

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 673 944**

51 Int. Cl.:

**H01M 8/00**

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **30.09.2004 PCT/EP2004/010930**

87 Fecha y número de publicación internacional: **07.04.2005 WO05031900**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **30.09.2004 E 04765713 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **04.04.2018 EP 1668725**

54 Título: **Separador bipolar para apilamiento de pilas de combustible**

30 Prioridad:

**01.10.2003 IT MI20031881**

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

**26.06.2018**

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**TORO, ANTONINO**

74 Agente/Representante:

**VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro**

ES 2 673 944 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

Separador bipolar para apilamiento de pilas de combustible

## 5 Descripción de la invención

La presente invención se refiere a un elemento de separación bipolar entre pilas de combustible, en particular pilas de combustible de membrana de polímero, laminadas en un apilamiento en una configuración de filtro de prensa.

10 Como se conocen la técnica, las pilas de combustible son generadores electroquímicos que convierten la energía química de la reacción entre un combustible y un oxidante en energía eléctrica, produciendo agua como producto secundario. Entre los diversos tipos conocidos de pilas de combustible, el tipo de membrana de polímero es el que opera a la menor temperatura, por lo general 70-100 °C, proporcionando ventajas sensibles en términos de facilidad y seguridad de operación, de estabilidad de materiales y en especial de rapidez en la puesta en marcha y en  
15 alcanzar las condiciones operativas de régimen final. Entre los principales problemas que han ralentizado la difusión industrial de esta tecnología, uno de los más significativos descansa en el hecho de que la energía producida por una pila individual se obtiene en forma de corriente continua de una intensidad relativamente alta frente a una tensión muy limitada (en cualquier caso inferior a 1 V, y por lo general comprendida entre 0,5 y 0,8 V). Esta característica, cuyas razones son de naturaleza termodinámica y de ese modo intrínsecas al proceso, hace  
20 necesaria la laminación de cierto número de pilas en apilamientos montados de acuerdo con una disposición de tipo filtro de prensa. Por lo tanto, los apilamientos propuestos para uso industrial consisten en algunas decenas de elementos, y no es raro que excedan del centenar de pilas individuales; esto supone, además de los problemas evidentes asociados a las tolerancias constructivas y las restricciones del módulo final, que también los tiempos de montaje afectan en gran medida al coste final, consistiendo cada pila en una multiplicidad de piezas, incluyendo  
25 placas bipolares, juntas, colectores de corriente y componentes electroquímicos tales como electrodos y membranas.

La complejidad constructiva de las pilas de combustible de membrana de polímero está impuesta por la multiplicidad de funciones requeridas para hacer que las reacciones de oxidación del combustible y reducción del oxidante  
30 transcurran con una elevada eficacia. Además del funcionamiento óptimo de los electrodos, que son los sitios de las dos reacciones, y que se deben proporcionar con los catalizadores adecuados, generalmente basados en metales nobles, un factor crítico viene dado por la membrana de intercambio iónico que actúa como electrolito sólido y que debe proporcionar el transporte de corriente eléctrica en forma de un flujo de iones; en particular, los protones generados por la oxidación del combustible, que en el más habitual de los casos consiste en hidrógeno, ya sea puro o en una mezcla, tienen que atravesar el espesor de la membrana y transportarse al lado del cátodo en el que se consumen por reacción con el oxidante, que consiste generalmente en oxígeno, también puro o en una mezcla. Las membranas de intercambio iónico disponibles en la actualidad en el mercado consisten en una cadena principal  
35 polimérica, a menudo perfluorada en aras de la estabilidad química, a la que están unidos grupos funcionales aniónicos, capaces de unirse a los protones aunque en un grado lo suficientemente débil para permitir la migración de los mismos bajo el efecto del campo eléctrico generado por los reactivos. En otras palabras, para que este mecanismo sea eficaz, con el fin de que la conductividad iónica de la membrana sea suficiente, es necesario mantener un alto grado de hidratación de la membrana durante la operación. Para la mayoría de las condiciones de operación de interés práctico, el agua producida en el cátodo por reacción del oxígeno con los protones que vienen del lado del ánodo no es suficiente para garantizar que se mantengan siempre tales condiciones de hidratación; de  
40 hecho, el flujo de reactivos gaseosos suministrado a las pilas tiende a favorecer una evaporación constante, que se debe contrarrestar en cierta medida. El mantenimiento de un equilibrio de agua adecuado implica además un preciso control térmico de la pila, lo que constituye otro problema que no tiene una solución trivial. De hecho, en las condiciones de generación de energía eléctrica de uso práctico, las irreversibilidades del sistema generan una cantidad de calor muy considerable, que tiene que ser retirada de forma eficaz de las pilas.

50 Por las razones indicadas anteriormente, las pilas de combustible de membrana de polímero se deben proporcionar con dispositivos adecuados para la humidificación de los reactivos gaseosos y para la retirada del calor generado. Evidentemente, esto está en contradicción con la demanda, prescrita por el mercado, de la disponibilidad de uno o más sistemas compactos caracterizados por un montaje rápido y sencillo.

55 Mientras que los primeros generadores electroquímicos de membrana de la técnica anterior se construyeron con componentes de grafito ranurado sometido a una mecanización incómoda adicional, las soluciones tecnológicas más recientes proporcionan el uso de materiales metálicos con un espesor reducido y características mecánicas más favorables. Se configuran, por ejemplo, como se describe en el documento de Patente de Estados Unidos n.º 5.578.388, proporcionando el suministro de reactivos previamente humidificados a los dos compartimentos, anódico y catódico, de un apilamiento de pilas delimitadas preferentemente por placas bipolares metálicas, acopladas a  
60 juntas planas en forma de marco adecuadas para alojar un colector de corriente adecuado que también actúa como cámara de distribución, además de asegurar la continuidad eléctrica entre la propia placa y el denominado paquete electroquímico; el último consiste en un montaje de membrana de intercambio iónico-electrodo de difusión de gases. El colector de corriente es un elemento reticulado metálico, que favorece la deslocalización del contacto eléctrico y la distribución del flujo de gas correspondiente a lo largo de la superficie completa del montaje membrana-electrodo.

Por lo general, la retirada del calor se consigue a través de la circulación de agua u otro fluido de termostatización en el interior de un serpentín embebido en el espesor de la placa metálica; no obstante, esto supone el uso de placas bastante gruesas y pesadas, y caras de fabricar dado que se obtienen mediante una delicada operación de moldeado. Como alternativa, se han propuesto configuraciones de apilamiento que alternan, en la misma laminación, pilas de combustible con pilas de termostatización atravesadas por agua u otro fluido refrigerante capaz de intercambiar calor a través de las paredes de las placas metálicas que delimitan las diversas pilas. De esta forma, se pueden emplear placas mucho más delgadas y se pueden obtener reducciones de peso moderadas de las estructuras, especialmente importante para aplicaciones móviles, por ejemplo para pilas de combustible destinadas a transporte de vehículos eléctricos. Por otra parte, esta solución no ofrece una mejora considerable en términos de tamaño dado que, obviamente, la reducción de espesor de las placas se compensa con la adición de las pilas de termostatización a la estructura de filtro de prensa.

De ese modo, se han propuesto varios diseños de pila encaminados a disminuir el peso y a compactar los apilamientos de pilas de combustible que integran las diferentes funciones de la mejor forma y a minimizar los volúmenes sin emplear: por ejemplo, el documento de publicación internacional pendiente de publicación PCT/EP 03/01207 proporciona la explotación de la parte periférica de las pilas de termostatización para distribuir los reactivos gaseosos a las pilas de combustible, por medio de una serie de aberturas obtenidas en la placa de separación exterior a la zona de circulación del fluido refrigerante.

El documento de Patente WO 02/23645 A2 describe un montaje de placa separadora bipolar refrigerada con líquido que comprende placas bipolares corrugadas interconectadas en una relación parte posterior a parte posterior.

Para las pilas refrigeradas con agua, un diseño aún más avanzado, que se describe en el documento de solicitud internacional pendiente de publicación PCT/EP03/06327, proporciona un intercambio de materia, a través de orificios calibrados apropiados, también en el interior de la región de refrigeración; en otras palabras, se permite que parte del agua de refrigeración penetre en el interior de las pilas de combustible, llevando a cabo la humidificación del gas *in situ* mientras se lleva a cabo una refrigeración incluso más eficaz debido a la evaporación parcial dentro de las pilas de combustible. Además de mejorar la eficacia de retirada de calor, esto simplifica extraordinariamente el sistema global, permitiendo la eliminación de las unidades de humidificación externas; no obstante, las dos últimas realizaciones desveladas son bastante complejas desde el punto de vista del sellado hidráulico. De hecho, uno de los problemas principales en la fabricación de estructuras de filtro de prensa con numerosos elementos laminados consiste en el acoplamiento de un mayor número de juntas elásticas, que se deben comprimir de forma uniforme una vez sometidas a la carga de ajuste, con el fin de no comprometer la alineación de los componentes rígidos (e indirectamente el contacto eléctrico), mientras se asegura el sellado de los diferentes fluidos, entre los cuales algunos son particularmente críticos, tales como el hidrógeno. A pesar de las constantes mejoras en el diseño de juntas y en los materiales, es muy importante minimizar su número con el fin de aumentar la fiabilidad de los sistemas pertinentes. Por el contrario, los descubrimientos que se desvelan en los documentos de solicitud internacional PCT/EP 03/01207 y PCT/EP03/06327 presentan la desventaja evidente de una cantidad consistente de sellos gas-líquido y gas-gas, por ejemplo dos veces la cantidad de la invención del documento de Patente de Estados Unidos n.º 5.578.388. Otra desventaja intrínseca a estos tipos de diseño, y en general a cualquier diseño que proporcione la alternancia de pilas de combustible y pilas de termostatización, viene dada por la complejidad del montaje, que proporciona la laminación de un número considerable de componentes, que se deben disponer de forma precisa y centrar perfectamente, en una secuencia fija.

Un objetivo de la presente invención es proporcionar un diseño de apilamiento de pilas de combustible que supere las limitaciones de la técnica anterior.

Un segundo objetivo de la presente invención es proporcionar un diseño de apilamiento de pilas de combustible de alta eficacia que comprende una cantidad mínima de componentes laminados y de sellos hidráulicos relativos para una cantidad dada de pilas instaladas.

Un objetivo adicional de la presente invención es proporcionar un separador integrado para pilas de combustible que consigue simultáneamente la circulación interna de un fluido refrigerante, la distribución de los reactivos gaseosos a las pilas y opcionalmente la humidificación de los últimos o de solo uno de ellos.

En un primer aspecto, la invención consiste en un separador bipolar delimitado por una lámina de cátodo y una lámina de ánodo, al menos una de las cuales está provista con orificios de paso, en el que dichas láminas están soldadas o unidas metalúrgicamente a través de las corrugaciones de un elemento corrugado conductor de un modo tal que delimiten una sección de paso de fluido refrigerante.

En un segundo aspecto, la invención consiste en una apilamiento de pilas de combustible dispuestas en una disposición de filtro de prensa y separadas por un elemento conductor integrado que lleva a cabo, en las diferentes realizaciones, una o más funciones entre las que se encuentran la regulación térmica de la pila, la distribución y la humidificación de los reactivos sin recurrir a pilas de termostatización adicionales.

El separador de la invención está delimitado por dos láminas conductoras, al menos una de las cuales está provista

con orificios de paso de fluido, respectivamente adecuadas para actuar como láminas de cátodo y ánodo en una disposición bipolar de tipo filtro de prensa. Las dos láminas conductoras están soldadas mutuamente o están unidas metalúrgicamente de otro modo a través de un elemento conductor interpuesto, cuya geometría es de tipo corrugado con el fin de determinar, en una realización preferente, la formación de canales para el paso de un fluido de termostatización, preferentemente agua en estado líquido. En este contexto, por elemento corrugado se pretende indicar un elemento genérico, por ejemplo obtenido a partir de una lámina plana, con un perfil de forma ondulada o de otro tipo de un modo tal que forme salientes y depresiones; dichos salientes y depresiones están soldados o unidos metalúrgicamente de otro modo alternativamente a una o a la otra lámina que delimita el separador. El elemento corrugado tiene el doble propósito de unir mecánicamente las láminas del ánodo y el cátodo y de asegurar la continuidad eléctrica entre las mismas. El elemento corrugado puede estar presente solo en una parte periférica del separador, por ejemplo en correspondencia con dos lados opuestos, o puede estar dispuesto a lo largo de la superficie completa de las láminas. En el último caso, de forma ventajosa, el elemento conductor corrugado delimita canales que se pueden usar para la circulación de un fluido refrigerante, preferentemente agua líquida. En el caso de que esté presente el elemento corrugado solo en una región periférica del separador, habitualmente el exterior del área activa de la pila, la parte interna se puede llenar de forma ventajosa con un material reticulado adecuado para emplearse para la circulación de un fluido refrigerante. En lo que respecta al material reticulado, se pueden usar de forma ventajosa espumas o mallas metálicas, láminas expandidas, materiales porosos sinterizados, también en combinación o yuxtaposición mutua; sin embargo, se pueden emplear otros tipos de materiales reticulados sin apartarse del ámbito de la invención.

Como se ha indicado anteriormente, una o las dos láminas que delimitan el separador se proporcionan con orificios de paso de fluido; en este contexto, por orificio de paso de fluido se pretende indicar una abertura de paso a través de cualquier forma o perfil, obtenida sobre la superficie principal de la lámina correspondiente, adecuada para que se pueda atravesar por un líquido o un gas. En una realización particularmente preferente, las dos láminas se proporcionan con orificios, dispuestos preferentemente a lo largo de una región periférica, en comunicación con un conducto de alimentación de gas; de ese modo, tales orificios se pueden emplear para suministrar un reactivo gaseoso a la pila de combustible adyacente, de forma similar a como se desvela en el documento de Patente PCT/EP 03/01207. Preferentemente, se usan orificios equivalentes, en comunicación con un conducto de descarga, para descargar el escape de reactivos y productos de reacción.

En una realización preferente, los orificios de paso de fluido, preferentemente en forma de orificios calibrados, están presentes en la parte interna de la superficie principal del separador, en correspondencia con la sección de paso de fluido refrigerante. Esta realización es particularmente ventajosa, especialmente en el caso de que el fluido refrigerante sea agua líquida, dado que el paso controlado de una parte de dicha agua de refrigeración desde el interior del separador al exterior, hacia una o ambas pilas de combustible adyacentes, determina la humidificación de uno o ambos reactivos, contribuyendo además a la retirada de calor por evaporación, de forma similar a como se describe en el documento de Patente PCT/EP03/06327. De ese modo, la presente invención exhibe las mismas características ventajosas que los descubrimientos de los documentos de Patente PCT/EP 03/01207 y PCT/EP03/06327, haciendo uso, sin embargo, de un separador integrado interpuesto directamente entre las pilas de combustible, que reemplaza a las pilas de termostatización y los componentes relacionados que se ensamblan individualmente, simplificando el sistema de sellado hidráulico al eliminar las juntas relacionadas y facilitar el procedimiento de montaje de forma radical.

En aras de favorecer aún más un montaje rápido, y la prueba-error en la alineación de los componentes, el separador de la invención también puede estar provisto externamente con colectores de corriente y/o juntas, soldados o fijados de otro modo sobre una o preferentemente las dos láminas del ánodo y el cátodo. De ese modo, el montaje de un apilamiento se conseguiría con el número mínimo posible de piezas, en el más extremo de los casos solo con el separador provisto con un colector y una junta integrados además del paquete electroquímico que consiste en una membrana activada o un montaje membrana-electrodo como se conoce en la técnica. Algunas de las realizaciones preferentes se desvelarán a continuación haciendo referencia a las figuras adjuntas, que tienen meramente el fin de servir a modo de ejemplo y no se desea que constituyan una limitación de la invención.

- La Figura 1 muestra un apilamiento de pilas de combustible de acuerdo con la técnica anterior.
- La Figura 2 muestra dos realizaciones del separador de la invención.
- La Figura 3 muestra otras dos realizaciones del separador de la invención, que comprenden juntas y colectores de corriente integrados.

El apilamiento de pilas de combustible de la figura 1 está configurado de acuerdo con las enseñanzas más extendidas de la técnica anterior, y comprende una yuxtaposición de pilas de combustible (100) individuales laminadas, delimitadas por separadores (1) en forma de láminas bipolares, que encierran un paquete electroquímico (2) que consiste en una membrana de intercambio iónico activada en las dos caras con un catalizador o en un montaje de membrana de intercambio iónico/electrodo de difusión de gases, como se conoce en la técnica. El paquete electroquímico (2) divide la pila en dos compartimentos, catódico y anódico. La continuidad eléctrica entre los separadores (1) y el paquete electroquímico (2) se asegura mediante la interposición de un colector de corriente (3) apropiado, que en el caso ilustrado es, por ejemplo, un material conductor reticulado que también actúa como distribuidor de gases. El sellado hidráulico de las pilas se asegura mediante juntas (4) adecuadas, habitualmente

juntas planas. Cada una de las pilas (100) se alimenta con un reactivo gaseoso, combustible y oxidante, en los respectivos compartimentos anódico y catódico, por medio de conductos adecuados que no se muestran en la figura, como se conoce en la técnica del diseño de módulos de tipo filtro de prensa. Del mismo modo, la descarga de los gases de escape y de los productos de reacción se lleva a cabo por medio de un conducto de recogida. Un diseño de este tipo no proporciona la humidificación integrada de los reactivos, que se debe llevar a cabo de forma externa, mientras que por lo general la regulación térmica de la pila se lleva a cabo con serpentines, que tampoco se muestran, embebidos en las láminas que actúan como separadores (1). Alternativamente, se podrían haber intercalado pilas de termostatación entre las pilas de combustible (100), delimitadas por los mismos separadores (1) y cruzadas internamente por un refrigerante líquido; en este caso, obviamente, el montaje y el sellado hidráulico se habrían visto complicados por la adición de los componentes especificados.

La figura 2 muestra dos posibles realizaciones del separador (1) de la invención; en ambos casos, el separador está delimitado por láminas (5), una catódica y una anódica, unidas por medio de un elemento corrugado (8) fijado mediante puntos de soldadura (6, 9) u otras formas de unión metalúrgica; en el caso que se ilustra en el lado izquierdo de la figura, el elemento corrugado (8) une las láminas de cátodo (5) y ánodo a lo largo de la superficie completa delimitando un canal serpenteante que, de forma ventajosa, puede estar atravesado por un fluido refrigerante suministrado desde un circuito conectado de forma apropiada, que no se muestra. En el caso que se ilustra en el lado derecho de la figura, el elemento corrugado está presente solo en una parte periférica del separador (1), por lo general el exterior del área activa de la pila, mientras que dentro del hueco delimitado por las dos láminas (5) en la parte interna, está presente un elemento reticulado (10), que puede estar atravesado por un fluido refrigerante suministrado desde un circuito conectado de forma apropiada, que no se muestra. Por lo tanto, en las dos realizaciones ilustradas, el separador es capaz de proporcionar la regulación térmica de las pilas de combustible adyacentes. Además, en las dos realizaciones están presentes, en correspondencia con una región periférica del separador (1), orificios (7) adecuados que se pueden emplear para alimentar los reactivos gaseosos que provienen de los conductos de alimentación de gases, que no se muestran, en comunicación con dicha región periférica, a las respectivas pilas de combustible adyacentes. Del mismo modo, están presentes los orificios (11) pertinentes para la descarga de los gases de escape y de los productos de reacción hacia los conductos de descarga externos, que no se muestran. De ese modo, el separador (1) de la invención realiza la función de distribuidor de gas a las pilas, lo que permite obtener un diseño compacto sacando partido de la que de otro modo sería una zona muerta. Evidentemente, elementos constitutivos de los separadores (1) de la figura 1 no se informan a escala; por ejemplo, la alimentación (7) y los orificios de descarga (11) son habitualmente muy pequeños, y se han ampliado en la figura con respecto a la situación habitual con el fin de explicar su función con mejor claridad.

En la versión que se ilustra en el lado derecho, los orificios de comunicación entre el interior y el exterior del separador (1) también comprenden orificios calibrados (7') que sirven para permitir un paso controlado del agua de refrigeración hacia las pilas de combustible adyacentes; en este caso, el separador (1) también realiza la función de humidificación de los reactivos de las pilas adyacentes; la retirada de calor de dichas pilas se incrementa además con la evaporación de parte del agua que pasa a través de los orificios (7') del interior de las mismas pilas.

Las diferentes características de los separadores de la figura 2 se han combinado de forma casual, y lo que se ilustra no constituye una limitación de la invención; por ejemplo, los orificios calibrados (7') para alimentar agua se podrían haber acoplado a un elemento corrugado (8) presente a lo largo de la superficie completa como en el caso de la figura de la izquierda, etc.

La figura 3 muestra dos realizaciones equivalentes a las de la figura 2, que comprenden además la integración de los colectores de corriente (3) y de las juntas (4) de las pilas de combustible (100). De ese modo, se reduce al mínimo la cantidad de componentes que se laminan para la realización de la configuración de filtro de prensa. Los colectores de corriente (3) se pueden integrar en el separador (1) de la invención por soldadura, también de tipo puntual, por soldadura blanda o por otra unión metalúrgica; las juntas (4) se pueden integrar por moldeado, encolado o mediante otros sistemas conocidos por los expertos en la materia. Evidentemente, son posibles variaciones de las realizaciones ilustradas, sin apartarse del ámbito de la invención; por ejemplo, el separador bipolar integrado (1) puede comprender los colectores de corriente (3) y no las juntas (4) o viceversa, o de nuevo puede comprender uno o ambos de estos elementos en ambos lados o en un solo lado. Como es evidente para el experto en la materia, la invención se puede poner en práctica realizando otras variaciones o modificaciones distintas de los ejemplos citados.

Por lo tanto, se ha de entender que la descripción precedente no desea limitar la invención, que se puede emplear de acuerdo con las diferentes realizaciones sin apartarse de los ámbitos de las mismas, y cuya extensión se define unívocamente mediante las reivindicaciones anexas.

En la descripción y en las reivindicaciones de la presente solicitud, no se pretende que el término "comprender" y sus variaciones tales como "que comprende" y "comprende" excluyan la presencia de otros elementos o componentes adicionales.

## REIVINDICACIONES

1. Separador bipolar (1) para un apilamiento de pilas de combustible, que comprende una lámina de cátodo (5) y una lámina de ánodo (5), al menos una de dichas láminas provista de orificios de paso de fluido (7, 7'), en donde dichas  
5 láminas (5) están soldadas o unidas metalúrgicamente a través de las corrugaciones de al menos un elemento conductor corrugado (8) y dichas láminas (5) delimitan una sección de paso de un fluido refrigerante.
2. El separador de la reivindicación 1, en el que dichos orificios de paso de fluido son orificios de alimentación y/o de  
10 descarga de gas (7) dispuestos en una o más regiones periféricas de dicha al menos una lámina.
3. El separador de las reivindicaciones 1 o 2 en el que dichos orificios de paso de fluido comprenden orificios  
calibrados (7') para alimentar un flujo de dicho fluido refrigerante a las pilas de combustible.
4. El separador de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3 en el que dicho al menos un elemento conductor  
15 corrugado (8) está contiguo a dichas láminas de cátodo y ánodo (5) generalmente a lo largo de la superficie completa del separador y dicha sección de paso de fluido refrigerante comprende canales delimitados por la superficie de dicho elemento conductor corrugado.
5. El separador de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3 en el que dicho al menos un elemento conductor  
20 corrugado (8) está contiguo a dichas láminas de cátodo y ánodo solo en una o más regiones periféricas del separador.
6. El separador de la reivindicación 5 en el que dicha sección de paso de fluido refrigerante comprende al menos un  
25 elemento reticulado (10) interpuesto entre dicha lámina de cátodo y dicha lámina de ánodo.
7. El separador de la reivindicación 6 en el que dicho al menos un elemento reticulado es un elemento conductor  
eléctrico, opcionalmente metálico.
8. El separador de la reivindicación 7 en el que dicho al menos un elemento reticulado conductor (10) se selecciona  
30 entre el grupo que consiste en espumas metálicas, mallas metálicas, láminas expandidas y materiales metálicos sinterizados.
9. El separador de una cualquiera de las reivindicaciones anteriores en el que al menos una de dichas láminas de  
35 ánodo y cátodo comprende una junta de estanqueidad (4) fijada en el lado opuesto al que está soldado o unido metalúrgicamente dicho elemento conductor corrugado (8).
10. El separador de una cualquiera de las reivindicaciones anteriores en el que al menos una de dichas láminas de  
40 ánodo y cátodo comprende un colector de corriente (3) soldado o unido metalúrgicamente al lado opuesto al que está soldado o unido metalúrgicamente dicho elemento conductor corrugado.
11. El separador de la reivindicación 10 en el que dicho colector de corriente (3) es un elemento reticulado conductor  
eléctrico, seleccionado opcionalmente entre el grupo que consiste en espumas metálicas, mallas metálicas, láminas  
expandidas y materiales metálicos sinterizados.
- 45 12. Apilamiento de pilas de combustible que comprende al menos un separador de una cualquiera de las reivindicaciones anteriores.
13. El apilamiento de la reivindicación 12 que comprende al menos un conducto de alimentación o de descarga en  
50 comunicación con dichos orificios de paso de fluido.

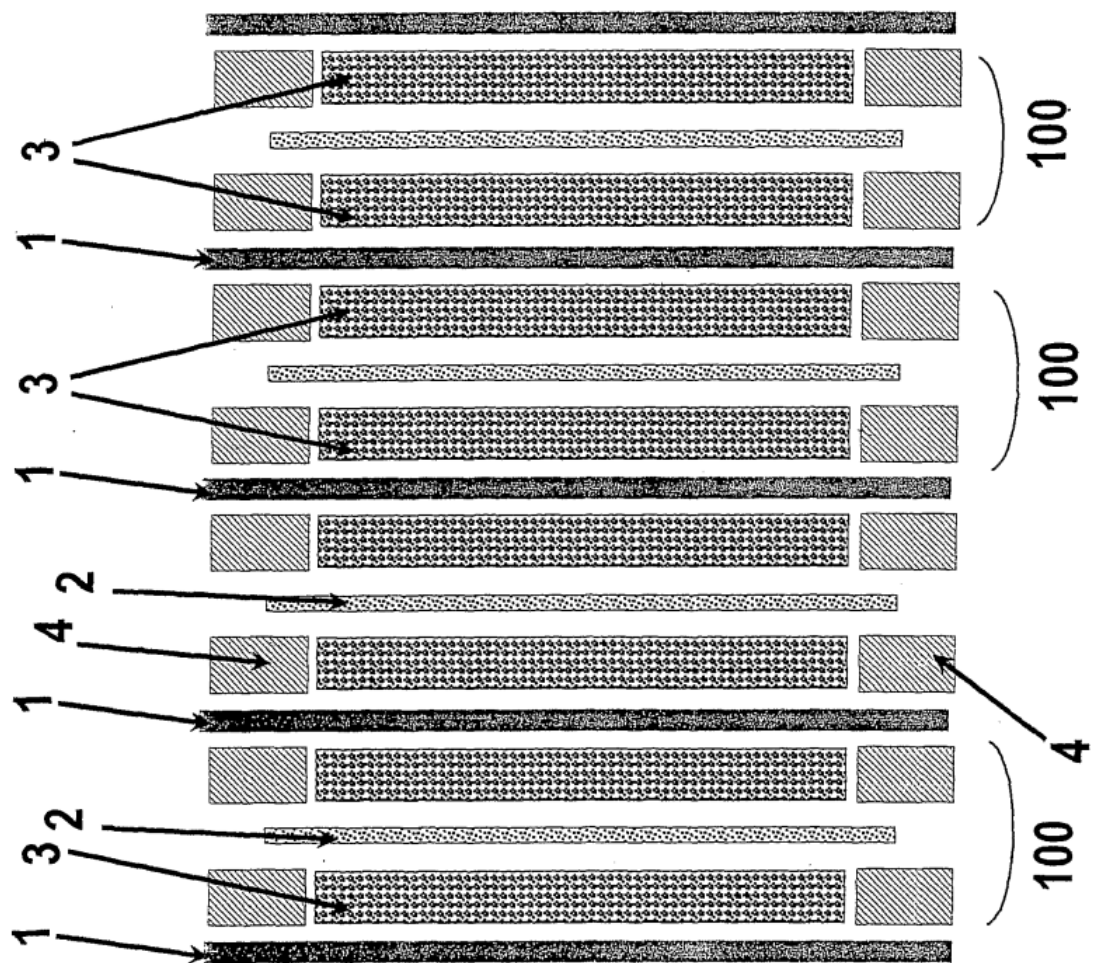


Fig. 1

