

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 899 127**

51 Int. Cl.:

B01J 19/08 (2006.01)

C01B 3/48 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **15.11.2018 PCT/EP2018/081321**

87 Fecha y número de publicación internacional: **23.05.2019 WO19096880**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **15.11.2018 E 18803961 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **08.09.2021 EP 3710153**

54 Título: **Método y dispositivo para la descomposición de agua inducida por plasma**

30 Prioridad:

15.11.2017 DE 102017126886

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

10.03.2022

73 Titular/es:

**GRAFORCE GMBH (100.0%)
Johann-Hittorf-Straße 8
12489 Berlin, DE**

72 Inventor/es:

**HANKE, JENS y
KNIST, SASCHA**

74 Agente/Representante:

ROEB DÍAZ-ÁLVAREZ, María

ES 2 899 127 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

Método y dispositivo para la descomposición de agua inducida por plasma

5 La invención se refiere a un método y un dispositivo para la descomposición de agua inducida por plasma.

El hidrógeno es cada vez más importante como portador de energía, especialmente en relación con la transición prevista al uso de fuentes de energía renovables. Por ejemplo, en el caso de las turbinas eólicas, los procesos posteriores se pueden utilizar para generar hidrógeno que se puede almacenar, lo que al menos compensa parcialmente la generación de energía fluctuante debido a las fluctuaciones en la fuerza del viento y la demanda de electricidad. La eficiencia energética del proceso global, que en última instancia determina su idoneidad práctica, es de importancia decisiva. Una de las ventajas de utilizar hidrógeno como fuente de energía es que cuando se quema no se crean compuestos nocivos para el clima.

15 Se conocen varios procesos para producir hidrógeno. En la descomposición de agua, el agua sirve como proveedor de hidrógeno. Además de varios procesos de reformado, la formación de hidrógeno a partir del agua por electrólisis, termólisis o fotoelectrólisis es de particular importancia. Con la ayuda de la electricidad, los portadores de energía hidrógeno y oxígeno se generan a partir del agua en un electrolizador. Varios procesos químicos que utilizan la electrólisis para crear otros compuestos pueden producir hidrógeno como subproducto.

20 En los procesos termoquímicos para la descomposición de agua en hidrógeno, son necesarias temperaturas muy elevadas, que son posibles, por ejemplo, mediante la concentración de la radiación solar. También se están desarrollando procesos biológicos en los que la descomposición de agua durante la fotosíntesis se puede utilizar para generar hidrógeno. Los fotones de la luz solar se utilizan directamente en la descomposición fotocatalítica del agua. Los fotones generan pares electrón-hueco, cuya energía se puede utilizar directamente para descomponer el agua en sus componentes.

25 Además del alto consumo de energía y los altos costos asociados, así como las restricciones de eficiencia, existe el problema de la corrosión del electrodo y la contaminación resultante del agua tratada, particularmente en la electrólisis. Además, la mayoría de los procesos de separación de agua requieren agua prepurificada.

30 El artículo "Characteristics of atmospheric pressure air discharges with a liquid cathode and a metal anode", P. Bruggeman et al., Publicado el 17. Abril de 2008, 2008 IOP Publishing Ltd, Plasma Sources Science and Technology, Vol. 17, número 2, se refiere a las propiedades de emisión eléctrica y óptica de un plasma en combustión entre un cátodo líquido y un ánodo metálico. El artículo "The effect of voltage waveform and tube diameter on transporting cold plasma strings through a flexible dielectric tube", F. Sohbatazadeh, A. V. Omran, publicado el 21. Noviembre de 2014, 2014 AIP Publishing LLC, Physics of Plasmas, Vol. 21, 113510 (2014) se refiere al transporte de plasma frío a presión atmosférica utilizando una configuración de electrodo único a través de un tubo dieléctrico flexible submilimétrico de más de 100 cm. El documento US2009/1091041 muestra un dispositivo para descomponer agua.

35 Según un primer aspecto, la invención se refiere a un método para la descomposición de agua inducida por plasma que comprende las etapas:

- proporcionar agua con un nivel de llenado predeterminado en un depósito de agua sin conexión a tierra dentro de un espacio de reacción;

45 - aplicar una tensión alterna de alta frecuencia a presión atmosférica a exactamente un electrodo de plasma plano enfriado dispuesto a una distancia predeterminada por encima del nivel de llenado del depósito de agua, de tal manera que se forme un plasma en el campo de alta frecuencia entre el electrodo de plasma y una superficie del agua, en la que el agua se disocia en hidrógeno y el oxígeno;

50 - recolectar el hidrógeno y oxígeno en una línea de escape común del espacio de reacción.

La invención se basa en el conocimiento de que la formación de un plasma entre el electrodo de plasma y el depósito de agua permite el contacto directo entre el electrodo y el agua y evitando así la contaminación y la corrosión del electrodo. La invención utiliza lo que se conoce como electrólisis de plasma, es decir un plasma no térmico que inicia procesos inducidos por impacto de electrones. Esto permite la captación disociativa de electrones y las excitaciones disociativa del agua. Según la invención, la disociación del agua no tiene lugar en dos electrodos y / o una superficie de membrana, como en los otros métodos, sino en un proceso de volumen de agua y gas plasma-químico, lo que da como resultado eficiencias significativamente más altas que en los métodos convencionales para la producción de hidrógeno. Las descargas en este volumen de gas y agua, así como en la superficie del agua, provocan la generación de electrones libres en un rango energético favorable para la disociación del agua (hasta 20 eV). Las colisiones con las moléculas de agua y gas conducen a la formación de numerosas especies atómicas y moleculares excitadas. La

disociación en hidrógeno y oxígeno se produce mediante una reacción de dos pasos y un cambio de carga extremo entre el electrodo y el agua.

5 La invención incluye además el conocimiento de que, mediante el uso de voltaje alterno de alta frecuencia con un solo electrodo de plasma, los plasmas pueden encenderse a presión atmosférica y, en particular, los plasmas planos pueden funcionar a presión atmosférica, lo que no es posible con voltaje continuo. La operación a presión atmosférica reduce significativamente los costos de los sistemas y de la operación. El plasma se forma plano entre la superficie del agua del agua en el depósito y el electrodo de plasma.

10 En el contexto de esta solicitud, se entiende por exactamente un electrodo de plasma plano, además de la variante preferida de un electrodo de plasma de una pieza, una disposición de electrodos de plasma compuesta por varios electrodos individuales dispuestos uno al lado del otro a una distancia predeterminada por encima del depósito de agua, que forman exactamente un electrodo de plasma.

15 En el caso de los métodos de electrólisis por plasma conocidos del estado de la técnica, como el documento DE 102011 081 915 A1, que utilizan dos electrodos, por otro lado, sólo se forman descargas puntuales entre los electrodos a presión atmosférica. Una ventaja adicional de las descargas de alta frecuencia que ocurren dentro del alcance de la invención en comparación con las formas de descarga operadas con voltaje directo es que los electrodos no tienen que estar en contacto directo con el plasma debido a las corrientes de desplazamiento que ocurren en los plasmas de alta frecuencia. Esto evita que las impurezas entren en el plasma a través del material del electrodo y, al mismo tiempo, asegura una vida útil más larga para los propios sistemas de electrodos. La invención también permite el uso de los más variados tipos de agua, como agua de servicio, agua del grifo, agua de mar o agua desmineralizada; no es necesario el uso de agua prepurificada, por lo que también se prescinde de costosos procesos de prepurificación.

25 Se ha demostrado dentro del alcance de la invención que, debido al proceso de disociación en el plasma, el hidrógeno y el oxígeno no ocurren localmente por separado, sino que se mezclan como un gas con vapor de agua y neblina de agua que surge en el plasma para formar una mezcla de gas. El proceso de plasma hace que la mezcla de gas hidrógeno / oxígeno sea inerte, es decir, la mezcla es difícil de encender. Los dos gases no se recombinan durante la disociación en el espacio de reacción. Esto significa que el hidrógeno y el oxígeno pueden pasar a través de una línea de escape común y separarse mediante membranas.

Por lo tanto, con el método de acuerdo con la invención, se pueden producir de manera eficiente mayores cantidades de hidrógeno a costos más bajos.

35 A continuación, se describen realizaciones ventajosas del método según la invención. Las características adicionales de los ejemplos de realización pueden combinarse entre sí para formar más realizaciones, a menos que se describan expresamente como alternativas entre sí en la descripción.

40 Para aplicar la tensión alterna de alta frecuencia al electrodo de plasma, se utiliza ventajosamente un generador de alta frecuencia con una impedancia de salida predeterminada, que se conecta al electrodo de plasma a través de una red de adaptación para la adaptación de impedancia de una impedancia de plasma y la impedancia de salida del generador de alta frecuencia. Un plasma tiene una impedancia compleja que es dependiente de numerosos parámetros externos (por ejemplo, de procesos plasma-químicos recurrentes), varía con el tiempo y, por lo tanto, suele ser diferente de la impedancia de salida del generador. La impedancia de plasma depende particularmente de la distancia entre el electrodo de plasma y la superficie del agua, la composición del agua, la temperatura en el espacio de reacción y la atmósfera en el espacio de reacción. Por lo tanto, se utiliza ventajosamente una red de adaptación (también llamada Matching Network o Matchbox) como enlace entre el generador de alta frecuencia y la línea de descarga, que pone los componentes óhmicos y capacitivos del plasma en concordancia con la impedancia especificada por el generador, es decir, la carga variable del plasma en la resistencia interna del generador y por lo tanto minimiza la reflexión de la energía del sistema.

55 Se utiliza preferiblemente un generador de alta frecuencia, cuya impedancia de salida es de 50 ohmios. Las pruebas de laboratorio han demostrado que con esta impedancia de salida se forma un plasma de forma especialmente fiable con un buen rendimiento de hidrógeno y oxígeno al mismo tiempo.

La tensión alterna de alta frecuencia tiene preferiblemente una frecuencia en el rango de 1 a 40 MHz, en particular en el rango de 10 a 20 MHz, y / o el electrodo de plasma se aplica con una potencia en el rango de 100 W a 2 kW, preferiblemente en el intervalo de 1 a 2 kW. En estos rangos, el proceso ofrece un alto rendimiento de hidrógeno con un aporte de energía optimizado.

60 En una realización ventajosa, el agua se suministra de forma continua al depósito de agua mediante la introducción de vapor de agua o agua atomizada, es decir, agua nebulizada, en el espacio de reacción. Este tipo de suministro se puede utilizar, por un lado, para reponer el agua consumida en la reacción de disociación, manteniendo así casi

5 constante la distancia entre la superficie del agua y el electrodo de plasma, por otro lado, la presencia adicional de vapor de agua o neblina de agua promueve la reacción de disociación en el plasma y eleva la eficiencia del proceso. Además, el agua se puede suministrar de esta manera sin provocar movimientos macroscópicos como turbulencias en el depósito de agua. Por tanto, el depósito de agua contiene agua calma lo que es ventajoso para la formación y el mantenimiento del plasma.

10 En una forma de realización ventajosa, el electrodo de plasma se recubre con un dieléctrico y el plasma se configura como una descarga de barrera. Las descargas dieléctricas inhibidas, también llamadas descargas de barrera dieléctrica (dielectric barrier discharges, DBD) se producen cuando dos electrodos, en este caso el electrodo de plasma y el agua, que a su vez tiene una cierta impedancia, pero no tiene un electrodo o una conexión a tierra, están separados el uno del otro a través de al menos un aislante, por ejemplo, un dieléctrico. Cuando se usa un aislante de este tipo, también es ventajoso que el método de acuerdo con la invención funcione con tensión alterna con una potencia en el rango de 100 W a 2 kW, preferiblemente en el rango de 1 a 2 kW en el rango de 1 a 40 MHz, en particular en el intervalo de 10 a 20 MHz. La descarga de barrera suele consistir en microdescargas filamentosas de corta duración con una corriente de descarga baja. Limita la carga eléctrica transportada por la descarga, es decir, limita el flujo de corriente en el sistema y distribuye la descarga sobre la superficie del electrodo. El rendimiento de hidrógeno se puede influenciar positivamente maximizando el área de microdescargas a una cierta frecuencia, temperatura e impedancia. El dieléctrico del electrodo de plasma evita que los portadores de carga se recombinen con el electrodo y aumenta la eficiencia de disociación.

20 Por tanto, para conseguir las mayores cantidades posibles de hidrógeno, es ventajoso que el electrodo de plasma mida entre 15 cm² y 450 cm².

25 En una realización, como parte de un proceso de partida aire, es decir, cuando se enciende el plasma, se utiliza Ar, He o Ne como atmósfera en el espacio de reacción. Es ventajoso utilizar CO₂ o N₂ como atmósfera en la cámara de reacción durante la reacción de disociación. Esta atmósfera permite la síntesis de otros compuestos que posteriormente se pueden utilizar como portadores de energía o materias primas, como el metano, CH₄. En el caso de la síntesis plasma-química, la introducción de dióxido de carbono en la cámara de reacción lo hace disponible como socio de reacción y, además de hidrógeno y oxígeno, también se produce metano como producto de disociación.

30 El agua en el depósito de agua tiene preferiblemente una temperatura en el rango de 3 a 99°C, en este rango de temperatura el agua es líquida. Se prefiere además un intervalo de 10 a 90°C, en el que las eficiencias son particularmente altas.

35 El método comprende además ventajosamente el paso:

- separar hidrógeno y oxígeno.

40 La separación puede realizarse mediante una membrana, por ejemplo, una membrana de polímero, o un proceso de adsorción selectiva.

Al separar el hidrógeno y el oxígeno, los gases se pueden recolectar y almacenar por separado.

45 En un proceso de adsorción selectiva, la mezcla de hidrógeno y oxígeno se hace pasar a través de un depósito en el que hay al menos un adsorbente, al que el oxígeno se une preferiblemente por adsorción. Por tanto, el hidrógeno se libera inicialmente por sí solo.

A continuación, el oxígeno adsorbido puede liberarse del adsorbente en un paso adicional, por ejemplo, mediante presurización o liberación térmica.

50 Como adsorbentes se utilizan preferentemente materiales cerámicos con una gran superficie y una alta capacidad de adsorción de oxígeno, en particular los denominados tamices moleculares. Además de las zeolitas, es decir, aluminosilicatos cristalinos, también pueden ser tamices moleculares de carbono. Se puede utilizar preferiblemente gel de sílice u óxido de aluminio activado.

55 Según un segundo aspecto, la invención se refiere a un dispositivo para la descomposición de agua inducida por plasma que comprende,

en un espacio de reacción

60 - un depósito de agua sin conexión a tierra abierto en la parte superior;

- exactamente un electrodo de plasma plano y enfriado, dispuesto a una distancia predeterminada por encima de un nivel de llenado del depósito de agua, donde una línea de escape común para hidrógeno y oxígeno está dispuesta en la cámara de reacción,

5 y fuera de la cámara de reacción,

un generador de alta frecuencia, que se conecta al electrodo de plasma a través de una red de adaptación para la adaptación de impedancia de una impedancia de plasma producida en el electrodo de plasma y una impedancia de salida del generador de alta frecuencia.

10 Se usa ventajosamente una red de adaptación (también llamada Matching Network o Matchbox) como enlace entre el generador de alta frecuencia y el plasma, que pone los componentes óhmicos y capacitivos del plasma en concordancia con una impedancia de salida especificada por el generador. La impedancia del plasma depende particularmente de la distancia entre el electrodo de plasma y la superficie del agua, la composición del agua, la naturaleza de la carcasa alrededor del espacio de reacción, la temperatura en el espacio de reacción y la atmósfera en el espacio de reacción.

El dispositivo también comparte las ventajas del método según el primer aspecto de la invención.

20 Preferiblemente, la impedancia de salida del generador de alta frecuencia es de 50 ohmios y / o una potencia de salida del generador de alta frecuencia es de entre 100 W y 2 kW. Se ha demostrado que, en particular con esta impedancia de salida, se forma un plasma de forma especialmente fiable con un buen rendimiento de hidrógeno y oxígeno al mismo tiempo.

25 La red de adaptación comprende ventajosamente al menos un condensador controlado por motor y al menos una bobina variable. Juntos, forman un circuito resonante eléctrico, a través del cual la adaptación de impedancia puede reaccionar continuamente a las cargas fluctuantes del plasma. En una realización adicional, la coordinación de los condensadores y bobinas tiene lugar automáticamente usando un método de bucle de control de ondas estacionarias y de reflexión.

30 El espacio de reacción tiene preferiblemente un suministro para vapor de agua y / o agua atomizada para un suministro continuo de agua al depósito de agua. De esta forma, por un lado, el agua consumida en la reacción de disociación se puede reponer y la distancia entre la superficie del agua y el electrodo de plasma se puede mantener casi constante sin que necesidad de ajustar el electrodo de plasma, y, por otro lado, la reacción de disociación en el plasma se promueve adicionalmente y el grado de eficiencia del método se incrementa debido a la presencia de vapor de agua adicional o niebla de agua.

40 La distancia predeterminada entre el electrodo de plasma y el nivel de llenado del depósito de agua está preferiblemente en un rango de 0,2 a 2 cm, preferiblemente en el rango de 0,2 a 1 cm.

El dispositivo tiene preferiblemente al menos un suministro para al menos un gas en el espacio de reacción, en particular para aire, Ar, He, Ne, N₂ y / o CO₂.

45 En una realización ventajosa, una membrana para separar hidrógeno y oxígeno está dispuesta en la línea de escape común o en un extremo de la línea de escape común. En un desarrollo posterior, la línea de escape común también está diseñada para transportar metano junto con hidrógeno y oxígeno. Al menos una membrana adicional para la separación de metano y oxígeno se dispone entonces preferiblemente en la línea de escape común o en un extremo de la línea de escape común.

50 La membrana para separar hidrógeno y oxígeno es preferiblemente una membrana de polímero.

En una realización alternativa, se dispone un depósito en la línea de escape común o en un extremo de la línea de escape común, en el que hay al menos un adsorbente, por ejemplo, en forma de lecho o espuma de poros abiertos. Ventajosamente, el adsorbente está diseñado de tal manera que el oxígeno se une preferiblemente a él mediante adsorción. Por tanto, el hidrógeno se libera inicialmente por sí solo.

60 En un desarrollo posterior, se proporciona en el depósito un dispositivo para separar el oxígeno adsorbido. Este puede diseñarse, por ejemplo, en forma de calentador para separar térmicamente el oxígeno o en forma de bomba de vacío para aplicar presión negativa. Sin embargo, el depósito también puede tener una abertura que se puede cerrar a través de la cual el adsorbente cargado puede cambiarse por uno descargado después de la adsorción.

Como adsorbentes se utilizan preferentemente materiales cerámicos con una gran superficie y una alta capacidad de adsorción de oxígeno, en particular los denominados tamices moleculares. Además de las zeolitas, es decir,

aluminosilicatos cristalinos, también pueden ser tamices moleculares de carbono. Se puede utilizar preferiblemente gel de sílice u óxido de aluminio activado. En una realización, el electrodo de plasma comprende un metal, en particular aluminio, lo que se prefiere debido a su buena conductividad a costes relativamente bajos. Ventajosamente, el electrodo de plasma está revestido con un dieléctrico, en particular con óxido de aluminio. Esto permite que el plasma se forme a través de una descarga de barrera. El dieléctrico tiene preferiblemente un espesor de capa de 200 a 1000 μm .

También se pueden encontrar realizaciones en las reivindicaciones.

A continuación, se describen otros ejemplos de realización del dispositivo y el método con referencia a los dibujos. Se muestra, en

Figura 1 una representación esquemática de un ejemplo de realización de un dispositivo para la descomposición de agua inducida por plasma según el segundo aspecto de la invención;

Figura 2 una representación esquemática de otro ejemplo de realización de un dispositivo para la descomposición de agua inducida por plasma según el segundo aspecto de la invención.

La figura 1 muestra una realización de un dispositivo 100 para la descomposición de agua inducida por plasma que comprende, en un espacio de reacción 110, un depósito de agua sin conexión a tierra 130 abierto en la parte superior y exactamente un electrodo de plasma 120 plano, enfriado, que está dispuesto a una distancia predeterminada, en la realización mostrada 1 cm, por encima de un nivel de llenado 131 del depósito de agua 130. En el espacio cámara de reacción 110 está dispuesta una línea de escape común 160 para hidrógeno y oxígeno. Un generador de alta frecuencia 150 está dispuesto fuera del espacio de reacción 110 y está conectado al electrodo de plasma 120 a través de una red de adaptación 140 para la adaptación de impedancia de una impedancia de plasma 180 generado en el electrodo de plasma 120 y una impedancia de salida del generador de alta frecuencia. En la realización mostrada, la red de adaptación 140 comprende un condensador controlado por motor y una bobina variable como circuito eléctrico resonante. La red de adaptación está diseñada para adaptar la impedancia de plasma, que en el proceso depende, en particular, de una distancia entre el electrodo de plasma 120 y la superficie del agua, una composición del agua, una temperatura en el espacio de reacción y una atmósfera en el espacio de reacción, y la impedancia de salida del generador de alta frecuencia 150. La impedancia de salida del generador de alta frecuencia 150 es ventajosamente de 50 ohmios. Como en el área circundante, la presión atmosférica prevalece en la cámara de reacción. La formación de un plasma plano entre el electrodo de plasma 120 y la superficie del agua en el depósito de agua 130 a presión atmosférica es posible aquí porque solo se usa exactamente un electrodo, en concreto, el electrodo de plasma 120, y el agua misma se usa como una contraparte. Para generar el plasma 180, se aplica una tensión alterna de alta frecuencia al electrodo de plasma 120, que proporciona el generador de alta frecuencia 150. En la realización mostrada, esta tensión alterna de alta frecuencia tiene una frecuencia en el rango de 10 a 20 MHz. Se aplica una potencia de 1 a 2 kW al electrodo de plasma. La disociación del agua tiene lugar en un proceso de volumen de agua y gas de plasma-químico, lo que resulta en eficiencias significativamente más altas que con los procesos convencionales para la producción de hidrógeno. Las descargas en este volumen de gas y agua, así como en la superficie del agua, conducen a la generación de electrones libres en un rango energético favorable para la disociación del agua. Las colisiones con las moléculas de agua y gas conducen a la formación de numerosas especies atómicas y moleculares excitadas. La disociación en hidrógeno y oxígeno se produce mediante una reacción de dos pasos y un cambio de carga extremo entre el electrodo y el agua. Con su exceso de electrones, el plasma actúa como un "agente reductor" en el agua.

En el ejemplo de realización mostrado, el electrodo de plasma 120 tiene un cuerpo de base metálico, en este caso de aluminio, que está revestido con un dieléctrico, en este caso de óxido de aluminio. Por tanto, el plasma plano 180 se forma mediante una descarga de barrera.

Una membrana 170 para separar los dos gases está dispuesta en la línea de escape común 160 para hidrógeno y oxígeno. Estos se pueden recolectar y almacenar por separado unos de otros.

Además, en la realización mostrada, hay un suministro 115 para vapor de agua y / o agua atomizada para un suministro continuo de agua al depósito de agua. A través de este suministro, se puede hacer pasar vapor de agua o agua atomizada, es decir, agua nebulizada, al espacio de reacción 110, a gracias a esto, por un lado, el depósito de agua 130 se llena para alcanzar el nivel de llenado 131 lo más constantemente posible y, por otro lado, el suministro de agua a través de vapor o niebla promueve la reacción de disociación en el plasma y por lo tanto la eficiencia del proceso. Además, en el espacio de reacción 110 está dispuesto un suministro 111 para al menos un gas en el espacio de reacción, en particular para aire, Ar, He y / o Ne. Estos gases se utilizan en particular como atmósfera en el espacio de reacción durante un proceso de arranque, es decir, cuando se enciende el plasma 180.

La figura 2 muestra otro ejemplo de realización de un dispositivo 200 para la descomposición de agua inducida por plasma según el segundo aspecto de la invención. El dispositivo 200 corresponde en gran medida al dispositivo 100 de la figura 1, por lo que a continuación solo se describen las diferencias; de lo contrario, se hace referencia a la descripción de la figura 1. El dispositivo 200 tiene un suministro 211 para dióxido de carbono CO₂. Al introducir dióxido de carbono en el espacio de reacción, se pone a disposición como reactivo para el hidrógeno y, además de hidrógeno y oxígeno, también se produce metano como producto de síntesis. Por lo tanto, una membrana adicional 171 está dispuesta en la línea de escape común 160, que también está diseñada aquí para transportar metano además de hidrógeno y oxígeno, a través de la cual se separa el metano de la mezcla de gases antes de que se separen el hidrógeno y el oxígeno.

Lista de símbolos de referencia:

	100, 200	Dispositivo
15	110	Espacio de reacción
	111	Suministro para al menos un gas
	115	Suministro para vapor de agua
20	120	Electrodo de plasma
	130	Depósito de agua
25	131	Nivel de llenado
	140	Red de adaptación
	150	Generador de alta frecuencia
30	160	Línea de escape
	170	Membrana
35	171	Membrana adicional
	180	Plasma
	211	Suministro para dióxido de carbono CO ₂

REIVINDICACIONES

1. Método para la descomposición de agua inducida por plasma que comprende los siguientes pasos:
- 5 - proporcionar agua con un nivel de llenado predeterminado en un depósito de agua sin conexión a tierra dentro de un espacio de reacción;
- aplicar una tensión alterna de alta frecuencia a presión atmosférica a exactamente un electrodo de plasma plano enfriado dispuesto a una distancia predeterminada por encima del nivel de llenado del depósito de agua, de tal manera que se forme un plasma en el campo de alta frecuencia entre el electrodo de plasma y una superficie del agua, en la
- 10 que el agua se disocia en hidrógeno y el oxígeno;
- recolectar el hidrógeno y oxígeno en una línea de escape común del espacio de reacción.
2. Método según la reivindicación 1, en el que se utiliza un generador de alta frecuencia con una impedancia de salida predeterminada para aplicar la tensión alterna de alta frecuencia al electrodo de plasma, que se conecta al electrodo de plasma a través de una red de adaptación para una adaptación de impedancia de una impedancia del plasma y la impedancia de salida del generador de alta frecuencia.
3. Método según una de las reivindicaciones anteriores, en el que el depósito de agua se alimenta continuamente con agua mediante la introducción de vapor de agua o agua atomizada en el espacio de reacción.
- 20 4. Método según una de las reivindicaciones anteriores, en el que el electrodo de plasma se recubre con un dieléctrico y el plasma se forma como una descarga de barrera.
5. Método según una de las reivindicaciones anteriores, en el que como parte de un proceso de puesta en marcha se utiliza aire, Ar, He o Ne como atmósfera en el espacio de reacción.
- 25 6. Método según una de las reivindicaciones anteriores, en el que como atmósfera en el espacio de reacción durante la reacción de disociación se utiliza CO₂ o N₂.
- 30 7. Método según una de las reivindicaciones anteriores, que comprende, además:
- separar hidrógeno y oxígeno mediante una membrana o un proceso de adsorción selectiva.
8. Dispositivo para la descomposición de agua inducida por plasma que comprende:
- en un espacio de reacción
- 35 - un depósito de agua sin conexión a tierra abierto en la parte superior;
- exactamente un electrodo de plasma plano y enfriado, dispuesto a una distancia predeterminada por encima de un nivel de llenado del depósito de agua, donde una línea de escape común para hidrógeno y oxígeno está dispuesta en la cámara de reacción y fuera del espacio de reacción,
- 40 - un generador de alta frecuencia con una impedancia de salida predeterminada, que se conecta al electrodo de plasma a través de una red de adaptación para la adaptación de impedancia de una impedancia de plasma producida en el electrodo de plasma y la impedancia de salida del generador de alta frecuencia.
9. Dispositivo según la reivindicación 8, en el que la impedancia de salida del generador de alta frecuencia es de 50 ohmios y / o la potencia de salida del generador de alta frecuencia está comprendida entre 100 W y 2 kW.
- 45 10. Dispositivo según la reivindicación 8 o 9, en el que la red de adaptación comprende al menos un condensador controlado por motor y al menos una bobina variable.
- 50 11. Dispositivo según una de las reivindicaciones 8 a 10, en el que el espacio de reacción comprende un suministro de vapor de agua y / o agua atomizada para un suministro continuo de agua al depósito de agua.
12. Dispositivo según una de las reivindicaciones 8 a 11, en el que la distancia predeterminada entre el electrodo de plasma y el nivel de llenado del depósito de agua está comprendida entre 0,2 y 2 cm, preferentemente entre 0,2 y 1 cm.
- 55 13. Dispositivo según una de las reivindicaciones 8 a 12, que comprende al menos un suministro para al menos un gas en el espacio de reacción, en particular para aire, Ar, He, Ne, N₂ y / o CO₂.
- 60 14. Dispositivo según una de las reivindicaciones 8 a 13, en el que en la línea de escape común o en un extremo de la línea de escape común está dispuesta una membrana para la separación de hidrógeno y oxígeno o un depósito con un adsorbente.

15. Dispositivo según una de las reivindicaciones 8 a 14, en el que el electrodo de plasma está revestido con un dieléctrico, en particular con óxido de aluminio.

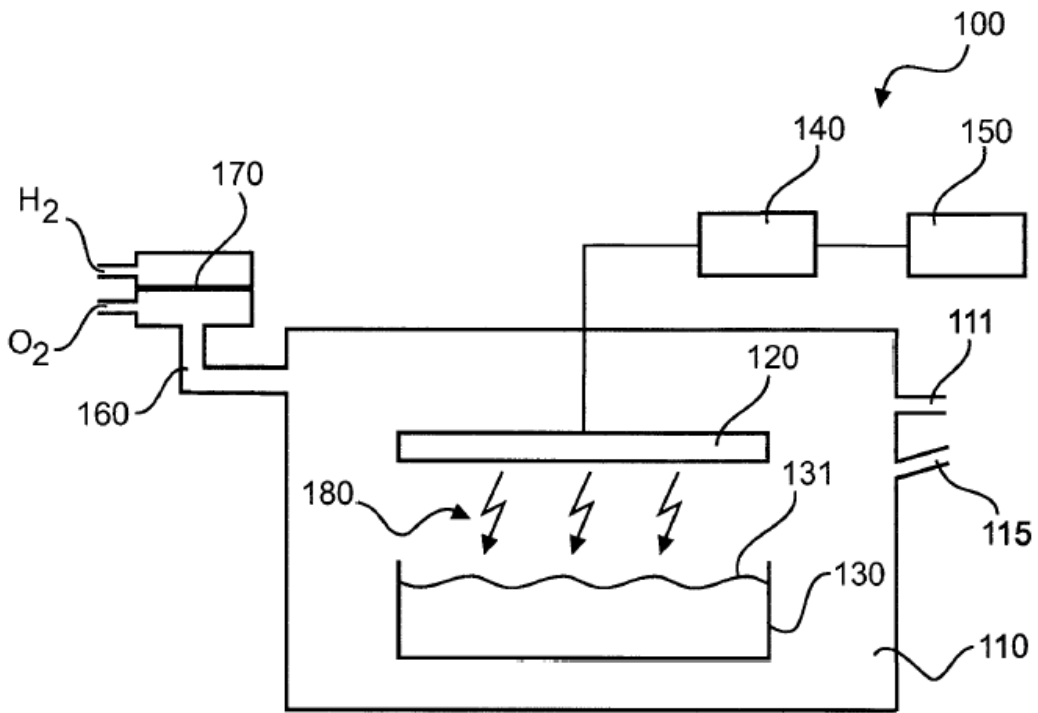


Fig. 1

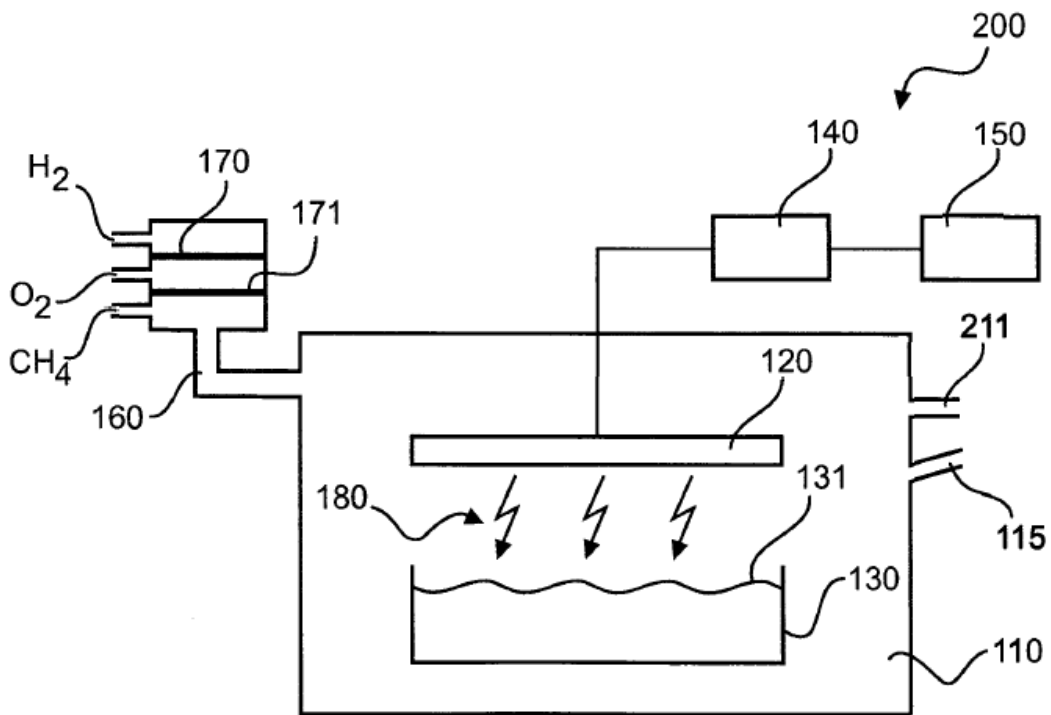


Fig. 2