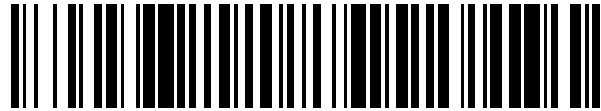


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 425 070**

51 Int. Cl.:

H01M 8/12 (2006.01)

H01M 8/24 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **10.07.2008 E 08775908 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **12.06.2013 EP 2176915**

54 Título: **Una pila de combustible y un método de fabricación de una pila de combustible**

30 Prioridad:

03.08.2007 GB 0715218

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

11.10.2013

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**AGNEW, GERARD DANIEL y
DIXON, PETER JAMES**

74 Agente/Representante:

UNGRÍA LÓPEZ, Javier

ES 2 425 070 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

Una pila de combustible y un método de fabricación de una pila de combustible

5 La presente invención se refiere a una pila de combustible, más particularmente a una pila de combustible cerámica y en particular a una pila de combustible de óxido sólido, y se refiere también a un método de fabricación de una pila de combustible, más particularmente, a un método de fabricación de una pila de combustible cerámica y en particular a un método de fabricación de una pila de combustible de óxido sólido.

10 Un tipo de pila de combustible de óxido sólido es una pila de combustible de óxido sólido tubular en la que las pilas de combustible de óxido sólido están dispuestas eléctricamente, y físicamente, en una serie axialmente a lo largo de la superficie cilíndrica de un miembro tubular hueco.

15 Un tipo adicional de pila de combustible de óxido sólido es la pila de combustible de óxido sólido en la que las pilas de combustible de óxido sólido están dispuestas eléctricamente, y físicamente, en una serie longitudinalmente a lo largo de las superficies planas de un miembro plano hueco.

20 Otro tipo de pila de combustible de óxido sólido es la pila de combustible de óxido sólido monolítica en la que las placas de ánodo, las placas de electrolito, las placas de cátodo y las placas interconectoras están apiladas secuencialmente.

25 Los documentos WO9422178A2, WO0120704A1 y US2005155490A1 divulgan un conjunto de pila de combustible en el que cada pila de combustible comprende un electrodo de ánodo y un electrodo de cátodo separados por un electrolito. Las pilas de combustible están apiladas de manera que un miembro aislante está situado entre un electrodo de ánodo de una pila de combustible y un cátodo de una pila de combustible adyacente, y se extienden interconectores a través de las aberturas en el miembro aislante para conectar los electrodos de ánodo y los electrodos de cátodo de pilas de combustible adyacentes entre sí. Los interconectores separan los electrodos de ánodo y los electrodos de cátodo del miembro aislante para formar pasajes de combustible y oxidante para los electrodos de ánodo y cátodo, respectivamente.

30 Por consiguiente, la presente invención pretende proporcionar una nueva pila de combustible.

35 Por consiguiente, la presente invención proporciona un conjunto de pila de combustible que comprende una pluralidad de pilas de combustible, comprendiendo cada pila de combustible un electrodo de ánodo poroso, un electrolito no poroso denso y un electrodo de cátodo poroso, comprendiendo los electrodos de ánodo una pluralidad de miembros de placas paralelas, comprendiendo los electrodos de cátodo una pluralidad de miembros de placas paralelas, inter-digitalizando los miembros de placas de los electrodos de cátodo con los miembros de placas de los electrodos de ánodo, comprendiendo el electrolito al menos un miembro del electrolito que rellena al menos un espacio entre los miembros de placas paralelas de los electrodos de ánodo y los miembros de placas paralelas de los electrodos de cátodo, al menos un miembro no iónicamente conductor entre los miembros de placas paralelas de los electrodos ánodo y los miembros de placas paralelas de los electrodos de cátodo, el al menos un miembro de electrolito y el al menos un miembro no iónicamente conductor estando dispuestos alternativamente y el al menos un miembro no iónicamente conductor que tiene al menos un interconector para interconectar eléctricamente al menos un miembro de placas paralelas de los electrodos de ánodo y al menos un miembro de placas paralelas de los electrodos de cátodo, extendiéndose cada interconector a través de una abertura en el al menos un miembro no iónicamente conductor, donde el al menos un miembro no iónicamente conductor que rellena al menos un espacio entre los miembros de placas paralelas de los electrodos del ánodo y los miembros de placas paralelas de los electrodos de cátodo, los miembros de placas paralelas de los electrodos de ánodo, los miembros de placas paralelas de los electrodos de cátodo, los miembros de electrolito y los miembros no iónicamente conductores están provistos de aberturas alineadas, que definen un conducto para un flujo de combustible y un primer extremo del conducto se sella mediante una tapa terminal, o un electrolito, o los miembros de placas paralelas de los electrodos de ánodo, los miembros de placas paralelas de los electrodos de cátodo, los miembros de electrolito y los miembros no iónicamente conductores están provistos de aberturas alineadas, que definen un conducto para un flujo de un oxidante y un primer extremo del conducto está sellado mediante una tapa terminal o un electrolito.

55 Preferentemente, las pilas de combustible son pilas de combustible cerámicas, más preferentemente las pilas de combustible son pilas de combustible de óxido sólido. Preferentemente el electrolito comprende zirconia. Preferentemente el electrolito comprende zirconia estabilizada con itria.

60 Preferentemente los miembros de placas de los electrodos de ánodo son sustancialmente de forma circular, rectangular, cuadrada o hexagonal. Preferentemente, los miembros de placas de los electrodos de cátodo son de forma sustancialmente circular, rectangular, cuadrada o hexagonal.

65 Preferentemente, el conjunto de pila de combustible está dispuesto sobre un miembro no poroso denso y el miembro no poroso denso tiene una abertura para suministrar combustible al primer miembro.

Preferentemente el conjunto de pila de combustible está dispuesto sobre un miembro no poroso denso y el miembro no poroso denso tiene una abertura para suministrar oxidante al segundo miembro.

5 Preferentemente el conjunto de pila de combustible está dispuesto sobre un tubo no poroso denso y el tubo no poroso denso tiene una abertura para suministrar combustible al primer miembro.

Preferentemente el conjunto de pila de combustible está dispuesto sobre un tubo no poroso denso y el tubo no poroso denso tiene una abertura para suministrar oxidante al segundo miembro.

10 Preferentemente el conjunto de pila de combustible está dispuesto sobre una placa no porosa densa y la placa no porosa densa tiene una abertura para suministrar combustible al primer miembro.

Preferentemente el conjunto de pila de combustible está dispuesto sobre una placa no porosa densa y la placa no porosa densa tiene una abertura para suministrar oxidante al segundo miembro.

15 La presente invención proporciona también un apilamiento de pilas de combustible que comprende una pluralidad de los conjuntos de pila de combustible, mencionados en los párrafos anteriores, conectados eléctricamente en serie.

20 Preferentemente, el apilamiento de pilas de combustible comprende una primera placa no porosa densa y una segunda placa no porosa densa, la primera placa no porosa densa tiene una pluralidad de aberturas para suministrar oxidante a un conducto de uno respectivo de una pluralidad de conjuntos de pila de combustible, el conducto está dispuesto para suministrar oxidante a los miembros de placas paralelas de los electrodos de cátodo de uno respectivo de la pluralidad de conjuntos de pila de combustible, la segunda placa no porosa densa tiene una pluralidad de aberturas para suministrar oxidante a un conducto de uno respectivo de una pluralidad de conjuntos de pila de combustible, el conducto está dispuesto para suministrar oxidante a los miembros de placas paralelas de los electrodos de cátodo de uno respectivo de la pluralidad de conjuntos de pila de combustible, la primera y segunda placas no porosas densas están dispuestas con los conjuntos de pila de combustible entre ellas para formar un pasaje para suministrar un combustible a los miembros de placas paralelas de los electrodos de ánodo de los conjuntos de pila de combustible.

30 Preferentemente, los conjuntos de pila de combustible en la primera y segunda placas no porosas densas están dispuestos en patrones predeterminados. Preferentemente, los conjuntos de pilas de combustible en la primera placa no porosa densa están dispuestos alternativamente con conjuntos de pilas de combustible en la segunda placa no porosa densa.

35 La presente invención proporciona también un método para fabricar pilas de combustible que comprende formar una pluralidad de láminas de material de electrolito, depositar el material de electrodo del ánodo sobre una primera superficie de cada lámina de material de electrolito, depositar el material de cátodo sobre una segunda superficie de cada lámina del material de electrolito, formando una pluralidad de aberturas a través de cada lámina del material de electrolito, formando una pluralidad de láminas de material no iónicamente conductor, formando una pluralidad de aberturas a través de cada lámina del material no iónicamente conductor, formando un conjunto adicional de aberturas a través de cada conjunto de material no iónicamente conductor, rellenando cada una de las aberturas del conjunto adicional de aberturas en cada lámina del material no iónicamente conductor con un interconector eléctricamente conductor, disponiendo las láminas de material de electrolito en un apilamiento, de manera que el material de electrodo de ánodo en una lámina del material de electrolito está orientado hacia el material de electrodo de cátodo de una lámina adyacente del material de electrolito, disponiendo las láminas de material no iónicamente conductor en el apilamiento de manera que cada lámina de material no iónicamente conductor está situada entre dos láminas adyacentes de material de electrolito y de manera que las aberturas en las láminas de material no iónicamente conductor estén alineadas con las aberturas en las láminas de material de electrolito, dividiendo el apilamiento en una pluralidad de piezas de manera que se extiende una abertura dentro de cada pieza para formar un número de pilas de combustible.

45 Preferentemente, el método comprende formar una pluralidad de aberturas a través de cada lámina de material de electrolito antes de depositar el material de electrodo de ánodo sobre una primera superficie de cada lámina de material de electrolito y depositando un material de cátodo sobre una segunda superficie de cada lámina del material de electrolito.

60 Como alternativa, el método comprende depositar un material de electrodo de ánodo sobre una primera superficie de cada lámina de material de electrolito y depositar el material de cátodo sobre una segunda superficie de cada lámina del material de electrolito antes de formar una pluralidad de aberturas a través de cada lámina del material de electrolito.

65 La presente invención proporciona también un método para fabricar pilas de combustible que comprende formar al menos una lámina de material de electrolito, depositar material de electrodo de ánodo sobre una primera superficie de cada lámina de material de electrolito y depositar material de cátodo sobre una segunda superficie de cada lámina del material de electrolito, formando una pluralidad de aberturas a través de cada lámina de material de

electrolito, dividiendo la al menos una lámina de material de electrolito en una pluralidad de piezas, de manera que se extienda una abertura a través de cada pieza, formando al menos una lámina de material no iónicamente conductor, formando una pluralidad de aberturas a través de cada lámina de material no iónicamente conductor, formando un conjunto adicional de aberturas a través de cada lámina de material no iónicamente conductor, rellenando cada una de las aberturas del conjunto adicional de aberturas en cada lámina de material no iónicamente conductor con un interconector eléctricamente conductor, dividiendo la al menos una lámina de material no iónicamente conductor en una pluralidad de piezas, de manera que se extienda una abertura a través de cada pieza, disponiendo las piezas de material de electrolito en un apilamiento de manera que el material de electrodo del ánodo de una pieza de material de electrolito está orientado hacia el material de electrodo de cátodo de una pieza adyacente de material de electrolito y las aberturas en las piezas de material de electrolito están alineadas, disponiendo las piezas de material no iónicamente conductor en el apilamiento de manera que cada pieza de material no iónicamente conductor se sitúa entre dos piezas adyacentes de material de electrolito y de manera que las aberturas en las láminas de material no iónicamente conductor están alineadas con las aberturas en las láminas del material de electrolito para formar un número de pilas de combustible.

La presente invención se describirá más ampliamente a modo de ejemplo con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

La Figura 1 es una vista en perspectiva parcialmente en sección de un apilamiento de pilas de combustible que tiene una pluralidad de pilas de combustible de acuerdo con la presente invención.

La Figura 2 es una vista en sección transversal ampliada a través de una parte de un conjunto de pila de combustible que tiene una pluralidad de pilas de combustible de acuerdo con la presente invención.

La Figura 3 muestra una vista en perspectiva de una parte del conjunto de pila de combustible que tiene una pluralidad de pilas de combustible de acuerdo con la presente invención.

La Figura 4 es una vista en sección transversal ampliada adicional a través de una parte de una pila de combustible mostrada en la Figura 2.

La Figura 5 es una vista en sección transversal de una parte de un módulo de pilas de combustible que comprende dos conjuntos de pila de combustible que tienen una pluralidad de pilas de combustible de acuerdo con la presente invención.

La Figura 6 es vista en sección transversal en la dirección X-X a través del módulo de pila de combustible mostrado en la Figura 5.

La Figura 7 es una vista en sección transversal de una parte de dos módulos de pilas de combustible adyacentes que comprenden dos conjuntos de pila de combustible que tienen una pluralidad de pilas de combustible de acuerdo con la presente invención.

La Figura 8 es una vista en perspectiva parcialmente en sección de un apilamiento de pilas de combustible adicional que tiene una pluralidad de pilas de combustible de acuerdo con la presente invención.

La Figura 9 es una vista en perspectiva despiezada de un apilamiento de láminas de material de electrolito durante la fabricación de pilas de combustible de acuerdo con la presente invención.

Un apilamiento 10 de pilas de combustible de óxido sólido, como se muestra en la Figura 1, comprende una pluralidad de módulos 14 de pila de combustible de óxido sólido dispuestos dentro de una carcasa 12. Cada módulo 14 de pila de combustible de óxido sólido comprende una pluralidad de pilas 16 de combustible de óxido sólido.

Cada pila 16 de combustible de óxido sólido, como se muestra más claramente en las Figuras 2, 3 y 4, comprende un electrodo 18 de ánodo poroso, un electrolito 20 no poroso denso y un electrodo 22 de cátodo poroso. El electrodo 18 de ánodo comprende una pluralidad de miembros 26 de placas paralelas. Análogamente, el electrodo 22 de cátodo comprende una pluralidad de miembros 30 de placas paralelas. Los miembros 30 de placas del electrodo 22 de cátodo están inter-digitalizados con los miembros 26 de placas del electrodo 18 del ánodo. El electrolito 20 no poroso denso comprende al menos uno, preferentemente una pluralidad de miembros 23 de electrolito, que rellena al menos un espacio entre los miembros 26 de placas paralelas del electrodo 18 de ánodo y los miembros 30 de placas paralelas del electrodo 22 de cátodo. Al menos uno, preferentemente una pluralidad de miembros 25 no iónicamente conductores rellenan al menos un espacio entre los miembros 26 de placas paralelas del electrodo 18 de ánodo y los miembros 30 de placas paralelas del electrodo 22 de cátodo. El al menos un miembro 23 de electrolito y el al menos un miembro 25 no iónicamente conductor están dispuestos alternativamente en los espacios entre los miembros 26 de placas del electrodo 18 de ánodo y los miembros 30 de placas del electrodo 22 de cátodo. El al menos un miembro 25 no iónicamente conductor tiene un interconector 27 para interconectar eléctricamente al menos un miembro 26 de placas paralelas del electrodo 18 de ánodo y al menos un miembro 30 de placas paralelas del electrodo 22 de cátodo. Las placas 26 paralelas y las placas 30 paralelas son permeables al gas/porosas al gas.

En la disposición mostrada en las Figuras 2 y 3 los bordes de los miembros 30 de placas paralelas del electrodo 22 de cátodo junto con los bordes de los miembros 23 de electrolito y los bordes de los miembros 25 no iónicamente conductores forman un conducto 32 para el flujo de un oxidante, por ejemplo oxígeno o aire. Un primer extremo 34 del conducto 32 está sellado por el electrolito 20, en este caso el electrolito 20 está dispuesto para extenderse a través del primer extremo 34 del conducto 32. Como alternativa, puede proporcionarse una tapa terminal para cerrar y sellar el primer extremo 34 del conducto 32. El segundo extremo 36 del conducto 32 se abre para permitir un flujo de oxidante, oxígeno o aire hacia el interior del conducto 32.

Los miembros 26 de placas paralelas del electrodo 18 de ánodo, los miembros 30 de placas paralelas del electrodo 22 de cátodo, los miembros 23 de electrolito y los miembros 25 no iónicamente conductores están provistos de aberturas alineadas, que definen el conducto 32 para el flujo de oxidante. El conducto en la pila de combustible se suministra con oxidante y suministra el combustible alrededor de la pila de combustible.

5 Los miembros 26 de placas son de forma sustancialmente rectangular, los miembros 30 de placas son de forma rectangular, los miembros 23 de electrodo son de forma rectangular y los miembros 25 no iónicamente conductores son de forma rectangular.

10 Como alternativa, los miembros 26 de placas, los miembros 30 de placas, los miembros 23 de electrolito y los miembros 25 no iónicamente conductores puede ser de forma cuadrada, circular, hexagonal, triangular, cuadrada u otra forma adecuada.

15 Una pluralidad de las pilas 16 de combustible de óxido sólido están dispuestas en un conjunto 38 de pilas de combustible de óxido sólido y, en particular, las pilas 16 de combustible de óxido sólido están dispuestas sobre un miembro 40 no poroso denso y el miembro 40 no poroso denso tiene una pluralidad de aberturas 42 y cada abertura 42 está alineada con un conducto 32 de una correspondiente de las pilas 16 de combustible de óxido sólido y está dispuesto para suministrar oxidante al conducto 32 dentro de una correspondiente de las pilas 16 de combustible de óxido sólido. Cada pila 16 de combustible de óxido sólido está unida y sellada al miembro 40 no poroso denso de forma hermética a gases para evitar la fuga de oxidante hacia el combustible, y viceversa.

20 Se proporcionan uno o más interconectores 44 eléctricos para interconectar el miembro 26 de placas paralelas más superior del electrodo 18 de ánodo de una pila 16 de combustible de óxido sólido 16 con el miembro 30 de placas paralelas más inferior del electrodo 22 de cátodo de una pila 16 de combustible de óxido sólido adyacente, como se muestra en las Figuras 2 y 3.

25 En general, se proporcionan dos de estos conjuntos 38 de pila de combustible de óxido sólido para formar un módulo 46 de pila de combustible de óxido sólido, como se muestra en las Figuras 5 y 6. El módulo 46 de pila de combustible de óxido sólido comprende una primera placa 40A no porosa densa y una segunda placa 40B no porosa densa. La primera placa 40A no porosa densa tiene una pluralidad de aberturas 42 para suministrar oxidante a los conductos 32 de una de la respectiva pluralidad de pilas 16 de combustible de óxido sólido. La segunda placa 40B no porosa densa tiene una pluralidad de aberturas 42 para suministrar oxidante a los conductos 32 de una respectiva de la pluralidad de pilas 16 de combustible de óxido sólido. La primera y segunda placas 40A y 40B no porosas densas están dispuestas sustancialmente paralelas con las pilas 16 de combustible de óxido sólido situadas entre ellas para formar un pasaje 50 para el suministro de un combustible a los electrodos 18 de ánodo de las pilas 16 de combustible de óxido sólido. Se proporcionan dos miembros 48A, 48B de borde. El miembro 48A de borde está unido y sellado a los primeros bordes 41A y 41C de la primera placa 40A no porosa densa y la segunda placa 40B no porosa densa, respectivamente. Análogamente, el miembro 48B de borde está unido y sellado a los segundos bordes 41B y 41D de la primera placa 40A no porosa densa y la segunda placa 40B no porosa densa, respectivamente. El hueco entre los primeros extremos 43A y 43C de la primera placa 40A no porosa densa y la segunda placa 40B no porosa densa, respectivamente, está abierto para permitir el suministro de combustible al pasaje 50 y el hueco entre los segundos extremos 43B y 43D de la primera placa 40A no porosa densa y la segunda placa 40B no porosa densa está abierto para permitir la retirada de combustible desde el pasaje 50. De esta manera, la primera y segunda placas 40A y 40B no porosas densas y los miembros 48A y 48B de borde forman un tubo.

30 Las pilas 16 de combustible de óxido sólido en la primera y segunda placas 40A y 40B no porosas densas están dispuestas en patrones predeterminados y, en este ejemplo, las pilas 16 de combustible de óxido sólido en la primera placa 40A no porosa densa están dispuestas alternativamente con las pilas 16 de combustible de óxido sólido sobre la segunda placa 40B no porosa densa en una dirección entre los bordes de las placas 41A y 41B y también en una dirección entre los extremos de las placas 43A y 43B. Se ha descrito un patrón cuadrado, pero pueden usarse otros patrones, tal como patrones hexagonales u octagonales.

35 Durante el funcionamiento se suministra combustible, hidrógeno, al pasaje 50 dentro de los módulos 46 de pila de combustible de óxido sólido, y el combustible, hidrógeno, entra en contacto con los electrodos 18 de ánodo y el oxidante, oxígeno o aire, se suministra sobre las superficies externas de los módulos 46 de pila de combustible de óxido sólido y el oxidante, oxígeno o aire, fluye a través de las aberturas 42 en la primera y segunda placas 40A y 40B no porosas en los conductos 32 y entra en contacto con los electrodos 22 de cátodo.

40 El combustible se difunde inicialmente hacia los bordes de los miembros 26 de placas paralelas de los electrodos 18 de ánodo de las pilas 16 de combustible de óxido sólido y después se difunde desde los bordes de los miembros 26 de placas paralelas adicionalmente hacia los miembros de placas paralelas 26 de los electrodos 18 de ánodo de las pilas 16 de combustible de óxido sólido. Análogamente, el oxidante se difunde inicialmente hacia los bordes de los miembros 30 de placas paralelas de los electrodos 22 de cátodo de las pilas 16 de combustible de óxido sólido y después se difunde desde los bordes de los miembros 30 de placas paralelas adicionalmente hacia los miembros 30 de placas paralelas de los electrodos 22 de cátodo de las pilas 16 de combustible de óxido sólido. El electrolito 20 en cada pila 16 de combustible de óxido sólido cierra el conducto 32 respectivo y evita la mezcla del combustible y el

oxidante.

Las placas 26 paralelas de cada electrodo 18 de ánodo y las placas 30 paralelas de cada electrodo 22 de cátodo están conectadas eléctricamente en serie para formar un número de pilas 16 de combustible de óxido sólido. El electrolito 20 no poroso denso comprende una pluralidad de miembros 23 de electrolito, que rellenan los espacios entre los miembros 26 de placas paralelas del electrodo 18 de ánodo y los miembros 30 de placas paralelas del electrodo 22 de cátodo. Una pluralidad de miembros 25 no iónicamente conductores rellenan los espacios entre los miembros 26 de placas paralelas del electrodo 18 de ánodo y los miembros 30 de placas paralelas del electrodo 22 de cátodo. Los miembros 23 de electrolito y los miembros 25 no iónicamente conductores están dispuestos alternativamente y los miembros 25 no iónicamente conductores tienen interconectores 27 para interconectar eléctricamente los miembros 26 de placas paralelas del electrodo 18 de ánodo y los miembros 30 de placas paralelas del electrodo 22 de cátodo. Los miembros 23 de electrolito y los miembros 25 no iónicamente conductores están situados entre y en contacto con todas las superficies de las placas 26 paralelas del electrodo 18 de ánodo y entran en contacto con todas las superficies de las placas 30 paralelas del electrodo 22 de cátodo de manera que no hay espacios entre los miembros 23 del electrolito y/o los miembros 25 no iónicamente conductores y las placas 26 paralelas y no hay espacios entre los miembros 23 del electrolito y/o los miembros 25 no iónicamente conductores y las placas 30 paralelas. De esta manera, el combustible solo fluye por difusión en las placas 26 paralelas porosas y el oxidante solo fluye por difusión en las placas 30 paralelas porosas.

Se transfiere calor desde las pilas 16 de combustible de óxido sólido por conducción de calor a través de los miembros 26 y 30 de placas paralelas, y después el calor se transfiere parcialmente en forma conductiva y parcialmente en forma convectiva desde los bordes de los miembros 26 de placas paralelas al combustible y desde los bordes de los miembros 30 de placas paralelas al oxidante.

En esta disposición el oxidante fluye hacia las aberturas 42 mediante una burbuja de flujo.

La Figura 7 muestra dos módulos 46 de pila de combustible de óxido sólido dispuestos sustancialmente paralelos entre sí en un apilamiento de pila de combustible de óxido sólido. En esta disposición, las placas 40A y 40B de los módulos 46 de pila de combustible de óxido sólido están provistas de una pluralidad de miembros 52 verticales. Cada miembro 52 vertical en la placa 40A de un módulo 46 de pila de combustible de óxido sólido está situado en alineación con una respectiva de las aberturas 42 en la placa 40B de un módulo 46 de pila de combustible de óxido sólido adyacente para dirigir el oxidante, oxígeno o aire hacia las aberturas 42 y, similarmente, cada miembro 52 vertical en la placa 40B de los módulos 46 de pila de combustible de óxido sólido está situado en alineación con una respectiva de las aberturas 42 en la placa 40A de un módulo 46 de pila de combustible de óxido sólido adyacente para dirigir el oxidante, oxígeno o aire, hacia las aberturas 42.

Los módulos 46 de pila de combustible de óxido sólido pueden estar dispuestos de manera que un extremo de cada módulo 46 de pila de combustible de óxido sólido esté conectado a un colector de suministro de combustible y el otro extremo de cada módulo 46 de pila de combustible de óxido sólido esté conectado a un colector de combustible agotado, como se muestra en la Figura 1.

Los módulos 46 de pila de combustible de óxido sólido pueden estar dispuestos de manera que un primer extremo de uno de los módulos 46 de pila de combustible de óxido sólido está conectado a un colector de suministro de combustible y el segundo de los módulos 46 de pila de combustible de óxido sólido está conectado a un colector de combustible agotado y el resto de los módulos 46 de pila de combustible de óxido sólido están dispuestos de manera que el primer extremo del módulo 46 de pila de combustible de óxido sólido está conectado al segundo extremo de un módulo 46 de pila de combustible de óxido sólido adyacente, de manera que el combustible se suministra secuencialmente a través de todos los módulos 46 de pila de combustible de óxido sólido como se muestra en la Figura 8.

El electrolito 20 comprende zirconia, preferentemente zirconia estabilizada con itria, aunque pueden usarse otros materiales adecuados.

El electrodo 18 de ánodo comprende, por ejemplo, zirconia estabilizada con itria dopada con níquel (Ni-YSZ), aunque pueden usarse otros materiales adecuados.

El electrodo 22 de cátodo comprende, por ejemplo, manganita de lantano dopada con estroncio (LSM), pero pueden usarse otros materiales adecuados.

Los miembros 25 no iónicamente conductores comprenden zirconia no iónicamente conductora. Los miembros 25 no iónicamente conductores pueden comprender una capa fina de metal impermeable a gases, que actúa también como interconector, sin embargo, esto puede ser difícil de sellar.

Como un ejemplo, una pila de combustible de óxido sólido de acuerdo con la presente invención tiene una longitud de 6 mm, una anchura de 3 mm y un espesor de 2 mm.

El primer miembro forma un conducto para el flujo de un combustible. Preferentemente, un primer extremo del primer miembro se sella mediante la tapa terminal o el electrolito.

5 Aunque la presente invención se ha descrito con referencia a una pila de combustible de óxido sólido dispuesta sobre el tubo no poroso denso y el tubo no poroso denso tiene una abertura para suministrar combustible al segundo miembro, puede ser igualmente posible que la pila de combustible de óxido sólido se disponga sobre el tubo no poroso denso y el tubo no poroso denso tenga una abertura para suministrar combustible al primer miembro.

10 Puede ser posible proporcionar una disposición de la pila de combustible en la que el conducto en la pila de combustible esté suministrado con el combustible y el oxidante se suministre alrededor de la pila de combustible.

15 Aunque la presente invención se ha descrito con referencia a una pila de combustible de óxido sólido dispuesta sobre una placa no porosa densa y la placa no porosa densa tiene una abertura para suministrar oxidante al segundo miembro, puede ser igualmente posible que una pila de combustible de óxido sólido esté dispuesta sobre una placa no porosa densa y la placa no porosa densa tenga una abertura para suministrar combustible al primer miembro.

20 Aunque la presente invención se ha descrito con referencia a las pilas de combustible de óxido sólido, puede aplicarse igual de bien a otras pilas de combustible cerámicas, u otros tipos de pilas de combustible o pilas de electrólisis de óxido sólido.

Una ventaja de la presente invención es que permite una escala mucho más reducida para la sub-unidad y una separación más reducida entre las pilas de combustible, sin residuos.

25 La separación reducida entre las pilas de combustible junto con colectores de corriente localmente paralelos posibilita el uso potencial de materiales colectores de corriente con una resistividad mucho mayor. También permite el uso de materiales solo considerados adecuados como materiales de electrodo en colectores de corriente secundaria, ya sea como capas separadas de los electrodos o dentro de los electrodos.

30 La presente invención proporciona una pila de combustible cerámica multicapa, por ejemplo, una pila de combustible de óxido sólido de múltiples capas.

35 Aunque la presente invención se ha descrito con una sola abertura para suministrar el oxidante, o el combustible, a cada pila de combustible de óxido sólido, puede ser posible proporcionar más de una abertura para suministrar el oxidante, o el combustible, a cada pila de combustible de óxido sólido. Puede ser necesario el uso de más de una abertura si las pilas de combustible de óxido sólido son grandes. Sin embargo, el coeficiente de expansión térmica coincidente y el enfriamiento conductivo limitarán el tamaño de las pilas de combustible de óxido sólido. Por ejemplo las pilas de combustible de óxido sólido tendrán dimensiones de hasta 30 mm de longitud, 30 mm de anchura y 30 mm de altura.

40 La pila de combustible de óxido sólido se fabrica, como se muestra en la Figura 9, formando una pluralidad de láminas/placas finas de material 100 de electrolito no poroso denso mediante colada de cinta, o laminado en seco, de una preparación en polvo del material de electrolito, tal como zirconia estabilizada con itria en un aglutinante. Cada lámina/placa del material de electrolito se seca en el caso de la colada de cinta. El aglutinante se retira del material de electrolito y el material de electrolito se sinteriza a una alta temperatura, por ejemplo de 1000 a 1600 °C para formar una lámina/placa no porosa densa continua de electrolito no poroso denso con un espesor a 3 µm a 300 µm.

45 Se forma una pluralidad de aberturas 102 a través de cada lámina/placa no porosa densa de electrolito 100. Las aberturas 102 en cada lámina/placa de material de electrolito 100 se forman preferentemente con un patrón rectangular. Las aberturas pueden ser cuadradas, rectangulares, hexagonales, circulares o con otra forma de la sección transversal adecuada.

50 El material 104 de electrodo de ánodo se deposita sobre una superficie 108 de cada lámina/placa de material 100 de electrolito y el material 106 de electrodo de cátodo se deposita sobre la superficie 110 orientada opuestamente de la lámina/placa respectiva del material 100 de electrolito usando serigrafía, impresión con estarcido u otro método adecuado. El lado a mano izquierda de la lámina/placa superior del material 100 de electrolito muestra el material 104 de electrodo de ánodo sobre la superficie 108 y el lado a mano derecha de la lámina superior del material 100 del electrolito muestra el material 106 de electrodo de cátodo sobre la superficie 110. Normalmente, uno de los materiales de electrodo es un material precursor, de manera que ambos materiales de electrodo puedan procesarse en un entorno de horno único.

55 Por ejemplo, el material de electrodo de ánodo se deposita en una atmósfera oxidante con una forma precursora compatible, tal como NiO-YSZ en el caso de formar electrodos de ánodo Ni-YSZ. El material de electrodo de ánodo puede procesarse en el mismo entorno de horno oxidante que el material de electrodo de cátodo, tal como LSM.

Como alternativa, es posible usar un precursor de material de cátodo capaz de soportar la combustión en una atmósfera reductora.

5 Puede ser posible usar un material de ánodo capaz de soportar entornos reductores y oxidantes y, en este caso, todo el procesamiento puede realizarse sin necesidad de materiales precursores.

10 Los electrodos pueden potenciarse mediante impresión adicional o infiltración del material colector de corriente, tal como aleaciones binarias o ternarias de platino, paladio, níquel, plata, oro o cobre para formar una capa de colector de corriente. Cada capa de colector de corriente puede imprimirse y secarse, retirarle el aglutinante y después sinterizarla o la capa de colector de corriente puede co-sinterizarse con otras capas.

15 Los electrodos se depositan en un patrón predeterminado sobre cada lámina/placa de material de electrolito, con los electrodos de ánodo depositados sobre una superficie de cada lámina/placa de material de electrolito y los electrodos de cátodo depositados sobre la superficie opuesta de cada lámina/placa del material de electrolito. El material 104 de electrodo de ánodo se deposita alrededor de cada una de las aberturas 102, por ejemplo centrado sobre cada apertura 102, y se extiende a una distancia predeterminada de cada apertura 102 y, de esta manera, el material del electrodo de ánodo se deposita en posiciones separadas discretas sobre la superficie 108. Por ejemplo, el material de electrodo de ánodo 104 puede depositarse en un rectángulo o un cuadrado alrededor de una apertura 102 con sección transversal rectangular o cuadrada. El material 106 de electrodo de cátodo se deposita de manera que está separado por una distancia predeterminada de cada una de las aberturas 102, pero por lo demás cubre toda esa superficie 110 de la lámina/placa de material 100 de electrolito. Por ejemplo, el material 106 de electrodo de cátodo puede depositarse como una lámina con aberturas con forma rectangular o cuadrada, con dimensiones mayores que las aberturas 102 con forma rectangular o cuadrada en la lámina de material 100 de electrolito.

25 Una pluralidad de las láminas del material 100 de electrolito están dispuestas en un apilamiento 120 de manera que las aberturas 102 en todas las láminas de material 100 de electrolito están alineadas. Las láminas de material de electrolito están dispuestas de manera que los electrodos de ánodo de una lámina de material de electrolito están orientados hacia los electrodos de cátodo de una lámina adyacente de material de electrolito. De esta manera, puede ser posible apilar hasta 400 láminas de material de electrolito, por ejemplo de 2 a 50 láminas de material de electrolito, unas encima de otras.

35 Además, se producen láminas de material 112 no iónicamente conductor, por ejemplo zirconia no iónicamente conductora. Se forma una pluralidad de aberturas 114 a través de cada lámina de material 112 no iónicamente conductor. Las aberturas 114 en cada lámina/placa de material 112 no iónicamente conductor se forman preferentemente en el mismo patrón y con las mismas dimensiones que en las láminas del material 100 de electrolito, en un patrón rectangular. Las aberturas pueden ser cuadradas, rectangulares, hexagonales, circulares o de otra forma adecuada en su sección transversal. Se forma un conjunto adicional de aberturas 116 en el material 112 no iónicamente conductor y cada una de esas aberturas 116 se rellena con un interconector 118 eléctricamente conductor. Las aberturas 116 adicionales están dispuestas alrededor de cada una de las aberturas 114.

40 Las láminas de material 112 no iónicamente conductor están dispuestas también en el apilamiento, de manera que cada lámina de material 112 no iónicamente conductor está situada entre dos láminas adyacentes de material 100 de electrolito y de manera que las aberturas 114 en el material 112 no iónicamente conductor están alineadas con las aberturas 102 en las láminas de material 100 de electrolito.

45 Durante el procedimiento de apilado el material de electrolito se coloca entre las láminas de material de electrolito y las láminas de material no iónicamente conductor para rellenar los espacios en los bordes de los electrodos de ánodo y rellenar los espacios en los bordes de los electrodos de cátodo y las aberturas. Por ejemplo, se colocan capas de marco de material de electrolito entre las láminas adyacentes de material de electrolito para rellenar el espacio entre los bordes de los electrodos de ánodo adyacentes y para rellenar los espacios entre los electrodos de cátodo y las aberturas.

50 Típicamente se incluye una capa continua de material de electrolito o un material de inserción coincidente con expansión compatible, como la capa más superior del apilamiento, de manera que las aberturas, para suministrar reactante a los conjuntos de electrodos de ánodo, se cierran y se separan de los bordes del cátodo.

55 Típicamente se incluye una capa con agujeros similar de material hermético a gas en el fondo del apilamiento para asegurar que el gas no pueda escapar en los bordes de la capa del electrodo porosa más inferior. La capa de material hermético a gas puede ser uno de los marcos rectangulares del material de electrolito, o cuando el material de sustrato o gas de sellado sea incompatible con el material de electrolito, la capa de material hermético a gas puede ser un material de barrera compatible con una expansión relativamente inerte, tal como un material de zirconia estabilizada o un aluminato de magnesita y magnesio (MMA).

60 Si las láminas de material de electrolito con electrodos en el apilamiento ya se han quemado, puede ser necesario recubrir las láminas de material de electrolito con un material no sinterizado, o un adyuvante de sinterizado, de manera que las láminas de material de electrolito se sinterizan activamente juntas tras la combustión. Sin embargo,

65

si se usan sistemas de aglutinante adecuados es beneficioso sinterizar conjuntamente el apilamiento completo de láminas de electrolito solo una vez.

5 El apilamiento de láminas de material de electrolito y material no iónicamente conductor se divide después en una pluralidad de pilas de combustible de óxido sólido verdes, cortando a través del apilamiento 120 en dos direcciones perpendiculares, en el caso de pilas de combustible de óxido sólido rectangulares o cuadradas. De esta manera, el apilamiento se corta en un primer conjunto de planos X paralelos, con cada plano X situado a medio camino entre las aberturas 102 en las láminas del material 100 de electrolito y se corta en un segundo conjunto de planos Y paralelos, con cada plano Y situado a medio camino entre las aberturas 102 en las láminas de material 100 de electrolito, y con el primer conjunto de planos X perpendicular al segundo conjunto de planos Y. Estos planos X e Y están dispuestos sustancialmente perpendiculares al plano de las láminas de material 100 de electrolito y las láminas de material 112 no iónicamente conductor.

15 Las pilas de combustible de óxido sólido verdes se presionan después, si fuera necesario, y después se queman a una alta temperatura, por ejemplo de 700 °C a 1500 °C, de manera que las láminas de material de electrolito se funden para formar sellos herméticos a gas alrededor de los electrodos y, en particular, los marcos del material de electrolito se funden a las láminas de material de electrolito en las pilas de combustible de óxido sólido multicapa. Sin embargo, puede ser posible prescindir de los marcos del material de electrolito si el número de láminas de material de electrolito es bajo, para permitir la deformación de las láminas de material de electrolito para formar los sellos herméticos a gas alrededor de los electrodos. Además, los interconectores 118 eléctricamente conductores se unen al material 104 de electrodo de ánodo adyacente y el material 106 de cátodo.

25 Las pilas de combustible de óxido sólido completadas se fijan después y se sellan a un miembro no poroso denso, por ejemplo, un sustrato, de manera que la abertura en cada pila de combustible de óxido sólido está dispuesta con una abertura correspondiente en el miembro no poroso denso. Las pilas de combustible de óxido sólido se fijan y se sellan al miembro no poroso denso usando un material de sellado adecuado, por ejemplo un cerámico vítreo, para formar un sello hermético a gas entre el fondo de la pila de combustible de óxido sólido y el miembro no poroso denso.

30 Se realizan conexiones eléctricas al material de cátodo sobre las superficies externas de las pilas de combustible de óxido sólido y al material de ánodo sobre las superficies de las aberturas de las pilas de combustible de óxido sólido, usando alambre, capas de cinta o película gruesa, usando técnicas conocidas.

35 Una vez que se ha producido un conjunto hermético a gas completo, puede ser necesario calentar a una temperatura elevada, por ejemplo de 300 °C a 900 °C y suministrar a los electrodos de ánodo una mezcla reductora de hidrógeno en nitrógeno, u otra mezcla adecuada, para reducir los electrodos de ánodo. Como alternativa, si el material de cátodo se ha formado como precursor, de manera que el conjunto puede procesarse en una atmósfera reductora, los electrodos de cátodo se suministran con una mezcla oxidante para oxidar los electrodos de cátodo.

40 En un método de fabricación alternativo, las pilas de combustible de óxido sólido en las que el oxidante se suministra a las aberturas y los electrodos de cátodo se suministran con oxidante desde las aberturas, el material de electrodo de cátodo se deposita alrededor de cada una de las aberturas, por ejemplo, centrado alrededor de cada abertura, y se extiende a una distancia predeterminada desde cada abertura y, de esta manera, el material de electrodo de cátodo se deposita en posiciones separadas discretas. Por ejemplo, el material de electrodo de cátodo puede depositarse en un rectángulo o un cuadrado alrededor de una abertura con sección transversal rectangular o cuadrada. El material del electrodo de ánodo se deposita de manera que está separado a una distancia predeterminada de cada una de las aberturas, pero por lo demás cubre toda la superficie de la lámina/placa de material de electrolito. Por ejemplo, el material del electrodo de ánodo puede depositarse como una lámina con aberturas con forma rectangular o cuadrada con dimensiones mayores que las aberturas con forma rectangular o cuadrada en la lámina de material de electrolito.

55 Típicamente se incluye una capa continua de material de electrolito, o un material de inserción coincidente con expansión compatible, como la capa más superior del apilamiento, de manera que las aberturas, para suministrar un reactivo a los conjuntos de electrodos de cátodo se cierran y se separan de los bordes del ánodo.

60 En un método alternativo de fabricación de las pilas de combustible de óxido sólido, el apilamiento de láminas de material de electrolito y láminas de material no iónicamente conductor se calienta a una alta temperatura, por ejemplo de 300 °C a 900 °C, y los electrodos del ánodo se suministran con una mezcla reductora de hidrógeno en nitrógeno, u otra mezcla adecuada, para reducir los electrodos de ánodo. Como alternativa, si el material de cátodo se ha formado como un precursor, de manera que el conjunto puede procesarse en una atmósfera reductora, los electrodos de cátodo se suministran con una mezcla oxidante para oxidar los electrodos de cátodo.

65 Después el apilamiento de láminas de material de electrolito y láminas de material no iónicamente conductor se divide en una pluralidad de pilas de combustible de óxido sólido cortando a través del apilamiento en dos direcciones perpendiculares, en el caso de pilas de combustible de óxido sólido rectangulares o cuadradas. De esta manera, el apilamiento se corta en un primer conjunto de planos paralelos, con cada plano situado a medio camino entre las

aberturas en las láminas de material de electrolito, y se corta en un segundo conjunto de planos paralelos, con cada plano situado a medio camino entre las aberturas en las láminas de material de electrolito y con el primer conjunto de planos perpendicular al segundo conjunto de planos. Estos planos están dispuestos sustancialmente de forma perpendicular al plano de las láminas de material del electrolito y las láminas de material no iónicamente conductor.

5 En un método alternativo adicional de fabricación de las pilas de combustible de óxido sólido es posible formar una o más láminas de material de electrolito, formar las aberturas en las láminas de material de electrolito, depositar el material de electrodo de ánodo y el material de electrodo de cátodo sobre las superficies de las láminas, cortar las láminas en dos direcciones perpendiculares para formar piezas con una abertura a través de cada pieza. Se forma
10 una o más láminas de material no iónicamente conductor y se forman aberturas en las láminas de material no iónicamente conductor en el mismo patrón que en las láminas de material de electrolito. Se forma un conjunto adicional de aberturas alrededor de cada una de las aberturas en cada una de las láminas de material no iónicamente conductor y estas aberturas se rellenan con un interconector eléctricamente conductor. Cada una de las láminas de material no iónicamente conductor se corta en dos direcciones perpendiculares para formar piezas con una abertura a través de cada pieza. Las piezas del material de electrolito y las piezas de material no iónicamente conductor se apilan alternativamente unas encima de otras de manera que las aberturas están alineadas para formar una pila de combustible de óxido sólido verde. Estos planos están dispuestos sustancialmente perpendiculares al plano de las láminas de material de electrolito. Las pilas de combustible de óxido sólido verde se calientan de 300 °C a 900 °C y los electrodos de ánodo se suministran con una mezcla reductora de hidrógeno en nitrógeno u otra mezcla adecuada para reducir los electrodos de ánodo. Como alternativa, si el material de cátodo se ha formado como un precursor, de manera que el conjunto puede procesarse en una atmósfera reductora, los electrodos de cátodo se suministran con una mezcla oxidante para oxidar los electrodos de cátodo.

25 En todos los métodos mencionados anteriormente puede ser posible depositar el material de electrodo de ánodo y el material de electrodo de cátodo sobre las superficies de las láminas de material de electrolito en patrones predeterminados y después formar las aberturas a través de las láminas de material de electrolito, ya sea a través del material de electrodo de ánodo, si las aberturas suministran combustible a los electrodos de ánodo de las pilas de combustible de óxido sólido, o a través del material de electrodo de cátodo, si las aberturas suministran oxidante a los electrodos de cátodo de las pilas de combustible de óxido sólido.

30 Aunque las láminas de material de electrolito se han cortado en cuadrados o rectángulos, centradas sobre las aberturas a través de las láminas de material de electrolito, es igualmente posible cortarlas en otras formas adecuadas, por ejemplo triángulos, hexágonos, octágonos, etc. centradas sobre las aberturas a través de las láminas de material de electrolito.

35

REIVINDICACIONES

1. Un conjunto de pila de combustible que comprende una pluralidad de pilas (16) de combustible, comprendiendo cada pila (16) de combustible un electrodo (18) de ánodo poroso, un electrolito (20) no poroso denso y un electrodo (22) de cátodo poroso, comprendiendo los electrodos (18) de ánodo una pluralidad de miembros (26) de placas paralelas, comprendiendo los electrodos (22) de cátodo una pluralidad de miembros (30) de placas paralelas, estando los miembros (30) de placas de los electrodos (22) de cátodo inter-digitalizados con los miembros (26) de placas de los electrodos (18) de ánodo, comprendiendo el electrolito (20) al menos un miembro (23) de electrolito que rellena al menos un espacio entre los miembros (26) de placas paralelas de los electrodos (18) de ánodo y los miembros (30) de placas paralelas de los electrodos (22) de cátodo, al menos un miembro (25) no iónicamente conductor entre los miembros (26) de placas paralelas de los electrodos (18) de ánodo y los miembros (30) de placas paralelas de los electrodos (22) de cátodo, estando el al menos un miembro (23) de electrolito y el al menos un miembro (25) no iónicamente conductor dispuestos alternativamente, y teniendo el al menos un miembro (25) no iónicamente conductor al menos un interconector (27) para interconectar eléctricamente al menos un miembro (26) de placas paralelas de los electrodos (18) de ánodo y al menos un miembro (30) de placas paralelas de los electrodos (22) de cátodo, extendiéndose cada interconector (27) a través de una abertura en el al menos un miembro (25) no iónicamente conductor, **caracterizado por que** el al menos un miembro (26) no iónicamente conductor rellena al menos un espacio entre los miembros (26) de placas paralelas de los electrodos (18) de ánodo y los miembros (30) de placas paralelas de los electrodos (22) de cátodo, los miembros (26) de placas paralelas de los electrodos (18) de ánodo, los miembros (30) de placas paralelas de los electrodos (22) de cátodo, los miembros (23) de electrolito y los miembros (25) no iónicamente conductores están provistos de aberturas alineadas que definen un conducto para un flujo de combustible, y un primer extremo del conducto está sellado por una tapa terminal, o electrolito, o los miembros (26) de placas paralelas de los electrodos (18) de ánodo, los miembros (30) de placas paralelas de los electrodos (22) de cátodo, los miembros (23) de electrolito y los miembros (25) no iónicamente conductores están provistos de aberturas alineadas, que definen un conducto (32) para un flujo de un oxidante y un primer extremo (34) del conducto (32) está sellado por una tapa terminal o un electrolito (20).
2. Un conjunto de pila de combustible de acuerdo con la reivindicación 1 donde los miembros (26) de placa de los electrodos (18) de ánodo son de forma sustancialmente circular, rectangular, cuadrada o hexagonal.
3. Un conjunto de pila de combustible de acuerdo con la reivindicación 1 o la reivindicación 2 donde los miembros (30) de placa de los electrodos (22) de cátodo son de forma sustancialmente circular, rectangular, cuadrada o hexagonal.
4. Un conjunto de pila de combustible de acuerdo con la reivindicación 1 donde el conjunto de pila de combustible está dispuesto sobre un miembro (40) no poroso denso y el miembro (40) no poroso denso tiene una abertura (42) para suministrar oxidante al conducto (32).
5. Un conjunto de pila de combustible de acuerdo con la reivindicación 4 donde el conjunto de pila de combustible está dispuesto sobre un tubo (40A, 40B, 48A, 48B) no poroso denso y el tubo (40A, 40B, 48A, 48B) no poroso denso tiene una abertura (42) para suministrar oxidante al conducto (32).
6. Un conjunto de pila de combustible de acuerdo con la reivindicación 4 donde el conjunto de pila de combustible está dispuesto sobre una placa (40) no porosa densa y la placa (40) no porosa densa tiene una abertura (42) para suministrar oxidante al conducto (32).
7. Un conjunto de pila de combustible de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6 donde las pilas (16) de combustible son pilas de combustible de óxido sólido.
8. Un conjunto de pila de combustible de acuerdo con la reivindicación 7 donde el electrolito (20) comprende zirconia o zirconia estabilizada con itria.
9. Un apilamiento de pilas de combustible que comprende una pluralidad de conjuntos de pila de combustible de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8.
10. Un apilamiento de pilas de combustible de acuerdo con la reivindicación 9 donde los conjuntos de pila de combustible están conectados eléctricamente en serie.
11. Un apilamiento de pilas de combustible de acuerdo con la reivindicación 10 donde el apilamiento de pilas de combustible comprende una primera placa (40A) no porosa densa y una segunda placa (40B) no porosa densa, teniendo la primera placa (40A) no porosa densa una pluralidad de aberturas (42) para suministrar oxidante a un conducto (32) de uno respectivo de una pluralidad de conjuntos de pila de combustible, estando dispuesto el conducto (32) para suministrar oxidante a los miembros (30) de placas paralelas de los electrodos (22) de cátodo de uno respectivo de la pluralidad de conjuntos de pila de combustible, teniendo la segunda placa (40B) no porosa densa una pluralidad de aberturas (42) para suministrar oxidante a un conducto (32) de uno respectivo de una pluralidad de conjuntos de pila de combustible, estando dispuesto el conducto (32) para suministrar oxidante a los

miembros (30) de placas paralelas de los electrodos (22) de cátodo de uno respectivo de la pluralidad de conjuntos de pila de combustible, estando dispuestas la primera y segunda placas (40A, 40B) no porosas densas con los conjuntos de pila de combustible entre ellas para formar un pasaje (50) para suministrar un combustible a los miembros (26) de placas paralelas de los electrodos (18) de ánodo de los conjuntos de pila de combustible.

5 12. Un apilamiento de pilas de combustible de acuerdo con la reivindicación 11 donde los conjuntos de pila de combustible en la primera y segunda placas (40A, 40B) no porosas densas están dispuestos en patrones predeterminados.

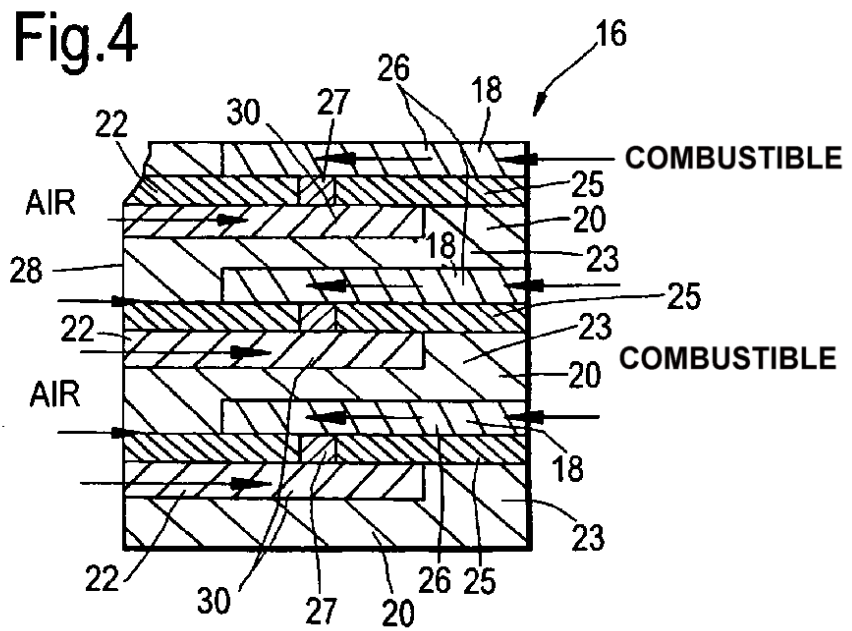
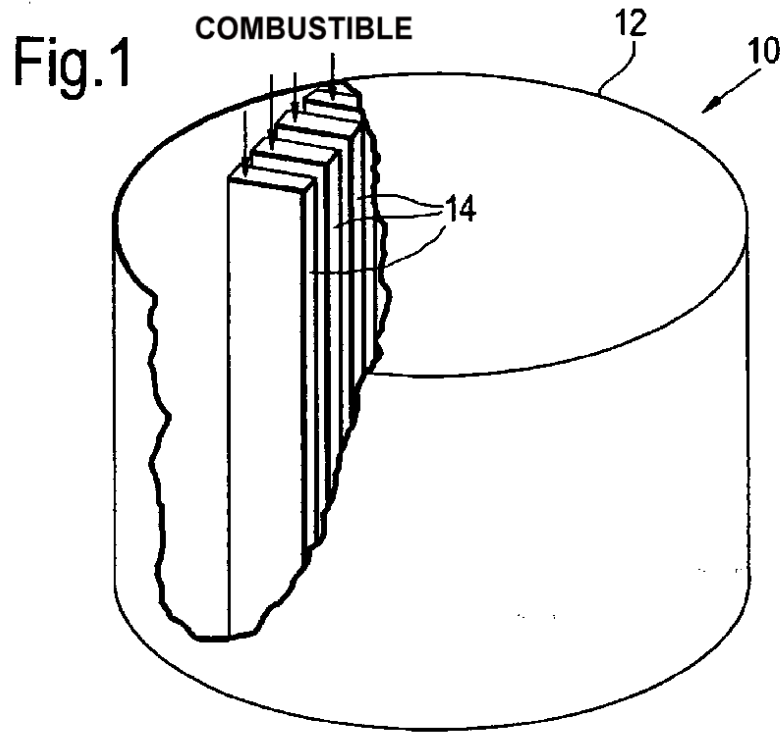
10 13. Un apilamiento de pilas de combustible de acuerdo con la reivindicación 12 donde los conjuntos de pila de combustible en la primera placa (40A) no porosa densa están dispuestos alternativamente con conjuntos de pila de combustible en la segunda placa (40B) no porosa densa.

15 14. Un método de fabricación de pilas de combustible que comprende formar una pluralidad de láminas de material (100) de electrolito, formar una pluralidad de aberturas (102) a través de cada lámina de material (100) de electrolito, depositar el material (104) de electrodo de ánodo sobre una primera superficie (108) de cada lámina de material (100) de electrolito, depositar el material (106) de cátodo sobre una segunda superficie (110) de cada lámina de material (100) de electrolito, formar una pluralidad de láminas de material (112) no iónicamente conductor, formar una pluralidad de aberturas (114) a través de cada lámina de material (112) no iónicamente conductor, formar un conjunto adicional de aberturas (116) a través de cada lámina de material (112) no iónicamente conductor, rellenar cada una de las aberturas del conjunto adicional de aberturas (116) en cada lámina de material (112) no iónicamente conductor con un interconector (118) eléctricamente conductor, disponer las láminas de material (100) de electrolito en un apilamiento (120) de manera que el material (104) de electrodo de ánodo de una lámina de material (100) de electrolito esté orientado hacia el material (106) de electrodo de cátodo de una lámina adyacente de material (100) de electrolito, y disponer las láminas de material (112) no iónicamente conductor en el apilamiento (120), de manera que cada lámina de material (112) no iónicamente conductor esté situada entre dos láminas adyacentes de material (100) de electrolito, y de manera que las aberturas (114) en las láminas de material (112) no iónicamente conductor estén alineadas con las aberturas (102) en las láminas de material (100) de electrolito, dividiendo el apilamiento (120) en una pluralidad de piezas, de manera que se extiende una abertura en cada pieza para formar un número de pilas de combustible.

20 25 30 35 15. Un método de acuerdo con la reivindicación 14 que comprende depositar el material de electrodo de ánodo sobre la primera superficie de cada lámina de material de electrolito y depositar el material de cátodo sobre la segunda superficie de cada lámina de material de electrolito antes de formar la pluralidad de aberturas a través de cada lámina de material de electrolito.

40 45 50 55 16. Un método para fabricar pilas de combustible que comprende formar al menos una lámina de material de electrolito, formar una pluralidad de aberturas a través de cada lámina de material de electrolito, depositar el material de electrodo de ánodo sobre una primera superficie de cada lámina de material de electrolito, depositar el material de cátodo sobre una segunda superficie de cada lámina de material de electrolito, dividir la al menos una lámina de material de electrolito en una pluralidad de piezas, de manera que se extiende una abertura a través de cada pieza, formar al menos una lámina de material no iónicamente conductor, formar una pluralidad de aberturas a través de cada lámina de material no iónicamente conductor, rellenar cada una de las aberturas del conjunto adicional de aberturas en cada lámina de material no iónicamente conductor con un interconector eléctricamente conductor, dividir la al menos una lámina de material no iónicamente conductor en una pluralidad de piezas, de manera que se extiende una abertura a través de cada pieza, disponer las piezas de material de electrolito en un apilamiento de manera que el material de electrodo de ánodo de una pieza de material de electrolito esté orientado hacia el material de electrodo de cátodo de una pieza adyacente de material de electrolito y las aberturas en las piezas de material de electrolito estén alineadas, disponer las piezas de material no iónicamente conductor en el apilamiento de manera que cada pieza de material no iónicamente conductor esté situada entre dos piezas adyacentes de material de electrolito y de manera que las aberturas en las láminas de material no iónicamente conductor estén alineadas con las aberturas en las láminas de material de electrolito para formar un número de pilas de combustible.

60 17. Un método de acuerdo con la reivindicación 16 que comprende depositar el material de electrodo de ánodo sobre la primera superficie de cada lámina de material de electrolito y depositar el material de cátodo sobre la segunda superficie de cada lámina de material de electrolito antes de formar la pluralidad de aberturas a través de cada lámina de material de electrolito.



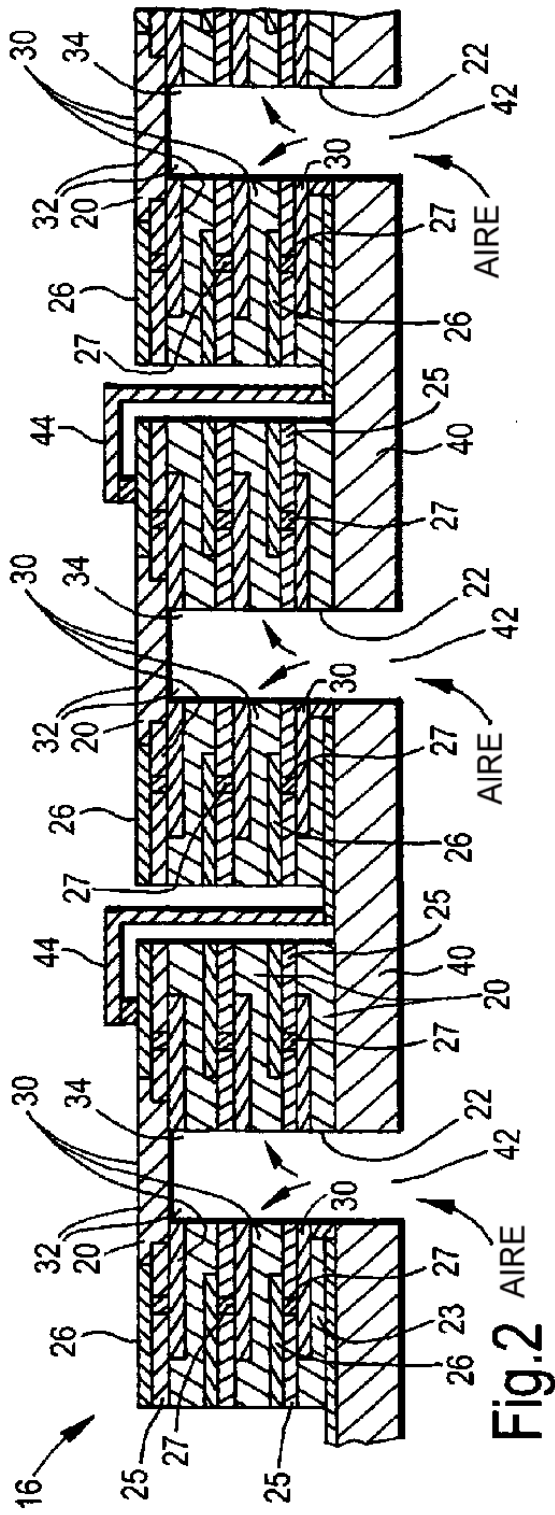


Fig. 2

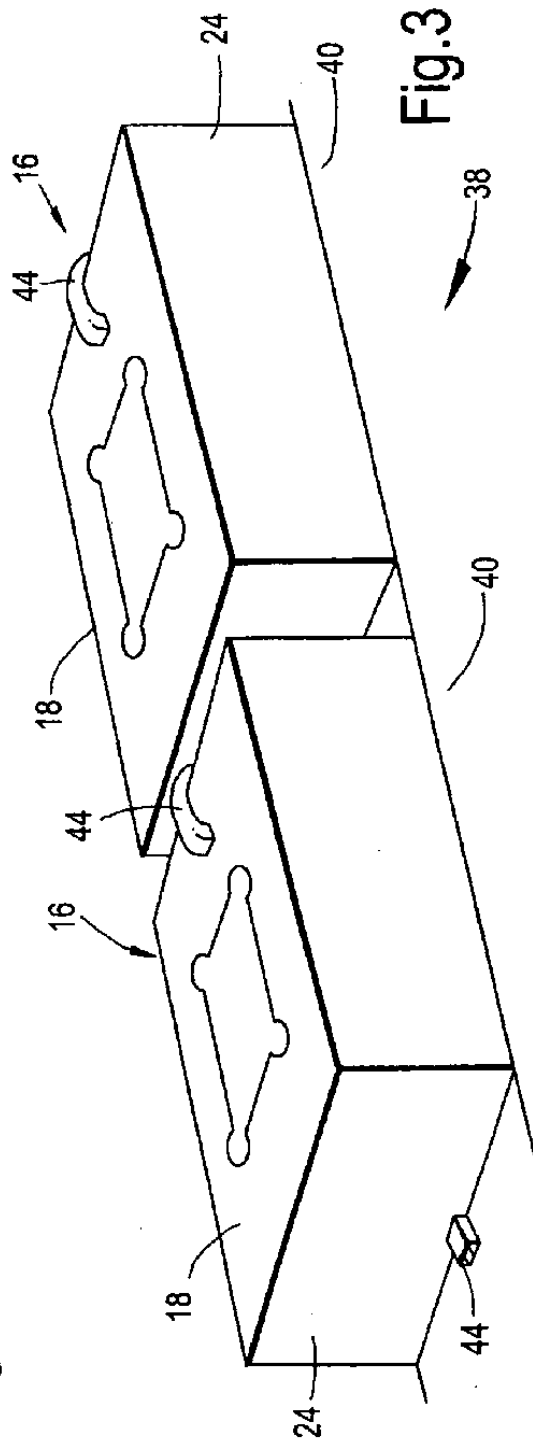


Fig. 3

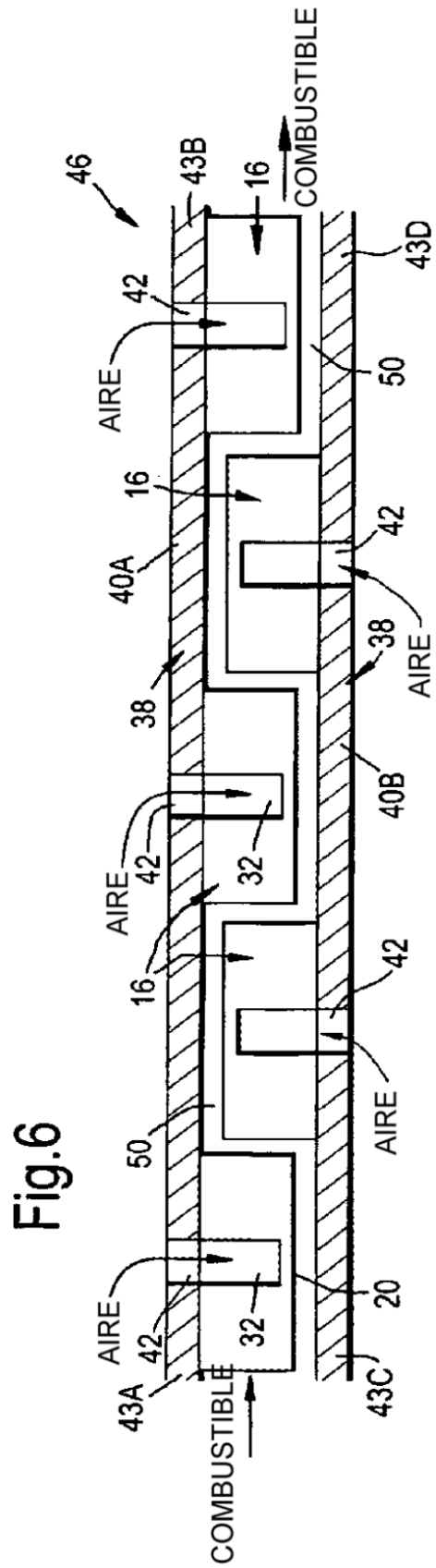
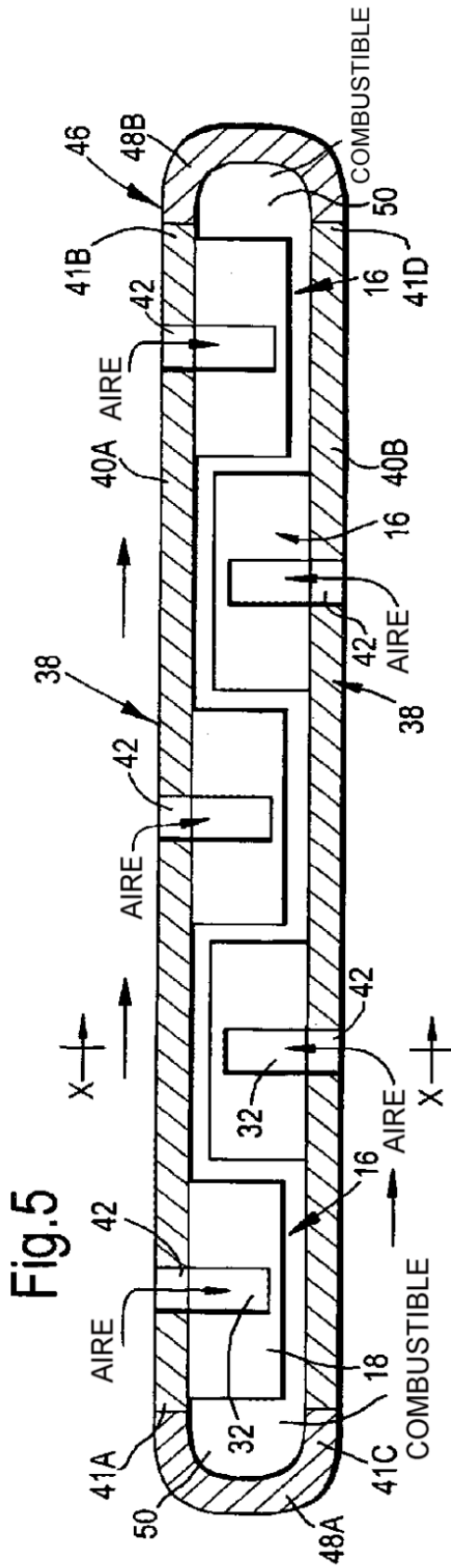


Fig.7

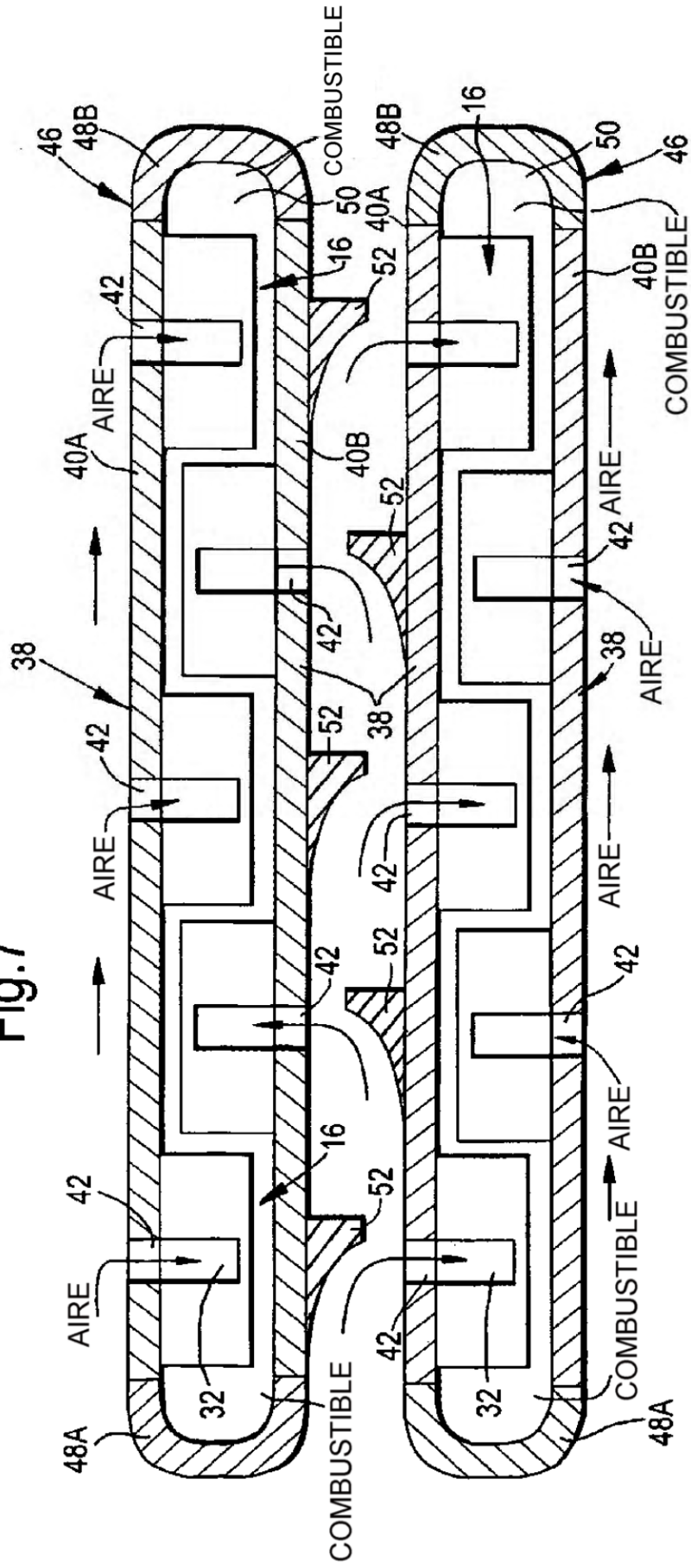


Fig.8

