

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 391 682**

51 Int. Cl.:

H01M 8/04

(2006.01)

H01M 8/24

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **10004782 .8**

96 Fecha de presentación: **06.05.2010**

97 Número de publicación de la solicitud: **2254182**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **24.11.2010**

54 Título: **Procedimiento de funcionamiento de un conjunto modular de apilamiento de pilas de combustible conectadas en serie**

30 Prioridad:
22.05.2009 DK 200900647

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
28.11.2012

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
28.11.2012

73 Titular/es:
TOPSOE FUEL CELL A/S (100.0%)
Nymollevej 66
2800 Kongens Lyngby, DK

72 Inventor/es:
ERIKSTRUP, NIELS;
USTERUD, HARALD y
DANØ, SUNE

74 Agente/Representante:
LEHMANN NOVO, María Isabel

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).

ES 2 391 682 T3

DESCRIPCIÓN

Procedimiento de funcionamiento de un conjunto modular de apilamiento de pilas de combustible conectadas en serie

5 El invento se refiere a un procedimiento de funcionamiento de un apilamiento modular de pilas de combustible, más específicamente a módulos de apilamiento con una conexión en serie de las entradas y salidas de gas catódico, más específicamente a módulos de apilamiento, cada uno de los cuales tiene un múltiple o colector del lado de gas catódico común de una entrada y una salida para todas las pilas de combustible en un módulo, en particular para apilamientos de Pilas de Combustible de Óxido Sólido (SOFC).

10 Las reacciones electroquímicas y la función de una pila de combustible no es la esencia del presente invento, por lo que éstas no se han explicado en mayor detalle aquí, pero se han considerado conocidas para un experto en la técnica.

15 Para aumentar la tensión producida por la SOFC, se ensamblan varias unidades de pilas para formar un apilamiento y son enlazadas juntas por interconexiones. Estas capas del apilamiento son cerradas herméticamente juntas por medio de un cierre hermético a los gases y resistente a la temperatura, tal como vidrio, a lo largo de alguno o de todos los bordes. Hay un límite factible para el tamaño de los apilamientos, para el área de cada pila así como para el número de pilas que son ensambladas. El riesgo de fallos de un apilamiento de pilas de combustible aumenta con el número de pilas y el tamaño del área. Para aumentar el efecto producido por la SOFC es por ello conocido conectar varios apilamientos en vez de aumentar simplemente el área de las pilas y el número de pilas en un único apilamiento. Las pilas pueden ser conectadas en serie y en paralelo tanto por el lado eléctrico como por el lado del gas anódico y del gas catódico de los apilamientos.

20 Los documentos US 20060172176 A1 y US 6033794 muestran ejemplos de apilamientos de pilas de combustible conectadas en serie, pero no cómo realizar la conexión. El documento US 6403247 describe apilamientos de pilas de combustible que comparten una cámara de entrada de gas común, pero una conexión no en serie en la que una cámara común conecta la salida de un apilamiento o conjunto de apilamientos a la entrada de otro.

25 El documento US 2007184315 describe un sistema de pilas de combustible que comprende una pluralidad de apilamientos de pilas de combustible. Los apilamientos pueden estar conectados eléctricamente en cualquier secuencia deseada, tal como en serie, en paralelo, o como combinaciones de las mismas o eléctricamente independientes. El rendimiento eléctrico de cada apilamiento es optimizado dada por alguna medida, o la temperatura de funcionamiento del apilamiento es controlada controlando la temperatura operativa interna del apilamiento, que a su vez es controlada controlando la tensión de salida, la corriente de salida, o la carga de cada apilamiento independientemente de los otros apilamientos. En sistemas grandes de pilas de combustible que tienen una gran pluralidad de apilamientos, el apilamiento adyacente puede por necesidad estar agrupado como pares de apilamientos con un control eléctrico de la unión en vez de con un control individual, pero con algún sacrificio en el funcionamiento óptimo.

35 El documento DE10256281 describe un sistema de pilas de combustible que utiliza una combinación de apilamientos de pilas de combustible de membrana de electrolito de polímero hecha funcionar a diferentes temperaturas.

40 El documento US 6083636 describe un sistema de energía de pilas de combustible para producir electricidad, comprendiendo dicho sistema un conjunto de apilamientos de pilas de combustible adaptado para funcionar a diferentes temperaturas de funcionamiento, en el que dichas temperaturas de funcionamiento varían entre dos o más de dichos apilamientos de pilas de combustible en dicho conjunto, y en el que cada uno de dichos apilamientos de pilas de combustible incluye medios para recibir reactivos para producir electricidad electroquímicamente.

A pesar de las soluciones conocidas presentadas para el problema de conexión de varios apilamientos de pilas de combustible, la totalidad de ellas tienen alguno de los problemas inherentes:

- 45 - Aunque varios apilamientos están conectados en módulos únicos, aún el múltiple de gas catódico no ha sido simplificado igualmente.
- Cuando varios apilamientos o varios módulos están conectados en serie, es necesaria una canalización/tubería extensiva para conectar al gas catódico y anódico.
- 50 - Conectar varios apilamientos para aumentar el efecto también aumenta la demanda del sistema de alimentación (intercambiadores de calor para enfriar y precalentar).
- Pilas de combustible de temperatura relativamente alta, tales como apilamientos de Pilas de Combustible de Óxido Sólido tienen periodos de encendido y apagado relativamente largos.
- Los conjuntos de SOFC de varios apilamientos con salida de efecto relativamente grande, tienen una baja flexibilidad hacia la variación del efecto de salida.

Es un objeto del presente invento resolver los problemas mencionados proporcionando un nuevo procedimiento de funcionamiento de un conjunto de apilamiento de SOFC para al menos dos o más apilamientos de pilas de combustible. El procedimiento está definido en la reivindicación 1.

5 El conjunto de apilamiento de SOFC comprende módulos de apilamiento conectados en serie, comprendiendo cada módulo al menos un apilamiento, con una conexión simplificada de los módulos en las series omitiendo la necesidad de una canalización y tuberías especial o adicionalmente extensivas y reduce la necesidad de intercambiadores de calor para enfriar y calentar.

10 Más específicamente, es un objeto del invento proporcionar un conjunto de apilamiento de SOFC que comprende módulos de apilamiento conectados en serie, comprendiendo cada módulo al menos un apilamiento, con una conexión simplificada de los módulos en las series omitiendo la necesidad de una canalización y tuberías extra extensivas.

Un objeto del invento es también proporcionar un conjunto de apilamiento de SOFC que reduce la necesidad de intercambiadores de calor para enfriar y calentar.

15 Es otro objeto importante del invento proporcionar un conjunto de apilamiento de SOFC con una flexibilidad de efecto aumentado que le permite aumentar o disminuir rápidamente la salida de energía sin necesitar procedimientos de encendido y apagado largos.

Otro objeto del invento es proporcionar un conjunto de apilamiento de SOFC con un sistema de múltiple del lado del gas catódico simplificado común a todos los apilamientos en un módulo de apilamiento.

20 Otro objeto del invento es proporcionar un conjunto de apilamiento de SOFC, que es compacto con relación a la salida de efecto y que es relativamente insensible a las variaciones en la pérdida de presión sobre los apilamientos en el conjunto.

Otro objeto del invento es proporcionar un conjunto de apilamiento de SOFC que permite inherentemente conexiones simples para una inyección excedente de gases o fluidos de procedimiento.

Estos y otros objetos han sido alcanzados por el invento como se ha descrito a continuación.

25 El invento es un modo particularmente simple de conectar apilamientos de pilas de combustible en serie en el lado del gas catódico.

30 Los apilamientos de pilas de combustible están hechos con múltiples en el lado del aire, es decir la entrada y salida del cátodo a cada pila individual en los apilamientos están abiertas a los lados de los apilamientos. Un número de apilamientos están alineados lado a lado y ensamblados en un módulo de apilamiento con entradas de cátodo en una cara del módulo y las salidas de cátodo en la otra cara del módulo. Los módulos de apilamiento son conectados en serie de una manera simple colocando los módulos de apilamiento uno después del otro, de manera que la cara de salida del primer módulo mire a la cara de entrada del segundo módulo y así sucesivamente. En la cámara entre dos módulos de apilamiento, el aire es enfriado por ejemplo añadiéndole aire enfriado o mediante un intercambiador de calor.

35 Además, el invento ofrece un modo conveniente de operar el sistema de pilas de combustible en fracciones de la carga completa. Cuando el conjunto de apilamiento de SOFC funciona en carga completa, todos los módulos de apilamiento del conjunto son provistos con gas catódico mediante los múltiples en el lado de gas catódico común y con gas anódico mediante entradas de gas anódico a cada módulo. Pero cuando se requiere una carga parcial, solamente los módulos de apilamiento necesarios son provistos con gas anódico en un volumen suficiente para proporcionar una producción de efecto eléctrico considerable de esos apilamientos. Para aquellos apilamientos que no son necesarios en el modo de carga parcial, la alimentación de gas anódico es o bien cortada completamente o bien disminuida a un flujo mínimo suficiente para proteger al apilamiento o apilamientos estacionarios contra la degradación. La gran ventaja resultante es que, como tanto el efecto de producción, como los apilamientos estacionarios son provistos con gas catódico caliente, los apilamientos estacionarios son siempre calentados a la temperatura de operación deseada. Así están listos para desplazarse rápidamente desde el modo estacionario al modo de operación cuando del gas anódico es alimentado de nuevo al apilamiento o apilamientos. Esto proporciona medios para una flexibilidad no vista hasta ahora de salida de efecto desde un conjunto de apilamiento de SOFC.

45 El invento proporciona un rango de ventajas de las que a continuación se han recogido algunas:

50 1. Una estructura mecánica muy simple: pocos tubos y una estructura muy compacta. Por ejemplo, cuatro módulos de apilamientos con cuatro apilamientos en cada uno dan una unidad de 16 apilamientos con una cadena de entrada catódica, una cadena de salida catódica, una cadena de entrada de combustible y una cadena de salida de combustible. Además, se requieren tres cadenas frías para enfriamiento.

2. La disposición de los módulos de apilamientos permite una operación de carga parcial sin causar el problema de que los apilamientos resulten demasiado fríos para una operación eficiente.

3. Cuando numerosos apilamientos están conectados en paralelo con las alimentaciones de gas, entonces la pérdida de presión de los apilamientos individuales debe ser hecha corresponder estrechamente con el fin de hacer funcionar a todos los apilamientos en los puntos operativos adecuados. Lo último requiere un control de calidad extensivo y hace cara la producción de tales apilamientos. Una tolerancia significativamente aumentada hacía diferencias en las pérdidas de presión se consigue ensamblando un pequeño número de apilamiento en un módulo de apilamientos y conectándolos en serie sobre el lado del cátodo.
4. Componentes de equilibrio de la instalación, como el intercambiador de calor de alta temperatura para precalentar el aire catódico, pueden estar integrados en los extremos del conducto formados por los apilamientos conectados en serie, añadiéndolo además a una estructura mecánica compacta y eficaz en costes.
- El invento está ilustrado además más abajo por medio de los dibujos adjuntos que muestran ejemplos de realizaciones del invento.
- La fig. 1 muestra una vista esquemática de tres módulos de apilamientos de pilas de combustible conectados en serie de gas catódico de acuerdo con una realización del invento.
- La fig. 2 muestra una vista esquemática de cuatro módulos de apilamientos de pilas de combustible conectados en serie de gas catódico y en cuatro situaciones de carga diferentes de acuerdo con una realización del invento.
- Vista general del número de posición:
- | | |
|-----------|---|
| 101: | Apilamientos de pila de combustible del primer módulo de apilamientos primario. |
| 102: | Apilamientos de pila de combustible del segundo modo de apilamientos secundario. |
| 103: | Apilamientos de pila de combustible del tercer módulo de apilamientos secundario. |
| 111, 211: | Primer módulo primario de apilamientos de pilas de combustible. |
| 112, 212: | Segundo módulo secundario de apilamientos de pilas de combustible. |
| 113, 213: | Tercer módulo secundario de apilamientos de pilas de combustible. |
| 214: | Cuarto módulo secundario de apilamientos de pilas de combustible. |
| 121, 221: | Primer canal intermedio. |
| 122, 222: | Segundo canal intermedio. |
| 223: | Tercer canal intermedio. |
| 131, 231: | Primer múltiple del lado de entrada de gas catódico común (del primer módulo de apilamientos). |
| 132, 232: | Segundo múltiple del lado de salida de gas catódico común (del tercer/cuarto módulo de apilamientos). |
| 181, 281: | Gas catódico de entrada para el primer módulo de apilamientos primario. |
| 182, 282: | Corriente de gas catódico desde el primer módulo de apilamientos primario al segundo módulo de apilamientos secundario. |
| 183, 283: | Corriente de gas catódico desde el segundo módulo de apilamientos secundario al tercer módulo de apilamientos secundario. |
| 284: | Corriente de gas catódico desde el tercer módulo de apilamientos secundario al cuarto módulo de apilamientos secundario. |
| 191, 291: | Entrada de gas catódico frío adicional entre el primer y el segundo módulos de apilamientos. |
| 192, 292: | Entrada de gas catódico frío adicional entre el segundo y el tercer módulos de apilamientos. |
| 293: | Entrada de gas catódico frío adicional entre el tercer y el cuarto módulos de apilamientos. |
- La fig. 1 muestra una realización de un conjunto de apilamiento de pila de combustible SOFC que comprende tres módulos de apilamiento 111, 112, 113 en conexión en serie de gas catódico. Cada módulo de apilamientos comprende cuatro apilamientos de SOFC separados 101, 102, 103, con un múltiple del lado de gas catódico. Los cuatro módulos están ensamblados en un cuadrado, es decir dos apilamientos a lo alto y dos apilamientos a lo ancho. Un agente de sellado es proporcionado entre los apilamientos en un módulo y entre cada apilamiento y el recipiente del módulo que rodea a los módulos, proporcionando dicho agente de sellado una conexión hermética

sustancialmente a los gases. Un único múltiple 131 por el lado común a los cuatro apilamientos del primer módulo primario 111 permite una alimentación 181 de gas catódico, es decir una alimentación de gas común a los cuatro apilamientos en el módulo primario. Por primario se ha querido decir aquí el primer módulo en la serie que recibe gas catódico "fresco" que ha sido recalentado, pero que no ha circulado previamente a través de un módulo de apilamiento.

Todas las pilas de combustible están provistas con entradas de gas anódico a través de una alimentación de gas anódico separada para cada módulo de apilamiento (no mostrado). Los siguientes dos módulos secundarios 112, 113, son conectados en serie de gas catódico al primer módulo primario bien directamente conectando el múltiple del lado de salida del gas catódico de un módulo de apilamiento al múltiple del lado de entrada de gas catódico del siguiente módulo de apilamiento en serie, o bien como se ha mostrado en la fig. 1 conectando el múltiple del lado de salida del gas catódico de un módulo de apilamiento mediante un canal intermedio 121, 122 al múltiple del lado de entrada de gas catódico del siguiente módulo de apilamiento en la serie. Por módulos secundarios se ha querido significar aquí módulos de apilamiento que reciben gas catódico que ha circulado al menos parcialmente a través de un módulo de apilamiento precedente en la serie. En cualquier caso, una entrada 191, 192 de gas catódico frío relativo adicional está prevista entre los módulos de apilamientos conectados en serie. Esta alimentación adicional de gas catódico frío sirve para asegurar la correcta temperatura operativa del gas catódico alimentado a cada uno de los módulos de apilamientos secundarios. Así, sólo el módulo de apilamiento primario requiere un precalentador de gas catódico suplementario (no mostrado).

Cuando se opera a carga parcial, la alimentación de gas anódico para el primero 112 o el segundo 113 o ambos módulos de apilamiento secundarios 112, 113 ha sido minimizada o totalmente cortada. Para asegurar la correcta temperatura estacionaria de los apilamientos estacionarios, también la alimentación adicional relevante de aire catódico frío es regulada o cortada.

Al final del ensamblaje, véase el dibujo, hay previsto un múltiple en el lado de salida de gas catódico común. En la realización ilustrada este múltiple es común a los cuatro apilamientos en el último módulo secundario 113 de la serie.

La fig. 2 muestra un conjunto de módulos de apilamientos de SOFC conectados en serie de gas catódico que comprende cuatro módulos 211, 212, 213, 214, un módulo primario 211 que recibe gas catódico "fresco" y 3 módulos secundarios 212, 213, 214 cada uno de los cuales recibe gas catódico parcialmente usado desde el módulo de apilamiento precedente en la serie.

La organización de la fig. 2 es análoga a la organización descrita de la fig. 1. Se han mostrado cuatro situaciones de carga, es decir 25%, 50%, 75% y 100% de carga. Como puede verse, en la situación de 25% de carga todos los módulos de apilamientos reciben sólo gas catódico 281 desde el primer múltiple del lado de entrada de gas catódico común, y sólo el módulo de apilamiento primario recibe gas anódico de operación (no mostrado). Los módulos secundarios reciben gas catódico caliente, parcialmente usado, 282, 283, 284 que asegura la correcta temperatura estacionaria de los tres módulos de apilamientos estacionarios 212, 213, 214.

En las situaciones de 50%, 75% y 100% de carga, más módulos de apilamiento reciben gas anódico de operación (no mostrado), y consiguientemente esos módulos de apilamiento en funcionamiento reciben una cantidad adicional de gas catódico frío 291, 292, 293.

Como los apilamientos estacionarios son mantenidos calientes por la salida catódica de los apilamientos de aguas arriba aún en funcionamiento, las pérdidas de calor de un apilamiento en funcionamiento son por tanto las mismas en las cuatro configuraciones de carga. Por consiguiente, la operación la carga parcial tiene lugar con la misma eficiencia que la carga total. Los apilamientos estacionario requieren protecciones anódicas bien en forma de un potencial eléctrico o bien en forma de gas de seguridad o sin gas anódico desde los apilamiento aún en funcionamiento.

Ejemplo de cálculo de sistema

Apilamientos a contraflujo de $P = 50 \text{ Kw}$, $U_f = 70\%$, $18 \times 18 \text{ cm}^2$

Config	Combustible	Efic. Eléctr	Densidad de Potencia	Exceso de relación de aire	ΔT	HeX entrada/salida de aire	P_{entrada} (mbarg)	Salida de X_{O_2}
Paralela	Metano	Base	Base	Base	Base	Base	150	0,17
4 capas en cascada	Metano	100%	106%	61%	42%	57%	350	0,14

ES 2 391 682 T3

P = 50 Kw	Metano	Metano	Metano
	Caso Base	Aire Enfriado	Enfriador
Grupos de Pilas en Serie	1	4	4
Eficiencia Neta	49,9	49,9	49,9
Número Total de Pilas	1264	1196	1200
	Syngas Carbón	Syngas Carbón	Syngas Carbón
Grupos de Pilas en Serie	1	4	4
Eficiencia Neta	45,4	45,2	45,5
Número Total de Pilas	1266	1216	1204

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento de funcionamiento de un conjunto de apilamiento de Pilas de Combustible de Óxido Sólido apropiado para funcionamiento en carga parcial, comprendiendo dicho conjunto una pluralidad de pilas de combustible dispuestas en al menos dos módulos de apilamiento conectados en serie de gas catódico y que
5 comprende al menos un apilamiento en cada módulo, donde el escape de gas catódico desde un primer módulo de apilamiento primario es transportado a la entrada de gas catódico al menos del siguiente módulo de apilamiento secundario conectado en serie, en el que cada módulo de apilamiento tiene un primer múltiple o colector del lado de entrada de gas catódico común a todos los apilamientos de dicho módulo y un segundo múltiple del lado de salida de gas catódico común a todos los apilamientos de dicho módulo, y en el que el gas catódico está conectado en
10 serie desde el primer módulo de apilamiento primario al menos al siguiente estar módulo de apilamiento secundario de la conexión en serie a través de dichos múltiples de lado comunes, comprendiendo dicho procedimiento las operaciones de:
 - proveer al menos a dos módulos de apilamiento conectados en serie con gas catódico, un módulo de apilamiento primario y un módulo de apilamiento secundario
 - 15 - proveer al menos al primer módulo de apilamiento en la serie con gas anódico
 - proveer a la entrada de gas catódico del primer módulo de apilamiento primario en la serie con gas catódico precalentado
 - proveer a la entrada de gas catódico de al menos un módulo de apilamiento secundario en la serie con gas catódico de escape caliente procedente de la salida de gas catódico del módulo de apilamiento precedente
 - 20 - proveer gas anódico al apilamiento primario, no siendo transportado dicho gas anódico hasta ninguno de los módulos de apilamiento secundario del conjunto o solo a algunos de ellos.
2. Un procedimiento de funcionamiento de un conjunto de apilamiento de Pilas de Combustible de Óxido Sólido según la reivindicación 1, en el que el gas catódico de escape proporcionado a la entrada de gas catódico de al menos un módulo de apilamiento secundario con gas anódico es enfriado por medio de un intercambiador de calor o
25 por la entrada de gas catódico frío adicional.
3. Un procedimiento según la reivindicación 1 ó 2, en el que el conjunto comprende dos módulos de apilamiento.
4. Un procedimiento según la reivindicación 1 ó 2, en el que el conjunto comprende cuatro módulos de apilamiento.
5. Un procedimiento según la reivindicación 4 adecuado para funcionar aproximadamente al 25%, 50%, 75% o 100% de carga,
 - 30 cuando funciona a un 25% de carga, sólo el primer módulo de apilamiento en la serie es provisto con gas anódico,
 - cuando funciona a un 50% de carga, sólo os el primer y el segundo módulo de apilamiento en la serie son provistos con gas anódico y sólo el gas catódico proporcionado al segundo módulo de apilamiento es enfriado,
 - cuando funciona a un 75% de carga, solo el primer, el segundo y el tercer módulo de apilamiento en la serie son proporcionados con gas anódico y sólo el gas catódico proporcionado al segundo y tercer módulos de apilamiento es
35 enfriado,
 - cuando funciona a un 100% de carga, todos los módulos de apilamiento en las serie son provistos con gas anódico y el gas catódico proporcionado al segundo, tercer y cuarto módulos de apilamiento es enfriado.

Figura 1

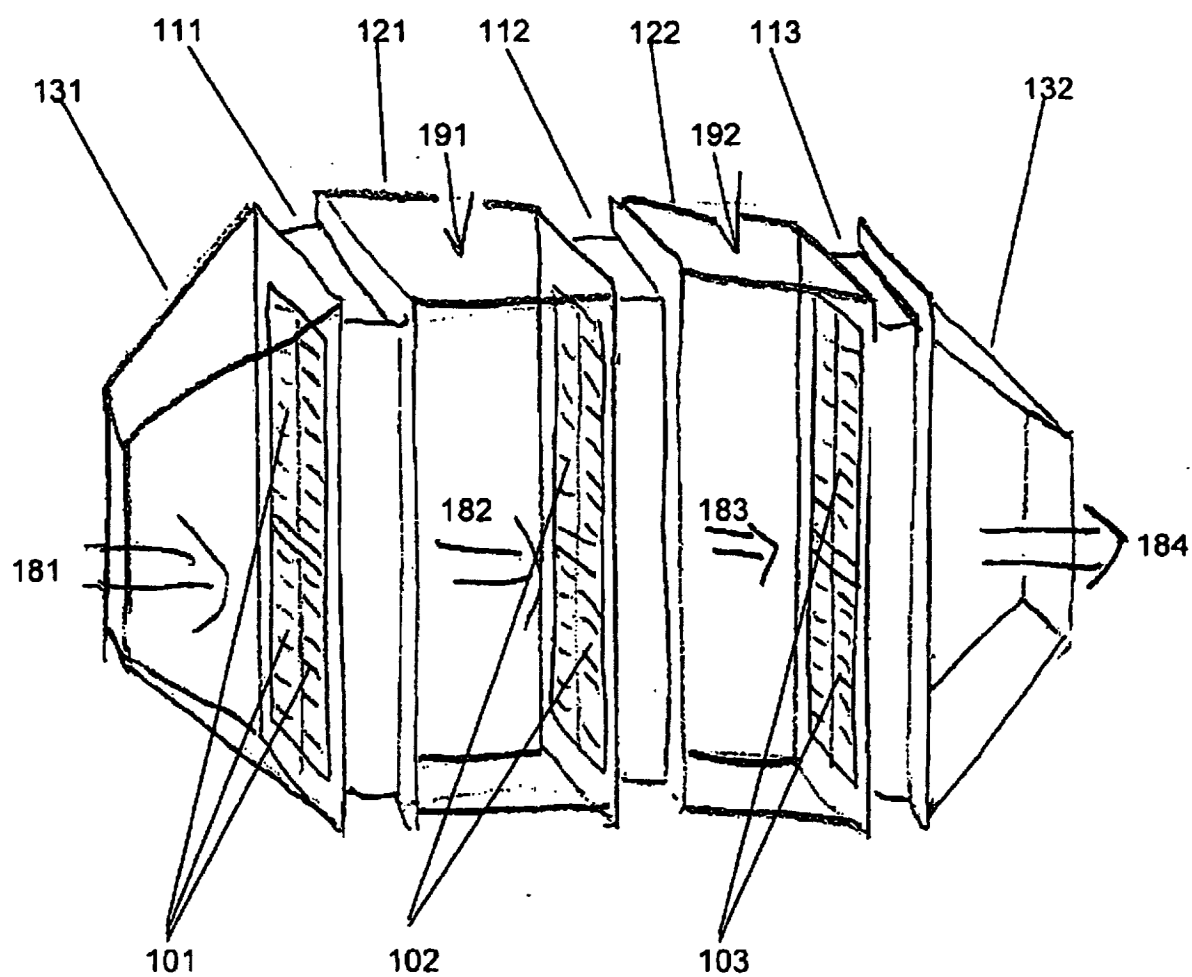


Figura 2

