado para el pH. Otros compuestos pueden formar SeH en la célula tales como SEF₄. Una reacción cátodo ejemplar es

Reacción de cátodo:

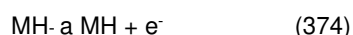


Células ejemplares son [LaNi₅H₆, La₂Co₁Ni₉H₆, ZrCr₂H_{3,8}, LaNi_{3,55}Mn_{0,4}Al_{0,3}Co_{0,75}, ZrMn_{0,5}Cr_{0,2}V_{0,1}Ni_{1,2}, R-Ni, o Pt/Ti/SeO₂ o SeO₃, M₂SeO₃, M₂SeO₄, MHSeO₃ (M = álcali), H₂SeO₃ o H₂SeO₄ (Aq)/CB]. SeH puede estar formado en el ánodo por oxidación de SeH⁻ que pueden reaccionar adicionalmente con H para formar SeH₂. Alternativamente, SeH puede formar por la reacción de H y Se²⁻ con la oxidación a SeH. Posiblemente algunos H₂Se puede formar. La fuente de H puede ser una membrana permeable H y gas H₂. La célula puede comprender un puente de sal tal como una base y un reactivo de cátodo, que puede comprender una sal fundida tales como una mezcla eutéctica. Células ejemplares son [Ni(H₂) Na₂Se/BASE/LiCl-BaCl₂ o NaCl-NiCl₂ o NaCl-MnCl₂]. La concentración de la fuente de SeH

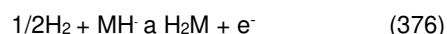
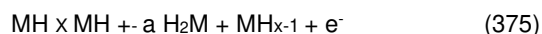
puede ser cualquier concentración soluble. La concentración óptima optimiza la salida de potencia debido a la formación hidrino. En otras realizaciones de la descripción, SeH y SeH⁻ se puede sustituir por OH y OH⁻, respectivamente.

[0598] En una realización general, H₂O sirve para suministrar o aceptar H a partir de al menos uno de un reductor y un oxidante para formar un catalizador del tipo MH de la Tabla 3. En una realización, H₂O sirve como el disolvente de los reactivos y productos. En una realización, H₂O no se consume en la reacción; más bien una fuente de H se consume para formar hidrinos tal como un hidruro o hidrógeno y un disociador. En otras realizaciones, el papel de H₂O puede ser sustituido por otro disolvente adecuado de la descripción que serían conocidas para un experto habitual en la técnica.

[0599] Por el mismo mecanismo general de catalizadores ejemplares OH, SH, ClH, y SeH, MH tales como las especies dadas en la Tabla 3 pueden servir como un catalizador para formar H(1/p). En una realización, MH se puede formar en la célula para servir como el catalizador hidrino según la reacción dada en la Tabla 3 por la oxidación de MH⁻ en el ánodo. El electrolito de la célula puede comprender al menos una sal de MH o una fuente del mismo MH⁻. La reacción en el ánodo puede ser al menos una de reacción en el ánodo:



y



en donde MH_x es un hidruro o una fuente de H y algunos de los H se convierte en hidrino durante la reacción de ánodo. En la última reacción, H₂M puede disociar, y el H⁺ podrá reducirse a H₂ en el cátodo o H₂M se puede reducir a MH⁻. El hidrógeno que se sin reaccionar a partir de hidrinos se puede reciclar. Células ejemplares son [LaNi₅H₆, La₂Co₁Ni₉H₆, ZrCr₂H_{3,8}, LaNi_{3,55}Mn_{0,4}Al_{0,3}Co_{0,75}, ZrMn_{0,5}Cr_{0,2}V_{0,1}Ni₁, o R-Ni/fuente de MH (Disolvente no reactivo)/CB]. En otra realización, MH se forma por reducción de una especie en el cátodo solo o con una fuente de H. Las especies pueden ser M o una que comprende M compuesto capaz de reducción a MH solo o con una fuente de H. El ánodo puede ser un hidruro o metal de ácido estable tal como Pt/Ti apropiado para el pH. Una reacción cátodo ejemplar es

Reacción de cátodo:



en donde algunos de los H se convierten en hidrino durante la reacción en el cátodo, X comprende uno o más elementos del oxidante, y X' es un producto de reducción. células ejemplares son [LaNi₅H₆, La₂Co₁Ni₉H₆, ZrCr₂H_{3,8}, LaNi_{3,55}Mn_{0,4}Al_{0,3}Co_{0,75}, ZrMn_{0,5}Cr_{0,2}V_{0,1}Ni_{1,2}, R-Ni, o Pt/Ti/compuesto que reduce por el MH solo o con una fuente de H(disolvente no reactivo)/CB]. La concentración de la fuente de MH puede ser cualquier concentración soluble. La concentración óptima optimiza la salida de potencia debido a la formación hidrino. Células ejemplares son [Zn, H₂RuS₂, R-Ni, LaNi₅H₆/ KOH, NaHS o NaHSe, o KCl (sat aq, orgánico, o mezclas)/carbono de vapor].

[0600] Al menos una de las reacciones de célula media y reacciones netas de las células CIHT de la descripción puede comprender reacciones para la producción de energía térmica. En realizaciones energía tanto térmica como eléctrica puede ser producida. La potencia térmica también puede ser convertida en electricidad por los sistemas de la divulgación actual y aquellos conocidos en la técnica.

[0601] En una realización, al menos uno de OH, SH, y catalizadores de CLH y hidrinos están formados por la reacción de H con una fuente de O, S, y Cl, respectivamente. El H puede estar formada por la oxidación de H⁻ en el ánodo. Una fuente de H es un cátodo que comprende un hidruro tal como una transición, la transición interna, o hidruro de tierra rara, gas hidrógeno y un disociador, o un gas de hidrógeno y una membrana H⁻ permeable como dado con otras fuentes adecuadas en la divulgación. La célula puede comprender un electrolito para llevar a cabo H⁻ tal como una sal fundida, tal como una mezcla eutéctica de haluros alcalinos. La fuente de O, S, o Cl en el ánodo puede ser un compuesto o estos elementos en contacto con el ánodo o en una cámara sellada permeable a H como se muestra en la Figura 20. Las células ejemplares son [Ni, V, Ti, SS, o Nb(O₂, S, o Cl₂), O S/LiCl-KCl/TiH₂, ZrH₂, CeH₂, LaH₂, O Ni, V, Ti, SS, o Nb(H₂)]. Alternativamente, el H para reaccionar con una fuente de O, S, y Cl se puede formar por la reducción de H⁺ en el cátodo. Una fuente de H puede ser un ánodo que comprende gas hidrógeno y un disociador como se da en la descripción. La célula puede comprender un electrolito conductor de protones tal como Nafion. La fuente de O, S, o Cl en el cátodo puede ser un compuesto o estos elementos en contacto con el cátodo o en una cámara sellada permeable a H como se muestra en la Figura 20. Las células ejemplares son [PTC(H₂) O PdC(H₂)/Nafion/O₂, S, o Cl₂].

[0602] En una realización, MH⁻ es una fuente de catalizador MH que se forma tras la oxidación. Por ejemplo, OH⁻, SH⁻, O Clmay ser oxidado en el ánodo para formar OH, SH, y catalizadores de CLH, respectivamente, y hidrinos. Los

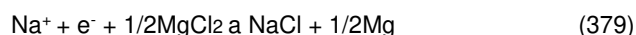
reactivos de células medias de ánodo pueden comprender al menos uno de NaOH, NaHS, o NaCl. Los reactivos ánodo de células medias pueden comprender además una fuente de H tal como un hidruro, hidrógeno y un disociador, o hidrógeno y una membrana permeable al hidrógeno, tal como una membrana Ni(H₂), V(H₂), Ti(H₂), Fe(H₂), o Nb(H₂) o tubo que puede ser un electrodo tal como el ánodo. La célula puede comprender un puente de sal de electrolito sólido, tal como base, tal como Na BASE en el caso de que el ion de migración es Na⁺. Las reacciones de oxidación para formar los catalizadores se dan en la divulgación. OH, por ejemplo, está formado por la reacción del ánodo de las Ecs. (346) o (359). M⁺ del MOH base (M = álcali) migra a través del puente de sal tal como la base y se reduce a Na y puede reaccionar de manera concertada o posteriormente con al menos un reactivo de cátodo. Los reactivos pueden ser fundido a una temperatura de la célula elevada mantenida a una menos el punto de los reactivos de células de fusión. Los reactivos de células medias de cátodo comprenden al menos un compuesto que reacciona con el ion de migración reducido. El compuesto de sodio producto puede ser más estable que el compuesto de sodio de los reactivos de células medias de ánodo. El producto cátodo puede ser NaF. El reactivo de cátodo puede comprender una fuente de flúor tal como fluorocarbonos, XeF₂, BF₃, NF₃, SF₆, Na₂SiF₆, PF₅, y otros compuestos similares, tales como los de la divulgación. Otra de halógeno puede sustituir F en el cátodo. Por ejemplo, el reactivo de cátodo puede comprender I₂. Otros reactivos de cátodo comprenden otros haluros tales como haluros de metal, tales como metal de transición, metal de transición interna, tierras raras, Al, Ga, In, Sn, Pb, Sb, haluros de Bi, Se, y Te como NiCl₂, FeCl₂MnI₂, AgCl, EuBr₂, EuBr₃ y otros haluros de los combustibles sólidos de la descripción. De cualquier compartimiento de la célula puede comprender un electrolito de sal fundida tal como una sal eutéctica tal como una mezcla de sales de haluros alcalinos. El reactivo de cátodo también puede ser una sal eutéctica tal como una mezcla de haluros que pueden comprender un haluro de metal de transición. sales eutécticas adecuados que comprenden un metal tal como un metal de transición son CaCl₂-CoCl₂, CaCl₂-ZnCl₂, CeCl₃-RbCl, CoCl₂-MgCl₂, FeCl₂-MnCl₂, FeCl₂-MnCl₂, KAlCl₄-NaAlCl₄, AlCl₃-aCl₂, AlCl₃-MgCl₂, NaCl-PBCL₂, CoCl₂-FeCl₂, y otros en la Tabla 4. Las células ejemplares son [por lo menos uno del grupo de NaOH, NaHS, NaCl, R-Ni, LaNi₅H₆, La₂Co₁Ni₉H₆, ZrCr₂H_{3,8}, LaNi_{3,55}Mn_{0,4}Al_{0,3}Co_{0,75}, ZrMn_{0,5}Cr_{0,2}V_{0,1}Ni_{1,2}, CeH₂, LaH₂, PtC(H₂), PdC(H₂), Ni (H₂), V(H₂), Ti(H₂), Fe(H₂), o Nb(H₂)/Base/I₂, YO₂ + NaI, fluorocarbonos, XeF₂, BF₃, NF₃, SF₆, Na₂SiF₆, PF₅, Haluros de metal, tales como metal de transición, metal de transición interna, tierras raras, Al, Ga, In, Sn, Pb, Sb, haluros de Bi, Se, y Te como NiCl₂, FeCl₂MnI₂, AgCl, EuBr₂Y EuBr₃, Sales eutécticas tales como CaCl₂COCl₂, CaCl₂-ZnCl₂, CeCl₃-RbCl, CoCl₂-MgCl₂, FeCl₂-MnCl₂, FeCl₂-MnCl₂, KAlCl₄-NaAlCl₄, AlCl₃-aCl₂, AlCl₃-MgCl₂, NaCl-PBCL₂, CoCl₂-FeCl₂, y otros de la Tabla 4] y [NaOH + PtC(H₂), PdC(H₂), Ni (H₂), V(H₂), Ti(H₂), Fe(H₂), O Nb(H₂)/Base/NaX (X es anión tal como haluro, hidróxido, sulfato, nitrato, carbonato) + uno o más del grupo de NaCl, AgCl, AlCl₃, AsCl₃, AuCl, AuCl₃, BaCl₂, BeCl₂, BiCl₃, CaCl₂, con CdCl₃, CeCl₃, CoCl₂, CrCl₂, Cs Cl, CuCl, CuCl₂, EuCl₃, FeCl₂, FeCl₃, GaCl₃, GdCl₃, GECL₄, HfCL₄, HgCl, HgCl₂, InCl, InCl₂, InCl₃, IrCl, IrCl₂, KCl, KAgCl₂, KAlCl₄, K₃AlCl₆, IacI₃, LiCl, MgCl₂, MnCl₂, MoCl₄, MoCl₅, MoCl₆, NaAlCl₄, Na₃AlCl₆, NbCl₅, NdCl₃, NiCl₂, OsCl₃, OsCl₄, PBCL₂, PdCl₂, PRCL₃, PtCl₂, PtCl₄, PUCL₃, RbCl, ReCl₃, RhCl, RhCl₃, RuCl₃, SbCl₃, SbCl₅, SCCL₃, SiCl₄, SnCl₂, SnCl₄, SrCl₂, ThCl₄, TiCl₂, TiCl₃, TICl, UCl₃, UCl₄, VCl₄CMT₆, YCl₃, ZnCl₂ y ZrCl₄]. Otro metal alcalino puede ser sustituido por Na, otros haluros pueden ser sustituidos por Cl, y la base puede coincidir con el ion de migración.

[0603] La célula puede ser regenerada por electrólisis o mecánicamente. Por ejemplo, la célula [Ni(H₂ 1 atm) NaOH/BASE/NaCl-MgCl₂ eutéctica] produce H₂O que, en una realización, se ventila desde la célula media. En el cátodo, Na de Na⁺ migratorio puede reaccionar con MgCl₂ para formar NaCl y Mg. Reacciones celulares representativas son

Ánodo



Cátodo



La célula media anódica puede contener adicionalmente una sal tal como un haluro alcalino o alcalinotérreo tal como un haluro de sodio. Después de la descarga, el ánodo puede ser regenerado mediante la adición de agua o una fuente de agua. La célula también se puede ejecutar de forma espontánea a la inversa con la adición de H₂O puesto que la energía libre para la reacción dada por la ecuación (379) es 46 kJ/mol (500°C). La fuente de agua puede ser de vapor en donde la célula media está sellado. Alternativamente, la fuente de agua puede ser un hidrato. hidratos de ejemplo son penta fosfato de magnesio o octahidrato, heptahidrato de sulfato de magnesio, hidratos de sales de sodio, hidratos de sales de aluminio, y alcalinotérreos hidratos haluro tales como SrBr₂, SrI₂, BaBr o BaI₂. La fuente puede comprender una mezcla de sal fundida que comprende NaOH. En un método alternativo ejemplar mecánica regeneración, MgCl₂ se regenera mediante la evaporación de Na como NaCl reacciona con Mg para formar MgCl₂ y Na. Na se puede hacer reaccionar con agua para formar NaOH y H₂ que son los reactivos anódicos regeneradas. La célula puede comprender un sistema de flujo en donde de cátodo y ánodo reactivos fluyen pesar de que las medias células correspondientes y se regeneran en compartimentos separados y devueltos en la corriente de flujo. Alternativamente, Na puede ser utilizado directamente como el reactivo de ánodo en la célula [Na/BASE/NaOH]. Las células pueden ser conectados en cascada.

[0604] En una realización, el ánodo comprende un calcogenuro metálico tal como MOH, MSH, o MHSe (M = metal alcalino) en donde el catalizador o la fuente de catalizador puede ser OH, SH, o HSe. El cátodo puede comprender

además una fuente de hidrógeno tal como un hidruro, tal como una tierra o de transición hidruro de metal raro u otros de la divulgación, o un gas de membrana y el hidrógeno permeable tal como Ni (H₂), Fe(H₂), V(H₂), Nb(H₂), y otros de la divulgación. El catalizador o la fuente de catalizador puede ser de por la oxidación de OH⁻, SH⁻ o HSe⁻, respectivamente. El producto de oxidación del ánodo que implica la reacción adicional con H puede ser H₂OH₂S, y H₂Se, respectivamente. La célula puede comprender al menos uno de un electrolito y un puente de sal que puede ser un electrolito sólido tal como la base (β-alúmina). El cátodo puede comprender al menos uno de un elemento, elementos, un compuesto, compuestos, metales, aleaciones, y mezclas de los mismos que pueden reaccionar con el ion de migración o reducida de iones de migrar tales como M⁺ o M, respectivamente, para formar una solución, aleación, mezcla, o compuesto. El cátodo puede comprender un elemento fundido o compuesto. elementos fundidos adecuados son al menos uno de In, Ga, Te, Pb, Sn, Cd, Hg, P, S, I, Se, Bi, y como. En una realización ejemplar que tiene Na⁺ como el ion de migración a través de un puente de sal, tal como beta alúmina electrolito sólido (BASE), el cátodo comprende azufre fundido, y el producto cátodo es Na₂células de S. ejemplares son [fuente NaOH + H tal como LaH₂, CeH₂, ZrH₂, TiH₂, O Ni (H₂), Fe(H₂), V(H₂), Nb(H₂)/Base/al menos uno de S, In, Ga, Te, Pb, Sn, Cd, Hg, P, I, Se, Bi, y As, y opcionalmente un soporte]. En otra realización, la célula está ausente el puente de sal tal como la base desde el reductor tal como H₂ o hidruro se limita al ánodo, y la reacción entre los reactivos de células medias es de otra manera desfavorable energéticamente o cinéticamente. En una forma de realización que no tiene puente de sal, los reactivos de células medias de ánodo no reaccionan con el cátodo reactivo de células medias exergónicamente. Células ejemplares son [fuente de H tal como LaH₂, CeH₂, ZrH₂, TiH₂, O Ni (H₂), Fe(H₂), V(H₂), Nb(H₂/sal de hidróxido de fundido, tal como NaOH/al menos uno de S, In, Ga, Te, Pb, Sn, Cd, Hg, P, I, Se, Bi, y como y aleaciones, y opcionalmente un soporte].

[0605] En una realización, el catalizador comprende cualquier especie tal como un átomo, ion cargado positivamente o negativamente, ion molecular cargado positivamente o negativamente, molécula, excimer, compuesto, o cualquier combinación de los mismos en el suelo o estado excitado que sea capaz de aceptar la energía de $m \cdot 27,2 \text{ eV}$, $m = 1, 2, 3, 4, \dots$ (Ec. (5)). Se cree que la velocidad de catálisis se incrementa como la entalpía neta de reacción está más estrechamente igualada a $m \cdot 27,2 \text{ eV}$. Se ha encontrado que los catalizadores que tienen una entalpía neta de reacción dentro de 610%, preferiblemente 65%, de $m \cdot 27,2 \text{ eV}$ son adecuados para la mayoría de aplicaciones. En el caso de la catálisis de átomos de hidrino a estados de menor energía, la entalpía de reacción de $m \cdot 27,2 \text{ eV}$ (Ec. (5)) es relativísticamente corregida por el mismo factor que la energía potencial del átomo hidrino. En una realización, el catalizador resonante y sin radiación acepta energía de hidrógeno atómico. En una realización, la energía aceptada disminuye la magnitud de la energía potencial del catalizador sobre la cantidad transferida de hidrógeno atómico. Iones energéticos o electrones pueden resultar debido a la conservación de la energía cinética de los electrones ligados inicialmente. Al menos un H atómico sirve como un catalizador para al menos otro en donde la energía potencial 27,2 eV del aceptor es cancelado por la transferencia o 27,2 eV desde el átomo donante H catalizado. La energía cinética del aceptor catalizador H puede ser conservada como protones rápidos o electrones. Además, el estado intermedio (Ec. (7)) formado en la H catalizada decae con la emisión de energía continua en forma de radiación o energía cinética inducida en un tercer cuerpo. Estas liberaciones de energía pueden dar lugar a un flujo de corriente en la célula CIHT.

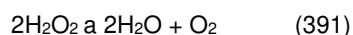
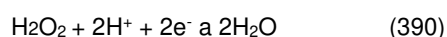
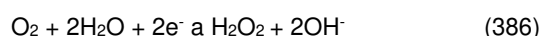
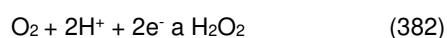
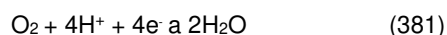
[0606] En una realización, al menos uno de una molécula o ion molecular cargado positiva o negativamente sirve como un catalizador que acepta sobre eV $m \cdot 27,2$ de H atómico con una disminución en la magnitud de la energía potencial de la molécula o ion molecular cargado positiva o negativamente sobre $m \cdot 27,2 \text{ eV}$. Por ejemplo, la energía potencial de H₂O dado en Mills GUTCP es

$$V_e = \left(\frac{3}{2} \right) \frac{-2e^2}{8\pi\epsilon_0 \sqrt{a^2 - b^2}} \ln \frac{a + \sqrt{a^2 - b^2}}{a - \sqrt{a^2 - b^2}} = -81.8715 \text{ eV} \quad (380)$$

En una realización, la reacción para formar el catalizador comprende una reacción para formar H₂O que sirve como catalizador para otro H. La energía puede ser liberada en forma de calor o de la luz o como electricidad en donde las reacciones comprenden una reacción de célula media. En una realización en donde los reactivos forman H₂O que sirve como un catalizador, los reactivos pueden comprender OH que puede estar oxidado a H₂O. Reacciones ejemplares se dan en la divulgación. La reacción puede producirse en la célula CIHT o la célula de electrólisis. La reacción del catalizador puede ser favorecida con H₂O en un estado de transición en producto. La célula comprende además una fuente de H atómico. La fuente puede ser un hidruro, gas de hidrógeno, el hidrógeno producido por la electrólisis, hidróxido, o de otras fuentes que figuran en la descripción. Por ejemplo, el ánodo puede comprender un metal tal como Zn o Sn en donde la reacción de célula media comprende la oxidación de OH⁻ al agua y al óxido de metal. La reacción también forma H atómico en presencia de la H₂O en donde H₂O sirve como un catalizador para formar hidrinos. El ánodo puede comprender un hidruro tal como LaNi₅H₆ en donde la reacción de célula media comprende la oxidación de OH⁻ a H₂O con H proporcionado por el hidruro. La reacción de oxidación se produce en presencia de H del hidruro que es catalizada a hidrino por el H₂O. El ánodo puede comprender una combinación de un metal y un hidruro en donde OH⁻ se oxida a H₂O con la formación de un óxido o hidróxido metálico, y H es proporcionado por el hidruro. El H es catalizada a hidrino por el H forman C₂O que sirve como catalizador. En otra realización, un oxidante tal como CO₂ o un reductor tal como Zn o Al de R-Ni puede reaccionar con OH⁻ para formar H₂O y H como un intermedio en donde algunos de la H está catalizada a hidrino por H₂O durante la reacción. En otra realización, al menos uno de H₂O y H pueden formar por una reacción de reducción de al menos una de las especies

que comprende al menos uno de O y H como H₂, H, H⁺, O₂, O₃, O_3^+ , O_3^- , O, O⁻, H₂OH₃O⁺, OH, OH⁺, OH⁻, HOOH, OOH⁻, O⁻, O²⁻, O_2^- , y O_2^{2-} . En otra realización, al menos uno de H₂O y H pueden formar por una reacción de oxidación que implica al menos una de las especies que comprende al menos uno de O y H tal como H₂, H, H⁺, O₂, O₃, O_3^+ , O_3^- ,

O, O⁺, H₂OH₃O⁺, OH, OH⁺, OH⁻, HOOH, OOH⁻, O⁻, O₂, O_2^- , y O_2^{2-} . La reacción puede comprender uno de los de la divulgación. La reacción puede producirse en la célula de células CIHT o electrólisis. Las reacciones pueden ser las que ocurren en las células de combustible tales como membrana de intercambio de protones, ácido fosfórico, y las pilas de combustible de óxido sólido. Las reacciones pueden tener lugar en el ánodo de la célula CIHT. Las reacciones pueden tener lugar en el cátodo célula CIHT. Reacciones catódicas representativas que se producen en medios acuosos para formar H₂O catalizador y H o formar especies intermedias que pueden formar H₂O catalizador y H en uno o ambos del cátodo y el ánodo son



[0607] En una realización, la unión de H de un catalizador capaz de dicha unión puede alterar la energía que puede aceptar de H atómico cuando actúa como un catalizador. H unión puede influir en catalizadores que comprende enlace H a un átomo electronegativo tal como O, N, y la unión S. iónico puede alterar la energía también. En general, la entalpía neta que el catalizador puede aceptar de H puede cambiar en función de su ambiente químico. El ambiente químico y las interacciones con otras especies, incluyendo otras especies de catalizador pueden alterarse cambiando la composición o las condiciones de reacción. La composición de la mezcla de reacción, tal como la de un combustible sólido o de un células medias CIHT puede ajustarse para ajustar la energía de catalizador. Por ejemplo, la composición de solutos y disolventes, así como condiciones tales como la temperatura se puede ajustar como se indica en la descripción. De este modo, la tasa de catalizador y de alimentación de la formación de hidrinos pueden ajustarse. En la célula CIHT, además, la corriente puede ser ajustada para controlar la velocidad de la catálisis. Por ejemplo, la corriente puede ser optimizada mediante el ajuste de la carga para proporcionar una alta concentración de H₂O y H formado por las reacciones de células medias para que el producto que forma H₂O puede catalizar la H para formar hidrinos a una tasa alta. La presencia de un gran H₂(1/4) RMN pico a 1,25 ppm después de la extracción en dDMF a partir de células CIHT tales como [M/KOH (aq saturado)/vapor de carbono + aire]; M = metales tales como Zn, Sn, Co, LaNi₅H₆, La, Pb, Sb, In, y Cd que forman H₂O en el ánodo por la oxidación de OH⁻ apoya este mecanismo. Otras células ejemplares son [M/K₂CO₃ (ac sat)/SC], [M/KOH 10-22M + K₂CO₃ (ac sat)/SC] M = R-Ni, Zn, Co, Cd, Pb, Sn, Sb, In, Ge, [LaNi₅H₆/LiOH (ac sat) LiBr/CB-SA] y [LaNi₅H₆/ KOH (aq sat) Li₂CO₃/CB-SA]. Además de hidrinos, un producto de H₂O que sirve como un catalizador se ioniza H₂O que pueden recombinarse en H₂ y O₂; Por lo tanto, H₂O catálisis puede generar estos gases que pueden ser utilizados comercialmente. Esta fuente de H₂ puede ser utilizada para mantener la potencia de salida de la célula CIHT. Se puede suministrar H₂ directamente o como un reactivo para regenerar los reactivos de células medias CIHT tal como un hidruro ánodo o metal. En una realización, R-Ni sirve como una fuente de H₂O y H que reaccionan para formar hidrinos. La fuente de H₂O y opcionalmente H pueden ser hidratados de alúmina tales como Al(OH)₃. En una realización, la R-Ni puede ser rehidratada y rehidratada para servir en ciclos repetidos para formar hidrinos. La energía puede ser liberada en forma de calor o electricidad. En el primer

caso, la reacción puede ser iniciada por calentamiento.

[0608] En una realización, las especies de oxígeno reducido es una fuente de $\text{HO}^\cdot$ tal como $\text{OH}^\cdot$ que puede oxidarse en el ánodo de la célula CIHT o producido químicamente en las reacciones de combustible sólido. Los reactivos de células tales como los reactivos anódicos de la célula CIHT comprenden además H_2 . El H_2 reacciona con $\text{OH}^\cdot$ para formar H y H_2O en un estado activo para el H_2O para servir como un catalizador para formar hidrinos por reacción con el H . Alternativamente, los reactivos comprenden una fuente de H tal como un hidruro o H_2 y un disociador de tal manera que H reacciona con $\text{OH}^\cdot$ para formar el H activado O_2O catalizador hidrino que reacciona además con otro H para formar hidrinos. Células ejemplares son $[\text{M} + \text{H}_2/\text{KOH} (\text{aq saturado})/\text{carbono de vapor} + \text{O}_2]$ Y $[\text{M} + \text{H}_2 + \text{disociador como Pt/C o Pd/C/KOH} (\text{aq saturado})/\text{carbono de vapor} + \text{O}_2]$; $\text{M} = \text{Zn, Sn, Co, LaNi}_5\text{H}_6, \text{Cd, Pb, Sb e In}$. En una realización de un reactor térmico, hidrógeno y oxígeno se combinan en una superficie de metal para formar H_2 catalizador de O y H que reaccionan para formar hidrinos. El metal promueve H y/o recombinación oxidativa para formar agua que sirve como un catalizador para H para formar hidrinos el que el metal oxidado pueden formar un hidróxido u óxido. metales ejemplares adecuados son $\text{Zn, Sn, Co, LaNi}_5\text{H}_6, \text{Cd, Pb, Sb e In}$.

[0609] Las tensiones de estado estacionario cargadas de las células $[\text{Na}/\text{BASE}/\text{NaOH}]$ y $[\text{NaOH} + \text{Ni} (\text{H}_2)/\text{Base}/\text{MgCl}_2 + \text{NaCl}]$ son alrededor de 0,4 V que coincide con la energía de unión H de H_2O . Por lo tanto, en una realización, la célula CIHT está activa cuando el voltaje de la célula interrumpe la unión H tal que las moléculas H_2 pueden actuar de forma autónoma para causar H a ser catalizada a hidrino en donde la entalpía aceptada por H_2O es $3\text{X}27,2 \text{ eV}$.

[0610] En una realización, la fuerza iónica del electrolito se ajusta para romper la unión H entre las moléculas de agua de tal manera que cada uno puede servir como un catalizador con H . La fuerza iónica puede ajustarse mediante la adición de otros solutos o disolventes. Alternativamente, los reactivos comprenden un soporte que absorbe moléculas aisladas H_2 de O y H . El soporte puede ser nanotubos de carbono, fullereno, o compuesto de jaula o cavidad similares. El soporte puede ser un compuesto de jaula que comprende elementos distintos de carbono, tales como al menos uno de Al y Si , tales como zeolitas. Las zeolitas pueden estar dopadas con un conductor. El soporte puede ser un reactivo de célula media de ánodo que puede comprender además un agente reductor que reacciona con $\text{OH}^\cdot$ para formar H_2O tal como al menos uno de $\text{Zn, Co, Pb, LaNi}_5\text{H}_6, \text{Cd, Sn, Sb e In}$. El soporte puede comprender un medio con una constante dieléctrica que reduce la de H_2O por la interacción con H_2O .

[0611] En una realización, moléculas aisladas H_2O se forman por una reacción química tal como una reacción de oxidación o reducción de reactivos que comprende al menos uno de O y H para formar H_2O en un estado catalítico activo para catalizar H a hidrinos. En una realización, la reacción puede comprender una etapa de deshidratación para formar al menos transitoriamente moléculas aisladas H_2O . Los sistemas biológicos pueden utilizar la formación de agua en la cadena de transporte de electrones y en la fotosíntesis como fuente de energía en donde el agua formada reacciona con H para formar hidrinos. En realizaciones, los sistemas químicos similares se utilizan para producir electricidad en la célula CIHT.

[0612] En una realización, H_2O se forma en un entorno aislado de otras moléculas de agua para evitar la unión H de tal manera que pueden servir como catalizadores para formar hidrinos. $\text{OH}^\cdot$ pueden sufrir oxidación y reaccionan con H para formar H_2O en el interior de un canal, jaula, u otra estructura geométrica o entorno termodinámico hidrófobo u otro que excluye el agua agregada. Reactivos de ánodo adecuados que pueden absorber moléculas H_2O individuales o de otro modo excluir el agua agregada son nanotubos de carbono, fullereno, o compuestos jaula o cavidad similares, tales como las zeolitas que se pueden mezclar con un conductor tal como carbono o dopado con un conductor tal como Pt/nanoTi , $\text{Pt}/\text{Al}_2\text{O}_3$, zeolita, zeolita Y, zeolita HY, y $\text{Ni}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$. Carbono de vapor o activado que tiene algunas funcionalidades hidrófilas pueden servir como un soporte tal como la del ánodo. La celulosa, fibra de carbono, Nafion, una resina de intercambio de cationes o aniones, el tamiz molecular tal como 4A o 13X, o un polímero conductor una polianilina, politiofeno, poliacetileno, polipirrol, polivinilferroceno, polivinilniqueloceno, o polivinilcobaltoceno puede añadirse al ánodo. Una fuente de H se puede añadir tal como gas H_2 . $\text{OH}^\cdot$ puede estar formada por la oxidación de $\text{OH}^\cdot$. El gas H_2 puede reaccionar con el $\text{OH}^\cdot$ a partir de H_2O . Alternativamente, los átomos de H pueden ser proporcionados por un H_2 disociador tal como Pt/C o Pd/C que puede ser activado.

[0613] En una realización, al menos una mezcla de reacción de célula media comprende un tensioactivo. El tensioactivo puede ser iónico tal como aniónico o catiónico. Los tensioactivos aniónicos adecuados se basan en aniones permanentes (sulfato, sulfonato, fosfato) o aniones dependientes del pH (carboxilato). Sulfatos ejemplares son alquilo-sulfatos tales como lauril sulfato de amonio, lauril sulfato de sodio o sulfato de dodecilo de sodio (SDS), éter sulfatos de alquilo tales como lauril sulfato de sodio éter (SLES) y sulfato de mirido sodio. Sulfonatos ejemplares son docusatos tales como dioctilsulfosuccinato de sodio, sulfonato de tensioactivos fluorados tales como perfluorooctano (PFOS) y perfluorobutanossulfonato, y sulfonatos de alquil benceno. Fosfatos ejemplares son alquil aril éter fosfato, y el fosfato de éter de alquilo tal como perfluorononanoato y perfluorooctanoato (PFOA o PFO). Los tensioactivos catiónicos adecuados son los basados en aminas primarias, secundarias o terciarias dependientes de pH, en donde, por ejemplo, aminas primarias se cargan positivamente a $\text{pH} < 10$, aminas secundarias se cargan a $\text{pH} < 4$ tales como dihidrocloruro de octenidina, cationes cargados de forma permanente de amonio cuaternario tales como sales de alquiltrimetilamonio, tales como bromuro de cetil trimetilamonio (CTAB), y cloruro de cetil trimetilamonio (CTAC), cloruro de cetilpiridinio (CPC), polietoxilado amina de sebo (POEA), cloruro de benzalconio (BAC), cloruro de bencetonio (BZT), 5-bromo-5-nitro -1,3-dioxano, cloruro de dimetildioctadecilamonio, y bromuro de

diocetadecildimetilamonio (DODAB). Tensioactivos zwitteriónicos ejemplares (anfóteros) se basan en aminas primarias, secundarias o terciarias o catión de amonio cuaternario con sulfonatos tales como CHAPS (3-[(3'-olamidopropil)dimetilamonio]-1-propanosulfonato), sultainas tales como cocamidopropil hidroxisultaina, carboxilatos, tales como aminoácidos, ácidos imino, betainas tales como cocamidopropil betaina y fosfatos tales como lecitina. El tensioactivo puede ser no iónico, tal como alcoholes grasos tales como alcohol cetílico, alcohol estearílico, alcohol cetoestearílico, tales como que consiste predominantemente de alcoholes cetílico y estearílico, alcohol oleílico, éteres alquílicos de polioxietileno de glicol tales como el éter monododecílico de octaetilenglicol, pentaetilen glicol éter de monododecilo; polioxipropileno alquil éteres de glicol, éteres de alquilo tales como glucósido de decilo glucósido, lauril glucósido, y el glucósido de octilo, éteres de polioxietileno octilfenol de glicol tales como Triton X-100, éteres de alquilfenol de polioxietileno de glicol tales como nonoxinol-9, ésteres de alquilo de glicerol tales como laurato de glicerilo, ésteres de alquilo de polioxietilenglicol de sorbitán tales como polisorbatos, ésteres de alquilo de sorbitán tales como luces, cocamida MEA, cocamida DEA, óxido de dodecildimetilamina, y copolímeros de bloque de polietilenglicol y polipropileno glicol tal como poloxámeros. Los cationes pueden comprender metales tales como metal alcalino, metal alcalinotérreo, y metales de transición, y poliatómico u orgánico tal como amonio, piridinio, y trietanolamina (TEA). El anión puede ser inorgánico tal como un haluro u orgánico tal como tosilos, trifluorometanosulfonatos, y metilsulfato.

[0614] La temperatura de la célula se puede mantener en cualquier nivel deseado. En una realización en donde H₂O sirve como el catalizador, la unión H se interrumpe con el fin de que la energía potencial de H₂O mejor coincide con un número entero de 27,2 eV. La unión H puede ser interrumpida por al menos una de mantener la concentración de electrolito de alta, mantener la célula a una temperatura elevada tal como en el intervalo de aproximadamente 30°C a 100°C, y mediante la adición de otros gases o disolventes para el agua tales como NH₃, amina, o un gas noble y DMSO, respectivamente, así como otros dados en la divulgación. Otros gases adecuados son al menos uno de CO₂, NO₂, NO, N₂O, NF₃, CF₄, SO₂, SF₆, Cs₂, He, Ar, Ne, Kr, y Xe. En una realización, la molaridad de NH₃ añadido al electrolito está en el intervalo de aproximadamente 1 mM a 18 M. Un electrolito ejemplar es una mezcla de KOH saturado tal como hasta aproximadamente 22 M y saturada de NH₃ tal como hasta aproximadamente 18 M. La concentración de gas disuelto puede ser elevada mediante la aplicación de gas a presión elevada, tal como en el intervalo de presión de aproximadamente 1 atm a 500 atm. La unión H también puede ser interrumpida mediante la aplicación de excitación externa, tales como las fuentes dadas en la divulgación. Una mezcla de gases puede comprender O₂ o una fuente de oxígeno.

[0615] En una realización, un potencial de impulso se aplica a la célula que puede estar por encima o por debajo del umbral para la electrólisis de agua. Teniendo en cuenta el sobrepotencial de los electrodos, el potencial puede estar en el intervalo de aproximadamente 1 V a 3,5 V. La fuente potencial de impulso puede cargarse con una alta resistencia y conectarse a los electrodos CIHT, o su corriente puede ser limitada a un valor bajo respecto al de la célula CIHT cargada en la ausencia del potencial impulso. El potencial se puede aplicar de forma intermitente cuando la célula CIHT es de circuito abierto. Entonces, el potencial de impulso puede hacerse circuito abierto mientras se carga la célula CIHT. La contribución de tensión proporcionada por la célula CIHT cuando está conectada a la carga hace que la corriente fluya en su circuito a través de su carga de mucho menos resistencia relativa de tal manera que la potencia disipada es esencialmente la de la célula CIHT. En una realización, la reacción que forma el catalizador, tal como H₂O y H se pueden propagar en circunstancias donde la tasa puede ser no deseable o baja prohibitiva. En una realización, H₂O puede reducirse a OH⁻ en el cátodo, y OH⁻ puede estar oxidado a H₂O en el ánodo con la ayuda de carga de la fuente de energía potencial de impulso externo. Hidrinos se producen durante las reacciones donde la potencia útil se produce por la célula CIHT y se disipa en su carga con potencia mínima extraída de la fuente potencial de impulso. Una célula ejemplar es [LaNi₅H₆/ KOH (sat ac)/SC potencial impulso]. La frecuencia de la aplicación del potencial de impulso puede ser que lo que aumenta la energía de salida neta de la célula CIHT y puede estar en el rango de 1 MHz a 100 GHz.

[0616] En una realización, un campo eléctrico se produce mediante la catálisis de H para formar hidrinos que se manifiesta como una tensión celular de la célula CIHT. La tensión y los cambios de campo correspondientes con carga y descarga de la célula en la que la corriente fluye a la célula cargado. El circuito se abre y se cierra a una frecuencia que hace que las moléculas de agua para dispersar y romper H unión en respuesta al campo eléctrico cambiante de tal manera que H₂O puede servir como catalizador para formar hidrinos. Alternativamente, se aplica un voltaje a una frecuencia que hace que las moléculas de agua para dispersar y romper unión H en respuesta al campo eléctrico cambiante de tal manera que H₂O puede servir como catalizador para formar hidrinos.

[0617] En una realización de la célula CIHT, la unión H de H₂O se puede disminuir para formar H₂O en un estado activo como un catalizador mediante la aplicación de un campo eléctrico pulsado o alterno a los electrodos. La frecuencia, la tensión, y otros parámetros pueden ser los que figuran en la descripción. En una realización, el campo aplicado está a una frecuencia que disminuye la permitividad de al menos uno de H₂O y el electrolito. Una frecuencia adecuada es la que corresponde a aproximadamente la permitividad mínima.

[0618] En una realización que comprende excitación por radiación electromagnética tal como RF o microondas, la presión de vapor de agua es mantener a una presión baja y temperatura se mantiene a un valor elevado para minimizar la unión H para favorecer mejor la formación de moléculas aisladas H₂O que se encuentran en un estado activo para catalizar H también presente para formar hidrinos. Los reactantes pueden comprender un plasma de vapor de agua

que comprende moléculas de H₂O aisladas y átomos H en donde H₂ sirve como catalizador para aceptar sobre 3X27.2 eV de H para formar H(1/4). La temperatura puede ser de 35°C a 1000°C y la presión puede ser la forma 600 Torr a 1 microTorr.

5 **[0619]** De manera similar a H₂O, la energía potencial del grupo funcional amida NH₂ dada en Mills GUTCP es -78,77719 eV. A partir de la CDN, ΔH para la reacción de NH₂ para formar KNH₂ calculado a partir de cada uno correspondiente ΔH es (-128,9-184,9) kJ/mol = -313,8 kJ/mol (3,25 eV). A partir de la CDN, ΔH para la reacción de NH₂ Para formar NaNH₂ calculada a partir de cada uno correspondiente ΔH es (-123,8-184,9) kJ/mol = -308,7 kJ/mol (3,20 eV). A partir de la CDN, ΔH para la reacción de NH₂ para formar LiNH₂ calculado a partir de cada uno correspondiente ΔH es (-179,5-184,9) kJ/mol = -364,4 kJ/mol (3,78 eV). Por lo tanto, la entalpía de red que puede ser aceptada por amidas alcalinas MNH₂ (M = K, Na, Li) que sirve como catalizadores de H para formar hidrinos son alrededor de 82,03 eV, 81,98 eV, y 82,56 eV (m = 3 en la Ec. (5)), respectivamente, correspondientes a la suma de la energía potencial del grupo amida y la energía para formar la amida del grupo amida. La presencia de un gran pico H₂(1/4) RMN a 1,25 ppm de MNH₂ después de la extracción en DDMF apoya este mecanismo. En una realización, **NH₄⁺** puede ser la fuente de NH₂. Una célula ejemplar en la que H⁺ se reduce en el cátodo, y H se oxida en el ánodo es [LaNi₅H₆ o Ni(H₂)/CF₃CO₂NH₄/PtC].

20 **[0620]** De manera similar a H₂O, la energía potencial del grupo funcional H₂S dado en Mills GUTCP es -72,81 eV. La cancelación de esta energía potencial también elimina la energía asociada con la hibridación de la carcasa 3p. Esta energía de hibridación de 7,49 eV está dada por la relación del radio orbital de hidruro y el radio orbital atómico inicial por la energía total de la carcasa. Además, el cambio de energía de la carcasa S3p debido a la formación de los dos enlaces SH de 1,10 eV está incluido en la energía catalizadora. Por lo tanto, la entalpía neta de H₂S catalizador es 81,40 eV (m = 3 en la Ec. (5)). El catalizador H₂S puede estar formado de MHS (M = álcali) por la reacción

25
$$2\text{MHS} \rightarrow \text{M}_2\text{S} + \text{H}_2\text{S} \quad (392)$$

Esta reacción reversible puede formar H₂S en un estado catalítico activo en el estado de transición a producto H₂S que puede catalizar la H a hidrino. La mezcla de reacción puede comprender reactivos que forman H₂S y una fuente de H atómica. La presencia de un gran pico H⁺(1/4) RMN a -3,86 ppm de MHS después de la extracción en DDMF apoya este mecanismo.

30 **[0621]** La célula o reactor pueden comprender un catalizador tal como H₂O, MNH₂ o H₂S, o una fuente del mismo, una fuente de H, y un medio para causar H₂O, MNH₂ o H₂S, o una fuente del mismo para servir como catalizador para formar hidrinos. En una realización, el catalizador, tal como H₂O, MNH₂ o H₂S es activado por una excitación externa. La excitación externa a modo de ejemplo adecuado comprende la aplicación de ultrasonidos, calor, luz, radiación de RF o microondas. La excitación aplicada puede causar excitación de rotación, de vibración, o electrónica del catalizador, tal como H₂O. El microondas o de RF de excitación puede ser la de un electrolito acuoso tal como una base acuosa tal como MOH o un haluro de álcali acuoso tal como NaCl. La frecuencia de excitación de RF puede ser de aproximadamente 13,56 MHz y puede comprender radiación RF polarizado. La solución puede ser cualquier concentración. Una concentración ejemplar adecuado es de aproximadamente 1 M a saturada. La excitación externa también puede formar H a partir de una fuente tal como H₂ o H₂O. H también puede ser un producto de H₂O que sirve como un catalizador en el que la molécula de H₂O se ioniza en el proceso de aceptación de energía a partir de H. H también puede estar formado por otros sistemas y métodos de la descripción, tales como la formación de H de H₂ y un disociador.

45 **[0622]** DC continua o pulsada o plasma de otra frecuencia que comprende H₂OH₂S, o MNH₂ (M = metal alcalino) puede tener cualquier forma de onda deseada, rango de frecuencia, tensión de pico, la potencia pico, pico de corriente, ciclo de trabajo, y el desplazamiento de tensión. El plasma puede ser DC, o la tensión aplicada puede haber sido alterna o tener una forma de onda. La solicitud puede ser pulsada a una frecuencia deseada y la forma de onda puede tener una frecuencia deseada. Frecuencias de impulsos adecuados están dentro del intervalo de aproximadamente 1 a aproximadamente 1.000 Hz y el ciclo de trabajo pueden ser de aproximadamente 0,001% a aproximadamente 95%. La tensión de pico puede estar dentro del intervalo de al menos uno de aproximadamente 0,1 V a 10 V. En otra realización se aplica un pulso de alto voltaje que puede en el intervalo de aproximadamente 10 V a 100 kV, pero puede estar dentro de los rangos más estrechos de ordenar incrementos de magnitud dentro de este rango. La forma de onda puede tener una frecuencia dentro de la gama de al menos uno de aproximadamente 0,1 Hz a aproximadamente 100 MHz, alrededor de 100 MHz a 10 GHz, y cerca de 10 GHz a 100 GHz. El ciclo de trabajo puede estar en el intervalo de aproximadamente 0,001% a aproximadamente 95%, y aproximadamente 0,1% a aproximadamente 10%, pero puede estar dentro de intervalos más estrechos de los factores de incrementos de 2 dentro de este rango. En una realización, la frecuencia interrumpe la unión H o provoca una dispersión de la permitividad H₂O. La frecuencia está dentro de un intervalo que hace que la parte real de la permitividad del agua se disminuya. Un valor adecuado está dentro de un factor de 2 de la permitividad mínima. La frecuencia puede estar en el rango de 1 GHz a 50 GHz. La densidad de potencia de pico de los impulsos puede estar en el intervalo de aproximadamente 0,001 W/cm la frecuencia interrumpe la unión H o provoca una dispersión de la permitividad H₂O. La frecuencia está dentro de un intervalo que hace que la parte real de la permitividad del agua se disminuya. Un valor adecuado está dentro de un factor de 2 de la permitividad mínima. La frecuencia puede estar en el rango de 1 GHz a 50 GHz. La densidad de

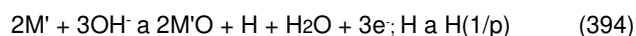
potencia de pico de los impulsos puede estar en el intervalo de aproximadamente 0,001 W/cm la frecuencia interrumpe la unión H o provoca una dispersión de la permitividad H₂O. La frecuencia está dentro de un intervalo que hace que la parte real de la permitividad del agua se disminuya. Un valor adecuado está dentro de un factor de 2 de la permitividad mínima. La frecuencia puede estar en el rango de 1 GHz a 50 GHz. La densidad de potencia de pico de los impulsos puede estar en el intervalo de aproximadamente 0,001 W/cm³ a 1,000 W/cm³, pero puede estar dentro de los rangos más estrechos de incrementos de magnitud orden dentro de este rango. La densidad de potencia media de los pulsos puede estar en el intervalo de aproximadamente 0,0001 W/cm³ a 100 W/cm³, pero puede estar dentro de los rangos más estrechos de incrementos de magnitud orden dentro de este rango. La presión del gas puede estar en el intervalo de aproximadamente 1 microTorr a 10 atm, pero puede estar dentro de los rangos más estrechos de incrementos de magnitud orden dentro de este intervalo, tales como dentro del intervalo de aproximadamente 1 mTorr a 10 mTorr.

[0623] En una realización, la reacción concertada entre los reactivos de células medias ánodo y cátodo causan al menos una coincidencia de la energía entre H y catalizador H₂O tales que se formen hidrinos y proporcionar la energía de activación para la reacción de catálisis hidrino. En una realización ejemplar, que comprende la CIHT [M /KOH (ac saturado)/H₂O o O₂ catalizador de reducción + aire]; M = Zn, Co, Pb, LaNi₅H₆, Cd, Sn, Sb, In, o Ge, el H₂O o O₂ catalizador de reducción tal como carbón de vapor (SC) o negro de humo (CB) sirve la función de al menos uno de causar el partido de energía y proporcionar la energía de activación. En una realización, los reactivos que forman H₂O en un estado catalítico activo y H pueden servir para generar energía térmica. El reactivo de células medio puede mezclarse para causar directamente la liberación de energía térmica. Los reactivos ejemplares pueden ser una mezcla de M + KOH (ac sat) + catalizador de reducción H₂O o O₂ + aire; M puede ser Zn, Co, Pb, LaNi₅H₆, Cd, Sn, Sb, In, o Ge y catalizador de reducción H₂O o O₂ puede ser carbono, un carburo, boruro, o nitrilo. En otra realización, el ánodo puede ser un metal M' tal como Zn y el cátodo puede ser un metal hidruro MH_x tales como LaNi₅H₆. La célula CIHT ejemplar puede comprender [Zn/KOH (ac saturado)/LaNi₅H₆, R-Ni, o PTC + aire o O₂]. Reacciones en los electrodos generales ejemplares son

Cátodo:



Ánodo:

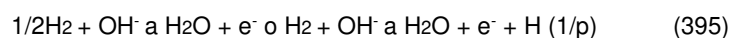


mezclas de reacción adecuadas térmicas ejemplares son Sn + KOH (ac sat) + CB o SC + aire y Zn + KOH (ac sat) + LaNi₅H₆, R-Ni, o PTC + aire.

[0624] Además de la oxidación de OH⁻ y la reacción con H, la reacción para formar catalizador H₂O puede ser una reacción de deshidratación. Una reacción a modo de ejemplo adecuado es la deshidratación de un hidróxido metálico a un óxido de metal tal como Zn(OH)₂ a ZnO + H₂O, Co(OH)₂ a CoO + H₂O, Sn(OH)₂ a SnO + H₂O, o Pb(OH)₂ a ZnO + H₂O. Otro ejemplo es Al(OH)₃ a Al₂O₃ + H₂O en donde R-Ni puede comprender Al(OH)₃ y también sirven como una fuente de H que puede ser catalizada para formar hidrinos con al menos una de OH⁻ y H₂O en calidad de catalizador. La reacción puede iniciarse y propagarse por calentamiento.

[0625] En una realización, la célula comprende un electrolito de sal fundida que comprende un hidróxido. El electrolito puede comprender una mezcla de sales. En una realización, la mezcla de sal puede comprender un hidróxido de metal y el mismo metal con otro anión de la descripción tal como haluro, nitrato, sulfato, carbonato y fosfato. mezclas de sales adecuadas son CSNO₃-CSOH, CsOH-KOH, CsOH-LiOH, CsOH-NaOH, CsOH-RbOH, K₂CO₃-KOH, KBr-KOH, KCl-KOH, KF-KOH, KIKOH, KNO₃-KOH, KOH-K₂SO₄, KOH-LiOH, KOH-NaOH, KOH-RbOH, Li₂CO₃-LiOH, LiBr-LiOH, LiCl-LiOH, LiF-LiOH, LiI-LiOH, LiNO₃-LiOH, LiOH-NaOH, LiOH-RbOH, Na₂CO₃-NaOH, NaBr-NaOH, NaCl-NaOH, NaF-NaOH, NaI-NaOH, NaNO₃-NaOH, NaOH-Na₂SO₄, NaOH-RbOH, RbCl-RbOH, y RbNO₃-RbOH. La mezcla puede ser una mezcla eutéctica. La célula puede funcionar a una temperatura de aproximadamente la de la punta de la mezcla eutéctica de fusión, pero puede hacerse funcionar a temperaturas más altas. El catalizador H₂O puede estar formado por la oxidación de OH⁻ en el ánodo y la reacción con H desde una fuente tal como gas H₂ penetró a través de una membrana de metal, tal como Ni, V, Ti, Nb, Pd, PdAg, o Fe designado por Ni(H₂), V(H₂), Ti(H₂), Nb(H₂), Pd(H₂), PdAg(H₂), o Fe(H₂). El metal del hidróxido, el catión del hidróxido tal como un metal, u otro catión M puede ser reducido en el cátodo. Reacciones ejemplares son

Ánodo



Cátodo

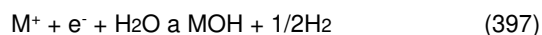


M puede ser un metal tal como un alcalino, alcalino, de transición, la transición interior, o metal de tierra rara, Al, Ga, In, Ge, Sn, Pb, Sb, Bi, Se, y Te y estar otro elemento tal como S o P. la reducción de un catión distinto del de la

hidróxido puede resultar en un intercambio de aniones entre los cationes de sal. células ejemplares son $[M'(H_2)/MOH-M''X/M''']$ en donde M, M', M'', y M''' son cationes tales como metales, X es un anión que puede ser hidróxido o otro anión tal como haluro, nitrato, sulfato, carbonato y fosfato, y M' es H₂ permeable. Otro ejemplo es $[Ni(H_2)/M(OH)_2-M'X/Ni]$ en donde M = metal alcalinotérreo, M' = metal alcalino, y X = haluro tal como $[Ni(H_2)/Mg(OH)_2-NaCl/Ni]$, $[Ni(H_2)/Mg(OH)_2-MgCl_2De\ NaCl/Ni]$, $[Ni(H_2)/Mg(OH)_2MgO-MgCl_2/Ni]$, y $[Ni(H_2)/Mg(OH)_2-NaF/Ni]$. H₂O y la forma H y reaccionan en el ánodo para más hidrinos de formulario, y Mg metal es el termodinámicamente el producto más estable a partir de la reacción del cátodo. Otras células ejemplares adecuadas son $[Ni(H_2)/MOH-M'haluro/Ni]$, $[Ni(H_2)/M(OH)_2-M'haluro/Ni]$, $[M''(H_2)/MOH-M'haluro/M'']$, y $[M''(H_2)/M(OH)_2-M'haluro/M'']$ en donde M = metal alcalino o alcalinotérreo, M' = metal que tiene hidróxidos y óxidos que son al menos uno de menos estables que los de los metales alcalinos o alcalinotérreos o tienen una baja reactividad con agua, tal como uno del grupo de Cu, Ni, Pb, Sb, Bi, Co, Cd, Ge, Au, Ir, Fe, Hg, Mo, Os, Pd, Re, Rh, Ru, Se, Ag, Tc, Te, Ti, Sn, y W, y M'' es un metal permeable hidrógeno. Alternativamente, M' puede ser de metal electropositivo tal como uno o más del grupo de Al, V, Zr, Ti, Mn, se, Zn, Cr, Fe, Cd, Co, Ni, Sn, In y Pb. en otra realización, al menos uno de M y M' pueden comprender uno del grupo de Li, Na, K, Rb, Cs, Mg, Ca, Sr, Ba, al, V, Zr, Ti, Mn, Zn, Cr, Sn, In, Cu, Ni, Pb, Sb, Bi, Co, Cd, Ge, Au, Ir, Fe, Hg, Mo, Os, Pd, Re, Rh, Ru, se, Ag, Tc, Te, Ti, y W. En una realización, el catión puede ser común a los aniones del electrolito mezcla de sal, o el anión puede ser común a los cationes. Alternativamente, el hidróxido puede ser estable a las otras sales de la mezcla. Células ejemplares son $[Ni(H_2), V(H_2), Ti(H_2), Nb(H_2), Pd(H_2), PdAg(H_2), o\ Fe(H_2)/LiOH-LiX, NaOH-NaX, KOH-KX, RbOH-RBX, CsOH-CsX, Mg(OH)_2-MgX_2, Ca(OH)_2-CaX_2, Sr(OH)_2-SrX_2\ o\ Ba(OH)_2-BaX_2]$ en donde X = F, Cl, Br, o I/Ni], $[Ni(H_2), V(H_2), Ti(H_2), Nb(H_2), Pd(H_2), PdAg(H_2), o\ Fe(H_2)/CSNO_3-CSOH, CsOH-KOH, CsOH-LiOH, CsOH-NaOH, CsOH-RbOH, K_2CO_3-KOH, KBr-KOH, KCl-KOH, KFKOH, KI-KOH, KNO_3-KOH, KOH-K_2SO_4, KOH-LiOH, KOH-NaOH, KOH-RbOH, Li_2CO_3-LiOH, LiBr-LiOH, LiCl-LiOH, LiF-LiOH, LiI-LiOH, LiNO_3-LiOH, LiOH-NaOH, LiOH-RbOH, Na_2CO_3NaOH, NaBr-NaOH, NaCl-NaOH, NaF-NaOH, NaI-NaOH, NaNO_3NaOH, NaOH-Na_2SO_4, NaOH-RbOH, RbCl-RbOH, y RbNO_3-RbOH/Ni]$, y $[Ni(H_2), V(H_2), Ti(H_2), Nb(H_2), Pd(H_2), PdAg(H_2), O\ Fe(H_2)/LiOH, NaOH, KOH, RbOH, CsOH, Mg(OH)_2, Ca(OH)_2, Sr(OH)_2O\ Ba(OH)_2 + uno\ o\ más\ de\ AlX_3, VX_2, ZrX_2, TiX_3, MnX_2, ZnX_2, CrX_2, SnX_2, InX_3, CuX_2, NiX_2, PbX_2, SbX_3BiX_3CoX_2, CdX_2, GeX_3, AuX_3, IRX_3, FeX_3, HgX_2, MoX_4, OsX_4, PdX_2, ReX_3, RhX_3, RuX_3, SeX_2, AgX_2, TcX_4, TeX_4, TlX_3, y\ WX_4]$ en donde X = F, Cl, Br, o I/Ni]. Otros metales H₂ adecuadamente permeables puede reemplazar el ánodo de Ni y electrodos de cátodo estables pueden reemplazar Ni. En una realización, el electrolito puede comprender un oxihidróxido o una mezcla de sales, tales como uno o más de hidróxido, haluro, nitrato, carbonato, sulfato, fosfato, y oxihidróxido. En una realización, la célula puede comprender un puente de sal tal como la BASE o NASICON.

[0626] En una realización, una fuente de al menos uno de oxígeno y H₂O se suministra a la célula y se puede suministrar selectivamente al cátodo. En una realización, H₂ puede ser suministrado selectivamente al ánodo de tal manera que la reacción de ánodo está dada por la Ec. (395). En una realización, al menos uno de O₂ y H₂O puede ser suministrado a la célula. En una realización, O₂ H₂O puede ser añadido a la media de células de cátodo de tal manera que las reacciones son

Cátodo



Entonces, H₂O se puede añadir de manera que la reacción es



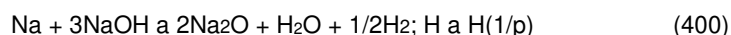
En el caso de que O₂ es suministrado, la reacción global equilibrada puede ser la combustión de H₂ que se regenera por electrólisis separada de H₂O. En una realización, H₂ se suministra en el ánodo y H₂O y opcionalmente O₂ se suministra en el cátodo. El H₂ se puede aplicar de forma selectiva por permeación a través de una membrana y H₂O se puede aplicar selectivamente por burbujeo de vapor. En una realización, una presión de vapor H₂O controlada se mantiene por encima del electrolito fundido. Un sensor H₂O puede ser usado para monitorear la presión de vapor y el control de la presión de vapor. La presión de vapor H₂O puede ser suministrada desde un depósito de agua calentado llevado por un gas portador inerte tal como N₂ o Ar en el que la temperatura del yacimiento y el caudal a determinar la presión de vapor controlado por el sensor. La célula puede funcionar de forma continua mediante la recopilación de vapor y H₂ de la célula tales como los suministros que no han reaccionado y los gases que se forman en el ánodo y el cátodo, respectivamente, separando los gases por medios tales como la condensación de H₂O, y volver a suministrar el ánodo con el H₂ y el cátodo con H₂O. En una realización, el catión puede ser común a los aniones del electrolito de mezcla de sal, o el anión puede ser común a los cationes. Alternativamente, el hidróxido puede ser estable a las otras sales de la mezcla. Los electrodos pueden comprender electrodos de área de alta superficie, tales como polvos metálicos porosos o sinterizados tales como polvo de Ni. Células ejemplares son $[Ni(H_2)/Mg(OH)_2-MgCl_2-NaCl/Ni\ mecha\ (H_2O\ y\ opcionalmente\ O_2)]$, $[Ni(H_2)/Mg(OH)_2-MgCl_2-NaCl/Ni\ mecha\ (H_2O\ y\ opcionalmente\ O_2)]$, $[Ni(H_2)/Mg(OH)_2MgO-MgCl_2/Ni\ mecha\ (H_2O\ y\ opcionalmente\ O_2)]$, $[Ni(H_2)/Mg(OH)_2-NaF/Ni\ mecha\ (H_2O\ y\ opcionalmente\ O_2)]$, $[Ni(H_2), V(H_2), Ti(H_2), Nb(H_2), Pd(H_2), PdAg(H_2), o\ Fe(H_2)/LiOH-LiX, NaOH-NaX, KOH-KX, RbOH-RBX, CsOH-CsX, Mg(OH)_2-MgX_2, Ca(OH)_2-CaX_2, Sr(OH)_2-SrX_2O\ Ba(OH)_2-BaX_2]$ en donde X = F, Cl, Br, o I/Ni mecha (H₂O y opcionalmente O₂), $[Ni(H_2), V(H_2), Ti(H_2), Nb(H_2), Pd(H_2), PdAg(H_2), o\ Fe(H_2)/CsNO_3-CsOH, CsOH-$

KOH, CsOH-LiOH, CsOH-NaOH, CsOH-RbOH, K₂CO₃-KOH, KBr-KOH, KCl-KOH, KF-KOH, KI-KOH, KNO₃-KOH, KOH-K₂SO₄, KOH-LiOH, KOH-NaOH, KOH-RbOH, Li₂CO₃-LiOH, LiBr-LiOH, LiCl-LiOH, LiF-LiOH, LiI-LiOH, LiNO₃-LiOH, LiOH-NaOH, LiOH-RbOH, Na₂CO₃-NaOH, NaBr-NaOH, NaCl-NaOH, NaF-NaOH, NaI-NaOH, NaNO₃-NaOH, NaOH-Na₂SO₄, NaOH-RbOH, RbCl-RbOH, y RbNO₃-RbOH/Ni mecha (H₂O y opcionalmente O₂), y [Ni(H₂), V(H₂), Ti(H₂), Nb(H₂), Pd(H₂), PdAg(H₂), o Fe(H₂)/LiOH, NaOH, KOH, RbOH, CsOH, Mg(OH)₂, Ca(OH)₂, Sr(OH)₂ Ba(OH)₂ + Uno o más de AlX₃, VX₂, ZrX₂, TiX₃, MnX₂, ZNX₂, CRX₂, SnX₂, INX₃, CuX₂, NiX₂, PBX₂, SBX₃BIX₃Cox₂, CDX₂, GeX₃, AUX₃, IRX₃, FeX₃, HgX₂, MoX₄, OsX₄, PdX₂, ReX₃, RhX₃, RuX₃, el SeX₂, AgX₂, TcX₄, TeX₄, TLX y WX₄ en donde X = F, Cl, Br, o I/Ni mecha (H₂O y opcionalmente O₂)]. Las células tales como [Ni(H₂)/MOH (M = álcali) M'X₂ (M' = alcalinotérreo) y opcionalmente MX (X = haluro)/Ni] se puede realizar a una temperatura elevada tal que los reactivos son termodinámicamente estables a intercambio hidróxido-haluro.

[0627] En una realización, la célula puede comprender un puente de sal tal como la base o NASICON. El cátodo puede comprender un H₂O o O₂ catalizador de reducción. El H₂O y opcionalmente O₂ puede ser suministrado por burbujeo a través de un electrodo poroso tal como electrodo poroso que consta de un conjunto fuertemente unido de un cuerpo poroso Ni (Celmel nº 6, Sumitomo Electric Industries, Ltd.) dentro de un tubo de alúmina exterior. En otra realización, H₂O se inyecta o se gotea en la mayor parte del electrolito y se retiene durante un tiempo suficiente para mantener un voltaje de la célula antes de que se evapora debido a la solvatación del electrolito. H₂O se puede añadir de nuevo periódicamente o continuamente. En una realización, se limpia el ánodo tal como un ánodo permeable hidrógeno. El ánodo ejemplar Ni(H₂) puede estar limpio por abrasión o por inmersión en 3% H₂O₂/0,6 MK₂CO₃ seguido de aclarado con H₂O destilada. La abrasión también aumentará el área de superficie. Por separado, en al menos una de la morfología y la geometría del ánodo se selecciona para aumentar el área de superficie del ánodo.

[0628] En una realización, el ánodo de la célula de electrolito de sal fundida comprende al menos un hidruro tal como LaNi₅H₆ y otros de la divulgación, tales como los de las células alcalinas acuosas, y un metal tal como uno del grupo de Li, Na, K, Rb, Cs, Mg, Ca, Sr, Ba, Al, V, Zr, Ti, Mn, Zn, Cr, Sn, In, Cu, Ni, Pb, Sb, Bi, Co, Cd, Ge, Au, Ir, Fe, Hg, Mo, Os, Pd, Re, Rh, Ru, Se, Ag, Tc, Te, TL, y W. Células ejemplares son [M o MH/Mg(OH)₂-NaCl/Ni mecha (H₂O y opcionalmente O₂)], [M o MH/Mg (OH)₂-MgCl₂-NaCl/Ni mecha (H₂O y opcionalmente O₂)], [M o MH/Mg (OH)₂MgO-MgCl₂/Ni mecha (H₂O y opcionalmente O₂)], [M o MH/Mg (OH)₂-NaF/Ni mecha (H₂O y opcionalmente O₂)], [M o MH/LiOH-LiX, NaOH-NaX, KOHKX, RbOH-RBX, CsOH-CsX, Mg(OH)₂-MgX₂, Ca(OH)₂-CaX₂, Sr(OH)₂-SrX₂ Ba(OH)₂-BaX₂ en donde X = F, Cl, Br, o I/Ni mecha (H₂O y opcionalmente O₂)], [M o MH/CSNO₃-CSOH, CsOH-KOH, CsOH-LiOH, CsOH-NaOH, CsOH-RbOH, K₂CO₃-KOH, KBr-KOH, KCl-KOH, KF-KOH, KI-KOH, KNO₃-KOH, KOH-K₂SO₄, KOH-LiOH, KOH-NaOH, KOH-RbOH, Li₂CO₃-LiOH, LiBr-LiOH, LiCl-LiOH, LiF-LiOH, LiI-LiOH, LiNO₃-LiOH, LiOH-NaOH, LiOH-RbOH, Na₂CO₃-NaOH, NaBr-NaOH, NaCl-NaOH, NaF-NaOH, NaI-NaOH, NaNO₃-NaOH, NaOH-Na₂SO₄, NaOH-RbOH, RbCl-RbOH, y RbNO₃-RbOH/Ni mecha (H₂O y opcionalmente O₂)], Y [M o MH/LiOH, NaOH, KOH, RbOH, CsOH, Mg(OH)₂, Ca(OH)₂, Sr(OH)₂ Ba(OH)₂ + Uno o más de AlX₃, VX₂, ZrX₂, TiX₃, MnX₂, ZNX₂, CRX₂, SnX₂, INX₃, CuX₂, NiX₂, PBX₂, SBX₃BIX₃Cox₂, CDX₂, GeX₃, AUX₃, IRX₃, FeX₃, HgX₂, MoX₄, OsX₄, PdX₂, ReX₃, RhX₃, RuX₃, SeX₂, AgX₂, TcX₄, TeX₄, TLX y WX₄ en donde X = F, Cl, Br, o I/Ni mecha (H₂O y opcionalmente O₂)] en el que MH = LaNi₅H₆ y otros de la divulgación; M = uno del grupo de Li, Na, K, Rb, Cs, Mg, Ca, Sr, Ba, Al, V, Zr, Ti, Mn, Zn, Cr, Sn, In, Cu, Ni, Pb, Sb, Bi, Co, Cd, Ge, Au, Ir, Fe, Hg, Mo, Os, Pd, Re, Rh, Ru, Se, Ag, Tc, Te, TL, y W. Las presiones de gas, tales como la de H₂, O₂ y aire tales como los aplicados a la célula, el H₂ presión de permeación, o la presión de cualquier gas burbujeado en la célula puede ser cualquier presión deseada. Las presiones adecuadas están en los intervalos de aproximadamente 0,001 Torr a 200 000 Torr, aproximadamente 1 Torr a 50 000 Torr, y aproximadamente 700 Torr a 10 000 Torr. Las proporciones de concentración de reactivo puede ser cualquier deseaban. relaciones de concentración adecuados son los que maximizan el poder, minimizar el coste, aumentar la durabilidad, aumentar la capacidad de regeneración y mejorar otras características operacionales conocidos por los expertos en la técnica. Estos criterios también se aplican a otras realizaciones de la divulgación. relaciones de concentración ejemplares adecuados para el electrolito son aproximadamente las de una mezcla eutéctica. En otra realización, la célula se hace funcionar en el modo por lotes siendo cerrado a la adición de O₂ o H₂O para la duración. H₂ pueden añadirse a la célula, o también se puede cerrar a H₂ Además durante el lote. H₂O y H₂ formados en el ánodo puede reaccionar en el cátodo en una circulación interna, o ánodo productos gaseosos pueden ser quitados de forma dinámica. La mezcla de reacción se puede regenerar después del lote.

[0629] Otra forma de las reacciones representadas por las ecuaciones. (355) y (217) que implica la célula ejemplar [Na/BASE/NaOH] y también puede ser operativo en las células de electrólisis que sigue el mecanismo similar a las de las ecuaciones. (322-325) y (334) es



Al menos uno de OH y H₂O puede servir como catalizador. En una realización, que comprende la célula un hidróxido que pueden formar H₂O, tal como [Na/BASE/NaOH] puede comprender además un hidrato tal como Ba₂ 2H₂O, o H₂O se puede añadir al cátodo. La célula puede comprender además una fuente de H tal como un hidruro o gas H₂ suministrado a través de una membrana permeable tal como Ni(H₂).

[0630] En una realización, el cátodo comprende por lo menos una de una fuente de agua y oxígeno. El cátodo puede ser un hidrato, un óxido, un peróxido, un superóxido, un oxihidróxido, y un hidróxido. El cátodo puede ser un óxido de metal que es insoluble en el electrolito, tal como un electrolito de sal fundida. óxidos metálicos ejemplares adecuados

son PbO₂, Ag₂O₂, RuO₂, H₂O₂, MnO₂, y los del grupo de V, Zr, Ti, Mn, Zn, Cr, Sn, In, Cu, Ni, Pb, Sb, Bi, Co, Cd, Ge, Au, Ir, Fe, Hg, Mo, Os, Pd, Re, Rh, Ru, Se, Ag, Tc, Te, TL, y W. Oxihidróxidos metálicos ejemplares adecuados son AlO(OH), ScO(OH), YO(OH), VO(OH), CrO(OH), MnO(OH) (α-MnO(OH) groutita e y -MnO(OH) manganita), FeO(OH), CoO(OH), NiO(OH), RHO(OH), GaO(OH), InO(OH), Ni_{1/2}Co_{1/2}O(OH), y Ni_{1/3}Co_{1/3}Mn_{1/3}O(OH). hidróxidos ejemplares adecuados son los de Li, Na, K, Rb, Cs, Mg, Ca, Sr, Ba, Al, V, Zr, Ti, Mn, Zn, Cr, Sn, In, Cu, Ni, Pb, Sb, Bi, Co, Cd, Ge, Au, Ir, Fe, Hg, Mo, Os, Pd, Re, Rh, Ru, Se, Ag, Tc, Te, TL, y W. En una realización, el ánodo de la célula de electrolito de sal fundida comprende al menos un hidruro tal como LaNi₅H₆ y otros de la divulgación, tales como los de las células alcalinas acuosas, y un metal tal como uno del grupo de Li, Na, K, Rb, Cs, Mg, Ca, Sr, Ba, Al, V, Zr, Ti, Mn, Zn, Cr, Sn, In, Cu, Ni, Pb, Sb, Bi, Co, Cd, Ge, Au, Ir, Fe, Hg, Mo, Os, Pd, Re, Rh, Ru, Se, Ag, Tc, Te, TL, y W. Un hidruro adecuado o metal es adecuadamente insoluble en el electrolito fundido. Células ejemplares son [un hidruro tal como LaNi₅H₆/electrolito de sal fundida que comprende un hidróxido/Ni o mecha Ni(H₂O y opcionalmente O₂)], [Un hidruro tal como LaNi₅H₆ o M(H₂)/Electrolito de sal fundida que comprende un hidróxido/un óxido tal como uno del grupo de PbO₂, Ag₂O₂, RuO₂, H₂O₂, MnO₂, y los del grupo de V, Zr, Ti, Mn, Zn, Cr, Sn, In, Cu, Ni, Pb, Sb, Bi, Co, Cd, Ge, Au, Ir, Fe, Hg, Mo, Os, Pd, Re, Rh, Ru, Se, Ag, Tc, Te, TL, y W] en donde M es un H₂ de metal permeable tal como Ni, Ti, Nb, V, o Fe, [un hidruro tal como LaNi₅H₆ o M(H₂)/Electrolito de sal fundida que comprende un hidróxido/un oxihidróxido tal como uno del grupo de AlO(OH), SCO(OH), YO(OH), VO(OH), CrO(OH), MnO(OH) (α-MnO(OH) groutita y γ-MnO(OH) manganita), FeO(OH), CoO(OH), NiO(OH), RHO(OH), GaO(OH), InO(OH), Ni_{1/2}Co_{1/2}O(OH), y Ni_{1/3}Co_{1/3}Mn_{1/3}O(OH)] en donde M es un H₂ de metal permeable tal como Ni, Ti, Nb, V, o Fe, y [un hidruro tal como LaNi₅H₆ o M(H₂)/Electrolito de sal fundida que comprende un hidróxido de/un hidróxido tal como uno de los que comprenden un catión del grupo de Li, Na, K, Rb, Cs, Mg, Ca, Sr, Ba, Al, V, Zr, Ti, Mn, Zn, Cr, Sn, In, Cu, Ni, Pb, Sb, Bi, Co, Cd, Ge, Au, Ir, Fe, Hg, Mo, Os, Pd, Re, Rh, Ru, Se, Ag, Tc, Te, TL, y W] en donde M es un H₂ de metal permeable tal como Ni, Ti, Nb, V, o Fe.

[0631] En una realización, el electrolito tal como una sal fundida o una solución alcalina acuosa pueden comprender un compuesto iónico tal como una sal que tiene un catión que puede existir en más de un estado de oxidación. Cationes ejemplares adecuados capaces de ser multivalentes son Fe³⁺ (Fe²⁺), Cr³⁺ (Cr²⁺), Mn³⁺ (Mn²⁺), Co³⁺ (Co²⁺), Ni³⁺ (Ni²⁺), Cu²⁺ (Cu⁺), y Sn⁴⁺ (Sn²⁺), transición, transición interna, y las tierras raras cationes tales como Eu³⁺ (Eu²⁺). El anión puede ser haluro, hidróxido, óxido, carbonato, sulfato, u otro de la divulgación. En una realización, OH⁻ puede oxidarse y hacerse reaccionar con H en el ánodo para formar H₂O. Al menos uno de OH y H₂O puede servir como catalizador. La reacción del ánodo hidruro puede ser dada por la ec. (313). El catión capaz de ser multivalente puede ser reducido en el cátodo. Una reacción neta ejemplar es



o



En el caso de que el compuesto que comprende un catión capaz de ser multivalente es insoluble, puede comprender un reactivo semipila catódica. Puede ser mezclado con un soporte conductor tal como carbono, un carburo, un boruro, o un nitrilo. Otro hidruro de la divulgación o un metal puede servir como ánodo, como uno del grupo de V, Zr, Ti, Mn, Zn, Cr, Sn, In, Cu, Ni, Pb, Sb, Bi, Co, Cd, Ge, Au, Ir, Fe, Hg, Mo, Os, Pd, Re, Rh, Ru, Se, Ag, Tc, Te, TL, y W en el que la reacción en el ánodo puede ser dada por la ec. (337). El metal puede reaccionar con el electrolito, tal como hidróxido para formar hidrógeno y un catalizador tal como al menos uno de OH y H₂O. Otros hidróxidos que pueden servir como electrolitos tales como los de la divulgación y pueden reemplazar KOH. Otras sales que tienen un catión capaz de ser multivalente tal como K₂Sn(OH)₆ o Fe(OH)₃ puede reemplazar FeCl₃. En una realización, el potencial de reducción del compuesto es mayor que el de H₂O. Células ejemplares son [un metal oxidable tal como uno de V, Zr, Ti, Mn, Zn, Cr, Sn, In, Cu, Ni, Pb, Sb, Bi, Co, Cd, Ge, Au, Ir, Fe, Hg, Mo, Os, Pd, Re, Rh, Ru, Se, Ag, Tc, Te, TL, y W, un hidruro metálico tal como LaNi₅H₆ o H₂ y una membrana permeable de hidrógeno tal como uno de V, Nb, Fe, aleación de Fe-Mo, W, Mo, Rh, Ni, Zr, Be, Ta, Rh, Ti, Th, Pd, Ag recubierto de Pd, V recubierto de Pd, y Ti/KOH recubierto de Pd (ac sat) + sal que tiene un catión capaz de ser multivalente tal como K₂Sn(OH)₆, Fe(OH)₃ o FeCl₃/ Conductor tal como carbono o metal en polvo], [un metal oxidable tal como uno de V, Zr, Ti, Mn, Zn, Cr, Sn, In, Cu, Ni, Pb, Sb, Bi, Co, Cd, Ge, Au, Ir, Fe, Hg, Mo, Os, Pd, Re, Rh, Ru, Se, Ag, Tc, Te, TL, y W, un hidruro metálico tal como LaNi₅H₆ o H₂ y una membrana permeable de hidrógeno tal como uno de V, Nb, Fe, aleación de Fe-Mo, W, Mo, Rh, Ni, Zr, Be, Ta, Rh, Ti, Th, Pd, Pd recubierto de Ag, Pd-revestido V, y recubierto de Pd Ti/KOH (ac sat)/sal que tiene un catión capaz de ser multivalente tal como Fe(OH)₃, Co(OH)₃, Mn(OH)₃, Ni₂O₃, O Cu(OH)₂ mezclado con un conductor tal como carbono o metal en polvo], [Ni(H₂), V(H₂), Ti(H₂), Nb(H₂), Pd(H₂), PdAg(H₂), o Fe(H₂)/LiOH-LiX, NaOH-NaX, KOH-KX, RbOH-RBX, CsOHCsX, Mg(OH)₂-MgX₂, Ca(OH)₂-CaX₂, Sr(OH)₂-SrX₂ o Ba(OH)₂-BaX₂ en donde X = F, Cl, Br, o I y la sal que tiene un catión capaz de ser multivalente tal como K₂Sn(OH)₆, Fe(OH)₃ o FeCl₃/Ni], [Ni(H₂), V(H₂), Ti(H₂), Nb(H₂), Pd(H₂), PdAg(H₂), o Fe(H₂)/CSNO₃-CSOH, CsOH-KOH, CsOH-LiOH, CsOH-NaOH, CsOH-RbOH, K₂CO₃-KOH, KBr-KOH, KCl-KOH, KFKOH, KI-KOH, KNO₃-KOH, KOH-K₂SO₄, KOH-LiOH, KOH-NaOH, KOH-RbOH, Li₂CO₃-LiOH, LiBr-LiOH, LiCl-LiOH, LiF-LiOH, LiI-LiOH, LiNO₃-LiOH, LiOH-NaOH, LiOH-RbOH, Na₂CO₃-NaOH, NaBr-NaOH, NaCl-NaOH, NaF-NaOH, NaI-NaOH, NaNO₃-NaOH, NaOH-Na₂SO₄, NaOH-RbOH, RbCl-RbOH, y RbNO₃-RbOH + sal que tiene un catión capaz de ser multivalente tal como K₂Sn(OH)₆, Fe(OH)₃ o FeCl₃/Ni], [Ni(H₂), V(H₂), Ti(H₂), Nb(H₂), Pd(H₂), PdAg(H₂), o Fe(H₂)/LiOH, NaOH, KOH, RbOH, CsOH, Mg(OH)₂, Ca(OH)₂, Sr(OH)₂ o Ba(OH)₂ + uno o más

de AlX_3 , VX_2 , ZrX_2 , TiX_3 , MnX_2 , ZNX_2 , CRX_2 , SnX_2 , InX_3 , CuX_2 , NiX_2 , PbX_2 , SbX_3 , BiX_3 , CoX_2 , CdX_2 , GeX_3 , AuX_3 , IrX_3 , FeX_3 , HgX_2 , MoX_4 , OsX_4 , PdX_2 , ReX_3 , RhX_3 , RuX_3 , el SeX_2 , AgX_2 , TcX_4 , TeX_4 , TlX y WX_4 en donde $\text{X} = \text{F}$, Cl , Br , o I + sal que tiene un catión capaz de ser multivalente tal como $\text{K}_2\text{Sn}(\text{OH})_6$, $\text{Fe}(\text{OH})_3\text{O}$, FeCl_3/Ni , $[\text{LaNi}_5\text{H}/\text{KOH}$ (ac sat)/organometálico tal como ferrocenio SC] y $[\text{LaNi}_5\text{H}_6/\text{KOH}$ (ac sat)/organometálico tal como ferrocenio]. La célula puede regenerarse por electrólisis o mecánicamente.

[0632] En una realización, la fuente de hidrógeno en un electrodo de la célula CIHT tal como una membrana permeable H_2 y gas H_2 , tal como $\text{Ni}(\text{H}_2)$ o un hidruro tal como LaNi_5H_6 puede ser sustituido por una fuente de gas de hidrógeno tal como un tubo de metal H_2 burbujeante en el que el metal puede ser poroso, tal como un tubo poroso H_2 compuesto de polvo de metal sinterizado tal como polvo de Ni . El electrodo H_2 burbujeante puede reemplazar el ánodo o el cátodo de células que tienen hidrógeno como reactivo en el electrodo correspondiente o en el medio de células correspondiente. Por ejemplo, el electrodo H_2 burbujeante puede sustituir electrodos de la célula de la divulgación, tal como el ánodo de las células de base acuosa, el ánodo de las células que comprenden una sal fundida que comprende un hidróxido, o comprendiendo el cátodo de las células una sal fundida que tiene un ion de migración H^- . Células ejemplares son [conductor (H_2 burbujeante)/ KOH (ac sat)/SC + aire] y [conductor (H_2 burbujeante)/Electrolito sal eutéctica que comprende un hidróxido alcalino tal como LiOH-NaOH , LiOH-LiX , NaOH-NaX ($\text{X} = \text{haluro}$ o nitrato) o $\text{LiOH-Li}_2\text{X}$ o $\text{NaOH-Na}_2\text{X}$ ($\text{X} = \text{sulfato}$ o carbonato)/conductor + aire que puede ser un catalizador de reducción O_2].

[0633] En una realización, la reacción hidrino se propaga por una fuente de energía de activación. La energía de activación puede ser proporcionada por al menos uno de calentamiento y una reacción química. En una realización que comprende una célula acuosa o disolvente o reactivo que es volátil a la temperatura de operación elevada de la célula, la célula es presurizada en el compartimento de células medias de la carcasa celular o al menos uno comprende un recipiente a presión. La reacción química para proporcionar la energía de activación puede ser una reacción de oxidación o reducción, tales como la reducción de oxígeno en el cátodo o la oxidación de OH^- y la reacción con H a H_2O en el ánodo. La fuente de H puede ser un hidruro tal como LaNi_5H_6 . La reacción en el ánodo también puede comprender la oxidación de un metal tal como Zn , Co , Sn , Pb , S , In , Ge , y otros de la divulgación. La reducción de un catión capaz de ser multivalente tal como uno de Fe^{3+} (Fe^{2+}), Cr^{3+} (Cr^{2+}), Mn^{3+} (Mn^{2+}), Co^{3+} (Co^{2+}), Ni^{3+} (Ni^{2+}), Cu^{2+} (Cu^+), y Sn^{4+} (Sn^{2+}) puede proporcionar la energía de activación. La permeación de H formada en el cátodo que penetra a través de una membrana permeable de hidrógeno y forma un compuesto, tal como un hidruro metálico tal como LiH puede proporcionar la energía de activación. En una realización, las reacciones de la célula CIHT también se utilizan para producir calor para fines tales como el mantenimiento de la operación de la célula, tales como el suministro de la energía de activación de las reacciones o mantener el electrolito fundido donde se utilizan. La salida térmica también se puede usar para el calentamiento de una carga externa. Alternativamente, las reacciones pueden llevarse a cabo sin electrodos para generar calor para mantener la reacción hidrino y el calor de suministro a una carga externa.

[0634] En una realización, una especie de oxígeno, tales como al menos uno de O_2 , O_3 , O_3^+ , O_3^- , O , O^+ , H_2O , H_3O^+ , OH , OH^+ , OH^- , HOOH , OOH^- , O^- , O_2^- , O_2^+ , y O_2^{2-} puede someterse a una reacción oxidativa con especies H tales como al menos uno de H_2 , H , H^+ , H_2O , H_3O^+ , OH , OH^+ , OH^- , HOOH , y OOH^- para formar al menos una de OH y H_2O que sirve como catalizador para formar hidrinos. La fuente de la especie H puede ser al menos uno de un compuesto tal como un hidruro tal como LaNi_5H_6 , hidróxido, o compuesto oxihidróxido, H_2 o una fuente de H_2 , y una membrana permeable de hidrógeno tal como $\text{Ni}(\text{H}_2)$, $\text{V}(\text{H}_2)$, $\text{Ti}(\text{H}_2)$, $\text{Fe}(\text{H}_2)$, o $\text{Nb}(\text{H}_2)$. Las especies O pueden ser proporcionadas por una reacción de reducción de H_2O o O_2 en el cátodo. La fuente de O_2 de la especie O puede ser de aire. Alternativamente, la especie O puede ser suministrada a la célula. Las fuentes adecuadas de la especie O tales como OH^- , HOOH , OOH^- , O^- , O_2^- , O_2^+ , y O_2^{2-} son óxidos, peróxidos tales como los de metales alcalinos, superóxidos tales como los de metales alcalinos y alcalinotérreos, hidróxidos y oxihidróxidos tales como los de la divulgación. Óxidos ejemplares son los de los metales de transición tales como NiO y CoO y Sn como SnO , metales alcalinos tales como Li_2O , Na_2O , y K_2O , y metal alcalinotérreo, tal como MgO , CaO , SrO , BaO y. El óxido de fuente tal como NiO o CoO se puede añadir a un electrolito de sal fundida. Otros óxidos ejemplares son uno del grupo de Cu , Ni , Pb , Sb , Bi , Co , Cd , Ge , Au , Ir , Fe , Hg , Mo , Os , Pd , Re , Rh , Ru , Se , Ag , Tc , Te , Ti , Sn , y W . Células ejemplares son $[\text{Ni}(\text{H}_2)$, $\text{V}(\text{H}_2)$, $\text{Ti}(\text{H}_2)$, $\text{Fe}(\text{H}_2)$, o $\text{Nb}(\text{H}_2)$ o un hidruro tal como LaNi_5H_6 /Electrolito sal eutéctica que comprende un hidróxido alcalino tal como LiOH-NaOH , LiOH-LiX , NaOH-NaX ($\text{X} = \text{haluro}$ o nitrato) o $\text{LiOH-Li}_2\text{X}$ o $\text{NaOH-Na}_2\text{X}$ ($\text{X} = \text{sulfato}$ o carbonato) y Li_2O , Na_2O , K_2O , MgO , CaO , SrO , o BaO , o un óxido de Cu , Ni , Pb , Sb , Bi , Co , Cd , Ge , Au , Ir , Fe , Hg , Mo , Os , Pd , Re , Rh , Ru , Se , Ag , Tc , Te , Ti , Sn , o W , un peróxido tal como los de metales alcalinos, o un superóxido tal como los de los metales alcalinos y alcalinotérreos/ Ni o de otro metal que puede ser el mismo que el del ánodo].

[0635] En una realización, OH^- puede ser oxidado y se hace reaccionar con H en el ánodo para formar H_2O que puede servir como catalizador para H para formar hidrinos. En ambos casos, el H puede ser de una fuente tal como un hidruro tal como LaNi_5H_6 o H_2 que puede penetrar a través de una membrana tal como Ni , Ti , V , Nb , Pd , PdAg , o Fe a partir de una fuente de hidrógeno tal como un depósito o suministro 640 fluido a través de una línea 642 y un regulador 644 (FIGURA 22). La fuente puede ser una célula de electrólisis acuosa 640 con un separador H_2 y O_2 para suministrar H_2 sustancialmente pura. H_2O puede reducirse a H_2 y OH^- en el cátodo. En una realización mostrada en la FIGURA 22, la célula CIHT comprende sistemas de recogida y reciclaje H_2O y H_2 . La célula CIHT 650 comprende un recipiente 651, un cátodo 652, un ánodo 653, una carga 654, un electrolito 655, y un sistema 657 para recoger vapor H_2O de la

célula CIHT tal como el formado en el ánodo. El sistema de recogida H₂O comprende una primera cámara 658 conectada a la célula para recibir vapor H₂O a través de un paso de vapor 659 desde la célula a la cámara de recogida H₂O 658. El sistema de recogida comprende al menos uno de un absorbedor H₂O y un condensador H₂O 660. El agua recogida puede ser devuelta a la célula CIHT como vapor H₂O o agua líquida a través de un pasaje 661 asistido por la bomba 663 o por la presión creada por el calentamiento del agua recogida con el calentador 665. El flujo de agua y la presión de cualquier vapor puede ser controlado en la cámara por medio de válvulas 666, 667, y 668, controlado por un medidor 669. El agua se puede devolver al cátodo 652 que puede ser porosa para la célula H₂O devuelta. El CIHT comprende además un sistema 671 para recoger H₂ desde la célula CIHT. El sistema de recogida H₂ comprende una segunda cámara 672 que contiene un adquiridor H₂ 673 en donde H₂ sin reaccionar de la fuente de ánodo y H₂ formado en el cátodo puede ser recogido por el adquiridor H₂. El H₂ que tiene agua retirada al menos parcialmente, por el sistema de recogida H₂O fluye desde la primera cámara a la segunda a través del paso de gas 675. En una realización, una membrana selectiva por H₂ existe entre las cámaras para evitar que H₂O la entre en la segunda cámara y reaccione con el adquiridor. El adquiridor puede comprender un metal de transición, metal alcalino, metal alcalinotérreo, metal de transición interna, metal de tierra rara, una combinación de metales, aleaciones y materiales de almacenamiento de hidrógeno tal como los de la divulgación. El H₂ recogido puede ser devuelto a la célula CIHT a través de un paso 676 asistido por la bomba 678 o por la presión creada por el calentamiento del adquiridor o H₂ recogido con el calentador 680. El flujo de H₂ y la presión puede ser controlada en la cámara por las válvulas 681 y 682, controlada por un medidor 684. El adquiridor puede recopilar hidrógeno con el valor 681 abierto y la válvula 682 cerrada a la célula en donde el calentador se mantiene a una temperatura adecuada para reabsorber H₂. Entonces, el valor 681 se puede cerrar y la temperatura aumentó a una temperatura que hace que el hidrógeno se libere a una presión deseada medida con calibre 684. La válvula 682 puede ser abierta para permitir que el hidrógeno presurizado fluya a la célula. El flujo puede ser al ánodo 653 que comprende una pared permeable H₂. La válvula 682 puede estar cerrada, el calentador 680 reduce la temperatura, y la válvula 681 abierta para recoger H₂ con el captador 673 en un ciclo repetido. En una realización, la potencia al calentador, válvulas y medidores pueden ser proporcionados por la célula CIHT. En una realización, la diferencia de temperatura entre los sistemas de recogida y las células se pueden usar para lograr las presiones deseadas cuando el introducir H₂ o H₂O en la célula. Por ejemplo, H₂ puede estar a una primera temperatura y la presión en una cámara sellada que se sumerge en la sal caliente para lograr una segunda presión superior a la temperatura más elevada de sal. En una realización, la célula CIHT comprende una pluralidad de ánodos permeables al hidrógeno que pueden ser suministrados de hidrógeno a través de un colector de gas común.

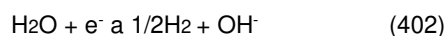
[0636] En otra forma de realización del sistema mostrado en la FIGURA 22, una fuente de O₂ se suministra en el cátodo 651 tal como al menos uno de aire, O₂, óxido, H₂O, HOOH, hidróxido y oxihidróxido. La fuente de oxígeno también puede suministrarse a la célula a través de la válvula selectiva o membrana 646 que puede ser una pluralidad en la que la membrana es O₂ permeable tal como una membrana de teflón. Entonces, el sistema 657 comprende un separador de H₂ y otros gases de células tales como al menos uno de nitrógeno, vapor de agua y oxígeno en el que el sistema 671 recoge el hidrógeno no usado y lo devuelve a la célula, tal como a través de la ánodo permeable a H₂ 653. El sistema 657 puede condensarse agua. El sistema 667 puede además u opcionalmente comprender una membrana selectiva permeable H₂ y la válvula 668 que puede ser en la salida del sistema 657 que retiene O₂, N₂, y posiblemente agua y permite que H₂ pase selectivamente al sistema 671.

[0637] En una realización, el electrodo permeable a H₂ se sustituye con un ánodo burbujeante H₂ 653. H₂ puede ser reciclado sin la eliminación de H₂O utilizando al menos una bomba tal como 678. Si se suministra oxígeno a la célula tal como a través de la válvula selectiva o membrana 646 o en el cátodo poroso O₂ 652, entonces puede ser retirado del H₂ por el sistema 657. Un electrodo poroso ejemplar para el suministro de al menos uno de H₂, H₂O, aire, y O₂ por burbujeo comprende un conjunto fuertemente unido de un cuerpo poroso Ni (Celmet nº 6, Sumitomo Electric Industries, Ltd.) dentro de un tubo de alúmina exterior. Si se suministra aire a la célula de N₂ se retira opcionalmente del gas H₂ recirculado. Cualquier H₂ consumido para formar hidrinos o perdido desde el sistema puede ser reemplazado. El H₂ puede ser sustituido de la electrólisis de H₂O. La energía para la electrólisis puede ser de la célula CIHT.

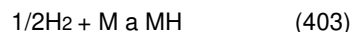
[0638] En una forma de realización para producir energía térmica, la célula mostrada en la FIGURA 22 puede comprender una membrana permeable al hidrógeno 653 para suministrar H y puede estar ausente el cátodo 652. La solución puede comprender una base tal como al menos uno del grupo de MOH, M₂CO₃, (M es alcalino) M'(OH)₂, M'CO₃, (M' es alcalinotérreo), M''(OH)₂, MCO₃, (M'' es un metal de transición), hidróxidos de tierras raras, Al(OH)₃, Sn(OH)₂, In(OH)₃, Ga(OH)₃, Bi(OH)₃ y otros hidróxidos y oxihidróxidos de la descripción. El disolvente puede ser acuoso u otros de la divulgación. El hidrógeno puede penetrar a través de la membrana y reaccionar con OH⁻ para formar al menos una de OH y H₂O que puede servir como catalizador para formar hidrinos. La mezcla de reacción puede comprender además un oxidante para facilitar la reacción para formar al menos una de OH y catalizador H₂O. El oxidante puede comprender H₂O₂, O₂, CO₂, SO₂, N₂O, NO, NO₂, O₂ u otros compuestos o gases que sirven como fuente de O o como un oxidante tal como figura en la divulgación o conocido por los expertos en la técnica. Otros oxidantes adecuados ejemplares son M₂S₂O₈, MNO₃, MMnO₄, MOCl, MCIO₂, MCIO₃, MCIO₄ (M es un metal alcalino), y oxihidróxidos tales como WO₂(OH), WO₂(OH)₂, VO(OH), VO(OH)₂, VO(OH)₃, V₂O₂(OH)₂, V₂O₂(OH)₄, V₂O₂(OH)₆, V₂O₃(OH)₂, V₂O₃(OH)₄, V₂O₄(OH)₂, FeO(OH), MnO(OH), MnO(OH)₂, Mn₂O₃(OH), Mn₂O₂(OH)₃, Mn₂(OH)₅, MnO₃(OH), MnO₂(OH)₃, MnO(OH)₅, Mn₂O₂(OH)₂, Mn₂O₆(OH)₂, Mn₂O₄(OH)₆, NiO(OH), TiO(OH), TiO(OH)₂, Ti₂O₃(OH), Ti₂O₃(OH)₂, Ti₂O₂(OH)₃, Ti₂O₂(OH)₄, y NiO(OH). La célula puede funcionar a temperatura elevada, tal como en el intervalo de temperatura de aproximadamente 25°C a 1000°C, o alrededor de 200°C a 500°C. El recipiente 651 puede ser un recipiente a presión. El hidrógeno puede ser suministrado a alta presión, tal como en el intervalo de

aproximadamente 2 a 800 atm o alrededor de 2 a 150 atm. Una cubierta de gas inerte, tal como aproximadamente 0,1 a 10 atm de N₂ o Ar se puede añadir para evitar la ebullición de la solución tal como una solución acuosa. Los reactivos pueden estar en cualquier relación de concentración molar deseada. Una célula ejemplar es Ni(H₂ 50-100 atm) KOH + K₂CO₃ en el que la concentración de KOH está en el intervalo molar de 0,1 M a saturado en una concentración K₂CO₃ está en el intervalo molar de 0,1 M a saturado con el recipiente a una temperatura de funcionamiento de aproximadamente 200-400°C.

[0639] En una realización, la célula alcalina acuosa comprende una célula de una sola membrana de dos compartimentos mostrada en la FIGURA 20 con la alteración de que la membrana ánodo y el compartimiento 475 pueden estar ausentes. El ánodo puede comprender un metal que se oxida en la reacción con OH⁻ a H₂O como se da por la ec. (337). Al menos uno de OH⁻ y H₂O puede servir como catalizador. El metal del ánodo puede ser uno del grupo de V, Zr, Ti, Mn, Zn, Cr, Sn, In, Cu, Ni, Pb, Sb, Bi, Co, Cd, Ge, Au, Ir, Fe, Hg, Mo, Os, Pd, Re, Rh, Ru, Se, Ag, Tc, Te, Tl, y W. Alternativamente, el ánodo puede comprender un hidruro tal como LaNi₅H₆ y otros de la divulgación que proporciona H y oxida OH⁻ a H₂O como se da por la ec. (313). El ánodo también puede comprender una membrana permeable a H₂ 472 y una fuente de hidrógeno tal como gas H₂ que puede ser en el compartimiento 475 que proporciona H y oxida OH⁻ a H₂O como se da por la ec. (346). En el cátodo, H₂O puede reducirse a H₂ y OH⁻ como dado por la ec. (315). El cátodo 473 puede comprender un metal que tiene una alta permeabilidad al hidrógeno. El electrodo puede comprender una geometría que proporciona un área superficial superior, tal como un electrodo de tubo, o puede comprender un electrodo poroso. Para aumentar al menos uno de la velocidad y el rendimiento de la reducción de agua, se puede usar un catalizador de reducción de agua. En otra realización, los reactivos de células de cátodo medio comprenden un reactivo H que forma un compuesto con H que libera energía para aumentar al menos uno de la velocidad y el rendimiento de reducción de H₂O. El reactivo de H puede estar contenido en el compartimiento catódico 474. El H formado por la reducción de agua puede permear la membrana permeable de hidrógeno 473 y reaccionar con el reactivo H. El electrodo permeable H puede comprender V, Nb, Fe, aleación de Fe-Mo, W, Mo, Rh, Ni, Zr, Be, Ta, Rh, Ti, Th, Pd, Ag recubierto de Pd, V recubierto de Pd, Ti recubierto de Pd, tierras raras, otros metales refractarios, y otros tales metales conocidos por los expertos en la técnica. El reactivo de H puede ser un elemento o compuesto que forma un hidruro tal como un álcali, tierra alcalina, transición, transición interna, y metal de tierra rara, aleación, o mezclas de los mismos, y materiales de almacenamiento de hidrógeno tal como los de la divulgación. reacciones ejemplares son



Pared interior de cátodo



Los productos químicos se pueden regenerar térmicamente por calentamiento de cualquier hidruro formado en el compartimiento catódico para descomponerlo térmicamente. El hidrógeno se puede hacer fluir o se bombea al compartimiento anódico para regenerar los reactivos iniciales de ánodo. Las reacciones de regeneración pueden ocurrir en los compartimientos catódicos y anódicos, o los productos químicos en uno o ambos de los compartimientos pueden ser transportados a uno o más recipientes de reacción para realizar la regeneración. Alternativamente, el metal del ánodo inicial o reactivo hidruro y el cátodo tal como un metal pueden ser regenerados por electrólisis in situ o de forma remota. Células ejemplares son [un metal oxidable tal como uno de V, Zr, Ti, Mn, Zn, Cr, Sn, In, Cu, Ni, Pb, Sb, Bi, Co, Cd, Ge, Au, Ir, Fe, Hg, Mo, Os, Pd, Re, Rh, Ru, Se, Ag, Tc, Te, Tl, y W, un hidruro metálico tal como LaNi₅H₆ o H₂ y una membrana permeable de hidrógeno tal como uno de V, Nb, Fe, aleación de Fe-Mo, W, Mo, Rh, Ni, Zr, Be, Ta, Rh, Ti, Th, Pd, Ag recubierto de Pd, V recubierto de Pd, y Ti/KOH recubierto de Pd (ac sat)/M (M')] en donde M = una membrana permeable de hidrógeno tal como uno de V, Nb, Fe, aleación de Fe-Mo, W, Mo, Rh, Ni, Zr, Be, Ta, Ag Rh, Ti, Th, recubierto de Pd Pd, V recubierto de Pd y Ti recubierto de Pd y M' es un metal que forma un hidruro tal como uno de un álcali, alcalinotérreo, transición, transición interior y metal de tierra rara, aleación, o mezclas de los mismos, o un material de almacenamiento de hidrógeno. La célula puede ser realizada a temperatura y presión elevadas.

[0640] En una realización, el ion de migración es un ion de óxido que reacciona con una fuente de H para formar al menos una de OH⁻ y H₂O que puede servir como catalizador con la fuente de H. El cátodo puede comprender una fuente de iones de óxido, tal como oxígeno o un compuesto que comprende O tal como un óxido. La célula puede comprender al menos uno de un electrolito y un puente de sal. El electrolito puede ser un hidróxido tal como un hidróxido alcalino tal como KOH que puede tener una alta concentración tal como en el intervalo de aproximadamente 12 M a saturada. El puente de sal puede ser selectiva para iones óxido. puentes de sal adecuados son estabilizada con itria zirconia (YSZ), gadolinia ceria dopada (CGO), galato de lantano y óxido de vanadio de cobre de bismuto tales como BiCuVOx). Algunos materiales de perovskita como La_{1-x}Sr_xCo_yO_{3-δ} también muestran óxido mixto y la conductividad de electrones. La fuente de H puede ser gas hidrógeno y un disociador, una membrana permeable de hidrógeno, o un hidruro. células ejemplares son [PTC(H₂), Ni(H₂), CeH₂, LaH₂, ZrH₂ o LiH/YSZ/O₂ u óxido].

[0641] En una realización, la célula CIHT comprende un sistema de cogeneración en el que la electricidad y energía térmica se generan para una carga. Al menos una de las cargas eléctricas y térmicas puede ser al menos una de

interna y externa. Por ejemplo, al menos parte de la energía térmica o eléctrica generada mediante la formación de hidrinos puede mantener la temperatura de la célula tal como la de una sal fundida de una célula CIHT que comprende un electrolito de sal fundida o reactivos fundidos. La energía eléctrica puede suministrar al menos parcialmente la energía de electrólisis para regenerar los reactivos celulares iniciales a partir de los productos. En una realización, el electrolito, tal como el electrolito de sal acuosa o fundido puede ser bombeado a través o sobre un intercambiador de calor que elimina el calor y lo transfiere en última instancia, a una carga.

[0642] En una realización, un reactante de oxihidróxido de cátodo es estable en solución ácida tal como una solución electrolítica ácida acuosa, orgánica ácida, o inorgánica ácida. Ácidos ejemplares son acético, acrílico, benzoico, o ácido propiónico, o un disolvente orgánico ácido. La sal puede ser una de la divulgación tal como un haluro alcalino, nitrato, perclorato, fosfato de dihidrógeno, fosfato de hidrógeno, fosfato, sulfato de hidrógeno o sulfato. Los protones se forman por oxidación en el ánodo, y el hidrógeno se forma en el cátodo en el que al menos parte del hidrógeno reacciona para formar hidrinos. Reacciones ejemplares son

Cátodo



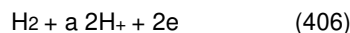
Ánodo



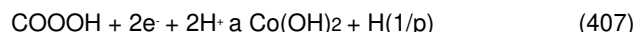
M es un metal tal como un metal de transición o Al, M' es un metal de un hidruro de metal. El cátodo puede comprender un oxihidróxido, y el ánodo puede comprender una fuente de H⁺ tal como al menos uno de un hidruro metálico, e hidrógeno, y, o bien con un disociador tal como Pt/C, Pd/C, Ir/C, Rh/C, o Ru/C. La fuente de hidrógeno puede ser también una membrana permeable de hidrógeno y gas H₂, tal como Ti (H₂), Aleación Pd-Ag (H₂), V(H₂), Ta(H₂), Ni(H₂), O Nb(H₂). Al menos un reactivo de células medias puede comprender además un soporte tal de carbono, un carburo o boruro. La célula que comprende un cátodo que tiene un material de H intercalado y H⁺ como el ion migración puede ser continuamente regenerativo en el que al menos parte de la H migración se intercala en el material de cátodo como otro H intercalado se consume para formar al menos hidrógeno y hidrino. El material del cátodo puede comprender también H⁺ en una matriz tal como H⁺ zeolita dopada tales como HY. En otros modos de realización, la zeolita puede estar dopada con un catión metálico tal como Na en NaY en el que el catión metálico es desplazado por la H migración o reacciona con la H migración. Las células ejemplares son [H₂ y Pd/C, Pt/C, Ir/C, Rh/C, o Ru/C o hidruro metálico tal como un álcali, tierra alcalina, metal de transición, metal de transición interna, o hidruro de tierra rara/H⁺ conductor tal como un electrolito acuoso, líquido iónico, Nafion, o conductor de protones sólido/MO(OH) (M = metal tales como Co, Ni, Fe, Mn, Al), HY, o NaY CB] y [fuente de protones tal como PtC(H₂)/Conductor de protones tal como sal fundida HCl-LiCl-KCl/oxihidróxido tales como CoO (OH)].

[0643] En una realización, la fuente de H comprende hidrógeno. El hidrógeno atómico se puede formar en un disociador tales como y Pd/C, Pt/C, Ir/C, Rh/C, o Ru/C. La fuente de hidrógeno puede ser también una membrana permeable de hidrógeno y gas H₂, tal como Ti (H₂), Aleación Pd-Ag (H₂), V(H₂), Ta(H₂), Ni(H₂), O Nb(H₂). La célula puede comprender una membrana de intercambio catiónico acuoso tal como una membrana conductora de iones H⁺ tales Nafion y una solución acuosa ácida. El electrolito ácido puede ser una solución de ácido acuoso tal como HX acuoso (X = haluro), HNO₃ o un ácido orgánico tal como ácido acético. El ánodo puede ser un oxihidróxido tal como AlO(OH), SCO(OH), YO(OH), VO(OH), CrO(OH), MnO(OH) (α-MnO(OH) groutita y γ-MnO(OH) manganita), FeO(OH), CoO(OH), NiO(OH), RHO(OH), GaO(OH), InO(OH), Ni_{1/2}Co_{1/2}O(OH), y Ni_{1/3}Co_{1/3}Mn_{1/3}O(OH). En solución ácida, las reacciones son

ánodo



La reacción en el cátodo de la Ec. (404) o alternativamente, la reacción en el cátodo de cualquier fuente de H⁺ puede ser



Células ejemplares son [H₂ y Pd/C, Pt/C, Ir/C, Rh/C, o Ru/C o hidruro metálico tal como un alcalino, alcalino, metal de transición, metal de transición interna, o hidruro de tierra rara/ácido acuoso tal como HX (X = haluro) o HNO₃, H⁺ conductor tal como Nafion, líquido iónico, sólido H⁺ conductor, o HCl-LiCl-KCl sal fundida/MO(OH) (M = metal tales como Co, Ni, Fe, Mn, Al), tal como AlO(OH), SCO(OH), YO(OH), VO(OH), CrO(OH), MnO(OH) (α-MnO(OH) groutita y γ-MnO(OH) manganita), FeO(OH), CoO(OH), NiO(OH), RHO(OH), GaO(OH), InO(OH), Ni_{1/2}Co_{1/2}O(OH), y Ni_{1/3}Co_{1/3}Mn_{1/3}O(OH), u otro H calcogenuro intercalado, HY, o NaY]. En otras realizaciones, el electrolito puede ser un líquido iónico o sal en un disolvente orgánico. La célula puede ser regenerada por la carga o por tratamiento químico.

[0644] En otra realización, H⁺ pueden migrar desde el ánodo al cátodo para formar H por reducción en el cátodo. El H

puede unirse a un aceptor de hidruro o hundirse tal como un metal a partir de un hidruro, o puede unirse para formar un compuesto hidrogenado. Los átomos de H pueden interactuar en un entorno adecuado para formar hidrinos. El medio ambiente puede comprender un sumidero de los átomos de H tal como un metal tal como un álcali, tierra alcalina, transición, transición interna, noble, o metal de tierra rara que se forma un hidruro. Alternativamente, el disipador de H puede ser un compuesto que se hidrogena tal como un compuesto del sistema de MN-H tal como Li_3N o Li_2NH . El disipador de H puede ser un compuesto de intercalación que puede ser deficiente en metal. El H puede sustituir el metal tal como Li o puede desplazar el metal tal como Li. Compuestos de intercalación ejemplares adecuados son grafito de Li, sistema Li_xWO_3 , $\text{Li}_x\text{V}_2\text{O}_5$, LiCoO_2 , LiFePO_4 , LiMn_2O_4 , LiNiO_2 , $\text{Li}_2\text{FePO}_4\text{F}$, LiMnPO_4 , VOPO_4 , LiV_2O_5 , LiMgSO_4F , LiMSO_4F ($\text{M} = \text{Fe}, \text{Co}, \text{Ni}$, metal de transición), LiMPO_4F ($\text{M} = \text{Fe}, \text{Ti}$), $\text{LiX}[\text{Li}_{0.33}\text{Ti}_{1.67}\text{O}_4]$, o $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$, óxidos de metales de transición en capas tales como óxidos de Ni-Mn-Co como $\text{LiNi}_{1/3}\text{Co}_{1/3}\text{Mn}_{1/3}\text{O}_2$, y $\text{Li}(\text{Li}_a\text{Ni}_x\text{Co}_y\text{Mn}_z)\text{O}_2$, LiTi_2O_4 , y otros calcogenuros de capas Li y al menos uno de estos compuestos con un poco de H reemplazar Li o los deficientes en Li. El electrolito puede ser un conductor de protones líquido inorgánico. La fuente de H puede ser Pt/C y gas H_2 y otros electrodos negativos de pilas de combustible PEM, tales como H_2 y Pd/C, Pt/C, Ir/C, Rh/C, y Ru/C. La fuente de hidrógeno puede ser también una membrana permeable de hidrógeno y gas H_2 , tal como Ti (H_2), aleación Pd-Ag (H_2), V(H_2), Ta(H_2), Ni(H_2), o Nb(H_2). La fuente de H_2 que forma H^+ puede ser un hidruro tal como un hidruro alcalino, un hidruro de tierra alcalina tal como MgH_2 , un hidruro de metal de transición, un hidruro de metal de transición interna, y un hidruro de tierra rara que puede ponerse en contacto con los reactivos de ánodo de células medias tales como Pd/C, Pt/C, Ir/C, Rh/C, y Ru/C. Células ejemplares son [Pt(H_2), Pt/C (H_2), borano, boranos aminoácidos y aminas borano, AlH_3 o compuesto H-X X = elemento Grupo V, VI, o VII)/mezcla de sal inorgánica que comprende un electrolito líquido, tal como nitrato de amonio-trifluoracetato/ Li_3N , Li_2NH , o M ($\text{M} = \text{metal}$, tal como una transición, la transición interior, o metal de tierra rara), compuesto deficiente en Li que comprende al menos uno del grupo de sistema Li_xWO_3 , $\text{Li}_x\text{V}_2\text{O}_5$, LiCoO_2 , LiFePO_4 , LiMn_2O_4 , LiNiO_2 , $\text{Li}_2\text{FePO}_4\text{F}$, LiMnPO_4 , VOPO_4 , LiV_2O_5 , LiMgSO_4F , LiMSO_4F ($\text{M} = \text{Fe}, \text{Co}, \text{Ni}$, metal de transición), LiMPO_4F ($\text{M} = \text{Fe}, \text{Ti}$), $\text{LiX}[\text{Li}_{0.33}\text{Ti}_{1.67}\text{O}_4]$, o $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$, óxidos de metales de transición en capas tales como óxidos de Ni-Mn-Co tal como $\text{LiNi}_{1/3}\text{Co}_{1/3}\text{Mn}_{1/3}\text{O}_2$, y $\text{Li}(\text{Li}_a\text{Ni}_x\text{Co}_y\text{Mn}_z)\text{O}_2$ y LiTi_2O_4 , y otros calcogenuros de capas Li].

[0645] En otra realización H^+ , pueden migrar desde el ánodo al cátodo para formar un compuesto intercalado H por reducción en el cátodo. Una fuente de H tal como gas H_2 y un disociador tal como Pt, Re, Rh, Ir, o Pd sobre un soporte tal como carbono pueden oxidarse en el ánodo para H^+ que migra a través de un electrolito conductor H^+ tal como Nafion, un líquido iónico, un conductor de protones sólido, o un electrolito acuoso para el medio de células de cátodo en el que se reduce a H ya que se intercala. El material de cátodo es un compuesto de intercalación capaz de intercalar H. En una realización, H^+ sustituye a Li^+ o Na^+ como el ion migración que se intercala y se reduce. El compuesto producto puede comprender H intercalado. El compuesto cátodo puede comprender un calcogenuro tal como un compuesto de óxido en capas tales como CoO_2 o NiO que se forma el producto intercalado H correspondiente tal como $\text{CoO}(\text{OH})$ también designado HCOO_2 y $\text{NiO}(\text{OH})$, respectivamente. El material del cátodo puede comprender un calcogenuro-álcali intercalado con al menos algo y posiblemente la totalidad del álcali eliminado. El compuesto cátodo de célula media puede ser un compuesto en capas, tal como un calcogenuro deficiente en metal alcalino o de capas agotadas tal como un óxido en capas tal como LiCoO_2 o LiNiO_2 con al menos algo de metal alcalino tales como intercalado elimina Li. En una realización, al menos algunos H y, posiblemente, un poco de metal alcalino tal como Li intercalado durante la descarga. compuestos de intercalación adecuados con al menos algunos de los Li eliminado son los que comprenden el ánodo o el cátodo de una batería de iones de Li o Na, tales como los de la divulgación. Compuestos de intercalación ejemplares adecuados comprenden al menos uno del grupo de grafito Li, Li_xWO_3 , $\text{Li}_x\text{V}_2\text{O}_5$, LiCoO_2 , LiFePO_4 , LiMn_2O_4 , LiNiO_2 , $\text{Li}_2\text{FePO}_4\text{F}$, LiMnPO_4 , sistema VOPO_4 , LiV_2O_5 , LiMgSO_4F , LiMSO_4F ($\text{M} = \text{Fe}, \text{Co}, \text{Ni}$, metal de transición), LiMPO_4F ($\text{M} = \text{Fe}, \text{Ti}$), $\text{LiX}[\text{Li}_{0.33}\text{Ti}_{1.67}\text{O}_4]$, o $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$, óxidos de metales de transición en capas tales como óxidos de Ni-Mn-Co como $\text{LiNi}_{1/3}\text{Co}_{1/3}\text{Mn}_{1/3}\text{O}_2$, y $\text{Li}(\text{Li}_a\text{Ni}_x\text{Co}_y\text{Mn}_z)\text{O}_2$ y LiTi_2O_4 , otros calcogenuros de capas Li que tiene con al menos algo y posiblemente la totalidad de Li eliminado. Células ejemplares son [Pt/C (H_2), Pd/C (H_2), hidruro alcalino, R-Ni/protón conductor tal como Nafion, eutéctica tal como LiCl-KCl, líquido iónico, compuesto de intercalación de electrolito/H acuosa tal como al menos uno de CoO_2 , NiO_2 , y al menos uno del grupo de grafito Li, Li_xWO_3 , $\text{Li}_x\text{V}_2\text{O}_5$, LiCoO_2 , LiFePO_4 , LiMn_2O_4 , LiNiO_2 , $\text{Li}_2\text{FePO}_4\text{F}$, LiMnPO_4 , sistema VOPO_4 , LiV_2O_5 , LiMgSO_4F , LiMSO_4F ($\text{M} = \text{Fe}, \text{Co}, \text{Ni}$, metal de transición), LiMPO_4F ($\text{M} = \text{Fe}, \text{Ti}$), $\text{LiX}[\text{Li}_{0.33}\text{Ti}_{1.67}\text{O}_4]$, o $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$, óxidos de metales de transición en capas tales como óxidos de Ni-Mn-Co como $\text{LiNi}_{1/3}\text{Co}_{1/3}\text{Mn}_{1/3}\text{O}_2$, y $\text{Li}(\text{Li}_a\text{Ni}_x\text{Co}_y\text{Mn}_z)\text{O}_2$ y LiTi_2O_4 , otros calcogenuros de capas Li que tiene al menos algo y posiblemente la totalidad de Li eliminado]. En otras realizaciones, el metal alcalino es sustituido por otro.

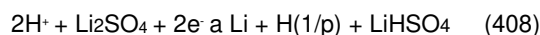
[0646] En otra realización, el material de cátodo puede comprender un calcogenuro de álcali intercalado. El compuesto cátodo de célula media puede ser un compuesto en capas, tal como un calcogenuro de metal alcalino tal como un óxido en capas tal como LiCoO_2 o LiNiO_2 . En una realización, al menos algunos H y, posiblemente, un poco de metal alcalino tal como Li intercala durante la descarga en donde H reemplaza Li y Li pueden formar opcionalmente LiH . Compuestos de intercalación adecuados son aquellos que comprenden el ánodo o el cátodo de una batería de iones de Li o Na, tales como los de la divulgación. Compuestos de intercalación ejemplares adecuados comprenden al menos uno del grupo de Li-grafito, Li_xWO_3 , $\text{Li}_x\text{V}_2\text{O}_5$, LiCoO_2 , LiFePO_4 , LiMn_2O_4 , LiNiO_2 , $\text{Li}_2\text{FePO}_4\text{F}$, LiMnPO_4 , sistema VOPO_4 , LiV_2O_5 , LiMgSO_4F , LiMSO_4F ($\text{M} = \text{Fe}, \text{Co}, \text{Ni}$, metal de transición), LiMPO_4F ($\text{M} = \text{Fe}, \text{Ti}$), $\text{LiX}[\text{Li}_{0.33}\text{Ti}_{1.67}\text{O}_4]$, o $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$, óxidos de metales de transición en capas tales como óxidos de Ni-Mn-Co como $\text{LiNi}_{1/3}\text{Co}_{1/3}\text{Mn}_{1/3}\text{O}_2$, y $\text{Li}(\text{Li}_a\text{Ni}_x\text{Co}_y\text{Mn}_z)\text{O}_2$ y LiTi_2O_4 , y otros calcogenuros de capas Li. Células ejemplares son [Pt/C (H_2), Pd/C (H_2), Hidruro alcalino, R-Ni/protón conductor tal como Nafion, eutéctica tal como LiCl-KCl, líquido iónico, compuesto de intercalación de electrolito/H acuosa tal como al menos uno de CoO_2 , NiO_2 , y al menos uno del grupo

de Li-grafito, Li_xWO_3 , $\text{Li}_x\text{V}_2\text{O}_5$, LiCoO_2 , LiFePO_4 , LiMn_2O_4 , LiNiO_2 , $\text{Li}_2\text{FePO}_4\text{F}$, LiMnPO_4 , sistema VOPO_4 , LiV_2O_5 , LiMgSO_4F , LiMSO_4F ($\text{M} = \text{Fe}, \text{Co}, \text{Ni}$, metal de transición), LiMPO_4F ($\text{M} = \text{Fe}, \text{Ti}$), $\text{LiX}[\text{Li}_{0.33}\text{Ti}_{1.67}\text{O}_4]$, o $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$, óxidos de metales de transición en capas tales como óxidos de NiMn-Co como $\text{LiNi}_{1/3}\text{Co}_{1/3}\text{Mn}_{1/3}\text{O}_2$, y $\text{Li}(\text{Li}_a\text{Ni}_x\text{Co}_y\text{Mn}_z)\text{O}_2$ y LiTi_2O_4 , y otros calcogenuros de capas Li]. En otras realizaciones, el metal alcalino es sustituido por otro.

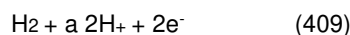
[0647] En una realización, el aceptor de H es un metal que forma un hidruro tal como una transición, la transición interior, tierras raras, o de metal noble. En otras realizaciones, el aceptor de H es un compuesto que comprende una sal básica o que tiene un anión de un ácido. Los compuestos ejemplares que pueden comprender reactivos de células medias de cátodo en donde H^+ es el ion migración, o reactivos de células medias de ánodo en donde H^- es el ion de migrar, son uno o más del grupo de MNO_3 , MNO , MNO_2 , M_3N , M_2NH , MNH_2 , MX , NH_3 , MBH_4 , MAIH_4 , M_3AlH_6 , MOH , M_2S , MHS , MFeSi , M_2CO_3 , MHCO_3 , M_2SO_4 , MHSO_4 , M_3PO_4 , M_2HPO_4 , MH_2PO_4 , M_2MoO_4 , MNB_3O_3 , $\text{M}_2\text{B}_4\text{O}_7$ (Tetraborato M), MBO_2 , M_2WO_4 , MAlCl_4 , MGeCl_4 , M_2CrO_4 , $\text{M}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, M_2TiO_3 , MZrO_3 , M_2AlO_2 , MCoO_2 , MGeO_2 , M_2GeO_3 , MMn_2O_4 , M_4SiO_4 , M_2SiO_3 , MTaO_3 , MCuCl_4 , MPdCl_4 , MVO_3 , MIO_3 , MFeO_2 , MIO_4 , MClO_4 , MSCO_n , MTiO_n , MVO_n , MCrO_n , $\text{M}_2\text{Cr}_2\text{O}_n$, MMn_2O_n , MFeO_n , MCoO_n , MNiO_n , MNI_2O_n , MCuO_n y MZnO_n , donde M es un catión tal como un metal tal como Li, Na o K y $n = 1, 2, 3$, o 4, un oxianión, un oxianión de un ácido fuerte, un oxidante, un oxidante molecular tales como V_2O_3 , YO_2O_5 , MnO_2 , Re_2O_7 , CrO_3 , RuO_2 , AgO , PdO , PdO_2 , PtO , y PtO_2 , I_2O_4 , I_2O_5 , I_2O_9 , SO_2 , SO_3 , CO_2 , N_2O , NO , NO_2 , N_2O_3 , N_2O_4 , N_2O_5 , Cl_2O , ClO_2 , Cl_2O_3 , Cl_2O_6 , Cl_2O_7 , PO_2 , P_2O_3 , y P_2O_5 , NH_4X en donde X es un nitrato u otro anión adecuado conocido por los expertos en la técnica, y un compuesto que tiene un anión que puede formar un compuesto H como uno del grupo que comprende F^- , Cl^- , Br^- , I^- , NO_3^- , NO_2^- , SO_4^{2-} , HSO_4^- , CoO_2 , IO_3^- , IO_4^- , TiO_3^- , CrO_4^- , FeO_2 , PO_4^{3-} , HPO_4^{2-} , H_2PO_4^- , VO_3^- , ClO_4^- y $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ y otros tales aniones. La célula puede comprender, además, un electrodo negativo que es una fuente de protones tal como una fuente de hidrógeno tal como un hidruro tal como un hidruro metálico o gas hidrógeno y un disociador tal como Pt/C o Pd/C, un puente separador o sal, y un electrolito, tal como un electrolito conductor de protones tal como Nafion o un líquido iónico. La fuente de hidrógeno puede ser también una membrana permeable de hidrógeno y gas H_2 , tal como Ti (H_2), aleación Pd-Ag (H_2), V(H_2), Ta(H_2), Ni(H_2), o Nb(H_2). Células ejemplares son [Pt/C (H_2), Pd/C (H_2), hidruro alcalino, R-Ni protón conductor/tal como Nafion, eutéctica tal como LiClKCl/de metal iónico líquido de tierras raras tal como La, sal básica tal como Li_2SO_4 , un metal que forma un hidruro tal como una transición, la transición interior, tierras raras, o metal noble, uno o más del grupo de MNO_3 , MNO , MNO_2 , M_3N , M_2NH , MNH_2 , MX , NH_3 , MBH_4 , MAIH_4 , M_3AlH_6 , MOH , M_2S , MHS , MFeSi , M_2CO_3 , MHCO_3 , M_2SO_4 , MHSO_4 , M_3PO_4 , M_2HPO_4 , MH_2PO_4 , M_2MoO_4 , MNB_3O_3 , $\text{M}_2\text{B}_4\text{O}_7$ (Tetraborato M), MBO_2 , M_2WO_4 , MAlCl_4 , MGeCl_4 , M_2CrO_4 , $\text{M}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, M_2TiO_3 , MZrO_3 , MAlO_2 , MCoO_2 , MGeO_2 , M_2GeO_3 , MMn_2O_4 , M_4SiO_4 , M_2SiO_3 , MTaO_3 , MCuCl_4 , MPdCl_4 , MVO_3 , MIO_3 , MFeO_2 , MIO_4 , MClO_4 , MSCO_n , MTiO_n , MVO_n , MCrO_n , $\text{M}_2\text{Cr}_2\text{O}_n$, MMn_2O_n , MFeO_n , MCoO_n , MNiO_n , MNI_2O_n , MCuO_n y MZnO_n , donde M es un catión tal como un metal tal como Li, Na o K y $n = 1, 2, 3$, o 4, un oxianión, un oxianión de un ácido fuerte, un oxidante, un oxidante molecular tales como V_2O_3 , I_2O_5 , MnO_2 , Re_2O_7 , CrO_3 , RuO_2 , AgO , PdO , PdO_2 , PtO , PtO_2 , I_2O_4 , I_2O_5 , I_2O_9 , SO_2 , SO_3 , CO_2 , N_2O , NO , NO_2 , N_2O_3 , N_2O_4 , N_2O_5 , Cl_2O , ClO_2 , Cl_2O_3 , Cl_2O_6 , Cl_2O_7 , PO_2 , P_2O_3 , y P_2O_5 , NH_4X en donde X es un nitrato u otro anión adecuado conocido por los expertos en la técnica, y un compuesto que tiene un anión que puede formar un compuesto H como uno del grupo que comprende F^- , Cl^- , Br^- , I^- , NO_3^- , NO_2^- , SO_4^{2-} , HSO_4^- , CoO_2 , IO_3^- , IO_4^- , TiO_3^- , CrO_4^- , FeO_2 , PO_4^{3-} , HPO_4^{2-} , H_2PO_4^- , VO_3^- , ClO_4^- y $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ y otros tales aniones].

[0648] Los compuestos adecuados son sales de ácidos tales como Li_2SO_4 que puede formar LiHSO_4 o Li_3PO_4 que puede formar Li_2HPO_4 , por ejemplo. Reacciones ejemplares son

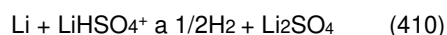
Reacción de cátodo



Reacción de ánodo



Regeneración



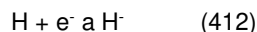
Net



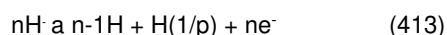
[0649] En otra realización, un hidruro metálico puede descomponerse o formarse en al menos una de las reacciones de semicélula en donde la formación de H o H vacantes debido a las reacciones de semicélula forman átomos de H que reaccionan para formar hidrinos. Por ejemplo, un hidruro tal como un hidruro metálico en el cátodo puede sufrir reducción a la forma H^- con la formación de vacantes en posiciones de red del hidruro que dan lugar a la interacción H para formar hidrinos. Además o alternativamente, el H^- migra hacia el ánodo, y se somete a la oxidación a los átomos de H. El H puede interactuar en un entorno adecuado para formar hidrinos. El medio ambiente puede comprender un sumidero de los átomos de H tal como un metal tal como un álcali, tierra alcalina, transición, transición interna, noble, o metal de tierra rara que se forma un hidruro. Alternativamente, el disipador de H puede ser un compuesto que se

hidrogena tal como un compuesto del sistema MNH tal como Li_3N o Li_2NH . El disipador de H puede ser un compuesto de intercalación que pueden ser deficientes en metal. El H puede sustituir en los sitios metálicos, tales como sitios de Li o puede desplazar el metal tal como Li. Compuestos de intercalación ejemplares adecuados son grafito de Li, Li_xWO_3 , $\text{Li}_x\text{V}_2\text{O}_5$, LiCoO_2 , LiFePO_4 , LiMn_2O_4 , LiNiO_2 , $\text{Li}_2\text{FePO}_4\text{F}$, LiMnPO_4 , sistema VOPO_4 , LiV_2O_5 , LiMgSO_4F , LiMSO_4F (M = Fe, Co, Ni, metal de transición), LiMPO_4F (M = Fe, Ti), $\text{LiX}[\text{Li}_{0.33}\text{Ti}_{1.67}\text{O}_4]$, o $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$, óxidos de metales de transición en capas tales como óxidos de Ni-Mn-Co, tales como $\text{LiNi}_{1/3}\text{Co}_{1/3}\text{Mn}_{1/3}\text{O}_2$, y $\text{Li}(\text{Li}_a\text{Ni}_x\text{Co}_y\text{Mn}_z)\text{O}_2$ y LiTi_2O_4 y al menos uno de estos compuestos con un poco de H reemplaza Li o los deficientes en Li. Otros materiales de ánodo son calcogenuros que intercalan H o forman calcogenuros hidrogenados tales como óxidos de metales de transición en capas tales como CoO_2 y NiO_2 que forma $\text{CoO}(\text{OH})$ y $\text{NiO}(\text{OH})$, respectivamente. Células ejemplares son $[\text{Li}_3\text{N}$, Li_2NH , o M (M = metal, tal como un alcalino, alcalino, transición, transición interior, o metal de tierra rara), Li Li deficientes WO_3 , $\text{Li}_x\text{V}_2\text{O}_5$, LiCoO_2 , LiFePO_4 , LiMn_2O_4 , LiNiO_2 , $\text{Li}_2\text{FePO}_4\text{F}$, LiMnPO_4 , sistema VOPO_4 , LiV_2O_5 , LiMgSO_4F , LiMSO_4F (M = Fe, Co, Ni, metal de transición), LiMPO_4F (M = Fe, Ti), $\text{LiX}[\text{Li}_{0.33}\text{Ti}_{1.67}\text{O}_4]$, o $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$, óxidos de metales de transición en capas tales como óxidos de Ni-Mn-Co como $\text{LiNi}_{1/3}\text{Co}_{1/3}\text{Mn}_{1/3}\text{O}_2$, y $\text{Li}(\text{Li}_a\text{Ni}_x\text{Co}_y\text{Mn}_z)\text{O}_2$ y LiTi_2O_4 , LiMgSO_4F , LiMSO_4F (M = Fe, Co, Ni, metal de transición), LiMPO_4F (M = Fe, Ti), y otros calcogenuros de capas Li y óxidos en capas tales como CoO_2 y NiO_2/H^+ electrolito conductor tal como una sal eutéctica un cátodo permeable fundido tal LiCl-KCl/H y H_2 tal como $\text{Ni}(\text{H}_2)$ y $\text{Fe}(\text{H}_2)$, Hidruro tal como un alcalino, alcalino, transición, transición interna, o hidruro de metal de tierras raras, siendo este último por ejemplo, CeH_2 , DyH_2 , ErH_2 , GDH_2 , HoH_2 , LaH_2 , LuH_2 , NDH_2 , PrH_2SCH_2 , TbH_2 , TmH_2 y YH_2 , y un compuesto MNH tal como Li_2NH o LiNH_2 . En otra realización, el reactivo de ánodo puede comprender un oxihidróxido o el óxido correspondiente o calcogenuro parcialmente alcalino-intercalado. oxihidróxidos ejemplares adecuados son $\text{AlO}(\text{OH})$, $\text{SCO}(\text{OH})$, $\text{YO}(\text{OH})$, $\text{VO}(\text{OH})$, $\text{CrO}(\text{OH})$, $\text{MnO}(\text{OH})$ (α - $\text{MnO}(\text{OH})$ groutita y γ - $\text{MnO}(\text{OH})$ manganita), $\text{FeO}(\text{OH})$, $\text{CoO}(\text{OH})$, $\text{NiO}(\text{OH})$, $\text{RHO}(\text{OH})$, $\text{GaO}(\text{OH})$, $\text{InO}(\text{OH})$, $\text{Ni}_{1/2}\text{Co}_{1/2}\text{O}(\text{OH})$, y $\text{Ni}_{1/3}\text{Co}_{1/3}\text{Mn}_{1/3}\text{O}(\text{OH})$. Células ejemplares son [por lo menos uno del grupo de oxihidróxidos tales como $\text{AlO}(\text{OH})$, $\text{SCO}(\text{OH})$, $\text{YO}(\text{OH})$, $\text{VO}(\text{OH})$, $\text{CrO}(\text{OH})$, $\text{MnO}(\text{OH})$ (α - $\text{MnO}(\text{OH})$ groutita y γ - $\text{MnO}(\text{OH})$ manganita), $\text{FeO}(\text{OH})$, $\text{CoO}(\text{OH})$, $\text{NiO}(\text{OH})$, $\text{RHO}(\text{OH})$, $\text{GaO}(\text{OH})$, $\text{InO}(\text{OH})$, $\text{Ni}_{1/2}\text{Co}_{1/2}\text{O}(\text{OH})$, y $\text{Ni}_{1/3}\text{Co}_{1/3}\text{Mn}_{1/3}\text{O}(\text{OH})$, otros calcogenuros en capas, calcogenuros en capas que intercalan H, y óxidos de capas tales como CoO_2 y NiO_2/H^+ electrolito conductor tal como una sal eutéctica un cátodo permeable fundido tal LiCl-KCl/H y H_2 tal como $\text{Ni}(\text{H}_2)$ y $\text{Fe}(\text{H}_2)$, Hidruro tal como un alcalino, alcalino, transición, transición interna, o hidruro de metal de tierras raras, siendo este último por ejemplo, CeH_2 , DyH_2 , ErH_2 , GDH_2 , HoH_2 , LaH_2 , LuH_2 , NDH_2 , PrH_2SCH_2 , TbH_2 , TmH_2Y YH_2 , y un compuesto MNH tal como Li_2NH o LiNH_2].

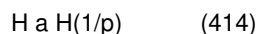
[0650] Por lo tanto, la célula comprende una fuente de hidrógeno donde el hidrógeno sirve como el catalizador y el reactivo para formar hidrinos. La fuente de hidrógeno puede ser gas hidrógeno o un hidruro. El hidrógeno puede penetrar a través de una membrana. La reacción celular puede implicar la oxidación de H^+ a partir de H o la reducción de H^+ para formar H. Reacciones celulares ejemplares son



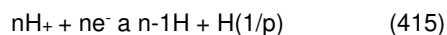
Reacción de ánodo



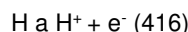
Red



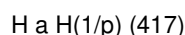
Reacción de cátodo



Reacción de ánodo



Red



La célula puede comprender, además, un electrolito tal como una sal fundida, tal como una mezcla de haluro alcalino eutéctica. Al menos uno de los reactivos de células medias puede comprender un soporte eléctricamente conductor de alta superficie-área de soporte tal como un carburo, boruro, o carbono. En una realización, los reactivos anódicos pueden comprender un otro reductor de H o H^+ tal como un metal tal como Li o una aleación de Li. Los reactivos de cátodo pueden comprender una fuente de H tal como un hidruro tal como un hidruro eléctricamente conductor que es aproximadamente tan estable o más estable que LiH tal como al menos uno de CeH_2 , DyH_2 , ErH_2 , GDH_2 , HoH_2 , LaH_2 , LuH_2 , NdH_2 , PrH_2 , SCH_2 , TbH_2 , TmH_2 y YH_2 . Una célula ejemplar es $[\text{Li}/\text{KCl-LiCl}/\text{LaH}_2 \text{ TiC}]$. Al menos una mezcla de reacción de célula media comprende al menos una de una mezcla de hidruros, metales, hidruros de metal y una fuente

de hidrógeno tal como gas hidrógeno o hidrógeno suministrado por permeación a través de una membrana de metal. La fuente de hidrógeno o hidruro también pueden ser un componente de un puente de electrolito o de sal. Células ejemplares son [Li/KCl-LiCl LiH/LaH₂TiC], [Li/KCl-LiCl/LaH₂ Mg TiC], [Li/KCl-LiCl LiH/LaH₂ Mg TiC], [Li/KCl-LiCl/LaH₂ z-H₂ TiC], [Li/KCl-LiCl LiH/LaH₂ z-H₂TiC], [LiM/LiX-LiH/M₁H₂ M₂H₂ apoyo] en el que LiM es Li, una aleación de Li, o compuesto de Li, LiX-LiH es una mezcla eutéctica de un haluro de litio (X) en donde otros electrolitos de sales eutécticas pueden sustituir, M₁H₂ y M₂H₂ son una primera y segunda hidruro en el que cada uno puede ser de entre el grupo de CeH₂, DyH₂, ErH₂, GdH₂, HoH₂, LaH₂, LuH₂, NdH₂, PrH₂, ScH₂, TbH₂, TmH₂ y YH₂, TiH₂, VH, VH_{1,6}, LaNi₅H₆, ZrCr₂H_{3,8}, LaNi_{3.55}Mn_{0.4}Al_{0.3}Co_{0.75}, ZrMn_{0.5}Cr_{0.2}Vo_{0.1}Ni_{1.2}, CrH, CrH₂, NiH, CuH, YH₂, YH₃, ZrH₂, NbH, NbH₂, PdH_{0.7}, LaH₂, LaH₃, TaH, los hidruros de lantánidos: MH₂ (Fluorita) M = Ce, Pr, Nb, Sm, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Lu; MH₃ (Cúbica) M = Ce, Pr, Nd, Yb; MH₃ (Hexagonal) M = Sm, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Lu; hidruros de actínidos: MH₂ (Fluorita) M = Th, Np, Pu, Am; MH₃ (Hexagonal) M = Np, Pu, Am, y MH₃ (estructura cúbica compleja) M = Pa, U, hidruros alcalinos, hidruros alcalinotérreos, hidruros de metales de transición, hidruros de metales de transición interiores, hidruros de tierras raras, hidruros de metales nobles, LiAlH₄, LiBH₄ hidruros similares. Al menos un hidruro o metal, tal como LiH, Li, NaH, Na, KH, K, RbH, Rb, CsH, o Cs pueden servir como el catalizador o la fuente de catalizador. El catalizador o H que reaccionan para formar hidrinos pueden formarse durante el funcionamiento de la célula. Alternativamente, el ion migración reducido o su hidruro pueden servir como el catalizador o la fuente de catalizador.

[0651] En una realización, un número entero de átomos de H sirve como un catalizador para al menos otro. Alternativamente, el ion de migración reducido o su hidruro pueden servir como el catalizador o la fuente de catalizador. La célula puede comprender una fuente de H que pueden formar iones hidruro en el cátodo. La fuente H puede ser un hidruro, hidrógeno que puede ser de la permeación a través de un metal tal como un tubo de metal o cátodo de la membrana, un material de almacenamiento de hidrógeno, un material hidrogenado tal como carbono hidrogenado, y un compuesto de sistema M-N-H. La célula puede comprender un electrolito para la migración de iones H⁻. Los electrolitos adecuados son sales fundidas eutécticas tales como los que comprenden mezclas de haluros de metales alcalinos tales como LiCl-KCl o LiF-LiCl, NaH NaAlEt₄ y KH-KOH. El ánodo puede comprender un sumidero de al menos uno de iones hidruro, hidrógeno, y protones. El ion hidruro puede estar oxidado a H en el ánodo. El H puede servir como reactivo y catalizador para formar hidrinos. El sumidero de H puede ser al menos uno de un metal que forma un hidruro, un material de almacenamiento de hidrógeno tal como los de la presente descripción, los compuestos del sistema MNH, un nitruro o imida que se forma al menos una de una imida o amida, y los compuestos de intercalación tales como carbono, un calcogenuro, y otros compuestos de la presente descripción tales como los de las baterías de iones de litio. Una célula ejemplar comprende un hidruro metálico en el cátodo tal como un hidruro de tierra rara, TiH₂ o ZrH₂ y un metal en el ánodo que puede formar un hidruro tal como una tierra rara, Ti, o polvo de metal Nb o un alcalinotérreo o metal alcalino. Alternativamente, los reactivos de ánodo comprenden un compuesto tal como Li₃N o carbono activado que es un sumidero H. La célula puede comprender además un soporte en cualquiera de las células un medio tal como un carbono, un carburo, o un boruro tal como negro de carbono, TiC, WC, YC₂, TiB₂O de MgB₂. Células ejemplares específicas son [Mg, Ca, Sr, Ba, polvo de metal de tierra rara, el material de almacenamiento de hidrógeno, R-Ni, Ti, Nb, Pd, Pt, carbono, Li₃N, Li₂NH/sal eutéctica fundida H⁻ conductor tal como LiCl-KCl/TiH₂, ZrH₂, MgH₂, LaH₂, CeH₂, R-Ni, el hidrógeno permeable fuente H tubo tal como Ni(H₂) u otros metales, incluyendo tierras raras recubierto Fe].

[0652] En una realización, un número entero de átomos de H sirve como un catalizador para al menos otro. Alternativamente, el ion de migración reducido o su hidruro pueden servir como el catalizador o la fuente de catalizador. La célula puede comprender una fuente de H que pueden formar los protones en el ánodo. La fuente H puede ser un hidruro, de hidrógeno que puede ser de la permeación a través de un metal tal como un tubo de metal o cátodo de la membrana, un material de almacenamiento de hidrógeno, un material hidrogenado tal como carbono hidrogenado, y un compuesto de sistema M-N-H. La célula puede comprender un electrolito para la migración de iones H⁺. El electrolito puede comprender un conductor de protones. El sistema puede ser acuoso o no acuoso. El cátodo puede comprender un sumidero de al menos uno de iones hidruro, hidrógeno, y protones. El protón migración puede reducirse a H o H⁻ en el cátodo. El H puede servir como reactivo y catalizador para formar hidrinos. El sumidero de H puede ser al menos uno de un metal que forma un hidruro, un material de almacenamiento de hidrógeno tal como los de los presentes compuestos M-N-H de divulgación del sistema, un nitruro o imida que se forma al menos una de una imida o amida, y compuestos de intercalación tal como carbono, un calcogenuro, y otros compuestos de la presente descripción tales como las de las baterías de iones de litio. Una célula ejemplar comprende un hidruro metálico en el ánodo tal como un hidruro de tierra rara, TiH₂ o ZrH₂ y un metal en el cátodo que puede formar un hidruro tal como una tierra rara, Ti, o polvo de metal Nb o un alcalinotérreo o metal alcalino. Alternativamente, los reactivos de cátodo comprenden un compuesto tal como Li₃N o carbono activado que es un sumidero H. La célula puede comprender además un soporte en cualquiera de las células un medio tal como un carbono, un carburo, o un boruro tal como negro de carbono, TiC, WC, YC₂, TiB₂O de MgB₂. Células ejemplares específicas son [TiH₂, ZrH₂, MgH₂, LaH₂, CeH₂, R-Ni, el hidrógeno permeable fuente H tubo tal como Ni(H₂) u otros metales, incluyendo Fe recubierto de tierras raras/H⁺ conductor/Mg, Ca, Sr, Ba, polvo de metal de tierra rara, el material de almacenamiento de hidrógeno, R-Ni, Ti, Nb, Pd, Pt, carbono, Li₃N, Li₂NH].

[0653] Para los sistemas que utilizan H como catalizador en el que el sistema puede estar ausente un metal alcalino o hidruro de metal alcalino como catalizador o la fuente de catalizador, electrolitos tales como MAICl₄ (M es un metal alcalino) que son reactivos con estas especies pueden ser utilizados. células ejemplares son [Li/LiAlCl₄/ TiH₂ o ZrH₂],

[K/KAlCl₄/ TiH₂ o ZrH₂], [Na/NaAlCl₄/ TiH₂ o ZrH₂], [Ti o Nb/NaAlCl₄/ Ni(H₂), TiH₂, ZrH₂O LaH₂] Y [Ni(H₂), TiH₂, ZrH₂O LaH₂/NaAlCl₄/ Ti o Nb]. Las células de catalizador H se pueden regenerar térmicamente por la descomposición y la adición de H₂ al hidruro y productos de metal, respectivamente. Alternativamente, el ion de migración reducido o su hidruro pueden servir como el catalizador o la fuente de catalizador.

[0654] En una realización, la célula comprende un electrolito tal como una sal de electrolito eutéctico fundido, comprendiendo el electrolito además un hidruro tal como LiH. El electrolito de sal eutéctica fundida puede comprender una mezcla de haluros de metales alcalinos tales como LiCl-KCl, LiF-LiCl, LiCl-CsCl, o LiCl-KCl-CsCl con LiH disuelto en el intervalo de 0,0001% en moles a la saturación, o el electrolito de sal eutéctica fundida puede comprender una mezcla de LiH y uno o haluros más alcalinos tales como LiCl, LiBr, y LiI. El electrolito puede ser seleccionado para conseguir una temperatura deseada de operación en el que se ve favorecida la reacción para formar hidrinos. La temperatura puede ser controlada para controlar la actividad de una o más especies, el equilibrio termodinámico entre las especies tal como una mezcla de hidruros, o la solubilidad de una especie, tales como la solubilidad de LiH en el electrolito. El cátodo y el ánodo de células puede comprender dos diferentes materiales, compuestos o metales. En una realización, el metal de cátodo puede formar un hidruro más estable que el hidruro del electrolito; mientras que, el metal del ánodo puede formar un hidruro menos estable. El cátodo puede comprender, por ejemplo, uno o más de Ce, Dy, Er, Gd, Ho, La, Lu, Nd, Pr, Sc, Tb, Tm, y Y. El ánodo puede comprender un metal de transición tal como Cu, Ni, Cr o Fe o acero inoxidable. El hidrógeno puede suministrarse como gas H₂, mediante permeación, tales como a través de una membrana en la que la membrana puede comprender el cátodo o ánodo, o por burbujeo, tal como a través de un electrodo poroso tal como electrodo poroso que consta de un conjunto fuertemente unido de un cuerpo poroso Ni (Celmel nº 6, Sumitomo Electric Industries, Ltd.) dentro de un tubo de alúmina exterior.

[0655] En otras formas de realización, el electrolito puede comprender el ion del ion de migrar tales como electrolito Li⁺ tal como una sal de litio tal como hexafluorofosfato de litio en un disolvente orgánico tal como dimetil o carbonato de dietilo y carbonato de etileno para el caso de que el ion migración es Li⁺. Entonces, el puente de sal puede ser un vidrio tal como vidrio de borosilicato saturado con electrolito Li⁺ o una tal cerámica como Li⁺ alúmina beta impregnado. El electrolito también puede comprender al menos uno o más materiales cerámicos, polímeros y geles. Células ejemplares comprenden (1) un 1 cm², disco de 75 µm de espesor de electrodo positivo compuesto que contiene 7-10 mg de hidruro de metal, tal como LaH₂ mezclado con TiC, o LaH₂ mezclado con 15% SP de carbono (negro de carbono de MM), (2) un 1 cm² disco de metal Li como el electrodo negativo, y (3) a/D de borosilicato hoja de fibra de vidrio Whatman GF saturados con 1 M LiPF₆ solución de electrolito en 1:1 carbonato de dimetil/carbonato de etileno como el separador/electrolito. Otros electrolitos adecuados son hexafluorofosfato de litio (LiPF₆), Hexafluoroarseniato de litio monohidrato (LiAsF₆), Perclorato de litio (LiClO₄), Tetrafluoroborato de litio (LiBF₄), y triflato de litio (LiCF₃SO₃) en un disolvente orgánico tal como carbonato de etileno. Además, el gas H₂ puede ser añadido a la célula, tal como al compartimiento catódico.

[0656] La célula puede comprender un ion que es un catalizador o fuente del catalizador, tal como un ion de metal alcalino tal como Li⁺ que es una fuente de catalizador de Li. La fuente del ión puede ser el metal correspondiente, aleación alcalino, o un compuesto alcalino. La célula puede comprender un puente salino o un separador y puede comprender además un electrolito y, posiblemente, un soporte tal como un carburo, boruro, o carbono todo como se da en la presente descripción. En una realización, m átomos de H (m es un número entero) sirven como el catalizador para otros átomos de H. Los átomos de H pueden ser mantenidos en el soporte tal como un carburo, boruro, o carbono. La fuente de H puede ser gas H, H permeado a través de una membrana, un hidruro, o un compuesto tal como una amida o imida. En una realización, el soporte tiene un área superficial grande y está en exceso molar con respecto a la fuente de H tal como un hidruro o compuesto. Células ejemplares son [hoja de fibra de vidrio Li/borosilicato saturado con una solución de electrolito 1 M LiPF₆ en 1:1 de carbonato de dimetilo/TiC], [hoja de fibra de vidrio de carbonato de etileno/Li/borosilicato saturado con una solución de electrolito de 1 M LiPF₆ en 1:1 de carbonato de dimetilo/carbonato de etileno en polvo/Fe], [lámina de Li/poliolefina saturada con una solución de electrolito 1 M LiPF₆ en 1:1 carbonato de dimetil/carbonato de etileno TiC 10% en moles LaH₂], [lámina de Li/poliolefina saturada con una solución de electrolito 1 M LiPF₆ en 1:1 carbonato de dimetil/carbonato de etileno/WC 10% en moles de membrana LaH₂], [Li/polipropileno saturado con una solución de electrolito 1 M LiPF₆ en 1:1 carbonato de dimetil/carbonato de etileno/TiC 10% en moles LaH₂], [Li/membrana de polipropileno saturado con una solución de electrolito 1 M LiPF₆ en 1:1 carbonato de dimetil/carbonato de etileno/WC 10% en moles LaH₂] y [fuente de Li/puente salino o separador de electrolito/soporte y la fuente H].

[0657] En una realización, la célula forma un compuesto de sistema M-N-H metálico mixto tal como una amida, imida, o nitrilo durante la descarga o carga en donde M es al menos dos metales en cualquier proporción. Los metales adecuados son metales alcalinos tales como Li, Na, y K, y los metales alcalinotérreos tales como Mg. Alternativamente, un compuesto de sistema M-N-H metálico mixto es un material de partida de al menos un medio de células. Durante la carga o descarga el compuesto reacciona para ganar o perder H. En una realización, al menos uno de la creación de H y el catalizador, las vacantes por medios tales como sustitución, reacción, o el desplazamiento, y la adición H provoca la formación de hidrinos para crear energía eléctrica. En el último caso, uno o más H puede servir como un catalizador para otro. En formas de realización, un ion metálico tal como un ión de metal alcalino puede ser el ion migración. En otras realizaciones, H⁻ o H⁺ puede ser el ion migración. Las células pueden comprender los ánodos, cátodos, puentes de sal, soportes, matrices y los electrolitos de la descripción con la característica adicional de que los metales son una mezcla. En otras formas de realización, reactivos de células medias o producto comprenden una

mezcla de al menos dos de un compuesto de sistema M-N-H, un borano, boranos aminoácidos y aminos borano, hidruro de aluminio, hidruro de aluminio alcalino, borohidruro alcalino, hidruro de metal alcalino, hidruro de metal alcalinotérreo, hidruro de metal de transición, hidruro de metal de transición interna, e hidruro de metal de tierras raras. La célula puede comprender un electrolito y, opcionalmente, un puente de sal que confina el electrolito al menos una de las células medias. El electrolito puede ser una sal eutéctica. El electrolito puede ser un líquido iónico que puede estar en al menos una de las células medias. El líquido iónico puede ser al menos uno de los de la descripción tal como nitrato de etilamonio, nitrato de etilamonio dopado con el fosfato de dihidrógeno tal como aproximadamente 1% de nitrato de hidrazinio dopado, $\text{NH}_4\text{PO}_3\text{-TiP}_2\text{O}_7$ y una sal eutéctica de $\text{LiNO}_3\text{-NH}_4\text{NO}_3$. Otros electrolitos adecuados pueden comprender al menos una sal del grupo de LiNO_3 , Triflato de amonio ($\text{Tf} = \text{CF}_3\text{SO}_3^-$), Trifluoroacetato de amonio ($\text{TFAc} = \text{CF}_3\text{COO}^-$), Tetrafluoroborate amonio (BF_4^-), Metanosulfonato de amonio (CH_3SO_3^-), Amonio nitrato (NO_3^-), Tiocianato de amonio (SCN^-), Sulfamato de amonio (SO_3NH_2^-), Bifluoruro de amonio (HF_2^-), sulfato de amonio de hidrógeno (HSO_4^-), Bis amonio (trifluorometanosulfonil) imida ($\text{TFSI} = \text{CF}_3\text{SO}_2\text{N}^-$), Amonio bis(perfluoroheptanosulfonilo) imida ($\text{BETI} = \text{CF}_3\text{CF}_2\text{SO}_2\text{N}^-$), nitrato de hidrazinio y puede comprender además una mezcla tal como una mezcla eutéctica que comprende además al menos uno de NH_4NO_3 , NH_4Tf , y NH_4TFAc . Otros disolventes adecuados comprenden ácidos tales como ácido fosfórico. Células ejemplares son $[\text{M} = \text{Li}, \text{Na}, \text{K}/\text{separador de olefina } \text{M} = \text{Li}, \text{Na}, \text{K} \text{ PF}_6 \text{ mezcla de EC DEC, base, o sal eutéctica}/\text{M}'\text{NH}_2, \text{M}'_2\text{NH } \text{M}' = \text{Li}, \text{Na}, \text{K}, \text{ en el que M es diferente de M}' \text{ y, opcionalmente, un electrolito tal como un líquido iónico o una sal eutéctica tal como una mezcla de sal de haluro alcalino, un hidruro tal como M o M}'\text{AlH}_4 \text{ o M o M}'\text{BH}_4, \text{ M o M}'\text{H o M o M}'\text{H}_2 \text{ en donde M y M}' = \text{metales alcalinos, alcalinotérreos, transición, transición interior, o metal de tierra rara, y un soporte tal como carbono, un carburo o boruro}]$ y $[\text{al menos una mezcla de dos del grupo de M}_3\text{N, M}_2\text{NH, M}'_3\text{N, y M}'_2\text{NH } \text{M, M}' = \text{Li, Na, K, en el que M es diferente de M}'/\text{sal eutéctica tal como LiCl-KCl/}, \text{ un hidruro tal como M o M}'\text{H o M o M}'\text{H}_2 \text{ en donde M y M}' = \text{metales alcalinos, alcalinotérreos, transición, transición interior, o metal de tierras raras, M o M}'\text{AlH}_4 \text{ o M o M}'\text{BH}_4, \text{ y un soporte tal como carbono, un carburo o boruro}].$ Dado que uno o más H sirven como el catalizador, el producto es al menos uno de $\text{H}(1/p)$, $\text{H}_2(1/p)$, y $\text{H}'(1/p)$ donde p depende del número de átomos de H, que sirven como un catalizador para el otro H que experimenta una transición para formar un hidrino (Ecs. (6-9) y (10)). El producto tal como $\text{H}_2(1/p)$, y $\text{H}'(1/p)$ puede ser identificado por RMN de protones de acuerdo con las Ecs. (20) y (12), respectivamente.

[0658] Otros compuestos de intercalación adecuados de la divulgación son $\text{LiNi}_{1/3}\text{Al}_{1/3}\text{Mn}_{1/3}\text{O}_2$, $\text{LiAl}_{1/3-x}\text{Co}_x\text{Ni}_{1/3}\text{Co}_{1/3}\text{O}_2$ ($0 \leq x \leq 1/3$), $\text{LiNi}_x\text{Co}_{1-2x}\text{Mn}_x\text{O}_2$ ($0 \leq x \leq 1/3$), $\text{Li}_x\text{Al}_y\text{Co}_{1-y}\text{O}_2$, $\text{Li}_x\text{Al}_y\text{Mn}_{1-y}\text{O}_2$, $\text{Li}_x\text{Al}_y\text{Co}_z\text{Mn}_{1-y-z}\text{O}_2$, $\text{LiNi}_{1/2}\text{Mn}_{1/2}\text{O}_2$ y otras combinaciones y mezclas de metales que forman compuestos de intercalación. Li puede ser al menos parcialmente sustituido por H o puede ser al menos parcialmente para eliminar completamente en realizaciones como se describe en la divulgación de otros de tales compuestos. Otro metal alcalino tal como Na puede sustituir a Li.

[0659] Oxihidróxidos adecuados de la divulgación han coordinado octaédricamente ion M como $\text{M}^{3+} = \text{Al, Sc, Y, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Rh, Ga, e In}$, y aleaciones y mezclas de los mismos tal como $\text{Ni}_{1/2}\text{Co}_{1/2}$ y $\text{Ni}_{1/3}\text{Co}_{1/3}\text{Mn}_{1/3}$. Correspondientes oxihidróxidos ejemplares son $\text{AlO}(\text{OH})$, $\text{ScO}(\text{OH})$, $\text{YO}(\text{OH})$, $\text{VO}(\text{OH})$, $\text{CrO}(\text{OH})$, $\text{MnO}(\text{OH})$ ($\alpha\text{-MnO}(\text{OH})$ groutita y $\gamma\text{-MnO}(\text{OH})$ manganita), $\text{FeO}(\text{OH})$, $\text{CoO}(\text{OH})$, $\text{NiO}(\text{OH})$, $\text{RhO}(\text{OH})$, $\text{GaO}(\text{OH})$, $\text{InO}(\text{OH})$, $\text{Ni}_{1/2}\text{Co}_{1/2}\text{O}(\text{OH})$, y $\text{Ni}_{1/3}\text{Co}_{1/3}\text{Mn}_{1/3}\text{O}(\text{OH})$. Los oxihidróxidos pueden comprender H intercalado. Los oxihidróxidos pueden tener fuerte enlace de hidrógeno. Oxihidróxidos adecuados que tienen una fuerte unión H son los del grupo que comprende Al, Sc, Y, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Rh, Ga, e In, y aleaciones y mezclas de los mismos tal como $\text{Ni}_{1/2}\text{Co}_{1/2}$ y $\text{Ni}_{1/3}\text{Co}_{1/3}\text{Mn}_{1/3}$. Los oxihidróxidos ejemplares correspondientes son $\text{AlO}(\text{OH})$, $\text{ScO}(\text{OH})$, $\text{YO}(\text{OH})$, $\text{VO}(\text{OH})$, $\text{CrO}(\text{OH})$, $\text{MnO}(\text{OH})$ ($\alpha\text{-MnO}(\text{OH})$ groutita y $\gamma\text{-MnO}(\text{OH})$ manganita), $\text{FeO}(\text{OH})$, $\text{CoO}(\text{OH})$, $\text{NiO}(\text{OH})$, $\text{RhO}(\text{OH})$, $\text{GaO}(\text{OH})$, $\text{InO}(\text{OH})$, $\text{Ni}_{1/2}\text{Co}_{1/2}\text{O}(\text{OH})$, y $\text{Ni}_{1/3}\text{Co}_{1/3}\text{Mn}_{1/3}\text{O}(\text{OH})$. El ánodo puede comprender un reactivo tal como un metal que reacciona con agua para formar un hidróxido durante la descarga. Células CIHT ejemplares que comprenden un electrolito acuoso y un cátodo de oxihidróxido son $[\text{PtC}(\text{H}_2)$, $\text{PdC}(\text{H}_2)$, o R-Ni/KOH (6 M aq saturado) en donde la base puede servir como un catalizador o fuente de catalizador, tal como K o 2K^+ , o hidróxido de amonio/ $\text{MO}(\text{OH})$ ($\text{M} = \text{metal tales como Co, Ni, Fe, Mn, Al}$), tales como oxihidróxido tales como $\text{AlO}(\text{OH})$, $\text{ScO}(\text{OH})$, $\text{YO}(\text{OH})$, $\text{VO}(\text{OH})$, $\text{CrO}(\text{OH})$, $\text{MnO}(\text{OH})$ ($\alpha\text{-MnO}(\text{OH})$ groutita y $\gamma\text{-MnO}(\text{OH})$ manganita), $\text{FeO}(\text{OH})$, $\text{CoO}(\text{OH})$, $\text{NiO}(\text{OH})$, $\text{RhO}(\text{OH})$, $\text{GaO}(\text{OH})$, $\text{InO}(\text{OH})$, $\text{Ni}_{1/2}\text{Co}_{1/2}\text{O}(\text{OH})$, y $\text{Ni}_{1/3}\text{Co}_{1/3}\text{Mn}_{1/3}\text{O}(\text{OH})$ y también HY], $[\text{NiAl/KOH/COOOH}]$, $[\text{R-Ni/K}_2\text{CO}_3(\text{aq})/\text{COOOH}]$ y $[\text{metal que forma un hidróxido o un óxido con agua durante la descarga tal como Al, Co, Ni, Fe, o Ag metálica acuosa de KOH/(6 M para saturada), o hidróxido de amonio}/\text{MO}(\text{OH})$ ($\text{M} = \text{metal tales como Co, Ni, Fe, Mn, Al}$), tal como $\text{AlO}(\text{OH})$, $\text{ScO}(\text{OH})$, $\text{YO}(\text{OH})$, $\text{VO}(\text{OH})$, $\text{CrO}(\text{OH})$, $\text{MnO}(\text{OH})$ ($\alpha\text{-MnO}(\text{OH})$ groutita y $\gamma\text{-MnO}(\text{OH})$ manganita), $\text{FeO}(\text{OH})$, $\text{CoO}(\text{OH})$, $\text{NiO}(\text{OH})$, $\text{RhO}(\text{OH})$, $\text{GaO}(\text{OH})$, $\text{InO}(\text{OH})$, $\text{Ni}_{1/2}\text{Co}_{1/2}\text{O}(\text{OH})$, y $\text{Ni}_{1/3}\text{Co}_{1/3}\text{Mn}_{1/3}\text{O}(\text{OH})$ o $\text{HY}]$. En realizaciones, el H intercalado en compuestos tales como oxihidróxidos y calcogenuros de metal comprende al menos uno de H^+ y covalente OH de hidrógeno unido a O. La neutralidad del material de cátodo se consigue por lo menos por uno de reducción del ion migración o la reducción del ión metálico, tal como la reducción de los iones de metal M^{3+} a M^{2+} . En otras formas de realización, otro calcogenuro sustituye a O. En una realización, la distancia O - H ... H puede estar en el intervalo de aproximadamente 2 a 3 Å y preferiblemente en el intervalo de aproximadamente 2,2 a 2,7 Å. En una realización, reactivos catódicos unidos a H, tales como oxihidróxidos o calcogenuros de metal comprende además un poco de agua cristalina que proporciona al menos una participación en la unión H, altera la estructura cristalina en donde la alteración puede aumentar la unión H en el cristal, y aumenta la velocidad para formar hidrinos. La unión H es sensible a la temperatura; así, en una realización, la temperatura de los reactivos unidos a H se controla para controlar la velocidad de la reacción hidrino y, en consecuencia, uno de la tensión, corriente, potencia, y energía de la célula CIHT. La célula que tiene un cátodo de oxihidróxido puede hacerse funcionar a temperatura elevada controlada por un calentador.

[0660] En una realización, se intercala H en un calcogenuro en donde la reacción provoca la formación de hidrinos y la energía liberada a su vez contribuye a la energía de la célula. Alternativamente, el ion migración reacciona con un calcogenuro intercalado H en donde la reacción provoca la formación de hidrinos, y la energía liberada a su vez contribuye a la energía de la célula. El ion migración puede ser al menos uno de OH^- , H^+ , M^+ (M = metal alcalino), y H^- . Permutaciones de reactivos de calcogenuro que son capaces de, y se someten a intercalación de H durante descarga y reactivos de calcogenuro que están al menos parcialmente intercalado por H y se someten a reacción tal como H desplazamiento durante la descarga son formas de realización de la presente descripción en donde los reactivos de calcogenuro y otros reactivos tales como los implicados en las reacciones de intercalación o de desplazamiento son las de la presente divulgación que pueden ser determinadas por un experto en la técnica.

[0661] Específicamente, el ion de migración puede ser OH^- en el que el ánodo comprende una fuente de H tal como hidruro tal como al menos uno de un álcali, tierra alcalina, metal de transición, metal de transición interna, e hidruro de tierra rara y R-Ni, el cátodo comprende un estratificado de calcogenuro capaz de intercalar H, y el electrolito es un OH^- conductor tal como una solución acuosa básica tal como KOH acuoso en el que la base puede servir como un catalizador o fuente de catalizador, tal como K o 2K^+ . La célula puede comprender además un separador permeable a OH^- tal como CG3401. Células ejemplares son [hidruro tal como R-Ni tal como (4200 n^o, suspensión) o la fuente de hidrógeno tal como PtC(H₂) o PdC (H₂)/KOH (6 M a saturado) + CG3401 / calcogenuro en capas capaz de intercalar H tales como CoO₂, NiO₂, TiS₂, ZrS₂, HfS₂, TaS₂TeS₂, ReS₂, PtS₂, SNS₂, SnSSe, TiSe₂, ZrSe₂, HfSe₂, TaSe₂, TeSe₂, ReSe₂, PtSe₂, SnSe₂, TiTe₂, ZrTe₂, VTe₂, EtNb₂, TaTe₂, Mo₂, WTe₂, CoTe₂, RhTe₂, IrTe₂, NiTe₂, PdTe₂, PtTe₂, SiTe₂, NbS₂, TaS₂, MoS₂, WS₂, NbSe₂, NbSe₃, TaSe₂, MoSe₂, VSe₂, WSe₂ y MoTe₂]. Alternativamente, el reactivo de cátodo comprende un calcogenuro en capas de H intercalado. Células ejemplares son [hidruro tal como R-Ni (4200 n^o, suspensión) o la fuente de hidrógeno tal como PtC(H₂) O PdC(H₂)/KOH (6 M a saturado) + CG3401/calcogenuro en capas de H intercalado tal como CoOOH, NiOOH, HTiS₂, HZrS₂, HHfS₂, HTaS₂, HTeS₂, HReS₂, HPtS₂, HSnS₂, HSnSSe, HTiSe₂, HZrSe₂, HHfSe₂, HTaSe₂, HTeSe₂, HReSe₂, HPtSe₂, HSnSe₂, HTiTe₂, HZrTe₂, HVTe₂, HNbTe₂, HTaTe₂, HMoTe₂, HWTe₂, HCoTe₂, HRhTe₂, HIrTe₂, HNiTe₂, HPdTe₂, HPtTe₂, HSiTe₂, HNbS₂, HTaS₂, HMoS₂, HWS₂, HNbSe₂, HNbSe₃, HTaSe₂, HMoSe₂, HVSe₂, HWS₂ y HMoTe₂].

[0662] El ion migración puede ser H^+ en el que el ánodo comprende una fuente de H tal como gas hidrógeno y un disociador tal como Pd/C, Pt/C, Ir/C, Rh/C, o Ru/C, el cátodo comprende un calcogenuro en capas capaz de intercalar H, y el electrolito es un H^+ conductor. Células ejemplares son [H₂ y Pd/C, Pt/C, Ir/C, Rh/C, o Ru/C/H⁺ conductor tal como un electrolito ácido acuoso, líquido iónico, Nafion, o conductor de protones sólido/calcogenuro en capas capaz de intercalar H tales como CoO₂, NiO₂, TiS₂, ZrS₂, HfS₂, TaS₂, TeS₂, ReS₂, PtS₂, SnS₂, SnSSe, TiSe₂, ZrSe₂, HfSe₂, TaSe₂, TeSe₂, ReSe₂, PtSe₂, SnSe₂, TiTe₂, ZrTe₂, VTe₂, EtNb₂, TaTe₂, Mo₂, WTe₂, CoTe₂, RhTe₂, IrTe₂, NiTe₂, PdTe₂, PtTe₂, SiTe₂, NbS₂, TaS₂, MoS₂, WS₂, NbSe₂, NbSe₃, TaSe₂, MoSe₂, VSe₂, WSe₂ y MoTe₂]. Alternativamente, el reactivo de cátodo comprende un calcogenuro en capas de H intercalado. Células ejemplares son [H₂ y Pd/C, Pt/C, Ir/C, Rh/C, o Ru/C/H⁺ conductor tal como un electrolito ácido acuoso, líquido iónico, Nafion, o conductor de protones sólido/calcogenuro en capas de H intercalado tal como CoOOH, NiOOH, HTiS₂, HZrS₂, HHfS₂, HTaS₂, HTeS₂, HReS₂, HPtS₂, HSnS₂, HSnSSe, HTiSe₂, HZrSe₂, HHfSe₂, HTaSe₂, HTeSe₂, HReSe₂, HPtSe₂, HSnSe₂, HTiTe₂, HZrTe₂, HVTe₂, HNbTe₂, HTaTe₂, HMoTe₂, HWTe₂, HCoTe₂, HRhTe₂, HIrTe₂, HNiTe₂, HPdTe₂, HPtTe₂, HSiTe₂, HNbS₂, HTaS₂, HMoS₂, HWS₂, HNbSe₂, HNbSe₃, HTaSe₂, HMoSe₂, HVSe₂, HWS₂ y HMoTe₂].

[0663] El ion migración puede ser H^- en el que el cátodo comprende una fuente de H tal como al menos uno de un hidruro tal como al menos uno de un álcali, tierra alcalina, metal de transición, metal de transición interna, e hidruro de tierra rara y R-Ni, y el gas de hidrógeno y un disociador tal como Pd/C, Pt/C, Ir/C, Rh/C, o Ru/C, y el gas de hidrógeno y una membrana permeable de hidrógeno, el cátodo comprende un calcogenuro en capas capaz de intercalar H, y el electrolito es un H conductor tales como una sal eutéctica fundida, tal como una mezcla de haluros alcalinos. células ejemplares son [calcogenuro en capas capaz de intercalar H tales como CoO₂, NiO₂, TiS₂, ZrS₂, HfS₂, TaS₂, TeS₂, ReS₂, PtS₂, SnS₂, SnSSe, TiSe₂, ZrSe₂, HfSe₂, TaSe₂, TeSe₂, ReSe₂, PtSe₂, SnSe₂, TiTe₂, ZrTe₂, VTe₂, EtNb₂, TaTe₂, Mo₂, WTe₂, CoTe₂, RhTe₂, IrTe₂, NiTe₂, PdTe₂, PtTe₂, SiTe₂, NbS₂, TaS₂, MoS₂ y WS₂, NbSe₂, NbSe₃, TaSe₂, MoSe₂, VSe₂, WSe₂ y MoTe₂/sal fundida de conducción de hidruro tal como fuente de LiCl-KCl/H tal como un hidruro tal como TiH₂, ZrH₂, LaH₂ o CeH₂ o un cátodo permeable a H₂ y H₂ tal como Fe(H₂), Ta(H₂) o Ni(H₂)]. Alternativamente, el reactivo de ánodo comprende un calcogenuro en capas de H intercalado. Células ejemplares son [H intercala calcogenuro en capas tal como CoOOH, NiOOH, HTiS₂, HZrS₂, HHfS₂, HTaS₂, HTeS₂, HReS₂, HPtS₂, HSnS₂, HSnSSe, HTiSe₂, HZrSe₂, HHfSe₂, HTaSe₂, HTeSe₂, HReSe₂, HPtSe₂, HSnSe₂, HTiTe₂, HZrTe₂, HVTe₂, HNbTe₂, HTaTe₂, HMoTe₂, HWTe₂, HCoTe₂, HRhTe₂, HIrTe₂, HNiTe₂, HPdTe₂, HPtTe₂, HSiTe₂, HNbS₂, HTaS₂, HMoS₂, HWS₂, HNbSe₂, HNbSe₃, HTaSe₂, HMoSe₂, HVSe₂, HWS₂ y HMoTe₂/ sal fundida de conducción de hidruro tal como fuente de LiCl-KCl/H tal como un hidruro tal como TiH₂, ZrH₂, LaH₂ o CeH₂ o un cátodo permeable a H₂ y H₂ tal como Fe(H₂), Ta(H₂) O Ni(H₂)].

[0664] El ion migración puede ser M^+ (M = metal alcalino) en el que el ánodo comprende una fuente de M^+ tal metal M o aleación tal como Li, Na, K, o una aleación tal como LiC, Li₃Mg o LiAl, el cátodo comprende un calcogenuro en capas de H intercalado, y el electrolito es un conductor M^+ . Células ejemplares son de metal alcalino [o fuente de M metal alcalino tal como Li, LiC, o Li₃Mg/M⁺ conductor tal como Celgard con disolvente orgánico y la sal M tal como LP 30/calcogenuro en capas de H intercalado tal como CoOOH, NiOOH, HTiS₂, HZrS₂, HHfS₂, HTaS₂, HTeS₂, HReS₂, HPtSe₂, HSnS₂, HSnSSe, HTiSe₂, HZrSe₂, HHfSe₂, HTaSe₂, HTeSe₂, HReSe₂, HPtSe₂, HSnSe₂, HTiTe₂, HZrTe₂,

HVTe₂, HNbTe₂, HTaTe₂, HMoTe₂, HWTe₂, HCoTe₂, HRhTe₂, HIrTe₂, HNiTe₂, HPdTe₂, HPtTe₂, HSiTe₂, HNbS₂, HTaS₂, HMO₂, HWS₂, HNbSe₂, HNbSe₃, HTaSe₂, HMoSe₂, HVSe₂, HWSe₂ y HMoTe₂].

[0665] En otras realizaciones, H⁻ o H⁺ pueden migrar y llegar a ser oxidado o reducido, respectivamente, con el H incorporado en un calcogenuro, no necesariamente como un H intercalado. El H puede reducir un óxido, por ejemplo. células ejemplares son [Hidruro tal como R-Ni (4200 n^o, suspensión) o la fuente de hidrógeno tal como PtC(H₂) o PdC(H₂)/KOH (6 M para saturada) + CG3401/SeO₂, TeO₂ o P₂O₅], [H₂ y Pd/C, Pt/C, Ir/C, Rh/C, o Ru/C/H⁺ conductor tal como un electrolito ácido acuoso, líquido iónico, Nafion, o conductor de protones sólido/SeO₂, TeO₂ o P₂O₅] y [SeO₂, TeO₂ o P₂O₅/H⁻ electrolito conductor tal como una sal eutéctica fundida tal como un LiCl-KCl/hidruro tal como ZrH₂, TiH₂, LaH₂, o CeH₂ o cátodo permeable a H y H₂ tal como Ni(H₂) y Fe(H₂)].

[0666] En formas de realización, al menos uno de (i) el enlace OH del grupo hidroxilo o el enlace OH del ion hidruro (OH⁻) se rompe para formar H tal que algunos reaccionan además para formar hidrinos, (ii) un H reacciona con O de un compuesto para formar un grupo OH o OH⁻ tal que algunos de los H reaccionan para formar hidrinos en el estado de transición en vez de formar el grupo OH o OH⁻, y (iii) H está formado a partir de una fuente de H, así como OH o OH⁻ en el que el último reacciona con un elemento o compuesto y al menos algunos de los H reaccionan para formar hidrinos. El ánodo y electrolitos comprenden los de la divulgación. El ion migración puede ser un ion metálico (M⁺), Tales como un ion de metal alcalino o una especie de H tal como OH⁻, H⁻ o H⁺ en el que al menos una de las reacciones de cátodo y ánodo implica una de estas especies. La fuente de OH⁻, H⁻ o H⁺ así como H puede ser agua, y la fuente de H⁻ o H⁺ puede ser un hidruro en el que al menos uno de los reactivos de ánodo o cátodo pueden ser un hidruro. La reacción en el ánodo puede formar H⁺, comprender una reacción de H o H⁻ y OH⁻ para formar H₂O, comprender una reacción de H⁻ a H, o comprender la oxidación de un elemento tal como un metal. La reacción en el cátodo puede comprender la reacción de M⁺ a M, H⁺ a H, o H₂O a OH⁻. El ánodo puede ser una fuente de metal, tal como un metal alcalino o un metal que forma un hidróxido, o una fuente de H tal como un hidruro. El electrolito tal como un electrolito acuoso que puede ser una fuente de al menos uno de H, H⁺, H₂O, y OH⁻. El electrolito puede ser una sal y un disolvente orgánico, acuoso, tal como una base acuosa, o una sal fundida, tal como una sal eutéctica tal como una mezcla de haluros alcalinos.

[0667] El caso (i) *supra* que implica la ruptura del enlace HO, H puede ser cortada por reacción con un metal formada en el cátodo de la reducción del ion migración correspondiente. El átomo de metal puede ser un catalizador o la fuente de catalizador, tal como Li, Na o K. El oxígeno de la OH o OH⁻ a continuación, pueden formar un compuesto muy estable con la fuente del grupo OH o OH⁻. El compuesto muy estable puede ser un óxido tal como un metal de transición, metal de transición interna, metal alcalino, metal alcalinotérreo o metal de tierras raras, así como otro óxido estable, tal como uno de Al, B, Si, y Te. Células ejemplares son [Li, Na o K o una fuente del mismo tal como una aleación/Celgard LP 30/tierra rara o hidróxido alcalinotérreo tal como La(OH)₃, Ho(OH)₃, Tb(OH)₃, Yb(OH)₃, Lu(OH)₃, Er(OH)₃, Mg(OH)₂, Ca(OH)₂, Sr(OH)₂, Ba(OH)₂ o oxihidróxido tal como HoO(OH), TbO(OH), YbO(OH), LuO(OH), ErO(OH), YO(OH), AlO(OH), ScO(OH), YO(OH), VO(OH), CrO(OH), MnO(OH) (α -MnO(OH) groutita y γ -MnO(OH) manganita), FeO(OH), CoO(OH), NiO(OH), RhO(OH), GaO(OH), InO(OH), Ni_{1/2}Co_{1/2}O(OH), y Ni_{1/3}Co_{1/3}Mn_{1/3}O(OH)]. En el caso (ii) *supra*, fuentes de H tal como H⁺, H⁻ o H₂O puede someterse a la reducción o la oxidación en un electrodo para formar un grupo OH a partir de un grupo O de un compuesto o directamente formar un grupo OH o OH⁻ desde una fuente tal como H₂O. El compuesto que comprende un reactivo que se forma al menos uno de un grupo hidroxilo o hidróxido puede ser un óxido o de oxihidróxido. El óxido puede ser al menos uno de un óxido en capas de metal alcalino intercalado, el óxido de capas de metal alcalino intercalado deficiente en metal alcalino, y el óxido en capas correspondiente sin el metal alcalino. Óxidos en capas convenientes u óxidos metálicos intercalados son los de la divulgación, como los de las baterías de iones de Li tales como CoO₂, NiO₂, Li₂WO₃, Li₂V₂O₅, LiCoO₂, LiFePO₄, LiMn₂O₄, LiNiO₂, Li₂FePO₄F, LiMnPO₄, sistema VOPO₄, LiV₂O₅, LiMgSO₄F, LiMSO₄F (M = Fe, Co, Ni, metal de transición), LiMPO₄F (M = Fe, Ti), LiX[Li_{0.33}Ti_{1.67}O₄], o Li₄Ti₅O₁₂, óxidos de metales de transición en capas tales como óxidos de Ni-Mn-Co como LiNi_{1/3}Co_{1/3}Mn_{1/3}O₂, y Li(Li_aNi_xCo_yMn₂)O₂ y LiTi₂O₄ en donde el compuesto puede ser deficiente en al menos algunas o todas Li. En otras formas de realización, otro calcogenuro en capas puede sustituir a un óxido, y otro metal alcalino puede sustituir a uno dado. Células ejemplares son [Hidruro tal como base de R-Ni/acuosa tal como KOH (6 M a saturado) en donde la base puede servir como un catalizador o fuente de catalizador, tal como K o 2K⁺/oxihidróxido como HoO(OH), TbO(OH), YbO(OH), LuO(OH), ErO(OH), YO(OH)], [Hidruro tal como base de R-Ni/acuosa tal como KOH (6 M para saturada)/oxihidróxido tal como AlO(OH), ScO(OH), YO(OH), VO(OH), CrO(OH), MnO(OH) (α -MnO(OH) groutita y γ -MnO(OH) manganita), FeO(OH), CoO(OH), NiO(OH), RhO(OH), GaO(OH), InO(OH), Ni_{1/2}Co_{1/2}O(OH), y Ni_{1/3}Co_{1/3}Mn_{1/3}O(OH)], [Hidruro tal como base de R-Ni/acuosa tal como KOH (6 M para saturada)/óxido tal como MgO, CaO, SrO, BaO, TiO₂SnO₂, Na₂O, K₂O, Mn₂O₃ (M = alcalino tal como Li o Na) y CoO₂, NiO₂, Li₂WO₃, Li₂V₂O₅, LiCoO₂, LiFePO₄, LiMn₂O₄, LiNiO₂, Li₂FePO₄F, LiMnPO₄, sistema VOPO₄, LiV₂O₅, LiMgSO₄F, LiMSO₄F (M = Fe, Co, Ni, metal de transición), LiMPO₄F (M = Fe, Ti), LiX[Li_{0.33}Ti_{1.67}O₄], o Li₄Ti₅O₁₂, óxidos de metales de transición en capas tales como óxidos de Ni-Mn-Co como LiNi_{1/3}Co_{1/3}Mn_{1/3}O₂, y Li(Li_aNi_xCo_yMn₂)O₂ y LiTi₂O₄ en donde el compuesto puede ser deficiente en al menos algunas o todas Li, o una Fe (VI) sal de ferrato tal como K₂FeO₄ o BaFeO₄], [PtC(H₂), PdC(H₂), o R-Ni/conductor de protones tal como H⁺Al₂O₃/tierra rara o hidróxido alcalinotérreo tal como La(OH)₃, Ho(OH)₃, Tb(OH)₃, Yb(OH)₃, Lu(OH)₃, Er(OH)₃, Mg(OH)₂, Ca(OH)₂, Sr(OH)₂, Ba(OH)₂ o oxihidróxido como HoO(OH), TbO(OH), YbO(OH), LuO(OH), ErO(OH), YO(OH), AlO(OH), ScO(OH), YO(OH), VO(OH), CrO(OH), MnO(OH) (α -MnO(OH) groutita y γ -MnO(OH) manganita), FeO(OH), CoO(OH), NiO(OH), RhO(OH), GaO(OH), InO(OH), Ni_{1/2}Co_{1/2}O(OH), y Ni_{1/3}Co_{1/3}Mn_{1/3}O(OH) u óxido, tales como MgO, CaO, SrO, BaO, TiO₂SnO₂, Na₂O, K₂O, Mn₂O₃ (M = alcalino tal como Li o Na), y CoO₂, NiO₂, Li₂WO₃,

Li_xV₂O₅, LiCoO₂, LiFePO₄, LiMn₂O₄, LiNiO₂, Li₂FePO₄F, LiMnPO₄, sistema VOPO₄, LiV₂O₅, LiMgSO₄F, LiMSO₄F (M = Fe, Co, Ni, metal de transición), LiMPO₄F (M = Fe, Ti), LiX[Li_{0.33}Ti_{1.67}O₄], o Li₄Ti₅O₁₂, óxidos de metales de transición en capas tales como óxidos de Ni-Mn-Co como LiNi_{1/3}Co_{1/3}Mn_{1/3}O₂, y Li(Li_aNi_xCo_yMn_z)O₂ y LiTi₂O₄ en donde el compuesto puede ser deficiente en al menos algunas o todas Li, o una Fe (VI) sal de ferrato tal como K₂FeO₄ o BaFeO₄] y [Tierras raras o hidróxido alcalinotérreo tal como La(OH)₃, Ho(OH)₃, Tb(OH)₃, Yb(OH)₃, Lu(OH)₃, Er(OH)₃, Mg(OH)₂, Ca(OH)₂, Sr(OH)₂, Ba(OH)₂ u oxihidróxido como HoO(OH), TbO(OH), YbO(OH), LuO(OH), ErO(OH), YO(OH), AlO(OH), ScO(OH), YO(OH), VO(OH), CrO(OH), MnO(OH) (α-MnO(OH) groutita y γ-MnO(OH) manganita), FeO(OH), CoO(OH), NiO(OH), RhO(OH), GaO(OH), InO(OH), Ni_{1/2}Co_{1/2}O(OH), y Ni_{1/3}Co_{1/3}Mn_{1/3}O(OH) u óxido, tales como MgO, CaO, SrO, BaO, TiO₂SnO₂, Na₂O, K₂O, MnO₂ (M = alcalino tal como Li o Na) y CoO₂, NiO₂, Li_xWO₃, Li_xV₂O₅, LiCoO₂, LiFePO₄, LiMn₂O₄, LiNiO₂, Li₂FePO₄F, LiMnPO₄, sistema VOPO₄, LiV₂O₅, LiMgSO₄F, LiMSO₄F (M = Fe, Co, Ni, metal de transición), LiMPO₄F (M = Fe, Ti), LiX[Li_{0.33}Ti_{1.67}O₄], o Li₄Ti₅O₁₂, óxidos de metales de transición en capas tales como óxidos de Ni-Mn-Co como LiNi_{1/3}Co_{1/3}Mn_{1/3}O₂, y Li(Li_aNi_xCo_yMn_z)O₂ y LiTi₂O₄ en donde el compuesto puede ser deficiente en al menos algunas o todas Li, o una sal de ferrato Fe(VI) tal como K₂FeO₄ o BaFeO₄/LiCl-KCl/hidruro tal como TiH₂, ZrH₂, LaH₂ o CeH₂]. Alternativamente, en el caso (iii) *supra*, el grupo OH⁻ puede formar un hidróxido con un elemento tal como un metal tal como una transición, la transición interior, álcali, tierra alcalina, y metal de tierra rara, y Al. Células ejemplares son [Al, Co, Ni, Fe, Ag/base acuosa tal como KOH (6 M a saturado) en donde la base puede servir como un catalizador o fuente de catalizador, tal como K o 2K⁺/óxido tal como MgO, CaO, SrO, BaO, TiO₂, SnO₂, Na₂O, K₂O, MnO₂ (M = alcalino tal como Li o Na) y CoO₂, NiO₂, Li_xWO₃, Li_xV₂O₅, LiCoO₂, LiFePO₄, LiMn₂O₄, LiNiO₂, Li₂FePO₄F, LiMnPO₄, sistema VOPO₄, LiV₂O₅, LiMgSO₄F, LiMSO₄F (M = Fe, Co, Ni, metal de transición), LiMPO₄F (M = Fe, Ti), LiX[Li_{0.33}Ti_{1.67}O₄], o Li₄Ti₅O₁₂, óxidos de metales de transición en capas tales como óxidos de Ni-Mn-Co como LiNi_{1/3}Co_{1/3}Mn_{1/3}O₂, y Li(Li_aNi_xCo_yMn_z)O₂ y LiTi₂O₄ en donde el compuesto puede ser deficiente en al menos algunas o todas Li, o una Fe (VI) sal de ferrato tal como K₂FeO₄ o BaFeO₄ oxihidróxido como HoO(OH), TbO(OH), YbO(OH), LuO(OH), ErO(OH), YO(OH), AlO(OH), ScO(OH), YO(OH), VO(OH), CrO(OH), MnO(OH) (α-MnO(OH) groutita y γ-MnO(OH) manganita), FeO(OH), CoO(OH), NiO(OH), RhO(OH), GaO(OH), InO(OH), Ni_{1/2}Co_{1/2}O(OH), y Ni_{1/3}Co_{1/3}Mn_{1/3}O(OH)]. En la reacción del oxihidróxido a hidróxido, mecanismo de formación hidrino (ii) *supra* puede ocurrir también.

[0668] En una realización, los reactivos de al menos una de las células medias están magnetizados. El material magnético tal como partículas magnetizadas tales como hierro, aleación de acero, la tierra rara tal como neodimio o samario-cobalto, u otras partículas magnéticas de este tipo puede ser mezclado con los reactivos. En una realización, las partículas magnéticas no participan en la reacción de célula media, pero proporcionan una fuente de campo magnético. En otra realización, los reactivos están magnetizados con un imán externo para los reactivos. La magnetización puede aumentar la velocidad de la reacción hidrino.

[0669] El reactivo H y el catalizador (H está incluido en el término catalizador de la descripción) se forman por la migración de los iones y los electrones de la célula CIHT para causar la formación de hidrinos. La transición de H para reducir los estados de n = 1 da como resultado la emisión de radiación continua. En una realización, la emisión se convierte en el flujo de electrones en el ánodo. El ánodo positivo puede oxidar un reactivo de célula media de ánodo, y los electrones puede reducir un reactivo de células medias de cátodo. Células ejemplares son las de la descripción que tiene el ánodo en contacto con un material de electrólisis foto-asistida tal como un semiconductor tal como SrTiO₃ tales como [Na SrTiO₃/BASENaOH], [Li SrTiO₃/separador olefina LP 40/CoO (OH)], [Al menos uno de CNA y CyNaHx SrTiO₃/sal de Na acuosa/al menos una de CNa, CyNaHx, HY, R-Ni, y Na₄Mn₉O₁₈ + carbono(H₂)], [LiV₂O₅ CB(H₂) o R-Ni SrTiO₃/LiNO₃ acuosa/CB(H₂) LiMn₂O₄] y [LiV₂O₅ SrTiO₃/LiOH acuosa/R-Ni].

[0670] En una realización, hidrinos formados a partir de las mezclas de reacción hidrino dado a conocer por la catálisis

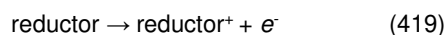
$$H \left[\frac{a_H}{p} \right],$$

de hidrógeno sirven como oxidante. Hidrinos, reaccionan con los electrones en el cátodo 405 de la pila de combustible para formar iones hidruro hidrino, H(1/p). Un reductor reacciona con el ánodo 410 para suministrar electrones fluyan a través de la carga 425 al cátodo 405, y un catión adecuado completa el circuito por la migración desde el compartimiento del ánodo 402 al compartimiento catódico 401 a través del puente de sal 420. Alternativamente, un adecuado anión tal como un ión hidruro hidrino completa el circuito por la migración desde el compartimiento catódico 401 al compartimiento anódico 402 a través del puente de sal 420.

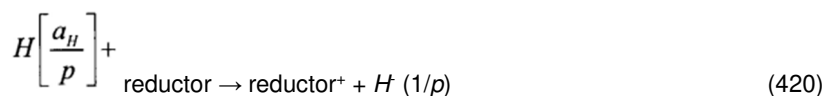
La reacción media del cátodo de la célula es:



La reacción media del ánodo es:



La reacción global de la célula es:



[0671] El reductor puede ser cualquier agente reductor electroquímico, tal como zinc. En una realización, el reductor tiene un alto potencial de oxidación y el cátodo puede ser de cobre. En una realización, el agente reductor incluye una fuente de protones en donde los protones pueden completar el circuito mediante la migración desde el compartimiento de ánodo 402 al compartimiento catódico 401 a través del puente de sal 420, o iones hidruro pueden migrar en la dirección inversa. Las fuentes de protones incluyen hidrógeno, compuestos que comprenden átomos de hidrógeno, las moléculas, y/o protones, tales como el aumento de los compuestos de hidrógeno de energía de unión, agua, hidrógeno molecular, hidróxido, ion de hidruro ordinario, hidróxido de amonio, y HX donde X es un ión de halógeno. En una realización, la oxidación del reductor comprende una fuente de protones genera protones y un gas que pueden ser ventilados durante el funcionamiento de la célula de combustible.

[0672] En otra realización de pila de combustible, una fuente hidrino 430 se comunica con el recipiente 400 a través de un paso de hidrino 460. La fuente de hidrino 430 es una célula productora de hidrino de acuerdo con la presente invención. En una realización, el compartimiento de cátodo se suministra con hidrinos o aumentó compuestos de energía de unión producidos por las reacciones hidrino a partir de reactivos descritos en este documento. Los hidrinos también pueden ser suministrados al cátodo de la fuente de oxidante al decomponer térmica o químicamente en compuestos de hidrógeno de energía de unión aumentados. Una fuente ejemplar de oxidante 430 producida por los

reactivos de hidrino comprende $M^{n+} \left(\frac{1}{p} \right)_n$ que tiene un catión M^{n+} (dónde n es un número entero) unido a un hidruro de hidrino ion de tal manera que la energía de unión del catión o un átomo $M^{(n-1)+}$ es menor que la energía de unión del

ion de hidruro hidrino $H^- \left(\frac{1}{p} \right)$. Otros oxidantes adecuados se someten a la reducción o reacción para producir al menos uno de (a) el aumento de compuesto de hidrógeno de energía de unión con una estequiometría diferente que los reactivos, (b) un aumento de compuesto de hidrógeno de la energía de unión que tiene la misma estequiometría comprende una o más especies de energía aumentadas que tienen una energía superior de unión de las especies correspondientes de la sustancia reaccionante de unión, (c) hidrino o hidruro hidrino, (d) dihidrino que tiene una energía de unión más alta que el reactivo de dihidrino, o (e) hidrino que tiene una energía mayor de unión que el reactivo de hidrino.

[0673] En ciertas realizaciones, los sistemas de células de alimentación, química, batería y combustible descritos en este documento que regeneran los reactivos y mantienen la reacción para formar hidrógeno de baja energía puede ser cerrado excepto que sólo hidrógeno consumido en la formación de hidrinos necesita ser reemplazado en donde el combustible de hidrógeno consumido puede obtenerse a partir de la electrólisis del agua. La célula de combustible puede ser utilizada para amplias aplicaciones tales como la generación de energía eléctrica como energía de la red, cogeneración, potencia motriz, potencia marina, y la aviación. En el último caso, la célula CIHT puede cargar una batería como almacenamiento de energía para un vehículo eléctrico.

[0674] La potencia puede ser controlada mediante el control de los reactivos de células medias de cátodo y ánodo y condiciones de reacción. Parámetros controlados adecuados son la presión de hidrógeno y temperatura de funcionamiento. La célula de combustible puede ser un miembro de una pluralidad de células que comprenden una pila. Los miembros de la célula de combustible se pueden apilar y pueden estar interconectados en serie por una interconexión en cada unión. La interconexión puede ser metálica o cerámica. Interconexiones adecuadas son metales eléctricamente conductores, cerámicas y materiales compuestos de metal-cerámica.

[0675] En una realización, la célula se invierte periódicamente en polaridad con una tensión aplicada opcional para provocar al menos uno de los productos de reacción de oxidación-reducción y productos hidrino que ser eliminado para eliminar la inhibición del producto. Los productos también pueden ser eliminados por métodos físicos y térmicos tales como ultrasonido y calentamiento, respectivamente.

X. Reactores químicos

[0676] La presente descripción también se refiere a otros reactores para la producción de compuestos de hidrógeno de energía de unión aumentados de la presente descripción, tales como moléculas de dihidrino y compuestos de hidruro de hidrino. Otros productos de la catálisis son potencia y opcionalmente plasma y la luz en función del tipo de célula. Tal reactor se denomina en adelante como un "reactor de hidrógeno" o "célula de hidrógeno". El reactor de hidrógeno comprende una célula para la fabricación de hidrinos. La célula para la fabricación de hidrinos puede tomar la forma de una pila de combustible de reactor químico o gas tal como una célula de descarga de gas, una célula de la antorcha de plasma, o célula de potencia de microondas, y una célula electroquímica. ejemplos de realización de la célula para hacer hidrinos puede tomar la forma de una célula de combustible líquido, una célula de combustible sólido,

una pila de combustible heterogénea, y una célula CIHT. Cada una de estas células comprende: (i) una fuente de hidrógeno atómico; (ii) al menos un catalizador elegido de un catalizador sólido, un catalizador fundido, un catalizador líquido, un catalizador gaseoso, o mezclas de los mismos para la fabricación de hidrinos; y (iii) un recipiente para la reacción de hidrógeno y el catalizador para la fabricación de hidrinos. Como se usa en el presente documento y como se contempla en la presente descripción, el término "hidrógeno", a menos que se especifique lo contrario, no sólo incluye proteum (^1H), pero también deuterio (^2H) y tritio (^3H). En el caso de la utilización de deuterio como reactivo de la reacción hidrino, se espera cantidades relativamente pequeñas de productos de tritio o helio de los combustibles heterogéneos y combustibles sólidos.

[0677] Al ser los metales alcalinos moléculas diatómicas covalentes en la fase de gas, en una realización, el catalizador para formar compuestos de hidrógeno de energía de unión aumentados está formado a partir de una fuente mediante una reacción con al menos un otro elemento. El catalizador, tal como K o Li puede ser generado por la dispersión de K o Li metálico en un haluro alcalino, tal como el KX o LiX para formar KHX LiHX en donde X es haluro. El catalizador K o Li también puede ser generado por la reacción de K₂ o Li₂ vaporizado con H atómico para formar KH y K o LiH y Li, respectivamente. Los compuestos de hidrógeno aumentado de unión a la energía pueden ser MHX en donde M es un metal alcalino, H es hidruro hidrino, y X es un ion con una sola carga negativa, preferiblemente X es uno de un haluro y HCO_3^- . En una realización, la mezcla de reacción para formar KHI o KHCl en donde H es hidruro hidrino comprende K de metal cubierto con la KX (X = Cl, I) y un disociador, metal preferiblemente de níquel tal como la pantalla de níquel y R-ni, respectivamente. La reacción se lleva a cabo manteniendo la mezcla de reacción a una temperatura elevada, preferentemente en el intervalo de 400-700°C con la adición de hidrógeno. Preferiblemente, la presión de hidrógeno se mantiene a una presión manométrica de aproximadamente 5 PSI. Así, MX se coloca sobre el K tal que los átomos de K migran a través de la celosía de haluro y el haluro sirve para dispersar K y actuar como un disociador para K₂ que reacciona en la interfaz con H del disociador tal como cribado de níquel o R-Ni para formar KHX.

[0678] Una mezcla de reacción adecuada para la síntesis de compuestos de hidruro de hidrino comprende al menos dos especies del grupo de un catalizador, una fuente de hidrógeno, un oxidante, un agente reductor, y un soporte en donde el oxidante es una fuente de al menos uno de azufre, fósforo y oxígeno, tal como SF₆, S, SO₂, SO₃, S₂O₅Cl₂, F₅SOF, M₂S₂O₈, S_xX_y tales como S₂Cl₂, SCl₂, S₂Br₂, S₂F₂, CS₂, Sb₂S₅, SO_xX_y tal como SOCl₂, SOF₂, SO₂F₂, SOBr₂, P, P₂O₅, P₂S₅, P_xX_y tales como PF₃, PCl₃, PBr₃, PI₃, PF₅, PCl₅, PBr₄F, o PCl₄F, PO_xX_y tales como POBr₃, PDI₃, POCl₃ o POF₃, PS_xX_y tales como el PSBr₃, PSF₃, PSCl₃, Un compuesto de fósforo-nitrógeno tal como P₃N₅, (Cl₂PN)₃, o (Cl₂PN)₄, (Br₂PN)_x (M es un metal alcalino, x e y son números enteros, X es halógeno), O₂, N₂O, y TeO₂. El oxidante puede comprender además una fuente de un haluro, flúor preferible, tal como CF₄, NF₃O CrF₂. La mezcla también puede comprender un adquirente como fuente de fósforo o azufre tal como MgS, y MHS (M es un metal alcalino). Un adquirente adecuado es un átomo o compuesto que da lugar a un campo arriba desplazado de picos de RMN con H ordinaria y un pico hidruro hidrino que es campo arriba del pico de H ordinario. Adquiridores adecuados comprenden elemental S, P, O, Se, y Te o comprenden compuestos que comprenden S, P, O, Se, y Te. Una propiedad general de un captador apto para iones hidruro hidrino es que forma cadenas, jaulas, o anillos en forma elemental, en forma elemental dopada, o con otros elementos que atrapa y estabiliza iones hidruro hidrino. Preferiblemente, el H-(1/p) se puede observar en RMN sólido o solución. En otra realización, ya sea NaH, BaH, o HCl sirve como catalizador. Una mezcla de reacción adecuada comprende MX y M'HSO₄ en donde M y M' son metales alcalinos, preferiblemente Na y K, respectivamente, y X es un halógeno, preferiblemente Cl.

[0679] Las mezclas de reacción que comprenden al menos uno de (1) catalizador NaH, MgH₂, SF₆, y carbón activado (AC), (2) catalizador NaH, MgH₂, S, y carbón activado (AC), (3) catalizador NaH, MgH₂, K₂S₂O₈, Ag, y AC, (4) catalizador KH, MgH₂, K₂S₂O₈ y AC, (5) catalizador MH (M = Li, Na, K), Al o MgH₂, O₂, K₂S₂O₈ y AC, (6) catalizador KH, Al, CF₄ y AC, (7) catalizador NaH, Al, NF₃ y AC, (8) catalizador KH, MgH₂, N₂O, y AC, (9) catalizador NaH, MgH₂, O₂, y carbón activado (AC), (10) catalizador de NaH, MgH₂, CF₄ y AC, (11) catalizador MH, MgH₂, (M = Li, Na, o K) P₂O₅ (P₄O₁₀), y AC, (12) catalizador MH, MgH₂, MnO₃, (M = Li, Na o K) y AC, (13) catalizador NaH o KH, Mg, Ca, o Sr, un haluro de metal de transición, preferiblemente, FeCl₂, FeBr₂, NiBr₂MnI₂, O un haluro de tierra rara tal como EuBr₂ y AC, y (14) catalizador de NaH, Al, CS₂ y AC son sistemas adecuados para la generación de energía y también para la producción de compuestos de hidrógeno de baja energía. En otras formas de realización de las mezclas de reacción a modo de ejemplo dadas supra, el catión catalizador comprende uno de Li, Na, K, Rb, o Cs y las otras especies de la mezcla de reacción se eligen entre las de las reacciones 1 a 14. Los reactivos pueden estar en relaciones arbitrarias.

[0680] El producto de reacción hidrino es al menos uno de una molécula de hidrógeno y un ion hidruro que tiene un pico de RMN de protón desplazado campo arriba o hidrógeno molecular ordinario o hidruro de hidrógeno, respectivamente. En una realización, el producto hidrógeno está unido a un elemento distinto de hidrógeno en donde el pico de RMN de protón se desplaza fuera del campo de la molécula ordinaria, especie, o compuesto que tiene la misma fórmula molecular como el producto, o la molécula ordinaria, especie, o compuesto no es estable a temperatura ambiente.

[0681] El hidrino molecular del producto y hidruro hidrino iónico que tiene un cuarto estado preferido pueden ser observados usando RMN líquido a aproximadamente 1,22 ppm y -3,86 ppm, respectivamente, después de la

extracción de la mezcla de producto con un disolvente de RMN, preferentemente DMF deuterado.

[0682] En otra realización, la potencia y compuestos de hidrógeno de energía de unión aumentados son producidos por una mezcla de reacción que comprende dos o más de las siguientes especies; LiH, NaH, KH, Li, Na, K, H₂, un metal o reductor de metal hidruro, preferiblemente MgH₂ o polvo de Al, un soporte tal como carbono, carbono activado preferiblemente, y una fuente de al menos uno de azufre, fósforo y oxígeno, preferiblemente S o P en polvo, SF₆, CS₂, P₂O₅ y MnO₃ (M es un metal alcalino). Los reactivos pueden estar en cualquier relación molar. Preferiblemente, la mezcla de reacción comprende 8,1% en moles MH, 7,5% en moles MgH₂ o polvo de Al, 65% en moles de CA, y 19,5% en moles de S (M es Li, Na o K) en donde el % molar de cada especie se puede variar dentro de un intervalo de más o menos un factor de 10 del dado para cada especie. Una mezcla de reacción adecuada comprende NaH, MgH₂, Mg, AC, y S polvo en estas relaciones molares. El hidrino molecular del producto y hidruro hidrino iónico que tiene un cuarto estado preferido pueden ser observados usando RMN líquido a aproximadamente 1,22 ppm y -3,86 ppm, respectivamente, después de la extracción de la mezcla de producto con un disolvente de RMN, preferentemente deuterado DMF.

[0683] En otra realización, la potencia y compuestos de hidrógeno de energía de unión aumentados son producidos por una reacción de mezcla que comprende NaHS. El ion de hidruro hidrino puede ser aislado de NaHS. En una realización, una reacción en estado sólido se produce dentro de NaHS para formar H⁻ (1/4) que puede hacerse reaccionar adicionalmente con una fuente de protones tal como un disolvente, preferiblemente H₂O, para formar H₂(1/4).

[0684] Mezclas de reacción ejemplares para formar hidrino molecular son 8 g NaH + 8 g Mg + 3,4 g de LiCl, 8 g NaH + 8 g Mg + 3,4 g de LiCl + 32 g WC, 4 g AC + 1 g MgH₂ + 1 g NaH + 0,01 mol SF₆, 5 g Mg + 8,3 g KH + 2,13 g de LiCl, 20 g TiC + 5 g NaH, 3 g NaH + 3 g Mg + 10 g C nano, 5 g NaH + 20 g de Ni₂B, 8 g TiC + 2 g Mg + 0,01 g LiH + 2,5 g de LiCl + 3,07 g KCl, 4,98 g KH + 10 g C nano, 20 g TiC + 8,3 g KH + 5 g Mg + 0,35 g Li, 5 g de Mg + 5 g NaH + 1,3 g LiF, 5 g Mg + 5 g NaH + 5,15 g de NaBr, 8 g TiC + 2 g Mg + 0,01 g NaH + 2,5 g de LiCl + 3,07 g de KCl, 20 g KI + 1 g K + 15 g R-Ni, 8 g NaH + 8 g Mg + 16,64 g BaCl₂ + 32 g WC, 8 g NaH + 8 g Mg + 19,8 g SrBr₂ + 32 g WC, 2,13 g LiCl + 8,3 g KH + 5 g Mg + 20 g de MgB₂, 8 g NaH + 8 g Mg + 12,7 g SrCl₂ + 32 g WC, 8 g TiC + 2 g Mg + 0,01 g LiH + 5,22 g LiBr + 4,76 g KBr, 20 g WC + 5 g Mg + 8,3 g KH + 2,13 g LiCl, 12,4 g SrBr₂ + 8,3 g KH + 5 g Mg + 20 g WC, 2 g NaH + 8 g TiC + 10 g de KI, 3,32 g + KH + 2g Mg + 8g TiC + 2,13 g + LiCl, 8,3 g KH + 12 g de Pd/C, 20 g TiC + 2,5 g Ca + 2,5 g CaH₂, 20 g TiC + 5 g Mg, 20 g TiC + 8,3 g KH, 20 g TiC + 5 g Mg + 5 g NaH, 20 g TiC + 5 g Mg + 8,3 g KH + 2,13 g de LiCl, 20 g TiC + 5 g Mg + 5 g NaH + 2,1 g de LiCl, 12 g TiC + 0,1 g Li + 4,98 g KH, 20 g TiC + 5 g Mg + 1,66 g LiH, 4,98 g KH + 3g NaH + 12g TiC, 1,66 g KH + 1 g Mg + 4 g AC + 3,92 g EuBr₃, 1,66 g KH + 10 g de KCl + 1 g Mg + 3,92 g EuBr₃, 5 g NaH + 5 g Ca + 20 g CA 11-300 + 15,45 g MnI₂, 20 g TiC + 5 g Mg + 5 g NaH + 5 g de Pt/Ti, 3,32 g KH + 2 g Mg + 8 g TiC + 4,95 g SrBr₂, y 8,3 g KH + 5 g Mg + 20 g TiC + 10,4 g BaCl₂. La reacción puede realizarse en el intervalo de temperatura de 100°C a 1000°C durante 1 minuto a 24 horas. Temperatura y tiempo ejemplares son 500°C o 24 horas.

[0685] En una realización, compuestos de hidruro de hidrino se pueden purificar. El método de purificación puede comprender al menos uno de extracción y recristalización utilizando un disolvente adecuado. El método puede comprender, además, cromatografía y otras técnicas para la separación de compuestos inorgánicos conocidos por los expertos en la técnica.

[0686] En una realización, el producto molecular hidrino está atrapado y se almacena en una membrana criogénicamente enfriada tal como Mylar enfriado por nitrógeno líquido. En una realización, hidrino molecular H₂(1/p), preferiblemente H₂(1/4), es un producto que se reduce aún más para formar los iones hidruros correspondientes que pueden usarse en aplicaciones tales como las baterías de hidruro y recubrimientos de superficies. El enlace hidrino molecular puede ser roto por un método de colisión. H₂(1/p) puede ser disociado a través de colisiones energéticas con iones o electrones en un plasma o haz. Los átomos de hidrino disociados pueden entonces reaccionar para formar los iones de hidruro deseados.

[0687] En una realización de sal fundida, la potencia y compuestos de hidrógeno de energía de unión aumentados son producidos por una mezcla de reacción que comprende un sistema M-N-H en donde M puede ser un metal alcalino. Los metales adecuados son Li, Na y K. Por ejemplo, la mezcla de reacción puede comprender al menos uno de LiNH₂, Li₂NH, Li₃N, y H₂ en una sal fundida, tal como una sal eutéctica fundida, tal como una mezcla eutéctica LiCl-KCl. Una mezcla de reacción de ejemplo es LiNH₂ en una sal eutéctica fundida, tal como LiCl-KCl (400-500°C). Hidrino molecular y producto hidruro hidrino pueden extraerse con un disolvente tal como d-DMF y se analizaron mediante RMN de protón para identificar los productos de especies de hidrino.

[0688] En una realización, compuestos de hidruro de hidrino están formados por una célula CIHT o una mezcla de reacción de los reactivos de células medias de cátodo y ánodo. Células CIHT ejemplares o mezclas de reacción de los reactivos de células medias de cátodo y ánodo para formar hidrinos y compuestos de hidruro de hidrino son [M/KOH (ac saturado) + CG3401/vapor de carbono + aire o O₂] M = R-Ni, Zn, Sn, Co, Sb, Pb, In, Ge, [NaOH Ni(H₂)/Base/NaCl MgCl₂], [Na/BASE/NaOH], [LaNi₅H₆/ KOH (ac saturado) + CG3401/vapor de carbono + aire o O₂], [Li/Celgard LP 30/CoO (OH)], [Li₃Mg/LiCl-KCl/TiH₂ o ZrH₂], [Li₃N TiC/LiCl-KCl/CEH₂ CB] y [Li/LiCl-KCl/LaH₂]. El hidrino molecular del producto y hidruro hidrino iónico que tiene un cuarto estado preferido pueden ser observados usando RMN líquido a

aproximadamente 1,22 ppm y -3,86 ppm, respectivamente, después de la extracción de la mezcla de producto con un disolvente de RMN, preferentemente DMF deuterado.

[0689] El ánodo puede ser un adquirente y una fuente de un ion de la migración tal como Li^+ . Un ánodo adecuado es Li_3Mg . El cátodo puede ser un carbono modificado tal como HNO_3 carbono intercalado y puede comprender además hidrógeno. el HNO_3 puede reaccionar con iones de hidruro hidrino a una velocidad más lenta en función de su estabilidad para seleccionar para las personas con alto p número cuántico tal como el ion de hidruro hidrino $\text{H}^-(1/9)$.

[0690] En una realización, una especie de hidrino tal como hidrino molecular o ion de hidruro hidrino se sintetiza por la reacción de H y al menos uno de catalizador OH y H_2O . Las especies de hidrino pueden ser producidas por al menos dos del grupo de un metal tal como un álcali, alcalinotérreo, transición, transición interna, y metal de tierra rara, Al, Ga, In, Ge, Sn, Pb, As, Sb, y Te, un hidruro metálico tal como LaNi_5H_6 y otros de la divulgación, un hidróxido acuoso, tal como un hidróxido alcalino tal como KOH en 0,1 M hasta concentración saturada, un soporte tal como carbono, Pt/C, carbono de vapor, negro de carbono, carburo, boruro, o nitrilo y oxígeno. Mezclas de reacción adecuadas para formar especies de hidrino tales como hidrino molecular son: (1) Co Pt/C KOH (sat) con y sin O_2 ; (2) Zn o Sn + LaNi_5H_6 + KOH (sat), (3) Co, Sn, Sb, o Zn + O_2 + CB + KOH (sat), (4) Al CB KOH (sat), (5) el grafito recubierto con Ni Sn KOH (sat) con y sin O_2 , (6) Sn + SC o CB + KOH (sat) + O_2 , (7) Zn Pt/C KOH (sat) O_2 , (8) Zn R-Ni KOH (sat) O_2 , (9) Sn LaNi_5H_6 KOH (sat) O_2 , (10) Sb LaNi_5H_6 KOH (sat) O_2 Y (11) Co, Sn, Zn, Pb, Sb o + KOH (ac sat) + K_2CO_3 + CB-SA. La producción de $\text{H}_2(1/4)$ se confirmó por el gran pico 1,23 ppm en DDMF a partir de estas mezclas de reacción. En una realización, la mezcla de reacción comprende y oxidante tal como al menos uno de PtO_2 , Ag_2O_2 , RuO_2 , Li_2O_2 , YOOH, LaOOH , GaOOH , InOOH , MnOOH , AgO , y K_2CO_3 . En una realización, la colección de gas se puede producir después de producirse cualquier evolución de H_2 y H_2O en donde gas $\text{H}_2(1/p)$ aún se está evolucionando a partir de los reactivos. La evolución puede deberse a la lenta reacción de $\text{H}^-(1/p)$ con agua para formar $\text{H}_2(p)$ tal como la reacción $\text{H}^-(1/4) + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2(1/4)$.

[0691] En una realización, una especie hidrino tales como hidrino molecular o ion de hidruro hidrino se sintetiza por la reacción de H y al menos uno de MNH_2 (M = álcali) o catalizador SH_2 . Las especies de hidrino pueden ser producidas por al menos dos del grupo de un metal tal como un álcali, alcalinotérreo, transición, transición interna, y metal de tierra rara, Al, Ga, In, Ge, Sn, Pb, As, Sb, y Te, una fuente de hidrógeno tal como un hidruro metálico tal como un hidruro alcalino tal como LiH, NaH, KH o y otros de la divulgación o gas H_2 , una fuente de azufre tal como SF_6 , S, $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$, CS_2 , SO_2 , M_2S , MS, (M es un metal tal como un metal alcalino o de transición), Sb_2S_5 o P_2S_5 , una fuente de N tal como gas de N_2 , urea, NF_3 , N_2O , LiNO_3 , NO, NO_2 , $\text{Mg}(\text{NH}_2)_2$, Mg_3N_2 , Ca_3N_2 , M_3N , M_2NH , o MNH_2 (M es un metal alcalino), un soporte tal como carbono, Pt/C, el carbono de vapor, negro de carbono, un carburo, un boruro, o un nitrilo. Mezclas de reacción adecuadas para formar especies de hidrino tales como hidrino molecular son LiH, KH, o NaH, uno de SF_6 , S, $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$, CS_2 , SO_2 , M_2S , MS, (M es un metal tal como un metal alcalino o de transición), Sb_2S_5 , P_2S_5 , gas N_2 , urea, NF_3 , N_2O , LiNO_3 , NO, NO_2 , $\text{Mg}(\text{NH}_2)_2$, Mg_3N_2 , Ca_3N_2 , M_3N , M_2NH , y MNH_2 (M es un metal alcalino), y un soporte tal como carbono, Pt/C, el carbono de vapor, negro de carbono, un carburo, un boruro, o un nitrilo.

[0692] En una realización, el gas hidrino se libera de un sólido o líquido que contiene hidrinos tal como un producto de reacción de hidrino por calentamiento. Cualquier gas que no sea hidrino molecular como disolvente, tal como H_2O puede estar condensado usando por ejemplo un condensador. El condensado puede ser sometido a reflujo. El gas hidrino molecular puede ser recogido libre de otros gases por destilación fraccionada. También, hidrógeno ordinario puede ser eliminado con un recombinador o por la combustión y la eliminación de H_2O por destilación. Especies de hidrino tales como hidrino molecular se pueden extraer en un disolvente tal como un disolvente orgánico tal como DMF y se purificó a partir del disolvente por medios tales como calentamiento y destilación opcionalmente del gas hidrino molecular del disolvente. En una realización, el producto que contiene especies de hidrino se extrae con un disolvente tal como un disolvente orgánico tal como DMF, y el disolvente se calienta y opcionalmente se calentó a reflujo para liberar gas hidrino que se recaba. El gas hidrino también puede obtenerse mediante el uso de una mezcla de reacción que comprende un soporte o aditivo que no absorbe el gas ampliamente como un carburo tal como TiC o TaC o LAN.

[0693] La transferencia de un número entero de 27,2 eV de H atómica o hidrino a otro H o hidrino provoca la formación de protones rápidos con el fin de conservar la energía cinética. En una realización, la reacción de hidrino se utiliza para crear H^+ , D^+ o T^+ rápido con el fin de provocar la fusión de los núcleos de alta energía. El sistema de reacción puede ser un combustible sólido de la divulgación que pueden comprender además hidrinos tal como al menos uno de hidrino molecular, compuestos de hidruro de hidrino, y átomos de hidrino que se someten a más catálisis para formar H rápido cuando se inicia la reacción de hidrino. La iniciación puede ser por calentamiento, o por partícula, plasma, o bombardeo de fotones. Una reacción de ejemplo es un combustible sólido de óxido de hierro de potasio dopado en una cámara de gas de deuterio de baja presión en donde la reacción de hidrino que implica algunas especies de hidrino inherentes se inicia mediante un pulso de láser de alta potencia. Un rango de presión ejemplar es sobre 10^{-5} a 1 mbar. Un láser de ejemplo es un láser Nd:YAG con una potencia de aproximadamente 100 mJ a 10 Hz, 564 nm de luz, con una lente con $f = 400$ mm. Otros láseres de alta densidad de potencia son suficientes como es conocido por aquellos expertos en la técnica.

XI. Experimental

A. Flujo de agua. Calorimetría por lotes

[0694] Se obtuvo el balance de energía y la potencia de las mezclas de reacción del catalizador se enumeran en el lado derecho de cada infra entrada usando reactores de acero inoxidable cilíndrico de aproximadamente 130,3 cm³ volumen (1,5" diámetro interior (ID), 4,5" de longitud, y 0,2" espesor de la pared) o 1988 cm³ volumen (3,75" diámetro interior (ID), 11" de longitud, y 0,375" espesor de pared) y un calorímetro de flujo de agua que comprende una cámara de vacío que contiene cada célula y una bobina refrigerante de agua externo que recoge 99+% de la energía liberada en la célula para lograr un error <±1%. La recuperación de energía se determinó mediante la integración de la potencia de salida total P_T a lo largo del tiempo. La potencia fue dada por

$$P_T = \dot{m} C_p \Delta T \quad (421)$$

donde m fue la tasa de flujo de masa, C_p fue el calor específico del agua, y ΔT fue el cambio absoluto en la temperatura entre la entrada y la salida. La reacción se inició mediante la aplicación de energía de precisión a los calentadores externos. Especialmente, 100-200 W de potencia (130,3 cm³ célula) o 800-1000 W (1988 cm³ célula) fue suministrada al calentador. Durante este periodo de calentamiento, los reactivos alcanzaron una temperatura umbral de reacción de hidrino en donde el inicio de la reacción se confirmó típicamente por un rápido aumento de la temperatura de la célula. Una vez que la temperatura de la célula alcanzó aproximadamente 400-500°C, la potencia de entrada se establece en cero. Después de 50 minutos, el programa dirige la potencia a cero. Para aumentar la tasa de transferencia de calor al líquido refrigerante, la cámara se volvió a presurizar con 1000 Torr de helio, y el cambio máximo en la temperatura del agua (salida de menos de entrada) fue de aproximadamente 1,2°C. El conjunto se dejó alcanzar plenamente el equilibrio durante un periodo de 24 horas como se confirma por la observación de equilibrio completo en los termistores de flujo.

[0695] En cada prueba, la salida de entrada de energía y la energía se calcula por integración de la potencia correspondiente. La energía térmica en el flujo de refrigerante en cada incremento de tiempo se calcula usando la Ec. (421) multiplicando la tasa de flujo de volumen de agua por la densidad del agua a 19°C (0,998 kg/litro), el calor específico del agua (4,181 kJ/kg°C), la diferencia de temperatura corregida, y el intervalo de tiempo. Los valores se suman sobre todo el experimento para obtener la salida total de energía. La energía total de la célula E_T debe ser igual a la energía de entrada E_{in} y cualquier energía neta E_{neta} . Por lo tanto, la energía neta fue dada por

$$E_{net} = E_T - E_{in} \quad (422)$$

A partir del balance de energía, el exceso de calor E_{ex} se determinó en relación a la máxima teórica E_{mt} por

$$E_{ex} = E_{net} - E_{mt} \quad (423)$$

[0696] Los resultados de la prueba de calibración demostraron un acoplamiento de calor de mejor que 98% de la entrada de resistencia al refrigerante de salida, y cero exceso de controles de calor demostraron que la corrección con la calibración aplicada, el calorímetro era una precisión de error de menos de 1%. Los resultados se dan como sigue, donde T_{max} es la temperatura de la célula máxima, E_{in} es la energía de entrada, y dE es la energía de salida medida en exceso de la energía de entrada. Todas las energías son exotérmicas. Los valores positivos cuando se dan representan la magnitud de la energía. En experimentos con catalizadores a granel tales como Mg con un soporte tal como TiC, H₂ estuvo presente de la deshidruración del metal del recipiente como se confirma por espectroscopia de masas y cromatografía de gases.

Resultados de calorimetría

[0697]

Célula nº 4056-092310WFCKA4: 1.5" LDC; 5,0 g NaH-16 + 5,0 g Mg-17 + 19,6 g BaI2-6 + 20,0 g TiC-141; TSC: No; T_{max} : 459 C; E_{in} : 193 kJ; dE : 7kJ; Energía teórica: 1,99 kJ; Ganancia de energía: 3,5

Célula nº 3017-080210WFCKA2: 1.5" LDC; 5,0 g NaH-16 + 5,0 g Mg-16 + 10,45 g EuF3-1 + 20,0 g TiC-135; TSC: Pequeño; T_{max} : 474 C; E_{in} : 179 kJ; dE : 16 kJ; Energía teórica: 8,47 kJ; Ganancia de energía: 1,9

Célula nº 3004-072810WFCKA1: 1.5" LDC; 8,0 g 8,0 g NaH-17 + Mg-2 + 3,4 g LiCl-3 + 32,0 g TiC-133 1 g de mezcla para XRD; TSC: No; T_{max} : 408 C; E_{in} : 174 kJ; dE : 10 kJ; Energía teórica: 2,9 kJ; Ganancia de Energía: 3,4

Célula nº 2088-072310WFCKA2: 1.5" LDC; 5,0 g NaH-16 + 5,0 g Mg-16 + 15,6 g EuBr2-3 + 20,0 g TiC-137; TSC: No; T_{max} : 444 C; E_{in} : 179 kJ; dE : 12 kJ; Energía teórica: 1,48 kJ; Ganancia de energía: 8,1

Célula nº 2087-072310WFCKA3: 1.5" LDC; 5,0 g 5,0 g NaH-16 + Mg-16 + 15,6 g EuBr2-3 + 20,0 g TiC-137; TSC: No; T_{max} : 449 C; E_{in} : 179 kJ; dE : 10 kJ; Energía teórica: 1,48 kJ; Ganancia de energía: 6,7

Célula nº 2005-062910WFCKA1: 1.5" LDC; 8,3 g 5,0 g KH-32 + Mg-15 + 7,2 g AgCl-AD-6 + 20,0 g TiC-132;

TSC: 200-430C; Tmax: 481 C ; Ein: 177kJ; dE: 21 kJ; Energía teórica: 14,3 kJ; Ganancia de Energía: 1,5

Célula nº 4870-062410WFJL3 (1,5" HDC): 20g TiC nº 129 + 8,3 g KH nº 32 + 2,13 g LiCl nº 6; TSC: No; Tmáx: 434C; Ein: 244,2 kJ; dE: 5,36 kJ; Teórico: -3,03 kJ; Ganancia: 1,77.

Célula nº 1885-62310WFCKA4: 1.5" LDC; 8,3 g KH-32 + 5,0 g Mg-15 + 10,4 g BaCl₂-7 + 20,0 g TiC-129; TSC: No; Tmax: 476 C; Ein: 203 kJ; DE: 8 kJ; Energía teórica: 4,1 kJ; Ganancia de energía: 1,95

Célula nº 1860-061610WFCKA3: 1,0" HDC; 3,0 g NaH-19 + 3,0 g Mg-14 + 7,42 g SrBr₂-5 + 12,0 g TiC-128; TSC: No; Tmax: 404 C; Ein: 137 kJ; dE: 4 kJ; Energía teórica: 2,1 kJ; Ganancia de energía: 2,0

Célula nº 579-061110WFRC1: (<500 C) 8,3 g KH-32 + 5 g de KOH-1 + 20 g TiC-127; TSC: no; Tmax: 534 C; Ein: 292,4 kJ; dE: 8 kJ; Energía teórica: 0 kJ; el aumento de la energía, infinito.

Célula nº 1831-060810WFCKA4: 1.5" LDC; 8,3 g KH-31 + 5,0 g Mg-13 + 12,37g SrBr₂-4 + 20,0 g TiC-126; TSC: No; Tmax: 543 C; Ein: 229 kJ; DE: 17 kJ; Energía teórica: 6,7 kJ; Ganancia de Energía: 2,5

Célula nº 1763-051410WFCKA2: 1.5" HDC; 13,2 g KH-24 + 8,0 g Mg-9 + 16,64g BaCl₂-SD-7 Prueba + 32,0 g TiC-105; TSC: No; Tmax: 544 C; Ein: 257 kJ; dE: 17 kJ; Energía teórica: 6,56 kJ; Ganancia de Energía: 2,6

Célula nº 4650-051310WFGH2 (1,5" HDC): 20g MgB₂ nº 4 + 8,3 g KH nº 28 + 0,83 g de KOH nº 1; TSC: n .; Tmáx: 544c; Ein: 311,0 kJ; dE: 9,31 kJ; Teórico: 0,00 kJ; Ganancia:~.

Célula nº 4652-051310WFGH5 (1,5" HDC): 20g TiC nº 120 + 5 g Mg nº 12 + 1 g LiH nº 2 + 2,5 g LiCl nº 4 + 3,07 g KCl nº 2; TSC: No.; Tmax: 589C; Ein: 355,0 kJ; dE: 8,15 kJ; teórico: 0,00 kJ; ganancia:~.

Célula nº 1762-051310WFCKA1: 1.5" HDC; 13,2 g KH-24 + 8,0 g Mg-9 + 19,8 g SrBr₂-AD-3 + 32,0 g TiC-124 de prueba; TSC: No; Tmax: 606 C; Ein: 239 kJ ; dE: 20 kJ; Energía teórica: 10,7 kJ; ganancia de energía: 1,87

Célula nº 504-043010WFRC4: 0,83 g KOH-1 + 8,3 g KH-27 + 20 g de CB-S-1; TSC: no; Tmax: 589 C ; Ein: 365,4 kJ; dE: 5 kJ; energía teórica:. 0 kJ; Ganancia de energía: infinito

Célula nº 4513-041210WFGH5 (1,5" HDC): 20g B₄C nº 1 + 8,3 g KH nº 26 + 0,83 g de KOH nº 1; TSC: no observado; Tmáx: 562C; Ein: 349,2 kJ; dE: 8,85 kJ; Teórico: 0,00 kJ; Ganancia:~.

Célula nº 403-032510WFRC3: 8,3 g KH-23 + 5 g de KOH-1 + 20 g TiC-112; TSC: no; Tmax: 716 C; Ein: 474,9 kJ; dE: 13 kJ; Energía teórica: 0 kJ; Ganancia de energía: infinito.

B. Solución de combustibles RMN

[0698] Mezclas de reacción representativa para formar hidrino comprenden (i) al menos un catalizador o una fuente de catalizador y de hidrógeno, tal como uno seleccionado entre Li, Na, K, LiH, NaH, y KH, (ii) al menos un oxidante tal como uno seleccionado entre SrCl₂, SrBr₂, Srl₂, BaCl₂, BaBr₂, MgF₂, MgCl₂, CaF₂, MgI₂, CaF₂, CaI₂, EuBr₂, EuBr₃, FeBr₂, MnI₂, SnI₂, PdI₂, InCl, AgCl, Y₂O₃, KCl, LiCl, LiBr, LiF, KI, RbCl, Ca₃P₂, SF₆, Mg₃As₂, y AlN, (iii) al menos un agente reductor tal como uno seleccionado entre Mg, Sr, Ca, CaH₂, Li, Na, K, KBH₄, y NaBH₄ y (iv) al menos un soporte tal como uno seleccionado entre TiC, TiCN, Ti₃SiC₂, YC₂, CrB₂, Cr₃C₂, Gd₂B₆, Pt/Ti, Pd/C, Pt/C, AC, Cr, Co, Mn, Si nanopulvo (NP), MgO, y TiC. En otras formas de realización, el electrolito de la célula CIHT comprendía el producto de reacción. Se añadieron 50 mg de producto de reacción de las mezclas de reacción a 1,5 ml de deuterado N,N-dimetilformamida-d₇ (DCON(CD₃)₂) DMF-d₇, (99,5% Cambridge Isotope Laboratories, Inc.) en un vial que fue sellado con una válvula TEFLON™ de vidrio, agitado, y se dejó disolver durante un periodo de 12 horas-en una caja de guantes bajo una atmósfera de argón. La solución en ausencia de cualquier sólido se transfirió a un tubo de RMN (5 mm de diámetro exterior, 23 cm de longitud, Wilmad) por una conexión estanca a los gases, seguido de la llama de sellado del tubo. Los espectros de RMN se registraron con un espectrómetro Bruker RMN de 500 MHz que estaba cerrado con deuterio. Los desplazamientos químicos fueron referenciados a la frecuencia de disolvente tal como DMF-d₇ en 8,03 ppm con respecto a tetrametilsilano (TMS).

[0699] El ion hidruro hidrino H(1/4) se predijo a ser observado a aproximadamente -3,86 ppm, y hidrino molecular H₂(1/4) se predijo a ser observado en 1,21 ppm con respecto al TMS. La posición de aparición de estos picos con el cambio y la intensidad de una mezcla de reacción específicos se dan en la TABLA 6.

TABLA 6. La solución de ¹H RMN después de la extracción de disolvente DMF-d₇ de los productos de los sistemas

de catalizador hidrino.

	Reactivos	H ₂ (1/4) o H ⁻ (1/4) posición e intensidad pico
5	20 g TiC + 5 g Mg + 5 g NaH + 2,13 g LiCl	1,21 ppm medio
	7,95 g SrCl ₂ + 8,3 g KH + 5 g Mg + 20 g TiC	1,21 ppm medio
	20 g TiC + 8,3 g KH + 5 g Mg + 12,4 g SrBr ₂	1,20 ppm medio
	1,66 g KH + 15 g de KCl + 1 g Mg + 3,92 g EuBr ₃	1,22 ppm fuerte
	3,32 g KH + 8 g AC	1,21 ppm muy fuerte
	1,66 g KH + 1 g Mg pow. + 3,92 g EuBr ₃	1,22 ppm fuerte
10	1,66 g KH + 1 g Mg pow. + 1 g AC + 3,92 g EuBr ₃	1,22 ppm, fuerte
	20 g AC + 5 g Mg + 8,3 g KH + 15,6 g EuBr ₂	1,22 ppm, pico
	3,32 g KH + 2 g Mg + 8 g TiC + 6,18 g MnI ₂	1,24 ppm
	3 g NaH + 11,1 g Sr + 12 g AC + 8,4 g SnBr ₂	1,22 ppm, claro
	1 g NaH + 1 g MgH ₂ + 4 g AC + 2,2 g NiBr ₂	1,23 ppm, claro
15	1,5 g InCl + 1,66 g KH + 1 g Mg + 4 g YC ₂	1,22 ppm fuerte
	8,3 g KH + 5 g Mg + 20 g TiC + 10,4 g BaCl ₂	1,22 ppm
	1 g NaH + 1 g MgH ₂ + 4 g CA + 0,01 mol SF ₆	fuerte -3,85 ppm
	8,3 g KH + 5,0 g Mg + 20 g CA + 9,36 g AgCl	1,22 ppm fuerte y -3,85 ppm semanalmente

20

C. Reacciones de regeneración ejemplares

[0700] Haluros de tierras alcalinas o de litio se forman haciendo reaccionar un metal alcalinotérreo o hidruro de litio (o de litio) con el haluro alcalino correspondiente. Las cargas de reactivos, condiciones de reacción y los resultados de XRD se dan en la TABLA 7. Típicamente, una mezcla molar de dos a uno de haluro y alcalinotérreo de metal alcalino o una mezcla molar de uno a uno de haluro alcalino y Li o LiH eran colocados en el fondo de un crisol hecho con un tubo de acero inoxidable de ~25,4 cm de largo, (SS) de 1,27 a 1,9 cm OD (abierto en un extremo) en un tubo de cuarzo a prueba de vacío OD 2,54 cm (abierto en un extremo). El extremo abierto del tubo SS se colocó sobre ~2,54 cm fuera del horno de tal manera que cualquier metal alcalino formado durante la reacción enfriada y se condensa fuera de la zona de calentamiento para evitar cualquier reacción de corrosión entre el metal alcalino y el tubo de cuarzo. La configuración se orientó horizontalmente para aumentar el área superficial de los productos químicos con calefacción. La reacción se lleva a cabo a 700-850°C durante 30 minutos o bien bajo vacío, o bajo 1 atm de gas Ar seguido de la evacuación del metal alcalino durante 30 minutos a una temperatura similar. En otra configuración, los reactivos se colocaron en el crisol SS, y se roció la masa fundida (10 sccm) con Ar seco para la mezcla. El Ar se suministra a través de una aguja que tiene su abertura en la parte inferior de la masa fundida. El metal alcalino se evaporó de la zona caliente. Después de la reacción, el reactor se enfrió a temperatura ambiente y se transfirió a una caja de guantes para la recogida de producto. XRD se utilizó para identificar el producto. La muestra se preparó en una caja de guantes pulverizando el producto y lo carga en un soporte panalítico que fue sellado con una película de cubierta de plástico. Las cantidades de reactivos, temperatura, duración, y los resultados de XRD se dan en la TABLA 7, demostrando que la reacción de intercambio de haluro de hidruro es térmicamente reversible.

45

50

55

60

65

TABLA 7. Cantidades reactivas, temperatura, duración, y los resultados de XRD de las reacciones de regeneración.
Óxido era de fuga de aire del contenedor XRD.

Reactivos de regeneración	XRD (% en peso)	Notas
0,84 g Ca + 5,0 g KBr, 730°C, 3 h, vacío.	CaBr ₂ 87,0 ± 1,1% (814 Å) Ca 4,5 ± 0,1% (308 Å) CaBrH 1,8 ± 0,2% (904 Å) KOH 6,7 ± 0,1% (922 Å)	4,0 g de sólido blanco, 1,5 g depósito K
1,3 g Sr + 3,5 g KBr; 780C, 30 min, 1 atm Ar; 780C, 30 min, vacío;	Mayor: SrBr ₂ (307 Å) Menor: Desconocido (234 Å) Traza:	2,8 g de polvo de color púrpura ligero.
7,1 g (0,060 mol) KBr + 2,6 g (0,030 moles) de Sr en SS crisol a 780°C en vacío durante 0,5 horas.	SrBr ₂ 92,3 ± 1,4% (> 1000 Å) SrO 2,1 ± 0,1% (736 Å) Sr ₄ OBr ₆ 5,6 ± 0,3% (332 Å)	2,0 g, cristalino de color púrpura.
3,68 g Ba + 4,00 g KCl, 780C, 1 atm Ar, 30 min; 780C, de vacío, 30 min; 2,8 producto, sólido blanco	BaCl ₂ 81,5 ± 1,2% (446 Å) BaCl ₂ (H ₂ O) ₂ 15,9 ± 0,2% (912 Å) KCl 1,5 ± 0,2% (> 1000 Å) K 1,1 ± 0,2% (> 1000 Å)	2,8 g de polvo blanco.
2,2 g Ba + 4,1 g KBr+ 1,0 g de Mg, 3,65 g de lana SS, en el recipiente SS, Ar se burbujeó a través de la sustancia química (10 sccm)	Mayor: BaBr ₂ (741 Å) Desconocido (300 Å) Menor: KBr (305 Å)	Se recogió 1,5 g de producto.
4,00 g de KCl + 0,426g LiH --> LiCl + K + H ₂ ; 760C, 1 atm de Ar durante 30 min; seguido de 720C, de vacío, 30 min	LiCl 87,5 ± 1,2% (611 Å) KCl 9,6 ± 0,4% (326 Å) LiCl (H ₂ O) 2,9 ± 0,2% (209A)	1,8 g de polvo gris
0,35 g Li + 5,95 g KBr -> LiBr + K; 730C, 30 min, 1 atm Ar; seguido de 600C, 30 min, la evacuación	LiBr 72,9 ± 0,4% (709A) KBr 27,1 ± 0,2% (652 Å)	1,5 g de producto, sólido blanco.
0,544g LiH + 4,00 g NaCl 780C, 1 atm, Ar, 30 min; seguido de 720C, de vacío, 30 min.	LiCl 91,0 ± 1,1% (220 Å) NaCl 9,0 ± 0,2% (361 Å)	2,6 g de polvo blanco, 1,2 g de Na.

D. Resultados de la prueba de la célula CIHT ejemplar

[0701] Células CIHT de sal fundida, cada una comprende un ánodo, un electrolito de sal fundida eutéctica, y un cátodo contenido en un crisol de alúmina inerte se ensamblaron en una caja de guante que tiene una atmósfera de argón libre de oxígeno y se calentaron bajo una atmósfera de argón en una caja de guantes. Otras células fundidas montadas y se descargaron en una atmósfera de argón cada una comprendía un ánodo Na fundido en un tubo de BASE y un cátodo NaOH en un crisol de Ni con electrodos de Ni. En un tercer tipo de célula CIHT, Na fue reemplazado por NaOH y una fuente de H, Ni(H₂), y el cátodo comprendía una mezcla eutéctica tal como MgCl₂-NaCl o un elemento fundido, tal como Bi. Un cuarto tipo comprendía un electrolito acuoso saturado KOH, un ánodo de metal o hidruro de metal y un cátodo de reducción de oxígeno tal como carbón de vapor con la célula sellada en una membrana para retener H₂O pero permitir permeación de O₂. Un quinto tipo comprendía un ánodo permeable de hidrógeno tal como Ni(H₂), un electrolito de hidróxido fundido, tal como LiOH-LiBr, y un cátodo de Ni abierto al aire. Los resultados de las células ejemplares designados [ánodo/electrolito/cátodo], tales como [Ni(H₂)/MOH o M(OH)₂-M'X o M'X₂/Ni] M y M' son uno de Li, Na, K, Rb, Cs, Mg, Ca, Sr, y Ba; X es uno de hidróxido, haluro, sulfato y carbonato, [M/KOH (ac saturado) + CG3401/carbono de vapor de aire] M es uno de R-Ni, Zn, Sn, Co, Cd, Sb, y Pb, [NaOH Ni(H₂)/Base/NaCl MgCl₂], [Na/BASE/NaOH], [LaNi₅H₆/KOH (ac saturado) + aire de carbono CG3401/vapor], [Li/Celgard LP 30/CoO (OH)], [Li₃Mg/LiCl-KCl/TiH₂], [Li₃N TiC/LiCl-KCl/CEH₂CB] y [Li/LiCl-KCl/LaH₂] se dan como sigue:

031111XY1-421 (Ni (H₂)/NaOH-NaI/Ni): células de sal fundida

- Ánodo: tubo de Ni (1/8 pulgada) de fluir a través de H₂.
- Cátodo: papel de Ni
- Electrolito: 64,14 g NaOH 59,46 g de NaI (relación molar 0,8: 0,2)
- Temperatura: 500°C (T real dentro de la célula 450°C)

Tensión 0-5h con 499 ohm de carga = 0,85 hasta 0,86 V; > 5h en tensión constante = 0,55-,58 V

031011XY5-420 (LaNi₅/KOH/SC): célula demo, cuarta unidad

- Ánodo: LaNi₅ tomada de la batería Ni-MH comercial.
- Cátodo: carbono de vapor mezclado con KOH saturada
- Separador: CelgardR 3501
- Electrolito: KOH saturado
- Funciones de descarga: constante corriente 400 mA
- Capacidad de descarga, 7,62 Ah, energía de descarga, 4,46Wh.
- 031111GZC1-428: NaOH + Ni(H₂)/Na-BASE/NaCl + SrCl₂ (MP = 565C)
- 2,75" Crisol de alúmina
- Mezcla de electrolito: 28,3gNaCl + 82g SrCl₂ (MP = 565)
- Electrodo: H₂ en 1/8" tubo de Ni (ánodo), lámina de Ni (cátodo)
- T = 650C (T real en la masa fundida: 600C), PH₂ = 1Psig.

(1) OCV = 1,44V con H₂.

(2) con 106,5 ohmios, CCV = 0,2 V (estable).

- 030911GZC6-423: Ni(H₂)/Sr(OH)₂(MP = 375C)/Ni
- 2,75" Crisol de alúmina
- Mezcla de Electrolito: 80g Sr(OH)₂(MP = 375C)
- Electrodo: H₂ en 1/8" tubo de Ni (ánodo), lámina de Ni (cátodo)
- T = 600C (T real en la masa fundida: 378C), PH₂ = 800torr

(1) OCV = 0,96V.

(2) Con 100,1 carga ohm, CCV se estabilizó en ~0,8V. H₂O añadido para sustituir lo que se perdió a la deshidratación.

030911XY2-409 (TiMn₂/KOH/SC): sin sellar

- Ánodo: polvo TiMn₂ mezclado con KOH saturada, TiMn₂ neto = 0,097 g.
- Cátodo: carbono vapor mezclado con saturada KOH, SC neto = 0,132 g:
- Separador: CelgardR 3501
- Electrolito: KOH saturado
- Función de descarga: corriente constante

La célula fue dado de alta frecuencia/cargada. La célula se cargó a corriente constante de 1 mA durante 2 s, luego se descarga a corriente constante de 1 mA durante 20 s.

Energía Total = 32,8 J; energía específica = 93,8 Wh/kg; Capacidad Específica = 139,2 mAh /; = Ganancia de energía 10X.

030811XY1-396 (Sn + KI/KOH/SC): no sellada

- Ánodo: polvo de Sn y polvo de KI (90:10 relación de masas) mezclado con saturada KOH, Sn neto = 0,11 g.
- Cátodo: carbono en vapor mezclado con KOH saturada, SC neto = 0,182 g:
- Separador: Celgard 3501
- Electrolito: KOH saturado
- Carga de descarga: 1000 ohmios

Energía total = 91,6 J; Energía específica = 231,4 Wh/kg

030711XY1-391 (Ni (H₂)/LiOH-LiF/Ni): células de sal fundida

- Ánodo: tubo de Ni (1/8 pulgada) flujo a través de H₂.
- Cátodo: papel de Ni
- Electrolito: 38,40 g LiOH + 10,40 g LiF (0,8: 0,2 relación Mol)
- Temperatura: 550°C (T real dentro de la célula 500°C)

Descarga a 499 ohmio, la tensión de célula es de entre 0,90-1,0V.
 Descarga a 249 ohmio, la tensión de célula es de entre 0,80-0,9V.
 Descarga a 100 ohmio, la tensión de célula es de entre 0,55-0,65V.
 Constante tensión > 45h, y en funcionamiento.

Células HT: (sistema eutéctico fundido de hidróxido)

- 030911GZC6-423: Ni(H₂)/Sr (OH)₂(MP = 375°C)/Ni
- 2,75" Crisol de alúmina
- Mezcla de Electrolito: Sr 80g (OH)₂(MP = 375°C)
- Electrodo: H₂ en 1/8" tubo de Ni (ánodo), lámina de Ni (cátodo)
- T = 600°C (T real en la masa fundida: 378°C), PH₂ = 800torr

(1) OCV = 0,96V.

(2) Con carga de 100,1 ohmios, CCV se estabilizó en ~0,8V.

CIHT n° 022211JL1: [NaOH + Ni(H₂)/Na-BASE/Bi] (E° Theo = -0,6372V)

- Ánodo: 1,5 g NaOH n° 5 + 1/16 tubo Ni @ ~0,8 PSIg H₂
- Cátodo: 5g Bi
- OCV -> 0,8706V
- CCV (1000) -> Estable a 0,2634V
- Se recogió información >1400 minutos y se detuvo.

Célula n° 030411RC1-363: [La₂Co₁Ni₉Hx (x<2)/KOH+ TBAC/SC+PVDF] sellada en la bolsa de plástico (O₂ permeable) a TA.

- Electrolito: solución saturada de KOH + 0,5% en peso TBAC (cloruro de tetrabutilamonio, detergentes catiónicos).
- Separador: CG3501.
- Ánodo: 250 mg La₂Co₁Ni₉Hx húmeda (que contiene ~ 200 mg La₂Co₁Ni₉Hx) con el colector de corriente de disco SS.
- Cátodo: Gránulo de 126 mg SC + 14 mg PVDF con el colector de corriente de disco Ni.
- Resistencia: 499 Ohmios.
- Intervalo de V: 0 a 1,37 V.
- V_{10min} = 0,9 V, V_{1H} = 0,9 V, V_{3H} = 0,91 V, V_{25h} = 0,15 V.
- Energía eléctrica: 142,4 J.

030711XY5-395 (LaNi₅/KOH/SC): célula Demo, primera unidad

- Ánodo: LaNi₅ tomada de la batería Ni-MH comercial.
- Cátodo: carbono de vapor mezclado con KOH saturada
- Separador: CelgardR 3501
- Electrolito: KOH saturada
- Funciones de descarga: corriente constante 500 mA 0,72 V

6,4 Ah de capacidad, se obtuvo 4,3Wh de energía descargada. La célula es recargable a una corriente constante de 1A.

030611XY2-390(Ni(H₂)/LiOH/Ni): células de sal fundida

- Ánodo: tubo de Ni (1/8 pulgada) flujo a través de H₂.
- Cátodo: papel de Ni
- Electrolito: 50,0 g LiOH
- Temperatura: 550°C (T real dentro de la célula 500°C)

Descarga a 499 ohmios, la tensión de célula es de entre 0,90-1,0V durante más de 100 h.

022711XY4-348 (Zn/KOH/SC): Esta célula se preparó con células de plástico de nuevo diseño con la junta tórica en el lado del ánodo, pero sin junta tórica del lado del cátodo.

- Ánodo: pasta de Zn tomada de Zn comercial/batería de aire, 0,381 g, Zn neto = 0,201 g.
- Cátodo: Carbono de vapor mezclado con KOH saturada, SC neto = 0,178 g
- Separador: Celgard 3501
- Electrolito: KOH saturada
- Carga de descarga: 1000 ohmios

Energía 717,3J; Energía específica: 991,3Wh kg⁻¹; Eficiencia energética: 75,6%; Capacidad específica: 827,5mAh g⁻¹; Eficiencia coulombica: 106,3%

030111JH1-400: Ni(H₂) | LiOH-NaOH | Ni(H₂O)

- Ánodo: H₂ en tubo de Ni
- Cátodo: LiOH-NaOH (malla Ni)
- Temperatura a 350C, aumentar después a 400C (ajuste de punto).
OCV: ~1,10V
- 500 ohmio, la tensión de carga es todavía 1,00V después de 3 días.
100h, Energía: 533J

030211GC1/H₂ (~ 760 Torr) tubo Ni/LiBr (99,4 g) + LiOH (20,6 g)/Ni en embalaje flexible crisol (abrir) T = 440°C; OCV: introdujo H₂ a 760 Torr, OCV aumentar gradualmente a 0,99V, carga de 499 ohmios, el voltaje de carga se mantuvo entre 0,9 y 1 V durante 48 horas y en funcionamiento constante. Carga a 249 ohmios, V ~ 0,88V> 350h aún en funcionamiento. Las células de control no muestran la tensión y la velocidad de permeación H₂ es significativamente demasiado baja para apoyar esta potencia.

022811GC1/H₂ (~ 1000 Torr) tubo Ni/LiBr (99,4 g) + LiOH (20,6 g)/H₂O (<1 ml) en hoja Ni envuelta/(abierto) T = 440°C; resistencia = 1K ohmio
OCV: Vin = 0,27V, añadió H₂ y 4 gotas de H₂O, OCV aumenta de repente a Vmax = 1,02V después de 5 min; 1000 ohmios de voltaje de carga era 0,82V que cayó a ~ 0,4 V en 17 h, añadió 3 gotas de H₂O y el voltaje de carga aumentó a ~0,6 V. añadió 4 gotas de tensión en agua disminuyó rápidamente. Se detuvo en 40 horas V = 0,2 V.
Eout = 27,9 J

022411XY8-334(LaNi₅/KOH/SC): Descarga-carga intermitente en cada ciclo a corriente constante. Sin sellar

- Ánodo: LaNi₅ tomada de la batería comercial, LaNi₅ neto = 0,255 g.
- Cátodo: Carbono de vapor mezclado con KOH saturada, SC Neto = 0,195 g:
- Separador: Celgard 3501
- Electrolito: KOH saturada
- Corriente de descarga: 1 mA

La célula era frecuentemente descargada/cargada. La célula se cargó a corriente constante de 1 mA durante 20 s, luego se descarga a corriente constante de 1 mA durante 2 s.

V (1 min) = 0,951 V; Energía específica = 310,2 Wh/kg; energía específica teórica basada en la composición medida LaNi₅H₃ es de 227 Wh/kg.

022211GC3/Co (0,30 g) + LaNi₅H₆ B (B designa fuente de batería) (0,2 g) / KOH (solución saturada) NH₃ + CG3501 / SC (pasta) (50 mg)/célula RT; resistencia = 499 ohmios película de plástico sellada célula cuadrada plana, ejecutar fuera

OCV: Vmax = 0,92; cargar 499 ohmios.

Eout = 464,7 J;

Energía específica: 430,2 Wh/Kg para Co

Capacidad: 608,3 mAh/g para Co

030111XY1-357 (Ni (H₂)/NaOH-NaBr/Ni): célula de sal fundida (abierta)

- Ánodo: tubo de Ni (1/8 pulgada) flujo a través de H₂.
- Cátodo: papel de Ni
- Electrolito: 65,92 g NaOH + 36,28 g de NaBr (0,82: 0,18 relación molar)
- Temperatura: 400°C (T real dentro de la célula 350°C)

OCV de la célula es 0,96V. En la carga de descarga de 1000 ohmios (sin adición de agua al cátodo), la meseta de tensión se mantuvo a aproximadamente 0,75 V por un tiempo, a continuación, se redujo a otra meseta de descarga a aproximadamente 0,4-0,3 V. Después de la adición de 4 gotas de agua al contenedor de cátodo, el voltaje de la célula aumentó a 0,36V y era estable durante 17 horas. 8 gotas de agua fueron añadidas y una tensión elevada a 0,9 V fue estable durante 3 horas y se bajó a 0,55V y permaneció estable >30 h.

030111XY2-358 (Ni(H₂)/LiOH-LiI/Ni): células de sal fundida (abierta)

- Ánodo: tubo de Ni (1/8 pulgada) flujo a través de H₂.
- Cátodo: papel de Ni
- Electrolito: 10,30 g LiOH + 73,03 g LiI (0,45: 0,55 relación molar)
- Temperatura: 350°C (T real dentro de la célula 300°C)

OCV de la célula es 0,75 voltios. En la carga de descarga de 1000 ohmios, la meseta de tensión se mantuvo a aproximadamente 0,55 V, por 55h y todavía en funcionamiento constante.

- 022111GZC3-367: 0,2 g Co/G3501+KOH+Li₂CO₃/60 mg CB-SA (sellado no hermético)
- Separador: CG3501
- Mezcla de electrolito: 3g de KOH saturado + 0,1 g Li₂CO₃
- Electrodo: 0,2 g de Co (ánodo), 60 mg CB-SA (cátodo)
- resistor = 1k ohmios; T = RT
- Resultados basados en Co 100% consumido: E = 329J, coulomb = 450,8C, capacidad = 456,9Wh/kg, Eficiencia energética = 45,4%, eficiencia coulomb = 68,9%. Li₂CO₃ mejora significativamente la eficiencia de un Co ánodo. Análisis muestra 30% de Co no reaccionado.
- 022411GZC5-378: 1 g NaOH + IPsi H₂/Na-BASE/42g NaCl + 86,7g CaCl₂ (MP = 504C) (caja de guantes)
- 2,75" Crisol de alúmina
- Mezcla de Electrolito: 1mm tubo grueso Na-BASE (tubo más pequeño más reciente)
- Electrodo: NaOH + 1/4" tubo de Ni (ánodo), sal fundida NaCl + CaCl₂ con una lámina de níquel como colector de corriente (cátodo)
- resistor = 100ohmios; T = 600C (T real en la masa fundida: 550C)

(1) OCV = 1,392V.

(2) con la carga, CCV gotas lentamente y se estabilizó en 0,49V

(3) 2NaOH + CaCl₂ + H₂ = 2NaCl + Ca + 2H₂O dG = + 198,5kJ/mol CaCl₂ a 550C. Energía teórica es 0; E = 436,5J, Coulomb = 1043,7C

- 020411GZC5-311: 6 g NaOH + IPsi H₂/Na-BASE/49,9g NaCl + 61,4g MgCl₂ (MP = 459c) (caja de guantes)
- 2,75" Crisol de alúmina
- Mezcla de Electrolito: tubo de 1,3 mm de espesor Na-BASE
- Electrodo: NaOH + 1/4" tubo de Ni (ánodo), sal fundida NaCl + MgCl₂ con papel de níquel como colector de corriente (cátodo)
- resistor = 100ohmios; T = 550C (T real en la masa fundida: 500C)
- E = 815J, coulomb = 3143C, capacidad = 37Wh/kg ánodo, eficiencia energética = inf, eficiencia coulomb = 22%.

020311XY3-186 (MH-KOH-SC): sin sellar.

- Ánodo: LaNi₅ tomada de la batería de Ni-MH, MH neto = 0,900 g.
- Cátodo: carbono vapor mezclado con KOH saturada, SC Neto = 0,160 g
- Separador: Celgard 3501
- Electrolito: KOH saturada
- Carga de descarga: 249 ohmios

Resultados: E = 506,4J, Energía específica = 156,3Wh/kg, basado en el consumo medido de LaNi₅H₃: Eficiencia energética = 72%, eficiencia coulomb = 145%.

6. Células RT: (sellado no hermético)

- 020811GZC6-321: 0,5 g pasta de Zn de la batería alcalina/CG3501 + KOH/60mg CB-SA (sellado no hermético)
- Separador: CG3501
- Mezcla de electrolito: KOH saturada

ES 2 756 719 T3

- Electrodo: pasta de 0,5 g de Zn (ánodo), 60 mg CB-SA (cátodo)
- resistor = 1k ohmios; T = RT

Resultados: E = 967,6J, coulomb = 904C, capacidad = 1306,7Wh/kg, eficiencia energética = 74,1%, eficiencia coulomb = 115%.

Célula Na-BASE:

- 020911GZC1-322: 7,62 g de Na en 1,33mm de espesor tubo de base/Na-BASE/120 g de NaOH en 2" crisol (caja de guantes) Ni
- 2,75" Crisol de alúmina
- Mezcla de Electrolito: tubo de 1,3 mm de espesor Na-BASE
- Electrodo: 7,62 g de Na en 1,33mm tubo de base gruesa (ánodo), NaOH 120 g en 2" Ni crisol (cátodo)
- resistor = 10,2ohmios; T = 500C (T real en la masa fundida: 450C)

Resultados: Total E = 5,9kJ.

021111XY10-237 (Sn + TaC-KOH-SC): sin sellar.

- Ánodo: polvo de Sn y polvo de TaC mezclado con KOH saturado (Sn neto: TaC = 50: 50), Sn neto + TaC = 0,601 g.
- Cátodo: carbono de vapor mezclado con KOH saturada, SC neto = 0,154 g
- Separador: Celgard 3501
- Electrolito: KOH saturada
- Carga de descarga: 499 ohmios

Vavg = 0,89 V, E Total = 530 J; 491 Wh/kg, 84% de eficiencia de energía

020911XY9-214 (Zn+Lan-KOH-SC): sin sellar.

- Ánodo: pasta de Zn (de batería comercial) y polvo de LaN mezclado con KOH saturada (Zn neto: LAN = 50: 50), Zn neto + LaN = 0,664 g.
- Cátodo: carbono de vapor mezclado con KOH saturada, SC Neto = 0,177 g
- Separador: Celgard 3501
- Electrolito: KOH saturada
- Carga de descarga: 499 ohmios

Vavg = 1,1 V, E Total = 974 J; 815 Wh/kg, 62% de eficiencia de energía

012811JH2-357: NaOH + Ni (KH) | BASE | LiCl + CsCl (caja de guantes)

- Ánodo: NaOH (4,0 g) + 1 g KH en tubo de Ni
- Cátodo: 60 g de LiCl-47 + 172,6g CsCl
- Separador/Electrolito: Na-BASE
- OCV: 1,3 a 1,5 V
- 200 ohmios; CCV = 0,234 V; Energía de la célula = 45,6 J

Célula Na-BASE-HT

- 020111GZC3-294: 6 g NaOH + IPsi H2/Na-BASE/35,1 g NaCl + 135 g de NaI (MP = 573C) (caja de guantes)
- 2,75" Crisol de alúmina
- Mezcla de Electrolito: 5 tubos Na-BASE
- Electrodo: NaOH + 1/4" tubo de Ni (ánodo), sal fundida NaCl + NaI con papel de níquel como colector de corriente (cátodo)
- resistor = 100ohmios; T = 650C (T real en la masa fundida: 600C)

(1) OCV = 0,937V. Día 2: E = 35J. Energía teórica: 0.

011011XY4-103 (Zn-KOH-SC):

- Ánodo: pasta de Zn, 1,62 g (incluye electrolito) (0,81 g Zn neto)
- Cátodo: carbono de vapor mezclado con KOH saturada, SC Neto = 0,188 g
- Separador: Celgard 3501
- Electrolito: KOH saturada
- Descarga a 500 ohmios

ES 2 756 719 T3

V1min = 1,281V, V5min = 1,201V, V30min = 1,091V, V24h = 1,026V, V48h = 1,169V, V72h = 1,216V, V96h = 1,236V, V168h = 1,220V, V192h = 1,201V, V216h = 1,173V, 2350 J, 805 Wh/kg, eficiencia energética al 60%, eficiencia de Coulomb al 90%

- 5 Célula Na-BASE-HT.
- 010611GZC1-233: 36g Na/5 tubos Na-base en paralelo/50 g NaOH (caja de guantes)
 - 2,75" Crisol de alúmina
 - Mezcla de Electrolito: 5 tubos Na-BASE
- 10
- Electrodo: Na(ánodo), 5*NaOH 10 g (cátodo)
 - de resistencia = 10 ohmios; T = 500C
- (1) CCV~0,1V con E en total: 11,3kJ.
- 15 012011JH1-342: NaOH + Ni (KH) | BASE | LiCl + BaCl2 (caja de guantes)
- Ánodo: NaOH (~4 g) + 1 g KH en el tubo de Ni
 - Cátodo: 40 g de LiCl-47 + 64,5 g BaCl2-3
 - Separador/Electrolito: Na-BASE
- 20
- OCV: 0,57-0,62 V
 - 200 ohmios
 - V1min = 0,369V, V10min = 0,301 V, V20min = 0,281 V, V30min = 0,269 V, V1H = 0,252 V, V2h = 0,253V, V3H = 0,261 V. Energía = 475,3J
- 25 Célula Na-BASE-HT.
- 010611GZC1-233: 36g Na/5 tubos Na-base en paralelo/50 g NaOH (caja de guantes)
 - 2,75" Crisol de alúmina
 - Mezcla de Electrolito: tubos 5 Na-BASE
- 30
- Electrodo: Na (ánodo), 5*NaOH 10 g (cátodo)
 - resistor = 10 ohmios; T = 500C
- (1) Se está ejecutando, CCV~0,26V. ~5kJ de energía recogida.
- 35 122010-Rowan Validación-Na-BASE: 1gNa/Na-BASE/NaOH 3,24 g (caja de guantes)
- 2,75" Crisol de alúmina
 - Mezcla de Electrolito: Na-BASE
 - Electrodo: Na (ánodo), 3,24 g de NaOH (cátodo)
- 40
- resistor = 107ohmios; T = 500C
 - E en total = 1071J. ganancia de energía: 53
- CIHT nº 121310JL2: [RNi (4200)/CG3401 + NaHCO KOH/COOOH + CB + PVDF] (E° Theo = 0,6300V)
- 45
- Temperatura ambiente; diseño de la célula cuadrado -- semi-sellado
 - Ánodo: ~500mg RNi (4200); RNi usada en seco (4200) de la caja de guante y añadió solución saturada de KOH como electrolito a través de una jeringa y vial sellado
 - Cátodo: ~80 mg + 20 mg CoOOH CB nº 4 + ~15 mg de PVDF; Presionado con la prensa IR para sedimentar @ 23 kPSI
- 50
- OCV: 0,826V y aumentando lentamente
 - CCV (1000):
- Decaimiento bastante lento y suave hacia 0 V de la tensión de carga completa con un cambio de pendiente débil en el ~11000min y~0,5V
- 55
- Energía Total: 327,6 J
 - C-SED: 1137,5 Wh/Kg
 - A-SED: 182,0 Wh/Kg
- 60 CIHT nº 122210JL2: [RNi (2400)/CG3501 + NaHCO KOH/Pd/C-H1 + PVDF] (E° Theo = 0 V)
- Temperatura ambiente; diseño de la célula cuadrado -- sellado; sin abrazadera; electrodos de Ni;
 - Ánodo: 150 mg RNi (2400) nº 185 + 10 mg PVDF usando secado y la adición de solución saturada de KOH;
 - Cátodo: 53 mg de Pd/C-H1 + PVDF 14 mg; Presionado con la prensa IR para sedimentar @ 23 kpsi
- 65
- OCV ~0,9249V y constante

ES 2 756 719 T3

- CCV (1000):
 - Cayó a aproximadamente 0,89 con la carga y disminuyendo lentamente
 - Decaimiento bastante lento y suave hacia 0 V de la tensión de carga completa con un cambio de pendiente débil en el ~3100min y ~0,6V
- Energía Total: 128,8 J
- C-SED: 675,2 Wh/Kg
- A-SED: 238,6 Wh/Kg
- 120110GZC1-185: 1gNa/Na-BASE/3,3 g de NaOH + 0,82 g MgCl₂ + 0,67 g de NaCl (caja de guantes)
 - 2,75" Crisol de alúmina
 - Mezcla de Electrolito: Na-BASE
 - Electrodo: Na (ánodo), 3,3 g de NaOH + 0,82 g MgCl₂ + 0,67 g de NaCl (cátodo)
 - resistor = 107ohmios; T = 500C
- (1) Detenido, E = 548J, 46kWhr/kgNaOH.
- Célula Sandwich 112910XY1-1-20: Li/LP30-CG2400/COOOH (sujeta el Ni nesh/Nafion/PTC (H₂))
 - Ánodo: Li metálico (exceso de capacidad)
 - Cátodo: 75% CoOOH + 25 CB; Neto CoOOH 10 mg)
 - Separador entre Li/COOOH: Celgard 2400
 - Separador entre CoOOH/PTC (H): membrana Nafion
 - Tercera capa: PtC(H)
 - Descargar a 2000 ohmios
 - V1min = 2,2 V, V1H = 1,5 V, V2h = 1,18V, V10h = 1,0 V, V20h = 0,99V, V25h = 0,89V, V30h = 0,72V, V35h = 0,54V.
- medido >1800 Whr/kg de capacidad.
- 110910GZC1-159: 1gNa/Na-BASE/3,24 g NaOH nº 3 + 0,94 g NaBr nº 1 + 1,5 g de NaI nº 1 (caja de guantes)
 - 2,75" Crisol de alúmina
 - Mezcla de Electrolito: Na-BASE
 - Electrodo: Na (ánodo), ,24g NaOH nº 3 + 0,94 g NaBr nº 1 + 1,5 g de NaI nº 1, MP = 260C
 - resistor = 100ohmios; T = 450C
- (1) Energía total: 523 J (45 Whr/kg).
- 1102910JH1-1: Li | 1M LiPF₆-DEC-CE | CoOOH
 - Ánodo: Li (~25 mg)
 - Cátodo: CoOOH (recién preparada, horno de secado, 150 mg)
 - Separador: Celgard 2400
 - OCVrange = 3,6 a 3,5 V
- 2000 ohmios (cuando OCV = 3,5 V); CCV = 1,08V
- Energía Total: 520,6 J; Total de Energía específica: 964 Wh/kg. La célula se abrió y material de cátodo CoOOH involucrado como se determinó el cátodo de peso inferior a 125 mg. Así, la energía específica es 1156 Wh/kg.
- 102710GZC1-143: 1gNa3Mg/Na-BASE/NaOH 3,28 g (caja de guantes)
 - 2,75" Crisol de alúmina
 - Mezcla de Electrolito: Na-BASE
 - Electrodo: Na3Mg (ánodo), NaOH 3,28 g (cátodo), MP = 323C
 - resistor = 100ohmios; T = 450C (T real en la masa fundida: 400C)
- (1) aún se está ejecutando. CCV = 0,300V.
- (2) comprueba la energía OCV = 0,557V
- La energía total es: 0,69kJ. El tubo de Na-BASE está intacto.
- 102110GZC1-138: 1gNa/Na-BASE/1,85 g NaBr + 3,28 g de NaOH (caja de guantes)

- 2,75" Crisol de alúmina
- Mezcla de Electrolito: Na-BASE
- Electrodo: Na (ánodo), 1,85 g NaBr + 3,28 g de NaOH (cátodo), MP = 260C
- resistor = 107ohmios; T = 450C (T real en la masa fundida: 400C)

5

(1) la energía total de ~0,83kJ se recoge, lo que corresponde a 37 Whr/kg materiales de electrodos

102810JH3-1: Li3Mg |LiCl+KCl-LiH|TiH2

- 2,84" Cilindro de alúmina
- Eutéctica 96,8 g LiCl + 120,0 g de KCl; MP: 352 C
- Temperatura de la célula: 415 C
- Ánodo: Li3Mg (0,5 g) en envoltura de malla SS
- Cátodo: TiH2 (0,8 g)
- Intervalo OCV = 1,51 a 198 V

10

15

106 ohmios de carga, se ha de probar el funcionamiento de larga duración. CCV = 0,35 V. Energía = 300,4 J.

ID nº 102810GH2 Li/KCl + LiCl/NaNH2

20

- 2,75" crisol de alúmina;
- 0,05 g Li en una taza de malla SS (ánodo); 0,1 g NaNH2 en otra taza de malla SS (cátodo);
- Mezcla de electrolito: 56,3g LiCl + 69,1g KCl, MP = 352C;
- T = 400C;
- Resistor = 100 ohmios;
- Tiempo de carga total: 90 min.

25

OCV = 0,6496 V

V10s = 0,6186V, V20s = 0,6104V, V30s = 0,6052V, V1M = 0,5979V, V5M = 0,5815V, V90m = 0,4975V

30

102210JH2-2: Li3Mg |LiCl + KCl-LiH|TiH2

- 2,84" Cilindro de alúmina
- Mezcla eutéctica: continua de 102110JH2-1; (96,8 g LiCl + 120,0 g de KCl + 0,098 g LiH; MP: 352 C)
- Temperatura de la célula: 440 C
- Ánodo: Li3Mg (0,3 g) en envoltura de malla SS
- Cátodo: TiH2 (0,3 g)
- Intervalo de OCV = 0,51 a 0,545 V 200 ohmios (cuando OCV = 0,537 V)- V20s = 0,525V, V1min = 0,514V, V10min = 0,466V, V20min = 0,449 V, V30min = 0,430 V, V1H = 0,405V, V2h = 0,380V
- Recuperación V = 0,410V de 0,377V en aproximadamente 7 min. 100 ohmios (OCV = 0,408V)
- V20s = 0,391 V, V1min = 0,383V, V10min = 0,362V, V20min = 0,357 V, V30min = 0,354V, V1H = 0,349V

35

40

Tiempo de ejecución: 5513 min

Carga: 100 ohmios

Voltaje: 0,223 V (que parece estable en este voltaje sobre 2 días)

Energía: 218 J

Teoría E = 0,11 V

45

50

CIHT nº 102210JL1: [Li/CG2400 + 4MeDO + LiClO4/RNi (2800)] (E° Theo = -0,7078V)

- Temperatura ambiente
- Ánodo: ~30 mg Disco Li
- Cátodo: 200 mg RNi (2800) nº 186
- OCV: 2,2912V y disminuyendo lentamente
- CCV (1000):

55

- V20s = 2,3730V
- V1min = 2,2137V
- V10min = 2,1048V
- V20min = 2,0445V
- V30min = 2,0005V
- V4146min = 0,1058V
- OCV (9 min recuperación) = 0,8943V
- Energía Total = 112,45J
- Theo = 33,7J

60

65

ES 2 756 719 T3

- Ganancia = 3,34X
- Densidad de energía específica de cátodo del material = 156 Wh/kg
- El tiempo total de carrera antes de tensión se acercó a 0 V = -4,000 min

5 101510GZC1-132: 1gK/K-BASE/KOH + KI (caja de guantes)

- 2,75" Crisol de alúmina
- Mezcla de Electrolito: 57,5g KI nº 1 + 45,2 g de KOH nº 1, MP = 240C
- Electrodo: K (ánodo), KOH + KI en SS crisol (cátodo)

10 - resistor = 100ohmios; T = 450C (T real en la masa fundida: 400C) (1) hasta ahora, se recoge 1,1kJ energía eléctrica. Todavía se está ejecutando y CCV mantiene constante a 0,6V.

093010GZC1-117: Na/BASE/NaOH NaI + (caja de guantes)

- 15
- 2,75" Crisol de alúmina
 - Mezcla de Electrolito: 60g NaI nº 1 + NaOH 64g nº 2, MP = 230C
 - Electrodo: Na (ánodo), 60 g de NaI nº 1 + NaOH 64g nº 2 (cátodo)
 - resistor = 100ohmios; T = 500C (T real en la masa fundida: 450C)

20 La célula todavía se está ejecutando. Hasta ahora, se recogió 0,975kJ energía eléctrica. CCV = 0,876V con 100 ohmios de carga, ahora.

100410GZC1-120: 1gNa/BASE/NaOH NaI +/-RNi4200 1,5 g en envoltura de malla SS (caja de guantes)

- 25
- 2,75" Crisol de alúmina
 - Mezcla de Electrolito: 60g NaI nº 1 + NaOH 64g nº 2, MP = 230C
 - Electrodo: Na (ánodo), RNi4200 1,5 g de envoltura de malla SS (cátodo)
 - resistor = 100ohmios; T = 500C (T real en la masa fundida: 450C)

30 Total energía eléctrica: 1,67kJ, CCV = 0,442V, más energía puede obtenerse a largo plazo. Voltaje teórico = 0,001 V para Na + NaOH = Na₂O + NaH

082610GC2: Li₃N en lámina SS envuelta/LiCl + KCl/CeH₂ + TiC-136 en lámina SS envuelta

- 35
- 2,75" Crisol de alúmina
 - Mezcla de electrolitos eutéctica: 67,6g LiCl + 82,9g KCl;
 - Electrodo: ánodo: Li₃N en lámina SS envuelta;
 - Cátodo: CeH₂ + TiC-136 (1:1) en lámina de SS envuelta;
 - resistencia de 100 ohmios;
- 40 - temperatura de la célula = 460 C

Cálculo teórico:

45

ánodo: 4H⁻ + Li₃N a LiNH₂ + 2LiH + 4e⁻
 cátodo: 2CeH₂ + 4e⁻ a 2Ce + 4H
 general: 2CeH₂ + Li₃N a 2Ce + 2 LiH + LiNH₂
 DG = 164,4 kJ/mol, endotérmico, DE debe ser cero.

Datos:

50

OCV Vmax = 1,30V; Vloadmax = 0,58V;
 V1min = 0,50V; V10min = 0,57V; V20min = 0,57V; V40min = 0,51V; V60min = 0,53V (no estable); I cargamax = 0,0058A; Pcargamax = 3,4 mW;
 Recuperación: Vmax = 0,84V

55 082410GC1: Li en lámina de SS envuelta/LiCl + KCl/CeH₂ + TiC-136 en lámina de SS envuelta

- 60
- 2,75" Crisol de alúmina
 - mezcla de electrolitos eutéctica: 67,6g LiCl + 82,9g KCl;
 - Electrodo: ánodo: Li en lámina de SS envuelta;
 - cátodo: CeH₂ + TiC-136 (1:1) en lámina de SS envuelta;
 - resistencia de 100 ohmios;
 - temperatura de la célula = 460 C

65 Cálculo teórico:

ánodo: $2 \text{ Li} \rightarrow 2 \text{ Li}^+ + 2 \text{ e}^-$

cátodo: $\text{CeH}_2 + 2 \text{ Li} + 2 \text{ e}^- \rightarrow \text{Ce} + 2 \text{ LiH}$

general: $\text{CeH}_2 + 2 \text{ Li} \rightarrow \text{Ce} + 2 \text{ LiH}$

DG = 15,6 kJ/mol, endotérmico, DE debería ser cero.

Datos: OCV $V_{\text{max}} = 1,94 \text{ V}$; $V_{\text{cargamax}} = 1,37 \text{ V}$; $V_{1\text{min}} = 1,23 \text{ V}$; $V_{10\text{min}} = 1,06 \text{ V}$; $V_{20\text{min}} = 0,95 \text{ V}$; $V_{40\text{min}} = 0,86 \text{ V}$; $I_{\text{cargamax}} = 0,014 \text{ A}$; $P_{\text{cargamax}} = 19 \text{ mW}$;

Recuperación: $V_{\text{max}} = 1,11 \text{ V}$

Célula nº 082010RCC2-108: [Li/LiCl-KCl-LiH-NaCl/ZrH₂] a 450 °C

- 2,75" OD x 6" Crisol de alúmina
- Mezcla eutéctica: 56,3 g LiCl-26 + 69,1 g KCl-27 + 0,018 g LiH-4 + 0,13 g NaCl-2
- Ánodo 0,35 g Li-7 en crisol SS de alambre con SS.
- Cátodo: 1,9 g ZrH₂-1 + 0,9 g TiC-138 en crisol SS de alambre con SS.
- Resistores = 100 Ohmios
- Intervalo V 0,168-1,299 V.
- $V_{\text{max}} 1,299 \text{ V @ } 450 \text{ °C}$,
- 100 Ohmios de resistor estaba conectado con la célula
- $V_{\text{CargaMax}} = 1,064 \text{ V}$, $I_{\text{CargaMax}} = 0,01064 \text{ A}$, $P_{\text{CargaMax}} = 11,3 \text{ mW}$,
- $V_{10} = 0,849 \text{ V}$, $V_{20\text{s}} = 0,819 \text{ V}$, $V_{30\text{s}} = 0,796 \text{ V}$,
- $V_{1\text{min}} = 0,748 \text{ V}$, $V_{10\text{min}} = 0,731 \text{ V}$, $V_{21,6\text{h}} = 0,168 \text{ V}$.
- OCV (Voltaje de circuito abierto, después de 21,6 h Carga + 43,4 min recuperación) = 0,265.
- Comentarios: El resistor de 100 Ohmios estaba conectado con la célula CIHT cuando el OCV alcanzó 1,299 V. Para la reacción $\text{ZrH}_2 + 2 \text{ Li} \rightarrow 2 \text{ LiH} + \text{Zr}$,
- A 700 K (427 °C), DG = DH - TDS = -1910 J/reacción, E = - DG/zF = 0,01 V.

$E = E_0 +$

A 800 K (527 °C), DG = DH - TDS = - 835 J/reacción, E = -DG/zF = 0,004 V,

A 500 °C (T real de la sal eutéctica líquida: 422 °C), suponiendo volumen de sal líquida es de 100 ml, [H⁻] = 0,018/(0,1*8) = 2,25 x10⁻² (M).

$$E = E_0 - R \cdot T \cdot \ln(H^-)/(nF) = E_0 - 8.314 \cdot 695 \cdot \ln(2.25 \times 10^{-2})/(2 \cdot 96485) = E_0 + 0.114 = 0.01 + 0.114 = 0.124 \text{ (V)}.$$

Célula nº 082010RCC1-107: [Li/LiCl-KCl-LiH-NaCl/TiH₂] a 450 °C

- 2,75" OD x 6" Crisol de alúmina
- Mezcla eutéctica: 56,3 g LiCl-26 + 69,1 g KCl-27 + 0,018 g LiH-4 + 0,13 g NaCl-2
- Ánodo 0,35 g Li-7 en crisol SS de alambre con SS.
- Cátodo: 0,9 g TiH₂-1 + 0,9 g TiC-136 en crisol SS de alambre con SS.
- Resistores = 100 Ohmios
- Intervalo V 0,462 a 0,831 V.
- $V_{\text{max}} 0,831 \text{ V @ } 450 \text{ °C}$,
- 100 Ohmios resistor estaba conectado con la célula
- $V_{\text{CargaMax}} = 0,808 \text{ V}$, $I_{\text{CargaMax}} = 0,00808 \text{ A}$,
- $P_{\text{CargaMax}} = 6,5 \text{ mW}$, $V_{10} = 0,594 \text{ V}$, $V_{20\text{s}} = 0,582 \text{ V}$, $V_{30\text{s}} = 0,574 \text{ V}$, $V_{1\text{min}} = 0,564 \text{ V}$, $V_{10\text{min}} = 0,539 \text{ V}$, $V_{162\text{min}} = 0,577 \text{ V}$.
- OCV (Voltaje de circuito abierto, después de 162 min Carga + 54,2 min Recuperación) = 0,908 V.
- El resistor de 100 Ohmios estaba conectado con la célula de nuevo $V'_{\text{CargaMax}} = 0,899 \text{ V}$, $I'_{\text{CargaMax}} = 0,00899 \text{ A}$, $P'_{\text{CargaMax}} = 8,1 \text{ mW}$, $V'_{1\text{min}} = 0,631 \text{ V}$, $V'_{10\text{min}} = 0,581 \text{ V}$.
- Comentarios: El resistor de 100 Ohmios estaba conectado con la célula CIHT cuando el OCV alcanzó 0,818 V. Después de que el resistor de 100 Ohmios fue despegado, la carga de 100 Ohmios estaba conectado con la célula de nuevo cuando OCV era 0,907 V.

Para la reacción $\text{TiH}_2 + 2 \text{ Li} \rightarrow 2 \text{ LiH} + \text{Ti}$,

A 700 K (427 °C), DG = DH - TDS = -28,015 J/reacción, E = - DG/zF = 0,15 V.

A 800 K (527 °C), DG = DH - TDS = - 25,348 J/reacción, E = -DG/zF = 0,13 V

A 450 °C (T real de la sal eutéctica líquida: 388 °C), suponiendo volumen de sal líquida es de 100 ml, [h⁻] = 0,018/(0,1*8) = 2,25 x10⁻² (M).

$$E = E_0 - R \cdot T \cdot \ln(H^-)/(nF) = E_0 - 8.314 \cdot 661 \cdot \ln(2.25 \times 10^{-2})/(2 \cdot 96485) = E_0 + 0.114 = 0.15 + 0.108 = 0.258 \text{ (V)}.$$

072210GZC1-40: Li campana(Li en 3/8" tubo SS)/LiCl + KCl/H₂ en tubo de Ni

- 2,75" Crisol de alúmina
- Mezcla de Electrolito: 56,3g LiCl nº 15 + 69,1g KCl nº 12, MP = 350C
- Electrodo: Li campana(ánodo), H₂ en el tubo de Ni (cátodo)
- resistor = N/A; T = 450C.

Resultados:

[0702]

(1) OCV cambia con la cantidad de LiH añadida en el electrolito:

LiH, g OCV, V

0	2,1
0,003	2,025
0,006	1,969
0,009	1,88
0,014	1,041
0,021	0,899
0,03	0,672
0,038	0,616
0,06	0,569
0,073	0,551
0,084	0,546
0,144	0,499
0,266	0,457
0,339	0,431
0,418	0,428
0,482	0,424
0,813	0,396
1,182	0,379
1,64	0,372

Comentarios

[0703]

(1) $V = 0,215 - 0,0571 \ln C$ (LiH, mol%); pendiente de ecuación Nernst: -0,0580

(2) Datos en la cantidad de LiH añadida menos de 14 mg son obviamente fuera de la línea de la ecuación de Nernst, en otras palabras, se observó tensión obvia a una concentración LiH <0,1% (mol) en el electrolito.

E. Solución RMN de célula CIHT

[0704] Los productos hidrino de las células CIHT también se identificaron por RMN líquido que muestra picos dado por las ecs. (12) y (20) para hidrino molecular y el ion de hidruro hidrino, respectivamente. Por ejemplo, productos de reacción de hidrino tras extracción con disolventes de los productos de reacción de célula media en DDMF fueron observados por RMN de protón a aproximadamente 1,2 ppm y 2,2 ppm con respecto al TMS correspondiente a H₂(1/4) y H₂(1/2), respectivamente. Mezclas de reacción de células medias específicas que muestran la H₂(1/4) de pico y, posiblemente, el H₂(1/2) de los picos se dan en la TABLA 8.

[0705] TABLA 8. La solución ¹H RMN después de la extracción de disolvente DMF-d₇ de los productos de las células CIHT. H₂(1/4) se observó como un pico ancho típicamente a 1,2 ppm que puede ser desplazada por y ampliada por exceso de agua en DDMF. H₂(1/2) también se observó en la mayoría de los casos como un pico agudo a 2,2 ppm.

Pico de hidrino de ánodo

[0706]

R-Ni/KOH (ac sat)/CoOOH
 R-Ni/KOH (ac sat)/MnOOH
 R-Ni/KOH (ac sat)/InOOH
 R-Ni/KOH (ac sat)/GaOOH
 R-Ni/KOH (ac sat)/LaOOH
 R-Ni/KOH (ac sat)/carbón de vapor
 Co/KOH (ac sat)/CoO SC
 Zn/KOH (ac sat)/carbón de vapor
 Pb/KOH (ac sat)/carbón de vapor

	In/KOH (ac sat)/carbón de vapor
	Sb/KOH (ac sat)/carbón de vapor
	LaNi ₅ H/KOH(ac sat)/MnOOH CB
5	Zn/KOH (ac sat)/CoOOH CB
	Zn/KOH (ac sat)/MnOOH CB
	CoH/KOH (ac sat)/PdC
	suspensión Ni nano/KOH (ac sat)/carbón de vapor
	R-Ni/KOH (ac sat)/TiC
10	R-Ni/KOH (ac sat)/TiCN
	R-Ni/KOH (ac sat)/NbC
	R-Ni/KOH (ac sat)/TiB ₂
	R-Ni/KOH (ac sat)/MgB ₂
	R-Ni/KOH (ac sat)/B ₄ C
15	Cd/KOH (ac sat)/PtC
	La/KOH (ac sat)/carbón de vapor
	Cd/KOH (ac sat)/carbón de vapor
	Sn/KOH (ac sat)/MnOOH CB
	Co/KOH (ac sat)/SC
20	R-Ni + M/KOH (ac sat)/MnOOH (closed) M= Pb, Mo, Zn, Co, Ge CB-SA
	HWS ₂ /KOH (ac sat)/ CB
	Co/KOH (ac sat)/ MnOOH SC
	Sm-Co/KOH (ac sat)/CB SA
	Co/KOH (ac sat) CoO DTPA/ SC
25	Co/KOH (ac sat) DTPA/ Ni SC
	Pb/KOH (ac sat)/CB SC
	Zn/KOH (ac sat)/ZnO SC
	Co/KOH (ac sat)/CoO DTPA/SC
	polvo Ni nano/KOH (ac sat)/NiO CB (abierta, pero no energía, reacción directa)
30	Co/KOH (ac sat)/CuO CB (abierta, pero no energía, reacción directa)
	Ti CG3501, solución saturada de KOH SC
	Zn-KOH-SC+I ₂ O ₅
	Co/KOH (ac sat)/CoO + SC (O ₂ sellado, pero pérdida de aire)
	Zn/15M KOH/SC
35	Ge pow. (0,16 g)/KOH (saturada) + CG3501 / CuO + CB + PVDF
	Célula nº 012811RC2-290: [Zn/KOH + EDTA/Ag ₂ O ₂ + CB + PVDF] (caja de guantes)
	Célula nº 012811RC3-291: [Zn/KOH + EDTA/PtO ₂ + CB + PVDF] (caja de guantes)
	Célula nº 013111RC1-292: [Co/KOH + EDTA/PtO ₂ + CB + PVDF] (caja de guantes)
	Cd/KOH (ac sat)/CB-SA
40	Cd/KOH (ac sat)/SC
	Zn KOH (ac sat) PtC mezclado en caja de guantes
	Ni(H ₂) NaOH/BASE/MgCl ₂ -NaCl

Pico de hidrino de cátodo

45	[0707] Na/Na-base/NaI + NaOH
----	-------------------------------------

50

55

60

65

REIVINDICACIONES

1. Un sistema de energía electroquímica que incluye una célula de combustible que comprende:

un ánodo capaz de oxidar una especie que comprende hidrógeno, un cátodo capaz de reducir al menos uno de O_2 o H_2O , **caracterizado por** un electrolito de sal eutéctica fundida representado por $MOH-M'X$ o $MOH-M'X'$ y en donde M es un metal alcalino o alcalinotérreo,

M' es un metal que tiene hidróxidos y óxidos que son al menos uno de menos estables que los de metales alcalinos o alcalinotérreos o tienen una baja reactividad en agua, y X es haluro, X' es un anión.

2. El sistema de energía electroquímica de la reivindicación 1, en donde dicho ánodo comprende una membrana permeable a hidrógeno.

3. El sistema de energía electroquímica de la reivindicación 1 o 2, en donde M' es menos estable que M.

4. El sistema de energía electroquímica de una cualquiera de las reivindicaciones 1-3, en donde M' tiene una baja reactividad con el agua.

5. El sistema de energía electroquímica de una cualquiera de las reivindicaciones 1-4, en donde M' se selecciona entre Cu, Ni, Pb, Sb, Bi, Co, Cd, Ge, Au, Ir, Fe, Hg, Mo, Os, Pd, Re, Rh, Ru, Se, Ag, Tc, Te, Tl, Sn, W, Al, V, Zr, Ti, Mn, Zn, Cr, y In.

6. El sistema de energía electroquímica según una cualquiera de las reivindicaciones 1-5, en donde X' se selecciona entre hidróxidos, haluros, nitratos, sulfatos, carbonatos y fosfatos.

7. El sistema de energía electroquímica según una cualquiera de las reivindicaciones 1-5, en donde X' es haluro.

Fig. 1

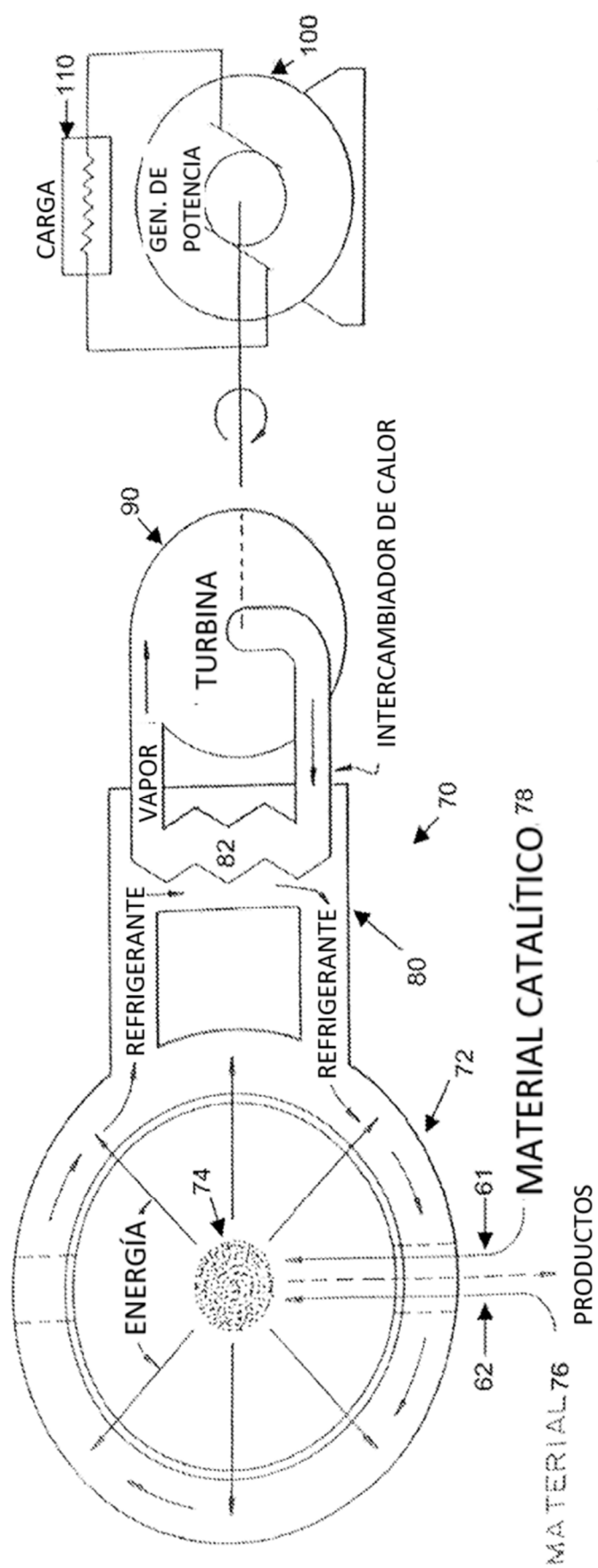


Fig. 2

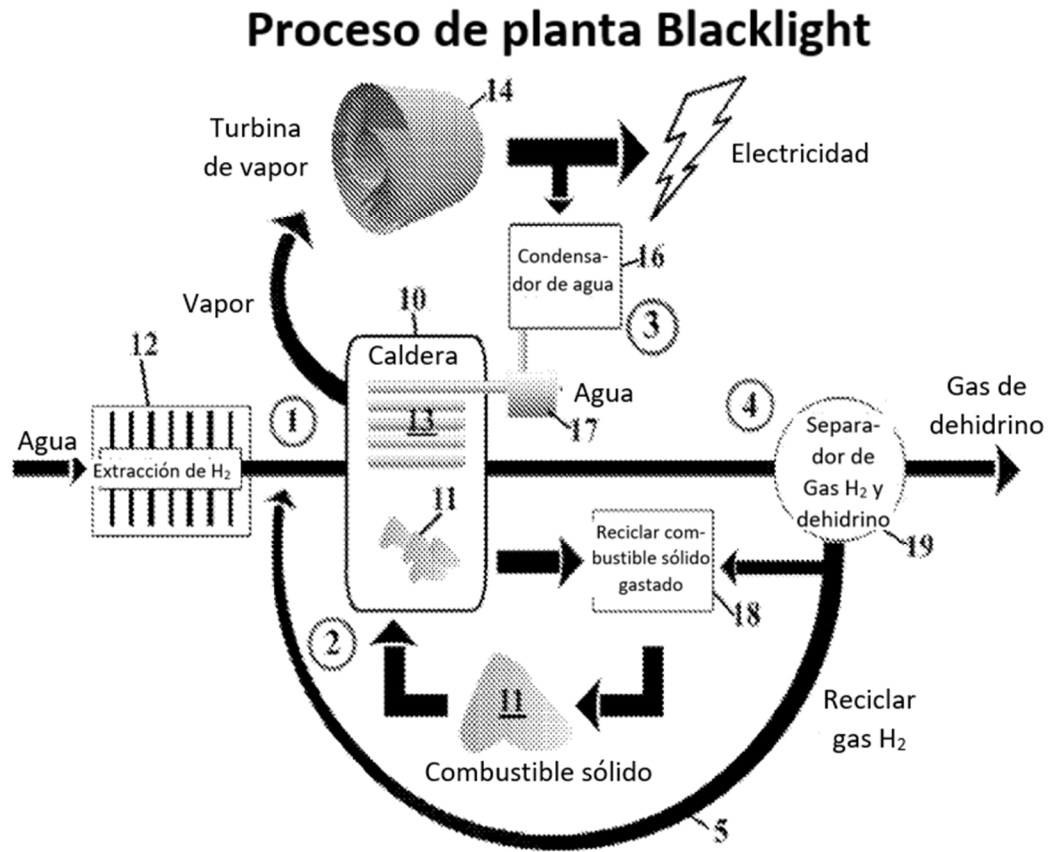


Fig. 3

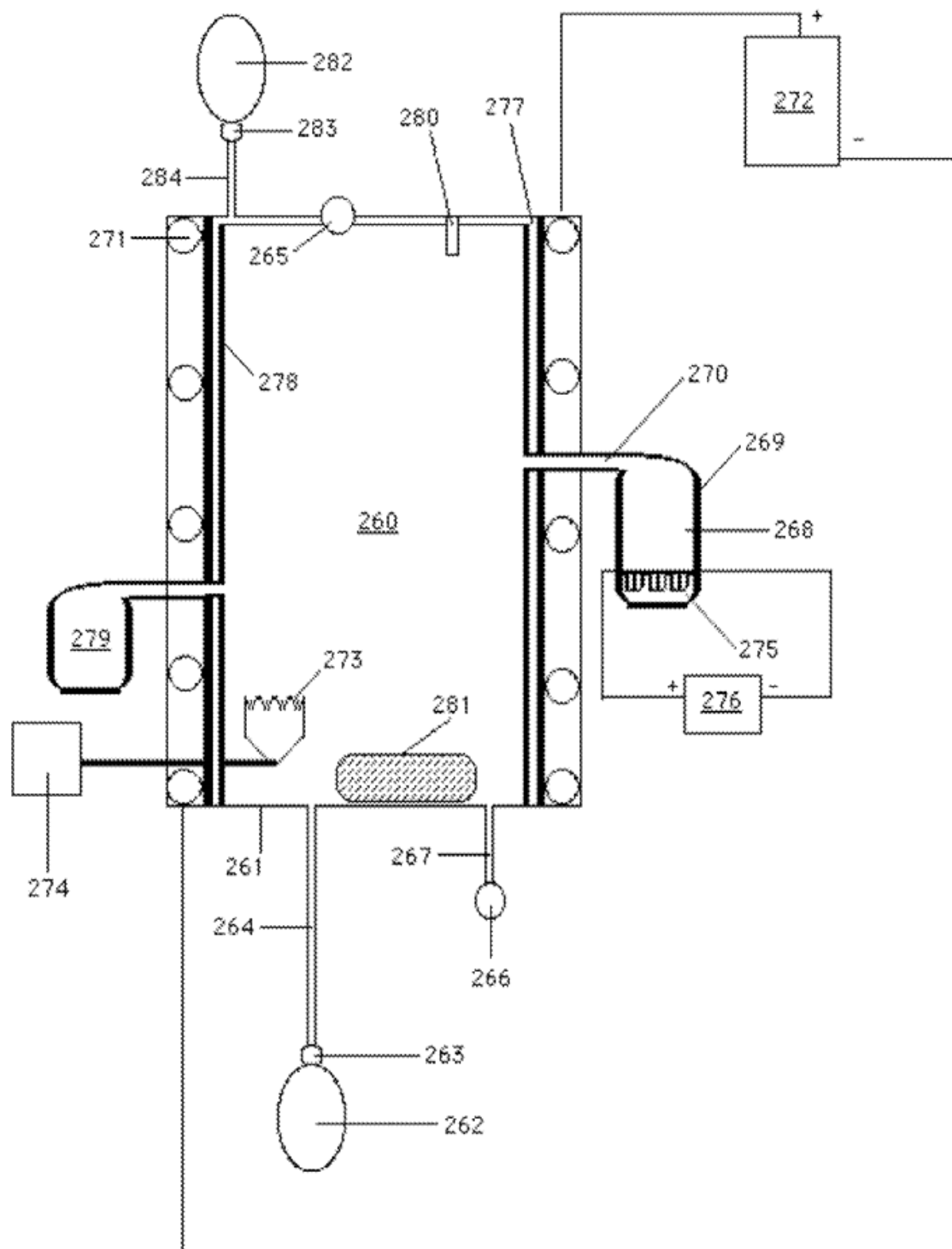


Fig. 4

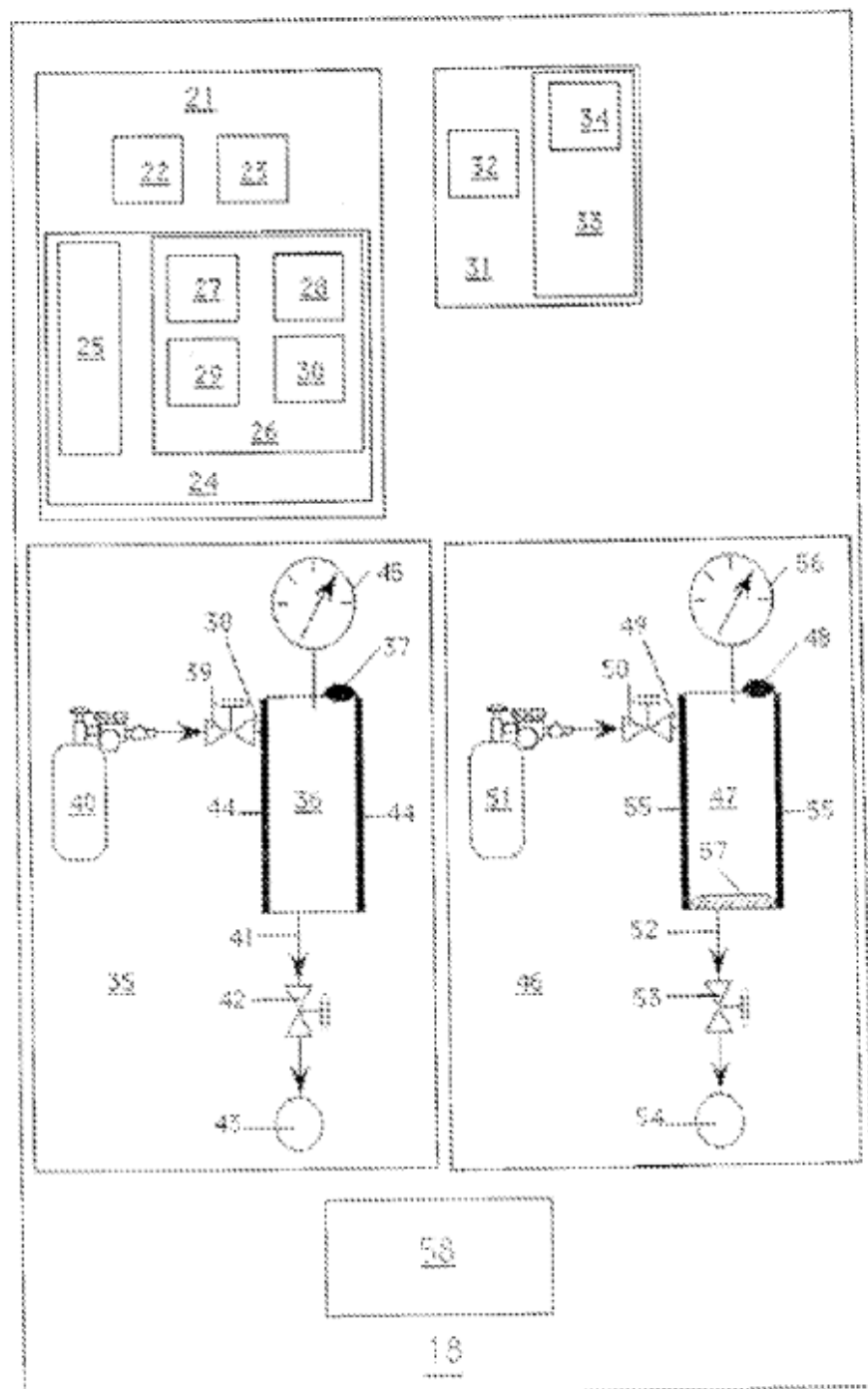


Fig. 5

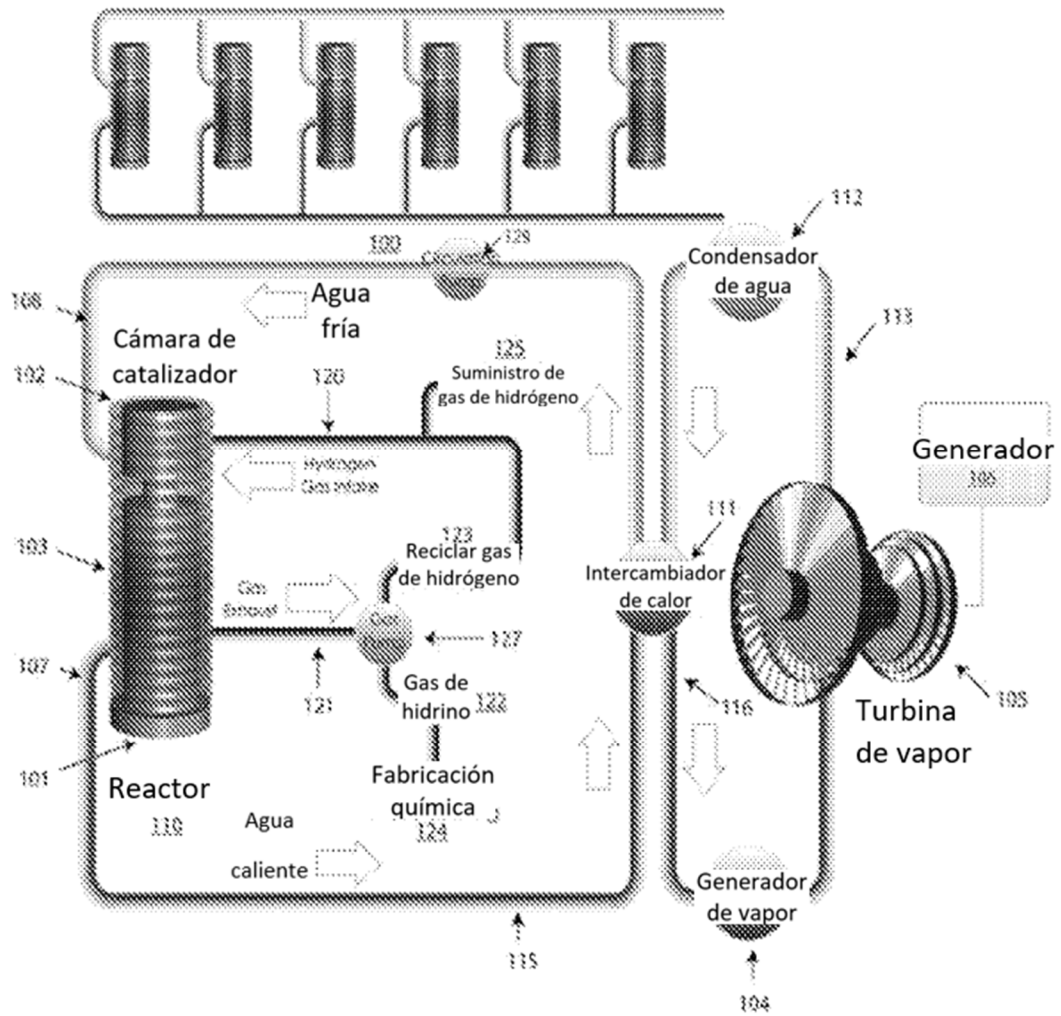


Fig. 6

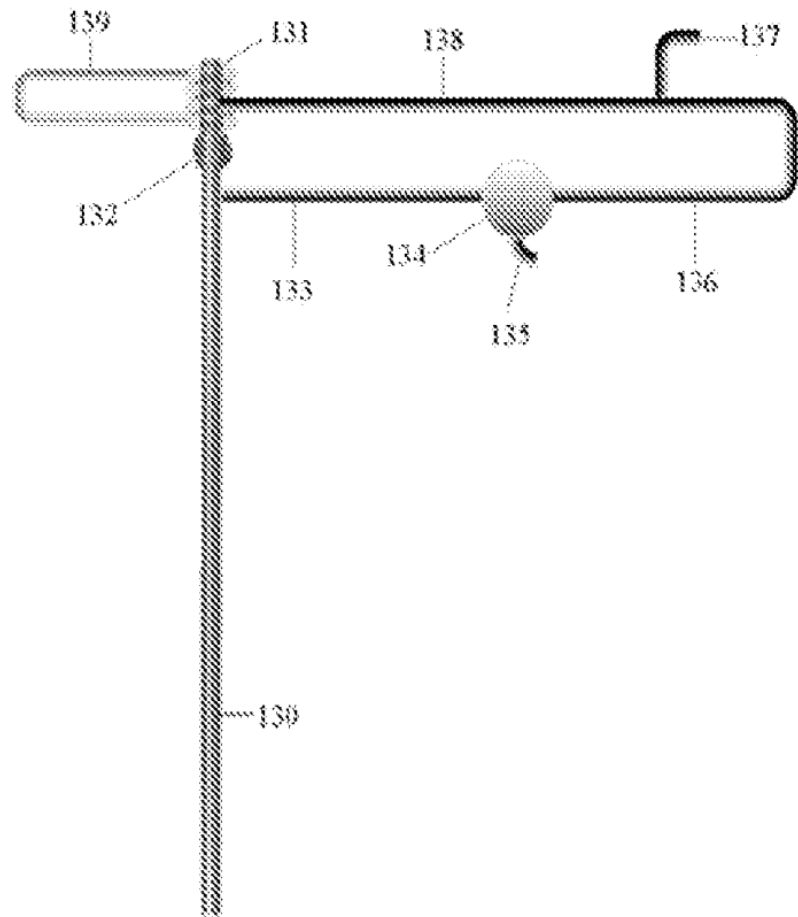


Fig. 7

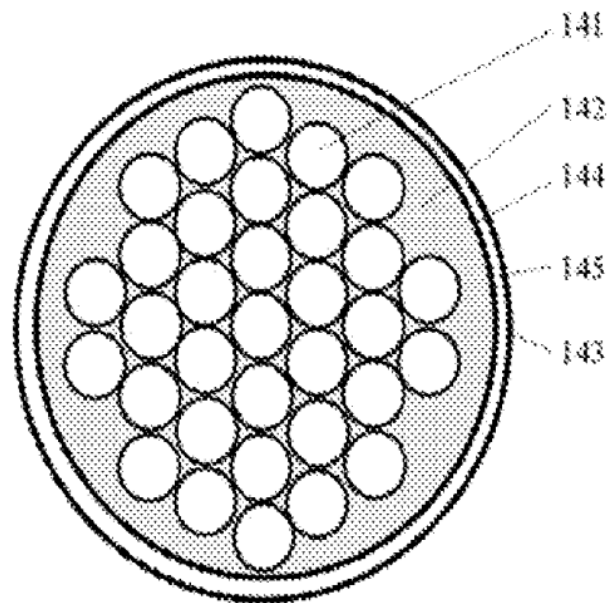


Fig. 8

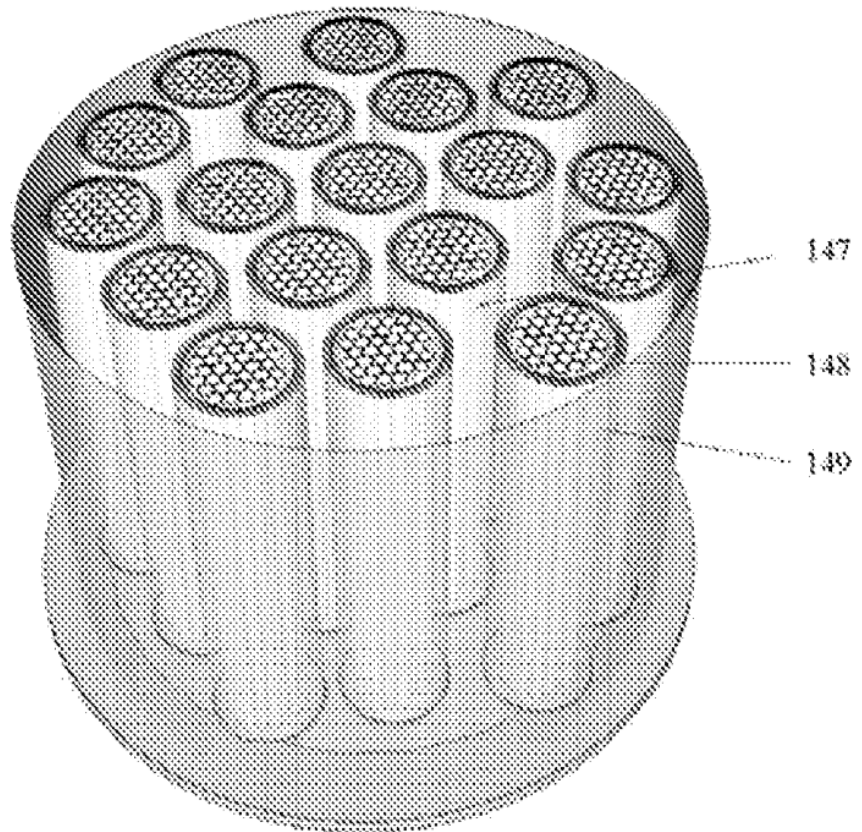


Fig. 9

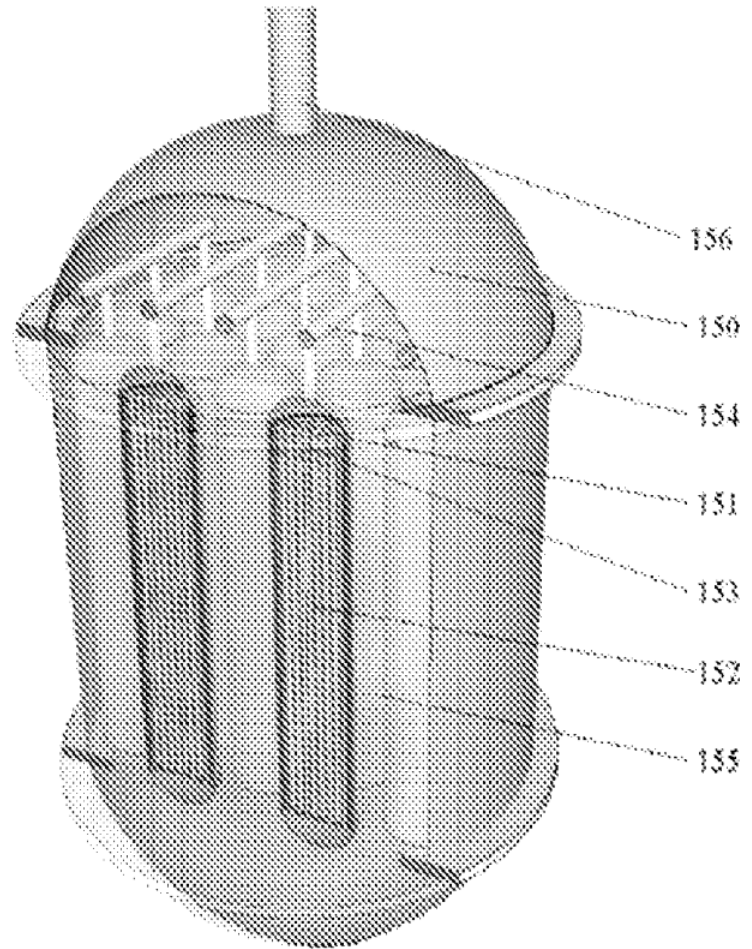


Fig. 10

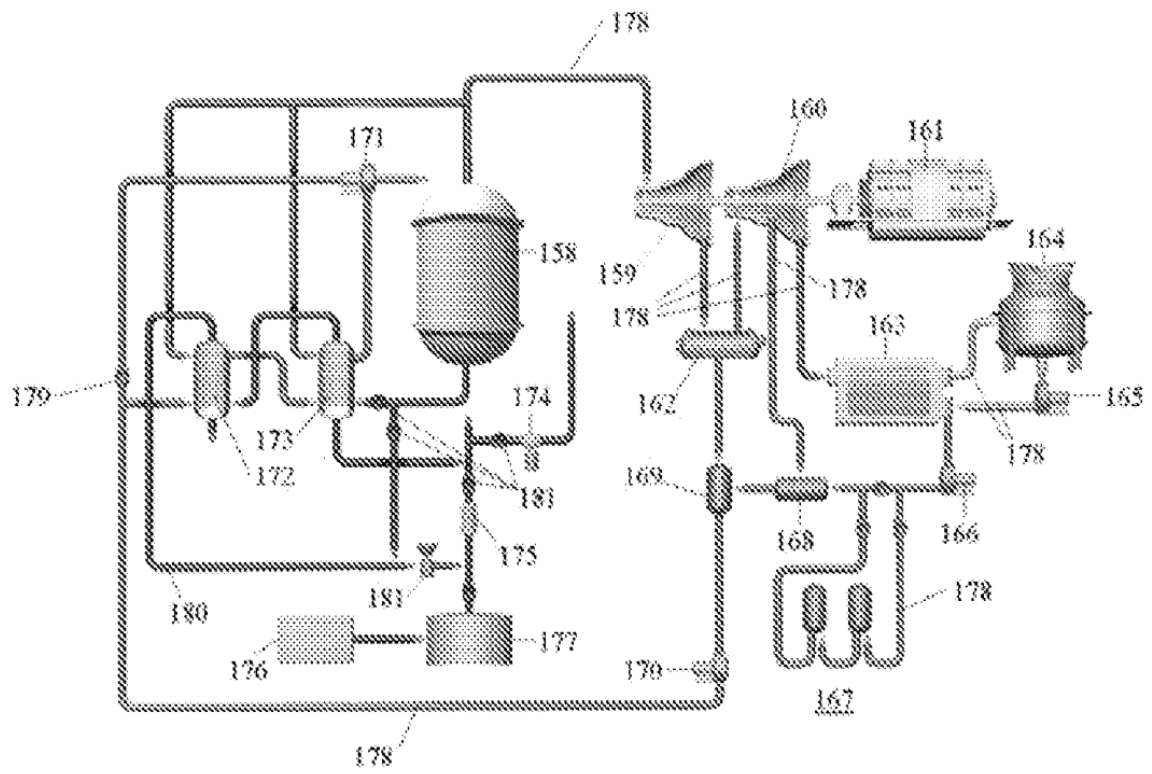


Fig. 11

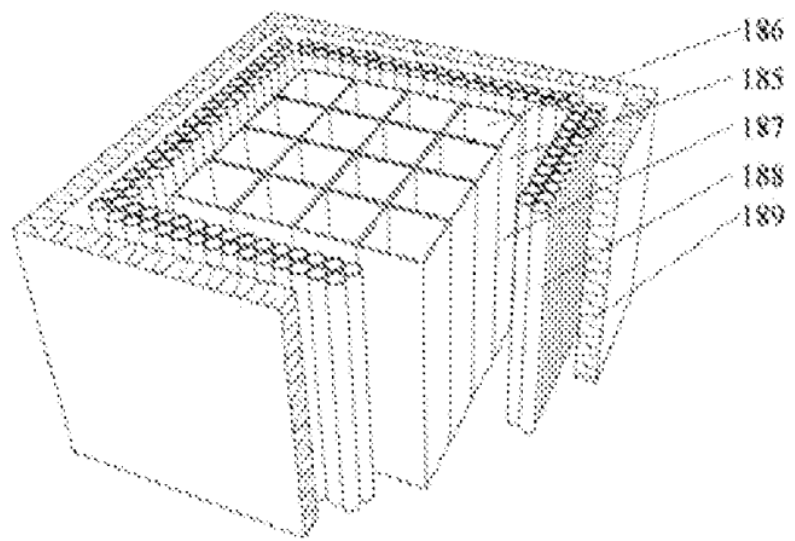


Fig. 12

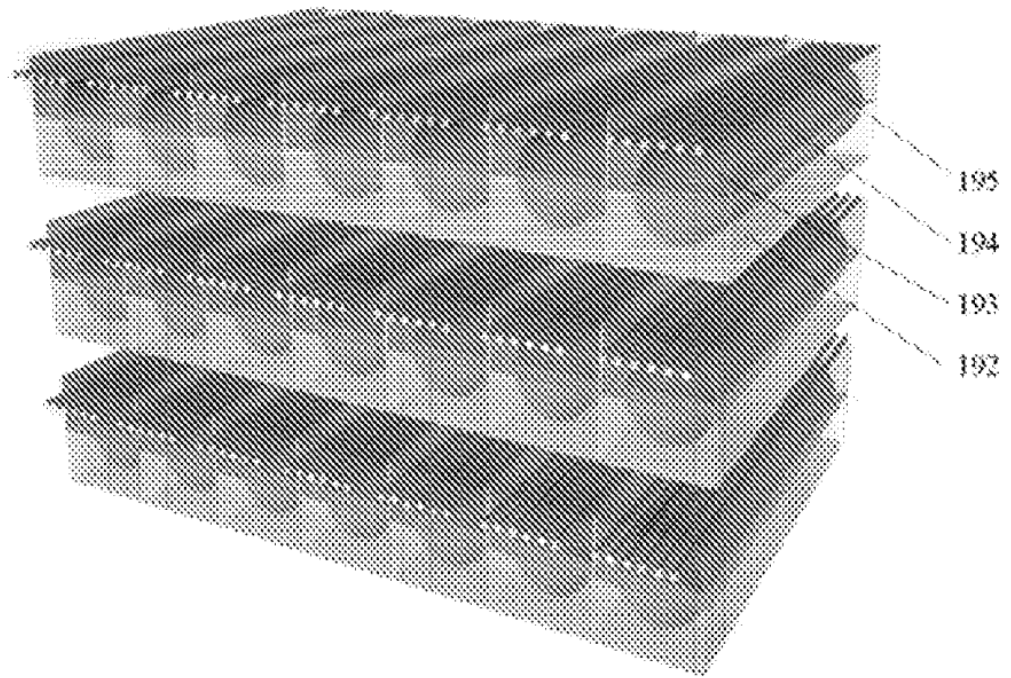


Fig. 13

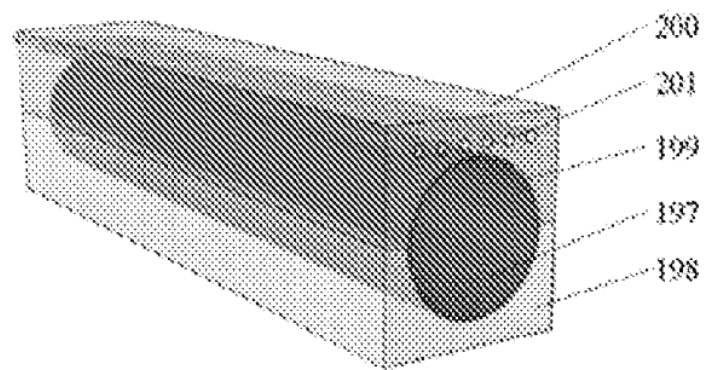


Fig. 14

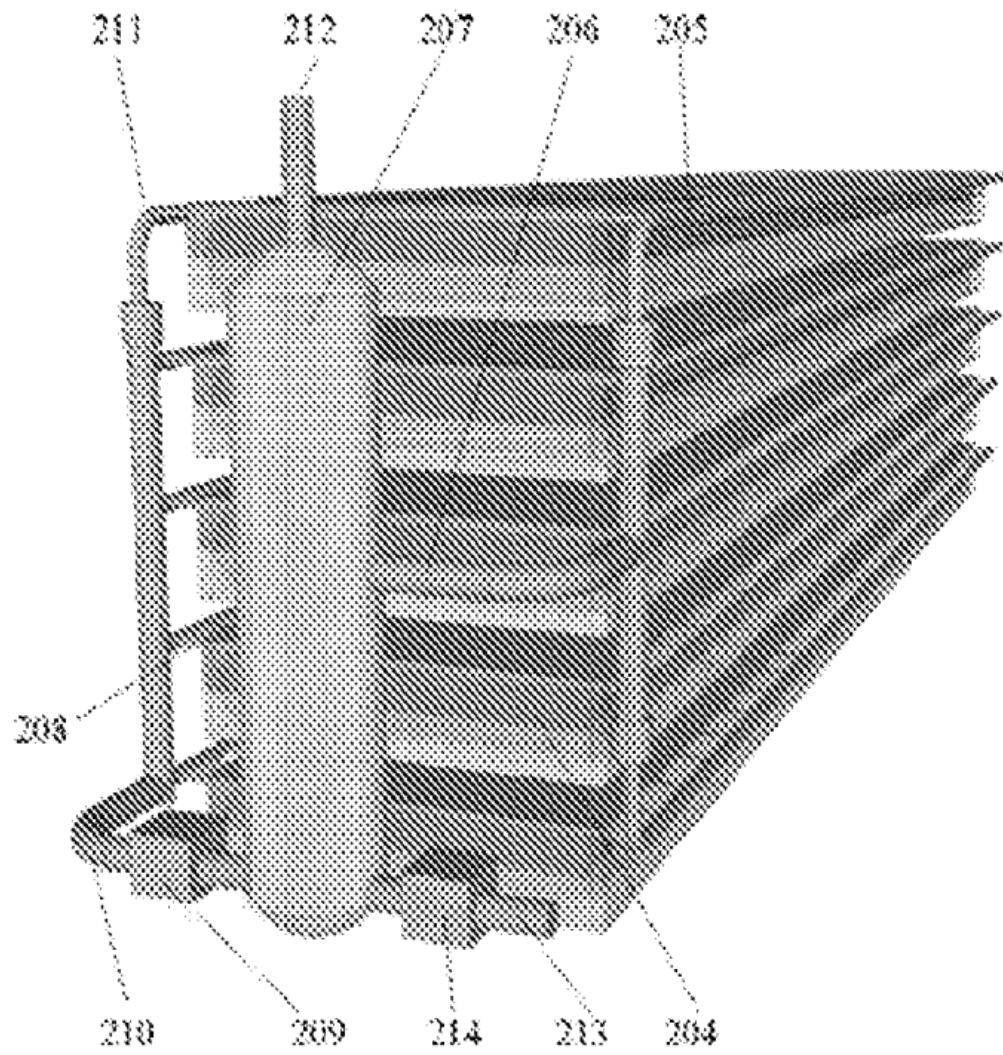


Fig. 15

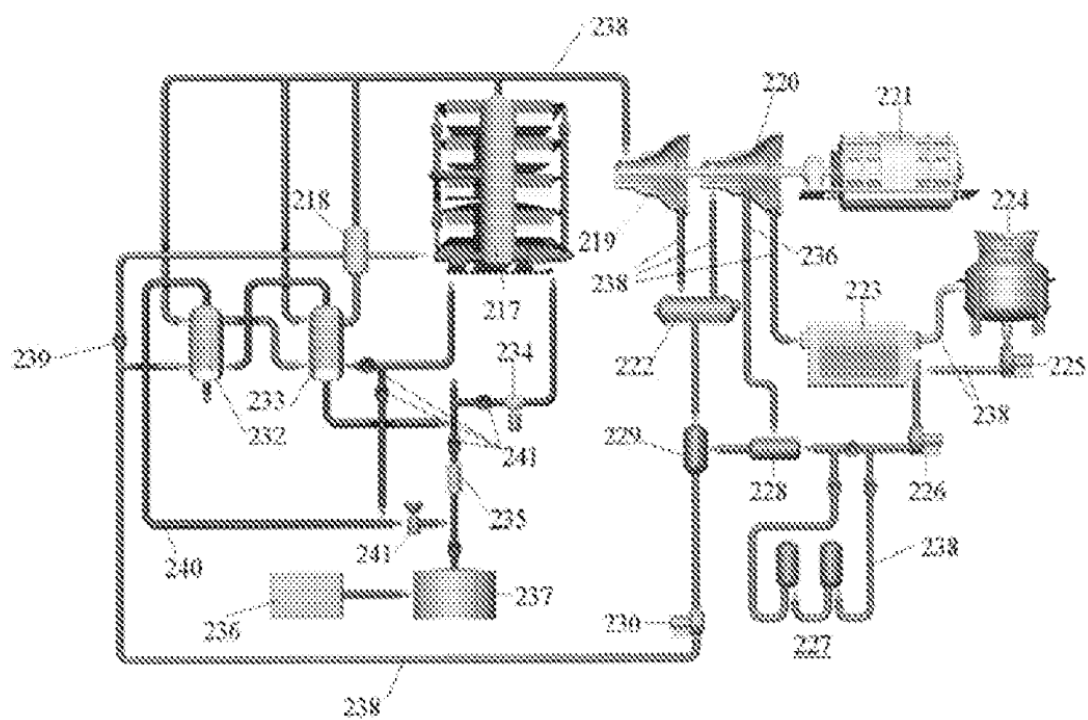


Fig. 16

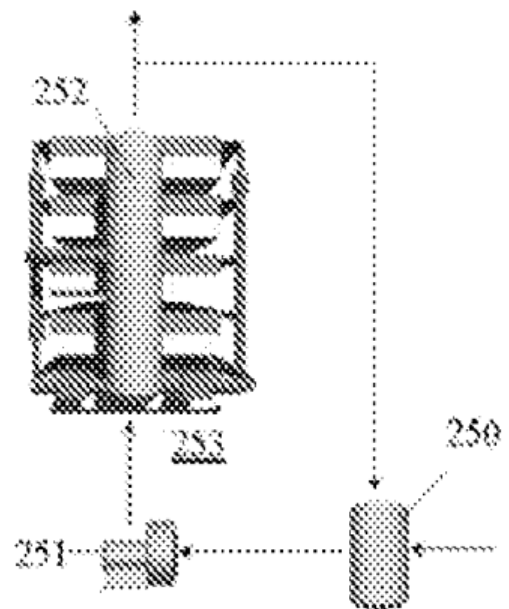


Fig. 17

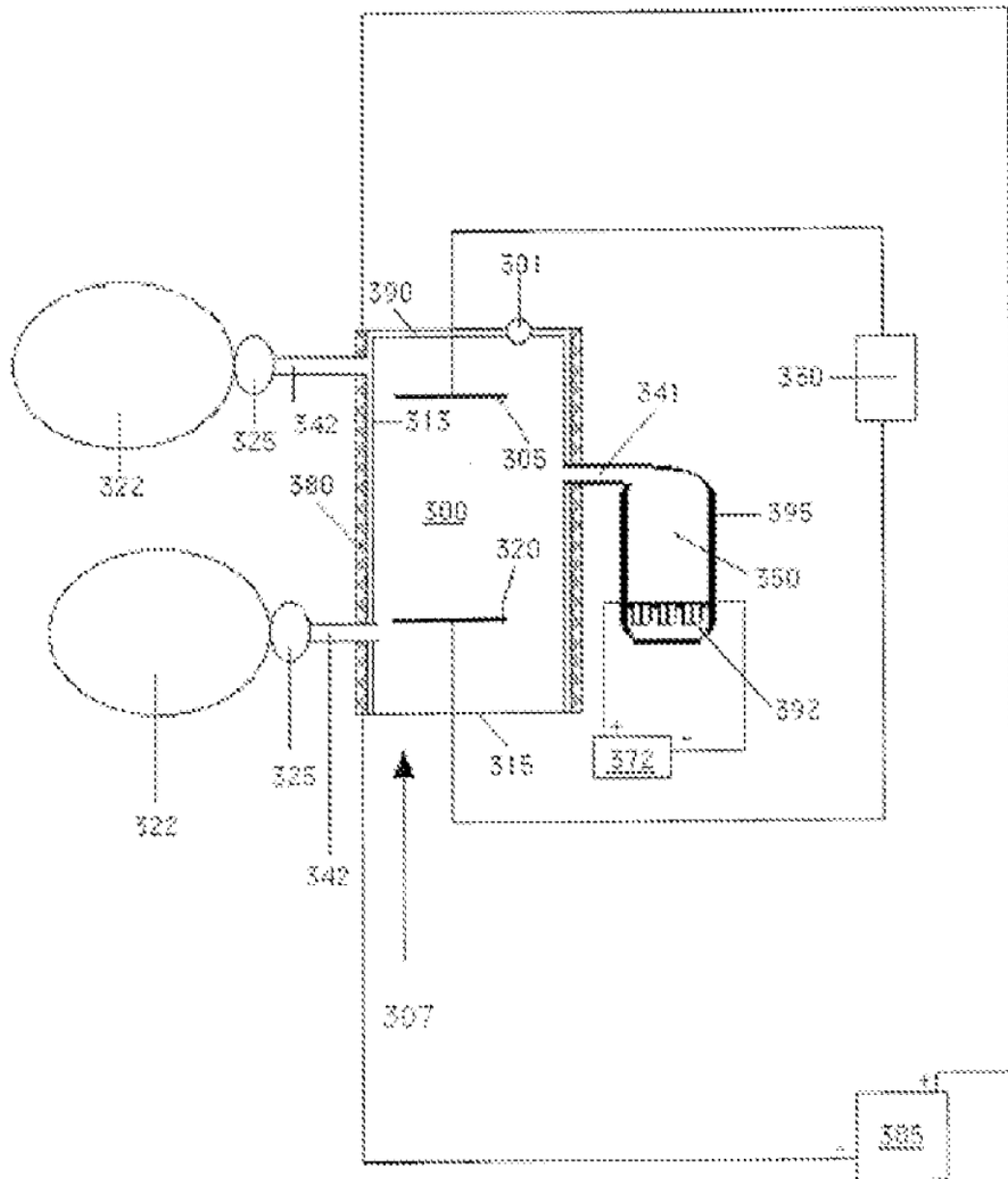


Fig. 18

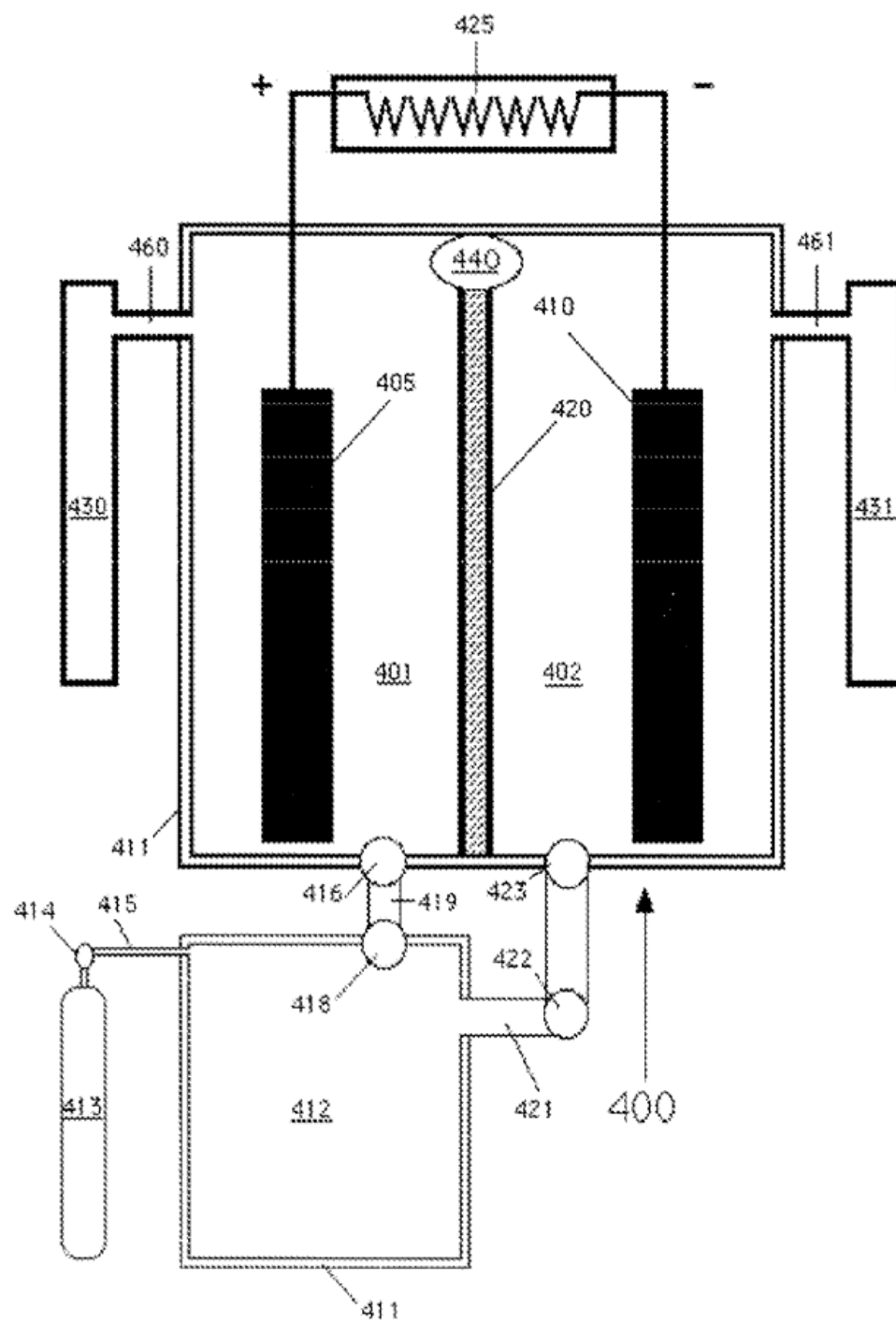


Fig. 19

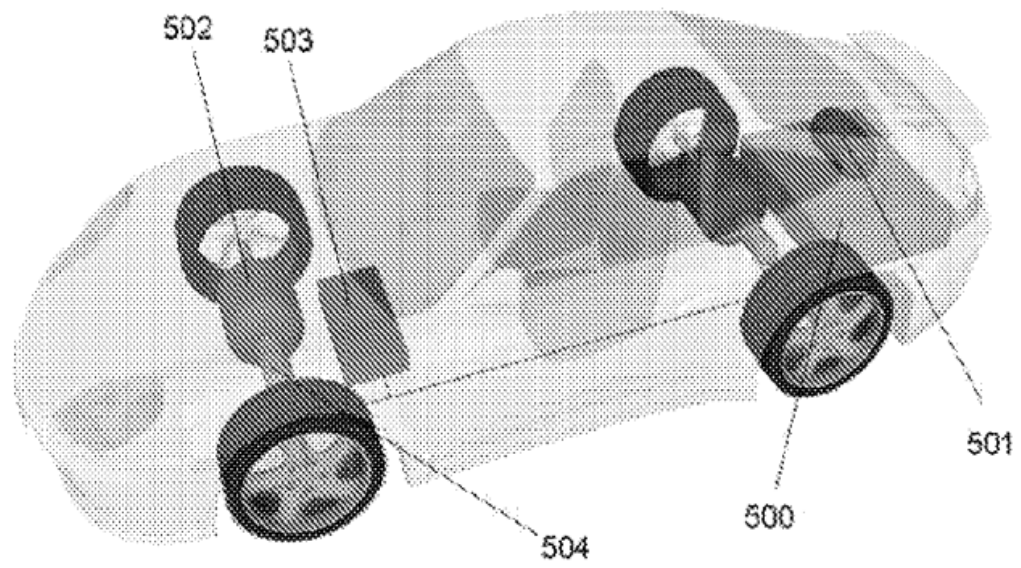


Fig. 20

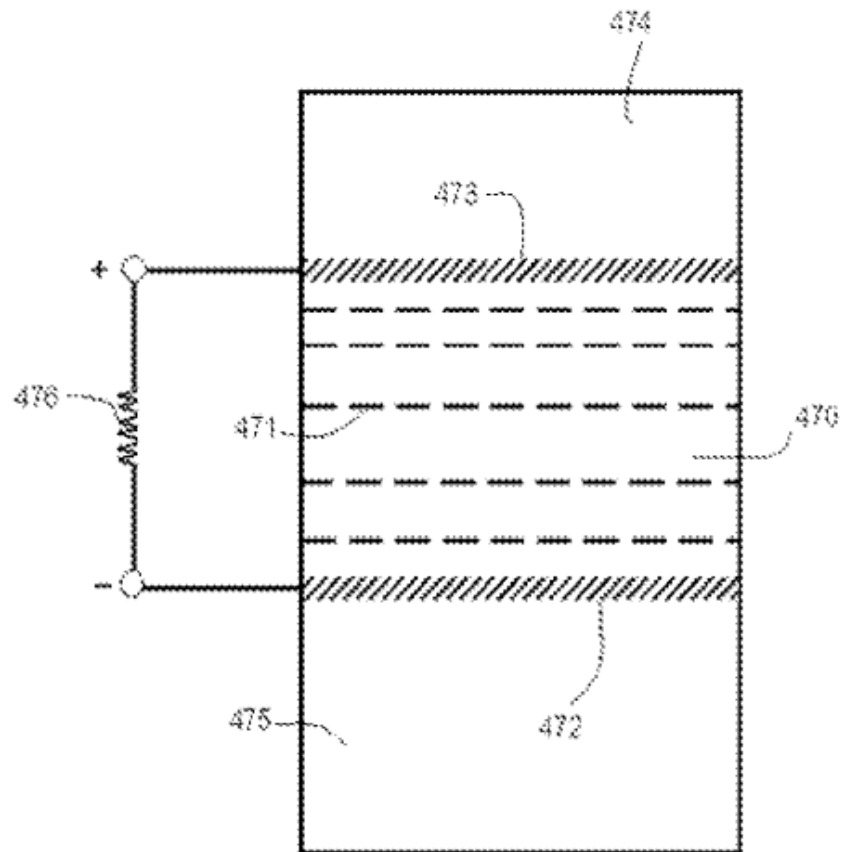


Fig. 21

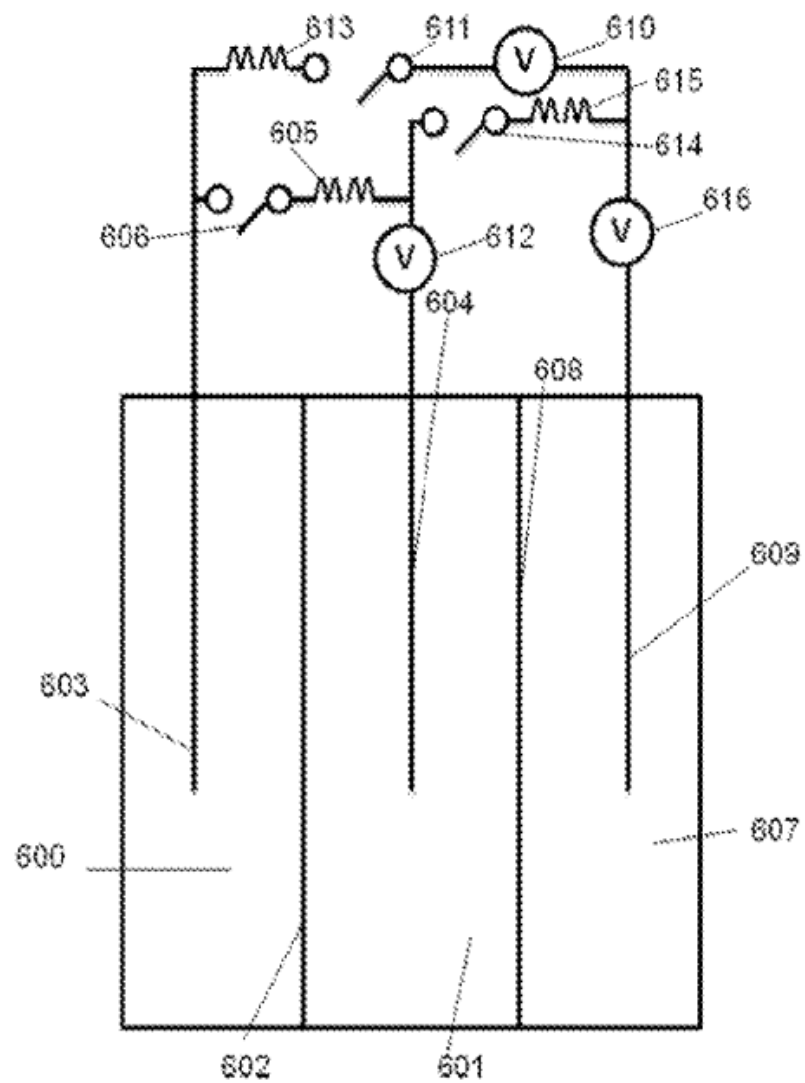


Fig. 22

