

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 441 592**

51 Int. Cl.:

**H01M 4/88** (2006.01)

**H01M 8/12** (2006.01)

**H01M 8/24** (2006.01)

**H01M 8/02** (2006.01)

**H01M 4/86** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **23.01.2007 E 07704961 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **25.12.2013 EP 2044641**

54 Título: **Módulo de pilas de combustible de óxidos sólidos con ánodo de multicapa**

30 Prioridad:

**14.02.2006 GB 0602842**

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

**05.02.2014**

73 Titular/es:

**LG FUEL CELL SYSTEMS, INC. (100.0%)  
6065 Strip Avenue  
North Canton OH 44720, US**

72 Inventor/es:

**DELAFORCE, PHILIP MARK;  
HART, NIGEL THOMAS;  
YEOMANS, JULIE ANNE;  
WRIGHT, GARY JOHN y  
JORGER, MICHAEL BERNHARD**

74 Agente/Representante:

**UNGRÍA LÓPEZ, Javier**

**ES 2 441 592 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

Módulo de pilas de combustible de óxidos sólidos con ánodo de multicapa

5 **Campo de la invención**

La presente invención se refiere a una pila de combustible de óxidos sólidos y un módulo de pila de combustible de óxidos sólidos.

10 El documento JP07245107A divulga una pila de combustible de óxidos sólidos que comprende un electrodo de aire, un electrodo de combustible y un electrolito. El electrodo de combustible comprende una primera capa dispuesta sobre el electrolito, una segunda capa sobre la primera capa y una tercera capa sobre la segunda capa. La primera capa comprende una asociación de metal y material cerámico, la segunda capa comprende un metal poroso y la tercera capa comprende una asociación de metal y material cerámico.

15 El documento US 5273837 divulga una pila de combustible de óxidos sólidos que comprende un electrolito flexible, un electrodo de ánodo y un electrodo de cátodo. El electrodo de ánodo comprende una capa individual unida al electrolito. El electrodo de ánodo comprende una rejilla de ánodo que se extiende completamente a través del espesor del electrodo de ánodo. La rejilla de ánodo comprende una malla metálica de níquel y ésta se encuentra unida permanentemente al electrolito y la malla metálica actúa como colector de corriente para el electrodo de ánodo. Se aplica un material de electrodo para el electrodo de ánodo que consiste en una mezcla de níquel y circonia para rellenar las aberturas de la malla metálica de níquel.

20 Se conocen las pilas de combustible de óxidos sólidos que comprenden electrodos de ánodo funcionalmente clasificados y electrodos de cátodo funcionalmente clasificados. Generalmente, los electrodos de ánodo y cátodo funcionalmente clasificados comprenden una primera capa sobre el electrolito y una segunda capa sobre la primera capa. La primera capa está dispuesta para optimizar la actividad electro-química en el electrolito y la segunda capa está dispuesta para proporcionar conducción electrónica perpendicular a las capas de las pilas de combustible de óxidos sólidos con el fin de permitir que la corriente fluya de una pila de combustible de óxidos sólidos a una pila de combustible de óxidos sólidos adyacente por medio de un interconector. Las segundas capas proporcionan la recogida uniforme de corriente a través de las pilas de combustible de óxidos sólidos.

25 Se conocen los módulos de pilas de combustible de óxidos sólidos que comprenden una pluralidad de pilas de combustibles de óxidos sólidos conectadas en series eléctricas. Las pilas de combustible de óxidos sólidos están conectadas en serie por medio de interconectores.

30 Los electrodos de ánodo y los electrodos de cátodo requieren coeficientes de expansión térmica (CTE) próximos al del electrolito así como adherencia apropiada, o buena unión interfacial, con el electrolito. De igual forma, los electrodos de ánodo y los electrodos de cátodo están expuestos a diferentes entornos de operación y esto da lugar a diferentes requisitos de material para los electrodos de ánodo y los electrodos de cátodo. Los electrodos de ánodo y los electrodos de cátodo tienen que ser térmicamente estables a temperaturas elevadas, químicamente estables con respecto al electrolito a temperaturas elevadas, tener elevada conductividad eléctrica y ser catalíticos en atmósferas oxidantes o reductoras. Además, los electrodos de ánodo y los electrodos de cátodo deben ser porosos para permitir el flujo de los productos gaseosos y los reaccionantes hacia y desde los sitios de reacción. Todos estos requisitos limitan el número de materiales disponibles para su uso como electrodos de ánodo y como electrodos de cátodo.

35 No existen materiales disponibles para la selección, que satisfagan todos los requisitos de material para su uso como electrodos de ánodo y electrodos de cátodo y, de este modo, es necesario modificar los materiales. El método generalmente aceptado de modificación de las propiedades de un material consiste en mezclar el material con otro material para producir un material compuesto. De este modo, actualmente los electrodos de ánodo y los electrodos de cátodo de una pila de combustible de óxidos sólidos comprenden materiales compuestos, también conocidos como asociaciones de metal y material cerámico, y estos materiales compuestos comprenden dos o más materiales.

40 Generalmente, un electrodo de ánodo comprende una mezcla de níquel y circonia estabilizada con itria (YSZ). Las proporciones de níquel y circonia estabilizada con itria (YSZ) se varían para ajustar el coeficiente de expansión térmica del electrodo de ánodo a cualquier valor entre el de níquel y circonia estabilizada con itria (YSZ). Puede estar presente una proporción suficiente de níquel en el electrodo de ánodo con el fin de que el electrodo de ánodo tenga una buena conductividad. Al final, las proporciones de níquel y circonia estabilizada con itria (YSZ) en el electrodo de ánodo es un compromiso entre el requisito de un coeficiente de expansión térmica (CTE) que se ajusta al del electrolito, normalmente circonia estabilizada con itria, y el requisito de una conductividad eléctrica elevada. Además, debido a que el electrodo de ánodo puede ser poroso, la presencia de poros en el electrodo de ánodo actúa como aislante y reduce la conductividad eléctrica del electrodo de ánodo.

45 El electrodo de cátodo tiene requisitos similares al electrodo de ánodo y el electrodo de cátodo generalmente comprende un material compuesto o asociación de metal y material cerámico de manganita de lantano impurificado con estroncio.

La conductancia de un objeto que viene expresado por medio de la ecuación (1), donde G es la conductancia del objeto,  $\rho$  es la resistividad de los materiales, L es la longitud del objeto que fluye en corriente a lo largo y A es el área de corte transversal del objeto. La resistividad,  $\rho$ , es el inverso de la conductividad  $\sigma$ . Sustituyendo conductividad por resistividad se da lugar a la ecuación (2).

5

$$(1) \quad G = 1/\rho \quad (A/L)$$

y

$$(2) \quad G = \sigma \quad (A/L)$$

10 Las pilas de combustible de óxidos sólidos descritas en la solicitud de patente internacional publicada WO 0229917A de los inventores se encuentran dispuestas sobre un sustrato poroso inerte. En este dispositivo, la geometría de las capas que recogen corriente y que conectan las pilas adyacentes de combustible de óxidos sólidos juntas tiene una proporción muy pequeña de área de corte transversal con respecto a longitud.

15 La geometría ideal para maximizar la conductancia es maximizar la proporción de corte transversal con respecto a longitud, teniendo una longitud pequeña y un área de corte transversal grande.

20 En las pilas de combustible de óxidos sólidos descritas en la solicitud de patente internacional publicada WO 0229917 de los inventores, las dimensiones de la capa de recogida de corriente están restringidas en términos de anchura y longitud, debido a que están directamente relacionadas con la geometría de pila de combustible de óxidos sólidos y las tolerancias de impresión y tamaño del electrolito. El espesor de la capa de recogida de corriente no está gobernado por esta geometría, sino que el espesor no debe ser excesivamente grande en cuanto a magnitud, ya que una capa gruesa afecta a la integridad mecánica.

25 Como se ha comentado anteriormente, se conocen los electrodos de ánodo y de cátodo funcionalmente clasificados. El método convencional para aumentar la conductividad del electrodo de ánodo y del electrodo de cátodo consiste en proporcionar las segundas capas con una conducción electrónica mejorada. Estas segundas capas, conocidas como capas colectoras de corriente, deben ser porosas para permitir que el producto y los gases reaccionantes fluyan hasta y a partir de los sitios de reacción.

30

El níquel se usa de manera predominante en las pilas de combustible de óxidos sólidos para los electrodos de ánodo ya que tiene buenas propiedades catalíticas y de conductividad electrónica a temperaturas elevadas. De este modo, el níquel sería un buen material para la capa colectora de corriente.

35 No obstante, el níquel y el óxido de níquel tienen un coeficiente de expansión térmica que es mayor que el de circonia estabilizada con itria (YSZ) y el níquel y el óxido de níquel experimentan un cambio de volumen significativo cuando se oxidan y se reducen respectivamente. Adicionalmente, con el tiempo y temperaturas elevadas las partículas pequeñas de níquel, en una capa colectora de corriente o capa de ánodo, tienden a engrosar debido a la fuerza de accionamiento termodinámica para disminuir la energía libre por medio de disminución del área superficial, lo cual altera la microestructura de manera que existe menos percolación de las partículas de níquel. Esto conduce a una disminución de la conductividad eléctrica de la capa colectora de corriente o capa de ánodo, con el tiempo. La tasa de engrosamiento de las partículas de níquel depende del tamaño de las partículas de níquel, ya que las partículas de níquel más pequeñas se engrosan a una tasa más rápida que las partículas de níquel más grandes.

40

45 El problema es que no existe un material apropiado para la capa colectora de corriente para el electrodo de ánodo con conductancia en el plano, estabilidad de ciclado térmico y estabilidad de ciclado de re-oxidación apropiadas.

Por consiguiente, la presente invención persigue proporcionar una nueva pila de combustible de óxidos sólidos, que reduzca, preferentemente solucione, el problema anteriormente mencionado.

50

Por consiguiente, la presente invención proporciona una pila de combustible de óxidos sólidos que comprende una pluralidad de pilas de combustibles de óxidos sólidos, comprendiendo cada pila un electrodo de ánodo, un electrolito y un electrodo de cátodo, una pluralidad de interconectores que están dispuestos para conectar eléctricamente las pilas de combustible en series eléctricas, conectando eléctricamente cada interconector un electrodo de ánodo de una pila de combustible a un electrodo de cátodo de una pila de combustible adyacente, comprendiendo el electrodo de ánodo al menos tres capas, estando una primera capa dispuesta sobre el electrolito, estando dispuesta una segunda capa sobre la primera capa y estando dispuesta la tercera capa sobre la segunda capa, comprendiendo la primera capa una asociación de metal y material cerámico, comprendiendo la tercera capa una asociación de metal y material cerámico, donde la segunda capa comprende un colector de corriente y una asociación de metal y material cerámico, y estando el colector de corriente intercalado en la asociación de metal y material cerámico de la segunda capa, comprendiendo el colector de corriente una asociación de metal y material cerámico, teniendo la asociación de metal y material cerámico del colector de corriente una concentración de metal más elevada que la concentración de metal de la asociación de metal y material cerámico de la primera capa, teniendo la segunda capa

55

60

- 5 y tercera capa o la asociación de metal y material cerámico del colector de corriente partículas de metal y material cerámico de tamaño diferente a los tamaños de las partículas de metal y material cerámico de la asociación de metal y material cerámico de la primera capa, teniendo la segunda capa y la tercera capa o la asociación de metal y material cerámico del colector de corriente menos porosidad que la asociación de metal y material cerámico de la primera capa, segunda y tercera capa.
- Preferentemente, el metal de la asociación de metal y material cerámico comprende al menos uno de cobre, níquel, paladio, platino, renio o rodio.
- 10 Preferentemente, el material cerámico de la asociación de metal y material cerámico comprende al menos uno de ceria, pervosquita o circonia estabilizado con itria.
- 15 El colector de corriente puede comprender una asociación de metal y material cerámico, teniendo la asociación de metal y material cerámico del colector de corriente partículas de metal y material cerámico de tamaño y/o forma diferentes a los tamaños y/o formas de las partículas de metal y material cerámico de la asociación de metal y material cerámico de la primera capa, segunda capa y tercera capa.
- 20 El colector de corriente puede comprender una asociación de metal y material cerámico, conteniendo la asociación de metal y material cerámico del colector de corriente menos formadores de poro que la asociación de metal y material cerámico de la primera capa, segunda capa y tercera capa.
- 25 La primera capa puede comprender una asociación de níquel y material cerámico, comprendiendo la segunda capa un colector de corriente intercalado en una asociación de níquel y material cerámico y comprendiendo la tercera capa una asociación de níquel y material cerámico.
- El colector de corriente puede comprender una asociación de níquel y material cerámico, teniendo la asociación de níquel y material cerámico del colector de corriente una concentración de níquel más elevada que la concentración de níquel de la asociación de níquel y material cerámico de la primera capa, segunda capa y tercera capa.
- 30 El colector de corriente puede comprender una asociación de níquel y material cerámico, teniendo la asociación de níquel y material cerámico del colector de corriente partículas de níquel y material cerámico de tamaño diferente a los tamaños de las partículas de níquel y material cerámico de la asociación de níquel y material cerámico de la primera capa, segunda capa y tercera capa.
- 35 El colector de corriente puede comprender una asociación de níquel y material cerámico, teniendo la asociación de níquel y material cerámico del colector de corriente menos porosidad que la asociación de níquel y material cerámico de la primera capa, segunda capa y tercera capa.
- 40 El colector de corriente puede comprender una asociación de níquel y material cerámico, teniendo la asociación de níquel y material cerámico del colector de corriente partículas de níquel y material cerámico con forma y/o tamaño diferentes de los tamaños y/o las formas de las partículas de níquel y material cerámico de la asociación de níquel y material cerámico de la primera capa, segunda capa y tercera capa.
- 45 El colector de corriente puede comprender una asociación de níquel y material cerámico, conteniendo la asociación de níquel y material cerámico del colector de corriente menos formadores de poro que la asociación de níquel y material cerámico de la primera capa, segunda capa y tercera capa.
- 50 Preferentemente, la segunda capa comprende una malla metálica de colector de corriente intercalada en una asociación de metal y material cerámico.
- La segunda capa puede comprender una malla metálica hexagonal de colector de corriente en una asociación de metal y material cerámico. La segunda capa puede comprender una malla metálica colectora sinusoidal en una asociación de metal y material cerámico.
- 55 La segunda capa puede comprender una pluralidad de miembros discontinuos de colector de corriente en una asociación de metal y material cerámico.
- 60 La asociación de níquel y material cerámico puede comprender una asociación de níquel y circonia estabilizada con itria, una asociación de níquel y ceria o una asociación de níquel y perovskita.
- El electrodo de ánodo puede comprender una cuarta capa dispuesta sobre la tercera capa y una quinta capa dispuesta sobre la cuarta capa, comprendiendo la cuarta capa un colector de corriente intercalado en una asociación de metal y material cerámico y una quinta capa que comprende una asociación de metal y material cerámico.
- 65 El electrodo de ánodo puede comprender una sexta capa dispuesta sobre la quinta capa y una séptima capa dispuesta sobre la sexta capa, comprendiendo la sexta capa un colector de corriente intercalado en una asociación

de metal y material cerámico y comprendiendo la séptima capa una asociación de metal y material cerámico.

La presente invención se describirá de manera más completa a modo de ejemplo con referencia a los dibujos adjuntos en los cuales:

- 5 La Figura 1 muestra una superposición de pilas de combustible de óxidos sólidos de acuerdo con la presente invención.  
 La Figura 2 muestra una vista ampliada de una pila de combustible de óxidos sólidos que se muestra en la Figura 1.  
 10 La Figura 3 muestra una sección a lo largo de la línea A-A de la pila de combustible de óxidos sólidos que se muestra en la Figura 2.  
 La Figura 4 muestra una sección alternativa a lo largo de la línea A-A de la pila de combustible de óxidos sólidos que se muestra en la Figura 2.  
 15 La Figura 5 muestra una sección adicional alternativa a lo largo de la línea A-A de la pila de combustible de óxidos sólidos que se muestra en la Figura 2.

20 La figura 1 muestra un módulo 10 de pila de combustible de óxidos sólidos de acuerdo con la presente invención y que comprende un miembro 12 de soporte hueco y una pluralidad de pilas 16 de combustible de óxidos sólidos separadas longitudinalmente sobre al menos una superficie lisa 14 del miembro 12 de soporte hueco. El miembro 12 de soporte hueco tiene uno o más conductos 13 que se extienden longitudinalmente a través del mismo para el suministro de uno de los reaccionantes, por ejemplo combustible por ejemplo hidrógeno. Cada pila 16 de combustible de óxidos sólidos comprende un electrodo de ánodo 18, un electrolito 20 y un electrodo de cátodo 22. Una pluralidad de interconectores 24 está dispuesta para conectar eléctricamente las pilas 16 de combustible de óxidos sólidos en series eléctricas. Cada interconector 24 conecta eléctricamente un electrodo de ánodo 18 de pila 16 de combustible de óxidos sólidos a un electrodo de cátodo 22 de una pila 16 de combustible adyacente de óxidos sólidos.

30 El electrodo de ánodo 18 de cada pila 16 de combustible de óxidos sólidos está dispuesto sobre el miembro 12 de soporte hueco, en el ejemplo donde se suministra combustible a través de al menos un conducto 13 del miembro 12 de soporte hueco. El electrolito 20 de cada pila 16 de combustible de óxidos sólidos está dispuesto sobre el respectivo electrodo de ánodo 18 y el electrodo de cátodo 22 de cada pila 16 de combustible de óxidos sólidos está dispuesto sobre el respectivo electrolito 20.

35 El electrodo de ánodo 18 de cada pila 16 de combustible de óxidos sólidos comprende una primera capa 26 adyacente al electrolito 20, una segunda capa 28 sobre la primera capa 26 y una tercera capa 30 sobre la segunda capa 28, como se muestra en la figura 2. La primera capa 26 comprende una asociación de níquel y material cerámico, la segunda capa 28 comprende un colector de corriente 32 intercalado en una asociación 34 de níquel y material cerámico y la tercera capa 30 comprende una asociación de níquel y material cerámico.

40 El colector de corriente 32 puede comprender níquel. El colector de corriente 32 puede comprender una asociación de níquel y material cerámico, teniendo la asociación de níquel y material cerámico del colector de corriente 32 una concentración de níquel más elevada que la concentración de níquel de la asociación 34 de níquel y material cerámico de la primera capa 26, segunda capa 28 y tercera capa 30. El colector de corriente 32 puede comprender una asociación de níquel y material cerámico, teniendo la asociación de níquel y material cerámico del colector de corriente 32 partículas de níquel y material cerámico de diferente tamaño que los tamaños de las partículas de níquel y material cerámico de la asociación de níquel y material cerámico de la primera capa 26, segunda capa 28 y tercera capa 30. El colector de corriente 32 puede comprender una asociación de níquel y material cerámico, teniendo la asociación de níquel y material cerámico del colector de corriente 32 menos porosidad que la asociación de níquel y material cerámico de la primera capa 26, segunda capa 28 y tercera capa 30. El colector de corriente 32 puede comprender una asociación de níquel y material cerámico del colector de corriente 32 partículas de níquel y material cerámico de diferente tamaño y/o forma que los tamaños y/o formas de las partículas de níquel y material cerámico de la asociación de níquel y material cerámico de la primera capa 26, segunda capa 28 y tercera capa 30. El colector de corriente 32 puede comprender una asociación de níquel y material cerámico, conteniendo la asociación de níquel y material cerámico del colector de corriente 32 menos formadores de poro que la asociación de níquel y material cerámico de la primera capa 26, segunda capa 28 y tercera capa 30.

60 La segunda capa 28 puede comprender una malla 32 metálica colectora de corriente intercalada en una asociación 34 de níquel y material cerámico de manera que la longitud de la malla 32 metálica colectora de corriente no sea continua en una dirección. Preferentemente, la segunda capa 28 comprende una malla 32A metálica hexagonal colectora de corriente en una asociación 34A de níquel y material cerámico como se muestra en la figura 3. Alternativamente, la segunda capa 28 comprende una malla 32B metálica colectora de corriente sinusoidal en una asociación 34B de níquel y material cerámico, como se muestra en la figura 4. Alternativamente, la segunda capa 28 comprende una pluralidad de miembros 32C discontinuos colectores de corriente, en una asociación 34C de níquel y material cerámico, como se muestra en la figura 5. En el caso de que las mallas 32A y 32B colectoras de corriente y los miembros 32C discontinuos colectores de corriente, el dispositivo es tal que minimiza las tensiones en el

electrodo de ánodo 18, al tiempo que se maximiza la conducción eléctrica en el plano.

Preferentemente, las capas de pilas de combustibles de óxidos sólidos se depositan por medio de serigrafía, impresión de chorro de tinta o impresión por transferencia directamente sobre las otras capas. Alternativamente, las capas de las pilas de combustible de óxidos sólidos se pueden depositar por medio de metalizado por bombardeo de radio frecuencia, pulverización térmica o pulverización por plasma, pero con el uso de máscaras para limitar la deposición en las áreas requeridas sobre las otras capas.

La asociación de níquel y material cerámico comprende níquel y circonia estabilizado con itria (YSZ) o alternativamente la asociación de níquel y material cerámico comprende una asociación de níquel y ceria o una asociación de níquel y pervosquita.

La presente invención proporciona un electrodo de material compuesto con microestructura adaptada para mejorar en cuanto a conductancia eléctrica en el plano. La conductancia eléctrica en el plano mejorada se logra proporcionando un colector de corriente (por ejemplo, regiones conectadas del electrodo de ánodo compuesto con capacidad mejorada de recogida de corriente), que tiene más níquel y/o que tiene menos porosidad, encapsulado en regiones optimizadas para las reacciones electroquímicas, que tienen muchos sitios de reacción y una estructura porosa.

La presente invención permite el uso de materiales en el colector de corriente del electrodo de ánodo compuesto, que tienen un coeficiente de expansión térmica (CTE) que se mantiene con respecto al del electrolito o que genera un cambio de volumen durante la oxidación o reducción. Además, se mejora la estabilidad de ciclado de re-oxidación del electrodo de ánodo compuesto. Esto se logra disponiendo el colector de corriente con patrones/formas tales que no sea continuo en ninguna dirección, reduciendo además las tensiones.

La presente invención permite usar materiales en el colector de corriente del electrodo de ánodo compuesto que no se adhieran/unan bien a otros materiales de la pila de combustible de óxidos sólidos. Esto se logra encapsulando el colector de corriente dentro del electrodo de ánodo, de manera que únicamente el electrodo de ánodo se encuentre en contacto directo con el colector de corriente, las capas adyacentes y los materiales adyacentes de las pilas de combustible de óxidos sólidos.

Adicionalmente, la presente invención proporciona una microestructura de electrodo de ánodo compuesto, que tiene una estabilidad térmica mejorada. Con el tiempo a temperatura elevada las partículas pequeñas de níquel tienden a engrosar, lo que altera la microestructura del electrodo de ánodo de manera que existen menos percolaciones de las partículas de níquel y además esto tiende a una disminución en la conductividad eléctrica en el plano en un electrodo de ánodo convencional. El colector de corriente del electrodo de ánodo compuesto tiene una microestructura más densa que el electrodo de ánodo convencional y además las partículas de níquel tienden a engrosar a una tasa más lenta que las partículas pequeñas de níquel del electrodo de ánodo y esto conduce a una disminución más lenta de la conductividad eléctrica en el plano de todo el electrodo de ánodo compuesto con el tiempo.

Hablando en un sentido más amplio, las capas primera, segunda y tercera del electrodo de ánodo pueden comprender otras asociaciones apropiadas de metal y material compuesto, por ejemplo cobre, paladio, platino, renio o rodio combinados con ceria, pervosquita o circonia estabilizada con itria (YSZ). Alternativamente, las capas primera, segunda y tercera del electrodo de ánodo pueden comprender otras asociaciones apropiadas de metal y material compuesto, por ejemplo, mezclas de dos o más de cobre, níquel, paladio, platino, renio o rodio combinados con ceria, pervosquita o circonia estabilizado con itria (YSZ).

El colector de corriente puede comprender otros metales apropiados, por ejemplo, cobre, paladio, platino, renio o rodio o aleaciones de cobre, níquel, paladio, platino, renio y rodio. El colector de corriente puede comprender otras asociaciones de metal y material cerámico por ejemplo cobre, paladio, platino, renio o rodio combinados con ceria, pervosquita o circonia estabilizado con itria (YSZ), de nuevo con una concentración de metal en el colector de corriente más elevada que en las capas primera, segunda y tercera del electrodo de ánodo.

El colector de corriente puede comprender otros metales apropiados, por ejemplo, cobre, paladio, platino, renio o rodio o aleaciones de cobre, níquel, paladio, platino, renio y rodio. El colector de corriente puede comprender otras asociaciones de metal y material cerámico por ejemplo, cobre, paladio, platino, renio o rodio, combinados con ceria, pervosquita o circonia estabilizado con itria (YSZ), de nuevo con partículas de metal y material cerámico de tamaño diferente en el metal y el material cerámico del colector de corriente con respecto a los tamaños de las partículas de metal y material cerámico de las capas primera, segunda y tercera del electrodo de ánodo.

El colector de corriente puede comprender otros metales apropiados, por ejemplo, cobre, paladio, platino, renio o rodio o aleaciones de cobre, níquel, paladio, platino, renio y rodio. El colector de corriente puede comprender otras asociaciones de metal y material cerámico por ejemplo, cobre, paladio, platino, renio o rodio combinados con ceria, pervosquita o circonia estabilizado con itria (YSZ), de nuevo con una porosidad de metal y material cerámico del colector de corriente menor que la del metal y material cerámico de las capas primera, segunda y tercera del

electrodo de ánodo. Las partículas de metal y material cerámico del colector de corriente pueden de nuevo tener partículas de metal y de material cerámico de tamaño y/o formas diferentes o menos formadores de poro que las partículas de metal y material cerámico de las capas primera, segunda y tercera.

- 5 Aunque la presente invención se ha descrito con referencia a un electrodo de ánodo con un colector de corriente individual en la segunda capa de un electrodo de ánodo de tres capas, es igualmente posible proporcionar un electrodo de ánodo con otros miembros apropiados de colectores de corriente y capas. Por ejemplo, dos colectores de corriente en las capas segunda y cuarta de un electrodo de ánodo de cinco capas o tres colectores de corriente en las capas segunda, cuarta y sexta de un electrodo de ánodo de siete capas, etc. No obstante, es preferible usar
- 10 un colector de corriente individual en un electrodo de ánodo de tres capas o dos colectores de corriente en un electrodo de ánodo de cinco capas para minimizar los costes de material, costes de fabricación y complejidad.

- Es posible disponer el colector de corriente de forma que tenga una variación de diámetro, o área de corte transversal, de los orificios en la malla metálica hexagonal del colector de corriente de manera que la conducción perpendicular a las capas sea diferente en posiciones diferentes, por ejemplo para variar la conducción de un lado a otro lado del electrodo de ánodo. Es posible disponer el colector de corriente de manera que tenga una variación de diámetro, o área de corte transversal, de los orificios en la malla metálica sinusoidal del colector de corriente de manera que la conducción perpendicular a las capas sea diferente en posiciones diferentes, por ejemplo para variar la conducción de un lado a otro lado del electrodo de ánodo.
- 15
- 20

## REIVINDICACIONES

1. Un módulo (10) de pila de combustible de óxidos sólidos que comprende una pluralidad de pilas (16) de combustible de óxidos sólidos, comprendiendo cada pila de combustible (16) un electrodo de ánodo (18), un electrolito (20) y un electrodo de cátodo (22), una pluralidad de interconectores (24) que están dispuestos para conectar eléctricamente las pilas de combustible (16) en series eléctricas, conectando eléctricamente cada interconector (24) un electrodo de ánodo (18) de una pila de combustible (16) a un electrodo de cátodo (22) de una pila de combustible adyacente (16), comprendiendo el electrodo de ánodo (18) al menos tres capas (26, 28, 30), estando dispuesta una primera capa (26) sobre el electrolito (20), estando dispuesta una segunda capa (28) sobre la primera capa (26) y estando dispuesta una tercera capa (30) sobre la segunda capa (28), comprendiendo la primera capa (26) una asociación de metal y material cerámico, comprendiendo la tercera capa (30) una asociación de metal y material cerámico, **caracterizado por que** la segunda capa (28) comprende un colector de corriente (32) y una asociación de metal y material cerámico (34), estando intercalado el colector de corriente (32) en la asociación de metal y material cerámico (34) de la segunda capa (28), comprendiendo el colector de corriente (32) una asociación de metal y material cerámico; teniendo la asociación de metal y material cerámico del colector de corriente (32) una concentración de metal más elevada que la concentración de metal de la asociación de metal y material cerámico de la primera capa (26), la segunda capa (28) y la tercera capa (30) o teniendo la asociación de metal y material cerámico del colector de corriente (32) partículas de metal y material cerámico con un tamaño diferente de los tamaños de las partículas de metal y material cerámico de la asociación de metal y material cerámico de la primera capa (26), la segunda capa (28) y la tercera capa (30) o teniendo la asociación de metal y material cerámico del colector de corriente (32) una porosidad menor que la de la asociación de metal y material cerámico de la primera capa (26), la segunda capa (28) y la tercera capa (30).
2. Un módulo de pila de combustible de óxidos sólidos como se reivindica en la reivindicación 1, donde el metal de la asociación de metal y material cerámico comprende al menos uno de cobre, níquel, paladio, platino, renio o rodio.
3. Un módulo de pila de combustible de óxidos sólidos como se reivindica en la reivindicación 1 o 2, donde el material cerámico de la asociación de metal y material cerámico comprende al menos uno de ceria, perovskita o circonia estabilizado con itria.
4. Un módulo de pila de combustible de óxidos sólidos como se reivindica en la reivindicación 1, donde la asociación de metal y material cerámico del colector de corriente (32) tiene partículas de metal y material cerámico de tamaño y/o forma diferentes de los tamaños y/o formas de las partículas de metal y material cerámico de la asociación de metal y material cerámico de la primera capa (26), segunda capa (28) y tercera capa (30).
5. Un módulo de pila de combustible de óxidos sólidos como se reivindica en la reivindicación 1, donde la asociación de metal y material cerámico del colector de corriente (32) contiene menos formadores de poro que la asociación de metal y material cerámico de la primera capa (26), segunda capa (28) y tercera capa (30).
6. Un módulo de pila de combustible de óxidos sólidos como se reivindica en cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3 donde la primera capa (26) comprende una asociación de níquel y material cerámico, la segunda capa (28) comprende un colector de corriente (32) intercalado en una asociación de níquel y material cerámico y la tercera capa (30) comprende una asociación de níquel y material cerámico.
7. Un módulo de pila de combustible de óxidos sólidos como se reivindica en la reivindicación 6, donde el colector de corriente (32) comprende una asociación de níquel y material cerámico, la asociación de níquel y material cerámico del colector de corriente (32) tiene una concentración de níquel más elevada que la concentración de níquel en la asociación de níquel y material cerámico de la primera capa (26), la segunda capa (28) y la tercera capa (30).
8. Un módulo de pila de combustible de óxidos sólidos como se reivindica en la reivindicación 6, donde el colector de corriente (32) comprende una asociación de níquel y material cerámico, teniendo la asociación de níquel y material cerámico del colector de corriente (32) partículas de níquel y material cerámico de tamaño diferente a los tamaños de las partículas de níquel y material cerámico de la asociación de níquel y material cerámico de la primera capa (26), la segunda capa (28) y la tercera capa (30).
9. Un módulo de pila de combustible de óxidos sólidos como se reivindica en la reivindicación 6, donde el colector de corriente (32) comprende una asociación de níquel y material cerámico, teniendo la asociación de níquel y material cerámico del colector de corriente (32) una porosidad menor que la asociación de níquel y material cerámico de la primera capa (26), la segunda capa (28) y la tercera capa (30).
10. Un módulo de pila de combustible de óxidos sólidos como se reivindica en la reivindicación 9, donde el colector de corriente (32) comprende una asociación de níquel y material cerámico, teniendo la asociación de níquel y material cerámico del colector de corriente (32) partículas de níquel y material cerámico con tamaños y/o formas diferentes de las formas y/o tamaños de las partículas de níquel y material cerámico de la asociación de níquel y material cerámico de la primera capa (26), la segunda capa (28) y la tercera capa (30).

11. Un módulo de pila de combustible de óxidos sólidos como se reivindica en la reivindicación 9, donde el colector de corriente (32) comprende una asociación de níquel y material cerámico, conteniendo la asociación de níquel y material cerámico del colector de corriente (32) menos formadores de poro que la asociación de níquel y material cerámico de la primera capa (26), la segunda capa (28) y la tercera capa (30).
- 5
12. Un módulo de pila de combustible de óxidos sólidos como se reivindica en cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11, donde la segunda capa (28) comprende una malla metálica de colector de corriente (32A, 32B) intercalada en una asociación de metal y material cerámico.
- 10
13. Un módulo de pila de combustible de óxidos sólidos como se reivindica en la reivindicación 12, donde la segunda capa (28) comprende una malla (32A) metálica de colector de corriente hexagonal en una asociación de metal y material cerámico.
- 15
14. Un módulo de pila de combustible de óxidos sólidos como se reivindica en la reivindicación 12, donde la segunda capa (28) comprende una malla (32B) metálica de colector de corriente sinusoidal en una asociación de metal y material cerámico.
- 20
15. Un módulo de pila de combustible de óxidos sólidos como se reivindica en cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11, donde la segunda capa (28) comprende una pluralidad de miembros (32C) discontinuos de colector de corriente en una asociación de metal y material cerámico.

Fig.1.

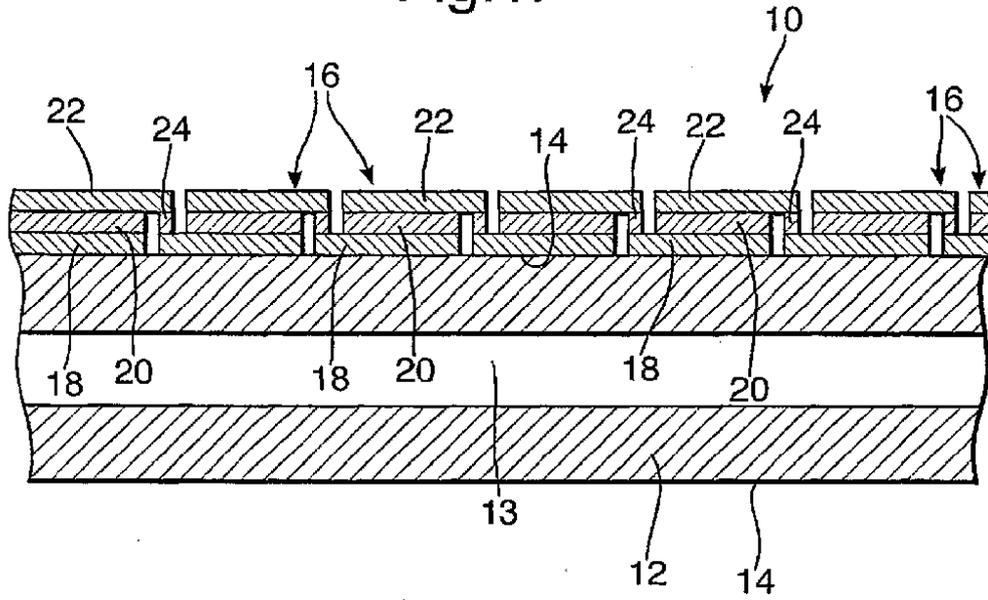


Fig.2.

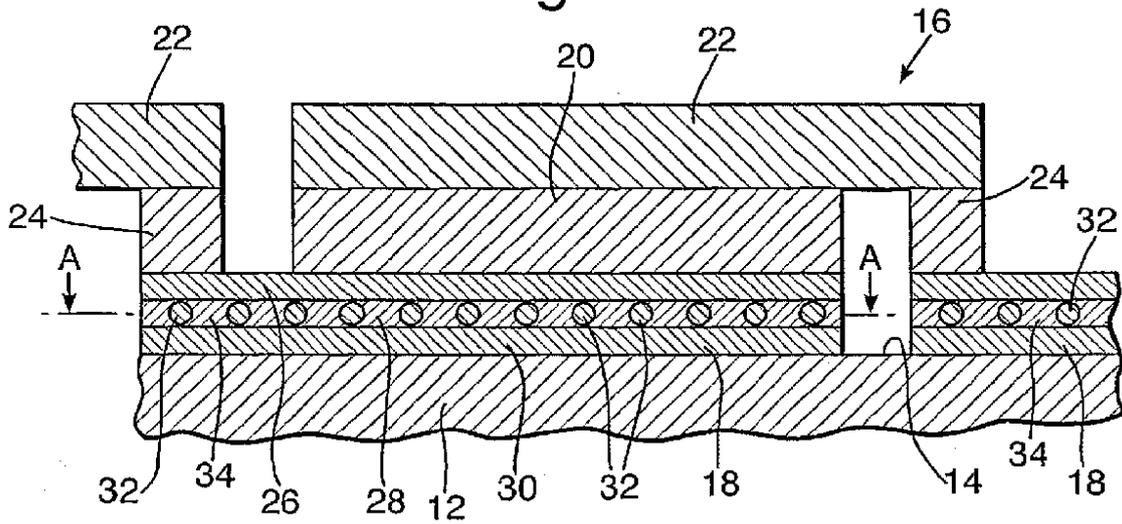


Fig.3.

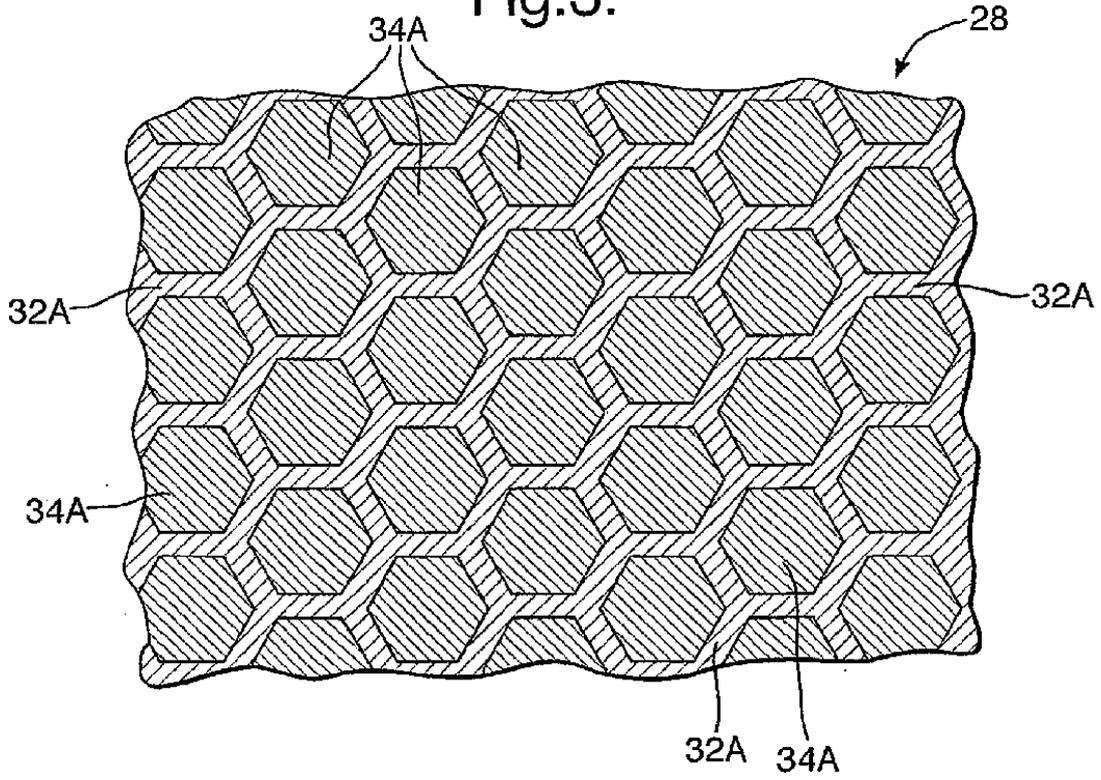


Fig.4.

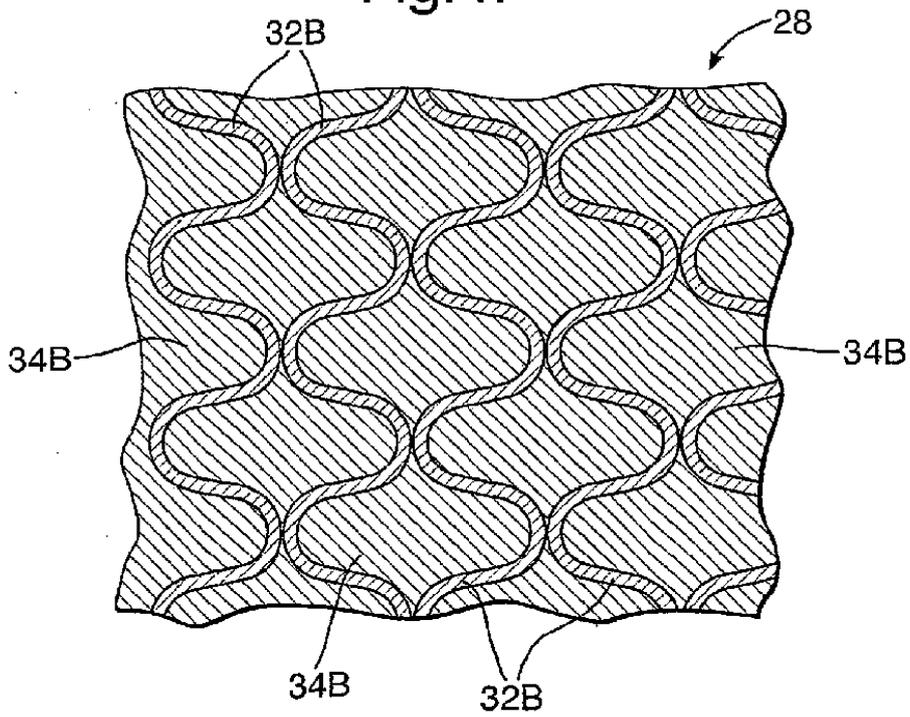


Fig.5.

