

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 796 859**

51 Int. Cl.:

H01M 8/02 (2006.01)

H01M 8/249 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **29.01.2014 PCT/US2014/013590**

87 Fecha y número de publicación internacional: **07.08.2014 WO14120763**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **29.01.2014 E 14703746 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **27.05.2020 EP 2951876**

54 Título: **Celda de combustible que tiene un área activa de base modular**

30 Prioridad:
01.02.2013 US 201361759738 P

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
30.11.2020

73 Titular/es:
**NUVERA FUEL CELLS, LLC (100.0%)
129 Concord Road, Building 1
Billerica, MA 01821, US**

72 Inventor/es:
**GAMBINI, FILIPPO;
CONTI, AMEDEO y
BLANCHET, SCOTT**

74 Agente/Representante:
SÁEZ MAESO, Ana

ES 2 796 859 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

Celda de combustible que tiene un área activa de base modular

5 La presente descripción está dirigida hacia una celda de combustible, y más particularmente, a una celda de combustible que tiene un área activa de base modular.

10 Las celdas de combustible son dispositivos usados para generar corriente eléctrica a partir de reacciones químicas. Una celda de combustible convierte la energía química de un combustible (por ejemplo, hidrógeno, metanol, etc.) en electricidad a través de una reacción química con oxígeno u otro agente oxidante. La reacción química típicamente produce electricidad, calor y agua.

15 Una celda de combustible básica comprende un ánodo cargado negativamente, un cátodo cargado positivamente y un material conductor de iones llamado electrolito. Diferentes tecnologías de celdas de combustible utilizan diferentes materiales de electrolitos. Una celda de combustible de membrana de intercambio de protones (PEM), por ejemplo, utiliza una membrana polimérica conductora de iones como el electrolito.

20 La tecnología de celdas de combustible ofrece una alternativa prometedora a las fuentes de energía tradicionales para una gama de tecnologías, tales como, por ejemplo, vehículos de transporte, suministro de energía portátil y producción de energía estacionaria. Para que las celdas de combustible se conviertan en una alternativa más práctica y generalizada a las fuentes de energía tradicionales, los fabricantes de celdas de combustible deben diseñar y construir celdas de combustible económicas, eficientes y confiables que sean más competitivas y rentables con las tecnologías alternativas actuales. En la última década, el rendimiento de las celdas de combustible ha mejorado mientras que el costo ha bajado, pero existe una necesidad continua de mejorar aún más el rendimiento y reducir el costo para cerrar la brecha entre las celdas de combustible y las fuentes de energía tradicionales.

30 La variedad de aplicaciones adecuadas para celdas de combustible requiere que la capacidad del rendimiento de la celda de combustible varíe para que cumpla con las especificaciones dictadas por cada aplicación. La energía producida por una celda de combustible es una función tanto de la corriente total como de la tensión total. Las celdas de combustible individuales generalmente producen un potencial eléctrico relativamente pequeño, aproximadamente 0,2-1 voltios, en dependencia de la corriente. Por lo tanto, para aumentar la tensión total y cumplir con los requisitos para una aplicación particular, las celdas de combustible individuales se combinan en serie para formar un apilamiento de celdas de combustible. La corriente total se puede aumentar aumentando el área superficial de las celdas de combustible individuales dentro del apilamiento.

35 En un apilamiento de celdas de combustible PEM, las celdas de combustible PEM se apilan juntas secuencialmente, cada celda incluye una capa catalítica del cátodo, una membrana electrolítica y una capa catalítica del ánodo. Cada capa catalítica del cátodo / membrana/conjunto de capa catalítica del ánodo constituye un "ensamble membrana electrodo" (MEA), que típicamente está soportado en ambos lados por placas bipolares. Los gases (hidrógeno y aire) se suministran a los electrodos del MEA a través de canales o ranuras formadas en las placas bipolares.

40 Durante la fabricación, el número de celdas de combustible en un apilamiento de celdas de combustible se puede ajustar en base a los requisitos de energía específicos de una aplicación. La capacidad de agregar o eliminar fácilmente celdas de combustible a un apilamiento de celdas de combustible ha proporcionado a los fabricantes de celda de combustible cierta flexibilidad de fabricación, pero esta no es suficiente flexibilidad para satisfacer efectivamente las necesidades de todas las diferentes aplicaciones.

50 Solo variar el número de celdas de combustible en el apilamiento mientras se mantiene el área activa de cada celda de combustible individual igual para todas las aplicaciones puede ser poco práctico en base a la disparidad de la tensión total del apilamiento y los requisitos de corriente para diferentes aplicaciones. Por ejemplo, solo variar el número de celdas de combustible en un apilamiento puede conducir a situaciones en las que un apilamiento de celdas de combustible tiene un número mínimo de celdas de combustible (es decir, baja tensión). Sin embargo, el área activa de cada celda de combustible dentro del apilamiento es grande (es decir, alta corriente).

55 Además de los requisitos totales de tensión y corriente del apilamiento, una aplicación también puede tener requisitos estrictos de peso y volumen. Por ejemplo, en una aplicación de automóvil (es decir, 140 KW) generalmente es preferible tener tensiones más altas y corrientes más bajas, por lo tanto, un área activa más pequeña por celda de combustible. En aplicaciones automotrices, el volumen del apilamiento de celdas de combustible y los componentes auxiliares pueden ser un factor crítico a considerar al diseñar. Por el contrario, en el caso de una aplicación estacionaria (es decir, 1 MW), se pueden tolerar fácilmente corrientes más altas y el peso y el volumen pueden ser de menor importancia.

60 Para satisfacer las necesidades del mercado de celdas de combustible, los fabricantes de celdas de combustible ofrecen pilas de celdas de combustible donde el área activa de las celdas de combustible individuales usadas en el apilamiento son diferentes. Variar tanto el área activa de las celdas de combustible individuales como el número de celdas dentro de un apilamiento de celdas de combustible proporciona numerosas combinaciones. Esto permite a los fabricantes diseñar y suministrar una celda de combustible optimizada para una aplicación particular.

Desafortunadamente, la flexibilidad que proviene de variar el área activa de cada celda de combustible, no solo el número de celdas de combustible, tiene desventajas. Variar el área activa de la celda de combustible requiere más diseño, modelado y prueba para verificar la dinámica de fluidos, el rendimiento mecánico y eléctrico de la nueva área activa para la celda de combustible. Esto aumenta el costo de diseño además de los costos adicionales de herramientas y fabricación asociados con las ofertas de productos personalizados. Variar el área activa de la celda de combustible puede afectar el tamaño y el diseño de los conductos de alimentación y descarga de gas de la placa bipolar, canales de refrigerante, barras de acoplamiento, sistema de sellado de juntas, etc. Por lo tanto, la flexibilidad adicional y modularidad en la celda de combustible y el diseño del apilamiento de celdas de combustible se puede requerir para reducir el diseño y el costo de fabricación permitiendo una producción en masa efectiva sin sacrificar la flexibilidad de rendimiento.

El documento WO 2004/025769 describe un generador electroquímico de membrana que se alimenta con reactivos gaseosos y comprende una pluralidad de módulos conectados en serie o en paralelo entre sí. Cada módulo representa una unidad generadora mecánicamente autónoma y está delimitado por un acople de placas terminales conductoras que encierran una pluralidad de celdas de reacción. Las celdas de reacción se conectan entre sí en serie y se ensamblan de acuerdo con una configuración de filtro-prensa.

El documento US 2006/251948 describe que un generador electroquímico de membrana se alimenta con reactivos gaseosos y comprende una multiplicidad de celdas de reacción y una multiplicidad de celdas de enfriamiento conectadas mutuamente en serie y ensambladas de acuerdo con una configuración de tipo filtro-prensa. Cada celda de reacción está delimitada por un par de placas bipolares conductoras que comprenden una multiplicidad de primeros agujeros calibrados para el paso de los reactivos gaseosos y una multiplicidad de segundos agujeros calibrados para la descarga de los productos de reacción y de los reactivos residuales opcionales. Las celdas de enfriamiento, a su vez, comprenden una porción periférica rígida, con lo cual se coloca una junta, definiendo y sellando en cada cara de dicha porción periférica una zona de recolección de los reactivos gaseosos y una zona de recolección de los productos de reacción y de los reactivos residuales. En una configuración de filtro-prensa, estas dos zonas se superponen respectivamente a los primeros agujeros calibrados y a los segundos agujeros calibrados. Durante la operación del generador electroquímico, los reactivos gaseosos fluyen a la zona de recolección de los reactivos gaseosos, pasando a través de la multiplicidad de agujeros calibrados superiores para alcanzar el área activa de las celdas de reacción. Los productos de reacción y los reactivos residuales producidos en la celda de reacción pasan a su vez a través de la multiplicidad de agujeros calibrados inferiores para alcanzar la zona de recolección de los productos de descarga que salen del generador electroquímico.

El documento JP2002050392 describe una celda de combustible en la cual una pluralidad de celdas de combustible unitarias formadas al intercalar una membrana electrolítica de polímero sólido entre un ánodo y un cátodo se laminan a través de un separador.

El documento JP2004247289 describe una celda de combustible usada para fuentes de energía portátiles, fuentes de energía para vehículos eléctricos, sistemas de cogeneración en hogares, etc., y más particularmente a una celda de combustible mediante el uso de una membrana electrolítica de polímero.

Un aspecto de la presente descripción está dirigido a una celda de combustible modular, que comprende: un ensamble membrana electrodo que comprende una capa catalítica del ánodo, una capa catalítica del cátodo y una membrana de intercambio de protones ubicada entre la capa catalítica del ánodo y la capa catalítica del cátodo, en donde la capa catalítica del ánodo, la capa catalítica del cátodo y la membrana de intercambio de protones se colocan a lo largo de un eje z y generalmente son paralelas a un plano x-y; un par de placas bipolares que comprenden conductos comúnmente alineados que se extienden generalmente paralelos al eje z; y en donde el ensamble membrana electrodo tiene un área activa total que comprende un área activa de base configurada en el plano x-y; en donde la pluralidad de conductos comúnmente alineados comprende: al menos un primer conducto de alimentación y al menos un segundo conducto de alimentación alineado generalmente paralelo a al menos un primer conducto de alimentación; al menos un primer conducto de descarga y al menos un segundo conducto de descarga alineados generalmente paralelos a al menos un primer conducto de descarga; y al menos un primer conducto de refrigerante y al menos un segundo conducto de refrigerante alineados generalmente paralelos a al menos un primer conducto de refrigerante; caracterizado porque: el área activa total comprende una pluralidad de áreas activas de base dispuestas a lo largo del eje x del plano x-y para formar un área activa total continua; en donde el número de conductos de alimentación y conductos de descarga es un múltiplo de un número total de áreas activas de base que forman el área activa total.

Otro aspecto de la presente descripción está dirigido a un apilamiento de celdas de combustible, que comprende: una pluralidad de celdas de combustible de acuerdo con la presente invención dispuestas en una configuración de apilamiento que se extiende a lo largo de un eje z.

Otro aspecto de la presente descripción está dirigido a un método de fabricación de una celda de combustible de acuerdo con la presente invención, el método comprende: calcular un área activa total para la celda de combustible en base a una especificación para una aplicación, en donde la especificación incluye al menos uno de una tensión de la celda de combustible, una corriente de la celda de combustible, un peso de la celda de combustible y un volumen de la celda de combustible; seleccionar un área activa de base, en donde el área activa de base está configurada para una disposición coplanar a lo largo del eje x para formar un área activa total continua; proporcionar un ensamble membrana electrodo que

tiene el área activa total, en donde el área activa total comprende un múltiplo de las áreas activas de base dispuestas coplanarmente a lo largo del eje x; y colocar un par de placas bipolares adyacentes a ambos lados del ensamble membrana electrodo, en donde cada placa bipolar está compuesta de secciones y cada sección incluye conductos comunes, y el número de secciones es igual al número de áreas activas de base que forman el área activa total del ensamble membrana electrodo.

Los dibujos acompañantes, los cuales se incorporan y constituyen una parte de esta descripción, ilustran las modalidades de la presente descripción y junto con la descripción, sirven para explicar los principios de la descripción.

La Figura 1 es una vista lateral de una celda de combustible, que muestra los diversos componentes de una celda de combustible de membrana de intercambio de protones.

La Figura 2 ilustra un ensamble membrana electrodo, de acuerdo con una modalidad ilustrativa.

La Figura 3 es una vista esquemática de la parte de una celda de combustible, de acuerdo con una modalidad ilustrativa.

La Figura 4 es un conjunto despiezado de la parte de un apilamiento de celdas de combustible, de acuerdo con una modalidad ilustrativa.

La Figura 5A, 5B y 5C ilustran varias configuraciones de refrigerante, de acuerdo con una modalidad ilustrativa.

La Figura 6A, 6B y 6C ilustran varias configuraciones de celdas de combustible.

La Figura 7 es un diagrama de flujo que ilustra un método de fabricación de una celda de combustible, de acuerdo con una modalidad ilustrativa.

La Figura 8 es un diagrama de flujo que ilustra un método de fabricación de un apilamiento de celdas de combustible, de acuerdo con una modalidad ilustrativa.

La Figura 9 es un conjunto despiezado de parte de un apilamiento de celdas de combustible que tiene un sistema de compresión externo, de acuerdo con una modalidad ilustrativa.

Se hará referencia ahora en detalle a las presentes modalidades ilustrativas de la presente descripción ilustrativas, cuyos ejemplos se ilustran en los dibujos acompañantes. Donde quiera que sea posible, los mismos números de referencia se usarán a lo largo de todos los dibujos para referirse a las mismas partes o a partes similares. Aunque se describe en relación con una celda de combustible que emplea hidrógeno, oxígeno y agua, se entiende que los dispositivos y métodos de la presente descripción pueden emplearse con diversos tipos de celdas de combustible y celdas electroquímicas, que incluyen, pero sin limitarse a, las celdas de electrólisis, purificadores de hidrógeno, expansores de hidrógeno y compresores de hidrógeno.

A lo largo de la descripción, los términos "generalmente paralelo" y "generalmente perpendicular" pueden usarse para describir la disposición de uno o más componentes en relación con un eje, plano u otro componente. El grado de desplazamiento desde paralelo y perpendicular que puede tolerarse al describir una disposición como "generalmente paralelo" o "generalmente perpendicular" puede variar.

La Figura 1 muestra una vista lateral despiezada de una celda de combustible 100. La celda de combustible 100 puede comprender una capa catalítica del cátodo 110, una capa catalítica del ánodo 120 y una membrana de intercambio de protones (PEM) 130, que combinados puede comprender un ensamble membrana electrodo (MEA) 140. La PEM 130 puede comprender una membrana de polímero puro o una membrana compuesta donde otro material, por ejemplo, sílice, heteropoliácidos, fosfatos metálicos en capas, fosfatos y fosfatos de zirconio se pueden incorporar en una matriz polimérica. La PEM 130 puede ser permeable a los protones mientras que no conduce electrones. La capa catalítica del cátodo 110 y la capa catalítica del ánodo 120 pueden comprender electrodos de carbono porosos que contienen un catalizador. El material catalizador, por ejemplo platino, puede aumentar la reacción de oxígeno y combustible. El grosor del MEA 140 puede basarse en el grosor de la PEM 130 así como también el grosor de la capa catalítica del cátodo 110 y la capa catalítica del ánodo 120.

La celda de combustible 100 puede comprender dos placas bipolares 150, 160. El MEA 140 puede interponerse entre las placas bipolares 150, 160. Las placas bipolares 150, 160 pueden actuar como colectores de corriente, proporcionar canales de acceso a las superficies de electrodo respectivas para el combustible y el oxidante, y proporcionar canales para la eliminación del agua formada durante el funcionamiento de la celda de combustible 100. Las placas bipolares 150, 160 también pueden proporcionar canales de acceso para el fluido de enfriamiento (es decir, agua, glicol o mezcla de glicol de agua). Las placas bipolares pueden estar hechas de aluminio, acero, acero inoxidable, titanio, cobre, aleación de Ni-Cr, grafito o cualquier otro material eléctricamente conductor. Las placas bipolares 150, 160 pueden separar la celda de combustible PEM 100 de las celdas de combustible vecinas en el apilamiento de celdas de combustible (no se muestra). En algunas modalidades, dos celdas de combustible adyacentes en un apilamiento de celdas de combustible pueden compartir una placa bipolar (no se muestra en la Figura 1). La celda de combustible 100 puede tener un eje x (X) y un eje y (Y) perpendiculares entre sí en un plano x-y y un eje z (Z) alineado a lo largo de la dirección apilada de la celda de combustible 100 y generalmente perpendiculares al plano x-y.

La Figura 2 muestra una vista frontal paralela al plano x-y del MEA 140 que tiene un área activa total 200 que puede extenderse en el plano x-y y puede ser igual a una longitud total (L) medida a lo largo del eje x multiplicada por una altura total (H) medida a lo largo del eje y. El área activa total 200 puede estar compuesta por una pluralidad de áreas activas de base 210 que pueden repetirse modularmente varias veces para obtener el área activa total 200. Las áreas activas de base 210 se pueden configurar para la colocación coplanar a lo largo del eje x. En la modalidad particular ilustrada en la

Figura 2, el área activa total 200 está compuesta por tres de las áreas activas de base 210. Las tres áreas activas de base 210 están configuradas adyacentes entre sí y se extienden a lo largo del eje x coplanares en el plano x-y.

5 En la modalidad que se muestra en la Figura 2, el área activa de base 210 puede tener una altura base (h) que puede ser sustancialmente igual a la altura total (H) y una longitud base (l) que puede ser sustancialmente igual a un tercio de la longitud total (L). En varias otras modalidades, se pueden crear diseños de área activa de base que tengan una gama de dimensiones que permitan la construcción de numerosos diseños de área activa total. Por ejemplo, las dimensiones del área activa de base 210 pueden variar desde 75 cm² a 125 cm².

10 El manejo adecuado de reactivos gaseosos, productos reactivos y agua/humedad puede ser fundamental para lograr el rendimiento adecuado de la celda de combustible 100. Para lograr un rendimiento constante, se pueden optimizar varios parámetros. Por ejemplo, el caudal y la presión de los reactivos gaseosos (es decir, hidrógeno y oxígeno) al MEA a través de los conductos de alimentación comunes pueden optimizarse para lograr una producción eficiente de energía. Además, los productos reactivos (es decir, hidrógeno empobrecido y oxígeno empobrecido) y la eliminación de líquidos (agua/humedad) del MEA a través de los conductos de descarga comunes pueden optimizarse para lograr una producción eficiente de energía. En consecuencia, estos parámetros pueden optimizarse para un área activa de base única 210. Se puede prestar particular atención a la optimización de las caídas de presión a través de la celda para cumplir con los requisitos de una aplicación.

20 Subsecuentemente, al sumar múltiplos del área activa de base 210 juntos durante el diseño del área activa total 200, se puede proyectar el rendimiento del área activa total 200. Este análisis puede ser más fácil y más preciso en base al rendimiento optimizado conocido del área activa de base 210. En base al diseño típico de la celda de combustible, cambiar la dimensión vertical puede alterar la dinámica del fluido y, por lo tanto, el rendimiento y la eficiencia energética. Sin embargo, al repetir el área activa de base 210 a lo largo del eje x horizontal, la dimensión vertical del área activa total 200 permanece invariable independientemente del número de áreas activas de base 210 que forman el área activa total 200. Esto permite que la dinámica del fluido y las propiedades mecánicas permanezcan sustancialmente sin cambios. Para que el área activa total 200 mantenga sustancialmente la misma dinámica de fluidos y propiedades mecánicas que el área activa de base 210, los conductos comunes que suministran y descargan reactivos gaseosos y los productos reactivos pueden repetirse modularmente a medida que se repite el área activa de base 210.

30 Se entiende que el MEA 140 que tiene un área activa total 200, aunque está formado por múltiples áreas activas de base 210, puede formarse a partir de un único MEA continuo que tiene un área igual al área activa total 200. Las placas, electrodos, juntas y otros componentes de la celda de combustible 100 se pueden formar de manera similar de una pieza única que cubre o abarca el área activa total 200.

35 Las placas bipolares 150, 160 se pueden configurar para que sean modulares de manera similar como el área activa de base 210. La Figura 3 muestra una vista frontal paralela al plano x-y del MEA 140 y la placa bipolar 150 de la Figura 1, de acuerdo con una modalidad ilustrativa. Una porción del MEA 140 puede delimitarse por la placa bipolar 150. La porción restante del MEA 140 puede delimitarse por la placa bipolar 160 (no se muestra en la Figura 2). La placa bipolar 160 se puede configurar para que sea una reflexión especular de la placa bipolar 150. Se entiende que todas las propiedades, aspectos y características de la placa bipolar 150 pueden ser las mismas para la placa bipolar 160.

45 De acuerdo con una modalidad ilustrativa, la placa bipolar 150 mostrada en la Figura 3 puede estar formada por un cuerpo de bastidor conductor eléctrico que tiene dimensiones superiores a las del área activa total 200 del MEA 140. La placa bipolar 150 puede ser generalmente de forma rectangular o cuadrada, en dependencia de las dimensiones y el número de áreas activas de base 210 que conforman el área activa total 200.

50 En varias modalidades, la placa bipolar 150 puede dividirse en secciones modulares coplanares, configuradas para su colocación adyacente a una o más secciones, que se extienden a lo largo del eje x. En esta modalidad ilustrativa particular, la placa bipolar 150 se puede dividir en tres secciones, una sección interior 280 y dos secciones laterales 260, 270. La sección lateral 270 se puede configurar para que sea una reflexión especular de la sección lateral 260. Esto puede permitir que el diseño y la construcción de las secciones laterales 260, 270 sean sustancialmente iguales. Una diferencia podría ser la orientación cuando se forma la placa bipolar 150. Por ejemplo, rotar la sección lateral 260 en 180 grados orienta la sección lateral 260 de manera que pueda convertirse en la sección lateral 270. Y la sección lateral 270 se puede girar 180 grados de manera que pueda convertirse en la sección lateral 260. Se entiende que todas las propiedades, aspectos y características de la sección lateral 260 pueden ser las mismas para la sección lateral 270.

60 La sección interior 280 se puede configurar para interponerse entre las secciones laterales 260, 270. La sección interior 280 y la sección lateral 260, 270 son modulares de manera similar como el área activa de base 210 y cada sección puede corresponder a una del área activa de base 210. En consecuencia, para cada área activa de base modular 210 que constituye el área activa total 200, la celda de combustible 100 puede tener una sección interior modular correspondiente 280 o una sección lateral 260, 270.

65 En varias modalidades, la celda de combustible 100 puede estar compuesta de cualquier número de área activa de base y secciones de placa bipolar correspondientes. Por ejemplo, las Figuras 6A ilustran una placa bipolar 600 compuesta de dos secciones laterales 610, 620 que pueden ser una reflexión especular entre sí unidas en un plano común 630. En esta

modalidad particular, el área activa total del MEA puede estar compuesta por dos áreas activas de base 650 y la placa bipolar 600 puede no estar compuesta de ninguna sección interior.

En otra modalidad, como se muestra en la Figura 6B, una placa bipolar 660 puede estar compuesta por una pluralidad de secciones. La placa bipolar 660 puede estar compuesta por una pluralidad de secciones interiores 670 y dos secciones laterales 610, 620 en cada extremo. En esta modalidad particular, un área activa total del MEA puede estar compuesta por una pluralidad de áreas activas de base 650. La Figura 6C muestra, a modo de comparación, una placa bipolar 680 compuesta de una única sección 690 configurada para un área activa de base individual 650. Como se ilustra en estas modalidades, al utilizar el área activa de base 650, las secciones laterales 610, 620, la sección interior 670 y la sección única 690, puede ensamblarse una celda de combustible con un área activa total de cualquier multiplicación del área activa de base 650.

En las modalidades alternativas, las placas bipolares se pueden formar de una sola estructura en lugar de una o más secciones. Para acomodar el tamaño diferente del área activa total, se pueden construir placas bipolares de estructura única de tamaño diferente. Por ejemplo, puede haber placas bipolares dimensionadas para, dos áreas activas de base, tres áreas activas de base, cuatro áreas activas de base, etc. Aunque se compone de una sola estructura, el diseño de placas bipolares puede utilizar secciones modulares con conductos comunes modularmente repetidos como parte de la fase de diseño.

Se entiende que el área activa de base 210 y las secciones de placa bipolar 150 (sección interior 280 y secciones laterales 260, 270) que pueden configurarse para una colocación coplanar adyacente a otra pueden referirse a la colocación que tiene lugar durante el diseño, fabricación o fase de ensamblaje para la celda de combustible 100.

De acuerdo con una modalidad ilustrativa, la Figura 4 ilustra una parte de un apilamiento de celdas de combustible 400 que puede estar compuesta por una pluralidad de celdas de combustible 100 dispuestas en una configuración de apilamiento que se extiende a lo largo del eje z. Como se describió anteriormente con respecto a la Figura 1, cada celda de combustible 100 puede incluir el MEA 140 interpuesto entre las placas bipolares 150, 160. En la modalidad particular ilustrada en la Figura 4, dos celdas de combustible adyacentes 100 en el apilamiento de celdas de combustible 400 pueden compartir placas bipolares 150, 160.

Las placas bipolares 150, 160 pueden estar compuestas de una pluralidad de conductos comunes 430 para alimentar reactivos gaseosos al MEA 140 y descargar productos reactivos desde el MEA 140. La pluralidad de conductos comunes 430 puede extenderse generalmente en paralelo al menos parte de la longitud del apilamiento de celdas de combustible 400 a lo largo del eje z. En cada extremo del apilamiento de celdas de combustible 400 puede haber una placa final 440 configurada para distribuir y consolidar la pluralidad de conductos comunes. Por ejemplo, la placa final puede recibir un flujo entrante de hidrógeno y un flujo entrante de gas oxígeno y estar configurada para distribuir los flujos a uno o más conductos comunes configurados para distribuir el hidrógeno y el gas oxígeno a cada celda de combustible. Además, la placa final también se puede configurar para consolidar el uno o más flujos de producto reactivo en un flujo de descarga de combustible agotado y un flujo de descarga de oxígeno agotado.

Además, a los conductos comunes, cada placa bipolar 150, 160 puede estar compuesta por uno o más conductos de la barra de acoplamiento 243 configurados para recibir una o más barras de acoplamiento del apilamiento 410. Los conductos de la barra de acoplamiento 243 pueden configurarse de modo que las barras de acoplamiento del apilamiento 410 pasen a través de los conductos de la barra de acoplamiento correspondientes dentro de las placas bipolares 150, 160 del apilamiento de celdas de combustible 400. Las barras de acoplamiento del apilamiento 410 pueden usarse para comprimir todo el apilamiento de celdas de combustible 400 ajustando al menos un par de sujetadores 420 en cada extremo del apilamiento de celdas de combustible 400.

De acuerdo con una modalidad ilustrativa, como se muestra en las Figuras 3 y 4, la placa bipolar 150 puede estar compuesta por una pluralidad de conductos de la barra de acoplamiento 243 configurados para recibir una pluralidad de barras de acoplamiento del apilamiento 410. En varias modalidades, pueden usarse barras de acoplamiento adicionales y conductos de barras de acoplamiento correspondientes para proporcionar una compresión uniforme y adecuada del apilamiento.

En una modalidad alternativa, como se muestra en la Figura 9, el apilamiento de celdas de combustible 900 se puede comprimir mediante el uso de un sistema de compresión externo 910. Por ejemplo, las barras de acoplamiento y los conductos de la barra de acoplamiento pueden reemplazarse con el sistema de compresión externo 910. El sistema de compresión externo 910 puede comprender al menos dos placas finales 920, 930 y al menos dos barras de conexión de compresión 940, 950. Las placas finales 920, 930 se pueden colocar adyacentes a cada extremo del apilamiento de celdas de combustible 900 y conectarse mediante barras de conexión de compresión 940, 950. Las barras de conexión de compresión 940, 950 se pueden configurar para contraer la distancia entre las placas finales 920, 930 y, como resultado, comprimir el apilamiento de celdas de combustible 900 colocado entre las placas finales 920, 930. Mediante el uso del sistema de compresión externo 910, las placas bipolares dentro del apilamiento de celdas de combustible 900 pueden configurarse sin una pluralidad de conductos de la barra de acoplamiento. Eliminar la pluralidad de conductos de barra de acoplamiento de las placas bipolares puede permitir la simplificación del diseño de la placa bipolar.

Con el MEA 140 colocado en la placa bipolar 150 como se muestra en la Figura 3, la región de borde de la placa bipolar 150 que se extiende más allá del MEA 140 puede aparecer como cuatro paredes exteriores, una pared superior 220, una pared inferior 230, una pared izquierda 240 y una pared derecha 250. La pared superior 220 puede estar compuesta por al menos uno de un primer conducto de alimentación 261 y al menos uno de un segundo conducto de alimentación 262 dentro de cada sección de la placa bipolar 150. El primer conducto de alimentación 261 y el segundo conducto de alimentación 262 se pueden configurar para alimentar los reactivos gaseosos al MEA 140. El primer conducto de alimentación 261 y el segundo conducto de alimentación 262 dentro de cada sección de la placa bipolar 150 pueden ser adyacentes entre sí y distribuirse generalmente de manera uniforme a lo largo del eje x dentro de la pared superior 220. Los reactivos gaseosos suministrados al MEA 140 pueden ser combustible y aire/oxígeno. El combustible puede incluir hidrógeno, metanol o cualquier combinación adecuada. Por ejemplo, el primer conducto de alimentación 261 puede suministrar gas hidrógeno y el segundo conducto de alimentación 262 puede suministrar gas oxígeno. Cada primer conducto de alimentación 261 y segundo conducto de alimentación 262 dentro de cada sección de la placa bipolar 150 puede dimensionarse para suministrar cantidades adecuadas de reactivos gaseosos al área activa de base 210 del MEA 140 abarcada por la sección correspondiente. Por ejemplo, el primer conducto de alimentación 261 y el segundo conducto de alimentación 262 junto con los canales de placa bipolar (no se muestran) dentro de la sección izquierda 260 pueden dimensionarse para proporcionar cantidades óptimas de reactivos gaseosos al área activa de base 210 abarcada por la sección lateral 260.

La pared inferior 230 puede estar compuesta por al menos uno de un primer conducto de descarga 263 y al menos uno de un segundo conducto de descarga 264 dentro de cada sección de la placa bipolar 150. El primer conducto de descarga 263 y el segundo conducto de descarga 264 se pueden configurar para descargar productos reactivos desde el MEA 140. El primer conducto de descarga 263 y el segundo conducto de descarga 264 dentro de cada sección de la placa bipolar 150 pueden ser adyacentes entre sí y distribuirse generalmente de manera uniforme a lo largo del eje x dentro de la pared inferior 230. Los productos reactivos del MEA 140 pueden incluir oxígeno agotado, agua, combustible agotado o una combinación de los productos. Por ejemplo, el primer conducto de descarga 263 puede descargar oxígeno y agua agotados y el segundo conducto de descarga 264 puede descargar combustible agotado. Cada primer conducto de descarga 263 y segundo conducto de descarga 264 dentro de cada sección de la placa bipolar 150 puede dimensionarse para descargar cantidades adecuadas de productos reactivos desde el área activa de base 210 abarcada por la sección correspondiente. Por ejemplo, el primer conducto de descarga 263 y el segundo conducto de descarga 264 junto con los canales de placa bipolar (no se muestran) dentro de la sección izquierda 260 pueden dimensionarse para descargar cantidades óptimas de productos reactivos desde el área activa de base 210 abarcada por la sección lateral 260.

La forma de cada primer conducto de alimentación 261, segundo conducto de alimentación 262, primer conducto de descarga 263 y segundo conducto de descarga 264 puede ser un rectángulo, cuadrado, cuadrilátero, óvalo, circular u otras formas diferentes. Las dimensiones de cada primer conducto de alimentación 261, segundo conducto de alimentación 262, primer conducto de descarga 263 y segundo conducto de descarga 264 pueden dimensionarse para permitir la gestión óptima de gas y agua de cada área activa de base 210 comprendida dentro de la sección correspondiente.

El suministro de muy poco gas al MEA 140 puede hacer que la celda de combustible 100 funcione por debajo de la eficiencia máxima, mientras que el suministro de demasiado gas puede provocar el secado del MEA 140.

En esta modalidad ilustrativa particular los conductos de alimentación se forman en la pared superior 220 mientras que los conductos de descarga se forman en la pared inferior 230. Sin embargo, en las modalidades alternativas, la configuración de los conductos de alimentación y los conductos de descarga se puede variar de manera que se forme al menos un conducto de alimentación y al menos un conducto de descarga en la pared superior 220 y al menos un conducto de alimentación y al menos un conducto de descarga en pared inferior 230. Aún otra configuración posible puede incluir todos los conductos de alimentación formados en la pared inferior 230 y todos los conductos de descarga formados en la pared superior 220.

Cada primer conducto de alimentación 261, segundo conducto de alimentación 262, primer conducto de descarga 263 y segundo conducto de descarga 264 pueden configurarse para conectarse con los canales (no se muestran) en la cara de las placas bipolares 150, 160 que definen rutas para que los reactivos gaseosos sean transportado desde los conductos de alimentación a los electrodos dentro del MEA 140 y define rutas para que los productos reactivos sean transportados desde los electrodos dentro del MEA 140 hasta los conductos de descarga. Los canales, como los conductos de alimentación y descarga, se pueden repetir modularmente en base al número de áreas activas de base 210 que conforman el área activa total 200.

De acuerdo con una modalidad ilustrativa, la pared izquierda 240 y la pared derecha 250 pueden comprender cada una al menos uno de un primer conducto de refrigerante 241 y al menos uno de un segundo conducto de refrigerante 242. El primer conducto de refrigerante 241 y el segundo conducto de refrigerante 242 pueden configurarse para permitir que el fluido refrigerante sea bombeado a través de los conductos para eliminar el calor generado en el MEA 140 durante el funcionamiento de la celda de combustible 100. El primer conducto de refrigerante 241 y el segundo conducto de refrigerante 242 pueden distribuirse uniformemente en la pared izquierda 240 y la pared derecha 250 que se extienden paralelas a lo largo del eje y.

La forma del primer conducto de refrigerante 241 y el segundo conducto de refrigerante 242 puede ser un rectángulo, cuadrado, cuadrilátero, óvalo, circular u otras formas diversas. La forma seleccionada se puede configurar para maximizar la interacción superficial con el MEA 140 para mejorar la transferencia de calor. Las dimensiones del primer conducto de refrigerante 241 y del segundo conducto de refrigerante 242 pueden dimensionarse para permitir un flujo adecuado de fluido refrigerante de modo que se pueda mantener un control de temperatura adecuado de la celda de combustible 100 limitando la posibilidad de sobrecalentamiento.

Las Figuras 5A, 5B y 5C ilustran varias modalidades y configuraciones para el flujo refrigerante a través del apilamiento de celdas de combustible 400 configuradas para retirar el calor generado en el MEA 140. El fluido refrigerante se puede bombear a través del apilamiento de celdas de combustible 400 en un sistema de circuito cerrado, que puede comprender una bomba refrigerante y un intercambiador de calor (no se muestra). El flujo continuo de refrigerante a través del apilamiento de celdas de combustible 400 puede eliminar el calor y llevar el calor al intercambiador de calor, donde puede transferirse al medio ambiente. La Figura 5A ilustra cómo se puede bombear fluido refrigerante a través del apilamiento de celdas de combustible en paralelo o en serie, como se ilustra en la Figura 5B. El refrigerante a medida que entra a cada lado del apilamiento de celdas de combustible 400, como se muestra en la Figura 5A y 5B, se puede dividir en una pluralidad de conductos de refrigerante, por ejemplo, el primer conducto refrigerante 241 y el segundo conducto refrigerante 242.

En una modalidad adicional ilustrada en la Figura 5C, el fluido refrigerante puede bombearse por un lado del apilamiento de celdas de combustible 400 a través de un conducto y luego retorna a un segundo conducto en el mismo lado del apilamiento de celdas de combustible 400. Las configuraciones como se describen en las Figuras 5A, 5B y 5C pueden permitir la eliminación de canales/placas de enfriamiento separados entre las celdas de combustible dentro del apilamiento, lo que simplifica la arquitectura de la celda y permite que el área activa total de la celda de combustible se amplíe o disminuya modularmente sin la necesidad de rediseñar o reconfigurar los componentes de enfriamiento del apilamiento de celdas de combustible.

En las modalidades alternativas, la celda de combustible 100 se puede enfriar mediante enfriamiento conductivo, enfriamiento por convección u otros medios que no requieren un refrigerante que fluya a través del primer conducto refrigerante 241 y el segundo conducto refrigerante 242 de las placas bipolares 150, 160.

Como se muestra en las Figuras 3 y 4, secciones de placa bipolar que pueden incluir, sección lateral 260, sección lateral 270 y sección interior 280. Estas secciones pueden tener conductos de alimentación sustancialmente idénticos para reactivos gaseosos y conductos de descarga para productos reactivos dimensionados para satisfacer las necesidades del área activa de base 210 dentro de cada sección correspondiente. Sin embargo, también es posible que los reactivos gaseosos suministrados desde una sección puedan fluir y consumirse en otra sección. En varias modalidades, la celda de combustible 100 puede diseñarse de manera que los reactivos gaseosos una vez suministrados al MEA 140 puedan fluir a través del MEA 140 y, igualmente, los productos reactivos una vez producidos pueden fluir a través del MEA 140 y descargarse a través de cualquiera de los conductos de descarga.

Generalmente, la capacidad combinada de los conductos de alimentación y los conductos de descarga en todas las secciones de las placas bipolares 150, 160 puede ser suficiente para el área activa total 200 del MEA 140. Como se describió anteriormente, esto se puede lograr repitiendo modularmente los conductos de alimentación adicionales y conductos de descarga dimensionados para cada área activa de base adicional.

De manera similar a la configuración del conducto de alimentación y descarga, los conductos para las barras de acoplamiento también se pueden configurar para escalar de forma modular en base al número de área activa de base 210. De acuerdo con una modalidad ilustrativa, como se muestra en la Figura 3 y 4, la pared izquierda 240 y la pared derecha 250 pueden tener al menos un conducto de la barra de acoplamiento 243 para una barra de acoplamiento del apilamiento 410. Además, la pared superior 220 y la pared inferior 230 pueden incluir al menos un conducto de la barra de acoplamiento 243 que puede ubicarse a lo largo de cada costura 245 ubicada entre secciones. Las costuras 245 teóricamente dividen el área activa total 200 del MEA 140 en secciones de área activa de base 210. En consecuencia, el número de conductos de la barra de acoplamiento 243 en la pared superior 220 puede ser uno menos que el número de áreas activas de base 210 que constituyen el área activa total 200. De manera similar, el número de conductos de la barra de acoplamiento en la pared inferior 230 puede ser uno menos que el número de áreas activas de base 210 que constituyen el área activa total 200.

En las modalidades alternativas, el área de sección transversal de los conductos de alimentación y los conductos de descarga se puede dimensionar en base al tamaño del área activa de base como al número de celdas de combustible dentro del apilamiento de celdas de combustible. Dado que los conductos de alimentación comunes y los conductos de descarga pueden usarse para suministrar todas las celdas de combustible en el apilamiento, el número de celdas puede afectar la capacidad general del caudal de los conductos comunes. Por ejemplo, un apilamiento de celdas de combustible compuesta por 100 celdas de combustible puede tener conductos con un área de sección transversal mayor capaz de caudales más altos que la de un apilamiento de celda de combustible con 10 de las mismas celdas de combustible. Al optimizar aún más el área de sección transversal de los conductos comunes en base al número de celdas, se puede optimizar el volumen total de la celda de combustible. La optimización de las dimensiones de los conductos de

alimentación y los conductos de descarga en base al número de celdas de combustible puede incluir modificar solo las dimensiones verticales y dejar fijas las dimensiones horizontales.

5 En las modalidades alternativas, los conductos de refrigerante 241, 242 dentro de las secciones laterales 260, 270 pueden dimensionarse en dependencia del número de áreas activas de base y las secciones interiores correspondientes que separan las secciones laterales. Por ejemplo, cuanto mayor es el número de áreas activas de base y las secciones interiores correspondientes, más tiene que viajar el calor para llegar a la sección lateral donde puede descargarse. Por lo tanto, los conductos de refrigerante pueden aumentar en tamaño y capacidad de enfriamiento en base al número de secciones interiores. En otra modalidad más, en lugar de variar el tamaño de los conductos de refrigerante, la temperatura y el caudal del refrigerante pueden ajustarse para compensar el número de áreas activas de base y las secciones interiores correspondientes.

15 La Figura 7 muestra un diagrama de flujo 700, para un método de fabricación de una celda de combustible modular, de acuerdo con modalidades descritas anteriormente. El diagrama de flujo 700 puede incluir la etapa S710, que puede comprender calcular un área activa total para una celda de combustible en base a una especificación para una aplicación. La especificación para una aplicación puede comprender una tensión de la celda de combustible, una corriente de la celda de combustible, un peso de la celda de combustible y un volumen de la celda de combustible.

20 Después de la etapa S710, la etapa S720 puede comprender seleccionar un área activa de base. Las áreas activas de base se pueden configurar para una disposición coplanar a lo largo de al menos un solo eje. Por ejemplo, las modalidades descritas anteriormente en las áreas activas de base se pueden disponer a lo largo del eje x como se ilustra en la Figura 2. Después de la etapa S720, la etapa S730 puede comprender proporcionar un MEA que tenga un área activa. El área activa puede ser igual al área activa total calculada y comprender múltiplos del área activa de base seleccionada. En varias modalidades, el área activa proporcionada puede comprender cualquier número de áreas activas de base combinadas en una disposición coplanar.

30 Después de la etapa S730, la etapa S740 puede comprender colocar un par de placas bipolares para colocarlas adyacentes a ambos lados del MEA. El par de placas bipolares puede dimensionarse para corresponderse con el tamaño del MEA. El par de placas bipolares puede estar compuesto por secciones como se describió anteriormente de acuerdo con las modalidades ilustrativas. Cada sección puede incluir conductos comunes. El número de secciones se puede basar en el número de áreas activas de base usadas para formar el área activa total del MEA. Por ejemplo, si el área activa total está compuesta por dos áreas activas de base, cada uno de los pares de placas bipolares puede ensamblarse mediante el uso dos secciones en donde cada sección incluye conductos comunes. De manera similar, si el área activa total incluye tres áreas activas de base, cada par de placas bipolares puede ensamblarse mediante el uso de tres secciones (es decir, una sección interior y dos secciones laterales).

40 La Figura 8 muestra un diagrama de flujo 800, para un método de fabricación de un apilamiento de celdas de combustible modular, de acuerdo con varias modalidades. El diagrama de flujo 800 puede incluir la etapa S810, que puede comprender calcular el número de celdas de combustible y un área activa total para cada celda de combustible en base a una especificación para una aplicación. La especificación para una aplicación puede comprender una tensión del apilamiento de celdas de combustible, una corriente del apilamiento de celdas de combustible, un peso del apilamiento de celdas de combustible y un volumen del apilamiento de celdas de combustible.

45 Después de la etapa S810, la etapa S820 puede comprender seleccionar un área activa de base. El área activa de base se puede configurar para una disposición coplanar a lo largo de al menos un solo eje. Por ejemplo, las modalidades descritas anteriormente sobre el área activa de base se pueden disponer a lo largo del eje x como se ilustra en la Figura 2. Después de la etapa S820, la etapa S830 puede comprender el ensamblaje de un apilamiento del MEA igual al número de celdas de combustible calculado. Cada MEA tiene un área activa. El área activa de cada MEA puede ser igual al área activa total calculada y comprender múltiplos del área activa de base seleccionada. En varias modalidades, el área activa total puede comprender cualquier número de áreas activas de base combinadas en una disposición coplanar.

50 Después de la etapa S830, la etapa S840 puede comprender insertar una pluralidad de placas bipolares entre los MEA adyacentes. Cada placa bipolar puede dimensionarse para corresponderse con el tamaño del MEA. El par de placas bipolares puede comprender secciones como se describió anteriormente de acuerdo con las modalidades ilustrativas. Cada sección puede incluir conductos comunes. El número de secciones se puede basar en el número de áreas activas de base usadas para formar el área activa total del MEA.

60 Otras de las modalidades de la presente descripción serán evidentes para los expertos en la técnica a partir de la consideración de la descripción y la práctica de la presente descripción. Se pretende que la descripción y los ejemplos se consideren solamente como ilustrativos, con el alcance de la presente descripción que se indica por las siguientes reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Una celda de combustible modular (100), que comprende:
 5 un ensamble membrana electrodo (140) que comprende una capa catalítica del ánodo (120), una capa catalítica del cátodo (110) y una membrana de intercambio de protones (130) ubicada entre la capa catalítica del ánodo y la capa catalítica del cátodo, en donde la capa catalítica del ánodo, la capa catalítica del cátodo y la membrana de intercambio de protones se colocan a lo largo de un eje z y generalmente son paralelas a un plano x-y; un par de placas bipolares (150, 160) que comprenden conductos comúnmente alineados que se extienden generalmente paralelos al eje z; y
 10 en donde el ensamble membrana electrodo tiene un área activa total (200) que comprende un área activa de base configurada en el plano x-y; en donde la pluralidad de conductos comúnmente alineados comprende:
 al menos un primer conducto de alimentación (261) y al menos un segundo conducto de alimentación (262) alineados generalmente paralelos a al menos un primer conducto de alimentación;
 15 al menos un primer conducto de descarga (263) y al menos un segundo conducto de descarga (264) alineado generalmente paralelo a al menos un primer conducto de descarga; y
 al menos un primer conducto refrigerante (241) y al menos un segundo conducto refrigerante (242) alineados generalmente paralelos a al menos un primer conducto refrigerante;
 caracterizado porque:
 20 el área activa total (200) comprende una pluralidad de áreas activas de base (210) dispuestas a lo largo del eje x del plano x-y para formar un área activa total continua; en donde el número de conductos de alimentación (261, 262) y conductos de descarga (263, 264) es un múltiplo de un número total de áreas activas de base (210) que forman el área activa total (200).
- 25 2. La celda de combustible de acuerdo con la reivindicación 1, en donde la altura medida a lo largo de un eje y del área activa total (200) es igual a la altura medida a lo largo del eje y de la pluralidad de áreas activas de base (210); y la longitud medida a lo largo del eje x del área activa total (200) es igual a la longitud medida a lo largo del eje x de una de la pluralidad de áreas activas de base (210).
- 30 3. La celda de combustible de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende además al menos un conducto de la barra de acoplamiento (243), en donde el número de conductos de la barra de acoplamiento es un múltiplo del número total de áreas activas de base (210) que forman el área activa total (200).
- 35 4. La celda de combustible de acuerdo con la reivindicación 1, en donde los conductos de alimentación (261, 262) y los conductos de descarga (263, 264) están distribuidos a lo largo de una región de borde superior e inferior que se extiende a lo largo del eje x de cada placa bipolar, y los conductos de refrigerante están distribuidos uniformemente a lo largo de una región de borde izquierdo y derecho que se extiende a lo largo del eje y de cada placa bipolar.
- 40 5. Un apilamiento de celdas de combustible (400), que comprende: una pluralidad de celdas de combustible (100) de acuerdo con la reivindicación 1 dispuestas en una configuración de apilamiento que se extiende a lo largo de un eje z.
- 45 6. El apilamiento de celdas de combustible de acuerdo con la reivindicación 5, que comprende una pluralidad de celdas de combustible (100) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 2 - 4 dispuestas en una configuración de apilamiento que se extiende a lo largo de un eje z.
- 50 7. El apilamiento de celdas de combustible de acuerdo con la reivindicación 5, en donde los conductos de alimentación (261, 262) están dimensionados para suministrar cantidades suficientes de reactivo gaseoso y los conductos de descarga (263, 264) están dimensionados para descargar cantidades suficientes de productos reactivos hacia y desde las áreas activas de base (210) del ensamble membrana electrodo (140) para permitir un rendimiento eficiente de la celda de combustible.
- 55 8. El apilamiento de celdas de combustible de acuerdo con la reivindicación 5, en donde cada placa bipolar comprende además:
 dos secciones laterales (260, 270) y al menos una sección interior (280);
 en donde cada una de las secciones laterales y la al menos una sección interior delimitan una porción del área activa total sustancialmente igual a una de la pluralidad de áreas activas de base (210).
- 60 9. El apilamiento de celdas de combustible de acuerdo con la reivindicación 8, en donde cada sección lateral (260, 270) comprende al menos un primer conducto de alimentación (261), al menos un segundo conducto de alimentación (262), al menos un primer conducto de descarga (263), al menos un segundo conducto de descarga (264), y al menos un conducto de la barra de acoplamiento (243); cada sección interior (280) comprende al menos un primer conducto de alimentación (261), al menos un segundo conducto de alimentación (262), al menos un primer conducto de descarga (263), al menos un segundo conducto de descarga (264) y una porción de un
- 65

conducto de la barra de acoplamiento; y la porción de un conducto de la barra de acoplamiento está alineada con otra porción de un conducto de la barra de acoplamiento que es parte de una sección adyacente (260, 270) para formar un conducto completo de la barra de acoplamiento (243).

- 5 10. El apilamiento de celdas de combustible de acuerdo con la reivindicación 8, en donde el número total de las secciones laterales (260, 270) y las secciones interiores (280) que forman cada una de las placas bipolares es igual al número de áreas activas de base (210) combinadas para formar el área activa total (210).
- 10 11. El apilamiento de celdas de combustible de acuerdo con la reivindicación 8, en donde las secciones laterales (260, 270) y al menos una sección interior (280) están configuradas para la unión coplanar paralela al plano x-y y que se extiende a lo largo del eje x.
- 15 12. El apilamiento de celdas de combustible de acuerdo con la reivindicación 5, que comprende además al menos una placa final (440) colocada en un extremo del apilamiento de celdas de combustible (400), en donde al menos una placa final (440) se configura para distribuir los flujos de reactivo gaseoso a los conductos comunes correspondientes y consolidar los flujos del producto reactivo desde los conductos comunes correspondientes.
- 20 13. Un método de fabricación de una celda de combustible de acuerdo con la reivindicación 1, el método que comprende:
 calcular un área activa total para la celda de combustible en base a una especificación para una aplicación, en donde la especificación incluye al menos uno de una tensión de la celda de combustible, una corriente de la celda de combustible, un peso de la celda de combustible y un volumen de la celda de combustible (S710);
 seleccionar un área activa de base, en donde el área activa de base está configurada para una disposición coplanar a lo largo del eje x (S720) para formar un área activa total continua;
 25 proporcionar un ensamble membrana electrodo que tiene el área activa total, en donde el área activa total comprende un múltiplo de las áreas activas de base dispuestas coplanarmente a lo largo del eje x (S730); y
 colocar un par de placas bipolares adyacentes a ambos lados del ensamble membrana electrodo, en donde cada placa bipolar está compuesta de secciones y cada sección incluye conductos comunes, y el número de secciones es igual al número de áreas activas de base que forman el área activa total del ensamble membrana electrodo
 30 (S740).

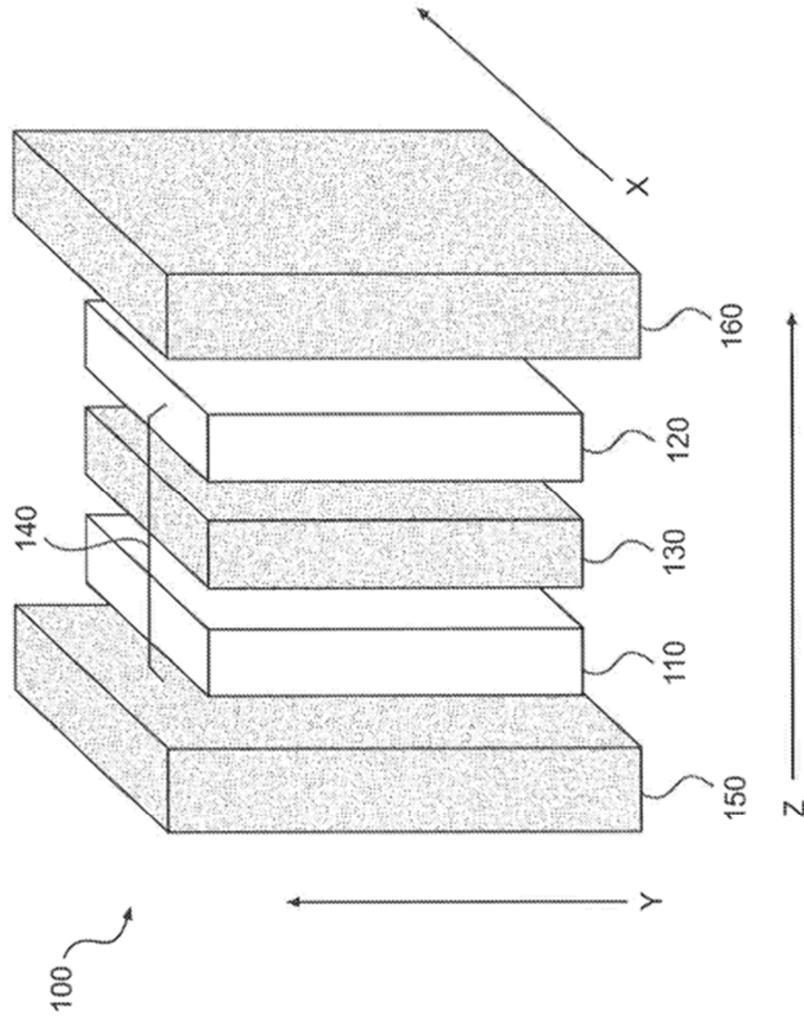


Figura 1

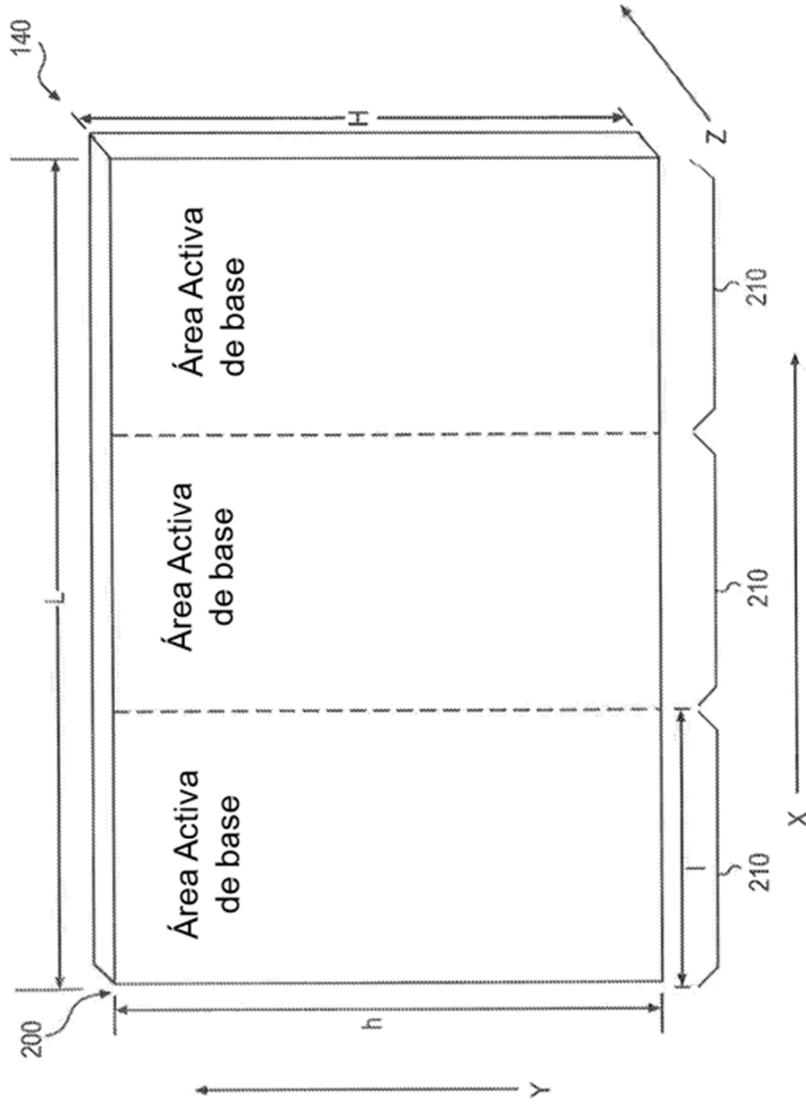


Figura 2

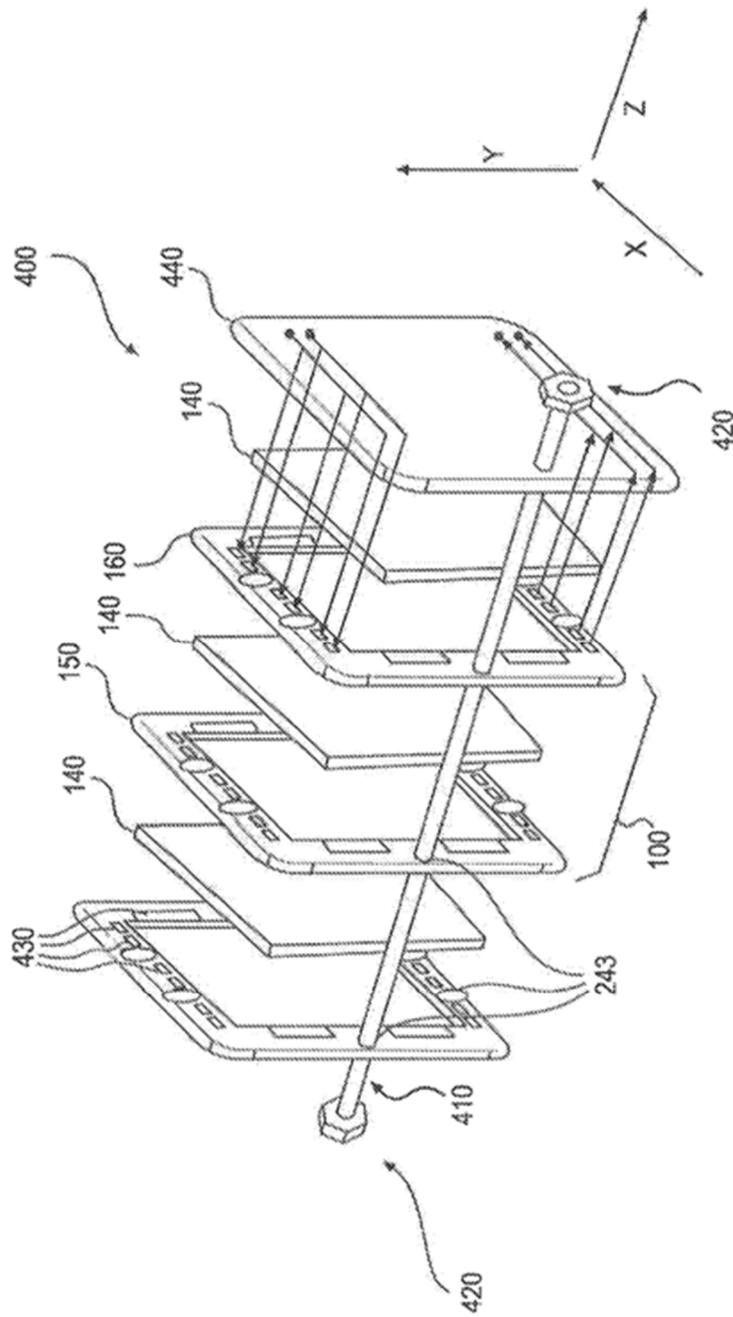


Figura 4

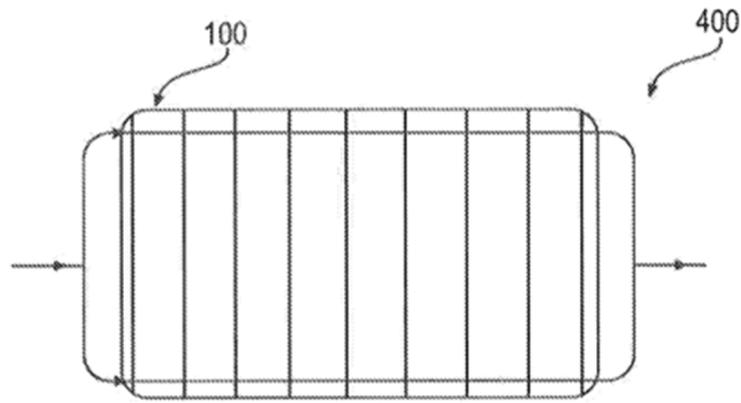


Figura 5A

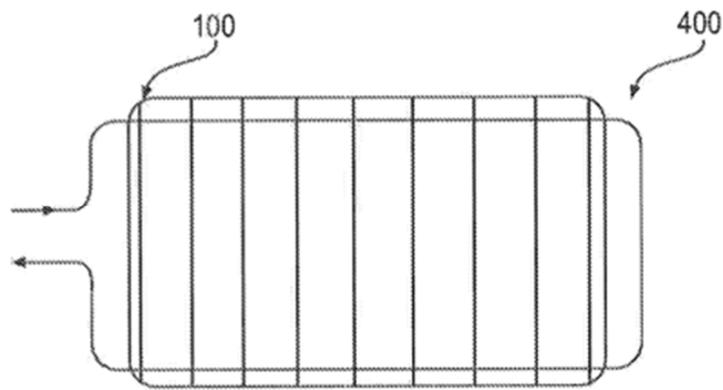


Figura 5B

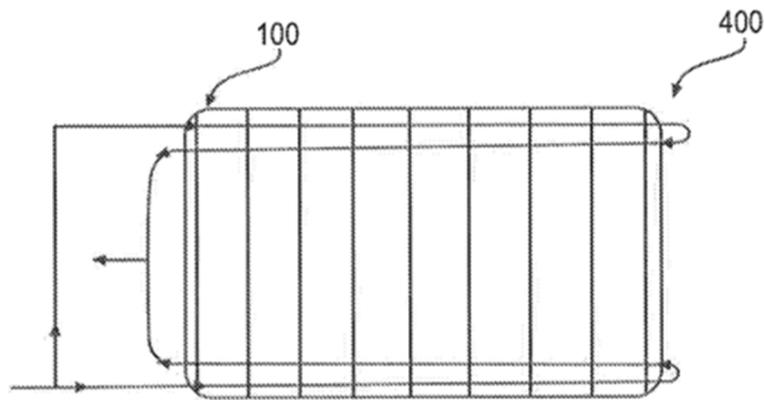


Figura 5C

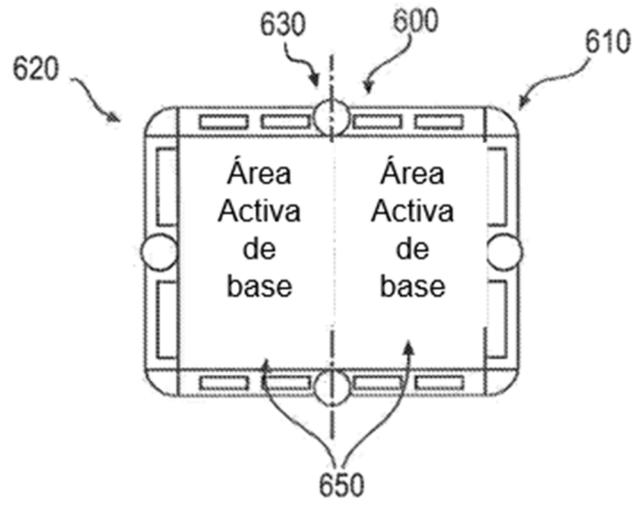


Figura 6A

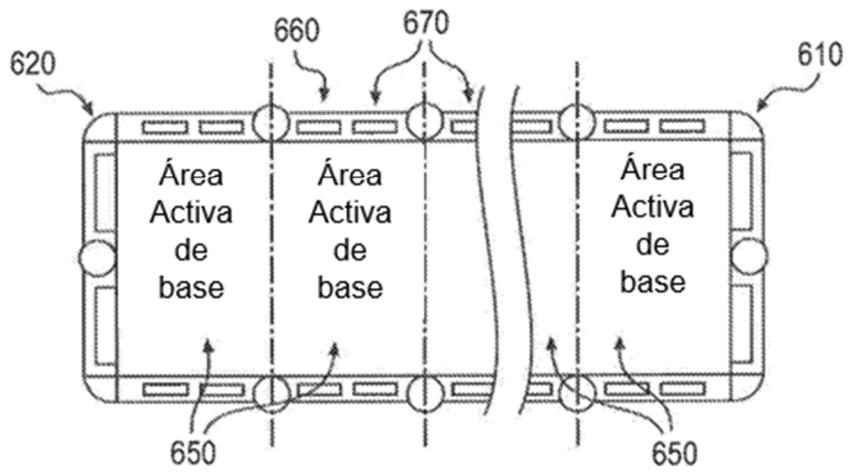


Figura 6B



Figura 6C

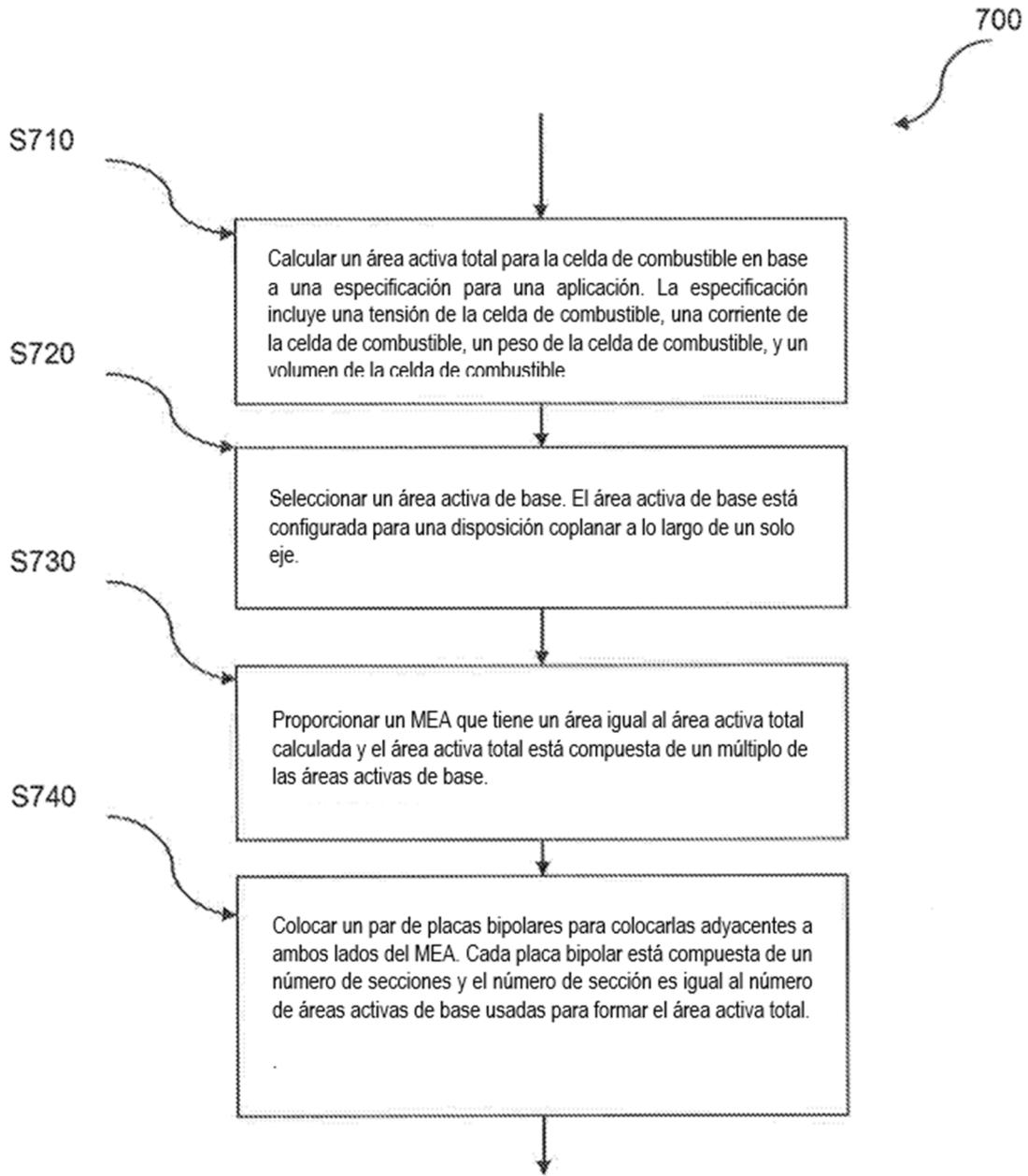


Figura 7

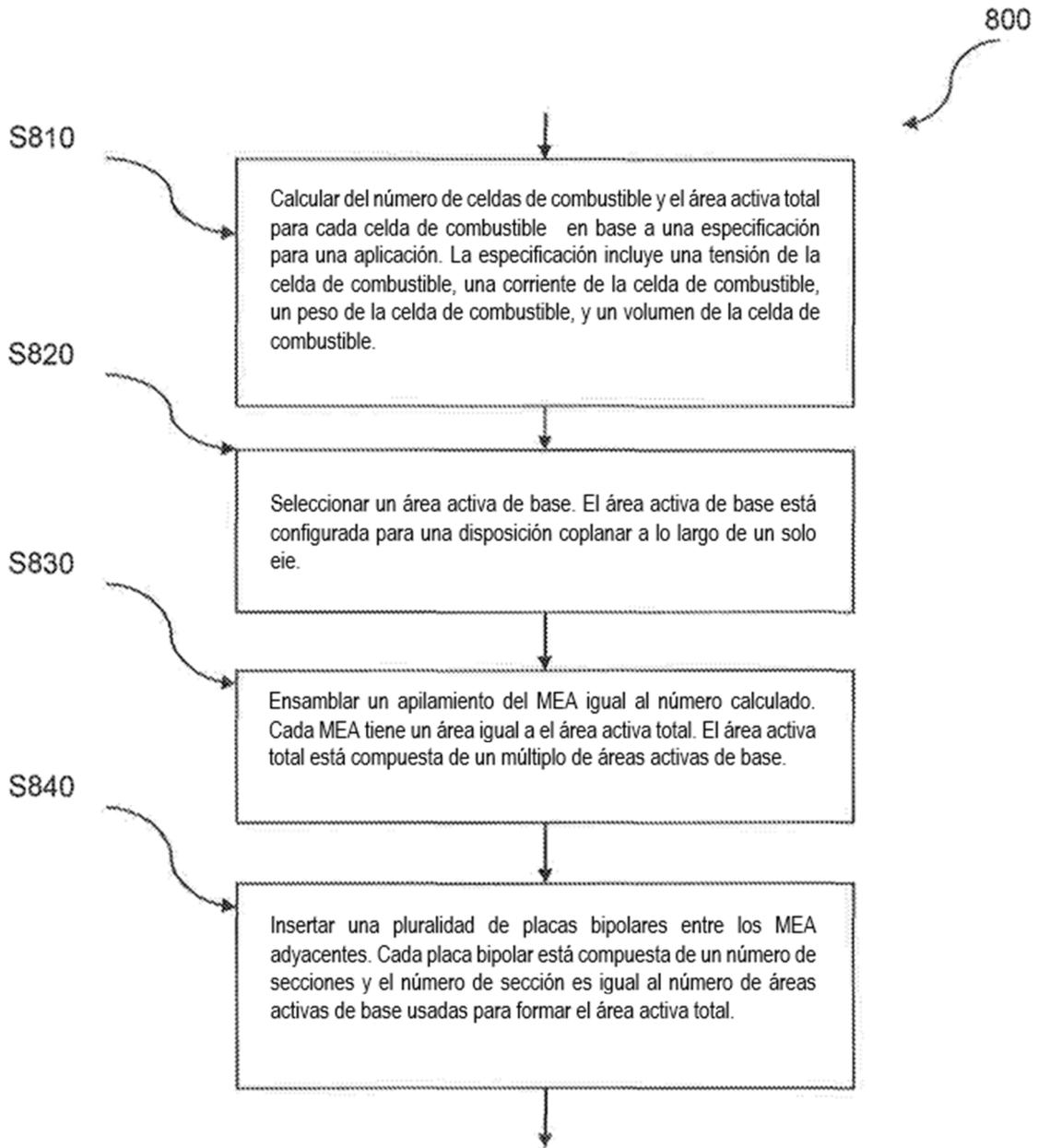


Figura 8

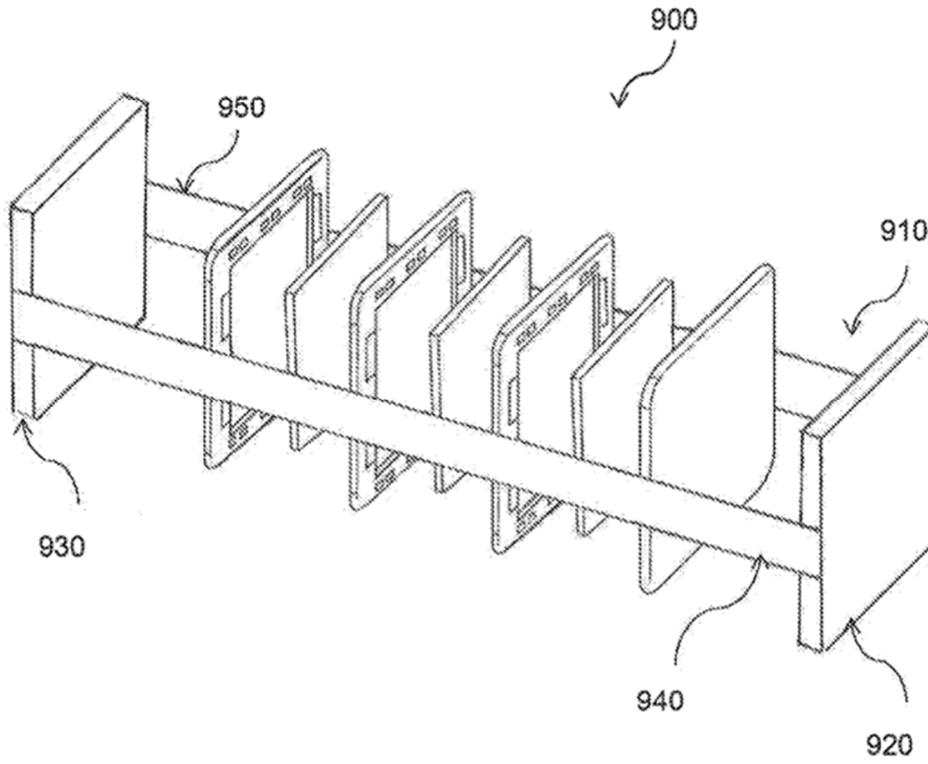


Figura 9