

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 708 809**

51 Int. Cl.:

H01M 8/2425 (2006.01)

H01M 8/0236 (2006.01)

H01M 8/0232 (2006.01)

H01M 8/248 (2006.01)

H01M 8/0258 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **15.12.2015 PCT/EP2015/079704**

87 Fecha y número de publicación internacional: **23.06.2016 WO16096793**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **15.12.2015 E 15808648 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **31.10.2018 EP 3235043**

54 Título: **Dispositivo electroquímico generador de electricidad de tipo pila de combustible con óxido sólido**

30 Prioridad:

17.12.2014 FR 1462578

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

11.04.2019

73 Titular/es:

**COMMISSARIAT À L'ÉNERGIE ATOMIQUE ET
AUX ÉNERGIES ALTERNATIVES (100.0%)
25, Rue Leblanc, Bâtiment "Le Ponant D"
75015 Paris, FR**

72 Inventor/es:

VULLIET, JULIEN

74 Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 2 708 809 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

Dispositivo electroquímico generador de electricidad de tipo pila de combustible con óxido sólido

5 **Campo técnico**

La invención se refiere a un dispositivo electroquímico generador de electricidad de tipo de pila de combustible con óxido sólido. Dicho dispositivo se puede usar, por ejemplo, para servir como demostrador de la tecnología de pilas de combustible con óxido sólido a alta temperatura (o SOFC o "Solid Oxide Fuel Cell", por sus siglas en inglés) o para servir como generador eléctrico de respaldo que permite recargar una batería, por ejemplo, un ordenador portátil, o alimentar uno o más equipos eléctricos pequeños.

Estado de la técnica anterior

15 El campo de la invención es el de las pilas de combustible con óxido sólido, que funcionan a temperaturas muy elevadas, normalmente entre 450 °C y 1.000 °C, con una potencia de salida que va de 50 W a varios MW.

Una pila de combustible es un generador que permite convertir directamente la energía química reversible de una reacción (de hecho, la entalpía libre de reacción ΔG) en energía eléctrica. La pila de combustible entra en juego sin mezclar un combustible (hidrógeno, metanol, gas natural ...) y un comburente (oxígeno tomado en el aire), y disocia la reacción química en dos reacciones electroquímicas de oxidación del combustible (en el ánodo) y reducción del comburente (en el cátodo). En una pila de tipo SOFC, por ejemplo, dos moléculas de hidrógeno se asocian a una molécula de oxígeno para formar dos moléculas de agua y producir electricidad.

25 La célula elemental de una pila está constituida por dos compartimentos, anódico y catódico, separados por un conductor iónico, el electrolito, y conectados por un circuito conductor electrónico exterior. El electrolito separa los reactivos, evita que los electrones atraviesen el núcleo de la pila, y permite la migración de especies iónicas de un electrodo a otro bajo el efecto del campo eléctrico creado por la diferencia en la concentración de oxígeno entre los dos compartimentos

30 Existen varios tipos de pilas de combustible, que difieren esencialmente en la naturaleza del electrolito utilizado y la temperatura de funcionamiento.

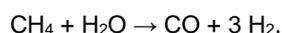
Los reactivos son renovados y los productos evacuados permanentemente. La pila de combustible en su conjunto, es un montaje de células elementales interconectadas por materiales de interconexión, y en número suficiente para asegurar la producción electroquímica de electricidad de acuerdo con las condiciones de tensión y corriente deseadas.

40 Los rendimientos teóricos esperados (hasta 85-90 % de rendimiento general) son mucho más elevados que los obtenidos gracias a una combustión convencional (del orden del 30 %), y las emisiones contaminantes se reducen en gran medida, o incluso son nulas si el combustible es hidrógeno (vertido de agua únicamente). La recuperación de calor relativamente fácil también permite considerar la cogeneración (electricidad + calor).

45 De acuerdo con el principio ideal de funcionamiento de una pila de combustible, el hidrógeno que sirve como combustible se introduce en el ánodo y el oxígeno que sirve como comburente se introduce en el cátodo. El oxígeno utilizado es a menudo el presente en el aire, por razones prácticas, y se trata de reemplazar el hidrógeno, debido a los problemas de almacenamiento y distribución de este combustible, con gas natural (constituido principalmente de metano, CH_4 , así como alcoholes (tal como etanol $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$) e hidrocarburos líquidos (GLP) para gas licuado de petróleo, constituido principalmente de propano C_3H_8). Sin embargo, la oxidación electroquímica directa de estos combustibles en H_2 , antes de la reacción de oxidación electroquímica del hidrógeno. En particular, existe el reformado por vapor y la oxidación parcial. La conversión del combustible puede llevarse a cabo fuera del núcleo de la pila, o en algunos casos en el interior del núcleo de la pila, como en el caso del reformado de metano por vapor: se trata entonces de reformado interno del combustible. Una de las bazas de las pilas tipo SOFC, cuya temperatura de funcionamiento es elevada, es permitir este reformado interno.

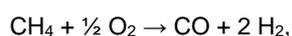
55 El gas natural está esencialmente constituido de metano. Tres reacciones permiten producir hidrógeno a partir de metano:

- la reacción de reformado por vapor:



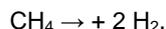
$$(\Delta G^\circ_{880^\circ\text{C}} = -46 \text{ kJ/mol})$$

- la reacción de oxidación parcial:



($\Delta G^{\circ}_{880^{\circ}\text{C}} = -234 \text{ kJ/mol}$)

- la reacción de craqueo:

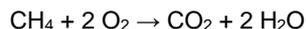


5

($\Delta G^{\circ}_{880^{\circ}\text{C}} = -27 \text{ kJ/mol}$)

También puede producirse la oxidación completa (combustión) del metano:

10



$\Delta G^{\circ}_{880^{\circ}\text{C}} = -800,2 \text{ kJ/mol}$)

15

El detalle de estas reacciones químicas de los aspectos termodinámicos asociados se conoce del documento al que se hace referencia [5] al final de la descripción.

20

La mayoría de los dispositivos de tipo SOFC que existen en el mundo son dispositivos completos (reformador externo, sistema de post-combustión, recuperación de calor, etc.), como se describe en los documentos a los que se hace referencia [1] y [4], y están condenados a utilizarse en un régimen de funcionamiento estable dado. Varios demostradores de pequeñas dimensiones, que funcionan con gas natural o propano, como se describe en el documento al que se hace referencia [3], existen en el mundo, desarrollados esencialmente para uso militar. Por lo tanto, la sociedad Acumentrics, como se describe en el documento de referencia [2], comercializa sistemas de 150 W a 10 kW, que permiten resistir ciclos de subida/caída de la temperatura rápida gracias a una tecnología tubular. Como se describe en el documento de referencia [3], la sociedad Ultra Electronics AML desarrolla sistemas de unos pocos cientos de vatios para aplicaciones militares y civiles.

25

Pero los dispositivos de la técnica anterior representados a modo de ejemplo por los documentos US 2012/009497, US 2009/092877 o US 2013/071770, presentan numerosos defectos que son en particular:

30

- los demostradores, o dispositivos SOFC comercializados en todo el mundo, a menudo requieren un tiempo de aumento y disminución de la temperatura importante, lo que dificulta demostraciones rápidas de su principio de funcionamiento, para fines pedagógicos, por ejemplo,

- los dispositivos SOFC propuestos son a menudo complejos y costosos, y requieren un conocimiento especial para hacerlos funcionar,

35

- los ciclos térmicos rápidos generalmente conducen a la rotura de las células electroquímicas, las células electroquímicas que tienen un coeficiente de expansión térmica más bajo que un factor de 2 con respecto a ciertos tipos de interconectores metálicos ($10,10^{-6}\text{K}^{-1}$ para las células $20,10^{-6}\text{K}^{-1}$ para ciertas aleaciones metálicas a alta temperatura),

40

- la transformación del gas utilizado (tipo metano o propano) corriente arriba de la célula es a menudo necesaria, lo que complica el dispositivo.

La invención tiene por objetivo un dispositivo electroquímico generador de electricidad de tipo pila de combustible con óxidos sólidos (SOFC), que permite superar estas desventajas de los dispositivos de la técnica conocida.

45

Descripción de la invención

50

La invención se refiere a un dispositivo electroquímico generador de electricidad de tipo pila de combustible con óxidos sólidos, caracterizado por que comprende un conjunto plano constituido por al menos una célula electroquímica comprendida entre una primera y una segunda. placas de difusión de gas de material cerámico con un coeficiente de expansión comprendido entre $8 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ y $14 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ perforadas de orificios dispuestos de manera equidistante, una primera y una segunda rejillas metálicas colectoras de corriente, conectadas cada una a un cable conductor que permite la circulación de corriente hacia el exterior del dispositivo, dispuestas a cada lado de dicha al menos una célula entre esta célula y cada una de las primera y la segunda placas de difusión de gas, y medios de sujeción que garantizan el mantenimiento mecánico de este conjunto.

55

Ventajosamente, las placas de difusión de gas se doblan en los extremos para incrustar la al menos una célula electroquímica. El dispositivo comprende además un primer y un segundo elemento conductor térmico, por ejemplo, placas metálicas perforadas con orificios, dispuestos a cada lado de la primera y de la segunda placa de difusión de gas para rodearlas.

60

Ventajosamente, cada placa de difusión de gas está perforada con orificios cuyo diámetro está comprendido entre 4 y 6 mm, y los centros de dos orificios adyacentes están ubicados a una distancia de 8 a 12 mm entre sí. Cada placa de difusión de gas tiene un espesor comprendido entre 3 y 10 mm. Cada placa de difusión de gas está hecha de uno de los siguientes materiales: alúmina, circonia o material conocido como "macor" (marca registrada).

65

Ventajosamente, las rejillas colectoras de corriente tienen una conductividad eléctrica superior a 100 S/m a 60 °C. Se fabrican, por ejemplo, en uno de los siguientes materiales: níquel, platino u oro. Ventajosamente, los medios de

sujeción aseguran una sujeción que corresponde a una carga de la al menos una célula electroquímica comprendida entre 200 g/cm^2 y 1.000 g/cm^2 . Esta sujeción óptima permite garantizar un contacto eléctrico satisfactorio al tiempo que limita el riesgo de degradación de la célula electroquímica durante el aumento de la temperatura.

5 La invención presenta numerosas ventajas, incluidas las siguientes ventajas:

- La invención permite la demostración rápida del principio de una pila de combustible tipo SOFC alimentada con gas natural, con objetivos pedagógicos. De hecho, el aumento de temperatura entre la temperatura ambiente y $700 \text{ }^\circ\text{C}$ se efectúa en aproximadamente 5 minutos, en comparación con varias horas de manera convencional.
- 10 - La invención permite un ensayo no destructivo de la célula electroquímica, el diseño de las placas de difusión de gas permite un ciclo térmico de la invención sin degradación, durante varias decenas de ciclos.
- La invención puede proporcionar una tensión comprendida entre $0,7 \text{ V}$ y varios voltios (normalmente 5 V , dependiendo del número de células colocadas en series eléctricas), para alimentar diferentes dispositivos eléctricos. Una potencia del orden de diez vatios está disponible, que puede cambiar dependiendo de la calidad y
- 15 la superficie de las células electroquímicas.
- La invención permite recargar equipos electrónicos utilizando un hornillo de gas, mientras se mantiene el beneficio de este hornillo de gas para una aplicación diferente paralela (una cocción, por ejemplo, durante un uso integrado).
- Los problemas de contacto y caída óhmicas entre la célula electroquímica y las rejillas colectoras también
- 20 pueden estudiarse gracias a la presente invención. La fuerza de sujeción requerida para lograr un contacto eléctrico satisfactorio se puede optimizar realizando ensayos de temperatura, gracias a un rápido aumento de la temperatura, lo que representa una ganancia en términos de costo y tiempo.
- La invención es fácil de implementar y barata en su fabricación y uso, en comparación con los dispositivos de demostración de tipo SOFC convencionales, lo que hace que la invención sea muy atractiva para objetivos
- 25 pedagógicos, pero también para un objetivo comercial de generador eléctrico de gas integrado.

Breve descripción de los dibujos

- 30 La figura 1 ilustra el dispositivo de la invención en una vista despiezada,
- la figura 2 ilustra un ejemplo de una célula electroquímica de tres capas,
- la figura 3 ilustra la implementación del dispositivo de la invención,
- las figuras 4 y 5 ilustran dos variantes de realización del dispositivo de la invención,
- la figura 6 es una curva de la tensión en función de la corriente obtenida con un ejemplo de realización
- 35 ventajoso.

Descripción detallada de los modos de realización particulares

- Como se ilustra en la figura 1, el dispositivo electroquímico generador de electricidad de tipo pila de combustible con óxido sólido comprende un conjunto plano constituido por al menos una célula electroquímica 11 comprendida entre
- 40 una primera y una segunda placas de difusión de gas 12 y 13 hechas de material cerámico con un coeficiente de expansión comprendido entre $8 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ y $12 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ perforadas con agujeros 14 y 15 dispuestos equidistantemente, una primera y una segunda rejillas metálicas colectoras 16 y 17, cada una conectada a un cable
 - 45 conductor 18 y 19 que permite la circulación de corriente hacia el exterior del dispositivo, y está dispuesta a cada lado de dicha al menos una célula entre esta célula y cada una de los primer y segundo medios de difusión de gas y
 - medios de sujeción, por ejemplo, utilizando cuchillas 20 y 21, en forma de corona, perforadas con agujeros y
 - conjuntos de varillas roscadas 32 y 33 asegurando el mantenimiento mecánico de este conjunto.

En el ejemplo de realización ventajosa, el dispositivo de la invención presenta las siguientes características.

50 Las placas de difusión de gas 12 y 13 están constituidas por:

- materiales aislantes electrónicos,
- cuyo coeficiente de expansión térmica está comprendido entre $8 \cdot 10^{-6}$ y $14 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$,
- un espesor de 3 a 10 mm,
- 55 - perforados con orificios de 4 a 6 mm de diámetro cuyos centros son equidistantes de 8 a 12 mm en una superficie igual a la célula o células electroquímicas utilizadas.

Pueden fabricarse ventajosamente en uno de los siguientes materiales: alúmina, circonia o material conocido como "macor" (marca registrada).

60 Las rejillas colectoras de corriente 16 y 17 presentan las siguientes características:

- tienen una conductividad eléctrica superior a 100 S/cm a $600 \text{ }^\circ\text{C}$,
- resisten a una temperatura de $800 \text{ }^\circ\text{C}$,
- 65 - tienen una malla comprendida entre 10 y $5.000 \text{ mallas/cm}^2$.

Pueden fabricarse ventajosamente en uno de los siguientes materiales: níquel, platino u oro.

La célula electroquímica 11 ilustrada en la figura 2 está dispuesta en la rejilla colectora de corriente 17 colocada en la placa de difusión de gas inferior 13 (lado del gas combustible). Esta célula electroquímica 11 está compuesta al menos por:

- un electrolito 25 estanco al hidrógeno que posee una conductividad iónica elevada (superior a 0,01 S/cm a 700 °C), un número de transporte electrónico insignificante en el intervalo de presiones parciales de oxígeno fijadas por el combustible y el comburente (10^{-20} a 0,2 atm), buena impermeabilidad física al gas, coeficiente de expansión térmica comprendido entre $9 \cdot 10^{-6}$ y $12 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$,
- un material de cátodo 26, poroso, conductor electrónico a la temperatura de funcionamiento (conductividad electrónica superior a 50 S/cm), que puede catalizar la reacción de reducción del oxígeno, estable en una atmósfera oxidante;
- un material de ánodo 27, poroso, conductor electrónico a la temperatura de funcionamiento (conductividad electrónica superior a 50 S/cm), que puede catalizar la reacción de oxidación del hidrógeno, estable en una atmósfera reductora.

Se pueden agregar capas adicionales (el número de capas puede ir hasta 10) para mejorar el rendimiento de la célula electroquímica 11.

El mantenimiento mecánico de la célula electroquímica 11 puede garantizarse indistintamente por una de las capas, que en este caso debe ser gruesa (espesor superior a 80 μm).

La rejilla colectora del lado del aire 16 se coloca en su lugar, y luego se instala la placa de difusión de gas superior 12. Luego se realiza la sujeción entre las dos placas 12 y 13 con la ayuda de los medios de sujeción 20, 21, 32 y 33, para garantizar la retención mecánica del conjunto 10 y la recolección eficaz de la corriente gracias a las rejillas 16 y 17 (figura 1). Las rejillas 16 y 17 están conectadas cada una a un cable conductor que permite la circulación de corriente hacia el exterior del dispositivo. Estos cables 18 y 19 deben estar compuestos de un material:

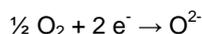
- conductor electrónico (superior a 100 S/cm),
- resistente a altas temperaturas (700 °C),
- mantiene sus propiedades de conductividad electrónica en atmósferas reductoras y oxidantes, hasta 700 °C.

La sujeción debe corresponder a una carga de la célula de 200 a 1.000 g/cm^2 . Esta sujeción óptima permite garantizar un contacto eléctrico satisfactorio al tiempo que limita el riesgo de degradación de la célula electroquímica 11 durante el aumento de la temperatura.

El dispositivo de la invención puede formar así un paralelepípedo rectangular de aproximadamente 20 cm de largo y ancho y 3 cm de alto.

En un ejemplo de implementación ilustrado en la figura 3, el dispositivo de la invención se coloca sobre un hornillo de gas 30, por ejemplo del tipo "acampada", la distancia entre la llama y la placa inferior de difusión de gas 13 está ventajosamente comprendida entre 8 mm y 15 mm, en una zona controlada en términos de temperatura y oxidación parcial de metano, lo que permite la temperatura y el suministro de hidrógeno de la célula electroquímica. El oxígeno en el aire alimenta el electrodo de aire. Por lo tanto, existen las siguientes dos reacciones:

- Primera reacción electroquímica:



- Segunda reacción electroquímica:



Dicha zona y la naturaleza de las placas de difusión de gas 12 y 13 se optimizan de modo que una parte del gas se oxida completamente (combustión completa) y proporcione el calor necesario para que la célula electroquímica 11 tenga una temperatura del orden de 600 a 700 °C. En este intervalo de temperatura, el electrolito delgado de la célula electroquímica es suficientemente conductor iónico para que la pila sea eficiente. Dicha zona y la naturaleza de las placas de difusión también permiten que una parte del gas se oxide solo parcialmente. Luego se forma una mezcla de H_2 + CO , y esta mezcla gaseosa es un combustible para la célula electroquímica 11. El uso de las placas de difusión de gas 12 y 13 de cerámica permite acomodar las tensiones mecánicas asociadas con los gradientes de temperatura, y así la célula electroquímica 11 puede calentarse de la temperatura ambiente a 600 o incluso 700 °C en unos pocos minutos. Una vez que la célula electroquímica 11 ha alcanzado la temperatura deseada, la circulación de una corriente es posible gracias a las reacciones electroquímicas de oxidación del hidrógeno y la

reducción de oxígeno en el aire que puede tener lugar en cada lado de la célula electroquímica 11, y aparece una tensión de aproximadamente 0,8 V por célula en los bornes del dispositivo. La alimentación de varias bombillas puede realizarse, pero otro dispositivo podría ser alimentado por la invención descrita (motor, batería, ...). Los medios de caracterización electroquímica también se pueden conectar para realizar mediciones más finas en las células conectadas.

La tensión en los bornes dispositivo se puede aumentar, ajustarse si es necesario, conectando en un soporte cerámico 22 células 24 a 29 en serie entre sí (entre un polo positivo PP y un polo negativo PN, por ejemplo, como se representa en la figura 4. Luego se puede obtener una tensión de 5 V, y ser compatible con algunos aparatos recargables como el puerto USB, por ejemplo.

Como se ilustra en la figura 5, se puede obtener un pseudo-sellado suficiente por encaje de las células 24 en formas correspondientes a la geometría de las células en la placa de difusión inferior 13. La combustión completa del metano (vinculada a un cortocircuito de gas alrededor de la periferia de las células) se evita entonces suficientemente para que la célula electroquímica 11 pueda funcionar.

Como se ilustra en la figura 5, las placas de difusión de gas 12 y 13 pueden doblarse en los extremos para rodear la al menos una célula electroquímica 11. El dispositivo de la invención comprende entonces un primer y un segundo elementos conductores térmicos 30, 31, tales como placas de metal perforadas con orificios, dispuestos a cada lado de la primera y la segunda placa de difusión de gas 12 y 13 para rodearlas, lo que permite explotar el calor suministrado por un hornillo redistribuyendo este calor en la parte superior del dispositivo de la invención. Los orificios de las placas de difusión de gas 12 y 13 corresponden a los orificios de las placas de metal 30 y 31. Por conducción, las placas metálicas 30, 31 forman la unión entre la parte inferior y la parte superior del dispositivo de la invención, y permiten calentar un objeto colocado en la parte superior.

Ejemplo de realización

En un ejemplo de realización ventajoso, los diversos elementos utilizados son los siguientes:

- Para las placas de difusión de gas 12 y 13:
 - material utilizado: material conocido con el nombre de "MACOR" (marca registrada),
 - distancia entre orificios de 9 mm,
 - diámetro de orificios de 5 mm,
 - espesor: 6,5 mm,
- Para las rejillas colectoras de corriente 16 y 17:
 - material: platino,
 - tamaño de la malla: 3600 mallas/cm²,
- Para la célula electroquímica 11:
 - pila con ánodo espeso (ánodo de soporte) de 500 µm de material Ni/8YSZ,
 - electrolito 8YSZ de 8 µm de espesor,
 - electrodo de aire LaSrCoFeO₃ de 25 µm de espesor,
- Para los cables conductores 18 y 19 utilizados:
 - material: platino,
 - diámetro del cable: 1 mm

Tal ejemplo de realización permite la alimentación y el funcionamiento adecuado de varias bombillas. Por otra parte, se puede realizar una curva de polarización (corriente/tensión) para caracterizar mejor el rendimiento electroquímico de la invención. De este modo se obtiene una densidad de corriente de aproximadamente 300 mA/cm² a 0,3 V, como se ilustra en la figura 6. 10 ciclos térmicos entre la temperatura ambiente y la temperatura de funcionamiento se llevan a cabo sin degradación del rendimiento de la célula electroquímica.

Referencias

- [1] "Fifteen years of SOFC development in Australia" de K. Föger y J.G. Love ("Solid state ionics", páginas 119-116, 2004),
- [2] "Thermochemical model and experimental validation of a tabular SOFC cell comprised in a 1 kW stack designed for mCHP applications" de Carlos Boigues-Munoz, Giulio Santori, Stephen McPhail y Fabio Polonara (*International Journal of hydrogen energy* 39, páginas 21714 - 21723, 7 de octubre de 2014),
- [3] "Microtubular SOFC anode optimization for direct use on methane" de A. Dhir y K. Kendall (*Journal of Power*

sources, 2008, páginas 297-303),

[4] "The cost of domestic fuel cell micro-CHP systems" de Iain Staffel y Richard Green (*International Journal of hydrogen energy* 38, 2013, páginas 1088-1102)

5 [5] "Hydrogen production by coupled catalytic partial oxidation and steam methane reforming at elevated pressure and temperature" de Luwei Chen, Qi Hong, Jianyi Lin y F.M. Dautzenberg (*Journal of Power Sources*. 164, 2007, páginas 803-808).

REIVINDICACIONES

1. Dispositivo electroquímico generador de electricidad de tipo pila de combustible con óxido sólido, **caracterizado por que** comprende un conjunto plano (10) constituido por al menos una célula electroquímica (11) comprendida entre una primera y una segunda placas de difusión de gas (12, 13) de material cerámico que tiene un coeficiente de expansión comprendido entre $8 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ y $14 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ perforadas con agujeros (14, 15) dispuestos equidistantes, una primera y una segunda rejillas metálicas conductoras de corriente (16, 17), cada una conectada a un cable conductor (18, 19) que permite que la circulación de la corriente hacia el exterior del dispositivo, y están dispuestas a cada lado de dicha al menos una célula electroquímica (11) entre esta célula y cada una de las primera y la segunda placas de difusión de gas, y los medios de sujeción (20, 21) que garantizan el mantenimiento mecánico de este conjunto plano (10).
2. Dispositivo de acuerdo con la reivindicación 1, en el que las placas de difusión de gas están dobladas en los extremos para encajar la al menos una célula electroquímica.
3. Dispositivo de acuerdo con la reivindicación 2, que comprende un primer y un segundo elementos conductores térmicos (30, 31) dispuestos a cada lado de la primera y la segunda placas de difusión de gas para rodearlas.
4. Dispositivo de acuerdo con la reivindicación 3, en el que los primer y segundo elementos conductores térmicos son placas metálicas perforadas con orificios.
5. Dispositivo de acuerdo con la reivindicación 1, en el que cada placa de difusión de gas está perforada con orificios cuyo diámetro está comprendido entre 4 y 6 mm, estando situados los centros de dos orificios adyacentes a una distancia de 8 a 12 mm entre sí.
6. Dispositivo de acuerdo con la reivindicación 1, en el que cada placa de difusión de gas tiene un espesor comprendido entre 3 y 10 mm.
7. Dispositivo de acuerdo con la reivindicación 1, en el que cada placa de difusión de gas está fabricada de uno de los siguientes materiales: alúmina, circonia o un material conocido como "macor" (marca registrada).
8. Dispositivo de acuerdo con la reivindicación 1, en el que las rejillas colectoras de corriente tienen una conductividad eléctrica superior a 100 S/m a 600 °C.
9. Dispositivo de acuerdo con la reivindicación 1, en el que las rejillas metálicas colectoras de corriente están fabricadas de uno de los siguientes metales: níquel, platino u oro.
10. Dispositivo de acuerdo con la reivindicación 1, en el que los medios de sujeción aseguran una sujeción que corresponde a una carga de la al menos una célula electroquímica comprendida entre 200 g/cm^2 y 1.000 g/cm^2 .

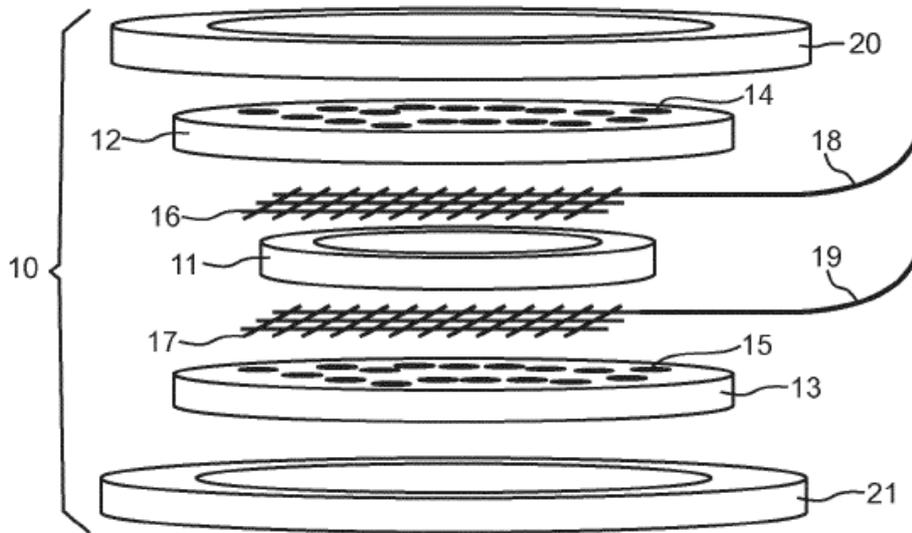


FIG. 1



FIG. 2

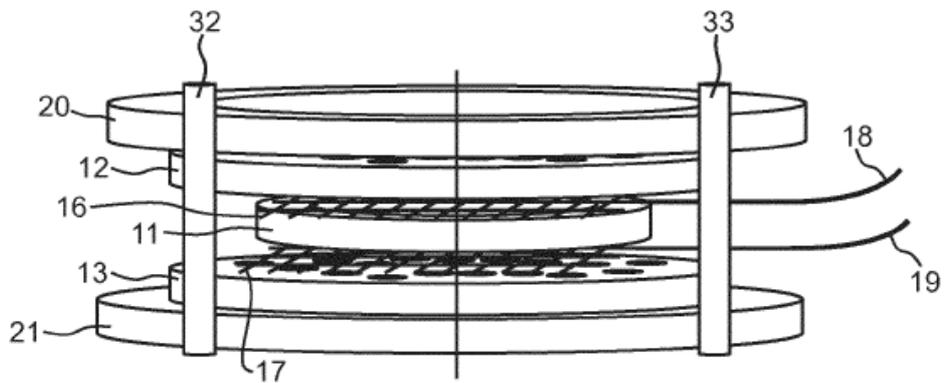
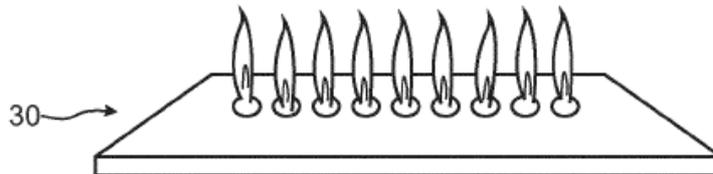


FIG. 3



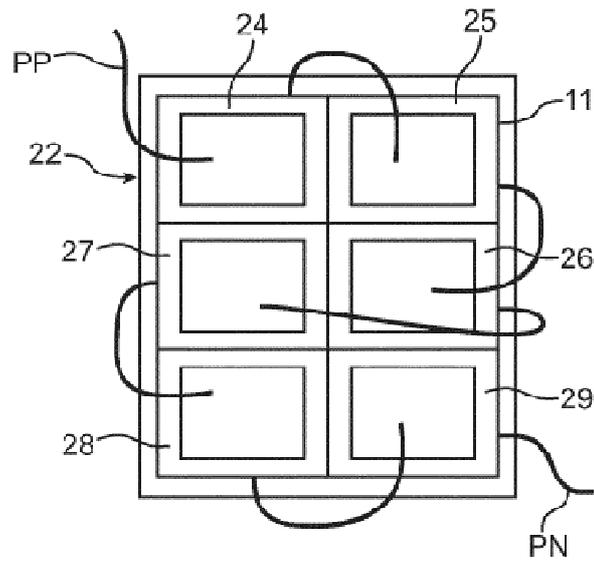


FIG. 4

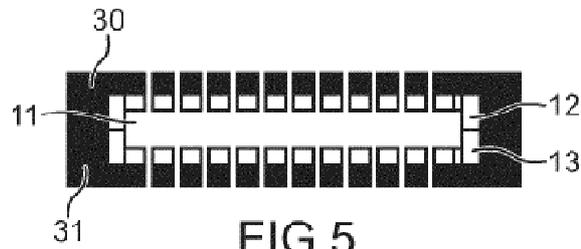


FIG. 5

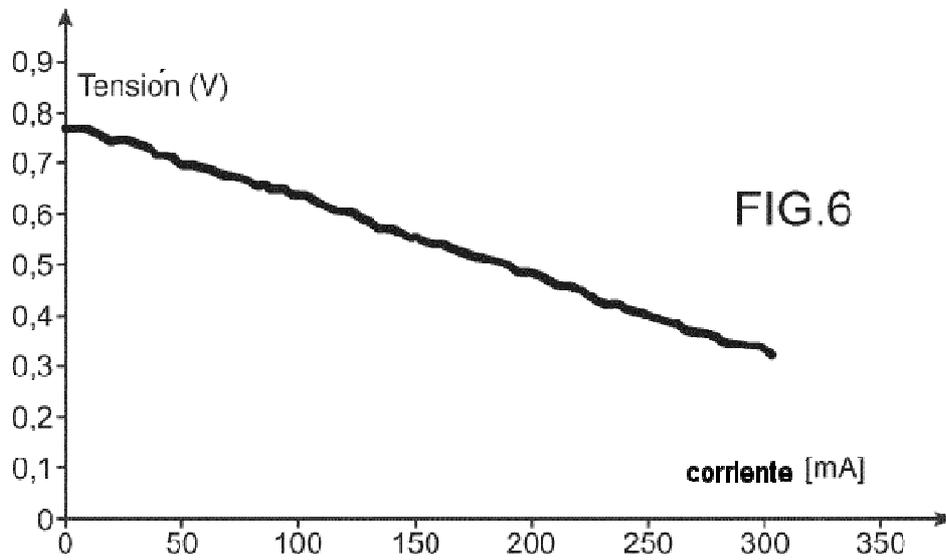


FIG. 6