



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



⑪ Número de publicación: **2 301 441**

⑫ Número de solicitud: 200703012

⑤① Int. Cl.:
C25B 1/04 (2006.01)
C02F 1/46 (2006.01)
C02F 1/461 (2006.01)

⑫

PATENTE DE INVENCION

B1

⑫② Fecha de presentación: **14.11.2007**

⑫③ Fecha de publicación de la solicitud: **16.06.2008**

Fecha de la concesión: **30.12.2008**

⑫⑤ Fecha de anuncio de la concesión: **01.02.2009**

⑫⑤ Fecha de publicación del folleto de la patente:
01.02.2009

⑦③ Titular/es: **Fidel Franco González**
Muntaner, 187 - Bis 1-2
08036 Barcelona, ES
Alexandra Miguel Sánchez y
Alberto Ruiz Rodríguez

⑦② Inventor/es: **Franco González, Fidel;**
Miguel Sánchez, Alexandra y
Ruiz Rodríguez, Alberto

⑦④ Agente: **Durán Moya, Luis Alfonso**

⑤④ Título: **Procedimiento y aparato para el aprovechamiento del hidrógeno.**

⑤⑦ Resumen:

Procedimiento y aparato para el aprovechamiento del hidrógeno.

El procedimiento se caracteriza por proceder a partir de una fuente de suministro de agua marina o de otro tipo al precalentamiento del agua por aprovechamiento de energía solar, pasando posteriormente a una fase de calentamiento del agua para obtener vapor de agua siendo éste transformado en plasma de agua a baja temperatura y procediendo a continuación a la descomposición del plasma por hidrólisis con intermedio de electrodos y separación posterior del hidrógeno y oxígeno obtenidos, procediendo después al transporte del hidrógeno al lugar en que se desea generar agua, efectuando la oxidación del hidrógeno con recuperación de energía y regenerando agua para su utilización directa.

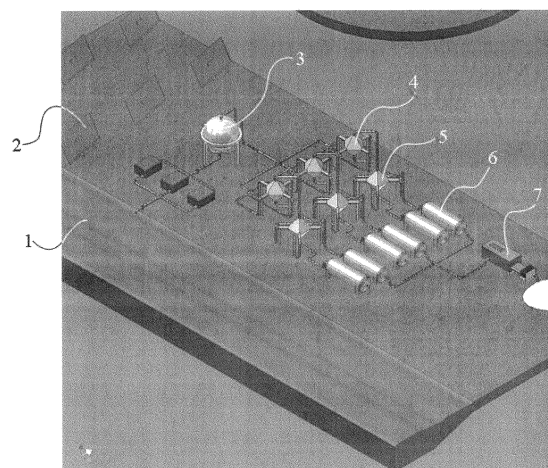


Fig. 1

ES 2 301 441 B1

Aviso: Se puede realizar consulta prevista por el art. 37.3.8 LP.

DESCRIPCIÓN

Procedimiento y aparato para el aprovechamiento del hidrógeno.

5 La presente invención está destinada a dar a conocer un procedimiento para el aprovechamiento del hidrógeno y su aparato correspondiente, que permiten tanto su obtención como su utilización en la generación de agua líquida en el lugar deseado y que presenta notables características de novedad y de actividad inventiva.

10 Como es sabido, actualmente se vive un período en expansión en los desiertos que afecta a la franja mediterránea e incluye países como España, Grecia, Italia. Además, como consecuencia de las alteraciones climáticas, producidas por el llamado efecto invernadero el proceso de expansión del desierto se ha acentuado.

15 La situación es tan grave que los sectores científicos y personas sensibles hace años que han dado la voz de alarma acerca de los peligros que se avecinan si no se buscan soluciones a los problemas de desertización. Por este motivo, se ha desarrollado el proyecto como prevención y solución estratégica a dichos problemas.

20 La presente invención está destinada a aportar una solución técnica económicamente factible y técnicamente satisfactoria para la obtención de hidrógeno con el objetivo de permitir su posterior utilización en la reconstitución de agua *in situ* y eventualmente también para la generación de energía.

25 En el actual estado de la técnica se conocen diferentes procedimientos para la obtención de hidrógeno. Por ejemplo a partir de materiales orgánicos como el gas natural, pero es obvio que no es una fuente adecuada pues no es muy abundante y tiene otras aplicaciones. Se utiliza en los casos en que el sector industrial necesita un hidrógeno muy puro. Hay procesos de fermentación que también pueden dar hidrógeno pero en pequeñas cantidades. Por tal motivo en este proyecto nos referimos a la fuente de hidrógeno más abundante: agua marina.

30 El proceso utilizado actualmente en la obtención del hidrógeno es la descomposición por electrólisis de un plasma líquido, es decir, por medio de una corriente eléctrica se descompone lo que la Física llama un plasma (fluido conductor) pero preparado mediante soluciones acuosas salinas de carbonato sódico.

35 Existen otras formas de obtener plasmas a partir del vapor de agua, por ejemplo los plasmas capacitivos formados a base de descargas eléctricas que provocan una transición en el seno de un gas poco denso para convertirlo en un magnífico conductor. El problema es que si el plasma de agua se descompone y se forman hidrógeno y oxígeno el aparato puede explotar al recombinarse ambos gases de forma explosiva. También se ha probado de hacer plasmas acuosos mediante sales solubles en el vapor caliente pero dan rendimientos muy bajos.

40 Finalmente se pueden generar los llamados plasmas térmicos obtenidos calentando el vapor de agua a temperaturas elevadísimas (3700°C) mediante la concentración de radiación solar o utilizando la energía térmica liberada en las centrales nucleares. Todos ellos exigen un gasto energético elevadísimo. El primer método es de bajo coste pero dependiente de que exista la radiación solar y en el caso de las centrales nucleares, los rendimientos son muy bajos pues la descomposición del plasma apenas alcanza el valor del 40% sin contar que se exige el rediseño de nuevas centrales nucleares. Los inventores han realizado múltiples estudios y experimentos para mejorar los procedimientos de obtención de hidrógeno. En particular, la presente invención está destinada a conseguir plasmas de baja temperatura a partir de vapor de agua puesto que en los modelos teóricos desarrollados por los inventores se deduce que a partir
45 del vapor de agua es posible obtener plasma de baja temperatura mediante la aplicación de campos eléctricos escalares y forma de onda sinusoidal cuya frecuencia está en el rango de las microondas y que actúan en resonancia con los picos de absorción del espectro del vapor de agua en el rango de las microondas. Es decir, que el vapor sometido a la intensa radiación de microondas sufre una transición adquiriendo las propiedades del plasma: fluido diamagnético con una excelente conductividad y unos picos de absorción de valores muy bajos. Para ello se actúa por resonancia y se escoge la geometría del recipiente. El aparato previsto por los inventores para la realización de su procedimiento comprende fundamentalmente un calentador de ondas electromagnéticas con estructura de icosaedro y un generador de plasma con estructura de octaedro en el que se consigue que el vapor varíe de presión y temperatura, convirtiéndose en plasma, comprendiendo también la utilización de ondas electromagnéticas en forma de campos eléctricos escalares (o de potencial escalar) de microondas para optimizar el proceso. De manera que preferentemente se dispondrán varios
50 aparatos en paralelo, por ejemplo, tres, para mantener un ritmo constante de la producción.

55 A partir del plasma de agua se consigue la descomposición del agua y separación de los gases correspondientes mediante su electrolisis con intervención de dos electrodos alimentados con corriente continua en un aparato con una forma geométrica y funcionamiento similares al generador de plasma. Se separará independientemente el hidrógeno y el oxígeno en depósitos a presión.

60 Tras la separación de los gases éstos pasarán a los depósitos de almacenaje en los cuales se comprimirán y se dispondrán para su transporte mediante el procedimiento más adecuado. La alimentación de las bombas de este proceso (así como el de todos los de la instalación) será mediante energías renovables o captación nocturna de la red.

65 En el mismo caso que en el generador de plasma y en serie con este se han considerado tres elementos en paralelo para mantener un ritmo constante en la producción. Cada generador de plasma tiene saciado su electrolizador, sin cruce de flujos.

Después de obtenido el hidrógeno el procedimiento de aprovechamiento del mismo previsto en la presente invención contempla el transporte del hidrógeno a los lugares deseados, en los que se efectuará la recombinación de hidrógeno con oxígeno del aire para obtener nuevamente agua en el lugar deseado. La recombinación mencionada se puede realizar mediante motores térmicos alternativos, turbinas o pilas de combustible, lo cual permitirá conseguir nuevamente agua y energía que podrá ser utilizada para usos generales. En relación con la presente invención se debe tener en cuenta que los campos eléctricos escalares obtenidos en el interior del octaedro aportan efectos mucho más acusados dado que la transformación es mucho más profunda en el seno del material. En efecto, la energía de los campos eléctricos escalares disminuye la energía interna del material, pero su descenso casi no tiene límites pues en vez de invertirse en crear corrientes actúa directamente sobre la estructura de la materia. Se debilitan los enlaces entre el hidrógeno y el oxígeno a base de actuar sobre los propios componentes del agua que acaban separándose.

Una característica de los campos eléctricos escalares es que al no tener corrientes asociadas tampoco tienen campos magnéticos asociados, hecho fundamental en todo el proceso de descomposición de los plasmas. En efecto, si pretendemos descomponer el agua formada por la unión de los dos gases iniciales, actuamos sobre el plasma para conseguir la separación del hidrógeno y oxígeno alterando la ligazón entre ambos mediante los campos eléctricos escalares. Sin embargo, en la medida que en el interior del plasma aparezcan gradientes térmicos o cualquier tipo de inestabilidad, dichos campos vectoriales crean corrientes las cuales generan campos magnéticos vectoriales e incluso escalares cuyos efectos son contrarios al campo eléctrico escalar, es decir, se tiende a restaurar la energía de los componentes del agua que nosotros pretendemos separar. En suma, las corrientes inducidas por cualquier tipo de inestabilidad contribuyen a la recombinación de los gases y la pérdida de rendimiento del proceso. Por esta razón es prioritaria la selección de geometrías “estables” que contribuyan a dar estabilidad al plasma.

En general, cualquier tipo de inestabilidad restará energía no solo al plasma sino a cualquier proceso intermedio, por ello se utilizará el criterio de máxima estabilidad como criterio de diseño de todos los elementos o aparatos utilizados en las diferentes fases de la producción del hidrógeno.

En cuanto a la selección de la estructura geométrica para el generador de plasma y el electrolizador, se ha deducido que los sólidos platónicos, excepto el dodecaedro, son geometrías estables pero de niveles diferentes. Si comenzamos nuestro análisis por el cubo comprobamos que éste cuerpo tiene la energía más baja. Además la geometría cúbica sería una geometría poco práctica y, por tanto, no adecuada a nuestros objetivos. Le sigue a continuación el icosaedro y finalmente llegamos al octaedro. Puesto que cualquier tipo de inestabilidad en el proceso de evaporación y en el proceso de generación del plasma contribuirá a perder energía y descender el rendimiento de todos los procesos, se ha escogido el icosaedro como la geometría más adecuada para el evaporador y el octaedro para el electrolizador.

En cuanto a la selección de materiales, en el icosaedro del evaporador no existen grandes problemas pues el agua a evaporar no puede contener contaminantes con presión de vapor elevada, por ello basta con escoger materiales estables de acero o acero al níquel. Ahora bien las caras superiores del icosaedro no solo actúan como cerramiento de la figura sino que también se pretende actúen como antenas o sean soporte de las antenas direccionales emisoras de radiación de microondas que calientan el agua contenida en el icosaedro. Estas caras solo están en contacto con el vapor de agua si el agua es marina o sin contaminar.

En el octaedro se debe considerar que en el seno del mismo las superficies interiores en contacto con el plasma, que aparte de ser cerramiento también actúan como antenas emisoras de los campos de microondas en resonancia con los picos de absorción del espectro del vapor en este rango de frecuencias, pueden sufrir un proceso de fusión fría que alteraría las antenas emisoras y degradaría rápidamente los materiales. Por este motivo, dichas superficies habrían de ir recubiertas de un material resistente y estable frente a la elevada reactividad del plasma.

La entrada del agua marina en el evaporador tendrá lugar a través de una tubería situada sobre la parte inferior del icosaedro a través de la cual desaguarán también las salmueras.

Como conjunto se preverá la utilización de agua de mar captada a la distancia reglamentaria de la costa con alimentación de las bombas mediante energía producida preferentemente en un parque energético de energías renovables o bien por alimentación nocturna de la red, procediendo luego al precalentamiento del agua mediante energía solar utilizando tecnologías conocidas para agua caliente sanitaria o similares y con posibilidad de generación directa de vapor de agua mediante procedimientos termosolares. Después de que el agua se encuentre a una cierta temperatura se introducirá ésta en un calentador para conseguir la temperatura y presión adecuadas mediante la utilización de ondas electromagnéticas, de manera que el agua al evaporarse dejará un residuo en forma de salmueras que retornará al mar o se podrá comercializar en ciertas condiciones.

Para su mejor comprensión se adjuntan, a título de ejemplo explicativo pero no limitativo, dibujos esquemáticos explicativos de la presente invención.

La figura 1 muestra de forma esquemática el conjunto de elementos utilizados para la generación de hidrógeno, de acuerdo con la presente invención.

La figura 2 muestra en detalle la captación y el precalentamiento del agua.

La figura 3 muestra a mayor escala y de forma esquemática un dispositivo calentador-evaporador.

ES 2 301 441 B1

La figura 4 muestra una vista en perspectiva de un generador de plasma.

La invención se basa en partir de una fuente de agua abundante, por ejemplo, de origen marino o de otro tipo, que se ha representado con el numeral (1) en la figura 1 y separadamente proceder a la generación de electricidad, por ejemplo, mediante una instalación (2) de aprovechamiento de energía solar, procediendo al precalentamiento del agua y conversión de la misma en vapor en un dispositivo calentador-evaporador (3) mediante ondas electromagnéticas vectoriales, después de lo cual se procede a transformar el vapor en plasma en los generadores (4), después de lo cual se pasa el plasma generado a los electrolizadores (5), en los que se produce la descomposición del plasma en hidrógeno y oxígeno mediante electrodos y por la actuación de ondas electromagnéticas. El hidrógeno y oxígeno que salen del electrolizador respectivamente por el vértice superior e inferior del octaedro se almacenarán en depósitos (6), de los cuales y a través de una estación de presurización y bombeo (7) se procederá a su traslado por tuberías, depósitos u otros medios a los lugares de aprovechamiento.

En la figura 2 se han representado tres unidades en paralelo (8), (8') y (8'') de precalentamiento del agua captada de la masa de agua marina o de otro tipo (1) mediante la tubería (9).

El calentamiento previo del agua tendrá lugar hasta unos 50°C aproximadamente y el calentamiento posterior se realizará en el dispositivo calentador mediante campos eléctricos vectoriales de microondas en resonancia con los picos de absorción del agua, de manera que los campos vectoriales eléctricos de microondas calientan y evaporan el agua si su potencia es suficiente y el campo vectorial eléctrico de microondas contribuye a la disminución de la energía interna del agua favoreciendo los procesos de creación del plasma. Si la transición de fase se hace a presión mayor que la atmosférica, el calor latente disminuye y aumenta a medida que baja la presión. Para mantener un proceso continuo de generación de vapor se establecerá un valor constante de presión oscilando entre 0,5 bar y unos 2 bar aproximadamente, llegando como máximo a un límite de 5 bar.

El vapor se generará aplicando campos eléctricos vectoriales de 2,16 GHz en resonancia con los picos de absorción del agua previamente calentada mediante energía solar. Es decir, el agua se calienta por efecto Joule mediante la energía disipada por los campos eléctricos vectoriales en resonancia.

La entrada del vapor en los electrolizadores tendrá lugar por los cuatro vértices correspondientes al cuadrado horizontal del octaedro, para obtener una distribución homogénea.

Los evaporadores tendrán preferentemente geometría estable como un icosaedro, quedando ocupado la mayor parte del volumen del mismo por agua y el resto mediante vapor.

Los electrodos serán preferentemente planos, actuando como antenas direccionales situadas fuera del agua por ser el agua de mar conductora de la electricidad.

La manera de reducir la posible formación de campos magnéticos consiste en utilizar electrodos discretos situados sobre algunas de las caras del icosaedro.

Para evitar problemas de corrosión la superficie de los electrodos estará recubierta de un metal estable como níquel o a base de un acero especial resistente a la corrosión.

Para el dimensionado del icosaedro se considerará que el radio de la esfera circunscrita al icosaedro es de 3 metros. Por tanto,

$$V = \frac{5}{12} \alpha^3 (3 + \sqrt{5}) \cong 2,1817\alpha^3$$

donde $\alpha = 3,15438$ metros cuando el radio R vale 3 metros

y siendo $V = 2,5359991R^3 = 68,47 \text{ m}^3$.

Una vez obtenido el hidrógeno y el oxígeno separadamente y debidamente almacenados, se podrá proceder al aprovechamiento del oxígeno en el sector industrial y el hidrógeno podrá ser transportado a la presión y temperatura adecuadas por tuberías u otros medios a los lugares en los que desee generar agua por ser ésta escasa de forma natural, pudiendo ser aprovechada por cualquiera de los métodos anteriormente indicados.

Si bien la invención se ha descrito con respecto a ejemplos de realizaciones preferentes, éstos no se deben considerar limitativos de la invención, que se definirá por la interpretación más amplia de las siguientes reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para el aprovechamiento del hidrógeno, **caracterizado** por proceder a partir de una fuente de suministro de agua marina o de otro tipo, al precalentamiento del agua por aprovechamiento de energía solar, pasando posteriormente a una fase de calentamiento del agua para obtener vapor de agua siendo éste transformado en plasma de agua a baja temperatura y procediendo a continuación a la descomposición del plasma por hidrólisis con intermedio de electrodos y separación posterior del hidrógeno y oxígeno obtenidos, procediendo después al transporte del hidrógeno al lugar en que se desea generar agua, efectuando la oxidación del hidrógeno con recuperación de energía y regenerando agua para su utilización directa.
2. Procedimiento para el aprovechamiento del hidrógeno, según la reivindicación 1, **caracterizado** porque el precalentamiento del agua por medio de energía solar térmica se efectúa con calentamiento a una temperatura comprendida aproximadamente entre 40 y 60°C.
3. Procedimiento para el aprovechamiento del hidrógeno, según la reivindicación 2, **caracterizado** porque el calentamiento previo del agua se realiza a unos 50°C.
4. Procedimiento para el aprovechamiento del hidrógeno, según la reivindicación 1, **caracterizado** porque el calentamiento del agua para la formación de vapor tiene lugar mediante campos eléctricos vectoriales de microondas en resonancia con los picos de absorción del agua en dicho rango de longitudes de onda.
5. Procedimiento para el aprovechamiento del hidrógeno, según la reivindicación 4, **caracterizado** porque el calentamiento del agua tiene lugar con formación de vapor de agua a una presión comprendida entre 0,5 bar y 5 bar, aproximadamente.
6. Procedimiento para el aprovechamiento del hidrógeno, según la reivindicación 5, **caracterizado** porque la presión del vapor es de 2 bar aproximadamente.
7. Procedimiento para el aprovechamiento del hidrógeno, según la reivindicación 1, **caracterizado** porque la formación del plasma a partir del vapor tiene lugar mediante campos eléctricos escalares de microondas en resonancia con los picos de absorción del vapor de agua en dicho rango de longitudes de onda.
8. Aparato para la realización del procedimiento según las reivindicaciones 1 a 7, **caracterizado** porque el calentamiento para la generación del vapor de agua se realiza en reactores con estructura de icosaedro y la generación del plasma y electrólisis del mismo para su descomposición mediante electrodos se realiza en reactores con estructura de octaedro.
9. Aparato, según la reivindicación 8, **caracterizado** porque la entrada y descarga de residuos se realizan por la parte inferior del reactor en forma de icosaedro.
10. Aparato, según la reivindicación 8, **caracterizado** porque los electrodos destinados al calentamiento del agua son electrodos planos que actúan como antenas direccionales y están situados fuera del agua.
11. Aparato, según la reivindicación 10, **caracterizado** porque los electrodos están situados fuera del agua contenida en el reactor.
12. Aparato, según la reivindicación 10 y 11, **caracterizado** porque los electrodos están recubiertos por un metal estable resistente a la corrosión.
13. Aparato, según la reivindicación 8, **caracterizado** porque cada una de las caras del octaedro del generador del plasma y del electrolizador actúan como antenas emisoras de radiación en dirección perpendicular a cada cara, generando un campo eléctrico vectorial nulo o campo eléctrico escalar.
14. Aparato, según la reivindicación 8, **caracterizado** por la disposición de múltiples generadores octaédricos tanto en la fase de generación de plasma como en la de electrólisis para regularizar el flujo de producción volumétrico.
15. Aparato, según la reivindicación 8, **caracterizado** porque las superficies interiores de las caras del cuerpo octaédrico están recubiertas con una capa de un material que presenta estabilidad frente a la reactividad del plasma.
16. Aparato, según la reivindicación 8, **caracterizado** porque la entrada de vapor en los electrolizadores tiene lugar por los cuatro vértices del cuadrado horizontal de la forma octaédrica.
17. Aparato, según la reivindicación 8, **caracterizado** porque la salida del hidrógeno y el oxígeno desde el electrolizador tiene lugar respectivamente por los vértices superior e inferior de las formas octaédricas correspondientes a los electrolizadores del plasma.

ES 2 301 441 B1

18. Aparato, según la reivindicación 8, **caracterizado** porque los electrodos del electrolizador que realizan la función de separación del hidrógeno y el oxígeno, se alimentan por corriente continua.

5 19. Aparato, según la reivindicación 18, **caracterizado** porque los electrodos del electrolizador que realizan la función de separación de los gases tienen el polo positivo próximo al vértice inferior de salida del oxígeno y el polo negativo próximo al vértice superior de salida del hidrógeno.

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

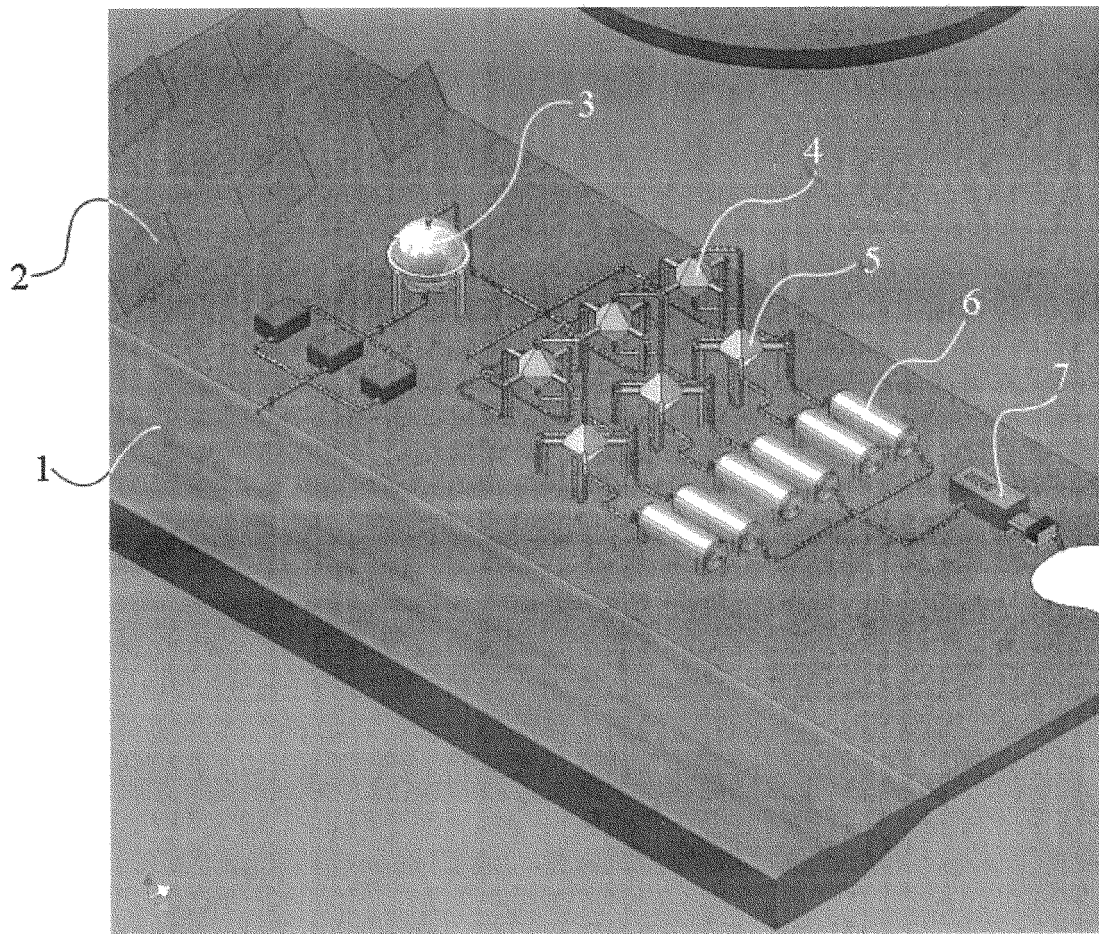


Fig. 1

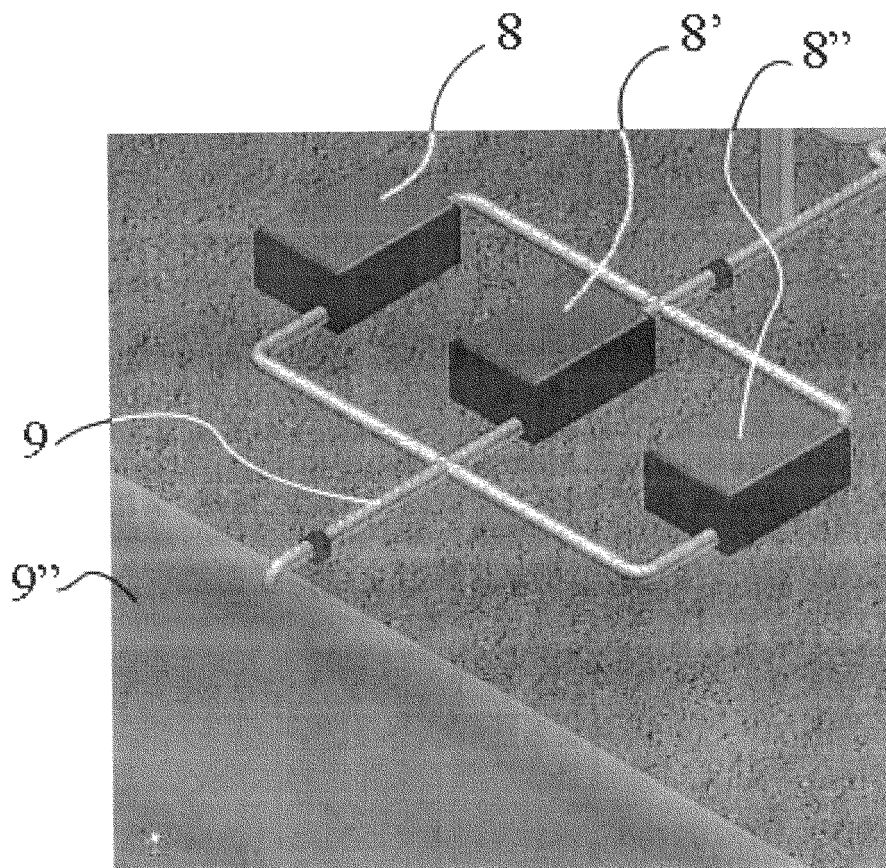


Fig. 2

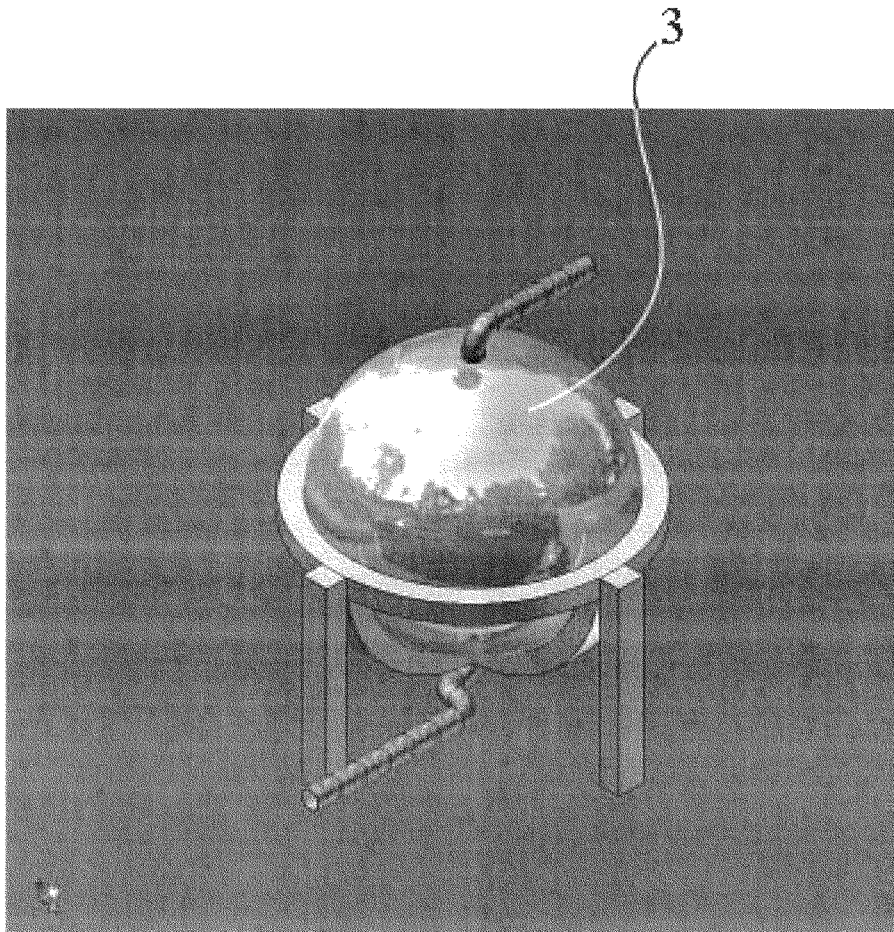


Fig. 3

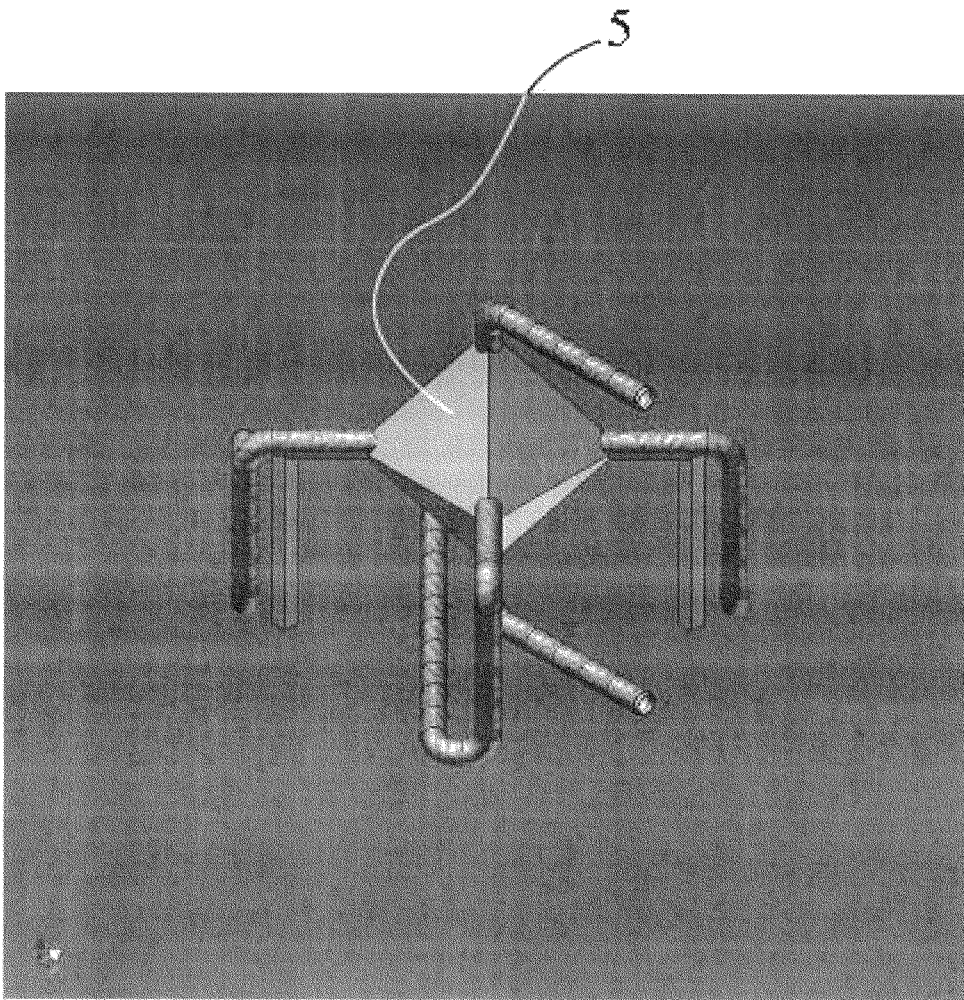


Fig. 4



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

⑪ ES 2 301 441

⑫ Nº de solicitud: 200703012

⑬ Fecha de presentación de la solicitud: 14.11.2007

⑭ Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TÉCNICA

⑮ Int. Cl.: Ver hoja adicional

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
A	CHAFFIN, J. et al.: Hydrogen Production by Plasma Electrolysis. Journal of Energy Engineering. Volumen 132, ejemplar 3, págs. 104-108. Diciembre de 2006. American Society of Civil Engineers.	1-6
A	MEYL, K.: Scalar Waves: Theory and Experiments. Journal of Scientific Exploration. Vol. 15, nº 2, págs. 199-205. 2001. Recuperado de Internet: [Recuperado el 19.05.2008] <URL: http://www.scientificexploration.org/jse/articles/pdf/15.2_meyl.pdf >	7
A	MIZUNO, T. et al. Hydrogen Evolution by Plasma Electrolysis in Aqueous Solution. Japanese Journal of Applied Physics. Vol. 44, nº 1A, 2005, págs. 396-401. Recuperado de internet: [Recuperado el 19.05.2008] <URL: http://www.lenr-canr.org/acrobat/MizunoThydrogenev.pdf >	1-6
A	SEKIGUCHI, H. et al.: Steam plasma reforming using microwave discharge. Thin solid films, vol. 435, págs. 44-48. 2003. Elsevier Science B.V.	1-6
A	TANG, L. et al: Decomposition of polyethylene in radio-frequency nitrogen and water steam plasmas under reduced pressures. Fuel processing technology. Vol. 88, págs. 549-556. Junio de 2007. Elsevier B. V.	1-6
A	MILLS, R. et al: Higly stable novel inorganic hydrides from aqueous electrolysis and plasma electrolysis. Electrochimica Acta. Vol. 47, págs. 3909-3926. 2002. Elsevier Science Ltd.	1-6
A	SIHVOLA, A. et al.: Polarizabilities of Platonic Solids. IEEE Transactions on antennas and propagation, vol. 52, nº 9, Septiembre de 2004.	8-19

Categoría de los documentos citados

X: de particular relevancia

Y: de particular relevancia combinado con otro/s de la misma categoría

A: refleja el estado de la técnica

O: referido a divulgación no escrita

P: publicado entre la fecha de prioridad y la de presentación de la solicitud

E: documento anterior, pero publicado después de la fecha de presentación de la solicitud

El presente informe ha sido realizado

☒ para todas las reivindicaciones

☐ para las reivindicaciones nº:

Fecha de realización del informe

23.05.2008

Examinador

P. Valbuena Vázquez

Página

1/2

CLASIFICACIÓN DEL OBJETO DE LA SOLICITUD

C25B 1/04 (2006.01)

C02F 1/46 (2006.01)

C02F 1/461 (2006.01)