



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 359 869**

51 Int. Cl.:

H01M 8/10 (2006.01)

H01M 8/24 (2006.01)

H01M 8/02 (2006.01)

H01M 8/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **08354081 .5**

96 Fecha de presentación : **29.10.2008**

97 Número de publicación de la solicitud: **2061114**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **20.05.2009**

54

Título: **Pila de combustión constituida por una pluralidad de celdas elementales conectadas en serie mediante colectores de corriente.**

30

Prioridad: **13.11.2007 FR 07 07974**

45

Fecha de publicación de la mención BOPI:
27.05.2011

45

Fecha de la publicación del folleto de la patente:
27.05.2011

73

Titular/es: **Commissariat à l'Énergie Atomique et aux Énergies Alternatives
Bâtiment "Le Ponant D"
25, rue Leblanc
75015 Paris, FR**

72

Inventor/es: **Faucheux, Vincent;
Gaillard, Frédéric;
Lambert, Karine y
Laurent, Jean-Yves**

74

Agente: **Polo Flores, Carlos**

ES 2 359 869 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

Pila de combustión constituida por una pluralidad de celdas elementales conectadas en serie mediante colectores de corriente.

Campo técnico de la invención

Esta invención se refiere a una pila de combustible constituida por un soporte poroso sobre el que está dispuesta una pluralidad de celdas elementales adyacentes, cada una de ellas comprende;

- un montaje, formado por un primer electrodo, una membrana electrolítica y un segundo electrodo
- y por colectores de corriente primero y segundo,

estando dichas celdas elementales conectadas en serie mediante elementos de conexión dispuestos entre dos celdas adyacentes para conectar el primer colector de corriente de una celda al segundo colector de corriente de la célula adyacente.

Esta invención se refiere igualmente a un procedimiento de fabricación de pila de combustible.

Estado de la técnica

La tensión suministrada por una pila de combustible unitaria, es decir, una pila de combustible constituida por una celda elemental constituida por un montaje Electrodo-Membrana-Electrodo (o montaje EME) con colectores de corriente asociados, no es, por lo general, suficiente para utilizar en el ámbito de los dispositivos portátiles. En efecto, algunas aplicaciones que podrían utilizar pilas de combustible como fuente de energía necesitan tensiones elevadas, por ejemplo, superiores a algunos voltios. Por ello, es necesario utilizar una pila de combustible constituida por una pluralidad de celdas elementales conectadas en serie, estando conectado el ánodo de una celda elemental al cátodo de la celda adyacente.

Habitualmente, las celdas elementales se fabrican por separado antes de asociarse en serie entre sí. En el caso de pilas de combustible conformadas como capas delgadas sobre un soporte plano (pilas denominadas igualmente como pilas planares), los conjuntos EME, por lo general, se realizan por separado sobre soportes planos, se recortan uno por uno, y posteriormente se asocian en serie entre sí. Un procedimiento de este tipo lleva tiempo, y necesita la adición de colectores de corriente, soldados o pegados, en los ánodos y cátodos de los montajes para permitir la puesta en serie de las celdas.

En el artículo "microfabricated fuel cells" (Electrochimica Acta 48 (2003) 2869-2877), J.S. Wainright y col. proponen una pila de combustible constituida por una pluralidad de celdas conectadas en serie, formadas sobre una película porosa de nilón dispuesta sobre alúmina en la que se han perforado canales. Los colectores de corriente anódicos se forman por depósito mediante impresión de una tinta. Adicionalmente, se colocan juntas aislantes de polímero no poroso entre los colectores de corriente anódicos, y a continuación se fabrica el resto de la pila. La puesta en serie de las pilas se lleva a cabo mediante la impresión de una tinta conductora. Sin embargo, con esta solución, las membranas electrolíticas se inflan y se despegan del sustrato en atmósfera húmeda (100% HR). Ahora bien, este despegado provoca fugas y la parada de la pila. La escasa resistencia mecánica de las membranas está relacionada por una parte con el mal contacto entre las juntas aislantes y los colectores anódicos, originando de esta forma huecos, y por otra parte con una mala adherencia de las membranas electrolíticas sobre las juntas aislantes.

La patente US5863672 describe una geometría de pila de combustible distinta que permite aumentar artificialmente la tensión elemental. Como se muestra en la figura 1, una pila 1 de ese tipo está constituida por varias celdas elementales 2 dispuestas unas al lado de las otras. Cada celda 2 contiene un montaje de un ánodo 3 y un cátodo 4 colocados entre una membrana electrolítica 5. Las celdas 2 están separadas entre sí por zonas eléctricamente aislantes 6 y están conectadas entre sí por piezas de conexión 7 eléctricamente conductoras. Cada una de las piezas de conexión 7 contiene una zona central 8 que tiene caras primera y segunda 8a y 8b respectivamente revestidas por capas primera y segunda 9 y 10 teniendo cada una un extremo en contacto respectivamente con el ánodo 4 de una primera pila y el cátodo 6 de la pila adyacente a la primera pila mencionada. Una pila de ese tipo y, en particular, las piezas de conexión 7 son difíciles de realizar, especialmente a pequeña escala. Necesita, igualmente, una etapa de ensamblaje del montaje de las celdas puestas en serie entre varios elementos diferentes, tales como conductores de corriente externos y placas distribuidoras de gas dispuestas a una parte y otra de dicho montaje. Finalmente, persisten los problemas de estanqueidad.

La solicitud de patente US 2006/0228605 propone otra solución. En esta solicitud de patente, se forma una membrana electrolítica por impregnación de un soporte poroso de un material conductor iónico. El soporte poroso es un tejido cuyas fibras de urdimbre son fibras continuas de material eléctricamente aislante y las fibras de trama son alternativamente fibras de material aislante y fibras de material eléctricamente conductor. Se deposita una junta en el borde del tejido, y los ánodos y los cátodos se depositan a ambas partes de la membrana así constituida. Igualmente, un colector de corriente se pone en contacto con el ánodo situado en uno de los extremos de la pila y otro colector de corriente se pone en contacto con el cátodo situado en el otro extremo de la pila. Las zonas eléctricamente activas del soporte poroso delimitan y aseguran, de esta forma, la conexión en serie de una pluralidad de celdas elementales.

Esta solución permite evitar las fugas de combustible ya que el soporte poroso está completamente impregnado de material conductor iónico. Sin embargo, la membrana así formada debe tener un espesor mínimo para asegurar la resistencia mecánica del montaje. Este espesor es de aproximadamente 20 micrómetros. Ahora bien, para aumentar las densidades de potencia, las membranas deben tener el menor espesor posible, preferentemente entre 1 y 10 micrómetros. Adicionalmente, las fibras utilizadas para conformar el soporte poroso ocupan un determinado volumen que perturba la difusión de los protones a través del electrolito. En efecto, la superficie de una zona eléctricamente conductora, por lo general superior a 2 mm, constituye una superficie no despreciable que no se puede utilizar para la difusión de los protones. Finalmente, las fibras aislantes y las fibras conductoras son respectivamente continuamente aislantes y continuamente conductoras, de manera que la puesta en serie de las celdas solo se puede hacer en una sola alineación.

El documento JP61121265 propone aumentar la tensión de salida de una pila de combustible sin aumentar su peso, conectando a un mismo nivel celdas elementales en serie. Cada celda elemental está constituida por un apilamiento formado por una primera capa delgada de difusión, permeable a gases y colocada del lado del combustible, una capa catalítica, una matriz a base de electrolito, una capa catalítica y una capa delgada de difusión, permeable a gases y colocada del lado del oxidante. Adicionalmente, la primera capa delgada de difusión de una celda elemental está conectada a la segunda capa delgada de difusión de una celda elemental adyacente por medio de un elemento de conexión, formado por el mismo material constituyente de las primera y segunda capas delgadas de difusión, pero que contiene, adicionalmente, partículas inorgánicas (por ejemplo partículas de fosfato de circonio), destinadas a convertir el elemento en estanco para gases. Adicionalmente, las primeras (o segundas) capas delgadas de difusión de dos celdas elementales adyacentes están separadas entre sí por una parte de la matriz a base de electrolito.

La solicitud de patente WO-A-2007/020242 describe un núcleo de pila que comprende al menos una membrana polimérica de material compuesto formada por una alternancia de primeros y segundos segmentos estancos para gases, que son respectivamente conductores iónicos y conductores electrónicos, una sucesión de ánodos y una sucesión de cátodos situados respectivamente sobre las caras primera y segunda opuestas de la membrana. Los segmentos estancos para gases, conductores electrónicos, conectan el ánodo de una celda con el cátodo de una celda adyacente. Pueden, adicionalmente, realizarse mediante la introducción de partículas electrónicamente conductoras en una matriz porosa, realizando posteriormente un tratamiento que permite reblandecer el polímero que constituye la matriz y de esta forma colmatar los poros de dicha matriz, volviendo de esta forma dichos segmentos estancos para gases. La matriz porosa puede ser un polímero desprovisto de cualquier propiedad de conducción iónica (por ejemplo un politetrafluoroetileno tipo Teflón) o bien un polímero conductor iónico intrínseco.

El conjunto de soluciones actuales para la puesta en serie de celdas elementales, sin tener que recurrir al recorte y pegado de dichas celdas, se enfrenta a problemas de resistencia mecánica:

- bien a causa de la membrana electrolítica que se despega,
- bien debido a los montajes EME y más concretamente de la membrana que debe tener un espesor mínimo demasiado alto para que sea compatible con densidades de potencia elevadas.

Adicionalmente, para una superficie de pila dada, esta está compartida entre la superficie ocupada por el conjunto de celdas elementales ("superficie activa") y la superficie ocupada por las zonas aislantes y/o las zonas conductoras ("superficie inactiva"). Ahora bien, en las soluciones anteriormente propuestas, la parte de "superficie activa" es relativamente débil, y esta parte es tanto más débil cuando el número de células es importante, lo que resulta ser incompatible para aplicaciones destinadas a la alimentación de dispositivos portátiles.

Objeto de la invención

La invención tiene por objeto una pila de combustible y un procedimiento de fabricación de una pila de combustible que resuelva los inconvenientes de la técnica anterior.

Más concretamente, la invención tiene por objeto una pila de combustible que pueda alcanzar tensiones elevadas y concretamente tensiones compatibles para aplicaciones destinadas a la alimentación de dispositivos portátiles, siendo al mismo tiempo fácil de realizar y que presente una buena resistencia mecánica y una buena estanqueidad.

La invención tiene por objeto igualmente proponer un procedimiento de fabricación fácil de poner en práctica para obtener una pila de combustible que pueda alcanzar tensiones elevadas y concretamente tensiones compatibles para aplicaciones destinadas a la alimentación de dispositivos portátiles, siendo al mismo tiempo fácil de realizar y que presente una buena resistencia mecánica y una buena estanqueidad.

Según la invención, este objeto se consigue mediante las reivindicaciones adjuntas.

Descripción resumida de los dibujos

Otras ventajas y características resultarán más evidentes tras la descripción que sigue a continuación de las realizaciones concretas de la invención facilitadas a título de ejemplos no limitantes y representadas en los dibujos adjuntos, en los que:

- la figura 1 representa una pila de combustible según la técnica anterior.

ES 2 359 869 T3

- la figura 2 representa, esquemáticamente y en sección, una realización particular de una pila de combustible según la invención.
- las figuras 3 a 5 representan, esquemáticamente y en sección, etapas diferentes de un primer procedimiento de fabricación de la pila de combustible según la figura 2,
- las figuras 6 a 9 representan, esquemáticamente y en sección, etapas diferentes de un segundo procedimiento de fabricación de la pila de combustible según la figura 2.

10 Descripción de las realizaciones particulares

Una pila de combustible según la invención está constituida por una pluralidad de celdas elementales adyacentes conectadas en serie mediante elementos de conexión. La pila es, ventajosamente, una pila de combustible planar.

15 En una realización particular mostrada en la figura 2, dos celdas elementales están colocadas lado a lado sobre un soporte poroso 12 que tiene caras superior e inferior 12a y 12b, preferentemente planas.

El soporte poroso 12 está constituido, por ejemplo, por un material poroso. Igualmente, puede estar formado por un material no poroso en el que se han practicado canales. La porosidad del material poroso o el tamaño de los canales practicados en el material no poroso es, en cualquier caso, suficiente para permitir la difusión de los fluidos circulantes por la pila de combustible y especialmente del fluido combustible. El soporte poroso 12, además, es eléctricamente aislante y ventajosamente tiene un espesor comprendido entre 0,1 mm y 2 mm. Por ejemplo, puede estar constituido de un material seleccionado entre materiales cerámicos, polímeros, silicio y carburo de silicio.

25 Las dos celdas se han denominado respectivamente 11a y 11b en la figura 2, estando la celda 11a situada a la izquierda de la figura 2 (denominada igualmente primera celda) y estando la celda 11b a la derecha de la figura 2 (denominada igualmente segunda celda). Además, de forma general, en lo sucesivo de la memoria descriptiva, las referencias seguidas de la letra "a" se aplican a los elementos constitutivos de la celda 11a representada en la figura 2, mientras que las referencias seguidas de la letra "b" se aplican a los elementos constitutivos de la celda 11b.

30 Por claridad, cuando la descripción se aplica indiferentemente a ambas celdas 11a y 11b así como a sus elementos constitutivos, se omitirán los índices "a" y "b". Así, a modo de ejemplo, las celdas 11a y 11b y toda celda adicional, se denominarán 11.

35 Cada célula elemental 11 contiene:

- un montaje formado por un primer electrodo 13, por ejemplo un ánodo, una membrana electrolítica 14 ventajosamente sólida y un segundo electrodo 15, por ejemplo un cátodo
- y por colectores de corriente primero y segundo 16 y 17, asociados respectivamente a los electrodos primero y segundo 13 y 15.

Más concretamente, para cada célula elemental 11, el primer colector de corriente 16 de dicha celda 11 recubre una parte de la cara superior 12a del soporte poroso 12. El primer colector 16 está rodeado de zonas eléctricamente aislantes 18 que tienen, preferentemente, un espesor igual a la de los primeros colectores de corriente 16. El primer electrodo 13 recubre una parte del primer colector de corriente 16 con el que está asociado y la membrana electrolítica 14 está colocada sobre el conjunto. Así, la membrana electrolítica 14 recubre, por su parte inferior:

- el primer electrodo 13,
- la parte del primer colector de corriente 16 no recubierto por el primer electrodo 13 y las zonas aislantes 18 rodean el primer colector de corriente 16. Además, el segundo electrodo 15 y el segundo colector de corriente 17 están dispuestos sobre la parte superior de la membrana electrolítica 14 de cada celda 11. Así, en la figura 2, el segundo electrodo 15 está colocado sobre la membrana electrolítica, mientras que el segundo colector de corriente 17 está parcialmente dispuesto sobre la membrana electrolítica 14 y parcialmente sobre el segundo electrodo 15. Adicionalmente, el segundo electrodo 15 está dispuesto respecto del primer electrodo 14 y está separado del primer electrodo 14 por la membrana electrolítica 14.

60 Adicionalmente, las dos celdas elementales adyacentes 11a y 11b están conectadas en serie mediante un elemento conductor de material eléctricamente conductor. El elemento de conexión está situado entre las dos celdas adyacentes 11a y 11b. Este asegura, mediante colectores de corriente, la conexión de la primera celda 11a a la segunda celda 11b, que está adyacente a la primera celda 11a,

65 El elemento de conexión forma parte, junto al primer colector de corriente 16, de un elemento de unión 19, en forma de L invertida en relación a un eje perpendicular al soporte 12 (eje vertical en la figura 2).

El elemento de unión 19 está constituido, en efecto, por dos partes cada una de ellas constituida por un material común, eléctricamente conductor.

ES 2 359 869 T3

La primera parte es una película de base delgada, dispuesta sobre la cara superior 12a del soporte poroso 12 y que constituye el primer colector de corriente 16a de la primera celda 11a. La película de base delgada es una película porosa, lo que permite la difusión del combustible a través del primer colector de corriente 16a y que incorpora un material eléctricamente conductor.

5

La segunda parte es una rama 20, que prolonga perpendicularmente el primer colector de corriente 16a y que constituye el elemento de conexión. La rama 20 está constituida por el mismo material que el material eléctricamente conductor incorporado en la película de base delgada. Adicionalmente, si el material de la rama 20 es un material poroso y si la membrana electrolítica 14 está formada mediante secado de un material conductor iónico depositado en forma líquida, el material conductor iónico puede penetrar en el interior de los poros de la rama 20, de manera que forme una membrana electrolítica continua de una celda 11a a otra celda adyacente 11b, lo que favorece la resistencia mecánica de la membrana 14.

10

La rama 20 del elemento de unión 19 tiene, preferentemente, una longitud I superior o igual al espesor E de los apilamientos respectivamente formados por el primer colector de corriente 16a o 16b, el primer electrodo 13a o 13b y la membrana electrolítica 14a o 14b, las celdas primera y segunda 11a y 11b. La longitud I de la rama 20 está comprendida, por ejemplo, entre $1\ \mu\text{m}$ y $60\ \mu\text{m}$, mientras que la longitud L de la de la rama 20 puede estar comprendida entre $1\ \mu\text{m}$ y 2 mm. En la figura 2, una parte de la rama 20 sale de los dos montajes y puede conectarse al segundo colector de corriente 17b de la segunda celda 11b. Adicionalmente, el segundo colector de corriente 17b está en contacto directo con la rama 20 del elemento de unión 19. La rama 20 podría, sin embargo, estar conectada al segundo colector de corriente 17b por otros medios, como un hilo conductor. Adicionalmente, la rama 20 está en contacto con la membrana electrolítica 14a y 14b de los dos montajes de células adyacentes 11a y 11b, en todo el espesor de dicha membrana. Así, la rama 20 no está en contacto con uno de los electrodos de ambos montajes. Adicionalmente, no está en contacto con el segundo colector de corriente 17a de la primera celda 11a. Los dos primeros colectores de corriente 16a y 16b de ambas celdas adyacentes 11a y 11b, además, están separadas por zonas aislantes 18 (zona señalada como 18a en la figura 2).

15

20

25

Así, el elemento de unión 19 asegura, gracias a la película de base delgada 16a, la función de colector de corriente para la primera celda 11a y permite, gracias a la rama 20, la puesta en serie de dicha celda 11a con su vecina, la segunda celda 11b de la figura 2.

30

En la figura 2, la pila de combustible contiene igualmente un elemento de unión suplementario 21, que tiene una estructura idéntica a la del elemento de unión 19. La película de base de dicho elemento de unión 21 está constituida por el primer colector de corriente 16b de la segunda celda 11b, que está prolongado perpendicularmente por una rama (o elemento de conexión) 22, cuya longitud l es superior o igual al espesor E.

35

La rama 22 del elemento de unión suplementario 21 puede utilizarse para conectar el primer colector de corriente 16b de la segunda celda 11b al segundo colector de corriente de una celda suplementaria adyacente (no representada en la figura 2).

40

La rama 22 pueda igualmente, como se muestra en la figura 2, estar conectada a uno de los dos bornes de la pila de combustible, si la segunda celda 11b resulta ser una célula elemental del extremo, es decir una de las celdas colocadas en un extremo de la cadena de celdas elementales que forman la pila. Si los primeros colectores de corriente 16a y 16b son, ventajosamente, colectores de corriente anódicos, la rama 22, como se representa en la figura 2, está conectada al borne negativo de la pila. En ese caso, el elemento de unión suplementario 21 se denomina elemento de unión de extremo.

45

De manera análoga, el segundo colector 17a de la primera celda 11a puede conectarse al primer colector de corriente de otra celda adyacente (no representado en la figura 2), mediante otro elemento de unión. Así, el segundo colector 17a puede, como se ilustra en la figura 2, estar conectado al otro borne de la pila (borne positivo en la figura 2), si la primera celda 11a es una de las celdas elementales del extremo.

50

El material eléctricamente conductor que forma los elementos de conexión (o ramas) 20 y 22 e incorporado en los primeros colectores de corriente 16a, 16b, por ejemplo, se escoge entre un metal, carbono, o un material tal como una tinta conductora que contiene partículas metálicas o nanotubos de carbono, y sus mezclas.

55

Los primeros colectores de corriente constituidos por las películas delgadas de base porosa 16a, 16b están constituidos por una matriz porosa, eléctricamente aislante, tal como una cerámica, un polímero, silicio o carburo de silicio, y en la que se ha incorporado el material eléctricamente conductor. Pueden, igualmente, realizarse por impregnación de una pasta (por ejemplo por serigrafía) o una tinta (por ejemplo por impresión con chorro de tinta, por un sistema de administración micrométrica o "microdispensación", por pulverización) que contiene partículas metálicas tales como oro, acero inoxidable, cobre, aluminio, o partículas de carbono o su mezcla. Igualmente pueden realizarse mediante deposición física en fase vapor (PVD) o deposición química en fase vapor (CVD) o cualquier otra técnica derivada. Adicionalmente, como los primeros colectores de corriente son porosos, esta porosidad puede obtenerse directamente por formación de películas delgadas de base o tras una etapa de secado o de combustión del polímero, del carbono..., por ejemplo por calentamiento local, por ejemplo aplicación de un haz láser o de un haz infrarrojo o por tratamiento térmico en un horno o por combustión local.

65

ES 2 359 869 T3

Las zonas aislantes 18, colocadas sobre el soporte poroso 12 y que rodean los primeros colectores de corriente 16a y 16b, están constituidas por material poroso eléctricamente aislante igualmente en la composición de los primeros colectores de corriente 16a y 16b. El espesor de las zonas aislantes 18 está ventajosamente comprendido entre $0,1 \mu\text{m}$ y $40 \mu\text{m}$. Además, pueden realizarse mediante las técnicas utilizadas en el campo de la cerámica (serigrafía, colada en banda), la plasturgia o la microelectrónica.

Una pila de combustible de este tipo está ventajosamente fabricada realizando los elementos de unión 19, 21 separados entre sí por las zonas 18a antes de realizar los montajes de las celdas elementales 11a, 11b y los segundos colectores de corriente 17a, 17b de la pila. Los elementos de unión 19, 21 concretamente se realizan:

- formando, sobre el soporte poroso (12), los primeros colectores de corriente separados por las zonas 18, 18a
- y formando las ramas 20, 22 prolongando perpendicularmente dichas películas delgadas, estando formadas dichas ramas a partir del mismo material eléctricamente conductor.

Así, las zonas aislantes 18, y los colectores de corriente 16a y 16b, pueden ventajosamente realizarse a partir del depósito de una capa delgada. Esto permite obtener los colectores de corriente 16 y las zonas aislantes 18 con el mismo espesor, sin espacio libre entre ellos, evitando de este modo los problemas de fugas de combustible.

Las figuras 3 a 5 ilustran, por ejemplo, las primeras etapas de una realización particular de una pila de combustible de este tipo. Una capa delgada 23, de material poroso eléctricamente aislante, se deposita sobre la totalidad de la cara superior 12a del soporte poroso 12 (figura 4). Además, un material eléctricamente conductor se introduce o incorpora selectivamente en las partes predeterminadas de la capa delgada 23, con el fin de formar, tal como se representa en la figura 5, los primeros colectores de corriente 16a y 16b. Como se representa en la figura 5, las ramas 20 y 22 pueden formarse ventajosamente a la vez que los primeros colectores de corriente 16a y 16b siempre que estén constituidas por el mismo material que el incorporado en las partes predeterminadas de la capa delgada 23. Las ramas 20 y 22 pueden formarse análogamente tras la formación de los primeros colectores de corriente 16a y 16b, por ejemplo depositando localmente el mismo material que el incorporado en las partes de la capa delgada 23 destinadas a formar los primeros colectores de corriente 16a y 16b. Las ramas 20 y 22 pueden, por ejemplo, realizarse mediante serigrafía, por chorro de tinta. A continuación, se forman los montajes de las celdas 11a y 11b y los segundos colectores de corriente 17a y 17b.

El procedimiento de fabricación, así, queda simplificado y es más fácil de llevar a la práctica, ya que la conexión en serie entre todas las celdas elementales de una pila puede realizarse en una sola operación.

A modo de ejemplo, la capa delgada 23 está realizada depositando una capa delgada de cerámica porosa aislante, mediante serigrafía, sobre toda la cara superior 12a del soporte poroso 12. A continuación, una tinta conductora se introduce selectivamente por impregnación en las partes de la capa delgada 23 destinadas a formar los primeros colectores de corriente 16a y 16b. En ese momento, una etapa de secado permite la obtención de los colectores de corriente 16a y 16b y de las zonas aislantes 18. La impregnación de la capa delgada 23 mediante una tinta conductora se puede realizar en todo el espesor o bien solamente en una parte superior de la capa delgada 23 o bien más allá de la capa delgada 23, de forma que impregne igualmente el soporte poroso 12. Las ramas 20 y 22, a continuación, se realizan a partir de esta misma tinta depositada por ejemplo mediante serigrafía.

En una variante de realización representada en las figuras 6 a 9, la capa delgada 23 de material eléctricamente aislante puede sustituirse por una capa delgada 24 constituida por una matriz porosa eléctricamente aislante, en la que se ha incorporado un material eléctricamente conductor. En este caso, la etapa de depósito de la capa 24 va seguida de una etapa de eliminación selectiva de material eléctricamente conductor en las partes predeterminadas de la capa 24 correspondientes a las zonas aislantes 18 deseadas. Si el material eléctricamente conductor está basado en carbono, puede eliminarse selectivamente por calefacción localizada, por ejemplo por aplicación de un haz láser, de un haz infrarrojo o por combustión, permitiendo quemar localmente el material eléctricamente conductor basado en carbono. Las ramas 20 y 22, en particular, se forman tras la formación de los primeros colectores de corriente 16a y 16b, (figura 5). La formación de los elementos de unión 19 y 21 separados por una de las zonas aislantes 18 va seguida, a continuación, de la formación de los montajes de las células y de los segundos colectores de corriente.

Una pila de combustible según la invención presenta, de este modo, la ventaja de ser fácil y rápida de llevar a la práctica, permitiendo al mismo tiempo obtener densidades de potencia elevada y conservar una buena resistencia mecánica, una buena estanquidad, y una elevada "superficie activa".

En efecto, la puesta en serie de celdas elementales con elementos de unión como los representados en la figura 2 permite disminuir las pérdidas óhmicas ligadas a las resistencias de contacto, en el caso de aplicaciones que necesiten densidades de corriente elevadas ($> 300 \text{ mA/cm}^2$). En el caso de una puesta en serie de celdas elementales, por recorte de las celdas y pegado de los colectores de corriente, las medidas de las resistencias de contacto entre el colector anódico de una celda y el colector catódico de la celda vecina indican valores de $0,1 \text{ Ohm}$. En consecuencia, las pérdidas por efecto Joule son de aproximadamente $0,1 \text{ W}$ a 300 mA y 1 W a 1 A en el caso de una asociación de 10 celdas. O bien, el uso de los elementos de conexión 20 y 22 entre los colectores de corriente anódico 16 y catódico 17 respectivamente de celdas adyacentes permite disminuir considerablemente las pérdidas por efecto Joule, ya que la corriente se distribuye por una superficie mayor.

ES 2 359 869 T3

Adicionalmente, el uso de un soporte poroso que asegure la resistencia mecánica permite realizar membranas electrolíticas de espesores muy pequeños, lo que permite obtener densidades de potencia elevadas, así como la disminución de pérdidas por efecto Joule.

5 Adicionalmente, el uso ventajoso de un material común en las zonas aislantes y en los elementos de unión permite asegurar una continuidad entre estos dos elementos (misma altura, sin desplazamiento o solapamiento), lo que reduce los riesgos de fugas.

10 Finalmente, la escasa anchura de las ramas (o elementos de conexión), asociada al hecho que el soporte no necesita refuerzos suplementarios alrededor de las celdas, lo que permite aumentar la parte de “superficie activa” acordada a las celdas. Esto permite optimizar la superficie de la pila de combustible con el fin de obtener pilas que suministren una tensión elevada mediante la puesta en serie una elevado número de celdas elementales minimizando al mismo tiempo el tamaño de la pila.

15

Referencias citadas en la memoria descriptiva

Este listado de referencias citadas por el solicitante pretende únicamente ayudar al lector y no forma parte del documento de patente europea. Aunque se ha tenido mucho cuidado en esta recopilación, no pueden excluirse errores u omisiones, y la OEP excluye cualquier responsabilidad a este respecto.

20

Documentos de patente citados en la memoria descriptiva

• US 5863672 A [0006]

25

• US 20060228605 A [0007]

• JP 61121265 B [0009]

30

• WO 2007020242 A [0010]

Bibliografía no de patentes citada en la memoria descriptiva

• J.S. Wainright. Microfabricated fuel cells. *Electrochimica Acta*, 2003, vol. 48, 2869-2877 [0005]

35

40

45

50

55

60

65

REIVINDICACIONES

- 5 1. Pila de combustible constituida por un soporte poroso (12) sobre el que está dispuesta una pluralidad de celdas elementales (11, 11a, 11b), adyacentes, cada una de ellas comprende:
- un montaje formado por un primer electrodo (13, 13a, 13b), de una membrana electrolítica (14, 14a, 14b) y de un segundo electrodo (15, 15a, 15b)
 - 10 - y por colectores de corriente primero y segundo (16, 16a, 16b y 17, 17a, 17b), estando dichas celdas elementales (11, 11a, 11b) conectadas en serie mediante elementos de conexión dispuestos entre dos celdas adyacentes (11a, 11b) para conectar el primer colector de corriente (16a) de una celda (11a) al segundo colector de corriente (17b) de la celda adyacente (11b),
- 15 pila **caracterizada** porque:
- el primer colector de corriente (16a) está constituido por una película de base delgada constituida por una matriz porosa eléctricamente aislante en la que se incorpora un material eléctricamente conductor y está colocado sobre el soporte poroso (12),
 - 20 - cada elemento de conexión está formado por una rama (20) constituida por dicho material eléctricamente conductor prolongando perpendicularmente la película de base delgada y unida al segundo colector de corriente (17b) de dicha celda adyacente (11b), estando dicha rama (20) en contacto con la membrana electrolítica (14, 14a, 14b) de dichos montajes, en todo el espesor de dicha membrana
 - 25 - y una zona (18a), constituida por un material poroso eléctricamente aislante y colocada sobre el soporte poroso (12), separa ambas películas delgadas de base de dos celdas adyacentes (11a, 11b), siendo el material poroso eléctricamente aislante de la zona (18a) idéntico al que constituye la matriz porosa de dichas películas delgadas de base.
- 30 2. Pila de combustible según la reivindicación 1, **caracterizada** porque la pila está constituida por dos bornes conectados respectivamente a los colectores de corriente primero y segundo (16b y 17a) respectivos de las celdas elementales colocadas en los extremos de la pila.
- 35 3. Pila de combustible según una de las reivindicaciones 1 y 2, **caracterizada** porque el material poroso eléctricamente aislante se selecciona entre materiales cerámicos, polímeros, silicio y carburo de silicio.
- 40 4. Pila de combustible según una cualquiera de las reivindicaciones 1 y 3, **caracterizada** porque el material eléctricamente conductor se escoge entre un metal, carbono, o un material que contenga partículas metálicas o nanotubos de carbono, y sus mezclas.
- 45 5. Pila de combustible según una cualquiera de las reivindicaciones 1 y 4, **caracterizada** porque las dos películas de base delgadas y dicha zona (18a) de material poroso eléctricamente aislante tienen el mismo espesor.
- 50 6. Procedimiento de fabricación de una pila de combustible según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, **caracterizada** porque la formación de los conjuntos de celdas elementales (11a, 11b) y los segundos colectores de corriente (17a, 17b) de la pila va precedida de una etapa de formación de elementos de unión (19, 21) separadas entre sí por la zona (18, 18a), dicha etapa consiste en:
- formar, sobre el soporte poroso (12), los primeros colectores de corriente separados por la zona (18, 18a)
 - y formar las ramas (20, 22) prolongando perpendicularmente dichas películas delgadas, estando formadas dichas ramas (20, 22) a partir del mismo material eléctricamente conductor.
- 55 7. Procedimiento de fabricación de una pila de combustible según la reivindicación 6, **caracterizada** porque las ramas (20, 22) se forman al mismo tiempo que los primeros colectores de corriente (16a, 16b).
- 60 8. Procedimiento de fabricación de una pila de combustible según la reivindicación 6, **caracterizada** porque las ramas (20, 22) se forman a continuación de los primeros colectores de corriente (16a, 16b).
- 65 9. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 6 a 8, **caracterizado** porque la formación de los primeros colectores de corriente (16a, 16b) consiste en:
- depositar, sobre el soporte poroso (12), una capa delgada de material poroso eléctricamente aislante (23)
 - e incorporar selectivamente el material eléctricamente conductor en las partes predeterminadas de dicha capa delgada (23), constituyendo dichas partes los primeros colectores de corriente (16a, 16b).

ES 2 359 869 T3

10. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 6 y 7, **caracterizado** porque la formación de los primeros colectores de corriente (16a, 16b) consiste en:

- depositar, sobre el soporte poroso (12), una capa delgada de material poroso eléctricamente aislante (24) que incorpora dicho material eléctricamente conductor,
- y eliminar selectivamente dicho material eléctricamente conductor de las partes predeterminadas de dicha capa delgada (24), constituyendo dichas partes las zonas (18, 18a) que separan los primeros colectores de corriente (16a, 16b).

11. Procedimiento según la reivindicación 10, **caracterizado** porque como el material eléctricamente está basado en carbono, la eliminación selectiva de dicho material se realiza por calentamiento local de dichas partes predeterminadas.

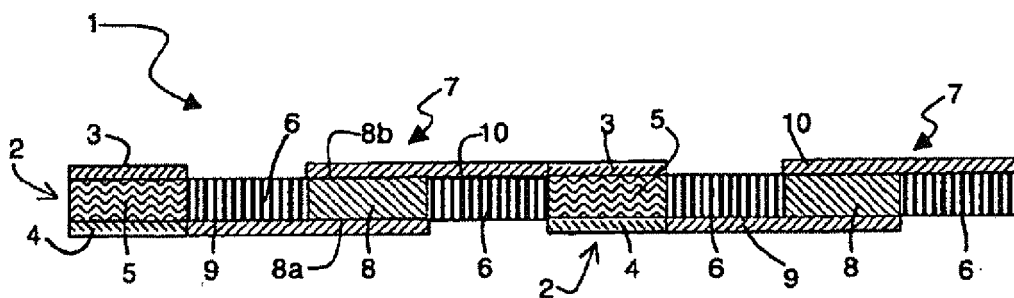


Fig. 1 (técnica anterior)

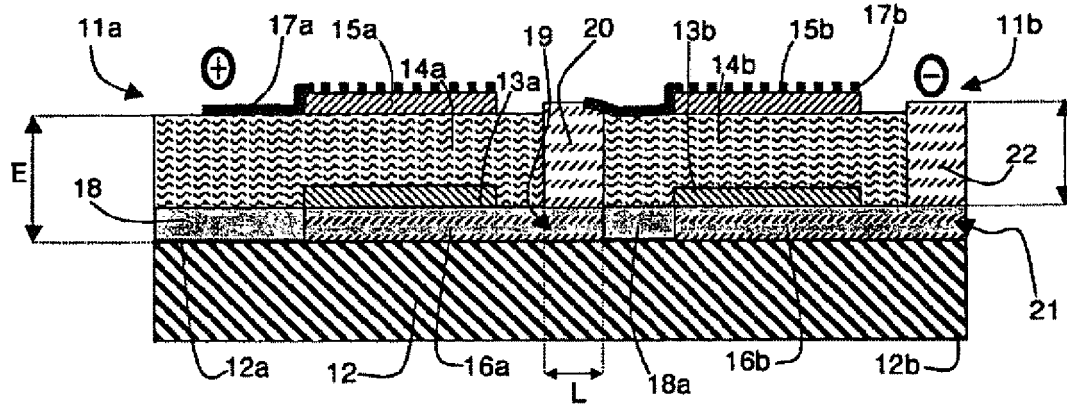


Fig. 2

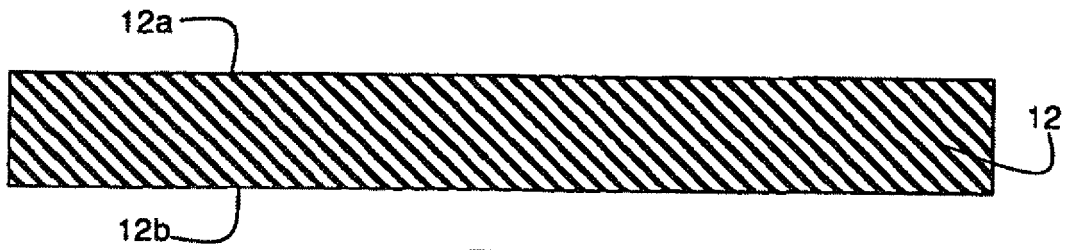


Fig. 3

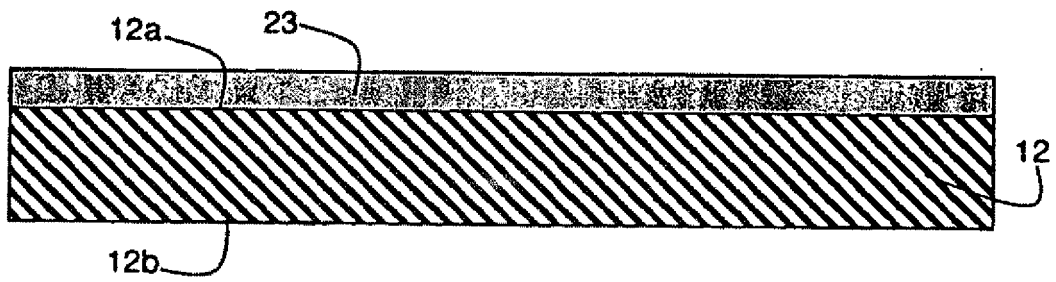


Fig. 4

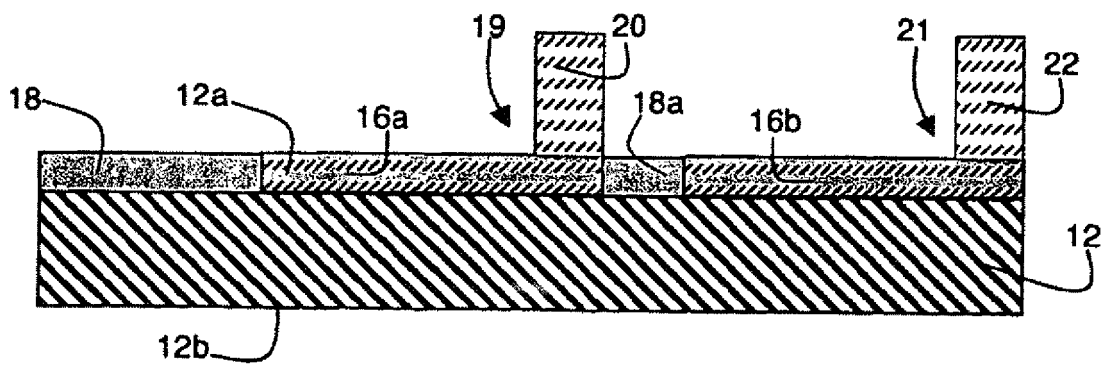


Fig. 5

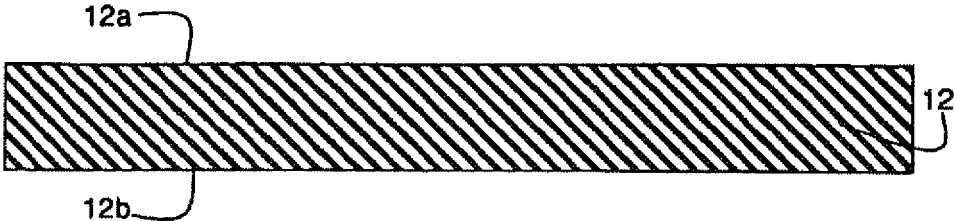


Fig. 6

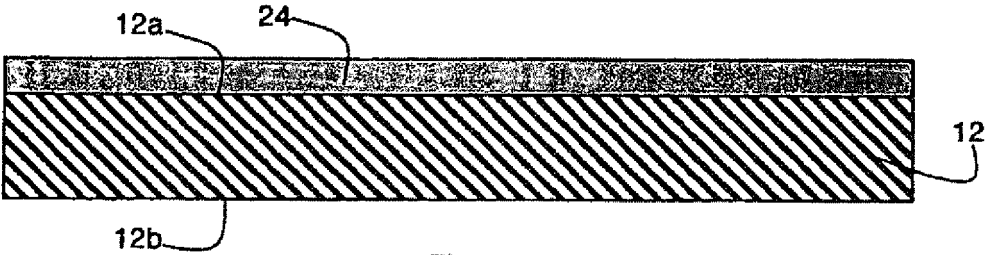


Fig. 7

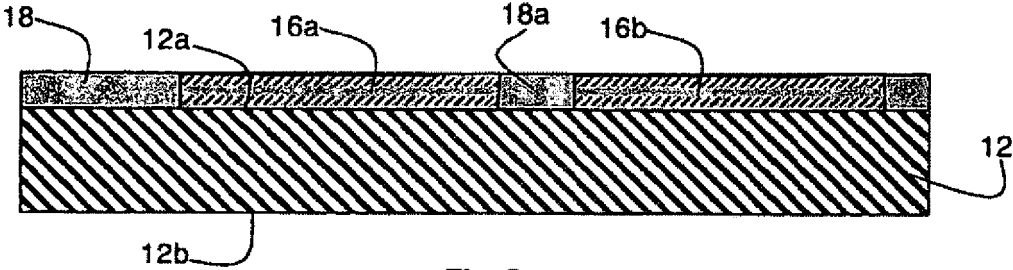


Fig. 8

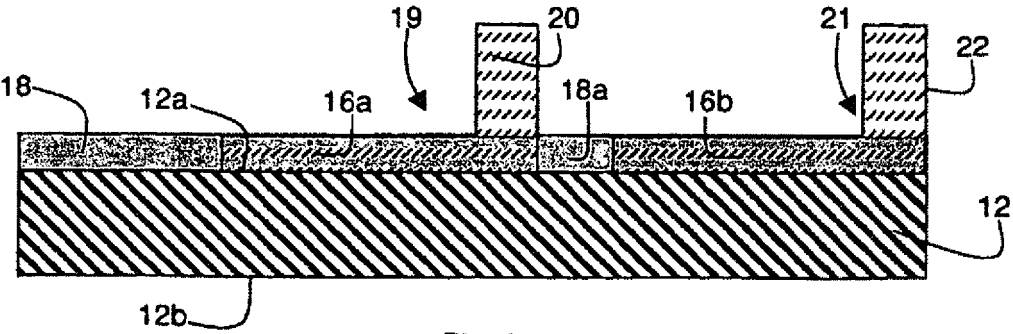


Fig. 9