

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 656 139**

51 Int. Cl.:

H01M 8/2425 (2006.01)

H01M 8/0215 (2006.01)

H01M 8/0202 (2006.01)

H01M 8/12 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **12.06.2012 PCT/US2012/042062**

87 Fecha y número de publicación internacional: **20.12.2012 WO12173997**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **12.06.2012 E 12800820 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **13.12.2017 EP 2721669**

54 Título: **Sistema de celda de combustible con interconector**

30 Prioridad:

15.06.2011 US 201113161389

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

23.02.2018

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**GOETTLER, RICHARD y
LIU, ZHIEN**

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 656 139 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

Sistema de celda de combustible con interconector

Campo de la invención

5 La presente invención se refiere, en general, a celdas de combustible y, en particular, a un interconector para una celda de combustible.

Antecedentes

10 Las celdas de combustible, los sistemas de celda de combustible e interconectores para celdas de combustible y sistemas de celda de combustible siguen siendo un área de interés. Algunos sistemas existentes tienen diversas deficiencias, inconvenientes y desventajas respecto a ciertas aplicaciones. Por consiguiente, sigue habiendo una necesidad de contribuciones adicionales en esta área de la tecnología.

El documento US 2006/029860 A1 describe una estructura de electrodo para un dispositivo de producción de alta corriente eléctrica y baja tensión, que incluye una membrana de transferencia de carga. La estructura de electrodo comprende una lámina de electrolito, un ánodo y un cátodo. Se dispone un miembro eléctricamente conductor que tiene una resistencia no uniforme sobre la estructura de electrodo para optimizar el acoplamiento de corriente.

15 Se menciona en este documento un cermet de Ni/YSZ como un posible material interconector para la celda de combustible para un ánodo a través de una estructura de almohadilla. No se hace mención de un material de pirocloro. Se considera, por lo tanto, que este documento describe un sistema de celda de combustible según el preámbulo de la reivindicación 1.

20 El documento US 2007/037031 A1 describe un interconector y un separador de gas para una celda de combustible de óxido sólido que tiene una primera fase conductora y una segunda fase conductora. Alternativamente, el interconector tiene un material cerámico multi-componente que incluye un primer componente cerámico iónicamente conductor y eléctricamente no conductor y un segundo componente cerámico eléctricamente conductor.

El documento US 2011/033779 A1 se refiere al aislamiento para sistemas de celda de combustible de óxido sólido y menciona materiales de pirocloro como apropiados para composiciones aislantes para la celda de combustible.

25 El artículo de Zhimin Zhong titulado "Bismuth Ruthenate-Based Piroclores for IT-SOFC Applications", ELECTROCHEMICAL AND SOLID-STATE LETTERS, vol. 9, nº 4, 17 Febrero 2006 (2006-02-17), páginas A215-A219, ISSN: 1099-0062, DOI: 10.1149/1.2176887 describe piroclores de rutenato de bismuto como materiales de revestimiento prometedores para interconectores metálicos para celdas de combustible de óxido sólido.

Compendio

30 La presente invención incluye un sistema de celda de combustible que tiene un interconector que reduce o elimina la difusión (fuga) de combustible y oxidante proporcionando una distancia de difusión ampliada y un área del flujo de difusión reducida.

Breve descripción de los dibujos

35 La descripción en la presente memoria hace referencia a los dibujos adjuntos, en donde los números de referencia similares se refieren a partes similares a través de las diversas vistas, y en donde:

La FIG. 1 representa esquemáticamente algunos aspectos de un ejemplo no limitante de un sistema de celda de combustible según una realización de la presente invención.

La FIG. 2 representa esquemáticamente algunos aspectos de un ejemplo no limitante de una sección transversal de un sistema de celda de combustible según una realización de la presente invención.

40 La FIG. 3 es una vista en sección transversal ampliada de una parte del interconector de la FIG. 2.

Las FIGS. 4A y 4B representan algunas realizaciones alternativas de configuraciones de interconector.

La FIG. 5 representa un interconector hipotético que se contrasta en la presente memoria con realizaciones de la presente invención.

45 Las FIGS. 6A y 6B muestran una vista superior y una vista lateral, respectivamente, de algunos aspectos de un ejemplo no limitante de otra realización más de un interconector.

La FIG. 7 representa esquemáticamente algunos aspectos de un ejemplo no limitante de una sección transversal de un sistema de celda de combustible que tiene un sello cerámico según una realización de la presente invención.

La FIG. 8 representa esquemáticamente algunos aspectos de un ejemplo no limitante de una sección transversal de

otra realización de un sistema de celda de combustible que tiene un sello cerámico.

La FIG. 9 representa esquemáticamente algunos aspectos de un ejemplo no limitante de una sección transversal de otra realización más de un sistema de celda de combustible que tiene un sello cerámico.

5 La FIG. 10 representa esquemáticamente algunos aspectos de un ejemplo no limitante de una sección transversal de una realización de la presente invención que tiene una barrera química.

La FIG. 11 representa esquemáticamente algunos aspectos de un ejemplo no limitante de una sección transversal de una realización de la presente invención que tiene una barrera química.

La FIG. 12 representa esquemáticamente algunos aspectos de un ejemplo no limitante de una sección transversal de una realización de la presente invención que tiene una barrera química y un sello cerámico.

10 La FIG. 13 representa esquemáticamente algunos aspectos de un ejemplo no limitante de una sección transversal de una realización de la presente invención que tiene una barrera química y un sello cerámico.

La FIG. 14 representa esquemáticamente algunos aspectos de un ejemplo no limitante de una sección transversal de una realización de la presente invención que tiene una barrera química.

15 La FIG. 15 representa esquemáticamente algunos aspectos de un ejemplo no limitante de una sección transversal de una realización de la presente invención que tiene una barrera química.

La FIG. 16 representa esquemáticamente algunos aspectos de un ejemplo no limitante de una sección transversal de una realización de la presente invención que tiene una barrera química, un sello cerámico, y un hueco entre una película conductora del cátodo y una capa de electrolito.

20 La FIG. 17 representa esquemáticamente algunos aspectos de un ejemplo no limitante de una sección transversal de una realización de la presente invención que tiene una barrera química, un sello cerámico, y un hueco entre un conductor auxiliar interconector y una capa de electrolito.

La FIG. 18 representa esquemáticamente algunos aspectos de un ejemplo no limitante de una sección transversal de una realización de la presente invención que tiene una barrera química, un sello cerámico, y un aislante entre una película conductora del cátodo y una capa de electrolito.

25 La FIG. 19 representa esquemáticamente algunos aspectos de un ejemplo no limitante de una sección transversal de una realización de la presente invención que tiene una barrera química, un sello cerámico, y un aislante entre un conductor auxiliar interconector y una capa de electrolito.

Descripción detallada

30 Con fines de promover una comprensión de los principios de la invención, se hará referencia ahora a las realizaciones ilustradas en los dibujos, y se usará un lenguaje específico para describir las mismas. No obstante, debe entenderse que no se pretende limitar el alcance de la invención mediante la ilustración y descripción de ciertas realizaciones de la invención. El alcance de la invención está definido por las reivindicaciones. La reivindicación independiente 1 se refiere a un sistema de celda de combustible que comprende, entre otros elementos, un interconector formado por un compuesto tipo cermet que tiene al menos una fase cerámica en forma de pirocloro que tiene una composición de $(MRE)_2Zr_2O_7$, en donde MRE es un catión de tierras raras. En las reivindicaciones dependientes se especifican otros elementos preferidos del sistema de celda de combustible reivindicado, y especialmente del interconector.

40 Haciendo referencia a los dibujos y, en particular a la FIG. 1, se representan esquemáticamente algunos aspectos de un ejemplo no limitante de un sistema 10 de celda de combustible según una realización de la presente invención. En la realización de la FIG. 1, se representan diversos elementos, componentes e interrelaciones entre los aspectos de una realización de la presente invención. Sin embargo, la presente invención no está limitada a la realización particular de la FIG. 1 y los componentes, elementos e interrelaciones entre ellos como se ilustran en la FIG. 1 y se describen en la presente memoria.

45 La presente realización del sistema 10 de celda de combustible incluye una pluralidad de celdas electroquímicas 12, es decir, celdas de combustible individuales, formadas sobre un sustrato 14. Las celdas electroquímicas 12 están acopladas entre sí en serie mediante interconectores 16. El sistema 10 de celda de combustible es una disposición en serie segmentada depositada sobre un tubo cerámico poroso plano, aunque se entenderá que la presente invención es igualmente aplicable a disposiciones en serie segmentadas sobre otros sustratos, tal como sobre un tubo cerámico poroso circular. En diversas realizaciones, el sistema 10 de celda de combustible puede ser un sistema de celda de combustible plano integrado o un sistema de celda de combustible tubular.

50 Cada celda electroquímica 12 de la presente realización tiene un lado 18 del oxidante y un lado 20 del combustible. El oxidante es típicamente aire, aunque podría ser también oxígeno puro (O_2) u otros oxidantes que incluyen, por ejemplo, aire diluido para sistemas de celda de combustible que tienen bucles de reciclado de aire, y se suministra a

las celdas electroquímicas 12 desde el lado 18 del oxidante. El sustrato 14 de la presente realización es poroso, por ejemplo, un material cerámico poroso que es estable en las condiciones de operación de la celda de combustible y químicamente compatible con otros materiales de la celda de combustible. En otras realizaciones, el sustrato 14 puede ser un material modificado en superficie, por ejemplo, un material cerámico poroso que tiene un revestimiento u otra modificación de la superficie, por ejemplo, configurado para evitar o reducir la interacción entre las capas de la celda electroquímica 12 y el sustrato 14. Se suministra un combustible, tal como un combustible de hidrocarburo reformado, por ejemplo, gas de síntesis, a las celdas electroquímicas 12 desde el lado 20 del combustible a través de canales (no mostrados) en un sustrato 14 poroso. Aunque en la presente realización se emplean aire y gas de síntesis reformado a partir de un combustible de hidrocarburo, se entenderá que pueden emplearse celdas electroquímicas que usan otros oxidantes y combustibles sin alejarse del alcance de la presente invención, por ejemplo, hidrógeno puro y oxígeno puro. Además, aunque en la presente realización el combustible se suministra a las celdas electroquímicas 12 a través del sustrato 14, se entenderá que en otras realizaciones de la presente invención, el oxidante puede suministrarse a las celdas electroquímicas a través de un sustrato poroso.

Haciendo referencia a la FIG. 2, se describen con mayor detalle algunos aspectos de un ejemplo no limitante del sistema 10 de celda de combustible. El sistema 10 de celda de combustible puede estar formado por una pluralidad de capas serigrafiadas sobre el sustrato 14. El serigrafiado es un proceso en el cual una malla tejida tiene aberturas a través de las cuales se depositan las capas de la celda de combustible sobre el sustrato 14. Las aberturas de la malla determinan la longitud y anchura de las capas impresas. La malla serigráfica, el diámetro del hilo, la carga de sólidos de la tinta y la reología de la tinta determinan el espesor de las capas impresas. Las capas del sistema 10 de celda de combustible incluyen una capa 22 conductora del ánodo, una capa 24 de ánodo, una capa 26 de electrolito, una capa 28 de cátodo y una capa 30 conductora del cátodo. En una forma, la capa 26 de electrolito está formada por una sub-capa 26A de electrolito y una sub-capa 26B de electrolito. En otras realizaciones, la capa 26 de electrolito puede estar formada por cualquier número de sub-capas. Se entenderá que la FIG. 2 no está a escala; por ejemplo, las dimensiones verticales están exageradas con fines de claridad de ilustración.

Los interconectores para celdas de combustible de óxido sólido (SOFC) son preferiblemente eléctricamente conductores para transportar electrones de una celda electroquímica a otra; mecánica y químicamente estables en entornos tanto oxidantes como reductores durante la operación de la celda de combustible; y no porosos, para evitar la difusión del combustible y/o el oxidante a través del interconector. Si el interconector es poroso, el combustible puede difundirse al lado del oxidante y combustionar, dando como resultado puntos calientes locales que pueden dar como resultado una reducción de la vida de la celda de combustible, por ejemplo, debido a la degradación de los materiales y al fallo mecánico, así como una eficiencia reducida del sistema de celda de combustible. Análogamente, el oxidante puede difundirse al lado del combustible, dando como resultado la combustión del combustible. Una fuga grave del interconector puede reducir significativamente la utilización de combustible y el rendimiento de la celda de combustible, o causar un fallo catastrófico de las celdas o apilamientos de combustible.

Para celdas en serie segmentadas, los componentes de la celda de combustible pueden formarse depositando películas finas sobre un sustrato cerámico poroso, por ejemplo, el sustrato 14. En una forma, las películas se depositan mediante un proceso de impresión serigráfica, incluyendo el interconector. En otras realizaciones, puede emplearse otro proceso para depositar o formar de otra manera las películas finas sobre el sustrato. El espesor de la capa interconectora puede ser de 5 a 30 micrómetros, aunque puede ser mucho más grueso, por ejemplo, de 100 micrómetros. Si el interconector no es totalmente poroso, por ejemplo, debido a la porosidad de sinterización, microgrietas, huecos y otros defectos introducidos durante el procesado, el flujo de gas o aire a través de la capa interconectora puede ser muy alto, dando como resultado efectos indeseables, como se ha mencionado anteriormente. Por consiguiente, en un aspecto de la presente invención, el interconector (interconector 16) está configurado para minimizar o eliminar la difusión del oxidante y el combustible a través del mismo.

El material de interconector 16 de la presente realización es un metal precioso, tal como Ag, Pd, Au y/o Pt y/o aleaciones de los mismos, aunque pueden emplearse otros materiales sin alejarse del alcance de la presente invención. Por ejemplo, en otras realizaciones, se contempla alternativamente que pueden emplearse otros materiales, incluyendo aleaciones de metal precioso, tales como Ag-Pd, Ag-Au, Ag-Pt, Au-Pd, Pt-Pd, Pt-Pd, Ag-Au-Pd, Ag-Au-Pt, Ag-Au-Pd-Pt y/o aleaciones binarias, ternarias o cuaternarias en la familia Pt-Pd-Au-Ag, inclusive aleaciones que tienen adiciones minoritarias de metal no precioso, cermetes compuestos de un metal precioso, aleación de metal precioso, Ni metálico y/o aleación de Ni y una fase cerámica inerte, tal como alúmina, o una fase cerámica con conductividad iónica mínima que no crearán corrientes parásitas significativas, tales como YSZ (zirconia estabilizada con itria, también conocida como zirconia dopada con itria, siendo el dopado con itria de 3-8% mol, preferiblemente 3-5% mol), ScSZ (zirconia estabilizada con escandio, siendo el dopado con escandio de 4-10% mol, preferiblemente 4-6% mol), y/o cerámicos conductores, tales como perovskitas conductoras con sustituciones en el sitio A o B o dopando para conseguir la estabilidad de fase adecuada y/o una conductividad suficiente como un interconector, por ejemplo, incluyendo al menos uno de LNF ($\text{LaNi}_x\text{Fe}_{1-x}\text{O}_3$, preferiblemente $x = 0,6$), LSM ($\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{MnO}_3$, $x = 0,1$ a $0,3$), ceria dopada, titanato de estroncio dopado (tal como $\text{La}_x\text{Sr}_{1-x}\text{TiO}_{3-\delta}$, $x = 0,1$ a $0,3$), LSCM ($\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{Cr}_{1-y}\text{Mn}_y\text{O}_3$, $x = 0,1$ a $0,3$ e $y = 0,25$ a $0,75$), cromitos de itrio dopados (tales como $\text{Y}_{1-x}\text{Ca}_x\text{CrO}_{3-\delta}$, $x = 0,1-0,3$) y/u otros cromitos de lantano dopados (tales como $\text{La}_{1-x}\text{Ca}_x\text{CrO}_{3-\delta}$, $x = 0,15-0,3$), y cerámicos conductores, tales como al menos uno de LNF ($\text{LaNi}_x\text{Fe}_{1-x}\text{O}_3$, preferiblemente $x = 0,6$), LSM ($\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{MnO}_3$, $x = 0,1$ a $0,3$), titanato de estroncio dopado, cromitos de itrio dopados, LSCM ($\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{Cr}_{1-y}\text{Mn}_y\text{O}_3$), y otros cromitos de lantano dopados. En

algunas realizaciones, se contempla que todo o parte del interconector 16 puede estar formado de cermet de Ni metálico y/o un cermet de aleación de Ni además de o en lugar de los materiales mencionados anteriormente. El cermet de Ni metálico y/o el cermet de aleación de Ni puede tener una o más fases cerámicas, por ejemplo y sin que ello pretenda ser limitante, una fase cerámica que es YSZ (siendo el dopado con itria de 3-8% mol, preferiblemente 3-5% mol), alúmina, ScSZ (siendo el dopado con escandia de 4-10% mol, preferiblemente 4-6% mol), ceria dopada y/o TiO_2 .

Un ejemplo de materiales para el interconector 16 es $y(\text{Pd}_x\text{Pt}_{1-x})-(1-y)\text{YSZ}$. Donde x es de 0 a 1 en razón en peso, preferiblemente x está en el intervalo de 0 a 0,5 para un flujo de hidrógeno inferior. Y es de 0,35 en 0,80 en razón en volumen, preferiblemente y está en el intervalo de 0,4 a 0,6.

La capa 22 conductora del ánodo de la presente realización es una capa conductora de electrodo formada de un cermet de níquel, tal como Ni-YSZ (el dopado con itria de la zirconia es de 3-8% mol), Ni-ScSZ (el dopado con escandia es de 4-10% mol, preferiblemente un segundo dopado para estabilidad de fase para 10% mol de escandia- ZrO_2) y/o ceria dopada con Ni (tal como dopado con Gd o Sm), cromito de lantano dopado (tal como dopado con Ca en el sitio A y dopado con Zn en el sitio B), titanato de estroncio dopado (tal como dopado con La en el sitio A y dopado con Mn en el sitio B) y/o $\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{Mn}_y\text{Cr}_{1-y}\text{O}_3$. Alternativamente, se considera que pueden emplearse otros materiales para la capa 22 conductora del ánodo tales como cermets basados en parte o en su totalidad en metal precioso. Los metales preciosos en el cermet pueden incluir, por ejemplo, Pt, Pd, Au, Ag, y/o aleaciones de los mismos. La fase cerámica puede incluir, por ejemplo, una fase no eléctricamente conductora inactiva, que incluye, por ejemplo, YSZ, ScSZ y/o una o más fases inactivas distintas, por ejemplo, que tienen coeficientes de expansión térmica (CTE) deseados para controlar el CTE de la capa para hacerlo coincidir con el CTE del sustrato y el electrolito. En algunas realizaciones, la fase cerámica puede incluir Al_2O_3 y/o una espinela tal como NiAl_2O_4 , MgAl_2O_4 , MgCr_2O_4 , NiCr_2O_4 . En otras realizaciones, la fase cerámica puede ser eléctricamente conductora, por ejemplo, cromito de lantano dopado, titanato de estroncio dopado y/o una o más formas de LaSrMnCrO .

Un ejemplo de material de la capa conductora del ánodo es 76,5% Pd, 8,5% Ni, 15% 3YSZ.

El ánodo 24 puede estar formado por $x\text{NiO}-(100-x)\text{YSZ}$ (x es de 55 a 75 en razón en peso), $y\text{NiO}-(100-y)\text{ScSZ}$ (y es de 55 a 75 en razón en peso), ceria estabilizada con NiO-gadolinia (tal como 55% p NiO-45% p GDC) y/o ceria estabilizada con NiO-samarina en la presente realización, aunque pueden emplearse otros materiales sin alejarse del alcance de la presente invención. Por ejemplo, se considera alternativamente que la capa 24 de ánodo puede estar hecha de titanato de estroncio dopado, y $\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{Mn}_y\text{Cr}_{1-y}\text{O}_3$, (tal como $\text{La}_{0,75}\text{Sr}_{0,25}\text{Mn}_{0,5}\text{Cr}_{0,5}\text{O}_3$)

La capa 26 de electrolito de la presente realización, por ejemplo, la sub-capa 26A de electrolito y/o la sub-capa 26B de electrolito, puede estar hecha de un material cerámico. En una forma, puede emplearse un cerámico conductor de protones y/o ión oxígeno. En una forma, la capa 26 de electrolito está formada por YSZ, tal como 3YSZ y/o 8YSZ. En otras realizaciones, la capa 26 de electrolito puede estar formada por ScSZ, tal como 4ScSZ, 6ScSZ y/o 10ScSZ además de o en lugar de YSZ. En otras realizaciones, pueden emplearse otros materiales. Por ejemplo, se considera alternativamente que la capa 26 de electrolito puede estar hecha de ceria dopada y/o galato de lantano dopado. En cualquier caso, la capa 26 de electrolito es esencialmente impermeable a la difusión a través de la misma de los fluidos usados por la celda de combustible 10, por ejemplo, gas de síntesis o hidrógeno puro como combustible, así como, por ejemplo, aire u O_2 como un oxidante, aunque permite la difusión de iones oxígeno o protones.

La capa 28 de cátodo puede estar formada por al menos uno de LSM ($\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{MnO}_3$, x = 0,1 a 0,3) $\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{FeO}_3$, (tal como x = 0,3) $\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{Co}_y\text{Fe}_{1-y}\text{O}_3$ (tal como $\text{La}_{0,6}\text{Sr}_{0,4}\text{Co}_{0,2}\text{Fe}_{0,8}\text{O}_3$) y/o $\text{Pr}_{1-x}\text{Sr}_x\text{MnO}_3$ (tal como $\text{Pr}_{0,8}\text{Sr}_{0,2}\text{MnO}_3$), aunque pueden emplearse otros materiales sin alejarse del alcance de la presente invención. Por ejemplo, se considera alternativamente que pueden emplearse niquelatos de Ruddlesden-Popper y materiales de $\text{La}_{1-x}\text{Ca}_x\text{MnO}_3$ (tal como $\text{La}_{0,8}\text{Ca}_{0,2}\text{MnO}_3$).

La capa 30 conductora del cátodo es una capa conductora de electrodo formada por un conductor cerámico, por ejemplo, al menos uno de $\text{LaNi}_x\text{Fe}_{1-x}\text{O}_3$ (tal como $\text{LaNi}_{0,6}\text{Fe}_{0,4}\text{O}_3$) $\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{MnO}_3$ (tal como $\text{La}_{0,75}\text{Sr}_{0,25}\text{MnO}_3$), cromitos de lantano dopados (tales como $\text{La}_{1-x}\text{Ca}_x\text{CrO}_{3-\delta}$, x = 0,15-0,3), y/o $\text{Pr}_{1-x}\text{Sr}_x\text{CoO}_3$, tal como $\text{Pr}_{0,8}\text{Sr}_{0,2}\text{CoO}_3$. En otras realizaciones, la capa 30 conductora del cátodo puede estar formada por otros materiales, por ejemplo, un cermet de metal precioso, aunque pueden emplearse otros materiales sin alejarse del alcance de la presente invención. Los metales preciosos en el cermet de metal precioso pueden incluir, por ejemplo, Pt, Pd, Au, Ag y/o aleaciones de los mismos. La fase cerámica puede incluir, por ejemplo, YSZ, ScSZ y Al_2O_3 , u otros materiales cerámicos.

Un ejemplo de materiales de la capa conductora del cátodo es 80% p Pd-20% p LSM.

En la realización de la FIG. 2, se representan diversos elementos, componentes e interrelaciones entre los aspectos de una realización de la presente invención. Sin embargo, la presente invención no está limitada a la realización particular de la FIG. 2 y los componentes, elementos e interrelaciones entre ellos como se ilustran en la FIG. 2 y se describen en la presente memoria.

En la presente realización, la capa 22 conductora del ánodo se imprime directamente sobre el sustrato 14, puesto que es una parte de sub-capa 26A de electrolito. La capa 24 de ánodo se imprime sobre la capa 22 conductora del

ánodo. Las partes de la capa 26 de electrolito se imprimen sobre la capa 24 de ánodo, y las partes de la capa 26 de electrolito se imprimen sobre la capa 22 conductora del ánodo y sobre el sustrato 14. La capa 28 de cátodo se imprime sobre la parte superior de la capa 26 de electrolito. Las partes de la capa 30 conductora del cátodo se imprimen sobre la capa 28 de cátodo y sobre la capa 26 de electrolito. La capa 28 de cátodo está separada de la capa 24 de ánodo en una dirección 32 por el espesor local de la capa 26 de electrolito.

La capa 24 de ánodo incluye huecos 34 del ánodo, que se extiende en una dirección 36. La capa 28 de cátodo incluye huecos 38 del cátodo, que se extiende también en la 36. En la presente realización, la dirección 36 es sustancialmente perpendicular a la dirección 32, aunque la presente invención no está limitada a esto. Los huecos 34 separan la capa 24 de ánodo en una pluralidad de ánodos 40 individuales, uno para cada celda electroquímica 12. Los huecos 38 separan la capa 28 de cátodo en una pluralidad correspondiente de cátodos 42. Cada ánodo 40 y el cátodo 42 correspondiente que está separado en una dirección 32 del mismo, junto con la parte de la capa 26 de electrolito dispuesta entre ellos, forman una celda electroquímica 12.

Análogamente, la capa 22 conductora del ánodo y la capa 30 conductora del cátodo tienen huecos 44 y 46 respectivo que separan la capa 22 conductora del ánodo y la capa 30 conductora del cátodo en una pluralidad de películas 48 conductoras del ánodo y películas 50 conductoras del cátodo respectivas. Los términos "capa conductora del ánodo" y "película conductora del ánodo" pueden usarse de forma intercambiable, en tanto que esta última está formada a partir de una o más capas de la primera; y los términos, "capa conductora del cátodo" y "película conductora del cátodo" pueden usarse de forma intercambiable, en tanto que esta última está formada a partir de una o más capas de la primera.

En la presente realización, la capa 22 conductora del ánodo tiene un espesor, es decir, según se mide en la dirección 32, de aproximadamente 5-15 micrómetros, aunque pueden emplearse otros valores sin alejarse del alcance de la presente invención. Por ejemplo, se considera que en otras realizaciones, la capa conductora del ánodo puede tener un espesor en el intervalo de 5-50 micrómetros. En otras realizaciones más, pueden usarse diferentes espesores, dependiendo del material particular y de su aplicación.

Análogamente, la capa 24 de ánodo tiene un espesor, es decir, según se mide en la dirección 32, de aproximadamente 5-20 micrómetros, aunque pueden emplearse otros valores sin alejarse del alcance de la presente invención. Por ejemplo, se considera que en otras realizaciones, la capa de ánodo puede tener un espesor en el intervalo de 5-40 micrómetros. En otras realizaciones más, pueden usarse diferentes espesores, dependiendo del material de ánodo particular y de su aplicación.

La capa 26 de electrolito, que incluye tanto la sub-capa 26A de electrolito como la sub-capa 26B de electrolito, de la presente realización tiene un espesor de aproximadamente 5-15 micrómetros con espesores individuales de sub-capas de aproximadamente 5 micrómetros como mínimo, aunque pueden emplearse otros valores de espesor sin alejarse del alcance de la presente invención. Por ejemplo, se considera que en otras realizaciones, la capa de electrolito puede tener un espesor en el intervalo de 5-40 micrómetros. En otras realizaciones más, pueden usarse diferentes espesores, dependiendo de los materiales particulares y de su aplicación.

La capa 28 de cátodo tiene un espesor, es decir, según se mide en la dirección 32, de aproximadamente 10-20 micrómetros, aunque pueden emplearse otros valores sin alejarse del alcance de la presente invención. Por ejemplo, se considera que en otras realizaciones, la capa de cátodo puede tener un espesor en el intervalo de 10-50 micrómetros. En otras realizaciones más, pueden usarse diferentes espesores, dependiendo del material de cátodo particular y de su aplicación.

La capa 30 conductora del cátodo tiene un espesor, es decir, según se mide en la dirección 32, de aproximadamente 5-100 micrómetros, aunque pueden emplearse otros valores sin alejarse del alcance de la presente invención. Por ejemplo, se considera que en otras realizaciones, la capa conductora del cátodo puede tener un espesor menor que o mayor que el intervalo de 5-100 micrómetros. En otras realizaciones más, pueden usarse diferentes espesores, dependiendo del material particular de la capa conductora del cátodo y de su aplicación.

En cada celda electroquímica 12, la capa 22 conductora del ánodo conduce electrones libres lejos del ánodo 24 y conduce los electrones a la capa 30 conductora del cátodo a través del interconector 16. La capa 30 conductora del cátodo conduce los electrones al cátodo 28.

El interconector 16 está embebido en la capa 26 de electrolito, y está acoplado eléctricamente a la capa 22 conductora del ánodo, y se extiende en la dirección 32 de la capa 22 conductora del ánodo a través de la sub-capas 26A de electrolito hacia la sub-capas 26B de electrolito, después en la dirección 36 desde una celda electroquímica 12 a la siguiente celda electroquímica 12 adyacente, y después en la dirección 32 de nuevo hacia la capa 30 conductora del cátodo, a la que el interconector 16 está acoplado eléctricamente. En particular, al menos una parte del interconector 16 está embebida dentro de una parte extendida de la capa 26 de electrolito, en donde la parte extendida de la capa 26 de electrolito es una parte de la capa 26 de electrolito que se extiende más allá del ánodo 40 y del cátodo 42, por ejemplo, en la dirección 32, y no está intercalada entre el ánodo 40 y el cátodo 42.

Haciendo referencia a la FIG. 3, se describen con mayor detalle algunos aspectos de un ejemplo no limitante del interconector 16. El interconector 16 incluye un conductor 52 primario ciego, y dos conductores auxiliares ciegos, o

vías 54, 56. El conductor 52 primario ciego está intercalado entre la sub-capa 26A del electrolito y la sub-capa 26B del electrolito, y está formado por un cuerpo 58 que se extiende entre un extremo 60 ciego y un extremo 62 ciego opuesto al extremo 60. El conductor 52 primario ciego define una trayectoria de conducción contenida dentro de la capa 26 de electrolito y orientada a lo largo de la dirección 36, es decir, para conducir un flujo de electrones en una dirección sustancialmente paralela a la dirección 36. El conductor 54 auxiliar ciego tiene un extremo 64 ciego, y el conductor 56 auxiliar ciego tiene un extremo 66 ciego. Los conductores 54 y 56 auxiliares ciegos están orientados en la dirección 32. Como se usa este término en la presente memoria, "ciego" se refiere a que el conductor no se extiende recto a través de la capa 26 de electrolito en la dirección de orientación del conductor, es decir, de la misma manera que un "orificio ciego" que termina en una estructura, a diferencia de un "orificio pasante" que pasa a través de la estructura. Más bien, los extremos ciegos están orientados hacia las partes de la capa 26 de electrolito. Por ejemplo, el extremo 64 del conductor 54 está orientado hacia la parte 68 de la sub-capa 26B del electrolito y no es capaz de "ver" a través de la sub-capa 26B de electrolito. Análogamente, el extremo 66 del conductor 56 está orientado hacia la parte 70 de la sub-capa 26A del electrolito y no es capaz de "ver" a través de la sub-capa 26A del electrolito. Análogamente, los extremos 60 y 62 del cuerpo 58 están orientados hacia las partes 72 y 74, respectivamente, y no son capaces de "ver" a través de la sub-capa 26A del electrolito.

En la realización de la FIG. 3, se representan diversos elementos, componentes e interrelaciones entre los aspectos de una realización de la presente invención. Sin embargo, la presente invención no está limitada a la realización particular de la FIG. 3 y los componentes, elementos e interrelaciones entre ellos como se ilustran en la FIG. 3 y se describen en la presente memoria. Se entenderá que la FIG. 3 no está a escala; por ejemplo, las dimensiones verticales están exageradas con fines de claridad de ilustración.

En la presente realización, el conductor 52 primario ciego es una película conductora creada con un proceso de impresión serigráfica, que está embebido dentro de la capa 26 de electrolito, intercalada entre las sub-capas 26A y 26B del electrolito. La capa 24 de ánodo está orientada a lo largo de un primer plano, la capa 28 de cátodo está orientada a lo largo de un segundo plano sustancialmente paralelo al primer plano, la capa 26 de electrolito está orientada a lo largo de un tercer plano sustancialmente paralelo al primer plano, y la película conductora que forma el conductor 52 primario ciego se extiende en una dirección sustancialmente paralela al primer plano.

En una forma, el material de conductor 52 primario ciego puede ser un cermet de metal precioso o un cerámico eléctricamente conductor. En otras realizaciones, pueden emplearse otros materiales además de o en lugar de un cermet de metal precioso o un cerámico eléctricamente conductor, por ejemplo, un metal precioso, tal como Ag, Pd, Au y/o Pt, aunque pueden emplearse otros materiales sin alejarse del alcance de la presente invención. En diversas realizaciones, se contempla que pueden emplearse uno o más de muchos materiales, incluyendo aleaciones de metal precioso, tales como Ag-Pd, Ag-Au, Ag-Pt, Au-Pd, Au-Pt, Pt-Pd, Ag-Au-Pd, Ag-Au-Pt, y Ag-Au-Pd-Pt, cermets compuestos de metal precioso o aleaciones, Ni metálico y/o aleación de Ni, y una fase cerámica inerte, tal como alúmina, o una fase cerámica con conductividad iónica mínima que no generará una corriente parásita significativa, tal como YSZ, ScSZ, y/o cerámicos conductores, tales como al menos uno de LNF ($\text{LaNi}_x\text{Fe}_{1-x}\text{O}_3$), LSM ($\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{MnO}_3$), titanato de estroncio dopado, cromitos de itrio dopados, LSCM ($\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{Cr}_{1-y}\text{Mn}_y\text{O}_3$), y/u otros cromitos de lantano dopados, y cerámicos conductores, tales como LNF ($\text{LaNi}_x\text{Fe}_{1-x}\text{O}_3$), por ejemplo $\text{LaNi}_{0.6}\text{Fe}_{0.4}\text{O}_3$, LSM ($\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{MnO}_3$), tales como $\text{La}_{0.75}\text{Sr}_{0.25}\text{MnO}_3$, titanato de estroncio dopado, cromitos de itrio dopados, LSCM ($\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{Cr}_{1-y}\text{Mn}_y\text{O}_3$), tales como $\text{La}_{0.75}\text{Sr}_{0.25}\text{Cr}_{0.5}\text{Mn}_{0.5}\text{O}_3$, y otros cromitos de lantano dopados. En otras realizaciones, se contempla que el conductor 52 primario ciego puede estar formado de un cermet de Ni metálico y/o un cermet de aleación de Ni además de o en lugar de los materiales mencionados anteriormente. El cermet de Ni metálico y/o el cermet de aleación de Ni puede tener una o más fases cerámicas, por ejemplo y sin que ello pretenda ser limitante, siendo una fase cerámica YSZ, alúmina, ScSZ, ceria dopada y/o TiO_2 . En diversas realizaciones, el conductor 52 primario ciego puede estar formado de los materiales expuestos anteriormente con respecto al interconector 16.

Un ejemplo de materiales para el conductor 52 primario ciego es $y(\text{Pd}_x\text{Pt}_{1-x})-(1-y)\text{YSZ}$. Donde x es de 0 a 1 en razón en peso. Para reducción de costes, se prefiere que x esté en el intervalo de 0,5 a 1. Para un mejor rendimiento y una mayor eficiencia del sistema, se prefiere que x esté en el intervalo de 0 a 0,5. Debido a que el hidrógeno tiene un mayor flujo en Pd. Y es de 0,35 a 0,80 en razón en volumen, preferiblemente y está en el intervalo de 0,4 a 0,6.

Otro ejemplo de materiales para el conductor 52 primario ciego es $x\%\text{Pd}-y\%\text{Ni}-(100-x-y)\%\text{YSZ}$, donde $x = 70-80$, $y = 5-10$.

Cada uno de los conductores 54 y 56 auxiliares ciegos puede estar formado a partir de los mismos o de diferentes materiales que el conductor 52 primario. En una forma, el conductor 54 auxiliar ciego se forma durante el procesado del conductor 52 primario ciego y a partir del mismo material que el conductor 52 primario ciego, mientras que el conductor 56 auxiliar ciego se forma en la misma etapa del proceso que la capa 30 conductora del cátodo y a partir del mismo material que la capa 30 conductora del cátodo. Sin embargo, en otras realizaciones, el conductor 52 primario ciego, el conductor 54 auxiliar ciego y el conductor 56 auxiliar ciego puede estar hechos de otras combinaciones de material sin alejarse del alcance de la presente invención.

Los materiales usados para el conductor 54 auxiliar ciego y el conductor 56 auxiliar ciego pueden variar con la aplicación particular. Por ejemplo, con algunas combinaciones de material, puede ocurrir la migración de material en

la interfaz del interconector 16 con la capa 22 conductora del ánodo y/o la capa 30 conductora del cátodo durante la fabricación de la celda o el ensayo de la celda, que podría causar un aumento de la resistencia en la interfaz y una mayor degradación de la celda durante la operación de la celda de combustible. El material puede migrar en el conductor 52 primario desde la capa 22 conductora del ánodo y/o la capa 30 conductora del cátodo, y/o el material puede migrar desde el conductor 52 primario en la capa 22 conductora del ánodo y/o la capa 30 conductora del cátodo, dependiendo de las composiciones de conductor 52 primario, la capa 22 conductora del ánodo y la capa 30 conductora del cátodo. Para reducir la migración de material en la interfaz interconector/capa conductora, uno o ambos del conductor 54 auxiliar ciego y el conductor 56 auxiliar ciego pueden estar formados a partir de un material que produce una capa de barrera química eléctricamente conductora entre el conductor 52 primario y una o ambas de la capa 22 conductora del ánodo (película 48 conductora del ánodo) y/o la capa 30 conductora del cátodo respectivas (película 50 conductora del cátodo). Esta barrera química puede eliminar o reducir la migración de material durante la fabricación y operación de la celda de combustible.

Los materiales para el conductor 54 auxiliar en el interconector 16 y la capa 22 conductora del ánodo interfaz que pueden usarse para formar una barrera química pueden incluir, pero sin que ello pretenda ser limitante, cermet de Ni, cermet de Ni-metal precioso y el metal precioso puede ser Ag, Au, Pd, Pt, o la aleación de los mismos, pudiendo ser la fase cerámica en el cermet al menos uno de YSZ (el dopado con itria es de 3-5% mol en zirconia), ScSZ (el dopado con escandio es de 4-6% mol en zirconia), ceria dopada (tal como GDC, o SDC), alúmina, y TiO_2 , o cerámicos conductores, tales como titanato de estroncio dopado, cromitos de itrio dopados $\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{Cr}_{1-y}\text{Mn}_y\text{O}_3$ ($x = 0,15-0,35$, $y = 0,25-0,5$), y otros cromitos de lantano dopados.

Un ejemplo de conductor 54 auxiliar es 50% v (50Pd50Pt)-50% v 3YSZ.

Otro ejemplo de conductor 54 auxiliar es 15% Pd, 19%NiO, 66% NTZ, donde NTZ es 73,6% p NiO, 20,0%TiO₂, 6,4% 3YSZ.

Los materiales para el conductor 56 auxiliar en la interfaz del interconector 16 y la capa 30 conductora del cátodo que pueden usarse para formar una barrera química pueden incluir, pero sin que ello pretenda ser limitante, cermet de metales preciosos que tienen un metal precioso que es al menos uno de: Ag, Au, Pd, Pt, o su aleación, en donde la fase cerámica puede ser al menos uno de YSZ (se prefiere que el dopado con itria sea de 3-5% mol), ScSZ (se prefiere que el dopado con escandio sea de 4-6% mol), LNF ($\text{LaNi}_x\text{Fe}_{1-x}\text{O}_3$, $x = 0,6$), LSM ($\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{MnO}_3$, $x = 0,1$ a $0,3$), cromitos de itrio dopados (tales como $\text{Y}_{0,8}\text{Ca}_{0,2}\text{CrO}_3$), LSCM ($\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{Cr}_{1-y}\text{Mn}_y\text{O}_3$, $x = 0,15-0,35$, $y = 0,5-0,75$), y otros cromitos de lantano dopados (tales como $\text{La}_{0,7}\text{Ca}_{0,3}\text{CrO}_3$), o cerámicos conductores, tales como al menos uno de LNF ($\text{LaNi}_x\text{Fe}_{1-x}\text{O}_3$), LSM ($\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{MnO}_3$), niquelatos de Ruddlesden-Popper, LSF (tal como $\text{La}_{0,8}\text{Sr}_{0,2}\text{FeO}_3$), LSCF ($\text{La}_{0,6}\text{Sr}_{0,4}\text{Co}_{0,2}\text{Fe}_{0,8}\text{O}_3$), LSCM ($\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{Cr}_{1-y}\text{Mn}_y\text{O}_3$), LCM (tal como $\text{La}_{0,8}\text{Ca}_{0,2}\text{MnO}_3$), cromitos de itrio dopados y otros cromitos de lantano dopados.

Un ejemplo para el conductor 56 auxiliar es 50% v (50Pd50Pt)-50% v 3YSZ.

Otro ejemplo de conductor 56 auxiliar es 15% Pd, 19%NiO, 66% NTZ, donde NTZ es 73,6% p NiO, 20,0%TiO₂, 6,4% 3YSZ.

En la presente realización, el conductor 54 auxiliar tiene una anchura 76, es decir, en la dirección 36, de aproximadamente 0,4 mm, aunque pueden usarse anchuras mayores o menores sin alejarse del alcance de la presente invención. Análogamente, el conductor 56 auxiliar tiene una anchura 78, es decir, en la dirección 36, de aproximadamente 0,4 mm, aunque pueden usarse anchuras mayores o menores sin alejarse del alcance de la presente invención. El conductor 52 primario tiene una longitud en la dirección 36 que define una distancia 80 mínima de difusión para cualquier hidrógeno que puede difundirse a través del interconector 16, por ejemplo, debido a la porosidad de sinterización, microgrietas, huecos y/u otros defectos introducidos en el interconector 16 durante el procesado. En la presente realización, la distancia 80 de difusión es de 0,6 mm, aunque pueden usarse anchuras mayores o menores sin alejarse del alcance de la presente invención. El espesor 82 de la película del conductor 52 primario, es decir, según se mide en la dirección 32, es aproximadamente 5-15 micrómetros. La altura 84 total del interconector 16 en la dirección 32 es de aproximadamente 10-25 micrómetros, que generalmente corresponde al espesor de la capa 26 de electrolito,

La distancia de difusión total para el hidrógeno que se difunde a través del interconector 16 pueden incluir la altura del conductor 54 auxiliar y el conductor 56 auxiliar en la dirección 32, que puede darse sustrayendo de la altura 84 total el espesor 82 de la película del conductor 52 primario, lo que da aproximadamente 10 micrómetros. Por lo tanto, la distancia de difusión está controlada predominantemente por la distancia 80 de difusión, por ejemplo, puesto que las alturas de los conductores 54 y 56 auxiliares representan sólo una pequeña fracción de la distancia de difusión total.

Haciendo referencia a las FIGS. 4A y 4B, se representan, respectivamente, una vista en planta de una configuración de "tira" continua del interconector 16 y una vista en planta de una configuración de "vía" de interconector 16. El término, "tira," se refiere a la configuración en forma de un único conductor largo que es comparativamente estrecho en anchura en comparación con su longitud. En la configuración de tira, el conductor primario toma la forma de una tira 52A continua que se extiende en una dirección 86 que en la presente realización es sustancialmente

perpendicular a ambas direcciones 32 y 36, y discurre aproximadamente a lo largo de la longitud en la dirección 86 de la celda electroquímica 12. En la descripción de las FIGS. 4A y 4B, la dirección 32 se extiende hacia dentro y hacia fuera del plano del dibujo y, por lo tanto, está representada por una "X" dentro de un círculo. El término, "vía," se refiere a una trayectoria conductora relativamente pequeña a través de un material que conecta componentes eléctricos. En la descripción de la FIG. 4B, el conductor primario toma la forma de una pluralidad de vías 52B, por ejemplo, cada una de las cuales tiene una anchura en la dirección 86 de sólo aproximadamente 0,4 mm, aunque pueden usarse anchuras mayores o menores sin alejarse del alcance de la presente invención.

En la realización de las FIGS. 4A y 4B, se representan diversos elementos, componentes e interrelaciones entre los aspectos de una realización de la presente invención. Sin embargo, la presente invención no está limitada a la realización particular de las FIGS. 4A y 4B y los componentes, elementos e interrelaciones entre ellos son como se ilustran en las FIGS. 4A y 4B y se describen en la presente memoria.

Haciendo referencia de nuevo a la FIG. 3, junto con las FIGS. 4A y 4B, el área de difusión mínima del interconector 16 está controlada por el área de difusión del conductor 52 primario, que sirve como un orificio del flujo de difusión que restringe la difusión de fluido. Por ejemplo, si por cualquier razón, el conductor 52 primario no es no poroso, puede difundirse fluido, por ejemplo, oxidante y combustible en forma líquida y/o gaseosa, a través del interconector 16. Tal difusión está controlada, en parte, por el espesor 82 de la película. En la configuración de "tira", el área de difusión está dada por la anchura de la tira 52A continua en la dirección 86 por el espesor 82 de la película, mientras que en la configuración de "vía", el área de difusión está dada por la anchura de cada vía 52B en la dirección 86 por el espesor 82 de la película por el número de vías 52B.

Aunque puede ser posible emplear un interconector que se extienda sólo en la dirección 32 desde la película 48 conductora del ánodo hasta la película 50 conductora del cátodo (suponiendo que la película 50 conductora del cátodo estuviera situada por encima de las películas 48 conductoras del ánodo en la dirección 36), tal esquema daría como resultado una mayor fuga que cuando se emplea el interconector de la presente invención.

Por ejemplo, haciendo referencia a la FIG. 5, se representan algunos aspectos de un ejemplo no limitante de un interconector 88, en donde el interconector 88 en forma de una vía que pasa a través de una capa de electrolito 90, que está claramente no embebido en la capa de electrolito 90 o intercalado entre las sub-capas de la capa de electrolito 90, y no incluye ningún conductor ciego. El interconector 88 transfiere la energía eléctrica desde un conductor 92 de ánodo a un conductor 94 de cátodo. Con fines de comparación, la longitud 96 del interconector 88 en la dirección 32, que corresponde al espesor de la capa de electrolito 90, se supone que es de 10-15 micrómetros, por ejemplo, similar a la del interconector 16, y la anchura del interconector 88, por ejemplo, la anchura de la ranura abierta en el electrolito 96 en el que está impreso el interconector 88, en la dirección 36 se supone que es la dimensión 98 de vía mínima imprimible en la dirección 36 con la tecnología industrial actual, que es de aproximadamente 0,25 mm. La longitud del interconector 88 en la dirección 86 se supone que es de 0,4 mm. Por lo tanto, con el interconector 88, el área del flujo de difusión para una vía es de aproximadamente 0,25 mm por 0,4 mm, que es igual a 0,1 mm². La dimensión limitante es la dimensión 98 de vía mínima de 0,25 mm impresa serigráficamente.

Con la presente invención, sin embargo, suponiendo que la vía 52B (FIG. 4B) tenga la misma longitud en la dirección 86 de 0,4 mm, el área del flujo de difusión para una vía de 0,4 mm por el espesor de la película en la dirección 32 de 0,010 mm (10 micrómetros) es igual a 0,004 mm², que es sólo un 4 por ciento del área de flujo del interconector 88. Por lo tanto, empleando una geometría que permita una reducción de la dimensión mínima que limite un área mínima del flujo de difusión, puede reducirse el área del flujo de difusión del interconector, disminuyendo así potencialmente la difusión de oxidante y/o combustible a través del interconector, por ejemplo, en el caso de que el interconector no sea totalmente no poroso (tal como, por ejemplo, debido a limitaciones del proceso y/o defectos de fabricación), o el interconector es un conductor iónico y electrónico mixto.

Además, la distancia de difusión en el interconector 88 corresponde al espesor 96 del interconector 88, que en el ejemplo representado es también el espesor de la capa de electrolito 90, es decir, 10-15 micrómetros.

A diferencia de esto, la distancia de difusión del conector 52 primario ciego inventivo, esté en forma de una tira 52A continua o una vía 52B, es la distancia 80 de difusión, que es de 0,6 mm, y que es 40-60 veces la distancia de difusión del interconector 88 (0,6 mm dividido por 10-15 micrómetros), que es muchas veces el espesor del electrolito. Por lo tanto, empleando una geometría en donde la distancia de difusión se extiende en una dirección no limitada por el espesor del electrolito, la distancia de difusión del interconector puede aumentar sustancialmente, disminuyendo así potencialmente la difusión de oxidante y/o combustible a través del interconector.

Generalmente, el flujo de combustible y/o aire a través de un interconector hecho de un material y microestructura dados, depende del área de flujo y de la distancia de flujo. Algunas realizaciones de la presente invención pueden reducir el flujo de combustible y/o aire a través del interconector en una magnitud de 10² a 10⁴, por ejemplo, si el conector no es no poroso, dependiendo de la dimensión específica del interconector usado.

Por ejemplo, los defectos relacionados con el procesado, tales como la porosidad de sinterización, las microgrietas y los huecos, típicamente son de sub-micrómetros a unos pocos micrómetros de tamaño (huecos) o de unos pocos

micrómetros a 10 micrómetros (microgrietas). Con una distancia de difusión de sólo 10-15 micrómetros, la presencia de un defecto puede proporcionar una trayectoria de flujo directa a través del interconector, o al menos disminuir la distancia de difusión en un porcentaje sustancial. Por ejemplo, suponiendo un diseño de la distancia de difusión de 10 micrómetros. En presencia de un defecto de 10 micrómetros, podría ocurrir una trayectoria de flujo directa para el flujo de hidrógeno y/u oxidante, puesto que tal defecto abriría una trayectoria directa a través del interconector (debe observarse que la capa conductora/ánodo y la capa conductora/cátodo son intencionadamente porosas). Incluso suponiendo un diseño de la distancia de difusión de 15 micrómetros en presencia de un defecto de 10 micrómetros, la distancia de difusión se reduciría en un 67%, dejando una distancia de difusión neta de sólo 5 micrómetros.

Por otro lado, un defecto de 10 micrómetros en el interconector 16 inventivo tendría sólo un efecto insignificante sobre la distancia de difusión diseñada de 0,6 mm del conductor 52 primario, es decir, reduciendo la distancia de difusión diseñada de 0,6 mm a 0,59 mm, que es una reducción relativamente sin consecuencias provocada por la presencia del defecto.

Haciendo referencia a las FIGS. 6A y 6B, se representan algunos aspectos de un ejemplo no limitante de una realización de la presente invención que tiene un conductor primario ciego en forma de una vía 52C que se extiende en la dirección 86. En la descripción de la FIG. 6A, la dirección 32 se extiende hacia dentro y hacia fuera del plano del dibujo y, por lo tanto, está representada por una "X" dentro de un círculo. En la descripción de la FIG. 6B, la dirección 36 se extiende hacia dentro y hacia fuera del plano del dibujo y, por lo tanto, está representada por una "X" dentro de un círculo. La vía 52C es similar a la vía 52B, excepto que esta se extiende en la dirección 86 más que en la dirección 36, por ejemplo, como se indica mediante la distancia 80 de difusión que está orientada en la dirección 86. Se entenderá que, aunque las FIGS. 6A y 6B representan sólo una única vía 52C, las realizaciones de la presente invención pueden incluir una pluralidad de tales vías que se extiende a lo largo de la dirección 86.

La dirección del flujo de electrones en las FIGS. 6A y 6B se ilustra mediante la línea 100 de la trayectoria de flujo tridimensional. Los electrones fluyen en la dirección 36 a través de la película 48 conductora del ánodo hacia el conductor 54 auxiliar, y después fluyen en la dirección 32 a través del conductor 54 auxiliar hacia la vía 52C. Los electrones después fluyen en la dirección 86 a través de la vía 52C hacia el conductor 56 auxiliar, y después fluyen en la dirección 32 a través de conductor 56 auxiliar en la película 50 conductora del cátodo, después de lo cual los electrones fluyen en la dirección 36 a través de la película 50 conductora del cátodo, por ejemplo, a la siguiente celda electroquímica.

En la realización de las FIGS. 6A y 6B, se representan diversos elementos, componentes e interrelaciones entre los aspectos de una realización de la presente invención. Sin embargo, la presente invención no está limitada a la realización particular de las FIGS. 6A y 6B y los componentes, elementos e interrelaciones entre ellos son como se ilustran en las FIGS. 6A y 6B y se describen en la presente memoria.

Haciendo referencia a la FIG. 7, se representan esquemáticamente algunos aspectos de un ejemplo no limitante de una realización de un sistema 210 de celda de combustible. El sistema 210 de celda de combustible incluye una pluralidad de celdas electroquímicas 212 dispuestas sobre un sustrato 214, teniendo cada celda electroquímica 212 un sello en forma de un sello 102 cerámico. El sistema 210 de celda de combustible también incluye los componentes expuestos anteriormente y descritos con respecto al sistema 10 de celda de combustible, por ejemplo, incluyendo interconectores 16 que tienen conductores 52 primarios ciegos y conductores auxiliares ciegos o vías 54 y 56; un lado 18 del oxidante; un lado 20 del combustible; capas 26 de electrolito; ánodos 40; cátodos 42, películas 48 conductoras del ánodo y películas 50 conductoras del cátodo. La descripción del sustrato 14 se aplica igualmente al sustrato 214. En la realización de la FIG. 7, el conductor 56 auxiliar del interconector 16 está formado del mismo material que la película 50 conductora del cátodo, mientras que el conductor 54 auxiliar del interconector 16 está formado del mismo material que la película 48 conductora del ánodo. El conductor 52 primario ciego del interconector 16 está formado del mismo material descrito anteriormente con respecto al interconector 16 en la realización de FIG. 2. En otras realizaciones, por ejemplo, el conductor 54 auxiliar y/o el conductor 56 auxiliar pueden estar formados del mismo material que el conductor 52 primario ciego, o pueden estar formados de diferentes materiales. En una forma, el conductor 52 primario ciego está en forma de una tira continua, por ejemplo, la tira 52A continua representada en la FIG. 4A. En otra forma, el conductor 52 primario ciego está en forma de una pluralidad de vías, tales como las vías 52B en la FIG. 4B. En otras realizaciones, el conductor 52 primario ciego puede tomar otras formas no expuestas explícitamente en la presente memoria.

En una forma, el sello 102 cerámico se aplica sobre el sustrato poroso 214, y se sitúa horizontalmente (en la perspectiva de la FIG. 7) entre la película 48 conductora del ánodo de una celda electroquímica 212 y el conductor 54 auxiliar de la celda electroquímica 212 adyacente. En otras realizaciones, el sello 102 cerámico puede estar localizado en otras orientaciones y localizaciones. El sello cerámico 102 tiene un espesor, es decir, según se mide en la dirección 32, de aproximadamente 5-30 micrómetros, aunque pueden emplearse otros valores de espesor en otras realizaciones. En una forma, el sello 102 cerámico es impermeable a gases y líquidos, tales como los combustibles y oxidantes empleados por las celdas electroquímicas 212, y está configurado para evitar la fuga de gases y líquidos desde el sustrato 214 en aquellas áreas donde se aplica este. En otras realizaciones, el sello 102 cerámico puede ser sustancialmente impermeable a gases y líquidos, y puede estar configurado para reducir la fuga de gases y líquidos desde el sustrato 214 en aquellas áreas donde se aplica este, por ejemplo, respecto a otras configuraciones que no emplean un sello cerámico. El sello 102 cerámico está configurado para proporcionar un

sello esencialmente "hermético a gases" entre el sustrato 214 y los componentes de la celda de combustible dispuestos en el lado del sello 102 cerámico opuesto al del sustrato 214.

En una forma, el sello 102 cerámico está situado para evitar o reducir la fuga de gases y líquidos desde el sustrato 214 en el interconector 16. En una forma, el sello 102 cerámico se extiende en la dirección 36, y está situado verticalmente (en la dirección 32) entre el sustrato poroso 214 en la parte inferior y el conductor 52 primario ciego del interconector 16 y el electrolito 26 en la parte superior, evitando así las fugas de gases y líquidos en las partes de conductor 52 primario ciego (y electrolito 26) que están solapadas por el sello 102 cerámico. En otras realizaciones, el sello 102 cerámico puede estar dispuesto en otras localizaciones adecuadas además de o en lugar de la ilustrada en la FIG. 7. El conductor 52 primario ciego está embebido entre una parte de sello 102 cerámico en la parte inferior y una parte de electrolito 26 extendido en la parte superior. La distancia de difusión en la realización de la FIG. 7 está definida, principalmente, por la longitud del solapamiento del interconector 16 tanto por el sello 102 cerámico como por el electrolito 26 en la dirección 36. En una forma, el solapamiento es de 0,3-0,6 mm, aunque en otras realizaciones, pueden emplearse otros valores. El interconector 16 se extiende en el área activa de la celda electroquímica 212. En algunas realizaciones, el área del interconector primario de la configuración ilustrada en la FIG. 7 puede ser más pequeña que en otros diseños, lo que puede aumentar el área activa total de la celda en el sustrato 214, lo que puede aumentar la eficiencia de sistema 210 de la celda de combustible,

El sello 102 cerámico está formado a partir de un material cerámico. En una forma, el material cerámico usado para formar el sello 102 cerámico es zirconia estabilizada con itria, tal como 3YSZ. En otra forma, el material usado para formar el sello 102 cerámico es zirconia estabilizada con escandio, tal como 4ScSZ. En otra forma, el material usado para formar el sello 102 cerámico es alúmina. En otra forma, el material usado para formar el sello 102 cerámico son materiales no conductores de pirocloro, tales como $\text{La}_2\text{Zr}_2\text{O}_7$. Otras realizaciones pueden emplear otros cerámicos, por ejemplo, dependiendo de diversos factores, tales como compatibilidad con los materiales de partes adyacentes de cada celda electroquímica 212 y sustrato 214, los combustibles y oxidantes empleados por el sistema 210 de celda de combustible, y las temperaturas operativas transitorias locales y de estado estacionario del sistema 210 de celda de combustible. Otras realizaciones más pueden emplear materiales distintos de los cerámicos.

En la realización de la FIG. 7, se representan diversos elementos, componentes e interrelaciones entre los aspectos de una realización de la presente invención. Sin embargo, la presente invención no está limitada a la realización particular de la FIG. 7 y los componentes, elementos e interrelaciones entre ellos como se ilustran en la FIG. 7 y se describen en la presente memoria.

Haciendo referencia a la FIG. 8, se representan esquemáticamente algunos aspectos de un ejemplo no limitante de una realización de un sistema de celda de combustible 310. El sistema 310 de celda de combustible incluye una pluralidad de celdas electroquímicas 312 dispuestas sobre un sustrato 314, incluyendo cada celda electroquímica 312 un sello 102 cerámico. El sistema 310 de celda de combustible también incluye los componentes expuestos anteriormente y descritos con respecto al sistema 10 de celda de combustible, por ejemplo, incluyendo interconectores 16 que tienen conductores 52 primarios ciegos y conductores auxiliares ciegos o vías 54 y 56; un lado 18 del oxidante; un lado 20 del combustible; capas 26 de electrolito; ánodos 40; cátodos 42, películas 48 conductoras del ánodo y películas 50 conductoras del cátodo. La descripción del sustrato 14 se aplica igualmente al sustrato 314. En la realización de la FIG. 8, el interconector 16 está formado predominantemente por el material de película 48 conductora del ánodo y, por lo tanto, el conductor 52 primario ciego y el conductor 54 auxiliar en la realización de la FIG. 8 pueden considerarse como extensiones de la película 48 conductora del ánodo. Por ejemplo, el conductor 52 primario ciego y el conductor 54 auxiliar se representan como formados por el material de película 48 conductora del ánodo, mientras que el conductor 56 auxiliar está formado de los materiales expuestos anteriormente para el interconector 16 en la realización de la FIG. 2. En una forma, el conductor 52 primario ciego está en forma de una tira continua, por ejemplo, la tira 52A continua representada en la FIG. 4A. En otra forma, el conductor 52 primario ciego está en forma de una pluralidad de vías, tales como las vías 52B en la FIG. 4B. En otras realizaciones, el conductor 52 primario ciego puede tomar otras formas no expuestas explícitamente en la presente memoria.

El sello 102 cerámico está situado para evitar o reducir la fuga de gases y líquidos del sustrato 314 en el interconector 16. En una forma, el sello 102 cerámico está situado verticalmente (en la dirección 32) entre el sustrato 314 poroso en la parte inferior y el conductor 52 primario ciego y el electrolito 26 en la parte superior, evitando así las fugas de gases y líquidos en las partes de conductor 52 primario ciego que han solapado mediante el sello 102 cerámico. El conductor 52 primario ciego está embebido entre una parte de sello 102 cerámico en la parte inferior y el electrolito 26 extendido en la parte superior. La distancia de difusión en la realización de la FIG. 8 está definida, principalmente, por la longitud de solapamiento del interconector 16 mediante tanto el sello 102 cerámico como el electrolito 26 en la dirección 36. En una forma, el solapamiento es de 0,3-0,6 mm, aunque en otras realizaciones, pueden emplearse otros valores.

Debido a que el sello 102 cerámico evita el acceso de gas y líquidos en la celda electroquímica 312, no es necesario que el interconector 16 sea tan denso (para evitar o reducir fugas) como otros diseños que no incluyen un sello, tal como el sello 102 cerámico. En tales diseños, el interconector 16 puede estar formado de los materiales usados para formar la capa 48 conductora del ánodo y/o la capa 50 conductora del cátodo. Por ejemplo, haciendo referencia a la FIG. 9, se representa una realización en donde el interconector 16 está formado enteramente de los materiales

usados para formar la capa 48 conductora del ánodo y la capa 50 conductora del cátodo. La FIG. 9 representa esquemáticamente algunos aspectos de un ejemplo no limitante de una realización de un sistema 410 de celda de combustible. El sistema 410 de celda de combustible incluye una pluralidad de celdas electroquímicas 412 dispuestas sobre un sustrato 414, incluyendo cada celda electroquímica 412 un sello 102 cerámico. El sistema 410 de celda de combustible también incluye los componentes expuestos anteriormente y descritos con respecto al sistema 10 de celda de combustible que incluye, por ejemplo, interconectores 16 que tienen conductores 52 primarios ciegos y conductores auxiliares ciegos o vías 54 y 56; un lado 18 del oxidante; un lado 20 del combustible; capas 26 de electrolito; ánodos 40; cátodos 42, películas 48 conductoras del ánodo y películas 50 conductoras del cátodo. La descripción del sustrato 14 se aplica igualmente al sustrato 414. En la realización de la FIG. 9, el conductor 52 primario ciego y el conductor 54 auxiliar están formados del mismo material usado para formar la película 48 conductora del ánodo, y se forman en las mismas etapas del proceso usadas para formar la película 48 conductora del ánodo. Por lo tanto, el conductor 52 primario ciego y el conductor 54 auxiliar en la realización de la FIG. 9 pueden considerarse como extensiones de la película 48 conductora del ánodo. Análogamente, en la realización de la FIG. 9, el conductor 56 auxiliar está formado del mismo material usado para formar la película 50 conductora del cátodo, y se forma en las mismas etapas del proceso usadas para formar la película 50 conductora del cátodo. Por lo tanto, el conductor 56 auxiliar en la realización de la FIG. 9 puede considerarse como una extensión de la película 50 conductora del cátodo.

En las realizaciones de las FIGS. 8 y 9, se representan diversos elementos, componentes e interrelaciones entre los aspectos de realizaciones de la presente invención. Sin embargo, la presente invención no se limita a las realizaciones particulares de las FIGS. 8 y 9 y los componentes, elementos e interrelaciones entre ellos son como se ilustran en las FIGS. 8 y 9 y se describen en la presente memoria.

Haciendo referencia a las FIGS. 10-15, en general, los inventores han determinado que la difusión de material entre el interconector y los componentes adyacentes, por ejemplo, un ánodo y/o una película conductora del ánodo y/o cátodo y/o una película conductora del cátodo, puede afectar negativamente al rendimiento de ciertos sistemas de celda de combustible. Por lo tanto, algunas realizaciones de la presente invención incluyen una barrera química eléctricamente conductora (por ejemplo, como se ha analizado anteriormente, y/o una barrera 104 química, analizada más adelante con respecto a las FIGS. 10-15) para evitar o reducir tal difusión de material. En diversas realizaciones, la barrera 104 química puede estar configurada para evitar o reducir la migración o difusión de material en la interfaz entre el interconector y un ánodo, y y/o entre el interconector y una película conductora del ánodo, y/o entre el interconector y un cátodo, y y/o entre el interconector y una película conductora del cátodo que puede mejorar la durabilidad a largo plazo del interconector. Por ejemplo, sin una barrera química, la migración (difusión) de material puede tener lugar en la interfaz entre un interconector formado de un cermet de metal precioso, y una película conductora del ánodo y/o ánodo formada de un cermet basado en Ni. La migración de material puede tener lugar en ambas direcciones, por ejemplo, la migración de Ni desde la capa conductora del ánodo/película conductora y/o ánodo en el interconector, y la migración de metal precioso desde el interconector en la capa conductora/película conductora y/o ánodo. La migración de material puede dar como resultado un aumento de la porosidad en o cerca de la interfaz entre el interconector y la película conductora del ánodo y/o ánodo, y puede dar como resultado un enriquecimiento de una o más fases nada o poco electrónicamente conductoras en la interfaz, produciendo una mayor resistencia específica de área (ASR), y por tanto, dando como resultado un rendimiento reducido de la celda de combustible. La migración de material entre el interconector y el cátodo y/o entre el interconector y la película conductora del cátodo puede dar como resultado también, o alternativamente, efectos perjudiciales sobre el rendimiento de la celda de combustible.

Por consiguiente, algunas realizaciones emplean una barrera química, por ejemplo, la barrera 104 química, que está configurada para evitar o reducir la migración o difusión de material en la interfaz entre el interconector y un componente eléctricamente conductor adyacente, tal como uno o más de un ánodo, una capa conductora del ánodo/película conductora, un cátodo y/o una capa conductora del cátodo/película conductora y, por lo tanto, evitar o reducir la migración (difusión) de material que, de lo contrario, podría dar como resultado un efecto perjudicial, por ejemplo, la formación de porosidad y el enriquecimiento de una o más fases nada o poco electrónicamente conductoras en la interfaz. La barrera 104 química puede estar formada por una o ambas de dos clases de materiales; cermet y/o conductor cerámico. Para el cermet, la fase cerámica puede ser uno o más de una carga inerte; un cerámico con baja conductividad iónica, tal como YSZ; y un conductor electrónico. En diversas realizaciones, por ejemplo, para el lado del ánodo (por ejemplo, para uso adyacente a un ánodo y/o capa conductora del ánodo/película conductora), la barrera 104 química puede estar formada de uno o más materiales, que incluyen, sin que ello pretenda ser limitante, cermet de Ni o cermet de Ni-metal precioso. La fase de metal precioso puede ser, por ejemplo y sin que ello pretenda ser limitante, uno o más de Ag, Au, Pd, Pt, o una o más aleaciones de Ag, Au, Pd y/o Pt. La fase cerámica en el cermet puede ser, por ejemplo y sin que ello pretenda ser limitante, al menos uno de YSZ (tal como 3YSZ), ScSZ (tal como 4ScSZ), ceria dopada (tal como $Gd_{0,1}Ce_{0,9}O_2$), $SrZrO_3$, pirocloros de la composición $(M_{RE})_2Zr_2O_7$ (donde M_{RE} = uno o más cationes de tierras raras, por ejemplo y sin que ello pretenda ser limitante La, Pr, Nd, Gd, Sm, Ho, Er, y/o Yb), por ejemplo y sin que ello pretenda ser limitante $La_2Zr_2O_7$ y $Pr_2Zr_2O_7$, alúmina, y TiO_2 , o uno o más cerámicos electrónicamente conductores, tales como ceria dopada (mayor conductividad electrónica a una menor presión parcial de oxígeno para proporcionar una ASR suficientemente baja debido a la película fina), titanato de estroncio dopado, LSCM ($La_{1-x}Sr_xCr_{1-y}Mn_yO_3$, $x = 0,15-0,35$, $y = 0,25-0,5$), y/u otros cromitos de lantano dopados y cromitos de itria dopados. En diversas realizaciones, por ejemplo, para el lado

del cátodo (por ejemplo, para uso adyacente a un cátodo y/o capa conductora del cátodo/película conductora), la barrera 104 química puede estar formada de uno o más materiales, que incluyen, sin que ello pretenda ser limitante, cermet de metal precioso. La fase de metal precioso puede ser, por ejemplo y sin que ello pretenda ser limitante, uno o más de Ag, Au, Pd, Pt, o una o más aleaciones de Ag, Au, Pd y/o Pt. La fase cerámica en el cermet puede ser, por ejemplo y sin que ello pretenda ser limitante, al menos uno de YSZ, ScSZ, ceria dopada, SrZrO₃, pirocloros de la composición (M_{RE})₂Zr₂O₇ (donde M_{RE} = uno o más cationes de tierras raras, por ejemplo y sin que ello pretenda ser limitante La, Pr, Nd, Gd, Sm, Ho, Er, y/o Yb), por ejemplo y sin que ello pretenda ser limitante La₂Zr₂O₇ y Pr₂Zr₂O₇, alúmina, y TiO₂, o uno o más cerámicos electrónicamente conductores, tales como LNF (LaNi_xFe_{1-x}O₃, tal como x = 0,6) LSM (La_{1-x}Sr_xMnO₃, x = 0,15-0,3), LCM (tal como La_{0,8}Ca_{0,2}MnO₃), niquelatos de Ruddlesden-Popper, LSF (tal como La_{0,8}Sr_{0,2}FeO₃), LSCF (La_{0,6}Sr_{0,4}Co_{0,2}Fe_{0,8}O₃), LSCM (La_{1-x}Sr_xCr_{1-y}Mn_yO₃, x = 0,15-0,35, y = 0,5-0,75) cromitos de itrio dopados, y otros cromitos de lantano dopados. La selección del material o materiales específicos para la barrera 104 química puede variar con las necesidades de la aplicación, por ejemplo, dependiendo del coste, facilidad de fabricación, el tipo de materiales usados para el(los) componente(s) eléctricamente adyacente(s) al interconector 16 y/o uno de sus subcomponentes, por ejemplo, el conductor 52 primario ciego, el conductor 54 auxiliar y el conductor 56 auxiliar.

Un ejemplo de los materiales de barrera química del lado del ánodo es 15% Pd, 19% NiO, 66% NTZ, donde NTZ es 73,6% p NiO, 20,0% TiO₂, 6,4% YSZ.

Otro ejemplo de materiales de barrera química del lado del ánodo es ceria dopada, tal como Gd_{0,1}Ce_{0,9}O₂.

El ensayo experimental con una barrera química, tal como la barrera 104 química, en un sistema de celda de combustible produjo una tasa de degradación de aproximadamente 0,1% por cada mil horas en la potencia producida por la celda en el transcurso de 1300 horas de ensayo usando una barrera química formada de 30% p Pd-70% p cermet NTZ (NTZ = NiO₂-3YSZ), dispuesta entre un interconector formado de cermet 65Pd35Pt-YSZ y una capa conductora del ánodo formada de 20% p Pd-Ni-espínela. En un ensayo comparativo, aunque sin la inclusión de una barrera química, tal como la barrera 104 química, un interconector formado de 50% v (96Pd6Au)- 50% v cermet YSZ conectado directamente con una capa conductora del ánodo formado de 20% pPd-Ni-espínela mostró una degradación significativa en aproximadamente 10 horas de ensayo, y la celda de combustible falló aproximadamente a las 25 horas de ensayo como resultado de la migración de material entre el interconector y la capa conductora del ánodo. En otro ensayo, se ensayaron dos celdas de combustible usando una barrera 104 química formada de un conductor cerámico (10% mol CeO₂ dopado con Gd) dispuesta entre una película conductora del ánodo y un interconector. La ASR para el interconector no mostró degradación después de aproximadamente 8000 horas de ensayo, y muestra en su lugar una ligera mejora, produciendo valores finales de 0,05 ohm-cm² y 0,06 ohm-cm² en los dos artículos de ensayo.

Haciendo referencia a la FIG. 10, se representan esquemáticamente algunos aspectos de un ejemplo no limitante de una realización de un sistema 510 de celda de combustible dispuesto sobre un sustrato 514. El sistema 510 de celda de combustible incluye una barrera 104 química. El sistema 510 de celda de combustible también incluye algunos de los componentes expuestos anteriormente y descritos con respecto al sistema 10 de celda de combustible, por ejemplo, incluyendo un interconector 16 que tiene un conductor 52 primario ciego; un lado 18 del oxidante; un lado 20 del combustible; capas 26 de electrolito; ánodos 40; y cátodos 42. Aunque sólo se representa un único ejemplo de interconector 16, conductor 52 primario ciego, ánodo 40 y cátodo 42, y se representan dos ejemplos de capas 26 de electrolito, se entenderá que el sistema 510 de celda de combustible puede incluir una pluralidad de cada uno de tales componentes, por ejemplo, dispuestos en serie en la dirección 36, por ejemplo, de forma similar a las realizaciones descritas anteriormente. La descripción del sustrato 14 se aplica al sustrato 514. En el sistema 510 de celda de combustible, la barrera 104 química está dispuesta entre el ánodo 40 y el interconector 16 (conductor 52 primario ciego), que se extiende en la dirección 32 entre el ánodo 40 y el interconector 16, y está configurada para evitar la migración de material entre el ánodo 40 y el interconector 16 (conductor 52 primario ciego). La barrera 104 química puede estar formada a partir de uno o más de los materiales expuestos anteriormente con respecto a las realizaciones de las FIGS. 10-15.

Haciendo referencia a la FIG. 11, se representan esquemáticamente algunos aspectos de un ejemplo no limitante de una realización de un sistema 610 de celda de combustible. El sistema 610 de celda de combustible incluye una pluralidad de celdas electroquímicas 612 dispuestas sobre un sustrato 614, incluyendo cada celda electroquímica 612 una barrera 104 química. El sistema 610 de celda de combustible también incluye los componentes expuestos anteriormente y descritos con respecto al sistema 10 de celda de combustible, por ejemplo, incluyendo interconectores 16 que tienen conductores 52 primarios ciegos y conductores auxiliares ciegos o vías 54 y 56; un lado 18 del oxidante; un lado 20 del combustible; capas 26 de electrolito; ánodos 40; cátodos 42, películas 48 conductoras del ánodo y películas 50 conductoras del cátodo. La descripción del sustrato 14 se aplica igualmente al sustrato 614. En el sistema 610 de celda de combustible, la barrera 104 química está dispuesta entre la película 48 conductora del ánodo y el interconector 16 (conductor 52 primario ciego), que se extiende en la dirección 32 entre la película 48 conductora del ánodo y el interconector 16, y está configurada para evitar la migración de material entre la película 48 conductora del ánodo y el interconector 16 (conductor 52 primario ciego). La barrera 104 química puede estar formada a partir de uno o más de los materiales expuestos anteriormente con respecto a las realizaciones de las FIGS. 10-15. En el sistema 610 de celda de combustible, una parte de capa 26 de electrolito está dispuesta entre el ánodo 40 y la barrera 104 química, que se extiende en la dirección 36 entre el ánodo 40 y la

barrera 104 química.

Haciendo referencia a la FIG. 12, se representan esquemáticamente algunos aspectos de un ejemplo no limitante de una realización de un sistema 710 de celda de combustible. El sistema 710 de celda de combustible incluye una pluralidad de celdas electroquímicas 712 dispuestas sobre un sustrato 714, incluyendo cada celda electroquímica 712 un sello 102 cerámico y una barrera 104 química. El sistema 710 de celda de combustible también incluye los componentes expuestos anteriormente y descritos con respecto al sistema 10 de celda de combustible, por ejemplo, incluyendo interconectores 16 que tienen conductores 52 primarios ciegos y conductores auxiliares ciegos o vías 54 y 56; un lado 18 del oxidante; un lado 20 del combustible; capas 26 de electrolito; ánodos 40; cátodos 42, películas 48 conductoras del ánodo y películas 50 conductoras del cátodo. La descripción del sustrato 14 se aplica igualmente al sustrato 714. En el sistema 710 de celda de combustible, el sello 102 cerámico está situado para evitar o reducir la fuga de gases y líquidos desde el sustrato 714 en el interconector 16 (interconector 52 ciego), y se extiende en la dirección 36 entre la película 48 conductora del ánodo de una celda electroquímica 712 y el conductor 54 auxiliar de una celda electroquímica 712 adyacente.

En el sistema 710 de celda de combustible, el sello 102 cerámico está situado verticalmente (en la dirección 32) entre el sustrato poroso 714 en la parte inferior y el conductor 52 primario ciego del interconector 16 y el electrolito 26 en la parte superior, evitando así las fugas de gases y líquidos desde el sustrato 714 en las partes de conductor 52 primario ciego (y electrolito 26) que están solapadas por el sello 102 cerámico. En otras realizaciones, el sello 102 cerámico puede estar dispuesto en otras localizaciones adecuadas además de o en lugar de la ilustrada en la FIG. 12. El sello cerámico 102 puede estar formado de uno o más de los materiales expuestos anteriormente con respecto a la realización de la FIG. 7. Una parte del conductor 52 primario ciego está embebida entre el sello 102 cerámico en la parte inferior y el electrolito 26 en la parte superior. La distancia de difusión en la realización de la FIG. 12 está definida principalmente por la longitud del solapamiento del conductor 52 primario ciego tanto por el sello 102 cerámico como por el electrolito 26 en la dirección 36.

En el sistema 710 de celda de combustible, la barrera 104 química está dispuesta entre la película 48 conductora del ánodo y el interconector 16 (conductor 52 primario ciego), que se extiende en la dirección 32 entre la película 48 conductora del ánodo y tanto el conductor 52 primario ciego como el conductor 54 auxiliar del interconector 16, y está configurada para evitar la migración de material entre la película 48 conductora del ánodo y el conductor 52 primario ciego y el conductor 54 auxiliar. La barrera 104 química puede estar formada a partir de uno o más de los materiales expuestos anteriormente con respecto a las realizaciones de las FIGS. 10-15.

Haciendo referencia a la FIG. 13, se representan esquemáticamente algunos aspectos de un ejemplo no limitante de una realización de un sistema 810 de celda de combustible. El sistema 810 de celda de combustible incluye una pluralidad de celdas electroquímicas 812 dispuestas sobre un sustrato 814, incluyendo cada celda electroquímica 812 un sello 102 cerámico y una barrera 104 química. El sistema 810 de celda de combustible también incluye los componentes expuestos anteriormente y descritos con respecto al sistema 10 de celda de combustible, por ejemplo, incluyendo interconectores 16 que tienen conductores 52 primarios ciegos y conductores auxiliares o vías 54 y 56; un lado 18 del oxidante; un lado 20 del combustible; capas 26 de electrolito; ánodos 40; cátodos 42, películas 48 conductoras del ánodo y películas 50 conductoras del cátodo. La descripción del sustrato 14 se aplica igualmente al sustrato 814.

En el sistema 810 de celda de combustible, el sello 102 cerámico está situado para evitar o reducir la fuga de gases y líquidos desde el sustrato 814 en el interconector 16 (interconector 52 ciego), y se extiende en la dirección 36 entre el ánodo 40 y la película 48 conductora del ánodo de una celda electroquímica 812 y el ánodo 40 y la película 48 conductora del ánodo de una celda electroquímica 812 adyacente. En el sistema 810 de celda de combustible, el sello 102 cerámico está situado verticalmente (en la dirección 32) entre el sustrato poroso 814 en la parte inferior y el conductor 52 primario ciego del interconector 16 y el electrolito 26 en la parte superior, evitando así las fugas de gases y líquidos desde el sustrato 714 en las partes de conductor 52 primario ciego (y electrolito 26) que están solapadas por el sello 102 cerámico. En otras realizaciones, el sello 102 cerámico puede estar dispuesto en otras localizaciones adecuadas además de o en lugar de aquella ilustrada en la FIG. 13. El sello 102 cerámico puede estar formado por uno o más de los materiales expuestos anteriormente con respecto a la realización de la FIG. 7. Una parte de conductor 52 primario ciego está embebida entre el sello 102 cerámico en la parte inferior, y el electrolito 26 en la parte superior. La distancia de difusión en la realización de la FIG. 13 está definida principalmente por la longitud del solapamiento del conductor 52 primario ciego tanto por el sello 102 cerámico como por el electrolito 26 en la dirección 36.

En el sistema 810 de celda de combustible, la barrera 104 química está dispuesta entre el ánodo 40 y el conductor 52 primario ciego, y está configurada para evitar la migración de material entre el ánodo 40 y el conductor 52 primario ciego. En una forma, la barrera 104 química funciona también como el conductor 54 auxiliar. En otras realizaciones, el conductor 54 auxiliar puede formarse por separado de la barrera 104 química. La barrera 104 química puede estar formada a partir de uno o más de los materiales expuestos anteriormente con respecto a las realizaciones de las FIGS. 10-15.

Haciendo referencia a la FIG. 14, se representan esquemáticamente algunos aspectos de un ejemplo no limitante de una realización de un sistema 910 de celda de combustible dispuesta sobre un sustrato 914. El sistema 910 de celda

de combustible incluye una barrera 104 química. El sistema 910 de celda de combustible también incluye algunos de los componentes expuestos anteriormente y descritos con respecto al sistema 10 de celda de combustible, por ejemplo, incluyendo un interconector 16 que tiene un conductor 52 primario ciego; un lado 18 del oxidante; un lado 20 del combustible; capas 26 de electrolito; ánodos 40; y cátodos 42. Aunque sólo se representan un único ejemplo de interconector 16, conductor 52 primario ciego, ánodo 40 y cátodo 42, y se representan dos ejemplos de capas 26 de electrolito, se entenderá que el sistema 910 de celda de combustible puede incluir una pluralidad de cada uno de tales componentes, por ejemplo, dispuestos en serie en la dirección 36, por ejemplo, de forma similar a las realizaciones descritas anteriormente. La descripción del sustrato 14 se aplica igualmente al sustrato 914. En el sistema 910 de celda de combustible, la barrera 104 química está dispuesta entre el cátodo 42 y el interconector 16 (conductor 52 primario ciego), que se extiende en la dirección 32 entre el cátodo 42 y el interconector 16, y está configurada para evitar la migración de material entre el cátodo 42 y el interconector 16 (conductor 52 primario ciego). La barrera 104 química puede estar formada a partir de uno o más de los materiales expuestos anteriormente con respecto a las realizaciones de las FIGS. 10-15.

Haciendo referencia a la FIG. 15, se representan esquemáticamente algunos aspectos de un ejemplo no limitante de una realización de un sistema 1010 de celda de combustible. El sistema 1010 de celda de combustible incluye una pluralidad de celdas electroquímicas 612 dispuestas sobre un sustrato 1014, incluyendo cada celda electroquímica 1012 una barrera 104 química. El sistema 1010 de celda de combustible también incluye los componentes expuestos anteriormente y descritos con respecto al sistema 10 de celda de combustible, por ejemplo, incluyendo interconectores 16 que tienen conductores 52 primarios ciegos y conductores auxiliares ciegos o vías 54 y 56; un lado 18 del oxidante; un lado 20 del combustible; capas 26 de electrolito; ánodos 40; cátodos 42, películas 48 conductoras del ánodo y películas 50 conductoras del cátodo. La descripción del sustrato 14 se aplica igualmente al sustrato 1014. En el sistema 1010 de celda de combustible, la barrera 104 química está dispuesta entre la película 50 conductora del cátodo y el interconector 16 (conductor 52 primario ciego), que se extiende en la dirección 32 entre la película 50 conductora del cátodo y el interconector 16 (conductor 52 primario ciego), y está configurada para evitar la migración de material entre la película 50 conductora del cátodo y el interconector 16 (conductor 52 primario ciego). La barrera 104 química puede estar formada a partir de uno o más de los materiales expuestos anteriormente con respecto a las realizaciones de las FIGS. 10-15. En la realización de la FIG. 15, la barrera 104 química funciona también como el conductor 56 auxiliar.

En las realizaciones de las FIGS. 10-15, se representan diversos elementos, componentes e interrelaciones entre los aspectos de realizaciones de la presente invención. Sin embargo, la presente invención no se limita a las realizaciones particulares de las FIGS. 10-15 y los componentes, elementos e interrelaciones entre ellos son como se ilustran en las FIGS. 10-15 y se describen en la presente memoria.

Haciendo referencia a las FIGS. 16-19, en general, los inventores han determinado que, en algunas celdas de combustible, en algunas condiciones de operación, la capa conductora del cátodo/película conductora, el electrolito, y las partes del interconector, por ejemplo, las vías, pueden formar celdas parásitas dentro de o entre cada celda electroquímica, particularmente donde hay solapamiento entre la capa conductora del cátodo/película conductora y el electrolito. En las celdas parásitas, la capa conductora del cátodo/película conductora funciona como un cátodo, y el interconector, por ejemplo, las vías formadas de cermet de metal precioso, funcionan como un ánodo. Las celdas parásitas consumen combustible durante la operación de la celda de combustible, reduciendo así la eficiencia del sistema de celda de combustible. Además, el vapor generado por las celdas parásitas puede crear una elevada presión parcial de oxígeno local que puede dar como resultado la oxidación de Ni que puede haber difundido en los materiales de la fase de metal precioso del interconector (por ejemplo, vía), dando como resultado la degradación del interconector.

Los inventores realizaron ensayos que confirmaron la existencia de celdas parásitas. Los ensayos confirmaron que, aunque no ocurría una degradación significativa a algunas temperaturas, por ejemplo, 900°C, bajo los tiempos de ensayo, la degradación del interconector ocurría a temperaturas de operación más altas, por ejemplo, 925°C después de aproximadamente 700 horas de ensayo. Los análisis después del ensayo mostraron migración de Ni desde el lado de la capa conductora del ánodo/película conductora al lado de la capa conductora del cátodo/película conductora del interconector a través de la fase de metal precioso en el conductor 52 primario ciego, que se aceleraba por la temperatura de operación más alta. Una elevada presión parcial de oxígeno resultante del vapor formada por las celdas parásitas provocó la oxidación de Ni en la interfaz del electrolito 26 extendido y el interconector 52 primario ciego cerca del límite entre la capa conductora del cátodo/película conductora y el electrolito, que se segregaba del metal precioso del interconector. La acumulación continua de NiO en la interfaz entre el conductor 52 primario ciego y el electrolito 26, y la migración continua de Ni daría como resultado, probablemente, el fallo del interconector.

Para evitar el solapamiento entre la capa conductora del cátodo/película conductora y el electrolito, en diversas realizaciones los inventores emplearon un elemento de separación (hueco 106 de las FIGS. 16 y 17; y aislante 108 de las FIGS. 18 y 19) entre la capa conductora del cátodo/película conductora y el electrolito para separar, es decir, espaciar, la capa conductora del cátodo/película conductora y el electrolito del contacto entre sí, eliminando de este modo las celdas parásitas. El ensayo de sistemas de celda de combustible con un elemento de separación en forma de hueco 106 (y que incluye también una barrera 104 química formada de cermet de aleación de Pd-Ni) durante aproximadamente 2000 horas, que incluye aproximadamente 1000 horas en condiciones agresivas (925°C y

combustible que consiste en 20% H₂, 10% CO, 19% CO₂, 47% vapor y 4% N₂) no dio como resultado la degradación del interconector. Por consiguiente, algunas realizaciones de la presente invención incluyen un elemento de separación, por ejemplo, el hueco 106, entre la capa conductora del cátodo/película conductora y el electrolito, que evita el establecimiento de celdas parásitas.

5 Haciendo referencia a la FIG. 16, se representan esquemáticamente algunos aspectos de un ejemplo no limitante de una realización de un sistema 1110 de celda de combustible. El sistema 1110 de celda de combustible incluye una pluralidad de celdas electroquímicas 1112 dispuestas sobre un sustrato 1114, incluyendo cada celda electroquímica 1112 un sello 102 cerámico, una barrera 104 química, y un elemento de separación en forma de hueco 106. El sistema 1110 de celda de combustible también incluye los componentes expuestos anteriormente y descritos con respecto al sistema 10 de celda de combustible, por ejemplo, incluyendo interconectores 16 que tienen conductores 52 primarios ciegos y conductores auxiliares ciegos o vías 54 y 56; un lado 18 del oxidante; un lado 20 del combustible; capas 26 de electrolito; ánodos 40; cátodos 42, películas 48 conductoras del ánodo y películas 50 conductoras del cátodo. La descripción del sustrato 14 se aplica igualmente al sustrato 1114. El hueco 106 se extiende en la dirección 36 entre la película 50 conductora del cátodo (por ejemplo, formada de una o más capas 30 conductoras del cátodo) y la capa 26 de electrolito.

En el sistema 1110 de celda de combustible, el sello 102 cerámico está situado para evitar o reducir fuga de gases y líquidos desde el sustrato 1114 en el interconector 16 (conductor 52 primario ciego), y se extiende en la dirección 36 entre la película 48 conductora del ánodo de una celda electroquímica 1112 y el conductor 54 auxiliar de una celda electroquímica 1112 adyacente.

20 En el sistema 1110 de celda de combustible, el sello 102 cerámico está situado verticalmente (en la dirección 32) entre el sustrato poroso 1114 en la parte inferior y el conductor 52 primario ciego del interconector 16 y el electrolito 26 en la parte superior, evitando así las fugas de gases y líquidos desde el sustrato 1114 en las partes de conductor 52 primario ciego (y electrolito 26) que están solapadas por el sello 102 cerámico. En otras realizaciones, el sello 102 cerámico puede estar dispuesto en otras localizaciones adecuadas además de o en lugar de la ilustrada en la FIG. 12. El sello 102 cerámico puede estar formado por uno o más de los materiales expuestos anteriormente con respecto a la realización de la FIG. 7. Una parte de conductor 52 primario ciego está embebida entre el sello 102 cerámico en la parte inferior, y el electrolito 26 extendido en la parte superior. La distancia de difusión en la realización de la FIG. 16 está definida principalmente por la longitud del solapamiento del conductor 52 primario ciego tanto por el sello 102 cerámico como por el electrolito 26 en la dirección 36.

30 En el sistema 1110 de celda de combustible, la barrera 104 química está dispuesta entre la película 48 conductora del ánodo y el interconector 16 (conductor 52 primario ciego), que se extiende en la dirección 32 entre la película 48 conductora del ánodo y tanto el conductor 52 primario ciego como el conductor 54 auxiliar del interconector 16, y está configurada para evitar la migración de material entre la película 48 conductora del ánodo y el conductor 52 primario ciego y el conductor 54 auxiliar. La barrera 104 química puede estar formada a partir de uno o más de los materiales expuestos anteriormente con respecto a las realizaciones de las FIGS. 10-15.

35 En el sistema 1110 de celda de combustible, el hueco 106 está configurado para evitar la formación de una celda de combustible parásita entre la película 50 conductora del cátodo, la capa 26 de electrolito y el conductor 52 primario ciego. Aunque en la realización de la FIG. 16 se emplea el hueco 106 junto con un sistema de celda de combustible que tiene el sello 102 cerámico, la barrera 104 química y la película 48 conductora del ánodo, en otras realizaciones, puede emplearse el hueco 106 en sistemas de celda de combustible que no incluyen componentes correspondiente a uno o más del sello 102 cerámico, la barrera 104 química y la película 48 conductora del ánodo,

Haciendo referencia a la FIG. 17, se representan esquemáticamente algunos aspectos de un ejemplo no limitante de una realización de un sistema 1210 de celda de combustible. El sistema 1210 de celda de combustible incluye una pluralidad de celdas electroquímicas 1212 dispuestas sobre un sustrato 1214, incluyendo cada celda electroquímica 1212 una barrera 104 química y un elemento de separación en forma de hueco 106. El sistema 1210 de celda de combustible también incluye los componentes expuestos anteriormente y descritos con respecto al sistema 10 de celda de combustible, por ejemplo, incluyendo interconectores 16 que tienen conductores 52 primarios ciegos y conductores auxiliares ciegos o vías 54 y 56; un lado 18 del oxidante; un lado 20 del combustible; capas 26 de electrolito; ánodos 40; cátodos 42, películas 48 conductoras del ánodo y películas 50 conductoras del cátodo. La descripción del sustrato 14 se aplica igualmente al sustrato 1214.

45 En el sistema 1210 de celda de combustible, la barrera 104 química está dispuesta entre la película 48 conductora del ánodo y el interconector 16 (conductor 52 primario ciego), que se extiende en la dirección 32 entre la película 48 conductora del ánodo y el interconector 16, y está configurada para evitar la migración de material entre la película 48 conductora del ánodo y el interconector 16 (conductor 52 primario ciego). La barrera 104 química puede estar formada a partir de uno o más de los materiales expuestos anteriormente con respecto a las realizaciones de las FIGS. 10-15. En el sistema 1210 de celda de combustible, una parte de la capa 26 de electrolito está dispuesta entre el ánodo 40 y la barrera 104 química, que se extiende en la dirección 36 entre el ánodo 40 y la barrera 104 química.

55 En el sistema 1210 de celda de combustible, el hueco 106 está configurado para evitar la formación de una celda de combustible parásita entre el conductor 56 auxiliar (formado del mismo material que la película 50 conductora del

cátodo), la capa 26 de electrolito y el conductor 52 primario ciego. Aunque se emplea el hueco 106 en la realización de la FIG. 17 junto con un sistema de celda de combustible que tiene la barrera 104 química y la película 48 conductora del ánodo, en otras realizaciones, puede emplearse el hueco 106 en sistemas de celda de combustible que no incluyen componentes correspondientes a uno o más de la barrera 104 química y la película 48 conductora del ánodo.

Haciendo referencia a la FIG. 18, se representan esquemáticamente algunos aspectos de un ejemplo no limitante de una realización de un sistema 1310 de celda de combustible. El sistema 1310 de celda de combustible incluye una pluralidad de celdas electroquímicas 1312 dispuestas sobre un sustrato 1314, incluyendo cada celda electroquímica 1312 un sello 102 cerámico, una barrera 104 química, y un elemento de separación en forma de un aislante 108. El sistema 1310 de celda de combustible también incluye los componentes expuestos anteriormente y descritos con respecto al sistema 10 de celda de combustible, por ejemplo, incluyendo interconectores 16 que tienen conductores 52 primarios ciegos y conductores auxiliares ciegos o vías 54 y 56; un lado 18 del oxidante; un lado 20 del combustible; capas 26 de electrolito; ánodos 40; cátodos 42, películas 48 conductoras del ánodo y películas 50 conductoras del cátodo. La descripción del sustrato 14 se aplica igualmente al sustrato 1314. El aislante 108 se extiende en la dirección 36 entre la película 50 conductora del cátodo (por ejemplo, formada de una o más capas 30 conductoras del cátodo) y la capa 26 de electrolito.

En el sistema 1310 de celda de combustible, el sello 102 cerámico está situado para evitar o reducir la fuga de gases y líquidos desde el sustrato 1314 en el interconector 16 (conductor 52 primario ciego), y se extiende en la dirección 36 entre la película 48 conductora del ánodo de una celda electroquímica 1312 y el conductor 54 auxiliar de una celda electroquímica 1312 adyacente.

En el sistema 1310 de celda de combustible, el sello 102 cerámico está situado verticalmente (en la dirección 32) entre el sustrato poroso 1314 en la parte inferior y el conductor 52 primario ciego del interconector 16 y el electrolito 26 en la parte superior, evitando así las fugas de gases y líquidos desde el sustrato 1314 en las partes de conductor 52 primario ciego (y electrolito 26) que están solapadas por el sello 102 cerámico. En otras realizaciones, el sello 102 cerámico puede estar dispuesto en otras localizaciones adecuadas además de o en lugar de aquella ilustrada en la FIG. 12. El sello cerámico 102 puede estar formado por uno o más de los materiales expuestos anteriormente con respecto a la realización de la FIG. 7. Una parte de conductor 52 primario ciego está embebido entre el sello 102 cerámico en la parte inferior, y el electrolito 26 extendido en la parte superior. La distancia de difusión en la realización de la FIG. 18 está definida principalmente por la longitud del solapamiento de conductor 52 primario ciego tanto por el sello 102 cerámico como por el electrolito 26 en la dirección 36.

En el sistema 1310 de celda de combustible, la barrera 104 química está dispuesta entre la película 48 conductora del ánodo y el interconector 16 (conductor 52 primario ciego), que se extiende en la dirección 32 entre la película 48 conductora del ánodo y tanto el conductor 52 primario ciego como el conductor 54 auxiliar del interconector 16, y está configurada para evitar la migración de material entre la película 48 conductora del ánodo y el conductor 52 primario ciego y el conductor 54 auxiliar. La barrera 104 química puede estar formada a partir de uno o más de los materiales expuestos anteriormente con respecto a las realizaciones de las FIGS. 10-15.

En el sistema 1310 de celda de combustible, el aislante 108 está configurado para evitar la formación de una celda de combustible parásita entre la película 50 conductora del cátodo, la capa 26 de electrolito y el conductor 52 primario ciego. En una forma, el aislante 108 está formado a partir de materiales no conductores aislantes, tales como óxido de aluminio (Al_2O_3), pirocloro, tal como $\text{La}_2\text{Zr}_2\text{O}_7$, $\text{Pr}_2\text{Zr}_2\text{O}_7$ y SrZrO_3 . En otras realizaciones pueden emplearse otros materiales para formar el aislante 108, por ejemplo, uno o más tipos distintos de cerámicos no conductores además de o en lugar del óxido de aluminio. Aunque el aislante 108 en la realización de la FIG. 16 se emplea junto con un sistema de celda de combustible que tiene el sello 102 cerámico, la barrera 104 química y la película 48 conductora del ánodo, en otras realizaciones, el aislante 108 puede emplearse en sistemas de celda de combustible que no incluyen componentes correspondientes a uno o más del sello 102 cerámico, la barrera 104 química y la película 48 conductora del ánodo.

Haciendo referencia a la FIG. 19, se representan esquemáticamente algunos aspectos de un ejemplo no limitante de una realización de un sistema 1410 de celda de combustible. El sistema 1410 de celda de combustible incluye una pluralidad de celdas electroquímicas 1412 dispuestas sobre un sustrato 1414, incluyendo cada celda electroquímica 1412 una barrera 104 química y un elemento de separación en forma de aislante 108. El sistema 1410 de celda de combustible también incluye los componentes expuestos anteriormente y descritos con respecto al sistema 10 de celda de combustible, por ejemplo, incluyendo interconectores 16 que tienen conductores 52 primarios ciegos y conductores auxiliares ciegos o vías 54 y 56; un lado 18 del oxidante; un lado 20 del combustible; capas 26 de electrolito; ánodos 40; cátodos 42, películas 48 conductoras del ánodo y películas 50 conductoras del cátodo. La descripción del sustrato 14 se aplica igualmente al sustrato 1414.

En el sistema 1410 de celda de combustible, la barrera 104 química está dispuesta entre la película 48 conductora del ánodo y el interconector 16 (conductor 52 primario ciego), que se extiende en la dirección 32 entre la película 48 conductora del ánodo y el interconector 16, y está configurada para evitar la migración de material entre la película 48 conductora del ánodo y el interconector 16 (conductor 52 primario ciego). La barrera 104 química puede estar formada a partir de uno o más de los materiales expuestos anteriormente con respecto a las realizaciones de las

FIGS. 10-15. En el sistema 1410 de celda de combustible, una parte de capa 26 de electrolito está dispuesta entre el ánodo 40 y la barrera 104 química, que se extiende en la dirección 36 entre el ánodo 40 y la barrera 104 química.

En el sistema 1410 de celda de combustible, el aislante 108 está configurado para evitar la formación de una celda de combustible parásita entre el conductor 56 auxiliar (formado del mismo material que la película 50 conductora del cátodo), la capa 26 de electrolito y el conductor 52 primario ciego. El aislante 108 puede estar formado por los materiales expuestos anteriormente en la realización de la FIG. 18. Aunque el aislante 108 en la realización de la FIG. 19 se emplea junto con un sistema de celda de combustible que tiene la barrera 104 química y la película 48 conductora del ánodo, en otras realizaciones, el aislante 108 puede emplearse en sistemas de celda de combustible que no incluyen componentes correspondientes a uno o más de la barrera 104 química y la película 48 conductora del ánodo.

En las realizaciones de las FIGS. 16-19, se representan diversos elementos, componentes e interrelaciones entre los aspectos de realizaciones de la presente invención. Sin embargo, la presente invención no se limita a las realizaciones particulares de las FIGS. 16-19 y los componentes, elementos e interrelaciones entre ellos son como se ilustran en las FIGS. 16-19 y se describen en la presente memoria.

Como se ha mencionado anteriormente con respecto a las FIGS. 16-19, en ciertas condiciones, pueden formarse indeseablemente celdas parásitas. Las realizaciones analizadas anteriormente con respecto a las FIGS. 16-19 proporcionan ciertos enfoques para resolver el problema de la celda parásita. Los inventores han creado también otros enfoques para resolver el problema de la celda parásita, basándose en la selección de material, por ejemplo, el material del que están formados el interconector y/o las vías (por ejemplo, el interconector 16, que incluye el conductor 52 primario ciego, el conductor 54 auxiliar y/o el conductor 56 auxiliar, y/u otras configuraciones de interconector y/o vía no mencionadas en la presente memoria). En una forma, para un material de cermet alterno, puede emplearse un cermet de metal precioso-pirocloro $\text{La}_2\text{Zr}_2\text{O}_7$ como el material del interconector primario para una celda de combustible en serie segmentada, o el material de vía para un interconector cerámico multi-capas. En tal material de cermet, el pirocloro $\text{La}_2\text{Zr}_2\text{O}_7$ podría reemplazar completamente la zirconia dopada, o reemplazar parcialmente la zirconia dopada para mantener la fase iónica por debajo de su percolación para eliminar o reducir la conducción iónica.

En una forma, la composición del interconector y/o vía(s), por ejemplo, una o más de las composiciones mencionadas anteriormente para el interconector y/o vía(s), se modifica para que incluya fases cerámicas no iónicamente conductoras en la composición del interconector y/o la(s) vía(s).

Por ejemplo, en una forma, el interconector y/o la vía pueden estar formados, en todo o en parte, de un cermet, tal como aquel descrito previamente con respecto al interconector 16, que incluye el conductor 52 primario ciego, el conductor 54 auxiliar y/o el conductor 56 auxiliar, pero que incluye también o alternativamente una o más fases cerámicas no iónicamente conductoras. Los ejemplos incluyen, sin que ello pretenda ser limitante, SrZrO_3 , pirocloro $\text{La}_2\text{Zr}_2\text{O}_7$, pirocloro $\text{Pr}_2\text{Zr}_2\text{O}_7$, BaZrO_3 , espinela MgAl_2O_4 , espinela NiAl_2O_4 , espinela MgCr_2O_4 , espinela NiCr_2O_4 , $\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$ y otros granates con diversas sustituciones en el sitio A y B, y alúmina. Se contemplan también en la presente memoria otras fases cerámicas no iónicamente conductoras además de o en lugar de los ejemplos expuestos en la presente memoria. Las consideraciones para materiales pueden incluir el coeficiente de expansión térmica de la(s) fase(s) cerámica(s), por ejemplo, relativo al coeficiente de expansión térmica del sustrato poroso. En algunas realizaciones, los materiales preferidos para la compatibilidad química con las capas adyacente de la celda de combustible pueden incluir cermets de metal precioso-pirocloro, en donde la clase general de pirocloros es $(\text{M}_{\text{RE}})_2\text{Zr}_2\text{O}_7$, en donde MRE es un catión de tierras raras, por ejemplo y sin que ello pretenda ser limitante, La, Pr, Nd, Gd, Sm, Ho, Er, y/o Yb.

En otras realizaciones, las fases no iónicas tales como SrZrO_3 , espinela MgAl_2O_4 , espinela NiAl_2O_4 , alúmina y composiciones de pirocloro reemplazan parcial o completamente la YSZ conductora iónica, por ejemplo, de los interconectores y/o vías descritos anteriormente. Preferiblemente, los polvos de pirocloro y/o una o más de las otras fases no iónicas reemplazan la YSZ suficientemente para hacer que el resto de la YSZ esté por debajo de un umbral de percolación para eliminar la conductividad iónica a través del interconector/vía. La fracción en volumen de YSZ de la vía se reduce a propósito a menos de 30% v para minimizar cualquier conductividad iónica dentro del material de la vía.

En una forma, la composición del interconector y/o vía(s), por ejemplo, una o más de las composiciones mencionadas anteriormente para el interconector y/o vía(s), se altera para incluir una fase reactiva para formar fases cerámicas no iónicamente conductoras durante la calcinación de la celda de combustible, por ejemplo, mediante la inclusión de óxidos de tierras raras en el compuesto usado para formar el interconector/vía(s).

Por ejemplo, en algunas realizaciones, todo o partes del interconector 16 u otros interconectores o vías pueden incluir una fase reactiva en forma de óxido de tierras raras, por ejemplo, dentro de la tinta de impresión serigráfica, inferior a la razón estequiométrica para formar el pirocloro que es de un mol de los óxidos de La, Pr, Nd, Gd, Sm, Ho, Er, Yb a dos moles del contenido de zirconia de la vía. En la composición global del cermet (por ejemplo, composiciones de cermet para todo o parte del interconector 16 expuesto en la presente memoria) que reacciona con la YSZ durante la calcinación de la celda de combustible para formar pirocloro dentro del interconector/vía y

- adyacente al electrolito, por ejemplo, el electrolito 26. En una forma, el óxido de tierras raras mínimo requerido es de aproximadamente 13% en moles de la composición cerámica para reducir la fase de YSZ por debajo de 30% v de la percolación. En otras realizaciones, pueden emplearse otras cantidades de óxido de tierras raras. La fase de zirconia aún puede ser capaz de existir en una cantidad mayor que el umbral de percolación, puesto que la fase de pirocloro aislante podría formarse a lo largo de los límites de grano. Sin embargo, en algunas realizaciones, sería preferible añadir suficientes óxidos de tierras raras para llevar el contenido de la fase de YSZ por debajo del umbral de percolación en base a una composición global. De forma similar a los pirocloros, podrían crearse fases no iónicas SrZrO_3 *in situ* mediante la adición de polvo de SrO como una fase reactiva, por ejemplo, a las tintas del interconector, por debajo de la razón estequiométrica de 1 mol de SrO a 1 mol de ZrO_2 .
- En otras realizaciones más, todo o partes del interconector 16 u otros interconectores o vías pueden incluir un contenido de óxido de tierras raras, por ejemplo, dentro de la tinta de impresión serigráfica, superior a la razón estequiométrica de pirocloro que es de un mol de los óxidos, por ejemplo, de La, Pr, Nd, Gd, Sm, Ho, Er, y/o Yb, a dos moles del contenido de zirconia de la vía en la composición global del cermet (por ejemplo, composiciones de cermet para todo o parte del interconector 16 expuesto en la presente memoria) que reacciona con la YSZ durante la calcinación de la celda de combustible para formar el pirocloro dentro del interconector/vía, y el óxido de tierras raras no reaccionado reaccionará adicionalmente con el electrolito extendido en las proximidades del interconector durante la calcinación del electrolito para formar una película de pirocloro sobre la superficie del electrolito, por ejemplo, sobre la superficie de electrolito 26, que alterará suficientemente las trayectorias para la conductividad iónica del oxígeno. En una forma, la cantidad de óxido de tierras raras es de 33% en moles a 50% en moles basado en la fase cerámica total. En otras realizaciones, pueden emplearse otras cantidades de óxido de tierras raras. El exceso de óxido de tierras raras puede asegurar la ausencia de la conductividad iónica. Sin embargo, un exceso demasiado elevado de tierras raras restante dentro del interconector/vía podría provocar que la vía sea susceptible al daño inducido por la humedad sobre el cambio de fase a los hidróxidos de tierras raras. Por lo tanto, es deseable en algunas realizaciones limitar la cantidad de óxidos de tierras raras a menor que 10% sobre la razón estequiométrica. Similar a los pirocloros, podrían crearse fases no iónicas SrZrO_3 *in situ* dentro de la vía y el electrolito extendido adyacente mediante la adición de polvo de SrO a las tintas de interconector por encima de la razón estequiométrica de 1 mol de SrO a 1 mol de ZrO_2 . En una forma, un límite inferior es de aproximadamente 15-20 % en moles de SrO basado en la fase cerámica, para formar SrZrO_3 para reducir la YSZ por debajo del umbral de percolación. En otras realizaciones, pueden aplicarse otros límites inferiores. En una forma, un límite superior es de aproximadamente 50-60 % en moles de SrO basado en la fase cerámica ($\text{SrO} + \text{ZrO}_2$). En otras realizaciones, pueden aplicarse otros límites superiores.
- En aún otras realizaciones más, todo o partes del interconector 16 u otros interconectores o vías pueden incluir un contenido de óxido de tierras raras a la razón estequiométrica con YSZ para conducir a la reactividad completa de $(\text{M}_{\text{RE}})_2\text{Zr}_2\text{O}_7$.
- Las temperaturas de calcinación para usar una fase reactiva para formar las fases cerámicas no iónicamente conductoras durante la calcinación de la celda de combustible pueden variar con las necesidades de la aplicación particular. Las consideraciones incluyen, por ejemplo y sin que ello pretenda ser limitante, la capacidad de sinterización de los diferentes materiales, el tamaño de partícula del polvo, el área superficial específica. Otro material y/o parámetros de procesado pueden afectar también a la temperatura de calcinación seleccionada. Por ejemplo, si la temperatura es demasiado baja, el electrolito puede tener una mayor porosidad y provocar fugas. Si la temperatura es demasiado alta, puede provocar otras cuestiones, tales como una densidad de ánodo demasiado alta, lo que puede reducir la actividad electroquímica, o puede provocar cambios dimensionales en el sustrato, etc. Por lo tanto, la temperatura real de calcinación con fines de usar una o más fases reactivas para formar una o más fases cerámicas no iónicamente conductoras puede variar de unas aplicaciones a otras. En una forma, la temperatura de calcinación puede ser de 1385°C. En algunas realizaciones, la temperatura de calcinación puede estar en el intervalo de 1370°C a 1395°C. En otras realizaciones, la temperatura de calcinación puede estar en el intervalo de 1350°C a 1450°C. En otras realizaciones más, la temperatura de calcinación puede estar fuera del intervalo de 1350°C a 1450°C. Las etapas de procesado para formar la una o más fases cerámicas no iónicamente conductoras pueden incluir preparar una composición que incluye el óxido de tierras raras, YSZ y un metal precioso, formar el interconector/vía(s), calcinar la composición a la temperatura deseada, por ejemplo, a una temperatura o dentro de un intervalo de temperatura expuesto anteriormente, y mantener la composición a la temperatura de calcinación durante un periodo deseado, por ejemplo, en el intervalo de 1-5 horas. En las realizaciones en donde todo o partes de la celda de combustible están formadas por impresión serigráfica, el método puede incluir preparar una tinta imprimible por serigrafía que incorpora el óxido de tierras raras, YSZ y el metal precioso; imprimir el interconector/vía(s); secar la tinta; calcinar el interconector/vía(s) impresos a la temperatura deseada, por ejemplo, a una temperatura o dentro de un intervalo de temperatura expuesto anteriormente; y mantener la composición a la temperatura de calcinación durante un periodo deseado, por ejemplo, en el intervalo de 1-5 horas.
- En realizaciones adicionales, pueden emplearse otras fases no conductoras iónicas o fases reactivas para minimizar la conductividad iónica del interconector.
- Las siguientes Tablas 1-8 proporcionan información composicional para algunos aspectos de ejemplos experimentales no limitantes de celda de combustible y componentes de celda de combustible producidos según algunos aspectos de algunas realizaciones de la presente invención. Se entenderá que la presente invención no

está limitada de ninguna manera a los ejemplos proporcionados a continuación. Las columnas tituladas "Composición General" ilustran algunos intervalos composicionales potenciales, que incluyen algunos intervalos preferidos, para algunos materiales descritos en la presente memoria, mientras que las columnas tituladas "Composición Específica" ilustran los materiales usados en los artículos/materiales de ensayo.

5

TABLA 1 (sin sello cerámico)

	Composición General	Composición Específica
Ánodo	NiO-YSZ (NiO=55-75% p)	
Capa conductora del ánodo	Pd-Ni-YSZ	
Cátodo	$\text{La}_{(1-x)}\text{Sr}_x\text{MnO}_{(3-d)}$ (x = 0,1-0,3) -3YSZ	
Capa conductora del cátodo	Pd - $\text{La}_{(1-x)}\text{Sr}_x\text{MnO}_{(3-d)}$ (x = 0,1-0,3)	
Electrolito	3YSZ	3YSZ
Conductor primario ciego	xPd(100-x)Pt -YSZ (x = 35-65 razón en peso, la aleación es 35-80% v)	31,1% Pd, 31,1% Pt, 24,4% 3YSZ
Conductor auxiliar en el lado del ánodo	xPd(100-x)Pt -YSZ (x = 35-65 razón en peso, la aleación es 35-80% v)	31,1% Pd, 31,1% Pt, 24,4% 3YSZ
Conductor auxiliar en el lado del cátodo	Pd - $\text{La}_{(1-x)}\text{Sr}_x\text{MnO}_{(3-d)}$ (x = 0,1-0,3)	
Sustrato	MgO-MgAl ₂ O ₄	69,4% MgO, 30,6% MgAl ₂ O ₄
Capa de modificación de la superficie del sustrato	3-8% mol Y ₂ O ₃ -ZrO ₂	8YSZ
Sello cerámico	N/A	N/A
ASR de la celda, ohm-cm ²		0,375
ASR del interconector, ohm-cm ²		0,027
Duración del ensayo, horas		860
Ejemplos: TCT23 (STC13-3):		
interconector primario ciego con diseño de tira larga		
Figura 4		

TABLA 2 (sin sello cerámico)

	Composición General	Composición Específica
Ánodo	NiO-YSZ (NiO=55-75% p)	
Capa conductora del ánodo	Pd-Ni-YSZ	
Cátodo	$\text{La}_{(1-x)}\text{Sr}_x\text{MnO}_{(3-d)}$ (x = 0,1-0,3) -3YSZ	
Capa conductora del cátodo	Pd - $\text{La}_{(1-x)}\text{Sr}_x\text{MnO}_{(3-d)}$ (x = 0,1-0,3)	
Electrolito	3YSZ	3YSZ
Conductor primario ciego	xPd(100-x)Pt -YSZ (x = 35-65 razón en peso, la aleación es 35-80% v)	31,1% Pd, 31,1% Pt, 24,4% 3YSZ
Conductor auxiliar en el lado del ánodo	xPd(100-x)Pt -YSZ (x = 35-65 razón en peso, la aleación es 35-80% v) Pd - $\text{La}_{(1-x)}\text{Sr}_x\text{MnO}_{(3-d)}$ (x = 0,1-0,3)	31,1% Pd, 31,1% Pt, 24,4% 3YSZ
Sustrato	MgO-MgAl ₂ O ₄	69,4% MgO, 30,6% MgAl ₂ O ₄
Capa de modificación de la superficie del sustrato	3-8% mol Y ₂ O ₃ -ZrO ₂	8YSZ
Sello cerámico		N/A
ASR de la celda, ohm-cm ²		0,30
ASR del interconector, ohm-cm ²		0,02
Duración del ensayo, horas		3500
Ejemplos: PCT11[PC08-2/3]: interconector primario ciego con diseño de vía		
Figura 6		

TABLA 3 (con sello cerámico)

	Composición General	Composición Específica
Ánodo	NiO-YSZ (NiO=55-75% p)	
Capa conductora del ánodo	Pd-Ni-YSZ	
Cátodo	$\text{La}_{(1-x)}\text{Sr}_x\text{MnO}_{(3-\delta)}$ (x = 0,1-0,3) -3YSZ	
Capa conductora del cátodo	Pd - $\text{La}_{(1-x)}\text{Sr}_x\text{MnO}_{(3-\delta)}$ (x = 0,1-0,3)	
Electrolito	3 YSZ	3YSZ
Conductor primario ciego	Pd-Ni-YSZ	76,5% Pd, 8,5%Ni, 15% 3YSZ
Conductor auxiliar en el lado del ánodo	Pd-Ni-YSZ	76,5% Pd, 8,5%Ni, 15% 3YSZ
Conductor auxiliar en el lado del cátodo	Pd - $\text{La}_{(1-x)}\text{Sr}_x\text{MnO}_{(3-\delta)}$ (x = 0,1-0,3)	
Sustrato	MgO-MgAl ₂ O ₄	69,4% MgO, 30,6% MgAl ₂ O ₄
Capa de modificación de la superficie del sustrato	3-8% mol Y ₂ O ₃ -ZrO ₂	8YSZ
Sello cerámico	3-5% mol Y ₂ O ₃ -ZrO ₂ , o	3YSZ
ASR de celda e interconector, ohm-cm ²	4-6% mol Sc ₂ O ₃ -ZrO ₂	0,50
Duración del ensayo, horas		1200
Ejemplos: TCT2: interconector primario ciego con diseño de tira larga		
Figura 8		

TABLA 4 (Pd-NTZ como barrera química)

	Composición General	Composición Específica
Ánodo	NiO-YSZ (NiO=55-75% p)	
Capa conductora del ánodo	Pd-NiO-(Mg _{0,42} , Ni _{0,58})Al ₂ O ₄	
Cátodo	La _(1-x) Sr _x MnO _(3-δ) (x = 0,1-0,3) -3YSZ	
Capa conductora del cátodo	La _(1-x) Sr _x MnO _(3-d) (x = 0,1-0,3)	
Electrolito	3-8% mol Y ₂ O ₃ -ZrO ₂ , o 4-11% mol Sc ₂ O ₃ -ZrO ₂	3 YSZ
Conductor primario ciego	xPd(100-x)Pt -YSZ (x = 35-65 razón en peso, la aleación es 35-80% v)	31,1% Pd, 31,1% Pt, 24,4% 3YSZ
Barrera química en el lado del ánodo	xPd-(100-x) NTZ* (x = 10-40)	15% Pd, 19%NiO, 66% NTZ
Conductor auxiliar en el lado del cátodo	La(1-x)Sr _x MnO(3-d) (x = 0,1-0,3)	
Sustrato	MgO-MgAl ₂ O ₄	69,4% MgO, 30,6% MgAl ₂ O ₄
Capa de modificación de la superficie del sustrato	3-8% mol Y ₂ O ₃ -ZrO ₂	8 YSZ
Sello cerámico	N/A	N/A
ASR de la celda, ohm-cm ²		0,35
ASR del interconector, ohm-cm ²		0,02-0,05
Duración del ensayo, horas		1400

* NTZ: 73,6% p NiO, 20,0% TiO₂, 6,4% YSZ

Ejemplos: PCT14B (PC11-4),
vías ciegas, Fig. 11

TABLA 5, % p (GDC10 como barrera química)

	Composición General	Composición Específica
Ánodo	NiO-YSZ (NiO=55-75% p)	
Capa conductora del ánodo	Pd-NiO-(Mg _{0,42} , Ni _{0,58})Al ₂ O ₄	
Cátodo	La _(1-x) Sr _x MnO _(3-δ) (x = 0,1-0,3) -3YSZ	
Capa conductora del cátodo	La _(1-x) Sr _x MnO _(3-d) (x = 0,1-0,3)	
Electrolito	3-8% mol Y ₂ O ₃ -ZrO ₂ , o	3YSZ
	4-11% mol Sc ₂ O ₃ -ZrO ₂	
Conductor primario ciego	xPd -(100-x)YSZ (x = 70-90 razón en peso)	85% Pd, 15% 3YSZ
Barrera química en el lado del ánodo	Ceria Dopada	(Gd _{0,1} ,Ce _{0,9})O ₂
Conductor auxiliar en el lado del cátodo	La _(1-x) Sr _x MnO _(3-d) (x = 0,1-0,3)	
Sustrato	MgO-MgAl ₂ O ₄	69,4% MgO, 30,6% MgAl ₂ O ₄
Capa de modificación de la superficie del sustrato	3-8% mol Y ₂ O ₃ -ZrO ₂	8 YSZ
Sello cerámico	3-5% mol Y ₂ O ₃ -ZrO ₂ , o	3 YSZ
ASR de la celda, ohm-cm ²	4-6% mol Sc ₂ O ₃ -ZrO ₂	0,24
ASR del interconector, ohm-cm ²		0,04-0,05
Duración del ensayo, horas		1340
Ejemplos: PCT55A (PC28-2)		
para la Fig. 12		

ES 2 656 139 T3

TABLA 6, % p

	Composición General	Composición Específica
Ánodo	NiO-YSZ (NiO=55-75% p)	
Capa conductora del ánodo	Pd-NiO-(Mg _{0,42} -Ni _{0,58})Al ₂ O ₄	
Cátodo	La _(1-x) Sr _x MnO _(3-δ) (x = 0,1-0,3) -3YSZ	
Capa conductora del cátodo	La _(1-x) Sr _x MnO _(3-d) (x = 0,1-0,3), o LaNi _{0,6} Fe _{0,4} O ₃	
Electrolito	4-11% mol Sc ₂ O ₃ -ZrO ₂	6ScSZ
Conductor primario ciego	xPd(100-x)Pt -YSZ (x = 35-65 razón en p, la aleación es 35-80% v)	31,1% Pd, 31,1 % Pt, 24,4% 3YSZ
Barrera química en el lado del ánodo	Ceria Dopada	(Gd _{0,1} ,Ce _{0,9})O ₂
Conductor auxiliar en el lado del cátodo	La _(1-x) Sr _x MnO _(3-d) (x = 0,1-0,3), o LaNi _{0,6} Fe _{0,4} O ₃	
Sustrato	MgO-MgAl ₂ O ₄	69,4% MgO, 30,6% MgAl ₂ O ₄
Capa de modificación de la superficie del sustrato	3-8% mol Y ₂ O ₃ -ZrO ₂	8YSZ
Sello cerámico	3-5% mol Y ₂ O ₃ -ZrO ₂ , o 4-6% mol Sc ₂ O ₃ -ZrO ₂	3YSZ
ASR de la celda, ohm-cm ²		0,24
ASR del interconector, ohm-cm ²		0,05-0,06
Duración del ensayo, horas		8000
Ejemplos: PCT63A&B para la Figura 16		

TABLA 7

	Composición General	Composición Específica
Ánodo		
Capa conductora del ánodo		
Cátodo		
Capa conductora del cátodo		
Electrolito		
Conductor primario ciego	Pt-YSZ-SrZrO ₃	78,8% Pt-11,1% 3YSZ-10,1% SrZrO ₃
Conductor auxiliar en el lado del ánodo		
Conductor auxiliar en el lado del cátodo		
Sustrato		
Capa de modificación de la superficie del sustrato		
Sello cerámico		
ASR de la celda, ohm-cm ²		
ASR del interconector, ohm-cm ²		
Ejemplos: no ensayado en un artículo de ensayo SOFC real, formulación granular		

TABLA 8

	Composición General	Composición Específica
Ánodo	NiO-YSZ (NiO=55-75% p)	
Capa conductora del ánodo	Pd-NiO-(Mg _{0,42} , Ni _{0,58})Al ₂ O ₄	
Cátodo	La _(1-x) Sr _x MnO _(3-δ) (x = 0, 1-0,3) -3YSZ	
Capa conductora del cátodo	La _(1-x) Sr _x MnO _(3-d) (x = 0, 1-0,3)	
Electrolito	3-8% mol Y ₂ O ₃ -ZrO ₂	3YSZ
Conductor primario ciego	Pt-Pd-YSZ-La ₂ O ₃	36% Pt-36%Pd-25,2% 3YSZ-2,8%La ₂ O ₃
Conductor auxiliar en el lado del ánodo	Pt-Pd-YSZ-La ₂ O ₃	36% Pt-36%Pd-25,2% 3YSZ-2,8%La ₂ O ₃
Conductor auxiliar en el lado del cátodo	La _(1-x) Sr _x MnO _(3-d) (x = 0, 1-0,3)	
Sustrato	MgO-MgAl ₂ O ₄	69,4% MgO, 30,6% MgAl ₂ O ₄
Capa de modificación de la superficie del sustrato	3-8% mol Y ₂ O ₃ -ZrO ₂	8YSZ
Sello cerámico	3-5% mol Y ₂ O ₃ -ZrO ₂ , o 4-6% mol Sc ₂ O ₃ -ZrO ₂	3YSZ
ASR de la celda, ohm-cm ²		0,3-0,34
ASR del interconector, ohm-cm ²		0,04-0,07
Ejemplos: PCT57		

5 Las realizaciones de la presente invención se refieren a un sistema de celda de combustible, que comprende: una pluralidad de celdas electroquímicas, estando formada cada celda electroquímica por un ánodo, un cátodo separado del ánodo, y un electrolito dispuesto entre el ánodo y el cátodo; un interconector que acopla eléctricamente un par de celdas electroquímicas eléctricamente adyacentes, acoplando el interconector eléctricamente el ánodo de una celda electroquímica al cátodo de la otra celda electroquímica; y una capa conductora del cátodo acoplada eléctricamente al interconector, en donde el interconector está en contacto con la capa conductora del cátodo y en contacto con el electrolito; y en donde el interconector está formado por un compuesto tipo cermet que tiene al menos una fase cerámica no conductora iónica.

10 En un perfeccionamiento, el cermet incluye zirconia estabilizada con itria.

En otro perfeccionamiento, la fase cerámica no conductora iónica del cermet del compuesto tipo cermet incluye polvo de pirocloro.

En el contexto de la presente invención, la fase cerámica no conductora iónica del cermet incluye pirocloro.

15 En otro perfeccionamiento más, el pirocloro es uno o ambos de pirocloro La₂Zr₂O₇ y pirocloro Pr₂Zr₂O₇.

En el contexto de la presente invención, el pirocloro es de la composición (M_{RE})₂Zr₂O₇, en donde M_{RE} es un catión de tierras raras.

En un perfeccionamiento adicional, la fase cerámica no conductora iónica del cermet incluye al menos uno de SrZrO₃, espinela MgAl₂O₄, espinela NiAl₂O₄ y alúmina.

- En un perfeccionamiento adicional más, la fase metálica del cermet es Ni o una aleación de Ni.
- En otro perfeccionamiento adicional, la fase metálica del cermet es un metal precioso o una aleación de metal precioso.
- En aún otro perfeccionamiento adicional, la fase metálica del cermet incluye al menos uno de Ag, Au, Pd y Pt.
- 5 En otro perfeccionamiento adicional, el interconector incluye una parte embebida dentro del electrolito.
- En otro perfeccionamiento adicional más, la fase cerámica del cermet incluye una fase conductora iónica.
- En aún otro perfeccionamiento adicional, la fase conductora iónica es zirconia estabilizada con itria (YSZ).
- En aún otro perfeccionamiento adicional más, la fracción en volumen de YSZ de la fase cerámica es menor que 30% v.
- 10 En otro perfeccionamiento más, se determina la cantidad de fase no conductora iónica en el compuesto tipo cermet para hacer que el resto de la fase conductora iónica esté por debajo de un umbral de percolación.
- En otro perfeccionamiento adicional, la capa conductora del cátodo está en contacto con el electrolito.
- Las realizaciones de la presente invención se refieren a un sistema de celda de combustible, que comprende: un cátodo de una primera celda electroquímica; un electrolito; y un ánodo de una segunda celda electroquímica separada del cátodo por el electrolito; una capa conductora del cátodo contigua al cátodo; y un interconector configurado para conducir electrones libres entre el ánodo y el cátodo, en donde el interconector está contiguo tanto a la capa conductora del cátodo como al electrolito; y en donde el interconector está formado por un compuesto tipo cermet que tiene al menos una fase cerámica no conductora iónica.
- 15 En un perfeccionamiento, el cermet incluye zirconia estabilizada con itria.
- 20 En otro perfeccionamiento, la fase cerámica no conductora iónica del cermet del compuesto tipo cermet incluye polvo de pirocloro.
- En otro perfeccionamiento más, la fase cerámica no conductora iónica del cermet incluye pirocloro.
- En otro perfeccionamiento más, la fase cerámica no conductora iónica del cermet incluye al menos uno de SrZrO₃, espinela MgAl₂O₄, espinela NiAl₂O₄ y alúmina.
- 25 En otro perfeccionamiento más más, la fase metálica del cermet es Ni o una aleación de Ni.
- En un perfeccionamiento adicional, la fase metálica del cermet es un metal precioso o una aleación de metal precioso.
- En un perfeccionamiento adicional más, el interconector incluye una parte embebida dentro del electrolito.
- En otro perfeccionamiento adicional, la fase cerámica del cermet incluye una fase conductora iónica.
- 30 En aún otro perfeccionamiento adicional, la fase cerámica del cermet incluye un granate que tiene una sustitución en el sitio A y/o el sitio B.
- Aunque la invención se ha descrito en conexión con lo que actualmente se considera la realización más práctica y preferida, debe entenderse que la invención no está limitada a la realización o realizaciones descritas, sino que está definida por las reivindicaciones adjuntas.
- 35 Además, debe entenderse que aunque el uso de la palabra preferible, preferiblemente, o preferido en la descripción anterior indica que el elemento así descrito puede ser más deseable, no obstante puede no ser necesario y puede contemplarse cualquier realización que carezca del mismo como dentro del alcance de la invención, estando definido este alcance por las siguientes reivindicaciones. Durante la lectura de las reivindicaciones se pretende que, cuando se usan palabras tales como "un," "uno" "al menos uno" y "al menos una parte", no hay intención de limitar la reivindicación únicamente a un elemento a menos que se indique específicamente lo contrario en la reivindicación.
- 40 Además, cuando se usan expresiones como "al menos una parte" y/o "una parte" el elemento puede incluir una parte y/o el elemento en su totalidad a menos que se indique específicamente lo contrario.

REIVINDICACIONES

1. Un sistema (10) de celda de combustible, que comprende:
- una primera y una segunda celda electroquímica (12), estando formada cada celda electroquímica por un ánodo (40) y un cátodo (42) separado de dicho ánodo;
- 5 un electrolito (26) dispuesto entre dicho ánodo y dicho cátodo de la primera celda electroquímica;
- un interconector (16) que acopla eléctricamente la primera y segunda celdas electroquímicas, acoplando dicho interconector eléctricamente dicho ánodo de la primera celda electroquímica a dicho cátodo de la segunda celda electroquímica; y
- una capa (30) conductora del cátodo acoplada eléctricamente a dicho interconector,
- 10 en donde dicho interconector está en contacto con dicha capa conductora del cátodo y en contacto con dicho electrolito de la primera celda electroquímica;
- en donde dicho interconector está formado por un compuesto tipo cermet que tiene al menos una fase cerámica y una fase metálica, caracterizado por que la al menos una fase cerámica está en forma de pirocloro que tiene una composición de $(MRE)_2Zr_2O_7$, en donde MRE es un catión de tierras raras.
- 15 2. El sistema de celda de combustible de la reivindicación 1, en donde la fase cerámica en el compuesto tipo cermet incluye una fase conductora iónica en forma de zirconia estabilizada con itria (YSZ).
3. El sistema de celda de combustible de la reivindicación 1,
- en donde la al menos una fase cerámica del compuesto tipo cermet incluye pirocloro en forma de polvo de pirocloro;
- 20 o en donde la al menos una fase cerámica del compuesto tipo cermet incluye pirocloro en forma de uno o ambos de pirocloro $La_2Zr_2O_7$ y pirocloro $Pr_2Zr_2O_7$.
4. El sistema de celda de combustible de la reivindicación 1, en donde la fase metálica del compuesto tipo cermet es Ni o una aleación de Ni,
- o en donde la fase metálica del compuesto tipo cermet es un metal precioso o una aleación de metal precioso,
- 25 o en donde la fase metálica del compuesto tipo cermet es un metal precioso o una aleación de metal precioso, en donde la fase metálica del compuesto tipo cermet incluye al menos uno de Ag, Au, Pd y Pt.
5. El sistema de celda de combustible de la reivindicación 1, en donde dicho interconector incluye una parte embebida entre dicho electrolito de la primera celda electroquímica y dicho electrolito de la segunda celda electroquímica.
- 30 6. El sistema de celda de combustible de la reivindicación 2, en donde la fracción en volumen de YSZ de la fase cerámica es menor que 30% v.
7. El sistema de celda de combustible de la reivindicación 2, en donde se determina una cantidad de pirocloro en el compuesto tipo cermet para hacer que el resto de la YSZ esté por debajo de un umbral de percolación para eliminar la conductividad iónica a través del interconector.
- 35 8. El sistema de celda de combustible de la reivindicación 1, en donde dicha capa conductora del cátodo está en contacto con dicho electrolito.
9. El sistema de celda de combustible de la reivindicación 1, en donde la fase cerámica del compuesto tipo cermet incluye un granate que tiene una sustitución en el sitio A y/o el sitio B.

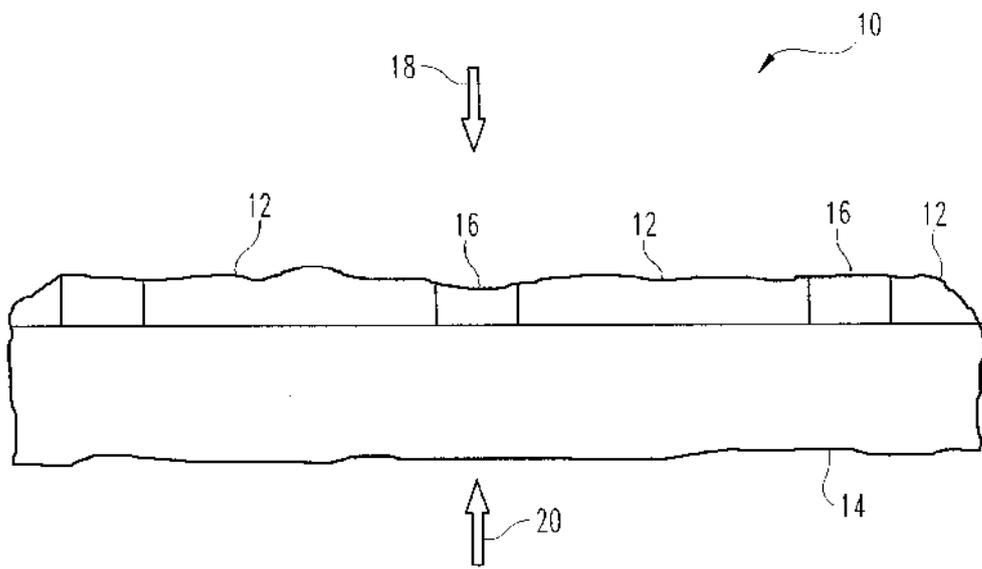


FIG. 1

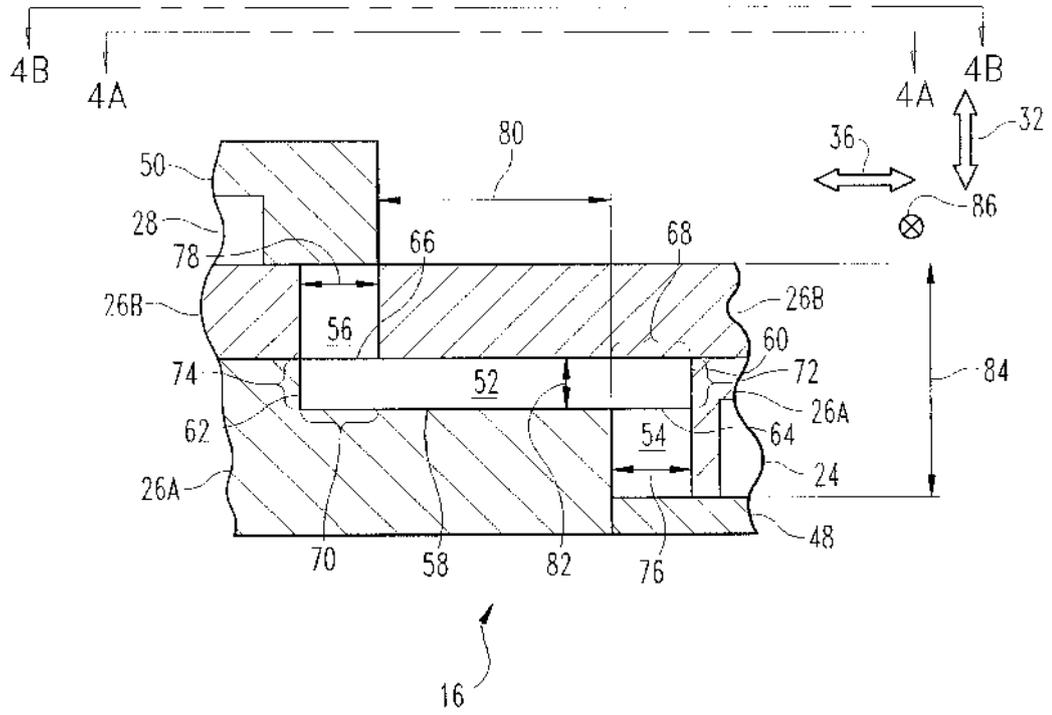


FIG. 3

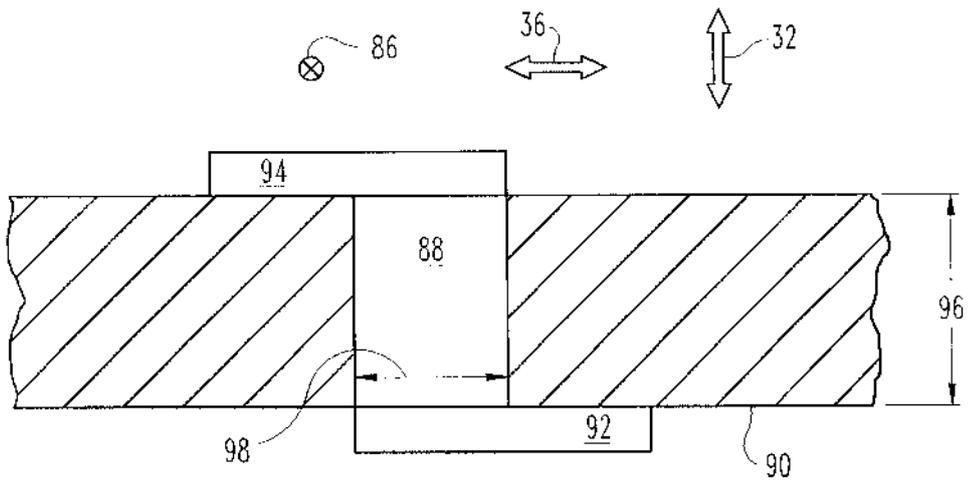
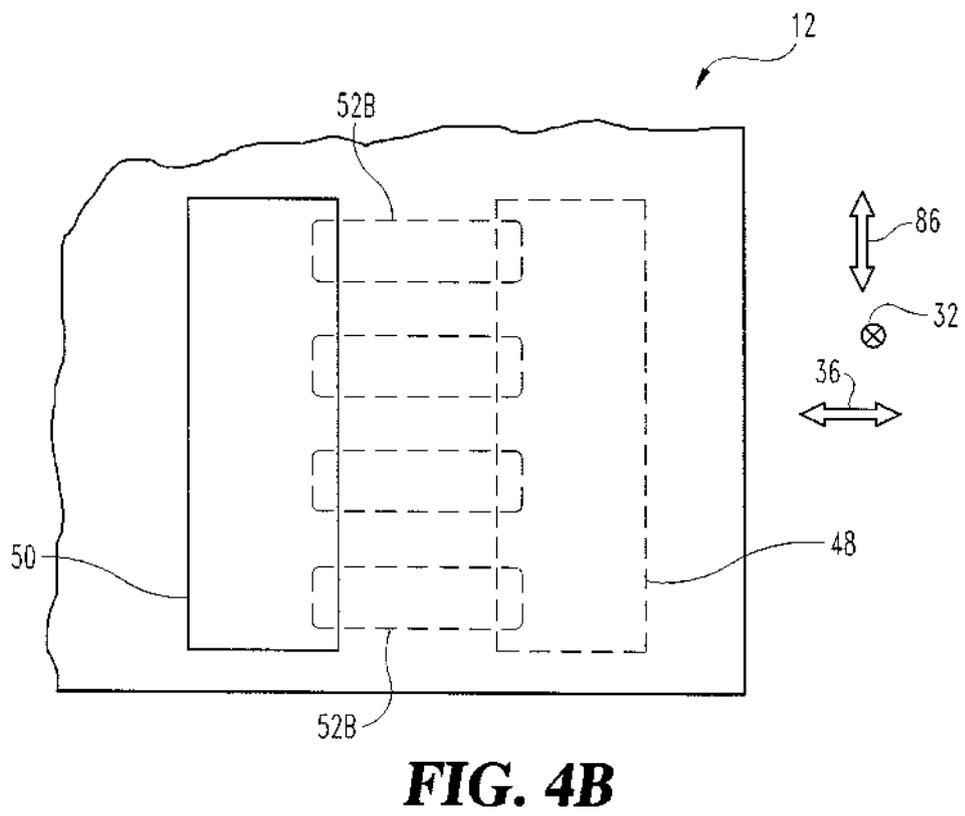
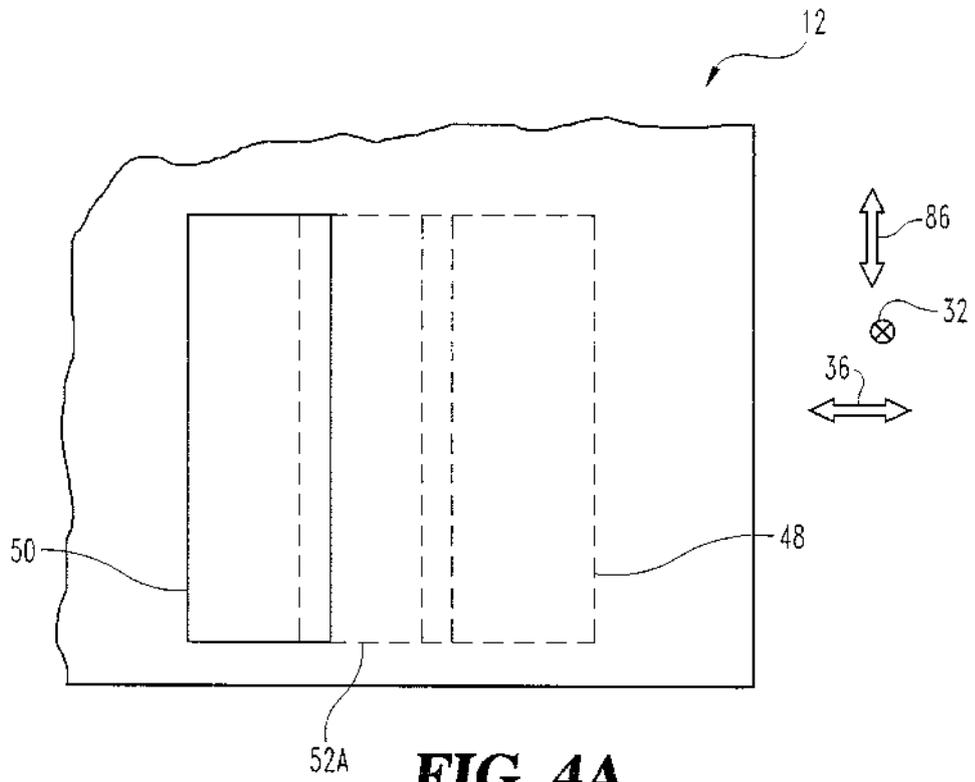


FIG. 5



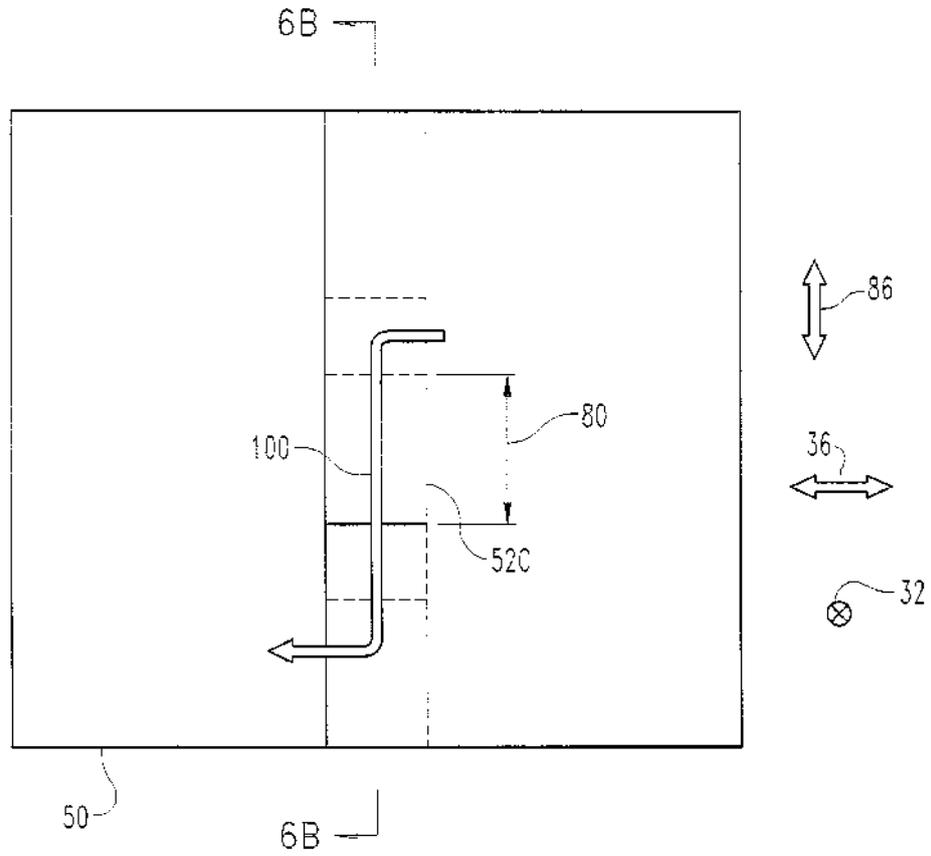


FIG. 6A

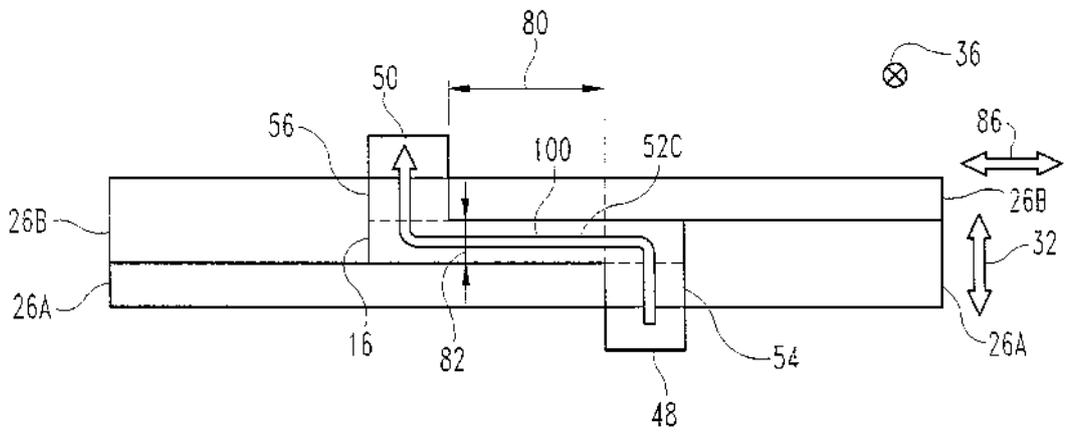


FIG. 6B

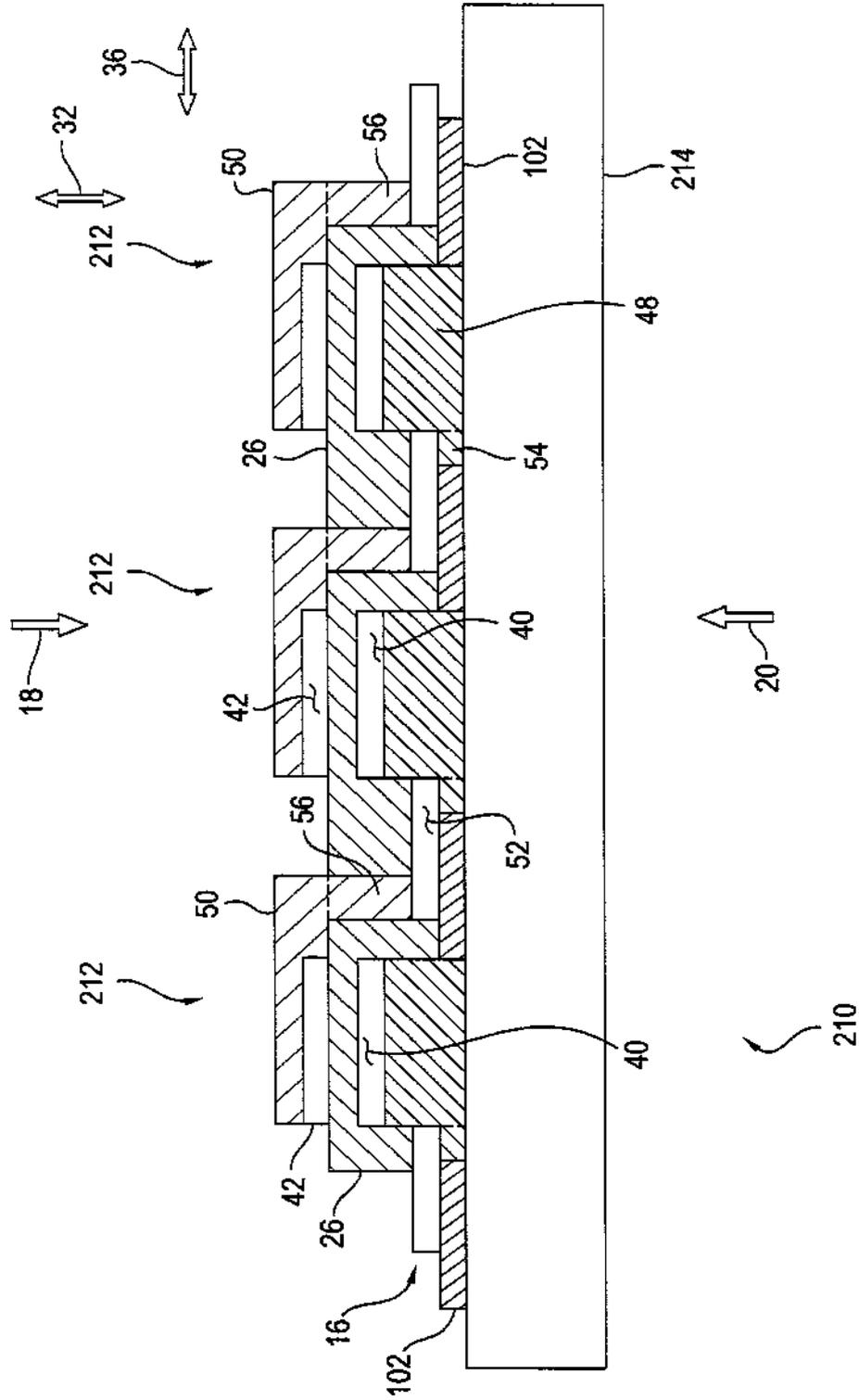


FIG. 7

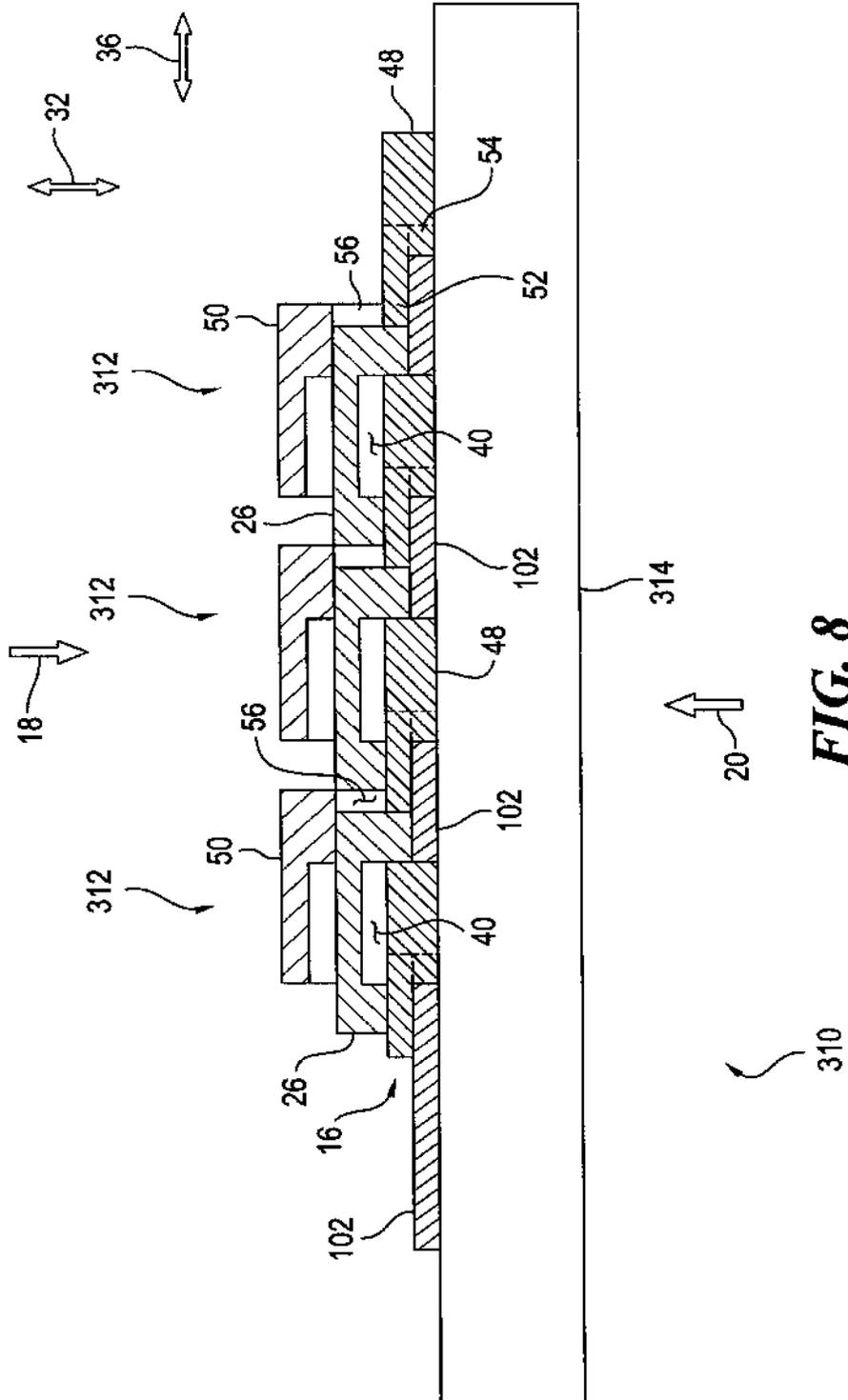


FIG. 8

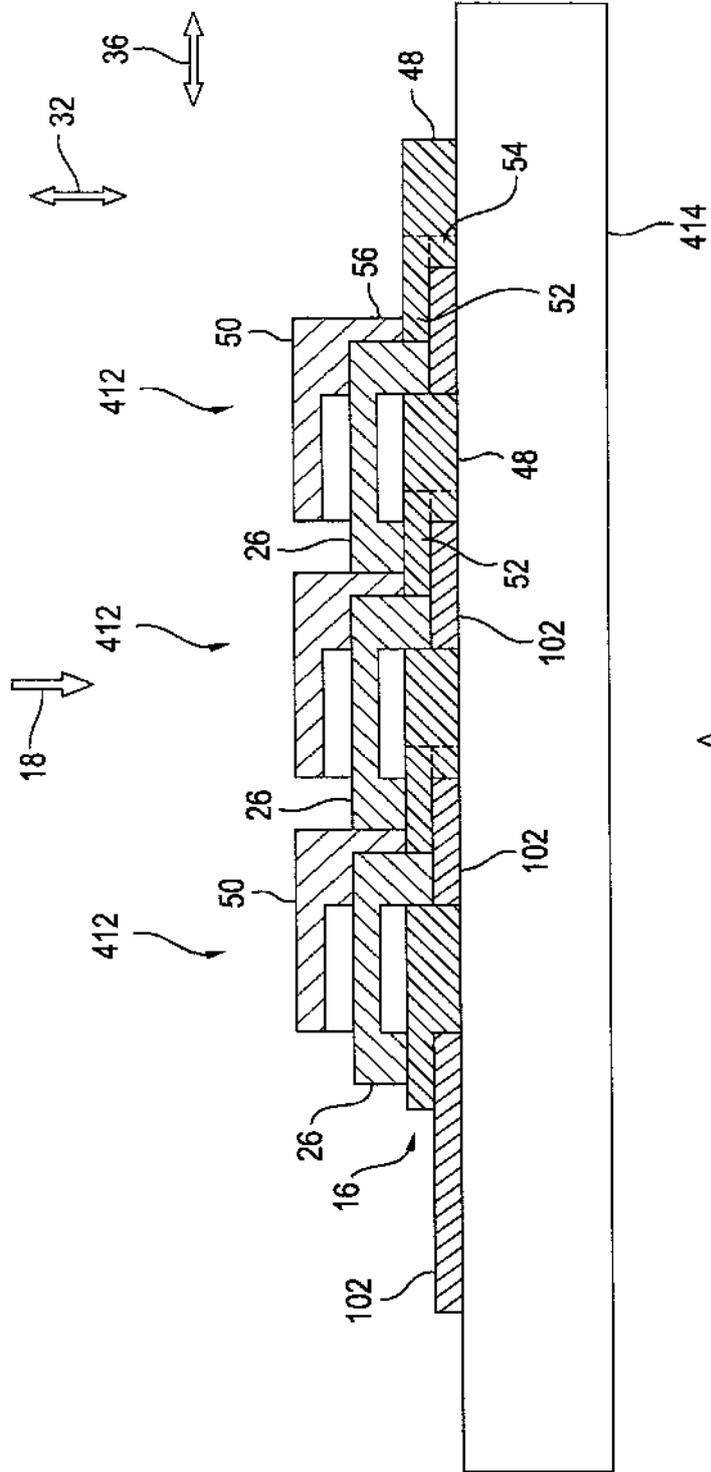


FIG. 9

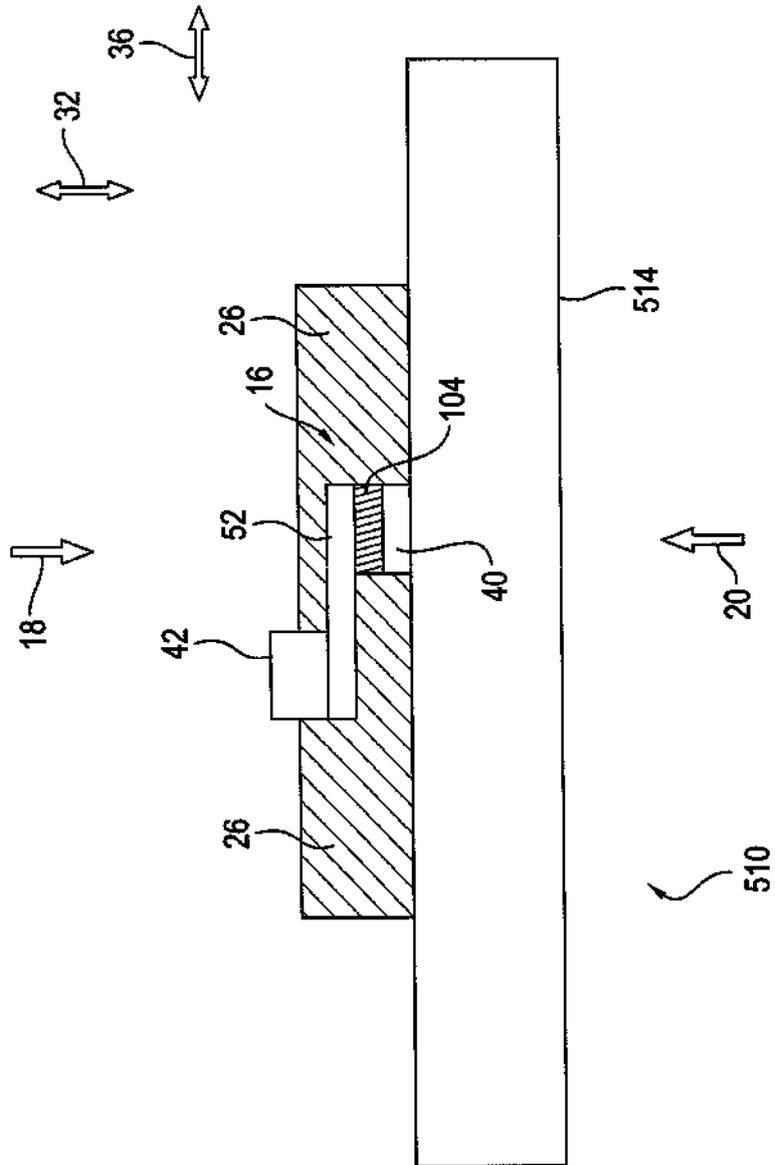


FIG. 10

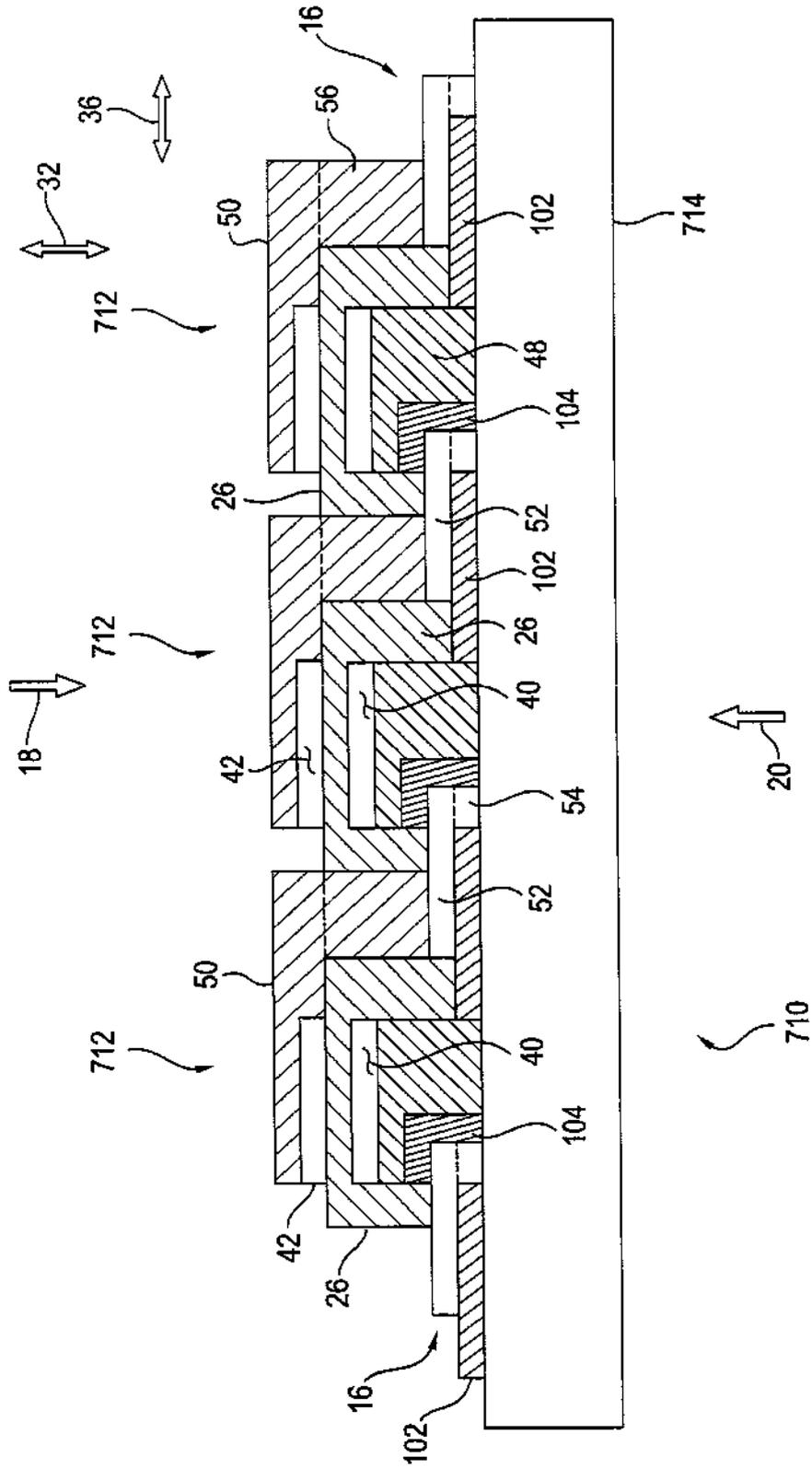


FIG. 12

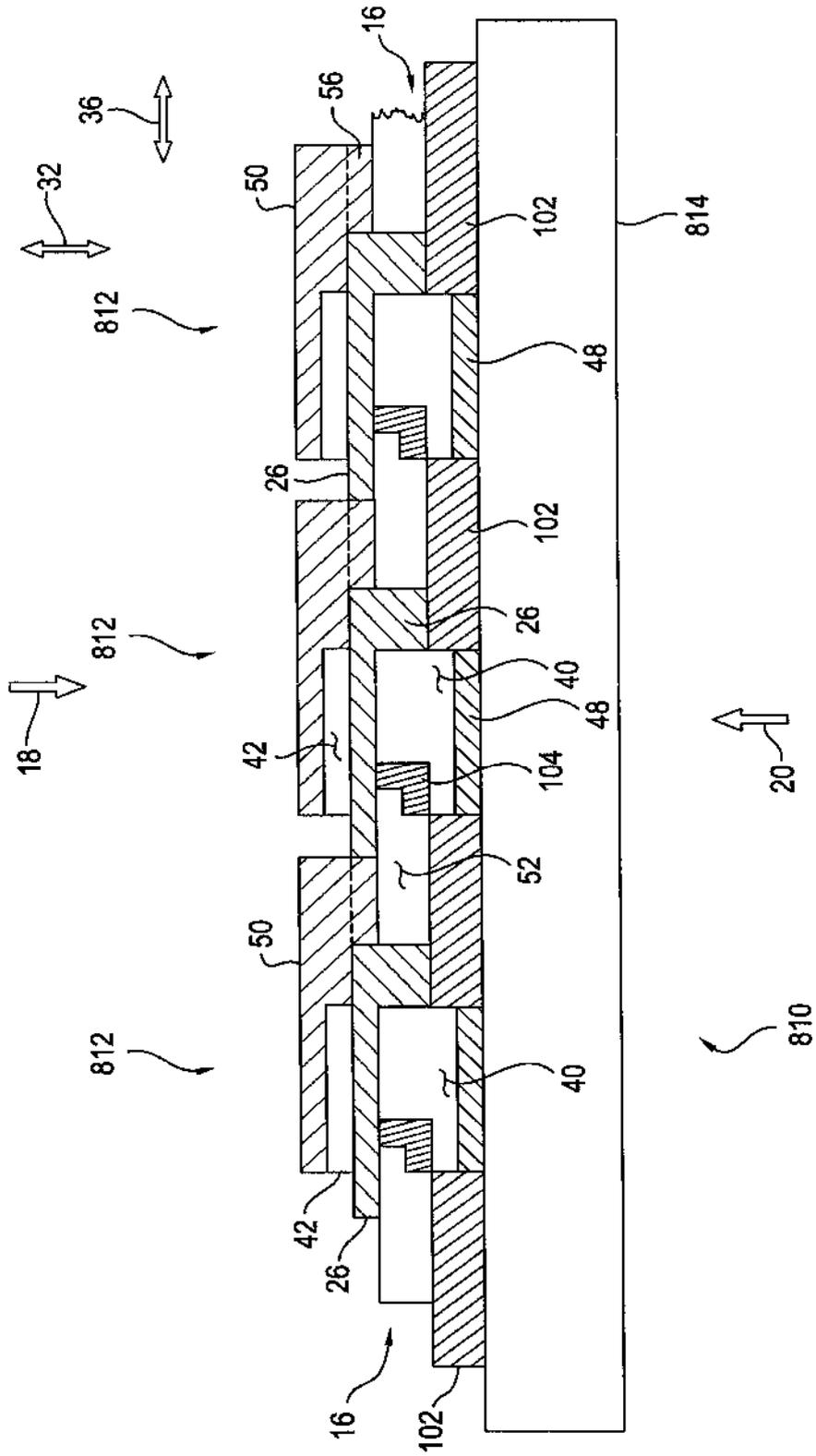


FIG. 13

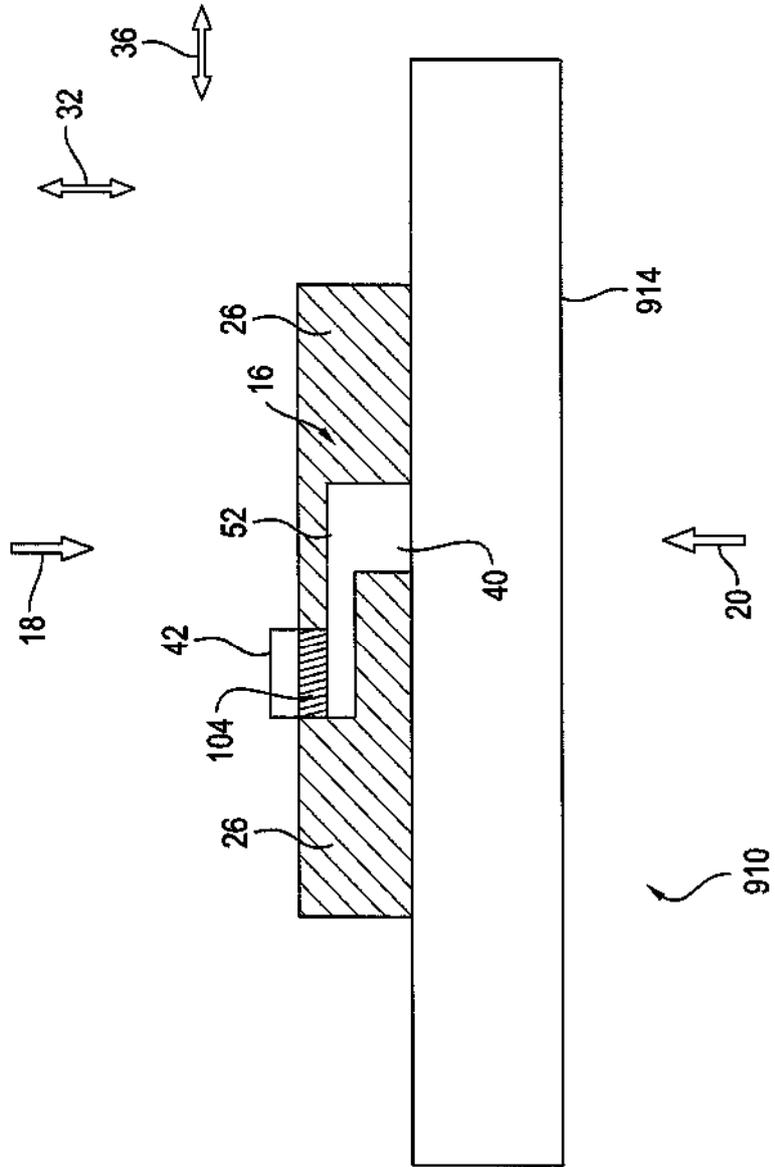


FIG. 14

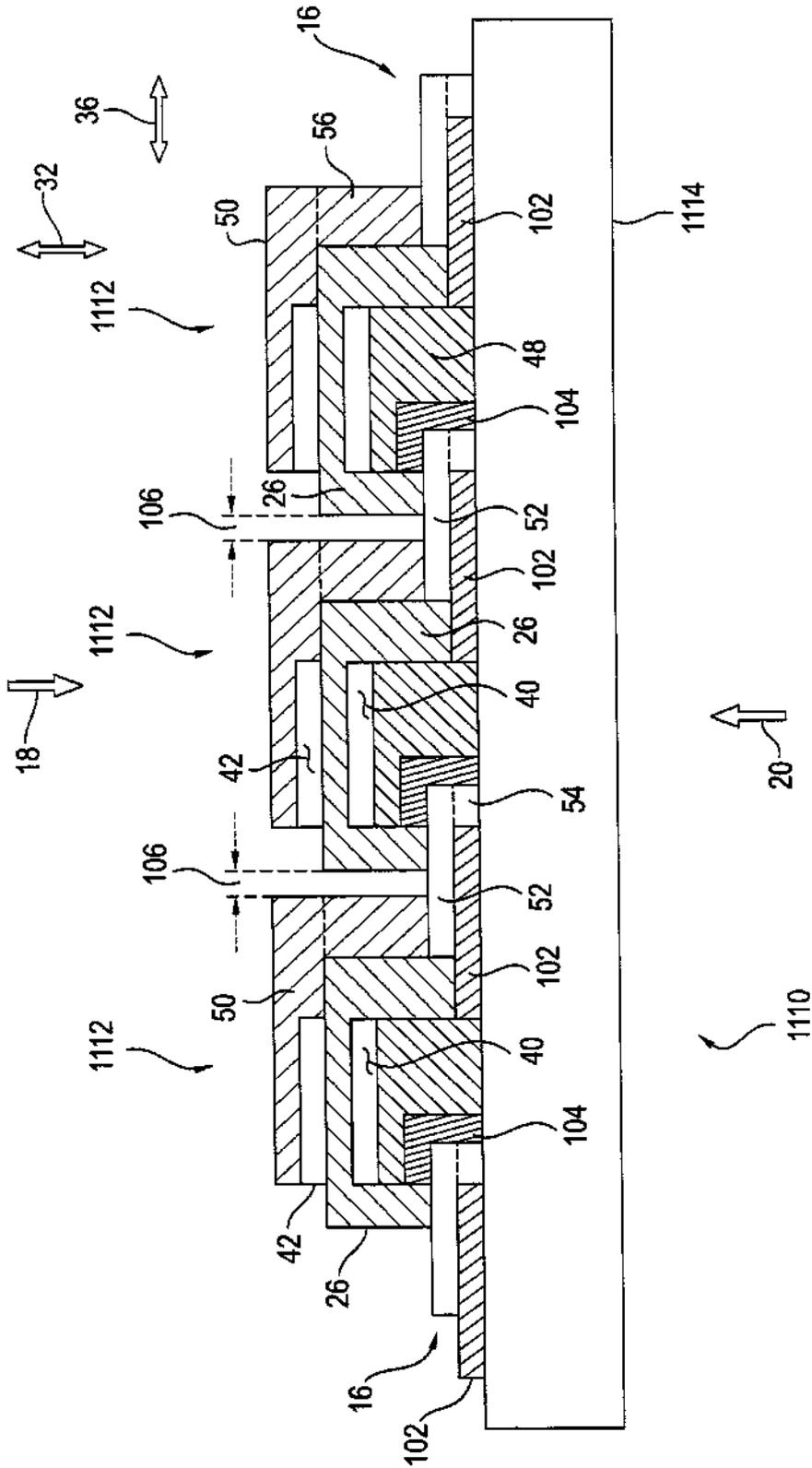


FIG. 16

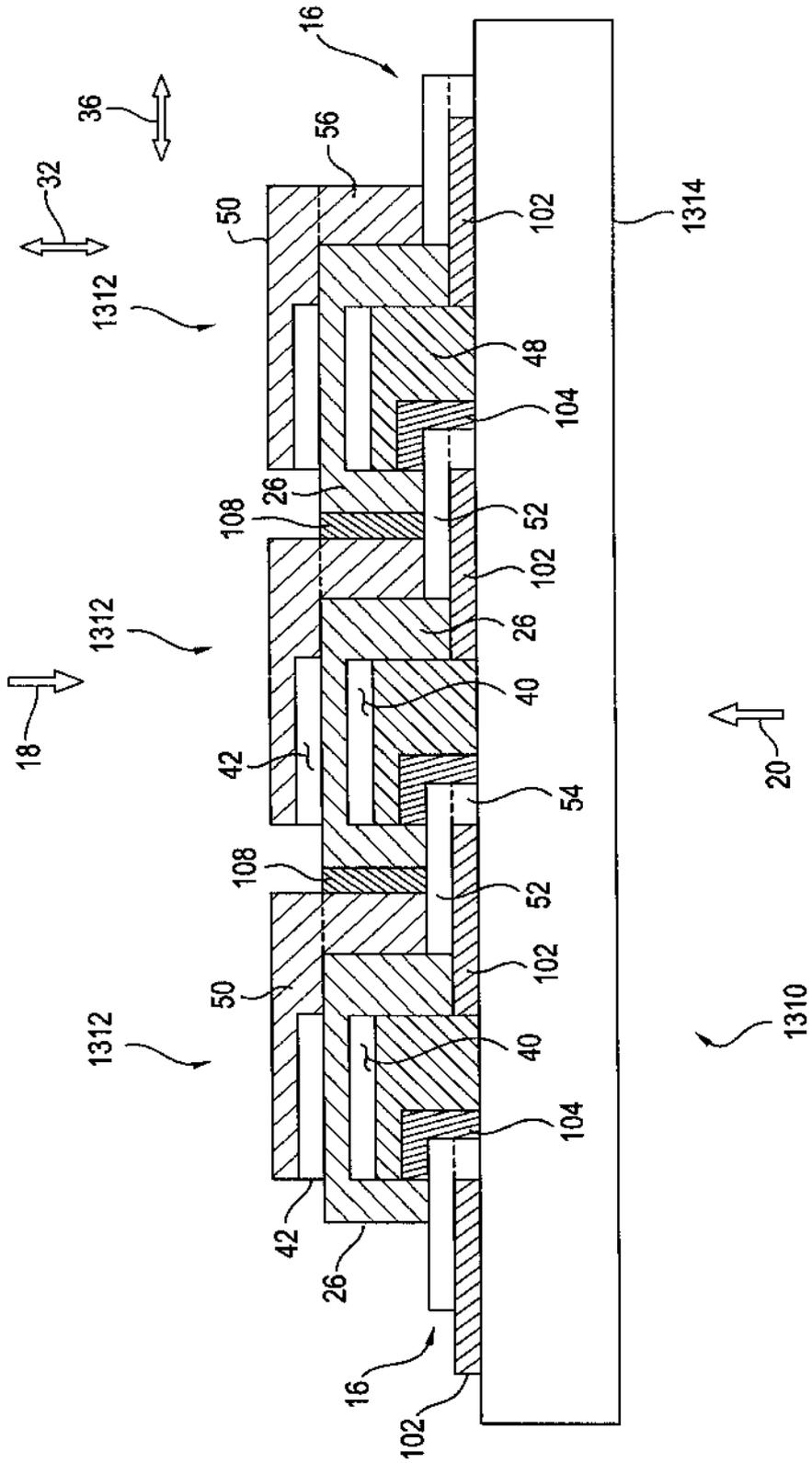


FIG. 18

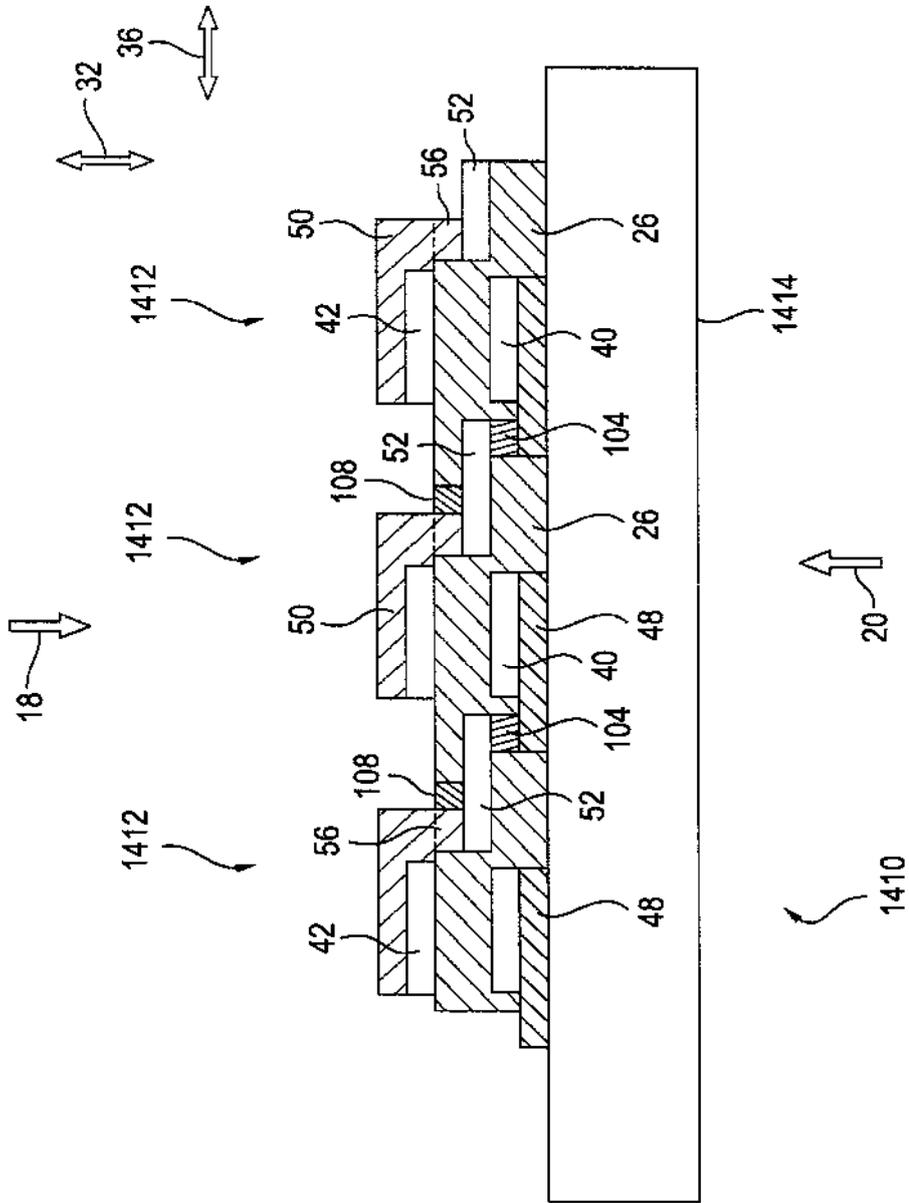


FIG. 19