

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 972 100**

51 Int. Cl.:

H01M 8/12 (2006.01)

H01M 8/247 (2006.01)

H01M 8/2475 (2006.01)

H01M 8/248 (2006.01)

H01M 8/124 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **22.06.2018** **E 21169507 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **07.02.2024** **EP 3872911**

54 Título: **Ensamblado de pila de celda de combustible**

30 Prioridad:

26.06.2017 GB 201710187

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

11.06.2024

73 Titular/es:

**CERES INTELLECTUAL PROPERTY COMPANY
LIMITED (100.0%)**

**Viking House, Foundry Lane, Horsham
West Sussex RH13 5PX, GB**

72 Inventor/es:

**REES, LEE;
PHILLIP, STEPHEN;
FREEMAN, EUAN;
BALLARD, ANDREW;
DOMANSKI, TOMASZ;
ERTURK, EREN y
ROBERTSON, ALAN**

74 Agente/Representante:

SÁEZ MAESO, Ana

ES 2 972 100 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

Ensamblado de pila de celda de combustible

Alcance de la invención

La presente invención está relacionada con configuraciones mejoradas de ensamblados de pilas de celdas de combustible, más particularmente a una configuración de compresión de pilas de celdas de combustible, y a métodos de construcción de las mismas.

Antecedentes de la invención

Las enseñanzas sobre las celdas de combustible, las pilas de celdas de combustible, los ensamblados de pilas de celdas de combustible y los sistemas, configuraciones y métodos de intercambiadores de calor son bien conocidas por los expertos en la materia, y en particular incluyen los documentos WO02/35628, WO03/07582, WO2004/089848, WO2005/078843, WO2006/079800, WO2006/106334, WO2007/085863, WO2007/110587, WO2008/001119, WO2008/003976, WO2008/015461, WO2008/053213, WO2008/104760, WO2008/132493, WO2009/090419, WO2010/020797, WO2010/061190, WO2015/004419, WO2015/136295, WO2016/124929, WO2016/124928, WO2016/128721 y WO2016/083780. La definición de los términos utilizados en el presente documento puede encontrarse, según sea necesario, en las publicaciones mencionadas. En particular, la presente invención pretende mejorar los sistemas y métodos descritos en el documento WO2015/136295.

Cuando se diseñan pilas de (celdas de combustible de óxido sólido) SOFC se plantean retos significativos de diseño mecánico, eléctrico y térmico, ya que las pilas deben estar en compresión para su conectividad eléctrica, el sellado de gases y el mantenimiento de la integridad estructural del ensamblado, su movimiento y funcionamiento, están sometidas a ciclos térmicos significativos y necesitan mantener la integridad durante el tiempo de vida útil.

Los ensamblados de pilas de celdas de combustible de óxido sólido con soporte metálico comprenden habitualmente una placa base metálica, al menos una pila de celda de combustible de óxido sólido montada en la placa base, una placa final metálica, con cada al menos una pila de celda de combustible colocada entre dicha placa base y dicha placa final, y comprendiendo (cada al menos una pila de celda de combustible) al menos una capa de pila de celda de combustible, comprendiendo cada al menos una capa de pila de celda de combustible al menos una celda de combustible y al menos una junta de compresión eléctricamente aislante.

Cada al menos una celda de combustible comprende habitualmente capas de ánodo, de electrolito y de cátodo soportadas sobre un sustrato metálico.

Dichos componentes de pilas de celdas de combustible de óxido sólido de ensamblados de pilas de celdas de combustible de óxido sólido con soporte metálico (SOFC) a menudo se mantienen en compresión con el uso de múltiples barras de sujeción que van desde la placa base, a través de agujeros de guía en la al menos una pila de celda de combustible y a través de la placa final donde se aseguran con tuercas de bloqueo.

Debido a la proximidad de las barras de sujeción a los bordes de los agujeros de guía (es decir, a los bordes de los componentes metálicos que definen los agujeros de guía en la al menos una pila de celda de combustible), se requiere una cuidadosa consideración de diseño, ya que existe un riesgo de cortocircuito entre las barras de sujeción y la pila cuando los componentes se expanden a altas temperaturas en una atmósfera potencialmente mixta que incluye vapor, hidrocarburos reaccionados y no reaccionados y aire.

Durante la fabricación del ensamblado de la pila de celda de combustible, las barras de montaje (que tienen un diámetro mayor que las barras de sujeción) se insertan a través de los agujeros de guía en la al menos una pila de celda de combustible para lograr la alineación de las celdas de combustible mientras se ensambla la pila por primera vez. A continuación, las barras de montaje se retiran y se sustituyen por las barras de sujeción, que tienen un diámetro menor que las barras de montaje. A continuación, se añade la placa final a la parte superior de la al menos una pila de celda de combustible, y se utilizan medios de compresión para comprimir el ensamblado de la pila de celda de combustible. Con el ensamblado de la pila de celda de combustible comprimido, se añaden entonces las tuercas de bloqueo. La carga de compresión se retira entonces de la pila, dejando que las barras de sujeción mantengan la compresión de la pila. Mantener la carga de compresión en el intervalo de temperatura de funcionamiento de la pila de celda de combustible puede ser un reto, dependiendo de la carga de compresión requerida, del número de capas de la pila de celda de combustible - y por lo tanto de la longitud de las barras de sujeción-, y de los materiales adecuados para hacer la barra de sujeción. El hecho de tener barras de sujeción de diferente diseño para diferentes diseños de pilas puede añadir complejidad y coste.

La presente invención pretende mejorar la técnica anterior y/o abordar, superar o mitigar al menos una de las desventajas de la técnica anterior.

Resumen de la invención

Según un primer aspecto de la presente invención, se proporciona un ensamblado de pila de celda de combustible de óxido sólido con soporte metálico como se define en la reivindicación 1 adjunta. El ensamblado de pila de celda de combustible de óxido sólido con soporte metálico comprende:

(i) una placa base metálica;

5 (ii) una al menos una pila de celda de combustible montada en la placa base; y

(iii) una placa final metálica;

10 cada una de al menos una pila de celda de combustible dispuesta montada entre dicha placa base y dicha placa final, y que comprende al menos una capa de pila de celda de combustible, comprendiendo cada una de al menos una capa de pila de celda de combustible al menos una celda de combustible y al menos una junta de compresión eléctricamente aislante,

caracterizado porque un faldón está unido a y entre la placa base y la placa final para encerrar la al menos una pila de celda de combustible y está bajo tensión a y entre la placa base y la placa final para mantener una fuerza de compresión a través de la al menos una pila de celda de combustible, y

15 el ensamblado de pila de celda de combustible de óxido sólido comprende además al menos una placa de expansión situada entre la placa base y la placa final,

en donde la al menos una placa de expansión tiene un coeficiente de expansión térmica mayor que un coeficiente de expansión térmica del faldón, y el coeficiente de expansión térmica del faldón es mayor que un coeficiente de expansión térmica de la al menos una pila de celda de combustible.

20 Según otro aspecto de la presente invención, se proporciona un método para formar un ensamblado de pila de celda de combustible de óxido sólido con soporte metálico como se define en la reivindicación 8 adjunta. El método comprende los pasos de:

(a) ensamblado:

(i) una placa base metálica;

(ii) al menos una pila de celda de combustible montada en la placa base;

25 (iii) al menos una placa de expansión; y

(iv) una placa final metálica;

30 cada una de al menos una placa de expansión dispuesta entre la placa base y la placa final, cada una de al menos una pila de celda de combustible dispuesta montada entre dicha placa base y dicha placa final, y que comprende al menos una capa de pila de celda de combustible, cada una de al menos una capa de pila de celda de combustible que comprende al menos una celda de combustible y al menos una junta de compresión eléctricamente aislante,

(b) aplicar una primera fuerza de compresión a través de la al menos una pila de celda de combustible;

(c) fijar un faldón a y entre la placa base y la placa extrema para encerrar la pila; y

(d) eliminar la primera fuerza de compresión de modo que la carga de compresión sobre la al menos una pila de celda de combustible se mantenga a través de fuerzas de tracción en el faldón;

35 en donde la al menos una placa de expansión tiene un coeficiente de expansión térmica mayor que un coeficiente de expansión térmica del faldón, y el coeficiente de expansión térmica del faldón es mayor que un coeficiente de expansión térmica de la al menos una pila de celda de combustible.

40 Al mantener una carga de compresión sobre la al menos una pila de celda de combustible mediante las fuerzas de tracción en el faldón, se elimina la necesidad de la presencia de barras de sujeción. La eliminación de las barras de sujeción da lugar a una reducción de la masa térmica del ensamblado de pila de celda de combustible, lo que a su vez aumenta el rendimiento del ensamblado de la pila de celda de combustible - en particular, puede reducir la energía necesaria para que la al menos una celda de combustible alcance la temperatura de funcionamiento, es decir, puede reducir el tiempo necesario para alcanzar la temperatura de funcionamiento. Esto, a su vez, puede aumentar la eficiencia operativa del ensamblado de la pila de celda de combustible. Esto también da lugar a un proceso de fabricación simplificado, a componentes simplificados, y reduce el riesgo de que se produzcan cortocircuitos en el producto final.

45 La fuerza de compresión se aplica, preferiblemente, a la placa base y a la placa final. La fuerza de compresión se aplica, preferiblemente, a través de la placa base y la placa final.

Preferiblemente, cuando se retiran los medios de compresión, el faldón está bajo tensión entre la placa base y la placa final para mantener la carga de compresión en la al menos una pila de celda de combustible.

5 Al no tener agujeros de guía para las barras de sujeción en la al menos una pila de celda de combustible, se incrementa el área de la superficie disponible del sustrato metálico en donde se pueden depositar las capas de ánodo, electrolito y cátodo, es decir, la al menos una celda de combustible puede tener una mayor área de superficie y, por lo tanto, se puede aumentar la potencia de salida.

Preferiblemente, el faldón es un faldón metálico. Como se describe a continuación, el faldón (metálico) puede fijarse a la placa base y a la placa final mediante soldadura.

10 En ciertas realizaciones, el ensamblado de la pila de celda de combustible comprende una pluralidad de placas de expansión.

Preferiblemente, el coeficiente de expansión térmica es (es decir, se mide o se define como) un coeficiente lineal de expansión térmica (en oposición a una expansión de área o de volumen).

15 En los ensamblados convencionales de pilas de celdas de combustible de óxido sólido con soporte metálico, las altas temperaturas a las que funciona el ensamblado de pilas de celdas de combustible de óxido sólido con soporte metálico hacen que las piezas componentes se expandan. Las barras de sujeción son habitualmente de construcción metálica y tienen un mayor coeficiente de expansión térmica (CTE) que otros componentes de la al menos una pila de celda de combustible, en particular las juntas de compresión eléctricamente aislantes. En tales ensamblados, el resultado de esta diferencia en los CTE es que bajo condiciones de trabajo (habitualmente 450-800 °C, más habitualmente
20 alrededor de 450-650 °C), se produce la expansión del ensamblado de la pila de celda de combustible, lo que resulta en una reducción de la fuerza de compresión en la al menos una pila de celda de combustible debido a la mayor expansión de las barras de sujeción en relación con los otros componentes del ensamblado de la pila de celda de combustible, en particular de la al menos una pila de celda de combustible de óxido sólido. Incluso una pequeña reducción de la fuerza de compresión puede provocar una pérdida de estanqueidad de los gases y una menor conductividad eléctrica entre los componentes de la pila de celda de combustible, en particular las capas de la pila de
25 celda de combustible y los componentes adyacentes (por ejemplo, otras capas de pila de celda de combustible, o las tomas de corriente eléctrica. Esto, a su vez, puede reducir la eficiencia de trabajo de la al menos una pila de celda de combustible y, en última instancia, podría provocar el fallo de la al menos una pila de celda de combustible.

El faldón está fijado a la placa de base y a la placa final, por lo que la expansión térmica de la placa de base y de la placa de extremo también afecta a la fuerza de compresión ejercida sobre la al menos una pila de celda de combustible. Preferiblemente, el coeficiente de expansión térmica de la al menos una placa de expansión es mayor que el coeficiente de expansión térmica de la placa base y el coeficiente de expansión térmica de la placa final. Preferiblemente, el CTE del faldón es mayor que el CTE total de la placa base, la al menos una pila de celda de combustible y la placa final (también denominado su "CTE total" o "el CTE de la placa base, la -al menos una pila de celda de combustible y la placa final"). Más preferiblemente, cuando se hace referencia al CTE total de la placa base,
35 la al menos una pila de celda de combustible y la placa final, el CTE resultante es función de la longitud (o longitud relativa) de la placa base, la placa final y la al menos una pila de celda de combustible. Además, preferiblemente, cuando la longitud (o la longitud relativa) de la placa base y de la placa final se utiliza para determinar un CTE total de la placa base, la al menos una pila de celda de combustible y la placa final, la longitud de la placa base y la placa final se determina como la longitud de la placa base y la placa final desde un extremo de la placa base o de la placa final proximal a la al menos una pila de celda de combustible y el punto en donde se fija el faldón a la placa base o a la placa final.
40

Preferiblemente, se coloca una placa de expansión entre la placa final y una capa adyacente de la pila de celda de combustible. En ciertas realizaciones, solamente hay una placa de expansión. En otras realizaciones hay varias placas de expansión, por ejemplo una primera placa de expansión situada entre la placa base y una capa de pila de celda de combustible adyacente, y una segunda placa de expansión situada entre la placa final y una capa de pila de celda de combustible adyacente. En ciertas realizaciones, el ensamblado de pila de celda de combustible comprende (en orden) una placa final, una placa de compresión, una junta de compresión eléctricamente aislante, y la al menos una pila de celda de combustible.
45

En ciertas realizaciones, se coloca al menos una placa de expansión entre las capas de la pila de celda de combustible, por ejemplo en una región central, del centro o media del ensamblado de la pila de celda de combustible.
50

Preferiblemente, el coeficiente de expansión térmica es un coeficiente lineal de expansión térmica a lo largo de un eje definido entre la placa base y la placa final y perpendicular a un plano general de la placa base y a un plano general de la placa final.

Preferiblemente, el faldón se expande a lo largo de una dirección longitudinal (una dirección longitudinal de expansión) definida entre la placa base y la placa final y perpendicular a un plano general de la placa base y a un plano general de la placa final. Preferiblemente, dicha expansión define una longitud de extensión del faldón a lo largo de la dirección longitudinal de expansión. Preferiblemente, la al menos una placa de expansión define una longitud de extensión a lo largo de la dirección longitudinal de expansión. Preferiblemente, la longitud de extensión de la al menos una placa de
55

expansión a lo largo de la dirección de extensión compensa la longitud de extensión del faldón a lo largo de la dirección de extensión. Preferiblemente, la compensación se produce a una temperatura comprendida entre 450 y 650 °C. Preferiblemente, la compensación es de al menos el 50 % de la longitud de extensión de la falda en comparación con la longitud de extensión de la al menos una pila de celda de combustible (o la longitud de extensión de la placa base, la al menos una pila de celda de combustible y la placa final). Más preferiblemente, la compensación es de al menos el 60, 70, 80, 90 o 95 %.

Preferiblemente, al menos una placa de expansión está situada entre la primera y la segunda capas adyacentes de la pila de celda de combustible de óxido sólido.

Preferiblemente, al menos una placa de expansión se encuentra fijada a la placa metálica final.

Así, la expansión del faldón se compensa con la expansión de la -al menos- una placa de expansión, lo que a su vez asegura que se mantenga la carga de compresión sobre la al menos una pila de celda de combustible, ayudando a su vez a mantener el sellado del gas y la conductividad eléctrica entre los componentes de la pila de celda de combustible, particularmente entre las capas adyacentes de pilas de celdas de combustible.

En los montajes convencionales, el uso de barras de sujeción para mantener las cargas de compresión de la pila (y, por tanto, la alineación de la pila de celda de combustible) se hace más evidente en el caso de pilas con muchas capas, o celdas de combustible de mayor área activa, en las que las cargas de compresión o la altura de la pila (es decir, la longitud de la pila, medida desde la placa base hasta la placa final) significa que el diámetro y la longitud de las barras de sujeción se vuelven difíciles de manejar desde el punto de vista del montaje de la pila y de la aplicación de la carga de compresión.

Por lo tanto, al (a) eliminar las barras de sujeción del ensamblado de la pila de celda de combustible, y (b) incorporar al menos una placa de expansión, se incrementa el rendimiento general y la vida útil del ensamblado de la pila de celda de combustible.

Preferiblemente, la carga de compresión sobre la al menos una pila de celda de combustible que se mantiene mediante fuerzas de tracción en el faldón es una carga de sellado de la junta, es decir, es suficiente para mantener un sello de gas entre cada al menos una junta de compresión eléctricamente aislante y los componentes adyacentes, es decir, la capa actual de la pila de celda de combustible y el componente adyacente, por ejemplo, otra capa de la pila de celda de combustible, o una placa de toma de corriente (también denominada "colector de corriente" o "polo final").

Preferiblemente, cada capa de la pila de celda de combustible comprende un sustrato metálico sobre el que está montada al menos una celda de combustible, una capa metálica espaciadora y una placa metálica de interconexión. Preferiblemente, cada al menos una celda de combustible comprende capas de ánodo, electrolito y cátodo. Preferiblemente, se define una trayectoria de flujo de oxidante (es decir, una trayectoria de flujo de fluido) desde una entrada de oxidante hasta una salida de oxidante de escape, y se define una trayectoria de flujo de combustible (es decir, una trayectoria de flujo de fluido) desde una entrada de combustible hasta una salida de combustible de escape. Preferiblemente, cada celda de combustible comprende (por orden) una placa metálica de interconexión, una capa metálica espaciadora, un sustrato metálico, y capas de ánodo, electrolito y cátodo montadas sobre dicho sustrato metálico.

Preferiblemente, la trayectoria de flujo de combustible desde la entrada de combustible hasta la salida de combustible de escape está internamente distribuida, es decir, está distribuida dentro de la al menos una pila de celda de combustible. Preferiblemente, la trayectoria del flujo de oxidante desde la entrada de oxidante hasta la salida de oxidante de escape está distribuida externamente, es decir, está distribuida fuera de la al menos una pila de celda de combustible. Más preferiblemente, está distribuida externamente a la al menos una pila de celda de combustible, e internamente al ensamblado de la pila de celda de combustible. Más preferiblemente, se define un volumen entre la placa base, la placa final, el faldón y la al menos una pila de celda de combustible. Dicho volumen puede ser considerado como un volumen de distribución de oxidante.

Como se detalla a continuación, en una pila de celda de combustible que comprende una pluralidad de tales capas de pila de celda de combustible, la al menos una junta de compresión eléctricamente aislante de una primera capa se intercala entre el sustrato metálico de la primera capa y la placa metálica de interconexión de una segunda capa de pila de celda de combustible adyacente.

Preferiblemente, la carga de compresión sobre la al menos una pila de celda de combustible es de al menos 0,5 kN.

Preferiblemente, la carga de compresión en cada una de las al menos una juntas de compresión eléctricamente aislantes es de al menos 15 MPa por centímetro cuadrado (es decir, 15 MPa.cm⁻²) a temperatura y presión ambiente (RTP). Más preferiblemente, la carga de compresión a RTP es de al menos 25 kN, más preferiblemente de al menos 30 kN, más preferiblemente entre 30 y 40 kN, más preferiblemente entre 30 y 35 kN.

En el paso (a) (el paso de ensamblaje), se ensambla una pila de celda de combustible utilizando una metodología convencional, por ejemplo, según las publicaciones del estado de la técnica tales como el documento WO2015/136295, aunque sin las barras de sujeción.

Preferiblemente, el paso (a) comprende además la inserción de al menos una junta eléctricamente aislante (por ejemplo, una junta de mica) situada entre una superficie exterior de dicha al menos una pila de celda de combustible y una superficie interior adyacente del faldón. Esto es particularmente preferible en las realizaciones en las que la trayectoria del flujo de oxidante desde la entrada de oxidante hasta la salida de oxidante de escape está distribuida externamente.

Un material preferible de junta de compresión eléctricamente aislante es la vermiculita, más preferiblemente la Thermiculita, más preferiblemente la Thermiculita 866. Un material de junta eléctricamente aislante preferible es la mica.

Preferiblemente, en el paso (b) la fuerza de compresión se ejerce a través de la placa base, la placa final y la al menos una pila de celda de combustible utilizando medios de compresión. Por lo tanto, después de ensamblar la placa base, al menos una pila de celda de combustible y la placa final en el paso (a), se puede ejercer una fuerza de compresión.

Preferiblemente, el faldón comprende una pluralidad de secciones de faldón. Más preferiblemente, el faldón comprende una primera y una segunda secciones de faldón. Preferiblemente, cada sección del faldón tiene una sección transversal generalmente en forma de U y es alargada perpendicularmente a la sección transversal generalmente en forma de U, es decir, tiene forma de arco o de bóveda, más particularmente en forma de bóveda de cañón. Preferiblemente, la sección transversal generalmente en forma de U es complementaria, es decir, está formada para recibir parte de la placa base metálica ensamblada, al menos una pila de celda de combustible, y la placa final metálica, es decir, parte de cada una de las placa base metálica, al menos una pila de celda de combustible, y la placa final metálica.

Así, estando definida una dirección longitudinal entre la placa base y la placa final, cada una de las al menos una capas de la pila de celda de combustible se extiende perpendicularmente a la dirección longitudinal, y la sección transversal en forma de U de cada sección del faldón es perpendicular a la dirección longitudinal.

Así, la primera sección del faldón está fijada a (y entre) la placa base y la placa final, y de forma similar la segunda sección del faldón está fijada a (y entre) la placa base y la placa final.

Por lo tanto, se define un volumen entre la placa base, la placa final y el faldón (ya sea un faldón que tiene una sola sección de faldón o una pluralidad de secciones de faldón), dentro del cual está contenida la al menos una pila de celda de combustible. Así pues, el faldón rodea la al menos una pila de celda de combustible.

El faldón se fija preferiblemente a la placa base y a la placa final mediante soldadura. Preferiblemente, la soldadura es en ángulo, más particularmente mediante soldadura TIG. También pueden realizarse otros tipos de soldadura, por ejemplo, soldadura en solape por láser y soldadura fuerte.

Cuando el faldón comprende una pluralidad de secciones del faldón, preferiblemente las secciones del faldón están soldadas entre sí. De nuevo, es preferible que la soldadura sea en ángulo. Más preferiblemente, la soldadura (por ejemplo, soldadura en ángulo) se realiza mediante soldadura TIG. También pueden realizarse otros tipos de soldadura, por ejemplo, soldadura en solape por láser y soldadura fuerte. El faldón (o cada sección del faldón) puede estar formado por diferentes secciones y materiales en la dirección longitudinal (es decir, perpendicular a la sección transversal en forma de U de cada sección del faldón). Dichas secciones y materiales pueden elegirse por razones de coste y/o de diseño del CTE.

En ciertas realizaciones, el paso (a) de montaje comprende el montaje de al menos dos pilas de celdas de combustible. Preferiblemente, las pilas de celdas de combustible se ensamblan en pares una contra la otra con tomas de corriente (polos finales) convenientemente situadas.

Así, por ejemplo, en una realización se proporcionan una primera y una segunda pilas de celdas de combustible, en donde cada capa de la pila de celda de combustible comprende una única celda de combustible, con las pilas de celdas de combustible dispuestas una contra la otra. Así, el ensamblado de pilas de celdas de combustible comprende (en orden) una placa base, una primera pila de celda de combustible, una segunda pila de celda de combustible (orientada en sentido inverso a la primera pila de celda de combustible), y una placa final. Al colocar las pilas de celdas de combustible primera y segunda de manera inversa, se puede proporcionar una única placa de toma de corriente positiva entre las pilas de celdas de combustible primera y segunda, y se puede proporcionar una primera placa de toma de corriente negativa en el extremo de la primera pila de celda de combustible adyacente a la placa base, y se puede proporcionar una segunda placa de toma de corriente negativa en el extremo de la segunda pila de celda de combustible adyacente a la placa final.

Esta configuración de una contra la otra (véase, por ejemplo, la realización 3), en donde un ensamblado de pilas de celdas de combustible comprende varias pilas de celdas de combustible individuales, permite que cada una de las pilas de celdas de combustible funcione a un voltaje definido (y/o a una potencia de salida) que es menor que el voltaje y/o la potencia de salida de una única pila de celda de combustible que contenga el mismo número total de capas de pila de celda de combustible. En particular, esto es útil para proporcionar una configuración eléctrica en paralelo y restringir (es decir, limitar) el voltaje (en comparación con una configuración en serie) y aumentar la potencia de salida (en comparación con una configuración en serie). De este modo, es posible empaquetar eficazmente en un único

ensamblado de pilas de celdas de combustible un número de pilas de celdas de combustible que operan cada una de ellas a, o menos de, por ejemplo, 60 V. Esto es especialmente útil, por ejemplo, en aplicaciones de automoción en las que la normativa y los criterios de diseño imponen requisitos adicionales a los niveles de tensión superiores a 60 V. Por ejemplo, un ensamblado de pilas de celdas de combustible de este tipo puede tener una tensión eléctrica de salida de 48 V.

En otra realización, se proporciona una sola pila de celda de combustible, comprendiendo cada capa de la pila de celda de combustible una primera y una segunda celdas de combustible.

En otra realización, se proporcionan unas pilas de celdas de combustible primera y segunda, comprendiendo cada capa de la pila de celda de combustible, celdas de combustible primera y segunda.

En otra realización, se proporcionan unas pilas de celdas de combustible primera, segunda, tercera y cuarta. Más preferiblemente, cada capa de pila de celda de combustible en dicha configuración comprende una primera y una segunda celdas de combustible.

Preferiblemente, dicha configuración comprende dos pares de pilas de celdas de combustible: la primera y segunda pilas de celdas de combustible forman un primer par, y la tercera y cuarta pilas de celdas de combustible forman un segundo par. Entre la primera y la segunda pilas de celdas de combustible se proporciona una placa de toma de corriente positiva, y entre la tercera y la cuarta pilas de celdas de combustible se proporciona una placa de toma de corriente positiva adicional. Entre el primer y el segundo par de pilas de celdas de combustible, es decir, entre la segunda y la tercera pilas de celdas de combustible, se proporciona una placa de toma de corriente negativa.

Preferiblemente, la placa base y la placa final están aisladas eléctricamente o aisladas de la al menos una pila de celda de combustible. Preferiblemente, se sitúa una junta de compresión eléctricamente aislante (por ejemplo, de Thermiculite 866) entre la placa base y la al menos una pila de celda de combustible, y se sitúa una junta de compresión eléctricamente aislante entre la placa final y la al menos una pila de celda de combustible.

También se proporciona según la presente invención un ensamblado de pila de celda de combustible fabricado según el método de la presente invención.

A menos que el contexto dicte lo contrario, los aspectos y características del método de la presente invención se aplican igualmente al producto, y viceversa.

Con respecto a la fuerza de compresión que se mantiene, al producir/fabricar el ensamblado de pila de celda de combustible de óxido sólido con soporte metálico utilizando el método de la presente invención, se ejerce una fuerza de compresión durante el proceso de fabricación, y en el producto final el faldón (fijado a y entre la placa base y la placa final) mantiene esa fuerza de compresión a través de la al menos una pila de celda de combustible.

El faldón tiene un coeficiente de expansión térmica mayor que el coeficiente de expansión térmica de la al menos una pila de celda de combustible, comprendiendo el ensamblado de pila de celda de combustible de óxido sólido adicionalmente al menos una placa de expansión situada entre la placa base y la placa de extremo, teniendo la al menos una placa de expansión un coeficiente de expansión térmica mayor que el del faldón. Preferiblemente, el faldón tiene un CTE mayor que el de la placa base y la placa final. Preferiblemente, el faldón tiene un CTE mayor que el CTE total de la placa base, la al menos una pila de celda de combustible y la placa final.

Preferiblemente, al menos una placa de expansión está en contacto con o fijada a la placa base o a la placa final. Preferiblemente, una placa de expansión está en contacto con o fijada a la placa final.

Por lo tanto, preferiblemente el ensamblado de pilas de celdas de combustible de óxido sólido con soporte metálico comprende además al menos una junta eléctricamente aislante situada entre una superficie exterior de dicho al menos una pila de celda de combustible y una superficie interior adyacente de dicho faldón.

Preferiblemente, cada al menos una pila de celda de combustible está en contacto eléctrico con los polos finales (tomas de corriente), y en donde dicha placa base y dicha placa final están eléctricamente aisladas de dicha al menos una pila de celda de combustible. Así, por ejemplo, en una primera realización se proporcionan una primera y una segunda pilas de celdas de combustible, en donde cada capa de pila de celda de combustible comprende una sola celda de combustible, con las pilas de celdas de combustible dispuestas una contra la otra. Así, el ensamblado de pilas de celdas de combustible comprende (en orden) una placa base, una primera pila de celda de combustible, una segunda pila de celda de combustible (orientada en sentido inverso a la primera pila de celda de combustible), y una placa final. Al colocar las pilas de celdas de combustible primera y segunda de manera inversa, se puede proporcionar una única placa de toma de corriente positiva entre las pilas de celdas de combustible primera y segunda, y se puede proporcionar una primera placa de toma de corriente negativa en el extremo de la primera pila de celda de combustible adyacente a la placa base, y se puede proporcionar una segunda placa de toma de corriente negativa en el extremo de la segunda pila de celda de combustible adyacente a la placa final. Preferiblemente, las juntas de compresión eléctricamente aislantes situadas entre la placa base y la al menos una pila de celda de combustible, y entre la placa final y la al menos una pila de celda de combustible, proporcionan el aislamiento eléctrico de la placa base y la placa final de la al menos una pila de celda de combustible.

A menos que el contexto indique lo contrario, las palabras "comprenden", "comprende", "que comprende" y similares deben interpretarse en un sentido inclusivo y no exhaustivo, es decir, en el sentido de "incluyendo, pero sin limitarse a". Los términos incluyen realizaciones en las que no están presentes otros componentes.

5 La "salida de oxidante de escape" y el oxidante que fluye a través de ella también puede denominarse "gas de salida catódico". Del mismo modo, la "salida de combustible de escape" y el combustible de escape que fluye a través de ella puede denominarse "gas de salida anódico".

10 Los aspectos particulares y preferidos de la invención se exponen en las reivindicaciones independientes adjuntas. Las combinaciones de las características de las reivindicaciones dependientes pueden combinarse con las características de las reivindicaciones independientes según se desee y sea apropiado y no simplemente como se establece explícitamente en las reivindicaciones.

Las diversas figuras que aparecen a continuación muestran ensamblados de pilas de celdas de combustible en una orientación vertical. Otras orientaciones, tales como la horizontal, son igualmente aplicables.

15 En este documento se proporciona una descripción habilitadora de la presente invención para un experto en la materia. Ahora se hará referencia en detalle a las realizaciones de la invención, uno o más ejemplos de las cuales se exponen a continuación. Cada ejemplo se proporciona a modo de explicación de la invención, no de limitación de la invención. De las figuras:

la Figura 1 muestra una sección a través de un ensamblado de pila de celda de combustible de óxido sólido de la realización 1;

la Figura 2 muestra una sección a través de una capa de pila de celda de combustible de la Figura 1;

20 la Figura 3 muestra una sección a través de un ensamblado de pila de celda de combustible de óxido sólido de la realización 2;

la Figura 4 muestra una sección a través de un ensamblado de pila de celda de combustible de óxido sólido de la realización 3;

la Figura 5 muestra una sección a través de una capa de pila de celda de combustible de la realización 4;

25 la Figura 6 muestra una sección a través de un ensamblado de pila de celda de combustible de óxido sólido de la realización 4;

la Figura 7 muestra una sección perpendicular a la sección de la Figura 6 a través de un ensamblado de pila de celda de combustible de óxido sólido de la realización 4;

30 la Figura 8 muestra una sección a través de un ensamblado de pila de celda de combustible de óxido sólido de la realización 5;

la Figura 9 muestra una vista de despiece en perspectiva de una capa de pila de celda de combustible con flujos de combustible y oxidante (aire);

la Figura 10 muestra una vista de despiece en perspectiva de la capa de la pila de celda de combustible de la Figura 9;

35 la Figura 11 ilustra una etapa de la fabricación de un ensamblado de pila de celda de combustible;

la Figura 12 ilustra una etapa de la fabricación de un ensamblado de pila de celda de combustible;

la Figura 13 ilustra una etapa de la fabricación de un ensamblado de pila de celda de combustible;

la Figura 14 ilustra un paso en la fabricación de un ensamblado de pila de celda de combustible; y

la Figura 15 es una vista en perspectiva de un ensamblado de pila de celda de combustible terminado.

40 Al final de las realizaciones específicas se ofrece una lista de los signos de referencia utilizados en el presente documento. El uso repetido de símbolos de referencia en la presente especificación y en los dibujos pretende representar las mismas características o elementos análogos.

Realización 1

45 En esta realización, el ensamblado 10 de pila de celda de combustible de óxido sólido, como se muestra en la Fig. 1, comprende una placa 20 base metálica sobre la que se monta la pila 30 de combustible, y una placa 40 final metálica. La pila 30 de combustible comprende una pluralidad de capas 50 de pila de celda de combustible.

La placa 140 de toma de corriente negativa está situada entre la placa 20 base y la pila 30 de combustible, y la placa 150 de toma de corriente positiva está situada entre la pila 30 de combustible y la placa 40 final.

La junta 160 de Thermiculite (hecha de Thermiculite 866; una junta de compresión eléctricamente aislante) está situada entre la placa 140 de toma de corriente negativa y la placa 20 base. Una junta 160 de Thermiculite adicional se sitúa entre la placa 150 de toma de corriente positiva y la placa 40 final.

Cada capa 50 de pila de celda de combustible, como se muestra en la Fig. 2, comprende una placa 60 metálica de interconexión sobre la que está montado el espaciador 70 metálico, y un sustrato 80 metálico.

El sustrato 80 metálico tiene regiones 91, 92 perforadas por láser (porosas), y la primera y segunda celdas 101, 102 de combustible depositadas sobre las regiones 91, 92 porosas respectivamente.

Cada celda 101, 102 de combustible comprende una capa anódica depositada sobre la región 91, 92 porosa (respectivamente), una capa de electrolito depositada sobre la capa anódica, y una capa catódica depositada sobre la capa de electrolito.

Como se muestra en las Figs. 9 y 10, la placa 60 metálica de interconexión se conforma para definir los orificios 61, 62 de flujo de combustible. El espaciador 70 metálico está conformado para definir los orificios 71, 72 de flujo de combustible. El sustrato 80 metálico está conformado para definir los orificios 81, 82 de flujo de combustible. El espaciador 70 metálico está conformado para definir el espacio 73 de flujo de combustible, y para definir las aberturas 71a y 72a entre los orificios 71, 72 de flujo de combustible y el espacio 73 de flujo de combustible.

Con el espaciador 70 metálico intercalado entre la placa 60 metálica de interconexión y el sustrato 80 metálico, se define así un hueco 74 de flujo de combustible correspondiente al espacio 73 de flujo de combustible entre la primera superficie 63 (interna) de la placa 60 metálica de interconexión, la primera superficie 83 (interna) del sustrato 80 metálico y el espaciador 70 metálico. La primera superficie 63 (interna) de la placa 60 metálica de interconexión tiene hoyuelos que se extienden hacia la primera superficie 83 (interna) del sustrato 80 metálico. En uso, estos hoyuelos ayudan al flujo de fluido dentro del hueco 74 de flujo de combustible y a mantener el hueco 74 de flujo de combustible cuando la pila 30 de combustible está bajo carga de compresión.

Las celdas 101, 102 de combustible se depositan sobre la segunda superficie 84 (exterior) del sustrato 80 metálico.

Las juntas 110 de Thermiculite (juntas de compresión eléctricamente aislantes) se colocan en la segunda superficie 84 (exterior) del sustrato 80 metálico alrededor de los orificios 81, 82 de flujo de combustible.

Cada capa 50 de pila de celda de combustible define así una trayectoria de flujo de combustible (una trayectoria de flujo de fluido) entre los orificios 61, 71, 81 de flujo de combustible, las aberturas 71a, el espacio 73 de flujo de combustible, las aberturas 72a, y los orificios 62, 72, 82 de flujo de combustible.

Los orificios 61, 71, 71a y 81 son orificios/aberturas de entrada de combustible, y definen una entrada de combustible de la capa 50 de pila de celda de combustible y un lado (o extremo) de entrada de combustible a la capa 50 de pila de celda de combustible. Los orificios 62, 72, 72a y 82 son orificios/aberturas de salida de combustible de escape, y definen una salida de combustible de escape de la capa 50 de pila de celda de combustible y un lado (o extremo) de salida de combustible de escape de la capa 50 de pila de celda de combustible.

Las flechas 700 de trazos claros de la Figura 9 ilustran una trayectoria de flujo de fluido de combustible. Las líneas 710 discontinuas gruesas de la Figura 9 ilustran una trayectoria de flujo de fluido oxidante (aire).

La segunda superficie 64 (exterior) de la placa 60 metálica de interconexión comprende una pluralidad de hoyuelos 65 que se extienden hacia el exterior. A medida que las capas 50 de la pila de celda de combustible se apilan, la placa 60 metálica de interconexión de una primera capa de pila de celda de combustible entra en contacto con las juntas 110 de Thermiculite y (por medio de los hoyuelos 65 que se extienden hacia el exterior) con las capas catódicas de la primera celda 101 de combustible y de la segunda celda 102 de combustible. La configuración de las juntas 110 de Thermiculite y de los hoyuelos 65 que se extienden hacia el exterior hace que se defina una trayectoria de flujo de oxidante entre la placa 60 metálica de interconexión de una primera capa 50 de pila de celda de combustible y el sustrato 80 metálico de una segunda capa 50 de pila de celda de combustible adyacente. Esta trayectoria de flujo de oxidante está externamente distribuida. Por lo tanto, cada capa 50 de pila de celda de combustible tiene una entrada y una salida de oxidante externamente distribuida.

Con la pila 30 de combustible montada entre la placa 20 base metálica y la placa 40 final metálica, se utilizan medios 600 de compresión (Figura 12) para ejercer una fuerza de compresión sobre la pila 30 de celdas de combustible entre la placa 20 base metálica y la placa 40 final metálica, es decir, son comprimidas por los medios 600 de compresión. Las juntas 120 de mica (juntas de aislamiento eléctrico) se colocan entonces a lo largo de los lados de la pila 20 de combustible. La primera mitad 131 del faldón y la segunda mitad 132 del faldón se colocan alrededor de la placa 20 base (Figura 13), del ensamblado de pila 30 de combustible, de la placa 40 final y de las juntas 120 de mica. La primera mitad 131 del faldón y la segunda mitad 132 del faldón se sueldan en ángulo mediante soldadura TIG a la placa 20 base metálica y a la placa 40 final metálica en los puntos 190 de soldadura. La primera mitad 131 del faldón y la

segunda mitad 132 del faldón se sueldan en ángulo para definir el faldón 130. De este modo, se define un volumen entre la placa 20 base, la placa 40 final y el faldón 130, dentro del cual se encuentra la pila 30 de combustible.

Los medios 600 de compresión están dispuestos de tal manera que aplican una fuerza de compresión alrededor de los bordes (es decir, alrededor del perímetro) de la placa 20 base metálica y de la placa 40 final metálica con el fin de reducir o minimizar el arqueado de las capas 50 de pila de celda de combustible. Con la primera mitad 131 del faldón y la segunda mitad 132 del faldón soldadas a la placa 20 base metálica y a la placa 40 final metálica (es decir, soldadas alrededor de la placa 20 base metálica y de la placa 40 final metálica), esta compresión alrededor de los bordes se mantiene cuando se retiran los medios 600 de compresión.

Los medios 600 de compresión se retiran entonces (Figura 14), y la carga de compresión sobre la pila 30 de combustible se mantiene a través de las fuerzas de tracción en el faldón 130. Por lo tanto, no se requiere el uso de barras de sujeción para efectuar la compresión del ensamblado 10 de pila de celda de combustible. Esto reduce la masa térmica y mejora el rendimiento del ensamblado 10 de pila de celda de combustible en comparación con un ensamblado de pila de celda de combustible correspondiente que incorpore barras de sujeción. Al no tener barras de sujeción, se incrementa la superficie disponible del sustrato 80 metálico sobre el que se pueden depositar las celdas de combustible, lo que permite aumentar aún más el rendimiento en comparación con un ensamblado de pilas de celdas de combustible correspondiente que incorpore barras de sujeción.

En su uso, el ensamblado 10 de pila de celda de combustible puede configurarse fácilmente para operar en un modo de co-flujo (Figura 9) o contra-flujo.

Realización 2

En esta realización (véase la Fig. 3), la construcción y el ensamblaje del ensamblado 200 de pila de celda de combustible de óxido sólido es generalmente como en la primera realización. Sin embargo, el ensamblado 10 de pila de celda de combustible de óxido sólido comprende adicionalmente placas 181, 182 de expansión. Una primera placa 181 de expansión se sitúa entre la placa 20 base y la junta 160 de Thermiculite, y una segunda placa 182 de expansión se sitúa entre la placa 40 final y la junta 160 de Thermiculite.

Los materiales utilizados en las diversas realizaciones detalladas en el presente documento se muestran en la Tabla 1 a continuación:

Elemento	Material	CTE @ 650 °C ($\mu\text{m}/(\text{m } ^\circ\text{C})$)
Placa 20 base	Acero inoxidable ferrítico 3CR12	11,9
Placa 40 final	Acero inoxidable ferrítico 3CR12	11,9
Placa 60 metálica de interconexión	Acero inoxidable ferrítico, grado 441	10,5
Espaciador 70 metálico	Acero inoxidable ferrítico, grado 441	10,5
Sustrato 80 metálico	Crofer 22 APU (VDM Metals GmbH)	11,4
Junta 110 de Thermiculite	Thermiculite 866 (Flexitallic Ltd., G.B.)	8,04
Junta 120 de mica	Mica	8,7
Faldón 30	Acero inoxidable ferrítico, grado 441	10,5
Junta 160 de Thermiculite	Thermiculite 866	8,04
Placa 181 de expansión	Acero inoxidable austenítico 316	18
Placa 182 de expansión	Acero inoxidable austenítico 316	18

Como puede verse en la Tabla 1, el CTE (coeficiente de expansión térmica) de los distintos componentes difiere significativamente. Como resultado de la presencia de al menos una junta de compresión eléctricamente aislante (junta 110 de Thermiculite) en cada capa 50 de pila de celda de combustible, el valor del CTE del faldón 130 es mayor que el de la capa 50 de pila de celda de combustible. El resultado final es que, a medida que aumenta la temperatura del ensamblado de la pila de celda de combustible, la expansión del faldón 130 (entre la placa 20 base y la placa 40 final) es mayor que la expansión de la pila 30 de combustible y de otros componentes montados entre la placa 20 base y la placa 40 final (en particular, las juntas 160 de Thermiculite y las juntas 110 de Thermiculite), es decir, hay un diferencial de expansión térmica. Esto da lugar a una disminución de la fuerza de compresión ejercida sobre la pila 30 de combustible a medida que aumenta la temperatura del ensamblado 10 de pila de celda de combustible.

En esta realización, las placas 181, 182 de expansión reducen esta disminución de la fuerza de compresión, y por lo tanto mejoran el rendimiento del ensamblado 200 de pila de celda de combustible.

Las placas 181, 182 de expansión tienen un CTE mayor que el del faldón 130 (y mayor que el de la placa 20 base y la placa 40 final), y están dimensionadas para compensar la expansión térmica diferencial. Las placas 181, 182 de expansión se dimensionan de acuerdo con el número de capas 50 de la pila de celda de combustible en el ensamblado 200 de pila de celda de combustible. Este enfoque de tamaño/dimensionamiento de las placas de expansión es generalmente aplicable a todas las realizaciones de la presente invención.

Realización 3

En esta realización (véase la Fig. 4), el ensamblado 300 de pila de celda de combustible de óxido sólido comprende una configuración de una contra otra de las pilas 171, 172 de combustible primera y segunda. La construcción y el montaje son generalmente como en la segunda realización. Sin embargo, en la primera realización, la placa 150 de toma de corriente positiva entra en contacto con la junta 160 de Thermiculite, es decir, está intercalada entre:

- (a) la primera celda 101 de combustible, la segunda celda 102 de combustible y las juntas 110 de Thermiculite de una capa 50 de pila de celda de combustible, y
- (b) la junta 160 de Thermiculite.

En cambio, en esta segunda realización la placa 150 de toma de corriente positiva está intercalada entre:

- (a) la primera pila 171 de combustible, y
- (b) la segunda pila 172 de combustible.

Así, la placa 150 de toma de corriente positiva está intercalada entre:

- (a) la primera celda 101 de combustible, la segunda celda 102 de combustible y las juntas 110 de Thermiculite de una capa 50 de pila de celda de combustible de la primera pila 171 de combustible, y
- (b) la primera celda 101 de combustible, la segunda celda 102 de combustible y las juntas 110 de Thermiculite de una capa 50 de pila de celda de combustible de la segunda pila 172 de combustible.

Esta configuración proporciona la ventaja de una mayor potencia de salida dentro del mismo diseño de montaje y proceso de compresión.

Realización 4

En esta realización (véanse las Figs. 5-7), la construcción y el montaje del ensamblado 400 de pila de celda de combustible de óxido sólido es generalmente como en la realización 2. Sin embargo, en lugar de que cada capa 50a de pila de celda de combustible comprenda una primera y una segunda celdas (101 y 102 respectivamente en la realización 2) de combustible, cada capa 50a de pila de celda de combustible comprende una única celda 410 de combustible.

La Figura 7 (que ilustra esta realización) muestra las juntas 120 de mica que se utilizan para aislar eléctricamente el lado de las pilas de celdas de combustible (30, 171, 172) en las diversas realizaciones de la presente invención de la superficie interior adyacente del faldón 130. Las juntas 120 de mica se intercalan así entre el faldón 130 y la pila (30, 171, 172) de combustible y evitan el flujo de fluido entre ellos. Esto ayuda a la distribución externa del flujo de oxidante (aire) dentro del ensamblado de la pila de celda de combustible, y ayuda a definir un extremo de entrada de oxidante al ensamblado de la pila de celda de combustible que se distribuye de forma externa a la al menos una pila (30, 171, 172, etc.) de combustible e interna al ensamblado de la (10, 200, 300, 40, 500) pila de celda de combustible. Del mismo modo, ayuda a definir un extremo de salida del oxidante de escape al ensamblado de la pila de celda de combustible que se distribuye externamente a la al menos una pila (30, 171, 172, etc.) de combustible e internamente al ensamblado (10, 200, 300, 400, 500) de la pila de celda de combustible.

Realización 5

En esta realización (véase la Fig. 8), la construcción y el montaje del ensamblado 500 de pilas de celdas de combustible de óxido sólido es generalmente como en la realización 3. Sin embargo, según la realización 4, cada capa 50a de pila de celda de combustible comprende una sola celda 410 de combustible. Además, solamente se proporciona una única placa 183 de expansión. Esta placa 183 de expansión está fijada a la placa 40 metálica final.

Todas las realizaciones

Las Figuras 9 y 10 proporcionan vistas de despiece en perspectiva de las capas 50 y 50a de la pila de celda de combustible e ilustran las trayectorias del flujo de fluido dentro de ellas y dentro de las pilas de las mismas.

La trayectoria 700 de flujo del combustible hacia la capa 50, 50a de pila de celda de combustible es a través del orificio 81 de flujo de combustible en el sustrato 80 metálico, del orificio 71 de flujo de combustible y de la abertura 71a en el espaciador 70 metálico (es decir, en un lado de entrada de combustible de la capa 50, 50a de pila de celda de combustible) y hacia el hueco 74 de flujo de combustible definido en el espacio 73 de flujo de combustible entre el sustrato 80 metálico, el espaciador 70 metálico y la placa 60 metálica de interconexión, pasando a través de la primera superficie 83 (interna) del sustrato 80 metálico y de la primera superficie 63 (interna) de la placa 60 metálica de interconexión. La celda de combustible/las celdas 101, 102, 410 (según la realización) de combustible están situadas en la segunda superficie 84 (exterior) del sustrato 80 metálico y el flujo de combustible hacia (y el retorno del combustible de escape desde) la celda de combustible / las celdas de combustible se realiza a través de la región 91, 92, 93 (según la realización) porosa perforada con láser.

El combustible de escape sale de la capa 50, 50a de pila de celda de combustible a través de la abertura 72a y del orificio 72 de flujo de combustible en el espaciador 70 metálico, y de los orificios 82 de flujo de combustible en el sustrato 80 metálico (es decir, en un lado de salida de combustible de escape de la capa 50, 50a de pila de celda de combustible).

Los orificios 61, 62 en la placa 60 metálica de interconexión y las juntas 110 de Thermiculite extienden aún más la trayectoria del flujo de fluido a las capas 50, 50a adyacentes de pila de celda de combustible.

La trayectoria 700 de flujo del fluido de combustible está internamente distribuida.

La trayectoria 710 de flujo del oxidante se distribuye externamente a la capa 50, 50a de la pila de celda de combustible e internamente al ensamblado 10, 200, 300, 400, 500 de pila de celda de combustible. Se define un volumen entre la placa 20 base metálica, la placa 40 final metálica, el faldón 130 y la(s) pila(s) 30, 171, 172 (dependiendo de la realización) de combustible. El flujo de oxidante desde un extremo de entrada de oxidante de la capa 50, 50a de pila de celda de combustible adyacente a los orificios 81, 71, 61 de flujo de combustible (es decir, el lado de entrada de combustible adyacente) a un extremo de salida de oxidante de escape de la capa 50, 50a de pila de celda de combustible adyacente a los orificios 82, 72, 62 de flujo de combustible (es decir, el lado de salida de combustible de escape adyacente) se encuentra entre las capas 50, 50a de pila de celda de combustible adyacentes, es decir, entre la placa 60 metálica de interconexión de una primera capa 50, 50a de pila de celda de combustible y el sustrato 80 metálico de una segunda capa 50, 50a de pila de celda de combustible adyacente.

El flujo de oxidante desde el extremo de entrada de oxidante hasta el extremo de salida de oxidante de escape alrededor del exterior de la pila 30, 171, 172 de combustible (es decir, no entre las capas 50, 50a de la pila de celda de combustible) se impide mediante la junta 120 de mica situada intercalada entre el faldón 130 y la pila 30, 171, 172 de combustible desde el extremo de entrada de oxidante hasta el extremo de salida de oxidante de escape.

La Figura 9 ilustra una operación de co-flujo de los flujos de combustible y oxidante. El funcionamiento a contracorriente es igualmente posible, es decir, el flujo de oxidante es contrario al flujo de combustible, con el extremo de entrada de oxidante de la capa 50, 50a de pila de celda de combustible adyacente a los orificios 82, 72, 62 de flujo de combustible (es decir, el lado de salida de combustible adyacente) a un extremo de salida de oxidante de escape de la capa 50, 50a de pila de celda de combustible adyacente a los orificios 81, 71, 61 de flujo de combustible (es decir, el lado de entrada de combustible adyacente).

Método de montaje de la pila

La pila 30 de combustible se forma (Figura 11) montando las capas 50 de pila de celda de combustible sobre la placa 40 metálica final. La placa 20 base metálica se coloca entonces sobre la pila 30 de combustible.

A continuación, se utiliza un medio 600 de compresión desmontable (Figura 12) para ejercer una fuerza 610 de compresión a través de la placa 40 final, de la pila 30 de combustible y de la placa 20 base.

Con la fuerza 610 de compresión todavía ejercida a través de la pila 30 de combustible (Figura 13), se colocan entonces la primera mitad 131 del faldón y la segunda mitad 132 del faldón alrededor de la placa 40 final, de la pila 30 de combustible y de la placa 20 base.

La primera mitad 131 del faldón y la segunda mitad 132 del faldón se fijan entonces a la placa 20 base y a la placa 40 final mediante soldadura TIG. La primera mitad 131 del faldón y la segunda mitad del faldón también se sueldan con TIG entre sí para formar el faldón 130 con una soldadura 133 en ángulo. Así, la pila 30 de combustible está encerrada dentro de un volumen definido por la placa 20 base, la placa 40 final y el faldón 130. La soldadura TIG forma un sello hermético al gas entre la primera mitad 131 del faldón, la segunda mitad 132 del faldón, la placa 20 base y la placa 40 final.

Los medios 600 de compresión se retiran entonces (Figura 14) y la carga 610 de compresión sobre la pila 30 de combustible se mantiene a través de fuerzas 620 de tracción en el faldón 130, es decir, la pila 30 de combustible está bajo tensión entre la placa 20 base y la placa de extremo 40 para mantener una fuerza de compresión a través de la pila 30 de combustible. Los signos de referencia se incorporan en las reivindicaciones únicamente para facilitar su comprensión, y no limitan el alcance de las reivindicaciones. La presente invención no se limita a las realizaciones

anteriores solamente, y otras realizaciones serán fácilmente evidentes para un experto en la materia sin apartarse del alcance de las reivindicaciones adjuntas.

Signos de referencia:

- 10 - ensamblado de pila de celda de combustible de óxido sólido
- 5 20 - placa base de metal
- 30 - pila de celda de combustible
- 40 - placa metálica final
- 50 - capa de pila de celda de combustible
- 50a - capa de pila de celda de combustible
- 10 60 - placa metálica de interconexión
- 61 - orificio de flujo de combustible
- 62 - orificio de flujo de combustible
- 63 - primera superficie (interior) de la placa 60 metálica de interconexión
- 64 - segunda superficie (exterior) de la placa 60 metálica de interconexión
- 15 65 - hoyuelos que se extienden hacia el exterior
- 70 - espaciador metálico
- 71 - orificio de flujo de combustible
- 71a - abertura
- 72 - orificio de flujo de combustible
- 20 72a - abertura
- 73 - espacio para el flujo de combustible
- 74 - hueco de flujo de combustible
- 80 - sustrato metálico
- 81 - orificio de flujo de combustible
- 25 82 - orificio de flujo de combustible
- 83 - primera superficie (interna) del sustrato 80 metálico
- 84 - segunda superficie (exterior) del sustrato 80 metálico
- 91 - región (porosa) perforada con láser
- 92 - región (porosa) perforada con láser
- 30 93 - región (porosa) perforada con láser
- 101 - primera celda de combustible
- 102 - segunda celda de combustible
- 110 - junta de Thermiculite
- 120 - junta de mica
- 35 130 - faldón
- 131 - primera mitad del faldón
- 132 - segunda mitad del faldón
- 133 - soldadura en ángulo
- 140 - placa de toma de corriente negativa
- 40 150 - placa de toma de corriente positiva
- 160 - junta de Thermiculite
- 171 - primera pila de celda de combustible
- 172 - segunda pila de celda de combustible
- 181 - primera placa de expansión
- 45 182 - segunda placa de expansión
- 183 - placa de expansión
- 190 - punto de soldadura
- 200 - ensamblado de pila de celda de combustible de óxido sólido
- 300 - ensamblado de pila de celda de combustible de óxido sólido
- 50 400 - ensamblado de pila de celda de combustible de óxido sólido
- 410 - celda de combustible
- 500 - ensamblado de pila de celda de combustible de óxido sólido
- 600 - medios de compresión
- 610 - fuerzas de compresión
- 55 620 - fuerzas de tracción
- 700 - trayectoria de flujo del fluido del combustible
- 710 - trayectoria de flujo del fluido oxidante
- 720 - lado de la entrada de combustible
- 730 - lado de salida de combustible de escape
- 60 740 - lado de entrada de oxidante
- 750 - lado de salida de oxidante de escape

REIVINDICACIONES

1. Un ensamblado (10, 200, 300, 400) de pila de celda de combustible de óxido sólido con soporte metálico que comprende:
 - (i) una placa (20) base metálica;
 - 5 (ii) al menos una pila (30) de celda de combustible montada sobre la placa (20) base; y
 - (iii) una placa (40) metálica final;con cada una de las al menos una pila (30) de celda de combustible montada entre dicha placa (20) base y dicha placa (40) final, y que comprende al menos una capa (50, 50a, 60) de pila de celda de combustible, comprendiendo cada una de las al menos una capa (50, 50a, 60) de pila de celda de combustible al menos una celda (101, 102, 410) de combustible y al menos una junta (110) de compresión eléctricamente aislante,
 - 10 caracterizado porque se fija un faldón (130) a y entre la placa (20) base y la placa (40) final para envolver la al menos una pila (30) de celda de combustible y se encuentra bajo tensión a y entre la placa (20) base y la placa (40) final para mantener una fuerza de compresión a través de la al menos una pila (30) de celda de combustible, y
 - 15 el ensamblado (10, 200, 300, 400) de pilas de celdas de combustible de óxido sólido que comprende adicionalmente al menos una placa (181, 182) de expansión situada entre la placa (20) base y la placa (40) final, en donde la al menos una placa (181, 182) de expansión tiene un coeficiente de expansión térmica mayor que un coeficiente de expansión térmica del faldón (130), y el coeficiente de expansión térmica del faldón (130) es mayor que un coeficiente de expansión térmica de la al menos una pila (30) de celda de combustible.
- 20 2. Un ensamblado (10, 200, 300, 400) de pila de celda de combustible de óxido sólido con soporte metálico según la reivindicación 1, en donde la al menos una junta (110) de compresión eléctricamente aislante tiene un coeficiente de expansión térmica inferior al coeficiente de expansión térmica del faldón (130).
- 25 3. Un ensamblado (10, 200, 300, 400) de pila de celda de combustible de óxido sólido con soporte metálico según una cualquiera de las reivindicaciones 1 o 2, en donde la al menos una placa (181, 182) de expansión está situada entre la placa (40) final y la capa (50, 50a, 60) de pila de celda de combustible adyacente o la placa base y la capa (50, 50a, 60) de pila de celda de combustible adyacente.
4. Un ensamblado (10, 200, 300, 400) de pila de celda de combustible de óxido sólido con soporte metálico según cualquiera de las reivindicaciones 1 o 2, en donde se proporciona una pluralidad de capas (50, 50a, 60) de pilas de celdas de combustible, y la al menos una placa (181, 182) de expansión está situada entre las capas (50, 50a, 60) de pilas de celdas de combustible.
- 30 5. Un ensamblado (10, 200, 300, 400) de pila de celda de combustible de óxido sólido con soporte metálico según cualquiera de las reivindicaciones 1-4, en donde el faldón (130) es un faldón (130) metálico.
6. Un ensamblado (10, 200, 300, 400) de pila de celda de combustible de óxido sólido con soporte metálico según cualquiera de las reivindicaciones 1-5, en donde el faldón (130) está fijado a y entre la placa (20) base y la placa (40) final mediante soldadura.
- 35 7. Un ensamblado (10, 200, 300, 400) de pila de celda de combustible de óxido sólido con soporte metálico según cualquiera de las reivindicaciones 1-6, en donde el faldón (130), al menos una pila (30) de celda de combustible, y al menos una placa (181, 182) de expansión se expanden a lo largo de una dirección longitudinal definida entre la placa (20) base y la placa (40) final, en donde la placa (181, 182) de expansión se expande en la dirección longitudinal en al menos el 50% de la expansión del faldón (130) en la dirección longitudinal en comparación con la expansión de la al menos una pila (30) de celda de combustible en la dirección longitudinal.
- 40 8. Un método de construcción de un ensamblado (10, 200, 300, 400) de pila de celda de combustible de óxido sólido con soporte metálico que comprende las etapas de:
 - (a) montar:
 - (i) una placa (20) base metálica;
 - 45 (ii) al menos una pila (30) de celda de combustible montada sobre la placa (20) base;
 - (iii) una al menos una placa (181, 182) de expansión; y
 - (iv) una placa (40) metálica final;cada una de al menos una placa (181, 182) de expansión dispuesta entre la placa (20) base y la placa (40) final, con cada una de las al menos una pila (30) de celda de combustible montada entre dicha placa (20) base y dicha placa

(40) final, y que comprende al menos una capa (50, 50a, 60) de pila de celda de combustible, comprendiendo cada una de las al menos una capas (50, 50a, 60) de pila de celda de combustible al menos una celda (101, 102, 410) de combustible y al menos una junta (110) de compresión eléctricamente aislante,

(b) aplicar una primera fuerza de compresión a través de la al menos una pila (30) de celda de combustible;

5 (c) fijar un faldón (130) a y entre la placa (20) base y la placa (40) final para envolver la al menos una pila (30) de celda de combustible; y

(d) eliminar la primera fuerza de compresión de modo que se mantenga la carga de compresión en la al menos una pila (30) de celda de combustible mediante fuerzas de tracción en el faldón (130);

10 en donde la al menos una placa (181, 182) de expansión tiene un coeficiente de expansión térmica mayor que un coeficiente de expansión térmica del faldón (130), y el coeficiente de expansión térmica del faldón (130) es mayor que un coeficiente de expansión térmica de la al menos una pila (30) de celda de combustible.

9. Un método según la reivindicación 8, en donde la al menos una junta (110) de compresión eléctricamente aislante tiene un coeficiente de expansión térmica menor que el coeficiente de expansión térmica del faldón (130).

15 10. Un método según cualquiera de las reivindicaciones 8-9, en donde dicho faldón (130) comprende una pluralidad de secciones de faldón.

11. Un método según cualquiera de las reivindicaciones 8-10, en donde el faldón (130) es un faldón metálico.

12. Un método según cualquiera de las reivindicaciones 8-11, en donde el faldón (130) está fijado a y entre la placa (20) base y la placa (40) final mediante soldadura.

20 13. Un método según cualquiera de las reivindicaciones 8-12, en donde la al menos una placa (181, 182) de expansión está dispuesta entre la placa (40) final y la capa (50, 50a, 60) de pila de celda de combustible adyacente o entre la placa (20) base y la capa (50, 50a, 60) de pila de celda de combustible adyacente.

14. Un método según cualquiera de las reivindicaciones 8-12, en donde se proporciona una pluralidad de capas (50, 50a, 60) de pilas de celdas de combustible, y la al menos una placa (181, 182) de expansión está dispuesta entre las capas (50, 50a, 60) de pilas de celdas de combustible.

25 15. Un método según una cualquiera de las reivindicaciones 8 a 14, en donde la fuerza de compresión se aplica a través de la al menos una pila (30) de celda de combustible utilizando un medio de compresión.

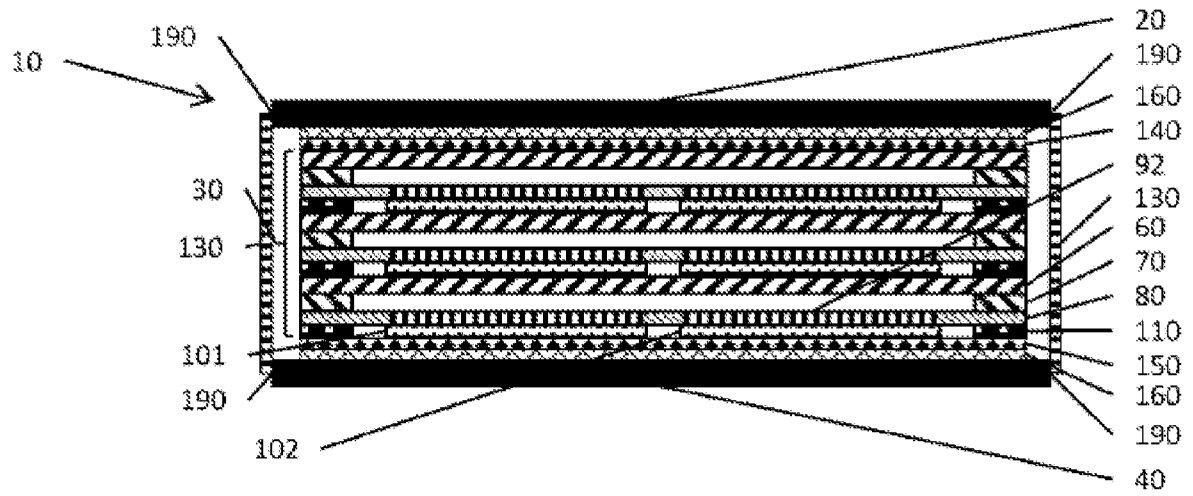


Fig 1

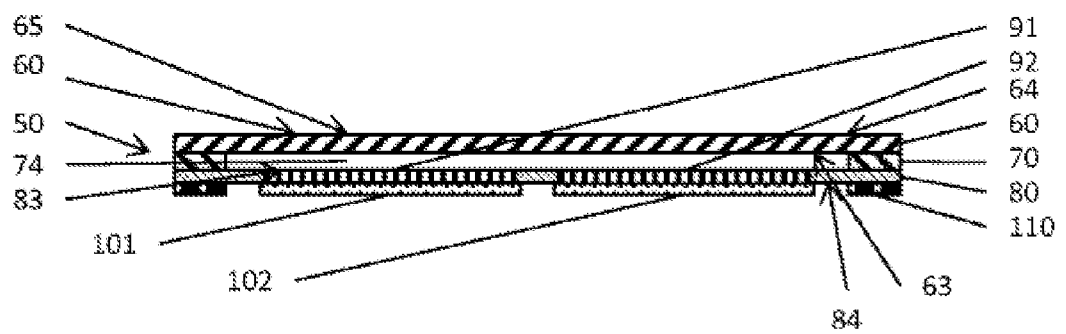


Fig 2

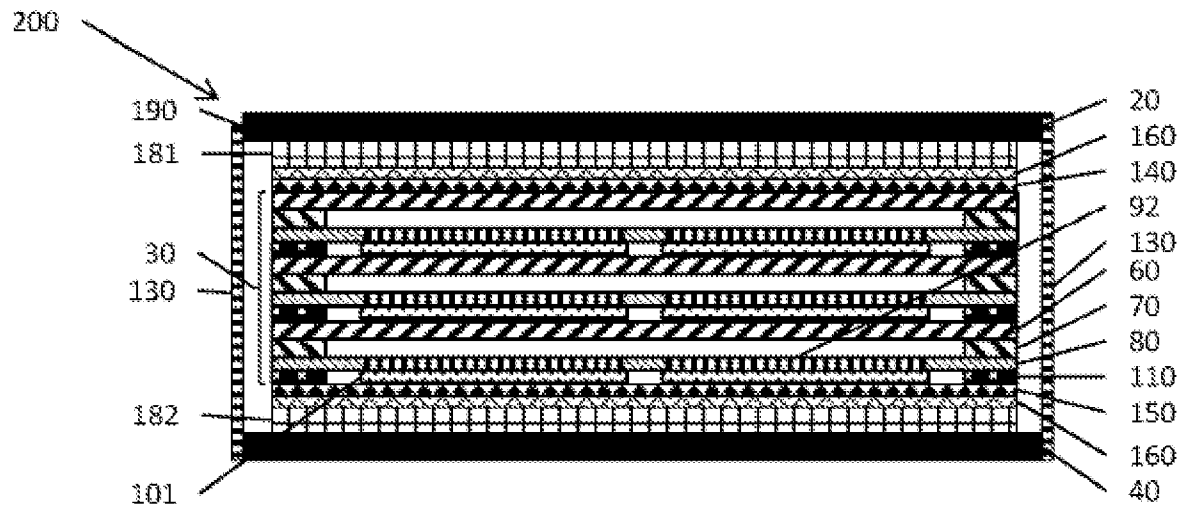


Fig 3

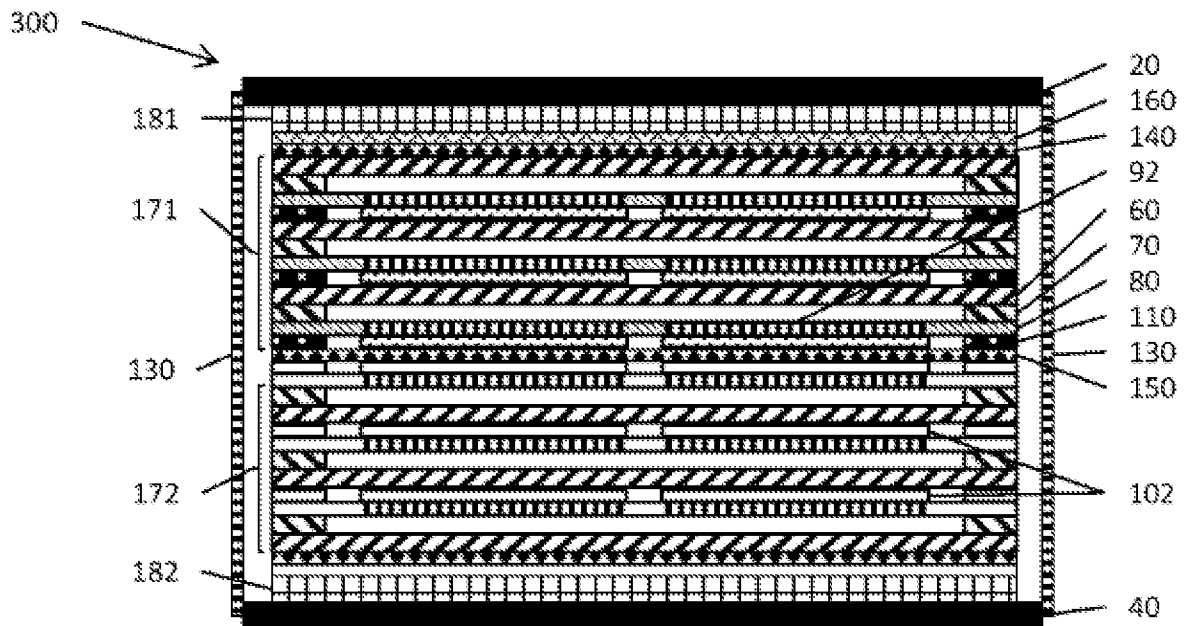


Fig 4

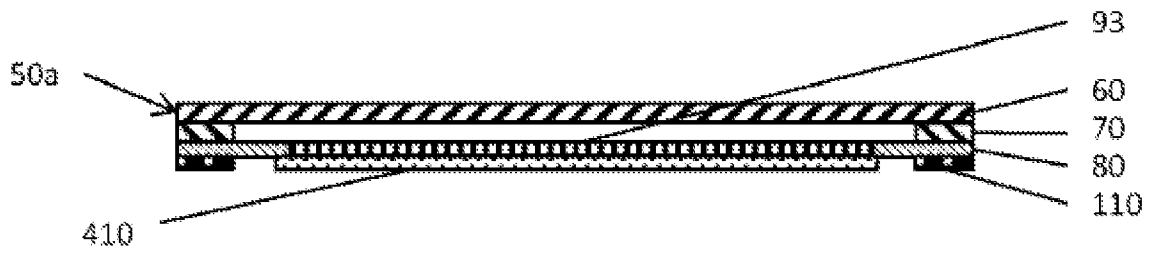


Fig 5

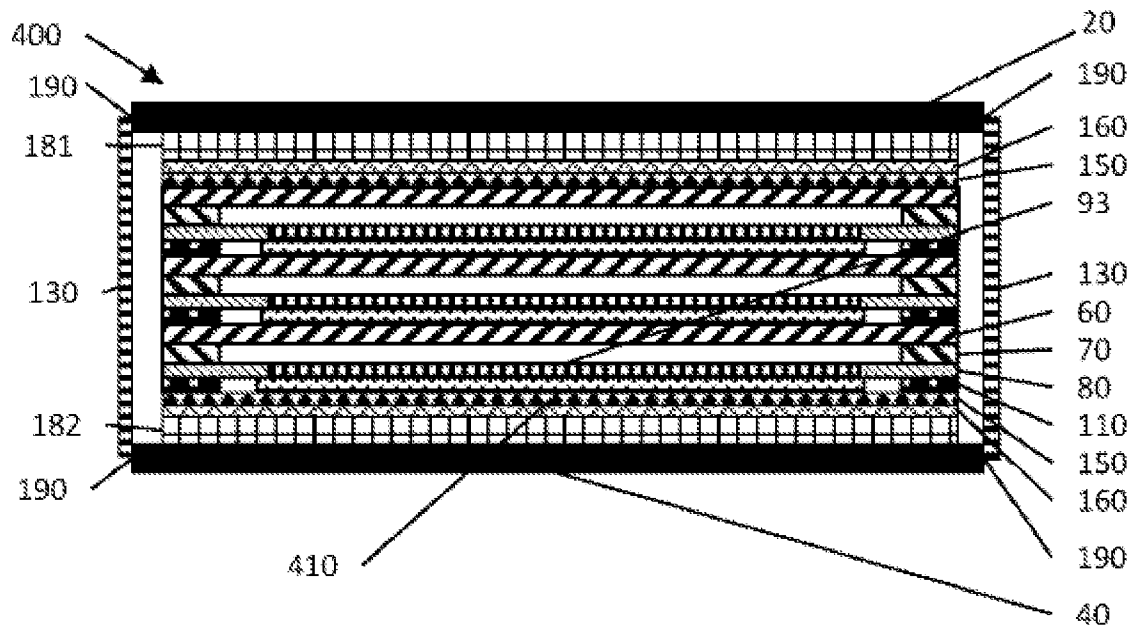


Fig 6

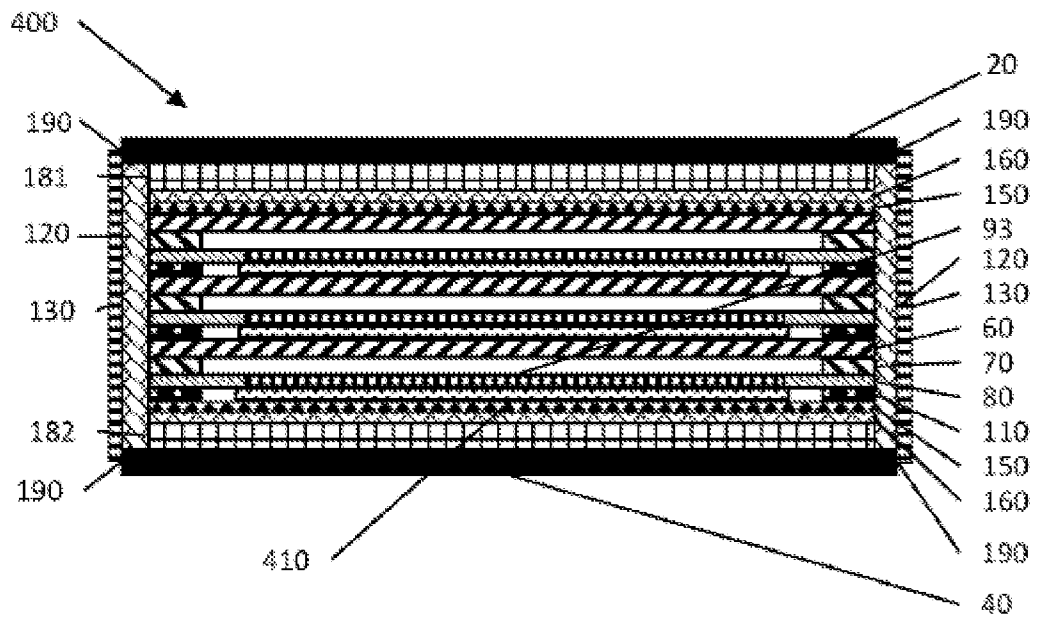


Fig 7

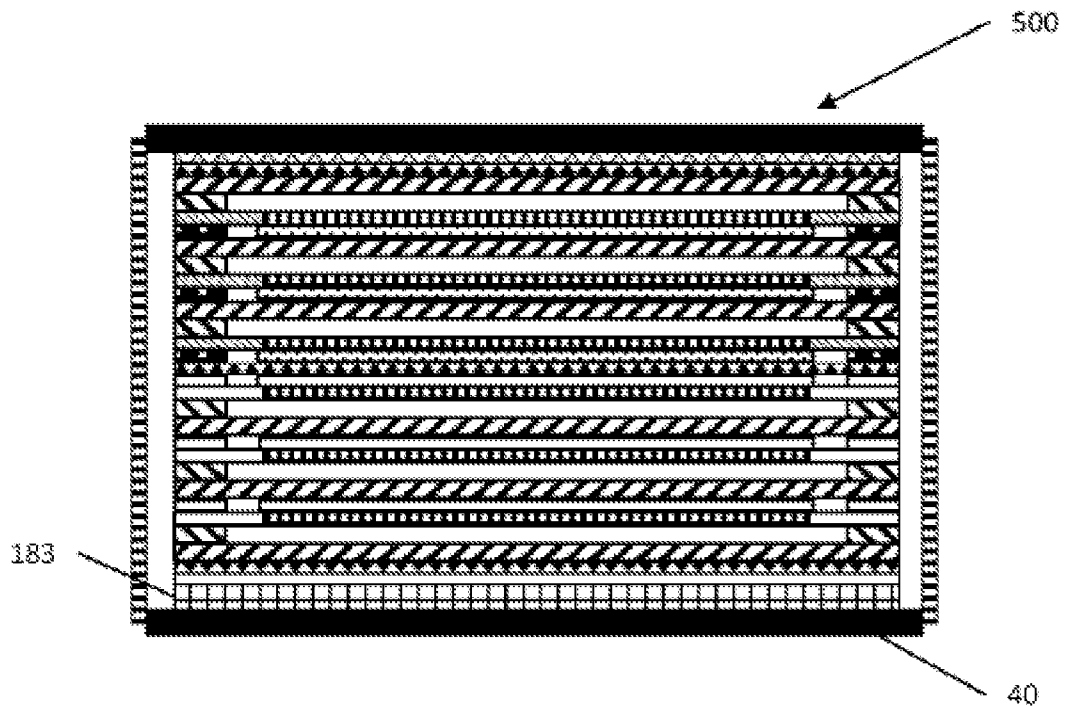
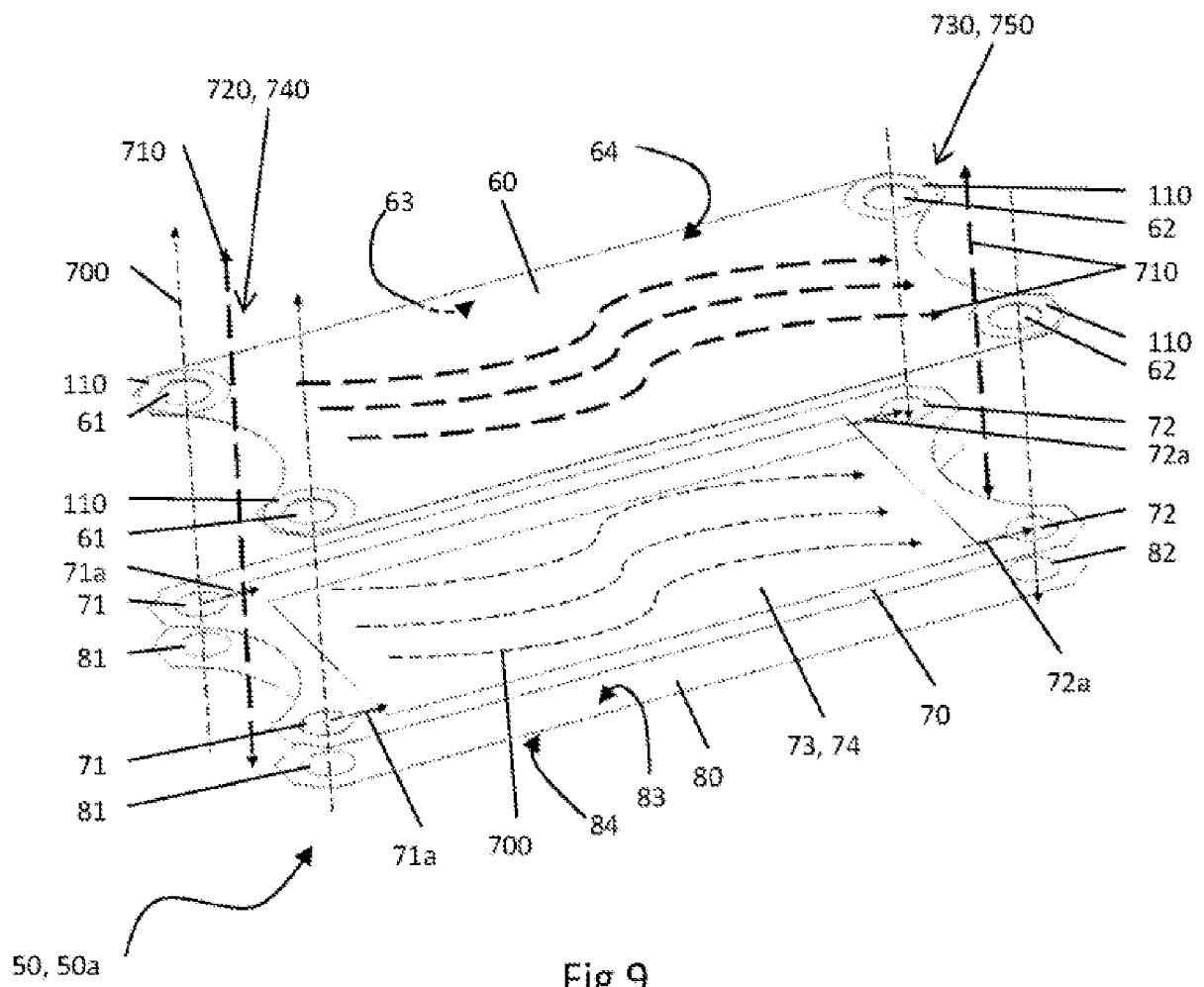


Fig 8



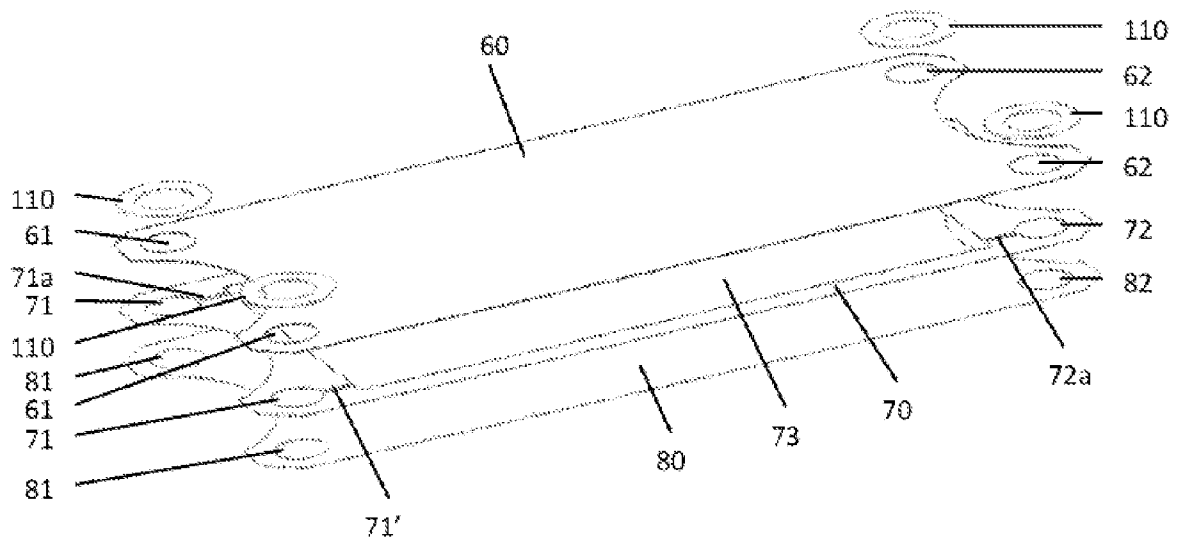


Fig 10

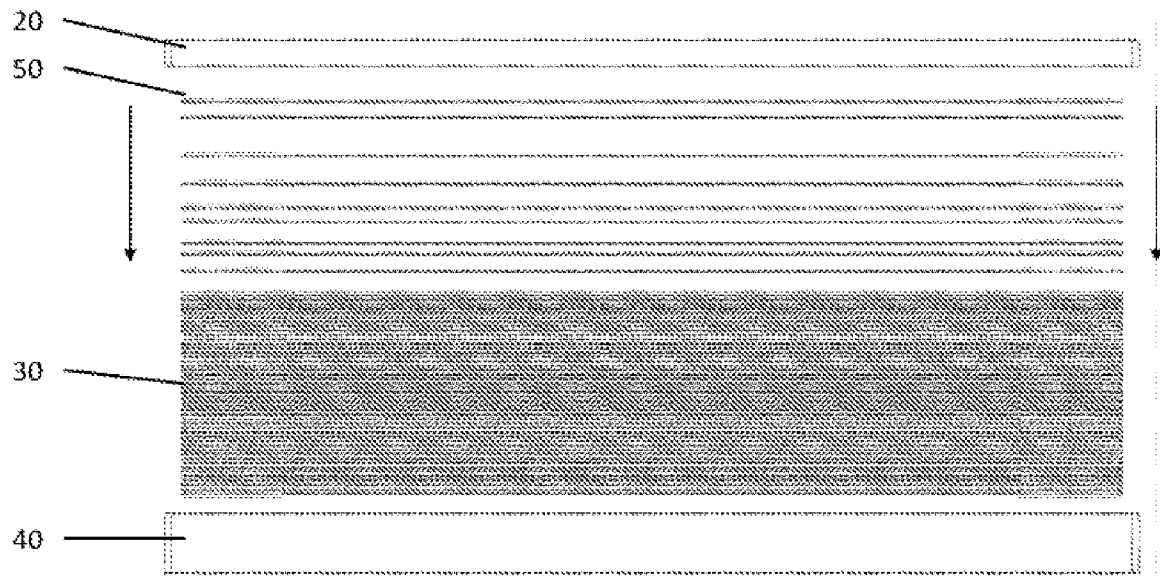


Fig 11

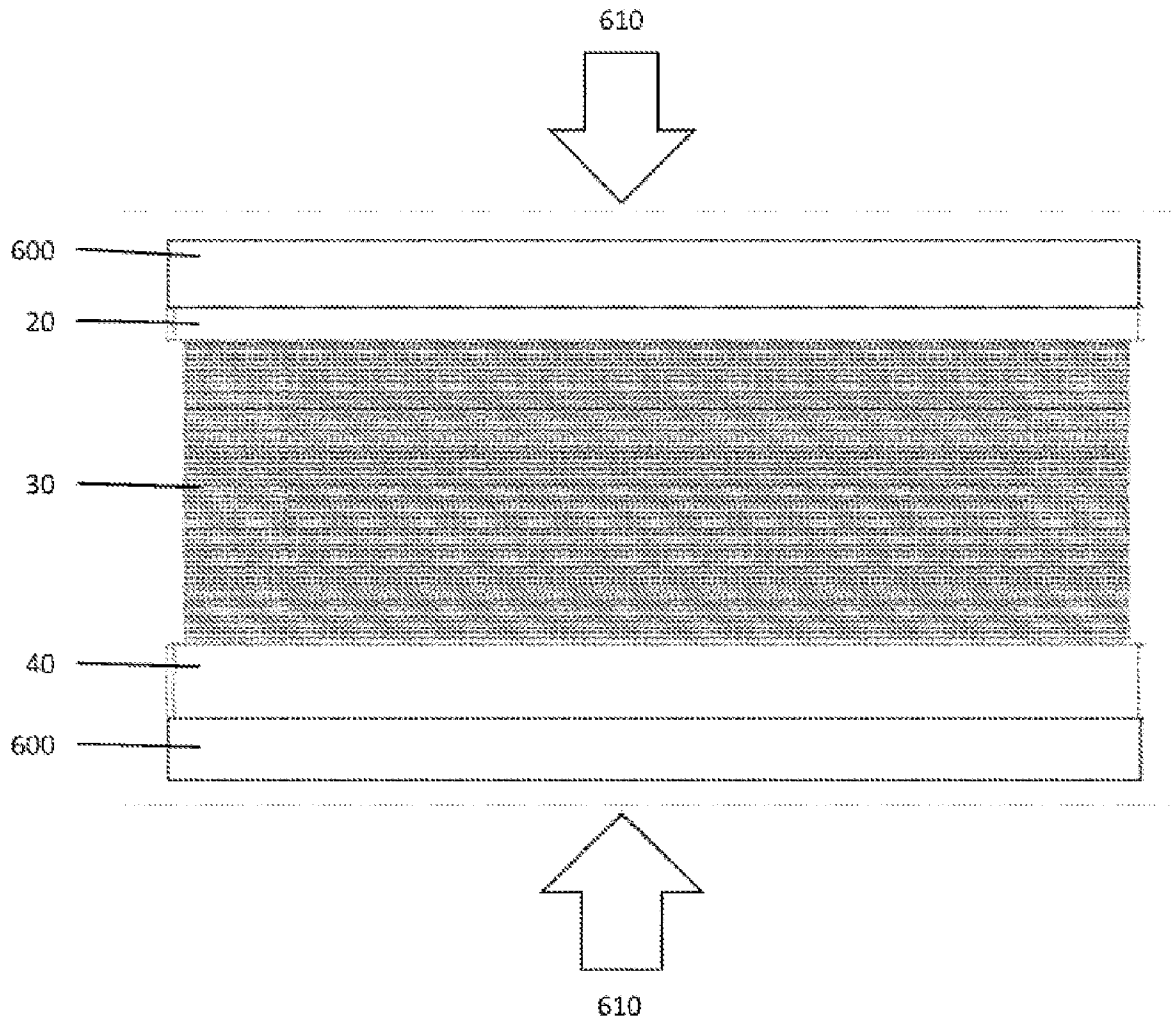


Fig 12

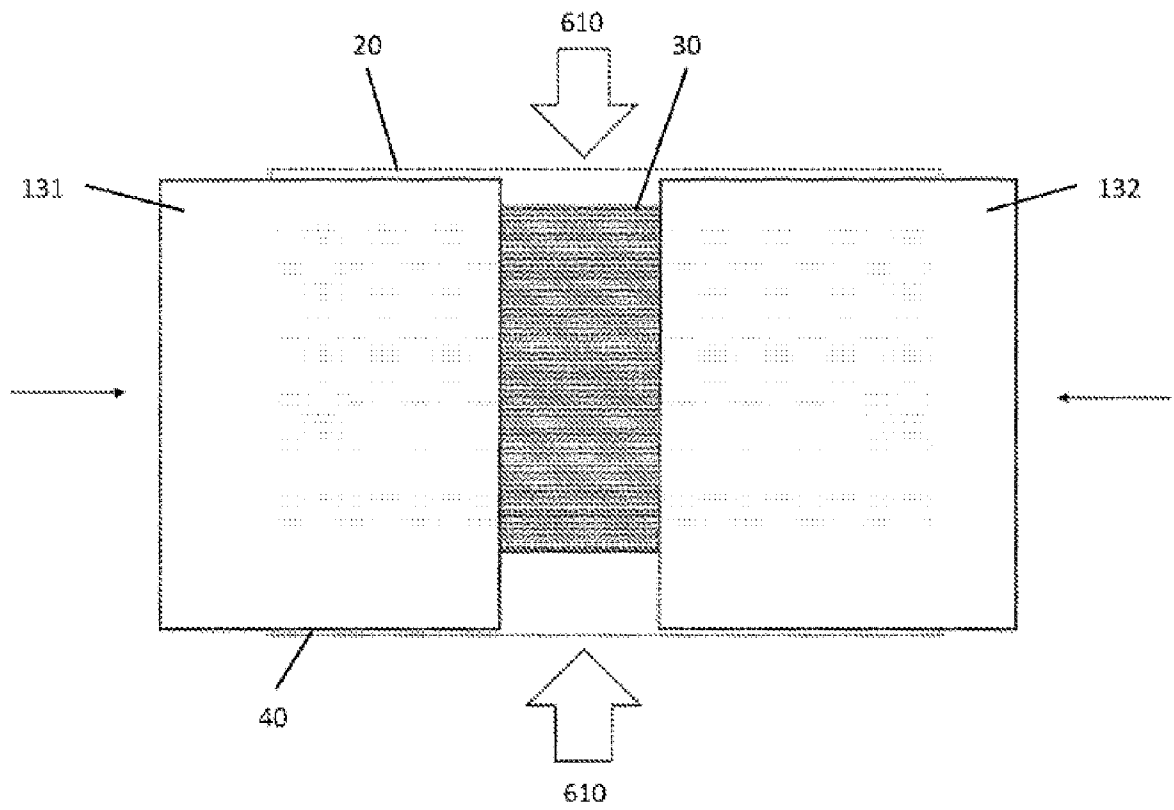


Fig 13

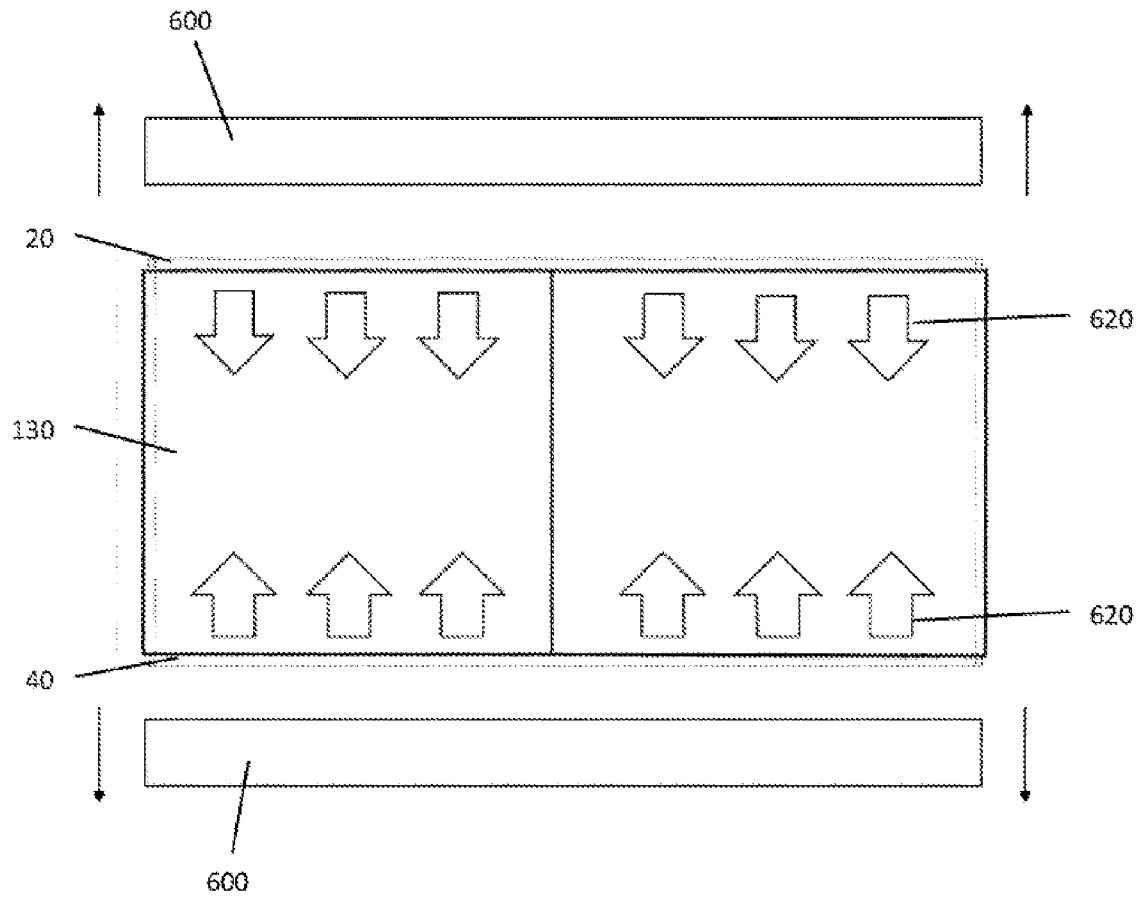


Fig 14

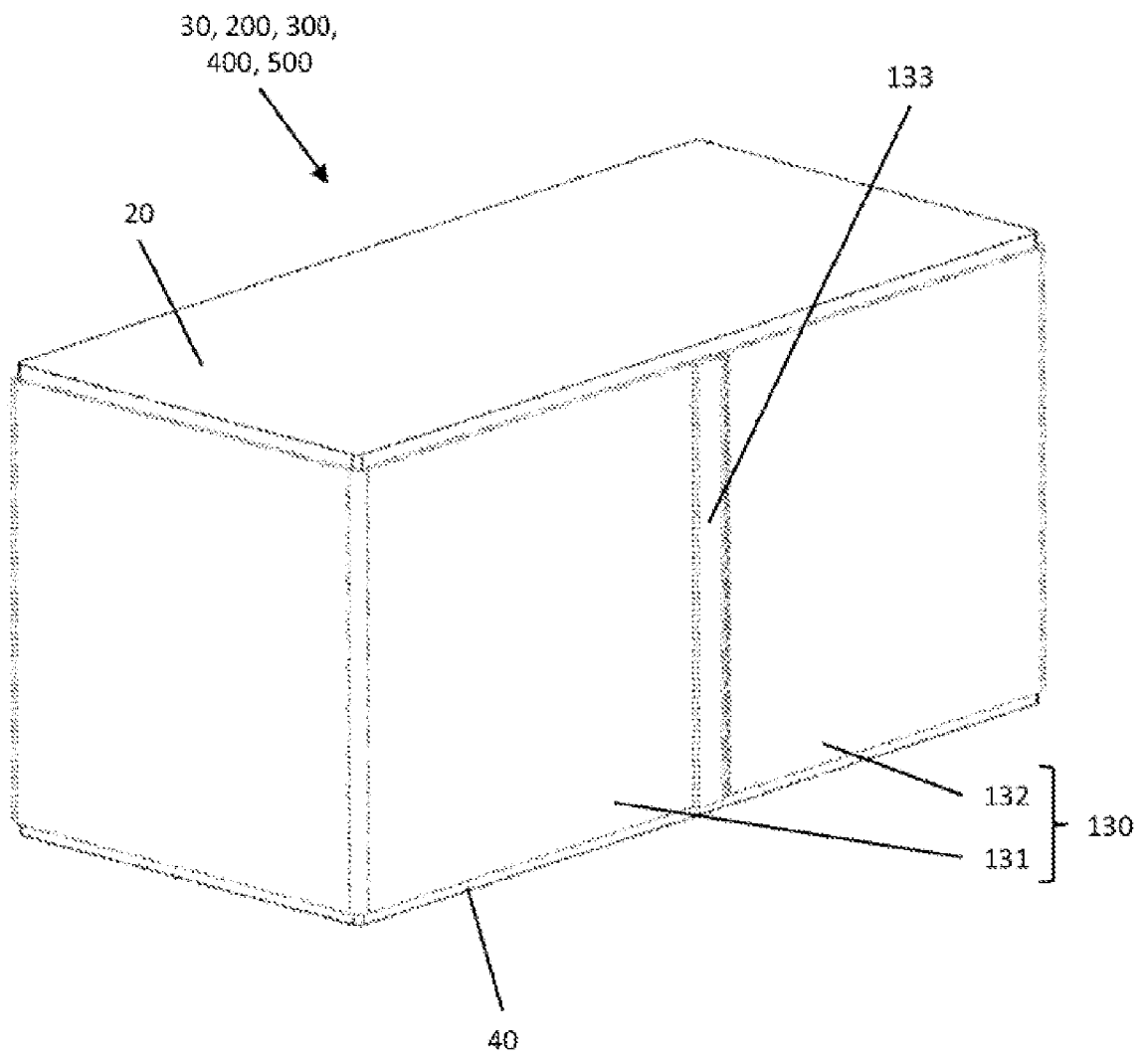


Fig 15