

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 671 183**

51 Int. Cl.:

H01M 8/0206 (2006.01)

H01M 8/023 (2006.01)

H01M 8/0254 (2006.01)

H01M 8/026 (2006.01)

H01M 8/1007 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **22.06.2009 PCT/US2009/003701**

87 Fecha y número de publicación internacional: **30.12.2009 WO09157981**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **22.06.2009 E 09770520 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **11.04.2018 EP 2294646**

54 Título: **Célula de combustible con limitaciones de transferencia de masa reducidas**

30 Prioridad:

23.06.2008 US 74805

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

05.06.2018

73 Titular/es:

**NUVERA FUEL CELLS, LLC (100.0%)
129 Concord Road, Building 1
Billerica, MA 01821, US**

72 Inventor/es:

**BLANCHET SCOTT C.;
CONTI AMADEO y
CROSS, JAMES C.**

74 Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 2 671 183 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

Célula de combustible con limitaciones de transferencia de masa reducidas

5 Referencias cruzadas a solicitudes relacionadas

Esta solicitud reivindica el beneficio de la Solicitud Provisional de Estados Unidos nº. 61/074.805, presentada el 23 de junio de 2008.

10 Campo técnico

La presente divulgación se refiere al campo de las células de combustible con membrana de electrolito polimérica.

Antecedentes

15 Una célula de combustible con membrana de electrolito de polímero ("PEM") convencional tiene una membrana de polímero que sirve como un electrolito, que soporta la conducción de protones de acuerdo con su nivel de hidratación. La membrana de polímero tiene dos superficies (o dos lados). Una superficie está en contacto con una capa de catalizador del electrodo del ánodo, mientras que la otra superficie está en contacto con una capa de catalizador del electrodo del cátodo. El catalizador del ánodo efectúa la disociación del hidrógeno en sus protones y electrones constituyentes: los protones migran a través de la membrana desde su lado del ánodo hasta su lado del cátodo, donde se recombinan con especies de oxígeno activadas para formar agua en presencia del catalizador del cátodo. En los documentos US 5565072 A y WO 2007/148176 se describen celdas electroquímicas que están provistas de separadores porosos en los compartimentos anódico y catódico, respectivamente.

25 Sumario

La presente invención proporciona una célula de combustible con membrana de electrolito polimérica como se define en las reivindicaciones. La célula de combustible comprende un paquete electroquímico que comprende un cátodo, un ánodo y una membrana de polímero interpuesta entre el cátodo y el ánodo. Comprende además una primera y una segunda placas bipolares, un compartimento del ánodo dispuesto entre la primera placa bipolar y el ánodo del paquete electroquímico, y un compartimento del cátodo dispuesto entre la segunda placa bipolar y el cátodo del paquete electroquímico. Además, al menos una de la primera y la segunda placas bipolares es una lámina de metal conformada, y cualquiera del compartimento del ánodo o del cátodo comprende un separador poroso.

Como se divulga en la presente memoria, la lámina de metal conformada es una lámina de metal que tiene una forma geométrica no plana. Puede tener crestas y surcos, una pluralidad de protuberancias y muescas, una pluralidad de orificios, o de otro modo canales para los pasajes de fluido. El separador poroso se elige entre una lámina de metal perforada, una espuma de metal, una espuma de grafito, una malla de metal expandida y una malla de alambre de metal, o un conjunto compuesto de tales componentes

Además, una célula de combustible descrita aquí puede tener el ánodo de su paquete electroquímico en contacto con una lámina de metal conformada y el cátodo de su paquete electroquímico en contacto con un separador poroso. La célula de combustible también puede comprender un separador poroso adicional interpuesto entre la lámina de metal conformada y el ánodo.

Además, una célula de combustible divulgada aquí puede tener el cátodo de su paquete electroquímico en contacto con una lámina de metal conformada y el ánodo de su paquete electroquímico en contacto con un separador poroso. La célula de combustible puede comprender también un separador poroso adicional interpuesto entre la lámina de metal conformada y el cátodo.

Esta divulgación proporciona también una pila de células de combustible. La pila de células de combustible comprende una pluralidad de paquetes electroquímicos, que comprenden cada uno un ánodo, un cátodo, una membrana de polímero interpuesta entre el ánodo y el cátodo, así como una pluralidad de conjuntos de placas bipolares, donde los paquetes electroquímicos y los conjuntos de placas bipolares se colocan alternativamente de modo que se interpone un paquete electroquímico entre dos conjuntos de placas bipolares y se interpone un conjunto de placas bipolares entre dos paquetes electroquímicos (o entre un paquete electroquímico y un conjunto de placas terminales).

Como se utiliza en la presente memoria, un conjunto de placa bipolar, que es una combinación de componentes de la célula de combustible, comprende al menos una placa bipolar y al menos otro componente unido o adyacente a la placa bipolar. En ciertas realizaciones, el conjunto de placa bipolar comprende una placa bipolar plana con una lámina de metal conformada unida o adyacente a un lado y un separador poroso unido o adyacente al otro lado. En ciertas realizaciones, el conjunto de placa bipolar puede comprender también dos láminas de metal conformadas apiladas juntas, formando un espacio entre las mismas que puede servir como paso de fluido refrigerante.

Descripción de dibujos

Las Figuras 1A - 1E son ilustraciones esquemáticas de ejemplos de láminas de metal conformadas en esta divulgación.

5 La Figura 2A - 2D es una ilustración esquemática de una realización de una célula de combustible de acuerdo con esta divulgación y diversos patrones de contacto con el paquete electroquímico.

La Figura 3 es una ilustración esquemática de otra realización de una célula de combustible de acuerdo con esta divulgación.

10 La Figura 4 es una ilustración esquemática de una realización de célula de combustible no de acuerdo con esta invención.

La Figura 5 es un gráfico de datos que muestra la resistencia de contacto de una combinación de ciertos componentes de células de combustible cuando se ensamblan.

Descripción detallada

15 Como se divulga en la presente memoria, un conjunto de electrodo de membrana ("MEA") se refiere a una membrana de polímero que tiene un catalizador del ánodo en un lado y un catalizador del cátodo en el reverso. Un medio conductor conocido como capa de difusión de gas ("GDL") se puede unir o situar junto a uno o ambos lados del MEA. La capa de difusión de gas se fabrica de papel carbón, tela de grafito u otros materiales porosos, flexibles y eléctricamente conductores, o conjuntos compuestos de los mismos.

25 En ciertas realizaciones, el catalizador del electrodo puede aplicarse directamente sobre la superficie de la membrana de polímero. En realizaciones adicionales, el catalizador del electrodo puede incorporarse en la capa de catalizador adyacente a la membrana de polímero. Como alternativa, el catalizador se puede aplicar sobre una capa de difusión de gas, que después se une químicamente, se une mecánicamente o se coloca adyacente a la membrana de polímero, con el catalizador interpuesto entre la capa de difusión de gas y la membrana de polímero. En el primer caso, la capa de difusión de gas no es necesaria para que funcione la célula de combustible. Como se describe aquí, un paquete electroquímico ("ECP") se refiere a un componente que comprende un MEA con capas de difusión de gas unidas a ambos lados, o un MEA con una sola capa de difusión de gas unida a un lado, o un MEA sin una capa de difusión de gas adjunta. Por consiguiente, el ánodo de un ECP se refiere al lado del ECP que contiene el catalizador del ánodo y el cátodo de un ECP se refiere al lado del ECP que contiene el catalizador del cátodo, con o sin una capa de difusión de gas unida a la misma. Por lo tanto, cuando un componente de célula de combustible está en contacto directo con un electrodo del ECP, puede estar en contacto directo con el catalizador, la capa de catalizador o en contacto directo con la capa de difusión de gas.

35 Un gas combustible, por ejemplo, un gas que contiene hidrógeno, se alimenta al compartimiento del ánodo, que es el espacio entre el ánodo del ECP y una barrera de gas eléctricamente conductora (por ejemplo, grafito o metal), es decir, una placa bipolar. Un gas oxidante, por ejemplo, un gas que contiene oxígeno, tal como aire, se alimenta al compartimiento del cátodo, que es el espacio entre el cátodo del ECP y una placa bipolar. Se pueden utilizar separadores para crear pasos de fluido en el compartimiento del ánodo y en el compartimiento del cátodo, respectivamente. El separador se puede fabricar de un material que sea eléctricamente conductor y por diseño permite el paso de fluidos.

45 En ciertas realizaciones, una única célula de combustible comprende un ECP, un compartimiento del ánodo, un compartimiento del cátodo, dos placas bipolares, y opcionalmente uno o más separadores. Una "pila de células de combustible" comprende múltiples células de combustible individuales conectadas eléctricamente en serie, usualmente con una celda de enfriamiento interpuesta entre el compartimiento del ánodo de una célula de combustible y el compartimiento del cátodo de otra célula de combustible. Un fluido de refrigeración, gaseoso o líquido o de múltiples fases, pasa a través de la celda de enfriamiento, e intercambia calor con los compartimientos del ánodo y del cátodo adyacentes para proporcionar el control de la temperatura en su interior. Además o como alternativa, un refrigerante líquido a base de agua puede mezclarse con el gas del ánodo o el gas del cátodo dentro del compartimiento del ánodo o del cátodo para lograr el control de temperatura.

55 Como se utiliza en la presente memoria, una estructura porosa es una estructura que consiste en tanto material estructural como espacio vacío accesible, donde "material estructural" significa material sólido y cualquier espacio vacío inaccesible asociado al mismo, donde "espacio vacío accesible" significa un espacio vacío que está disponible para soportar el flujo irrestricto de fluidos a través de la estructura porosa, donde la estructura está "abierta" en el sentido de que dos puntos dentro del espacio vacío accesible de la estructura se pueden conectar mediante una suave trayectoria imaginaria que reside completamente dentro del espacio vacío de la estructura, donde el término "suave" significa que la línea tiene un vector tangente definido de manera única en cualquier punto a lo largo de la misma, donde la frase "soportar el flujo irrestricto de fluidos" significa que para cualquier trayectoria antes mencionada el criterio de no interferencia queda satisfecho, lo que significa que para cualquier punto en la línea de trayectoria, un círculo (a) que tiene dicho punto como su centro, (b) que descansa en un plano normal al vector tangente de la línea de trayectoria en dicho punto, y (c) que tiene un radio de 5 micrómetros, no interseca ningún material sólido, y donde el término "dentro" significa dentro del casco convexo de la estructura cuando se ensambla con otros componentes en una configuración de célula de combustible .

Los separadores basados en estructuras porosas así descritas se diferencian de los separadores que contienen una pluralidad de pasos de flujo discretos en que están separados físicamente y son distintos entre sí. En ciertas realizaciones, uno o más separadores se colocan en el compartimento del ánodo y/o del cátodo de una célula de combustible, conectando eléctricamente el ECP y una placa bipolar. Los separadores pueden ser de una estructura porosa o una estructura no porosa.

Un separador poroso adecuado es una lámina de metal perforada. Una lámina de metal perforada tiene matrices de perforaciones, por ejemplo, orificios redondos, orificios hexagonales, orificios cuadrados, orificios ranurados, etc. Antes de su instalación como un separador en un compartimento de la célula de combustible, una lámina de metal perforada puede procesarse para formar una forma geométrica no plana. Por ejemplo, puede ser estamparse para formar crestas y surcos ondulados, o muescas y protuberancias, u otras formas geométricas. Un ejemplo de una lámina de metal perforada que está disponible comercialmente se puede obtener a partir de McNichols Co., Tampa, FL. Cuando se instala entre una placa bipolar y un ECP, la lámina de metal perforada permite pasos de flujo a lo largo de sus superficies, así como a través de las perforaciones en la placa metálica.

Otro separador poroso adecuado es una malla de metal expandida. Una malla de metal expandida se fabrica de láminas de metal sólidas que están uniformemente cortadas y estiradas para crear aberturas de ciertas formas geométricas, por ejemplo, una forma de diamante. En un metal expandido estándar, cada hilera de aberturas en forma de diamante se compensa con respecto a la siguiente, creando una estructura irregular. La lámina de metal expandida estándar puede enrollarse para producir un metal expandido aplanado.

Un separador poroso adecuado es una malla de alambre de metal, que se puede fabricar tejiendo o soldando alambres metálicos entre sí, o simplemente uniendo o colocando láminas perforadas o rejillas metálicas adyacentemente entre sí. Tanto la malla de alambre de metal como la malla de metal expandida están disponibles comercialmente, por ejemplo, por Mechanical Metals, Inc. de Newtown, PA. Cuando se utiliza como separador, la malla de metal expandida y la malla de alambre de metal pueden procesarse primero para formar una forma geométrica no plana.

También se puede utilizar una pieza de espuma metálica o espuma de grafito como separador. La espuma tiene una estructura reticulada con una red interconectada de ligamentos. Debido a esta estructura única, el material de espuma en un estado no comprimido puede tener una porosidad que alcanza al menos el 75 %, como, por ejemplo, más del 80 %, más del 85 %, más del 90 %, más del 95 %, y hasta el 98 %. Las espumas de metal están comercialmente disponibles, por ejemplo, por Porvair Advanced Materials, Inc., Hendersonville, NC. Las espumas de grafito están también disponibles comercialmente, por ejemplo, de Poco Graphite, Inc., Decatur, TX.

Cuando un separador y un ECP se comprimen juntos, el área de contacto es inferior al 75 %, tal como, por ejemplo, un área inferior al 50 %, un área que varía entre el 1 % y el 35 %, un área que varía del 2 % al 25 %, y un área que varía del 5 % al 15 % del área superficial geométrica total del ECP. En consecuencia, una gran área del ECP está expuesta y es fácilmente accesible al reactivo en el compartimento del cátodo o del ánodo. En consecuencia, la limitación de transferencia de masa para que el reactivo alcance el catalizador en el ECP se reduce. Como resultado, las células de combustible que comprenden separadores porosos pueden operar a altas densidades de potencia, por ejemplo, al menos 1,0 vatios/cm².

La célula de combustible puede comprender una placa bipolar no plana fabricada de una lámina de metal conformada. Tal como se utiliza en la presente memoria, una lámina de metal conformada se refiere a una lámina de metal que tiene una forma geométrica no plana. Puede tener una superficie elevada o en relieve. Puede ser una lámina de metal corrugada con crestas y surcos ondulantes. También puede tener muescas y protuberancias discontinuas.

Se puede hacer una lámina de metal conformada en un proceso de conformado de chapa tal como estampado. También puede formar canales mediante la eliminación de parte del material de la superficie, tal como mediante grabado al agua fuerte y grabado con láser, de modo que el espesor de la chapa varía. Se pueden formar canales cerrados entre la superficie elevada de una lámina de metal conformada con una superficie plana adyacente, tal como un ECP. En consecuencia, una pieza de lámina de metal conformada puede servir como una placa bipolar que delimita un compartimento del cátodo o del ánodo, así como un separador dentro del compartimento del cátodo o del ánodo en una célula de combustible.

La Figura 1A muestra un ejemplo de una lámina de metal conformada que comprende matrices de protuberancias que sobresalen desde un lado de la lámina de metal, es decir, "protuberancias de una sola cara". La Figura 1B muestra un perfil de la lámina de metal conformada de la Figura 1A en una sección transversal perpendicular a la lámina de metal. En esta realización, una protuberancia en un lado de la lámina de metal corresponde a una muesca en el reverso. Además, hay áreas cerca de las bases de las protuberancias que son sustancialmente planas y están sustancialmente en el mismo plano de nivel. Si la lámina de metal conformada está intercalada entre dos placas planas, los pasos de flujo existen solo entre el lado que tiene las protuberancias y la placa plana adyacente. Sin embargo, no existen canales de flujo en el reverso, porque la parte plana de la superficie está cubierta por la placa plana y las muescas no están interconectadas, formando ningún paso de flujo.

La Figura 1C muestra un ejemplo de una lámina de metal conformada que comprende protuberancias en ambos lados de la lámina de metal, es decir, protuberancias de doble cara. En este ejemplo, no hay un área plana entre protuberancias adyacentes. La Figura 1D muestra el perfil de una lámina de metal conformada de la Figura 1C en una sección transversal perpendicular a la lámina de metal. Cuando dicha lámina de metal conformada se intercala
5 entre dos placas planas, las protuberancias entran en contacto con las placas planas en ambos lados de la lámina de metal, formando pasos de flujo en ambos lados de la lámina de metal conformada.

La Figura 1E muestra otro ejemplo de una lámina de metal conformada con protuberancias de doble cara, en la que las protuberancias tienen la forma de un tronco. Como se ilustra en la Figura 1B, 1C y 1E, el perfil de las protuberancias puede ser curvilíneo (como en las Figuras 1B y 1D), o compuesto por segmentos de línea recta (Figura 1 E), o compuesto tanto por segmentos de línea recta como curvas.

La altura de las protuberancias "H", definida como la distancia más corta entre dos planos imaginarios paralelos (es decir, Plano A y Plano B en las Figuras 1B, 1D y 1F) que intercala la lámina de metal conformada, varía de 0,05 a 5,0 mm, tal como, por ejemplo, de 0,1 a 3,0 mm, de 0,2 a 2,0 mm, de 0,3 a 1,0 mm y de 0,4 a 0,6 mm. La densidad de las protuberancias varía de 1 a 10.000 protuberancias por centímetro cuadrado de la lámina de metal conformada, como, por ejemplo, de 5 a 400 protuberancias/cm², de 10 a 400 protuberancias/cm², de 10 a 200 protuberancias/cm², y de 20 a 200 protuberancias/cm².

La disposición de las protuberancias puede ser 1) hexagonal, lo que significa que una protuberancia está rodeada por seis protuberancias vecinas que forman un hexágono; 2) en un patrón cuadrado, lo que significa que cuatro protuberancias vecinas pueden formar un cuadrado; o 3) otros patrones geométricos y mezclas de los mismos.

La distribución de protuberancias a través de la lámina de metal conformada puede ser uniforme o variada. Por ejemplo, las áreas seleccionadas de la lámina de metal conformada, por ejemplo, cerca de la entrada o salida de un fluido, o alrededor del centro de la lámina de metal, pueden tener una densidad de protuberancias más alta que el resto de la lámina de metal conformada.

El tamaño, la altura y la forma de las protuberancias a través de la lámina de metal conformada pueden ser uniformes o variados. Como se utiliza en la presente memoria, el tamaño de una protuberancia se define como el área de la superficie que tiene como su periferia el lugar de los puntos de infección en la superficie sólida más externa de la protuberancia. Las protuberancias pueden tener un tamaño más pequeño en un área donde la densidad de las protuberancias es alta, o viceversa. En una célula de combustible ensamblada, las protuberancias en una lámina de metal conformada pueden tener también tamaños más pequeños en un área cercana a una entrada o salida de un reactivo cuando se compara con las protuberancias en otras áreas de la lámina de metal conformada. Además, una protuberancia puede tener un tamaño diferente al de sus protuberancias vecinas. Las protuberancias pueden alargarse en la dirección del flujo para reducir la resistencia al flujo, o a través de la dirección del flujo para mejorar la mezcla, y pueden distribuirse de tal manera que mejoren preferentemente estos efectos. En ciertas realizaciones, el área de las protuberancias varía de 0,000025 a 1,0 cm², tal como, por ejemplo, de 0,0005 a 0,8 cm², de 0,0001 a 0,5 cm², y de 0,001 a 0,2 cm².

Una de las realizaciones en esta divulgación se ilustra en la Figura 2A. La célula de combustible comprende un ECP, que tiene una membrana de polímero (105) y dos capas de difusión de gas (104, 106). Los catalizadores del ánodo y del cátodo (no mostrados) residen entre la membrana de polímero y las capas de difusión de gas (104) y (106) respectivamente. Una lámina de metal conformada con protuberancias de doble cara (102) se coloca entre una placa bipolar plana (101) y el ECP. El espacio (113) entre la lámina de metal conformada (102) y el ECP es el paso de fluido para el gas combustible, es decir, el compartimento del ánodo. El espacio (112) entre la lámina de metal conformada (102) y la placa bipolar (101) constituye el paso para un fluido de refrigeración, es decir, la celda de enfriamiento.

El separador (103) en el compartimento del cátodo puede ser una pieza de material poroso tal como una lámina de metal perforada, espuma de metal o grafito, malla de metal expandida o malla de alambre de metal. El mismo conecta eléctricamente el cátodo del ECP y una placa bipolar (101).

Un aspecto de la realización de acuerdo con la Figura 2A es que el compartimento del ánodo se puede utilizar como un compartimento del cátodo, y viceversa, sin cambiar el separador o las placas bipolares. Esto puede lograrse, por ejemplo, invirtiendo el ECP de manera que el cátodo del ECP delimite el espacio (113) y el ánodo del ECP se ponga en contacto con el separador (103).

Otro aspecto de la realización de acuerdo con la Figura 2A es que el patrón de los puntos de contacto entre la lámina de metal conformada (102) y el ECP y el patrón de los puntos de contacto entre el separador (103) y el ECP son diferentes. Por ejemplo, la Figura 2B ilustra el patrón de contacto entre las protuberancias en la lámina de metal conformada y el ECP, que comprende matrices de puntos. Los puntos tienen un diámetro promedio "D", mientras que la distancia convencional entre dos puntos adyacentes es "L". Los parámetros de tamaño "D" y "L" se definirán de forma similar para el caso en el que las protuberancias tengan tamaños variables o estén distribuidas de forma no uniforme.

- Por otro lado, la Figura 2C ilustra el patrón de contacto entre el ECP y un separador, tal como una malla de metal, que se asemeja a una rejilla que tiene líneas verticales y horizontales. La anchura promedio o representativa de la línea es " δ " y la distancia convencional entre dos líneas adyacentes es " λ ". La Figura 2D ilustra otro patrón de contacto posible entre el ECP y un separador, tal como una espuma metálica. En el patrón de contacto de acuerdo con la Figura 2D, los puntos de contacto entre el ECP y la espuma metálica tienen un diámetro promedio " d " y una distancia promedio " l ". Por consiguiente, " L ", " λ " e " l " son dimensiones características de los pasos de fluido cerca de la superficie del ECP, mientras que " D ", " δ " y " d " son dimensiones características de los puntos de contacto con el ECP.
- Un aspecto de las realizaciones de acuerdo con las Figuras 2A-2D es que los valores de " L/λ " y " L/l " son mayores que 1, tal como, por ejemplo, variando de 1 a 100, o variando de 2 a 50, o de 35 a 30. En ciertas realizaciones, los valores de " D/δ " y " D/d " son también mayores que 1, tal como, por ejemplo, variando de 1 a 2100, o variando de 2 a 1050, o de 35 a 7530.
- Un aspecto adicional de la realización de la célula de combustible en la Figura 2A es que puede operar con una presión más alta en el compartimiento con las dimensiones características más grandes que la del compartimiento con las dimensiones características más pequeñas. El ECP se fabrica de materiales blandos y puede deformarse si existe una diferencia de presión entre el compartimiento del ánodo y del cátodo. En este caso, el diferencial de presión ejerce una fuerza sobre el ECP, empujándolo contra el separador (103). Sin embargo, el separador (103) es un material poroso, es decir, una malla de metal o una espuma de metal, cuyos puntos de contacto con el ECP se distribuyen por toda la superficie del ECP como se muestra en la Figura 2C y en la Figura 2D. En consecuencia, la fuerza en el ECP puede absorberse uniformemente por el separador y el ECP tiende a no deformarse. Incluso si se produce una deformación, el gas reactivo aún puede pasar a través de los poros del separador y acceder al electrodo del ECP.
- Otra realización de esta divulgación se ilustra en la Figura 3. En una célula de combustible de acuerdo con esta realización, un separador adicional (107) se interpone entre la lámina de metal conformada (102) y el ECP en el compartimiento anódico. El separador (107) puede ser una pieza de material poroso, tal como una lámina de metal perforada, espuma de metal o grafito, malla de alambre de metal tejida o soldada, o malla de metal expandida. En esta realización, la lámina de metal conformada (102) está en contacto con el separador (107).
- La célula de combustible representada en la Figura 4 no es una realización de la invención como se define en las reivindicaciones. No tiene una placa bipolar plana. En cambio, dos láminas de metal conformadas (502) se apilan juntas, en la que las protuberancias de las láminas de metal se oponen pero se ponen en contacto entre sí. El espacio (512) entre las dos láminas de metal conformadas (502) puede servir como una celda de enfriamiento. El espacio entre un lado del ECP y su lámina de metal conformada adyacente, por ejemplo, (513) o (514), puede ser el paso de flujo para el gas combustible (es decir, el compartimiento del ánodo) o el gas del cátodo (es decir, el compartimiento del cátodo). En consecuencia, se puede construir una pila de células de combustible que comprende células de combustible de esta realización apilando alternativamente entre sí un ECP y dos láminas de metal conformadas. Además, las dos láminas de metal conformadas se pueden unir juntas como un conjunto de placa bipolar.
- Un aspecto de la realización de acuerdo con la Figura 4 es que las protuberancias en la lámina de metal conformada adyacente (502) pueden no estar alineadas, con la condición de que pueda mantenerse un espacio entre las dos láminas de metal conformadas en una célula de combustible ensamblada.
- En ciertas realizaciones, los espacios (513) y (514) de la Figura 4 pueden comprender además uno o más separadores de un cuerpo poroso, tal como una lámina de metal perforada, una espuma de metal, una espuma de grafito, una malla de metal gastada y una malla de alambre de metal. En otras realizaciones, es posible que las láminas de metal conformadas (502) no sean idénticas en forma geométrica, dimensiones características o material de construcción.
- Un aspecto de las realizaciones divulgadas en la presente memoria es que las placas bipolares y los separadores se pueden unir entre sí para formar conjuntos de placas bipolares. Por ejemplo, en las células de combustible de la Figura 2, el separador (103), o la lámina de metal conformada (102), o ambos pueden unirse a la placa bipolar plana (101). Asimismo, en la Figura 3, dos o más componentes adyacentes entre el separador (103), la placa bipolar plana (101), la lámina formada (102) y el separador (107) se pueden unir entre sí. Se puede construir una pila de células de combustible apilando alternativamente un ECP y un conjunto de placas bipolares de manera repetitiva.
- La construcción del conjunto de placa bipolar puede realizarse mediante compresión, soldadura, soldadura fuerte, adhesión o sellado elastomérico. La unión entre los componentes adyacentes se puede lograr también utilizando medios mecánicos de sujeción tales como abrazaderas, clips o broches de presión. Al hacerlo, la unión se puede liberar retirando los medios de sujeción con poco daño a los componentes de la célula de combustible.
- La Figura 5 muestra la resistencia de contacto de una pila de células de combustible divulgada en la presente memoria. La pila de células de combustible de la Figura 2 se modificó eliminando el ECP (104, 105 y 106). El

conjunto restante se comprimió y su resistencia de contacto se midió a varias presiones de compresión. Como se muestra en la Figura 5, la resistencia de los separadores en una célula de combustible a la presión de contacto de 22 kgf/cm^2 fue de aproximadamente $18 \text{ m}\Omega/\text{cm}^2$.

- 5 Será evidente para los expertos en la materia que pueden ser diversas modificaciones y variaciones. La presente invención cubre todas estas modificaciones y variaciones, siempre que entren dentro del alcance de la invención tal como se define en las reivindicaciones y sus equivalentes.

REIVINDICACIONES

1. Una célula de combustible con membrana de electrolito de polímero, que comprende:

- 5 un paquete electroquímico que comprende un cátodo, un ánodo y una membrana de polímero (105) interpuesta entre el cátodo y el ánodo;
 un primer conjunto de placa bipolar y un segundo conjunto de placa bipolar;
 un compartimento del ánodo dispuesto entre el primer conjunto de placa bipolar y el ánodo del paquete electroquímico; y
 10 un compartimento de cátodo dispuesto entre el segundo conjunto de placa bipolar y el cátodo del paquete electroquímico,
 en la que al menos uno del primer conjunto de placa bipolar y el segundo conjunto de placa bipolar es un conjunto de placa bipolar que comprende una placa bipolar plana (101) con un separador poroso (103) unido a un lado y una lámina de metal (102) unida al otro lado,
 15 en la que el compartimento del ánodo o el compartimento del cátodo comprenden dicho separador poroso,

caracterizada por que

- 20 dicha lámina de metal (102) es una lámina de metal conformada que tiene una geometría no plana,
por que dicho separador poroso (103) está en contacto directo con al menos uno del ánodo o del cátodo del paquete electroquímico, en donde el área de contacto es inferior al 75 % del área superficial geométrica total del ánodo o del cátodo del paquete electroquímico ,
 y **por que** los puntos de contacto entre el separador poroso (103) y el ánodo o el cátodo del paquete electroquímico están distribuidos por toda la superficie del ánodo o del cátodo del paquete electroquímico.

25 2. La célula de combustible de la reivindicación 1, en la que dicho separador poroso se elige entre una lámina de metal perforada, una espuma metálica, una espuma de grafito, una malla de metal expandida y una malla de alambre de metal.

30 3. La célula de combustible de una cualquiera de las reivindicaciones 1 o 2, en la que el compartimento del cátodo comprende dicho separador poroso.

35 4. La célula de combustible de una cualquiera de las reivindicaciones 1 o 2, en la que el compartimento del ánodo comprende dicho separador poroso.

5. La célula de combustible de la reivindicación 3, en la que el primer conjunto de placa bipolar está en contacto directo con el ánodo del paquete electroquímico.

40 6. La célula de combustible de la reivindicación 4, en la que el segundo conjunto de placa bipolar está en contacto directo con el cátodo del paquete electroquímico.

7. La célula de combustible de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en la que el ánodo del paquete electroquímico comprende un catalizador del ánodo y una capa de difusión de gas (104).

45 8. La célula de combustible de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, en la que el cátodo del paquete electroquímico comprende un catalizador del cátodo y una capa de difusión de gas (106).

50 9. La célula de combustible de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, en la que la lámina de metal conformada (102) es una lámina de metal corrugada que comprende crestas y surcos.

10. La célula de combustible de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, en la que la lámina de metal conformada (102) comprende una pluralidad de protuberancias.

55 11. La célula de combustible de la reivindicación 10, en la que un perfil de una protuberancia en una sección transversal perpendicular a la dirección plana de la lámina de metal conformada (102) es curvilíneo, o está compuesto por segmentos de línea recta o está compuesto por una o más curvas y uno o más segmentos de línea recta.

60 12. La célula de combustible de una cualquiera de las reivindicaciones 10 u 11, en la que la altura de la protuberancia en la lámina de metal conformada (102) varía de 0,1 a 3,0 mm.

13. La célula de combustible de una cualquiera de las reivindicaciones 10 a 12, en la que la densidad de las protuberancias en la lámina de metal conformada (102) varía de 5 a 400 protuberancias por centímetro cuadrado.

65 14. La célula de combustible de una cualquiera de las reivindicaciones 10 a 13, en la que la densidad de las protuberancias es uniforme a través de la lámina de metal conformada (102) o en la que la densidad de las

protuberancias varía a través de la lámina de metal conformada (102).

15. La célula de combustible de una cualquiera de las reivindicaciones 10 a 14, en la que la lámina de metal conformada (102) tiene protuberancias en un lado de la lámina de metal o en la que la lámina de metal conformada (102) tiene protuberancias en ambos lados de la lámina de metal.
- 5

Figura 1A

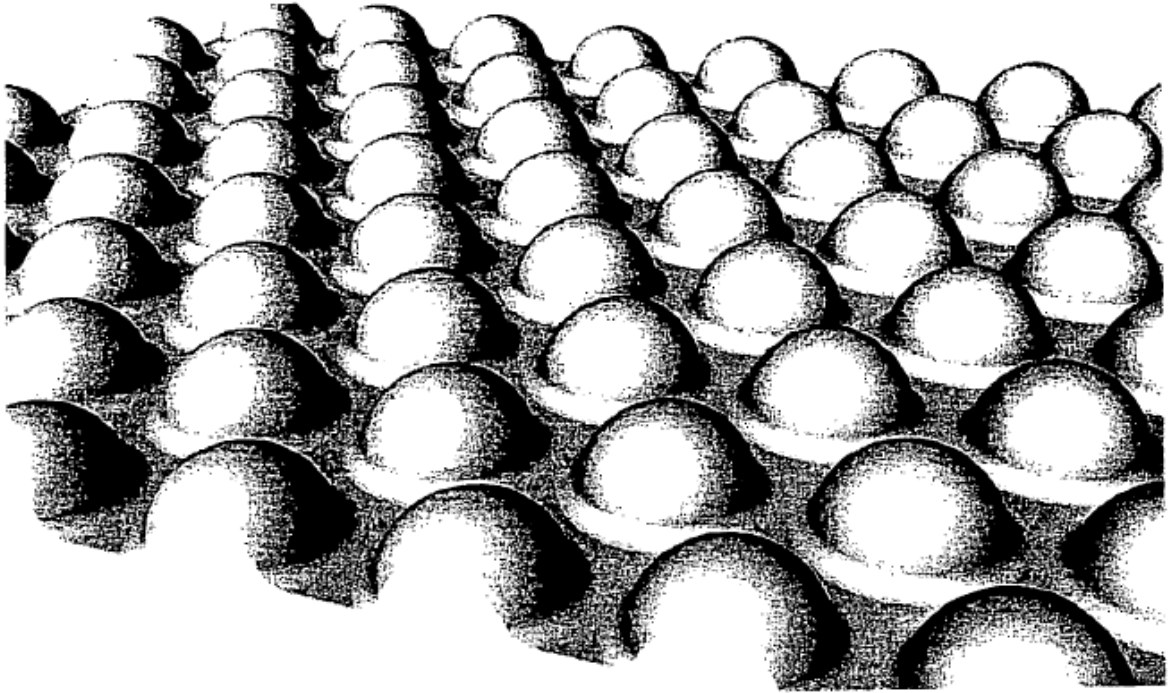


Figura 1B

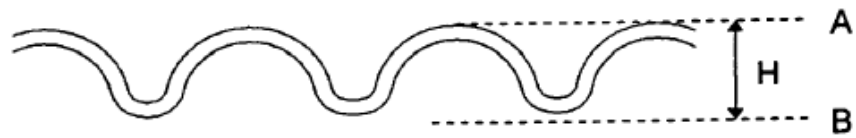


Figura 1C

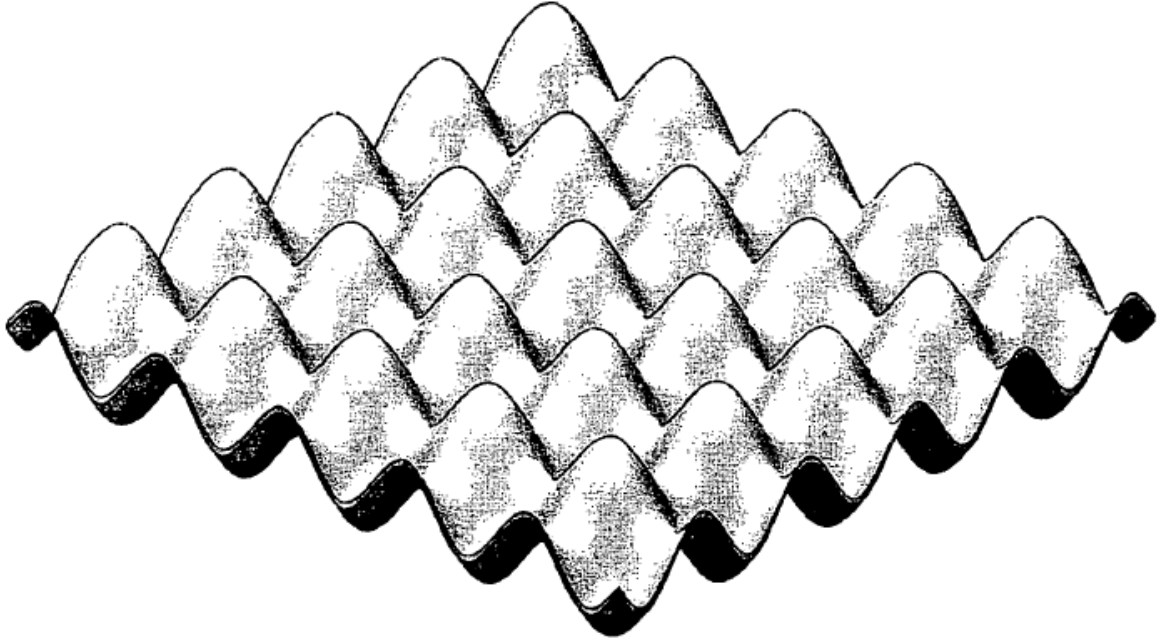


Figura 1D



Figura 1E



Figura 2A

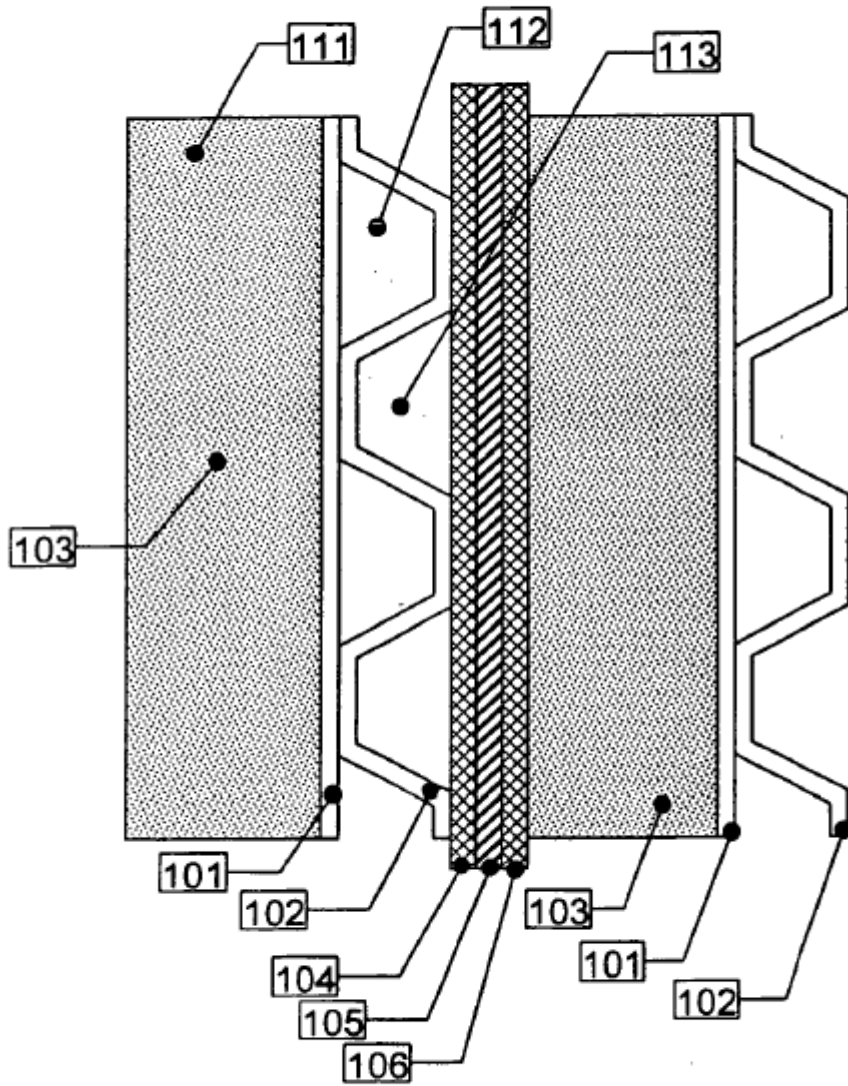


Figura 2B

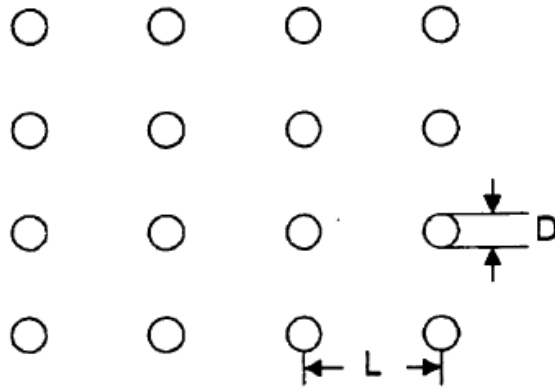


Figura 2C

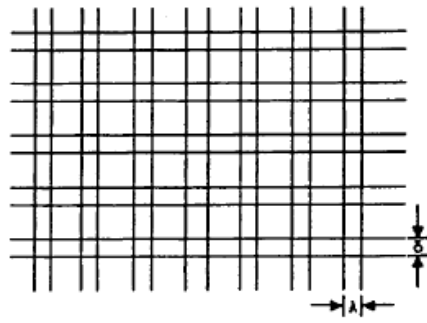


Figura 2D

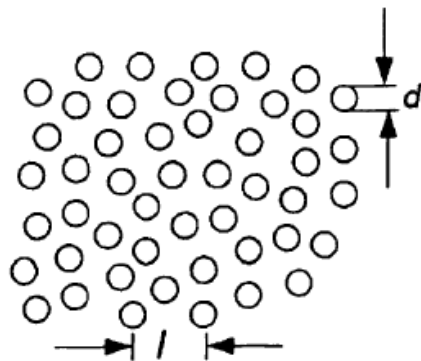


Figura 3

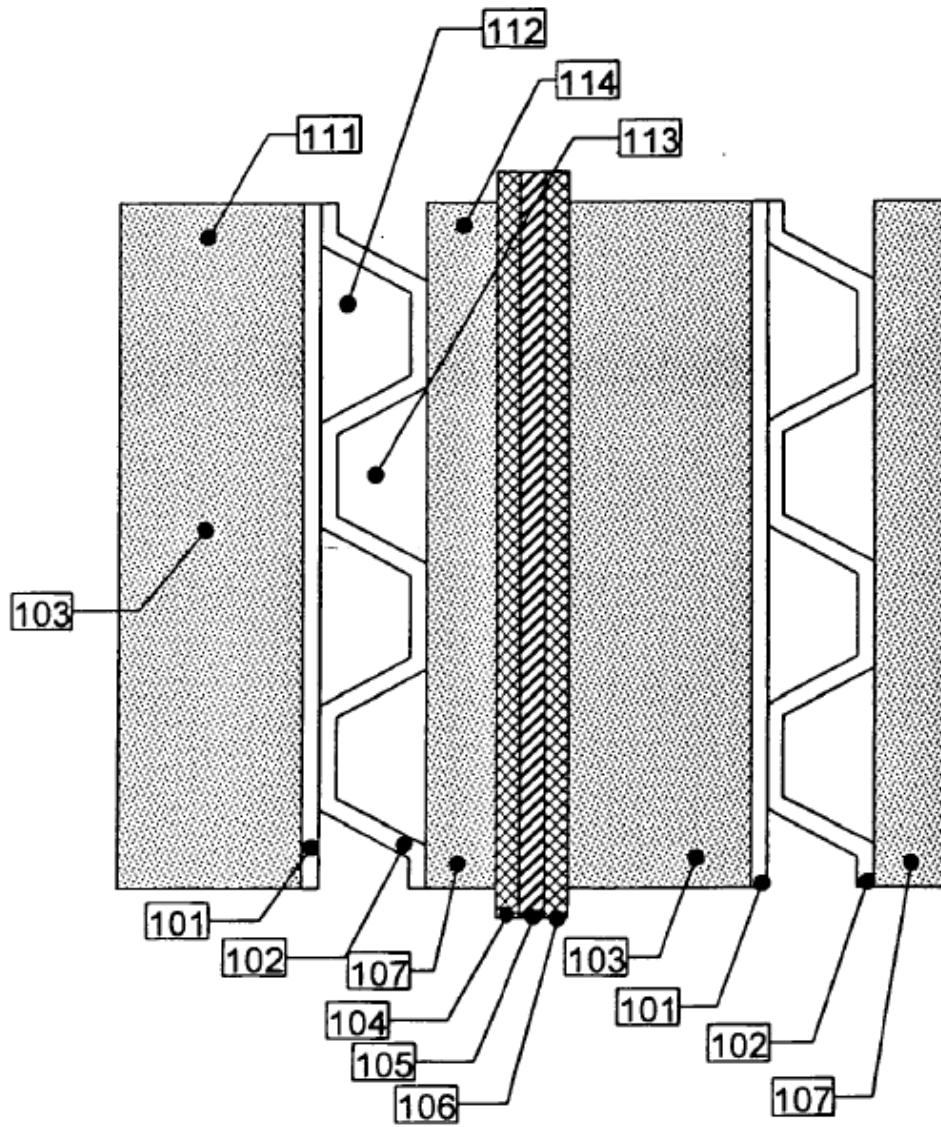


Figura 4

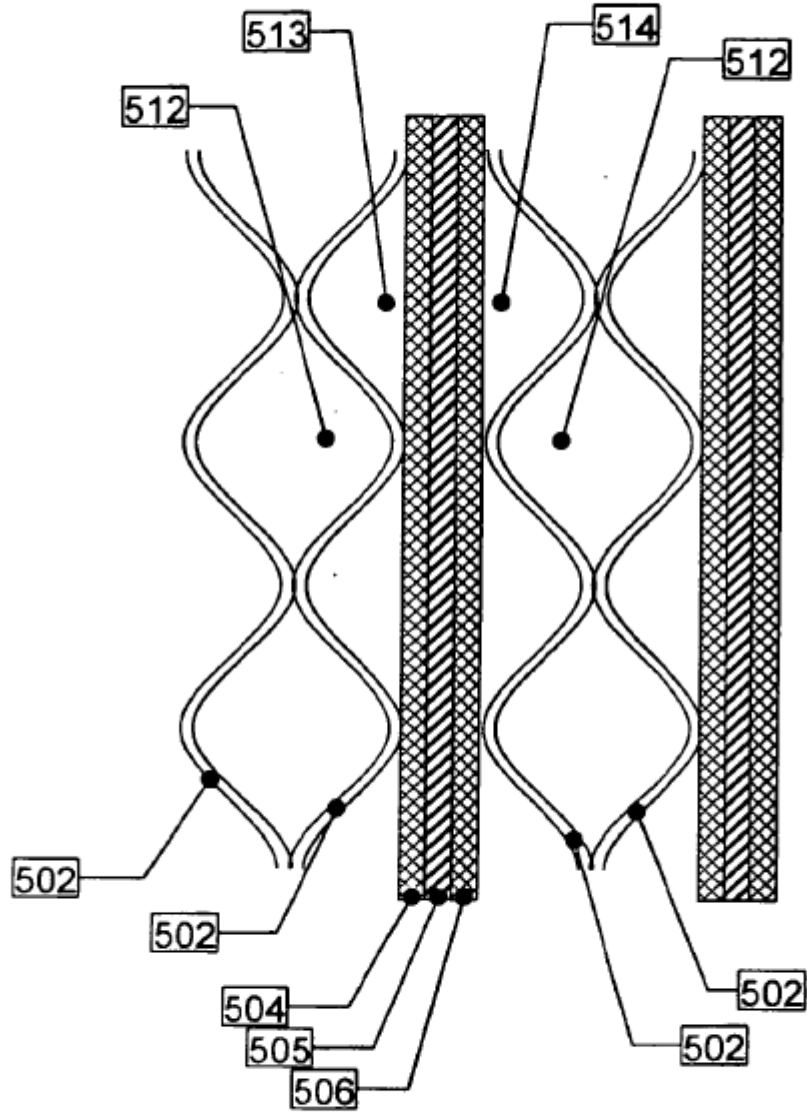


Figura 5

