

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 615 907**

51 Int. Cl.:

H01M 8/0256	(2006.01) <i>H01M 8/021</i>	(2006.01)
H01M 8/0267	(2006.01) <i>H01M</i>	(2006.01)
H01M	(2006.01)	
H01M	(2006.01)	
C25B 15/00	(2006.01)	
C25B 15/02	(2006.01)	
C25B 9/06	(2006.01)	
<i>H01M 8/0228</i>	(2006.01)	
<i>H01M 8/0208</i>	(2006.01)	
<i>H01M 8/0206</i>	(2006.01)	

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **30.09.2013 PCT/US2013/062653**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **17.04.2014 WO2014058643**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **30.09.2013 E 13773583 (3)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **18.01.2017 EP 2907185**

54 Título: **Diseño de placas bipolares para el uso en celdas electroquímicas enfriadas por conducción**

30 Prioridad:

09.10.2012 US 201261711502 P
30.04.2013 US 201361817689 P
30.04.2013 US 201361817707 P

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
08.06.2017

73 Titular/es:

NUVERA FUEL CELLS, INC. (100.0%)
129 Concord Road, Building 1
Billerica, MA 01821, US

72 Inventor/es:

BLANCHET, SCOTT;
LUNT, BENJAMIN y
DOMIT, EDWARD

74 Agente/Representante:

SÁEZ MAESO, Ana

ES 2 615 907 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

Diseño de placas bipolares para el uso en celdas electroquímicas enfriadas por conducción

5 Esta solicitud reivindica el beneficio de la solicitud provisional de los Estados Unidos núm. 61/711,502, presentada el 9 de octubre de 2012.

Campo Técnico

10 La presente descripción se dirige a las celdas electroquímicas, y más específicamente, al diseño de placas bipolares para su uso en las celdas electroquímicas de enfriadas por conducción.

Antecedentes

15 Las celdas electroquímicas, usualmente clasificadas como celdas de combustible o celdas de electrólisis, son dispositivos usados para generar corriente a partir de las reacciones químicas, o inducir una reacción química usando un flujo de corriente. Una celda de combustible convierte la energía química de un combustible (por ejemplo, hidrógeno, gas natural, metanol, gasolina, etc.) y un oxidante (aire u oxígeno) en electricidad y productos residuales de calor y agua. Una celda básica de combustible comprende un ánodo cargado negativamente, un cátodo cargado positivamente, y un material conductor iónico llamado un electrolito.

20 Las diferentes tecnologías de celda de combustible utilizan diferentes materiales de electrolito. Una celda de combustible de membrana de intercambio de protones (PEM), por ejemplo, utiliza una membrana conductora iónica polimérica como el electrolito. En una celda de combustible de PEM de hidrógeno, los átomos de hidrógeno se dividen electromecánicamente en electrones y protones (iones de hidrógeno) en el ánodo. Los electrones fluyen a través del circuito al cátodo y generan electricidad, mientras que los protones se dispersan a través de la membrana de electrolito al cátodo. En el cátodo, los protones de hidrógeno se combinan con los electrones y el oxígeno (suministrado al cátodo) para producir agua y calor.

25 Una celda de electrólisis representa una celda de combustible operada en reversa. Una celda básica de electrólisis funciona como un generador de hidrógeno al descomponer el agua en gases de hidrógeno y oxígeno cuando se aplica un potencial eléctrico externo. La tecnología básica de una celda de combustible de hidrógeno o una celda de electrólisis puede aplicarse a la manipulación electroquímica del hidrógeno, tal como, purificación, expansión o compresión electroquímica de hidrógeno. La manipulación electroquímica del hidrógeno ha surgido como una alternativa viable a los sistemas mecánicos tradicionalmente usados para la gestión del hidrógeno. La comercialización satisfactoria del hidrógeno como un portador de energía y la sustentabilidad a largo plazo de una "economía de hidrógeno" depende grandemente de la eficiencia y la efectividad en cuanto a costes de las celdas de combustible, las celdas de electrólisis, y otros sistemas de manipulación/gestión del hidrógeno.

30 En funcionamiento, una única celda de combustible generalmente puede generar aproximadamente 1 volt. Para obtener la cantidad deseada de energía eléctrica, las celdas individuales de combustible se combinan para formar una pila de celdas de combustible. Las celdas de combustible se apilan juntas secuencialmente, cada celda incluyendo un cátodo, una membrana de electrolito, y un ánodo. Cada conjunto de cátodo/membrana/ánodo constituye un "conjunto de electrodo con membrana", o "MEA", que típicamente se soporta 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, que se conocen como campos de flujo. En adición, para proporcionar soporte mecánico, las placas bipolares (también conocidas como placas del campo de flujo o placas separadoras) separan físicamente las celdas individuales en una pila mientras que las conecta eléctricamente. Las placas bipolares además actúan como recolectores de corriente, proporcionan canales de acceso para el combustible y el oxidante a las superficies del electrodo respectivas, y proporcionan canales para la eliminación del agua formada durante el funcionamiento de la celda. Típicamente, las placas bipolares se hacen de metales, por ejemplo, acero inoxidable, titanio, etc., y de conductores eléctricos no metálicos, por ejemplo, grafito.

35 Adicionalmente, una pila de celdas de combustible típica incluye colectores y puertos de entrada para direccionar el combustible y el oxidante a los campos de flujo del ánodo y cátodo, respectivamente. La pila puede además incluir un colector y puerto de entrada para direccionar un fluido refrigerante a los canales interiores dentro de la pila para absorber el calor generado durante el funcionamiento de las celdas individuales. Una pila de celdas de combustible además incluye colectores de escape y puertos de salida para expulsar los gases no reaccionados y el agua refrigerante.

40 La Figura 1 es una vista esquemática despiezada que muestra los componentes varios de una celda de combustible de PEM 10 de la técnica anterior. Como se ilustra, las placas bipolares 2 flanquean el "conjunto de electrodo con membrana" (MEA), que comprende un ánodo 7A, un cátodo 7C, y una membrana de electrolito 8. Los átomos de hidrógeno suministrados al ánodo 7A se dividen electromecánicamente en electrones y protones (iones de hidrógeno). Los electrones fluyen a través de un circuito eléctrico al cátodo 7C y generan electricidad en el proceso, mientras que

los protones se mueven a través de la membrana de electrolito 8 al cátodo 7C. En el cátodo, los protones se combinan con electrones y el oxígeno (suministrados al cátodo) para producir agua y calor.

Adicionalmente, la celda de combustible de PEM 10 de la técnica anterior comprende capas de difusión de gas eléctricamente conductoras (GDL) 5 dentro de la celda en cada lado del MEA. Las GDL 5 sirven como un medio de difusión que permite el transporte de gases y líquidos dentro de la celda, proporcionan conducción eléctrica entre las placas bipolares 2 y la membrana de electrolito 8, ayudan en la eliminación del calor y del agua procesada de la celda, y en algunos casos, proporcionan soporte mecánico a la membrana de electrolito 8. Las GDL 5 pueden comprender una tela tejida o no tejida de carbono con electrodos 7A y 7C localizados en los lados orientados hacia la membrana de electrolito. En algunos casos, los electrodos 7A y 7C incluyen un material electrocatalizador recubierto en la GDL 5 o la membrana de electrolito 8 adyacente. Algunas celdas de combustible de alta presión o alta presión diferencial usan metales sinterizados densamente de tipo "frita", tamices, metales expandidos, espuma metálica, o sustratos metálicos porosos tridimensionales en combinación con o como un reemplazo para las GDL tradicionales para proporcionar soporte estructural al MEA en combinación con campos de flujo de canales de tierra tradicionales 4, formados en las placas bipolares 2. En algunas celdas de alta presión o alta presión diferencial, las espumas metálicas o los sustratos metálicos porosos tridimensionales pueden usarse también como un reemplazo para campos de flujo de tipo canal tradicionales 4.

El documento JP 2009 252491 describe una celda electroquímica que tiene aletas en los bordes de la placa bipolar.

En una celda de combustible típica, los gases que reaccionan en cada lado de la membrana de electrolito fluyen a través de los campos de flujo metálicos porosos tridimensionales o los campos de flujo de tipo canal tradicionales y luego se esparcen a través de la GDL porosa para alcanzar la membrana de electrolito. Ya que el campo de flujo y la GDL se posicionan contiguamente y se acoplan por las corrientes internas de fluido, el campo de flujo y la GDL se refieren colectivamente como "estructura de flujo" de aquí en adelante, a menos que se especifique de cualquier otra manera. Está dentro del alcance de la presente descripción usar campos de flujo de tipo canal tradicionales en combinación con GDL metálicas porosas tridimensionales, usar los campos de flujo metálicos porosos tridimensionales en combinación con las GDL tradicionales, o usar sustratos metálicos porosos tridimensionales como ambos campos de flujo y GDL.

A pesar de que el uso de estructuras metálicas porosas de flujo supera algunas de las limitaciones físicas y las penalizaciones del rendimiento de la operación de la celda electroquímica de alta presión o alta presión diferencial, tal celdas electroquímicas/pilas de celda generalmente enfrentan los desafíos adicionales de sellar el fluido de alta presión dentro de las celdas y de mantener una buena relación energía a peso. Típicamente, las celdas electroquímicas, incluyendo las celdas electroquímicas de alta presión o alta presión diferencial, dependen de celdas de enfriamiento o placas de enfriamiento separadas (colectivamente referidas como "dispositivo de enfriamiento" de aquí en adelante) interpuestas entre las celdas adyacentes en una pila. Los dispositivos de enfriamiento se construyen generalmente con canales de fluido interno que corren en paralelo al plano horizontal de las celdas apiladas. El fluido refrigerante se bombea a través de los canales para eliminar el calor generado durante el funcionamiento de la pila de celdas. La transferencia de calor usando uno o más dispositivos de enfriamiento es esencial para una pila de celdas electroquímicas con alta tasa de generación de calor (por ejemplo, >200 mW/cm²). Sin embargo, para operar la pila de celdas a bajas tasas de generación de calor, por ejemplo, compresores de hidrógeno, los dispositivos de enfriamiento separados innecesariamente complican la arquitectura de la pila de celdas, incrementan los costes y el peso de la pila, y reducen la eficiencia (es decir, disminuye la potencia eléctrica) de la pila debido a las resistencias de contacto añadidas entre los dispositivos de enfriamiento y las placas bipolares. Por lo tanto, los desafíos que enfrentan las pilas de celdas electroquímicas de alta presión o alta presión diferencial se agravan mediante el enfriamiento convectivo de la pilas usando dispositivos de enfriamiento entre las celdas adyacentes.

La presente descripción se dirige al diseño de sistemas de enfriamiento mejorados para usarlos en las pilas de celdas electroquímicas. En particular, la presente descripción se dirige al diseño de placas bipolares para usarlas como disipadores de calor (o placas frías) en el enfriamiento por conducción de las celdas electroquímicas, que incluyen, pero no se limitan a, celdas de combustible, celdas de electrólisis, purificadores de hidrógeno, expansores de hidrógeno, y compresores de hidrógeno. El enfriamiento requerido puede lograrse al usar la una o más placas bipolares de cada celda electroquímica para recolectar el calor del área activa de la celda y conducir el calor a al menos a una porción del límite externo de la celda donde el calor puede eliminarse por medios de transferencia de calor. Un sistema tal puede obviar la necesidad de usar los canales del fluido refrigerante dentro del área activa central de la pila de celdas.

Resumen

Un primer aspecto de la presente descripción es una celda electroquímica que tiene un área activa que comprende un primer electrodo, un segundo electrodo, una membrana de electrolito dispuesta entre los primer y segundo electrodos, y una primera estructura de flujo adyacente al primer electrodo. La celda además comprende al menos una placa bipolar adyacente a la primera estructura de flujo, la al menos una placa bipolar que comprende una pluralidad de las superficies de fluido refrigerante localizadas fuera del límite del área activa. Al menos una placa bipolar se configura para funcionar como un disipador de calor para recolectar el calor generado en el área activa durante la operación de la celda y para conducir el calor a la pluralidad de las superficies de fluido refrigerante. Además, al menos una de la

pluralidad de las superficies de fluido refrigerante en la celda se proporciona con una estructura de disipación de calor para facilitar la eliminación de calor de la al menos una placa bipolar. La estructura de disipación de calor comprende un colector de borde térmicamente acoplado a un borde de la al menos una placa bipolar, y además en donde un conjunto de canales del fluido refrigerante se encaminan a través del colector de borde.

5 En otra modalidad, la estructura de disipación de calor puede comprender aletas que se extienden desde al menos una placa bipolar. En otra modalidad, la estructura de disipación de calor puede comprender una primera pluralidad de perforaciones alineadas. En otra modalidad, un primer conjunto de canales del fluido refrigerante puede encaminarse a través de la primera pluralidad de perforaciones alineadas.

10 En otra modalidad, la estructura de disipación de calor puede además comprender aletas que se extienden desde el borde de la al menos una placa bipolar. En otra modalidad, las aletas pueden ser contiguas a los canales del fluido refrigerante encaminados a través de los colectores de borde. En otra modalidad, el grosor de la al menos una placa bipolar puede basarse en la conductividad térmica de los materiales usados para formar la placa bipolar, un gradiente de temperatura predeterminado a lo largo de una dirección ortogonal a una superficie de la placa bipolar que interconecta la primera estructura de flujo, y una cantidad predeterminada de flujo térmico a lo largo de la longitud de la placa bipolar.

15 En otra modalidad, el grosor de la al menos una placa bipolar puede variar de aproximadamente 0.03 mm a aproximadamente 3 mm. En otra modalidad, la al menos una placa bipolar puede fabricarse de un material que tiene una conductividad térmica y eléctrica mayor que la del acero inoxidable 316. En otra modalidad, la al menos una placa bipolar puede fabricarse de un material seleccionado de aluminio, acero, acero inoxidable, titanio, cobre, aleación de Ni-Cr, e Inconel. En otra modalidad, la al menos una placa bipolar puede fabricarse de un material revestido. En otra modalidad, el material revestido puede comprender aluminio revestido con acero inoxidable.

20 En otra modalidad, la celda electroquímica puede comprender un límite de presión externo no circular. En otra modalidad, la celda electroquímica puede comprender un límite de presión externo generalmente rectangular. En otra modalidad, la celda electroquímica puede comprender un límite de presión externo circular. En otra modalidad, la celda electroquímica puede además comprender una segunda placa bipolar. En otra modalidad, la celda electroquímica puede además comprender una segunda estructura de flujo entre el segundo electrodo y la segunda placa bipolar.

25 En otra modalidad, al menos una de la primera y la segunda estructuras de flujo pueden comprender un sustrato poroso. En otra modalidad, al menos una de la primera y la segunda estructuras de flujo pueden comprender un sustrato metálico poroso compacto. En otra modalidad, al menos una de la primera y la segunda estructuras de flujo pueden comprender una capa de material microporoso laminado sobre el sustrato metálico poroso compacto.

30 En otra modalidad, se proporciona una pila de celdas electroquímicas que comprende dos o más celdas, al menos una de las celdas electroquímicas comprende la celda electroquímica de acuerdo con el primer aspecto.

35 En otra modalidad, la estructura de disipación de calor puede comprender una primera pluralidad de perforaciones alineadas. En otra modalidad, un primer conjunto de canales del fluido refrigerante puede encaminarse a través de la primera pluralidad de perforaciones alineadas. En otra modalidad, el fluido refrigerante puede fluir en paralelo a través de dos o más conjuntos de canales del fluido refrigerante, cada conjunto de canales del fluido refrigerante se localiza en superficies de fluido refrigerante separadas de la al menos una placa bipolar. En otra modalidad, el fluido refrigerante puede fluir en serie a través de dos o más conjuntos de canales del fluido refrigerante, cada conjunto de canales del fluido refrigerante se localiza en las superficies de fluido refrigerante separadas de la al menos una placa bipolar.

40 En otra modalidad, la estructura de disipación de calor puede comprender una segunda pluralidad de perforaciones alineadas a través de las que un segundo conjunto de canales del fluido refrigerante se encaminan, y en donde la primera pluralidad de perforaciones alineadas se posicionan cerca de un borde externo de la al menos una superficie de fluido refrigerante y la segunda pluralidad de perforaciones alineadas se posiciona cerca del límite del área activa. En otra modalidad, el fluido refrigerante puede fluir en serie primero a través del segundo conjunto de canales del fluido refrigerante y luego del primer conjunto de canales del fluido refrigerante. En otra modalidad, las dos o más las celdas electroquímicas pueden posicionarse consecutivamente en la pila de celdas. En otra modalidad, la pila de celdas está libre de cualquiera de los canales de fluido entre las dos o más celdas electroquímicas.

Breve descripción de las figuras

45 Las figuras acompañantes, las cuales se incorporan y constituyen una parte de esta descripción, ilustran modalidades de la invención y junto con la descripción, sirven para explicar los principios de varios aspectos de la invención.

La Figura 1 ilustra una vista esquemática despiezada que muestra los componentes varios de una celda de combustible de membrana de intercambio de protones (PEM) de la técnica anterior.

La Figura 2 ilustra una vista en sección transversal de una celda electroquímica para su uso en operaciones de alta presión diferencial, de acuerdo con modalidades ilustrativas de la presente descripción.

50 Las Figuras 3A y 3B ilustran vistas planas de las estructuras de flujo de alta presión y de baja presión en las celdas electroquímicas, de acuerdo con las modalidades ilustrativas de la presente descripción.

La Figura 4 ilustra un diseño de la placa bipolar de "dos piezas", de acuerdo con modalidades ilustrativas de la presente descripción.

La Figura 5 ilustra un diseño de la placa bipolar de "dos piezas" en donde una de las piezas comprende un material revestido, de acuerdo con las modalidades ilustrativas de la presente descripción.

5 La Figura 6 ilustra un diseño de la placa bipolar en donde al menos un borde de la placa comprende aletas, de acuerdo con modalidades ilustrativas de la presente descripción.

La Figura 7A ilustra un diseño de la placa bipolar en donde al menos un borde de la placa comprende un colector interno que tiene una pluralidad de perforaciones alineadas, de acuerdo con modalidades ilustrativas de la presente descripción.

10 La Figura 7B ilustra un diseño de la placa bipolar en donde al menos un borde de la placa comprende un colector externo y una pluralidad de aletas, de acuerdo con las modalidades ilustrativas de la presente descripción.

La Figura 8 ilustra un diseño de la placa bipolar en donde al menos un borde de la placa comprende una aleta que se extiende paralelo a la placa, de acuerdo con las modalidades ilustrativas de la presente descripción.

15 La Figura 9 ilustra una vista frontal esquemática de una pila de celdas electroquímica enfriadas por conducción que comprende una pluralidad de las celdas electroquímicas, de acuerdo con las modalidades ilustrativas de la presente descripción y

Las Figuras 10A, 10B y 10C ilustran varias configuraciones posibles del flujo del fluido refrigerante para eliminar el calor de la placa bipolar por convección, de acuerdo con las modalidades ilustrativas de la presente descripción.

20 La Figura 11 ilustra un diseño de la placa bipolar en donde los bordes largos incluyen canales de enfriamiento uniformemente distribuidos a lo largo de la longitud, de acuerdo con las modalidades ilustrativas de la presente descripción.

La Figura 12 ilustra un perfil de temperatura para una placa bipolar rectangular estándar en donde la temperatura en la zona extrema sin refrigerar es generalmente menor que la temperatura del área activa central.

25 Las Figuras 13A y 13B, ilustran dos configuraciones del canal del enfriamiento de la placa bipolar, de acuerdo con las modalidades ilustrativas de la presente descripción.

La Figura 13C ilustra una configuración de las aletas de enfriamiento de la placa bipolar en donde el área es variable a lo largo de la longitud de los bordes largos, de acuerdo con las modalidades ilustrativas de la presente descripción.

30 Las Figuras 14A, 14B y 14C, ilustran varios diseños de la placa bipolar en donde las zonas extremas incluyen elementos configurados para reducir la tasa de la transferencia de calor a través de las zonas extremas, de acuerdo con las modalidades ilustrativas.

Las Figuras 15A, 15B y 15C, ilustran varios diseños de la placa bipolar que combinan los aspectos de diseños ilustrados en las Figuras. 13A, 13B, y 13C junto con los aspectos de diseños ilustrados en las Figuras. 14A, 14B, y 14C.

35 Descripción de las modalidades

Se debe entender que la descripción general anterior y la siguiente descripción detallada son solamente ilustrativas y explicativas y no son restrictivas de la invención como se reivindica.

40 Se hará referencia ahora a ciertas modalidades consistentes con la presente descripción, los ejemplos de los cuales se ilustran en los dibujos acompañantes. Donde quiera que sea posible, los mismos números de referencia se usan a lo largo de todos los dibujos para referirse a las mismas partes o partes similares. Se debe entender que aunque la presente descripción se describe en relación a una celda electroquímica de alta presión diferencial, los dispositivos y métodos de la presente descripción pueden emplearse con varios tipos de las celdas electroquímicas, que incluyen, pero no se limitan a, celdas de alta presión y baja presión, celdas con una tasa de generación de calor baja, así como también celdas de operación en una tasa de generación de calor alta.

50 La presente descripción se dirige al diseño de placas bipolares para su uso en celdas electroquímicas enfriadas por conducción. En tales celdas electroquímicas, el enfriamiento necesario se proporciona mediante la conducción del calor generado del área activa de la celda (descrito más tarde en esta descripción) hacia la periferia de la celda mediante la una o más placas bipolares de la celda. El calor se elimina de la periferia de la celda por los medios de transferencia de calor tradicionales. En algunas modalidades ilustrativas, el calor se elimina de la periferia de la celda mediante fluidos refrigerantes. En otras modalidades, el calor se elimina de la periferia de la celda mediante el uso de flujo de aire. En las modalidades adicionales, el calor se elimina de la periferia de la celda mediante el uso de una combinación de fluido refrigerante y flujo de aire.

55 En algunas modalidades, las celdas electroquímicas tienen una forma cilíndrica, es decir, las celdas tienen límites de presión circulares, que permite que las celdas dependan de la tensión circular generada de manera circunferencial para equilibrar la presión de fluido dentro de las celdas. En algunas otras modalidades, las celdas electroquímicas tienen límites de presión externos no circulares, es decir, las celdas tienen perfiles no circulares. En algunas modalidades ilustrativas, las celdas tienen un perfil generalmente rectangular. En una de tales modalidades, la celda tiene un cierto perfil rectangular. En otra de tales modalidades, la celda tiene un perfil cuadrado. En aún otra de tales modalidades, la celda tiene un perfil de tipo "pista de carreras", es decir, una forma sustancialmente rectangular con lados laterales semielípticos. Algunas celdas electroquímicas ilustrativas pueden tener perfiles generalmente rectangulares (por ejemplo, formas rectangulares, cuadradas, etc.) con esquinas redondeadas. La geometría base de una placa bipolar corresponde a la forma del límite de presión externo de la celda. Por ejemplo, una celda electroquímica que tiene un perfil no circular comprende una o más placas bipolares que tienen geometrías base no circulares. Es decir, si una celda

electroquímica ilustrativa tiene un perfil generalmente rectangular, entonces la una o más placas bipolares de la celda tienen geometrías base generalmente rectangulares.

5 En algunas modalidades, cada celda electroquímica en una pila de celdas comprende dos placas bipolares, una en cada lado del conjunto de electrodo con membrana (MEA). La Figura 2 muestra una vista en sección transversal de una celda electroquímica de alta presión diferencial 20 que tiene una geometría rectangular y dos placas bipolares 30, 31. La placa bipolar 30 se sitúa en el lado de alta presión y la placa bipolar 31 se sitúa en el lado de baja presión de la celda 20. Como se ilustra en la Figura 2, la celda 20 comprende un MEA 40 que está flanqueado por las estructuras de flujo 22 y 28 en cada lado. Las estructuras de flujo 22 y 28 se rodean por las placas bipolares 30 y 31, respectivamente, que separan la celda electroquímica 20 de las celdas colindantes en la pila. El área 60 representa el área activa de la celda, que se expone al combustible y al oxidante. El área 60 abarca las estructuras de flujo 22, 28 y al menos la porción del MEA que bordea las estructuras de flujo 22, 28.

15 En las modalidades adicionales, dos celdas electroquímicas adyacentes en una pila de celdas comparten una placa bipolar, es decir, si la pila comprende n celdas, entonces el número total de placas bipolares en la pila es $(n + 1)$. En tales modalidades, una única placa bipolar puede tener elementos del campo de flujo en ambos lados de la placa, por ejemplo, un lado de la placa soporta la estructura de flujo de una celda y el otro lado soporta la estructura de flujo de una celda adyacente.

20 Con referencia de nuevo a la Figura 2, cuando una celda se usa para operaciones de alta presión diferencial, una de las estructuras de flujo en la celda electroquímica se expone a una mayor presión de fluido durante el funcionamiento que la estructura de flujo en el otro lado de la membrana de electrolito. De aquí en adelante, la estructura de flujo que se expone a mayor presión de fluido durante el funcionamiento se denomina como la "estructura de flujo de alta presión" y la estructura de flujo que se somete a presiones de fluido comparativamente más bajas se denomina como la "estructura de flujo de baja presión." En la Figura 2, por ejemplo, la estructura de flujo 22 se designa como la estructura de flujo de alta presión y la estructura de flujo 28 se designa como la estructura de flujo de baja presión.

30 En una modalidad ilustrativa, como se representa en la Figura 2, la estructura de flujo de alta presión 22 tiene un área superficial más pequeña que la estructura de flujo de baja presión 28 en la interfaz MEA-estructura de flujo, es decir, en los lados orientados hacia la membrana de electrolito. El límite del campo de alta presión 22 en la interfaz MEA-estructura de flujo se abarca por completo por el límite de la estructura de flujo de baja presión 28. En tal sistema, las altas presiones de fluido que actúan en la membrana de electrolito de la estructura de flujo de alta presión 22 se equilibran continuamente por el soporte estructural proporcionado por la estructura de flujo de baja presión 28 localizada en el otro lado de la membrana. El soporte uniforme y continuo proporcionado por la estructura de flujo de baja presión 28 protege contra puntos de esfuerzo altos en la membrana que se conoce causan fallos de la membrana. El refuerzo proporcionado por la estructura de flujo de baja presión 28 garantiza además que la membrana no se flexione excesivamente bajo la alta presión, lo que impide de esta manera la ruptura de la membrana.

40 La Figura 2 demuestra además que un sello 25, proporcionado entre la placa bipolar 30 en el lado de alta presión y la membrana de electrolito, está contenido completamente dentro del perímetro del campo de baja presión en el lado orientado hacia la membrana, de manera que el sello lateral de alta presión se logra contra la estructura de flujo de baja presión contigua. El sello 25, también referido en la presente descripción como el sello lateral de alta presión, aprieta la membrana contra la estructura de flujo de baja presión 28 para evitar fugas de gas de alta presión. Tal sistema garantiza que cualquiera de las discontinuidades en el lado de baja presión (por ejemplo, cualquier porción de la membrana que no es soportada por la estructura de flujo de baja presión, o cualquier separación entre la placa bipolar y la estructura de flujo de baja presión) no se exponen a altas presiones. En las modalidades ilustrativas, todos los sellos laterales de alta presión en toda la pila de celdas están dentro de los perímetros de las estructuras de flujo de baja presión respectivas.

50 En algunas modalidades, si una placa bipolar tiene una geometría base no circular, entonces la estructura de flujo adyacente también tiene una geometría no circular. La Figura 3A muestra una vista en planta de las estructuras de flujo de una celda electroquímica ilustrativa de alta presión diferencial que tiene una geometría rectangular. En tal modalidad, las estructuras de flujo 22 y 28 tienen perfiles rectangulares. Como se ilustra en la Figura 3, el perímetro de la estructura de flujo de alta presión 22 está contenido completamente dentro del perímetro de la estructura de flujo de baja presión en el lado orientado hacia la membrana de electrolito. El sello 25 también está contenido dentro del perímetro de la estructura de flujo de baja presión en el lado orientado hacia la membrana, de manera que el sello lateral de alta presión se logra contra la estructura de flujo de baja presión contigua.

60 En otras modalidades, la geometría base de una o más placas bipolares en una celda no se corresponde con las geometrías de las estructuras de flujo en la celda. Por ejemplo, una placa bipolar que tiene una geometría base rectangular puede soportar una estructura de flujo adyacente que tiene una geometría circular. De manera similar, las estructuras de flujo de alta presión y de baja presión en una celda de alta presión diferencial pueden tener diferentes geometrías. La Figura 3B muestra una vista en planta de las estructuras de flujo de una celda electroquímica ilustrativa de alta presión diferencial donde la estructura de flujo de alta presión 22 y la estructura de flujo de baja presión 28 tienen diferentes geometrías. Como se ilustra en la Figura 3B, la estructura de flujo de baja presión 28 tiene un perfil rectangular con esquinas redondeadas, mientras que la estructura de flujo de alta presión 22 y el sello lateral de alta presión 25 tienen un perfil de tipo "pista de carreras". El perímetro de la estructura de flujo de alta presión 22, así como

también el sello 25, están contenidos completamente dentro del perímetro de la estructura de flujo de baja presión 28, como se muestra en la Figura 3B.

5 En una modalidad ilustrativa, las estructuras de flujo 22, 28 se fabrican mediante el uso de espumas metálicas u otros sustratos metálicos porosos. En una de tales modalidades, una estructura de flujo celular abierta se forma mediante la compactación de un material metálico altamente poroso, tales como, por ejemplo, una espuma metálica, frita de metal sinterizado, o cualquier otro metal poroso. El material metálico poroso puede comprender un metal, tal como, por ejemplo, acero inoxidable, titanio, aluminio, níquel, hierro, etc., o una aleación de metal, tal como, aleación de níquel-cromo, aleación de níquel-estaño, etc. En ciertas modalidades, la estructura de flujo de baja presión 28 se compacta a un nivel de densidad mayor que el de la estructura de flujo de alta presión 22. Además, en algunas modalidades, la matriz metálica porosa compactada se lamina en un lado con una capa de material microporoso (MPL) para formar la estructura de flujo. En las modalidades adicionales, la MPL se recubre con una capa electrocatalizadora si el electrocatalizador no es integral con el conjunto de electrodo con membrana. La estructura laminada resultante puede disponerse en la celda electroquímica con la capa electrocatalizadora posicionada adyacente a la membrana. En algunas modalidades donde la MPL no se usa, la capa electrocatalizadora puede colocarse directamente sobre el sustrato metálico poroso compacto en el lado orientado hacia la membrana de electrolito.

20 En las modalidades ilustrativas de pilas de celdas electroquímicas de enfriadas por conducción, la una o más placas bipolares en cada celda se configuran para funcionar como disipadores de calor. El calor generado durante el funcionamiento de la pila de celdas se recoge por las placas bipolares y el calor se conduce fuera del área activa de las celdas hacia la periferia de las placas donde el calor se elimina mediante el uso de los medios de transferencia de calor conocidos. Para que una placa bipolar funcione como un disipador de calor efectivo, la placa bipolar debe configurarse para que tenga suficiente grosor. En las modalidades ilustrativas, el grosor de una placa bipolar se determina en base a la tasa de generación de calor en la celda durante el funcionamiento, la conductividad térmica ("k") del material seleccionado para formar la placa, y el gradiente de temperatura deseado en una dirección ortogonal a la placa ("ΔT"). Para que una placa bipolar conduzca eficazmente el calor fuera del área activa de la celda hacia la periferia de la celda, el flujo térmico ("q") a lo largo de la longitud ("l") de una placa bipolar debe ser equivalente a la tasa de generación de calor en el área activa, que se determina en base a los parámetros de funcionamiento de la celda. El flujo térmico q es por lo tanto una función de la conductancia térmica a lo largo de la longitud de la placa ("k/l"), el grosor de la placa ("t") y el gradiente de temperatura deseado ΔT, como se muestra en la ecuación (1) más abajo.

$$q \propto \frac{k \cdot t \cdot \Delta T}{l} \quad (1)$$

35 En base a la ecuación (1), el grosor t de la placa bipolar puede ajustarse para mantener el gradiente de temperatura deseado a través de la celda, como se muestra en la ecuación (2) más abajo.

$$t \propto \frac{q \cdot l}{k \cdot \Delta T} \quad (2)$$

40 En las modalidades ilustrativas, el grosor de la una o más placas bipolares en la celda puede variar de aproximadamente 0.03 mm a aproximadamente 3 mm. Por ejemplo, el grosor de una placa bipolar puede variar de aproximadamente 0.03 mm a aproximadamente 2 mm, de aproximadamente 0.03 mm a aproximadamente 1 mm, de aproximadamente 0.05 mm a aproximadamente 2 mm, de aproximadamente 0.05 mm a aproximadamente 1 mm, de aproximadamente 0.1 mm a aproximadamente 2 mm, de aproximadamente 0.1 mm a aproximadamente 1 mm, de aproximadamente 0.5 mm a aproximadamente 2 mm, de aproximadamente 0.5 mm a aproximadamente 1 mm, de aproximadamente 0.2 mm a aproximadamente 1 mm, de aproximadamente 0.2 mm a aproximadamente 0.8 mm, de aproximadamente 0.4 mm a aproximadamente 0.6 mm, etc. En una modalidad ilustrativa de una celda electroquímica, la una o más placas bipolares se fabrican de una única pieza de material con un bolsillo formado en ella para contener/soportar la estructura de flujo, como se muestra en la Figura 2. En otra modalidad, la una o más placas bipolares tienen un diseño de "dos piezas", como se ilustra en la Figura 4. En tal modalidad, la placa bipolar 30 comprende una pieza que enmarca dos piezas separadas 30A, que forma un bolsillo para la estructura de flujo, y una placa generalmente plana 30B. Las dos piezas se unen en su interfaz 35 con un método de unión. El método de unión puede incluir, pero no se limita a, unión con adhesivo, soldadura, soldadura fuerte, unión térmica con un polímero, etc.

60 En las modalidades ilustrativas, las placas bipolares pueden fabricarse de aluminio, acero, acero inoxidable, titanio, cobre, aleación de Ni-Cr, Inconel, o cualquier otro material eléctrica y térmicamente conductor. En las modalidades seleccionadas, la placa bipolar comprende un material que tiene una conductividad térmica y eléctrica mayor que la del acero inoxidable 316. En una modalidad, la placa bipolar comprende un material revestido, por ejemplo, aluminio revestido con acero inoxidable en uno o ambos lados. La Figura 5 ilustra una placa bipolar de "dos piezas" 30 en donde la placa plana 30B comprende un material revestido. El revestimiento proporciona las ventajas únicas de ambos metales, por ejemplo, en el caso de una placa bipolar fabricada de aluminio revestido de acero inoxidable, el acero inoxidable protege el núcleo de aluminio de la corrosión durante el funcionamiento de la celda, mientras que proporciona las propiedades superiores del material de aluminio, tales como, alta relación de resistencia a peso, alta conductividad térmica y eléctrica, etc.

Con referencia de nuevo al uso de las placas bipolares para la gestión térmica, el calor conducido a la periferia de las placas bipolares se elimina por radiación, conducción, o convección, por ejemplo, mediante el uso de cualquier medio apropiado de transferencia de calor basado en aire o líquido, o mediante el uso de tuberías de calor, placas frías, etc.

5 En las modalidades ilustrativas, al menos una porción de la periferia de una placa bipolar se proporciona con una o más superficies de fluido refrigerante, que facilita la eliminación de calor de la placa bipolar a la atmósfera o a un componente secundario de transferencia de calor, por ejemplo, uno o más canales que portan un fluido refrigerante. En algunas modalidades ilustrativas, la una o más superficies de fluido refrigerante se proporcionan a la placa bipolar de al menos una celda en una pila de celdas electroquímica. En otras modalidades ilustrativas, la una o más superficies de fluido refrigerante se proporcionan a la una o más placas bipolares de cada celda en una pila de celdas electroquímicas. En ciertas modalidades, las superficies de fluido refrigerante se presentan fuera del límite del área activa de la celda. En algunas modalidades, las superficies de fluido refrigerante se proporcionan con estructuras de disipación de calor para facilitar la eliminación del calor de la placa bipolar.

10

15 En las modalidades seleccionadas, el calor se elimina de las superficies de fluido refrigerante mediante el enfriamiento del aire, ya sea en la forma de convección forzada proporcionada por uno o más ventiladores, o a través del flujo de aire natural. En una de tales modalidades, uno o más bordes de la placa bipolar, es decir, las superficies de fluido refrigerante, se proporcionan con estructuras de disipación de calor en la forma de aletas 42 (como se muestra en la Figura 6), que facilitan la disipación del calor de los bordes de la placa.

20

25 En algunas otras modalidades, el calor se elimina de la periferia de la placa bipolar mediante el uso de un fluido refrigerante. En tales modalidades, una pluralidad de canales del fluido refrigerante pasan a través de las superficies de fluido refrigerante de la placa bipolar. Los canales del fluido refrigerante corren perpendicular a la superficie de la placa bipolar y se extienden a través de la longitud de la pila de celdas. En las modalidades seleccionadas, todos los canales del fluido refrigerante en la pila se proporcionan en la periferia de las celdas, es decir, en la superficie de fluido refrigerante, de manera que el área activa de la pila de celdas está libre de cualquier canal de fluido refrigerante. Tal enfoque aísla el fluido refrigerante del área activa de la pila. En una de tales modalidades, los canales del fluido refrigerante se recolectan internamente a través de una o más superficies del fluido refrigerante de la placa bipolar. En tal modalidad, la una o más superficies de fluido refrigerante comprenden estructuras de disipación de calor en la forma de una pluralidad de agujeros/perforaciones alineadas 43, como se muestra en la Figura 7A. Los canales del fluido refrigerante se encaminan a través de los agujeros/perforaciones 43. En otra modalidad, las superficies de fluido refrigerante comprenden estructuras de disipación de calor en la forma de uno o más colectores de borde térmicamente acoplados a uno o más bordes de la placa bipolar. En tales configuraciones, los canales del fluido refrigerante se pasan a través del uno o más colectores de borde. La Figura 7B representa las modalidades seleccionadas donde las superficies de fluido refrigerante comprenden una pluralidad de aletas 44 en los extremos de la placa bipolar adyacente a los colectores de borde. En tales modalidades, las aletas 44 facilitan la disipación del calor de la placa hacia el fluido refrigerante que fluye en los canales encaminados a través de los colectores de borde.

30

35

40 En las modalidades adicionales, la una o más superficies de fluido refrigerante comprenden estructuras de disipación de calor en la forma de aletas planas 45 que se extienden hacia fuera de uno o más bordes de la placa, como se ilustra en la Figura 8. En tales modalidades, el fluido refrigerante pasa paralelo a la placa bipolar entre dos aletas adyacentes en la pila, como se indica por la dirección de las flechas en la Figura 8.

45

50 La Figura 9 ilustra una vista frontal esquemática de una pila de celdas electroquímicas enfriadas por conducción que comprende N celdas electroquímicas 20. El área 50 en la pila de celdas representa el área activa de generación de calor de la pila y las áreas 55 representan las superficies de fluido refrigerante en dos lados opuestos de la pila de celdas. El calor generado en el área activa 50 se conduce a las áreas 55 mediante las placas bipolares de las celdas electroquímicas 20. Las Figuras 10A, 10B y 10C ilustran varias configuraciones posibles del flujo del fluido refrigerante para eliminar convectivamente el calor de las áreas 55. El fluido refrigerante se bombea a través de la pila de celdas mediante el uso de un sistema de enfriamiento de lazo cerrado que comprende una bomba de fluido 56 y un intercambiador de calor 57. La bomba 56 impulsa el fluido refrigerante a través de los canales de enfriamiento proporcionados en las áreas de enfriamiento 55 o contiguas a las áreas de enfriamiento 55. El fluido refrigerante elimina el calor de las placas bipolares y fluye hacia el intercambiador de calor donde el calor del fluido refrigerante se transfiere a la atmósfera ambiente. El fluido refrigerante entonces se bombea de regreso a las áreas de enfriamiento 55 para eliminar el calor generado durante el funcionamiento de las celdas. El fluido refrigerante se bombea a través de las áreas de enfriamiento 55 ya sea en paralelo, como se muestra en la Figura 10A, o en serie, como se representa en la Figura 10B. En una modalidad adicional representada en la Figura 10C, el fluido refrigerante se recircula a través de las dos áreas de enfriamiento 55 separadamente y en paralelo. Un sistema tal minimiza el gradiente de temperatura de celda a celda y a través de cada celda. Además, en tales modalidades, las áreas de enfriamiento 55 comprenden una segunda pluralidad de agujeros/perforaciones alineadas a través de los cuales se encamina un segundo conjunto de canales del fluido refrigerante. La segunda pluralidad de agujeros/perforaciones que se coloca cerca del límite del área activa 50 y los agujeros/perforaciones 43 se posicionan cerca del borde de la placa bipolar. El fluido refrigerante fluye en serie primero a través de la segunda pluralidad de agujeros/perforaciones y luego a través de los agujeros/perforaciones 43.

55

60

65

El sistema de enfriamiento descrito anteriormente en relación a las Figuras. 9 y 10A-10C facilita el aislamiento del fluido refrigerante del área activa de la celda y minimiza el riesgo de que el fluido refrigerante contamine los materiales electroquímicos en la celda. Un sistema tal además elimina la necesidad de usar canales/placas refrigerantes separados entre celdas adyacentes en la pila, lo cual reduce las pérdidas resistivas óhmicas dentro de la pila, y de esta manera mejora la eficiencia de la pila. Adicionalmente, la eliminación de los canales de enfriamiento separados dentro de la pila simplifica la arquitectura de la celda, reduce los costes de fabricación, y permite una arquitectura de enfriamiento consistente para aplicarse a ambas celdas rectangular y circular. Además, permite que el área activa de las celdas pueda escalarse sin la necesidad de rediseñar o reconfigurar los componentes de enfriamiento de la pila de celdas.

En varias modalidades, las estructuras y elementos dentro de las superficies de fluido de enfriamiento pueden configurarse para maximizar el desempeño y robustez de una celda electroquímica al reducir la temperatura diferencial máxima a través del área activa 60 de la celda. La Figura 11 ilustra una placa bipolar 30 que tiene canales de enfriamiento de tamaños uniformes 43 uniformemente distribuidos a lo largo de la longitud de cada borde largo, de acuerdo con varias modalidades. Los canales de enfriamiento 43 pueden localizarse fuera del área activa 60 y dentro de las superficies de fluido de enfriamiento 65. Como se describió anteriormente en relación a varias modalidades, el calor generado en el área activa puede transferirse a las superficies de fluido de enfriamiento 65 y se elimina por el fluido refrigerante que viaja a través de los canales de enfriamiento 43.

Una consecuencia de la configuración ilustrada en la Figura 11, es que la temperatura del área activa 60 cerca de la zona extrema sin refrigerar 61 (es decir, bordes cortos) es generalmente menor que la temperatura del área activa central debido a la trayectoria de conducción térmica adicional y la pérdida de calor por radiación en las zonas extremas 61. Por ejemplo, la Figura 12 ilustra un perfil de temperatura para una placa bipolar rectangular en donde la temperatura en la zona extrema sin refrigerar 61 es generalmente menor que la temperatura del área activa central 60. Esta condición incrementa la temperatura diferencial máxima a través del área activa 60, que puede afectar negativamente el desempeño y la robustez de la celda electroquímica.

Para solucionar este problema potencial, la placa bipolar 30 puede configurarse para reducir la conducción térmica y la pérdida de calor por radiación en o cerca de las zonas extremas 61, de acuerdo con varias modalidades. Existen varias configuraciones de diseño que pueden usarse para reducir la conducción térmica y la pérdida de calor por radiación en o cerca de las zonas extremas 61.

En el caso de placas bipolares que usan canales de enfriamiento, el tamaño del canal (es decir, área en sección transversal) puede variarse o la separación de los canales puede variarse. Por ejemplo, la Figura 13A ilustra la placa bipolar 30 en donde el diámetro de los canales de enfriamiento 43 disminuye con el acercamiento a las zonas extremas 61. El diámetro del canal de enfriamiento disminuido 43 cerca de las zonas extremas 61 puede reducir la capacidad de los canales de enfriamiento 43 para disipar el calor y por lo tanto menos calor se transferirá cerca de las zonas extremas 61. De acuerdo con otra modalidad, como se ilustra en la Figura 13B, la separación de los canales de enfriamiento 43 puede incrementarse con el acercamiento a las zonas extremas 61. De manera similar a la disminución en diámetro de los canales de enfriamiento 43, el incremento en la separación puede disminuir la capacidad de los canales de enfriamiento 43 para disipar el calor cerca de las zonas extremas 61. En otras modalidades, una restricción (por ejemplo, orificio, medio de difusión, etc.) en el flujo refrigerante a través de los canales de enfriamiento 43 cerca de las zonas extremas 61 puede usarse para disminuir la capacidad de los canales de enfriamiento de disipar el calor cerca de las zonas extremas 61.

De acuerdo con otra modalidad, como se ilustra en la Figura 13C, la placa bipolar 30 puede incluir aletas de enfriamiento 44, en donde el área de cada aleta de enfriamiento 44 puede disminuir con el acercamiento a las zonas extremas 61. La disminución en el área de la aleta de enfriamiento 44 puede reducir la capacidad de disipar el calor cerca de las zonas extremas 61. En otras modalidades, una restricción (por ejemplo, deflectores, medio de difusión, etc.) a lo largo o entre las aletas de enfriamiento 44 cerca de las zonas extremas 61 puede usarse para reducir la capacidad de disipar el calor cerca de las zonas extremas 61.

De acuerdo con otras modalidades, en vez de modificar los canales de enfriamiento o el área de la aleta como se ilustra en las Figuras 13A, 13B, y 13C, la placa bipolar 30 puede configurarse para restringir el flujo de calor en las zonas extremas 61 para reducir la conducción térmica y la pérdida de calor por radiación. Por ejemplo, como se ilustra en la Figura 14A, los huecos abiertos pueden actuar como huecos de aislamiento térmico 62 dentro de las zonas extremas 61. Los huecos de aislamiento térmico 62 pueden restringir el flujo de calor del área activa 60 a través de las zonas extremas 61 y por lo tanto incrementa la temperatura del área activa 60 cerca de las zonas extremas 61 y como resultado disminuye la temperatura diferencial máxima a través del área activa 60. De manera similar, como se ilustra en la Figura 14B, los huecos escalonados de aislamiento térmico 62 dentro de las zonas extremas 61 pueden incrementar la longitud de la trayectoria térmica y restringir el flujo de calor del área activa 60. Se contempla que la forma (por ejemplo, círculo, cuadrado, rectángulo, etc.), tamaño, diseño (es decir, patrón, hileras, etc.), y el número de huecos de aislamiento térmico 62 pueden ajustarse para optimizar la tasa del flujo de calor a través de las zonas extremas 61. La Figura 13C ilustra, aún otra modalidad de la placa bipolar 30, en donde en vez de huecos de aislamiento térmico, la placa bipolar 30 incluye zonas de aislamiento 63 dentro de las zonas extremas 61. Las zonas de aislamiento 63 pueden componerse de material de aislamiento térmico configurado para restringir el flujo de calor del área activa 60 a través de las zonas extremas 61. Se contempla que la forma (por ejemplo, círculo, cuadrado,

rectángulo, etc.), tamaño, diseño (es decir, patrón, hileras, etc.), material(es), y el número de zonas de aislamiento 63 pueden ajustarse para optimizar la tasa del flujo de calor a través de las zonas extremas 61.

5 De acuerdo con varias otras modalidades, la placa bipolar 30 puede diseñarse para reducir la conducción térmica y la
pérdida de calor por radiación en o cerca de las zonas extremas 61 al combinar el diseño de la Figura 13A, 13B, o 13C
con el diseño de la Figura 14A, 14B, o 14C. Por ejemplo, las Figuras 15A, 15B, y 15C ilustran los diseños de la placa
bipolar 30 que comprende ambas estructuras/elementos dentro de las zonas extremas 61 configuradas para restringir el
flujo de calor así como también ajustes a ya sea la configuración de los canales de enfriamiento 43 o la configuración de
10 la aleta de enfriamiento 44 para reducir el flujo de calor del área activa 60 cerca de las zonas extremas 62.
Específicamente, la Figura 15A ilustra una modalidad, en donde ambos el diámetro de los canales de enfriamiento 43
disminuye cerca de las zonas extremas 61 y las zonas extremas 61 incluyen huecos de aislamiento 62. La Figura 15B
ilustra una modalidad, en donde la separación de los canales de enfriamiento 43 se incrementa cerca de las zonas
extremas 61 y las zonas extremas 61 incluyen huecos de aislamiento escalonados 62. La Figura 15C ilustra una
15 modalidad, en donde el área de la aleta de enfriamiento 44 disminuye cerca de las zonas extremas 61 y las zonas
extremas 61 incluye zonas de aislamiento 63. La Figura 15A, 15B, y 15C ilustra solo tres de las modalidades
combinadas posibles; sin embargo, se contempla que cualquier combinación del diseño de la placa bipolar de la Figura
13A, 13B, o 13C puede combinarse con cualquier diseño de la placa bipolar de la Figura 14A, 14B, o 14C. La(s)
combinación(es) pueden optimizarse para maximizar el desempeño y la robustez de una celda electroquímica al reducir
20 la temperatura diferencial máxima a través del área activa 60 de la celda.

Otras modalidades de la invención serán evidentes para aquellos con experiencia en la técnica a partir de la
consideración de la descripción y la práctica de la invención descrita en la presente. Se pretende que la descripción y
los ejemplos se consideren solo ilustrativos, con un alcance y espíritu verdadero de la invención que está indicado por
25 las siguientes reivindicaciones.

Reivindicaciones

1. Una celda electroquímica (20) que comprende:
 5 un área activa (50) que comprende un primer electrodo, un segundo electrodo, una membrana de electrolito dispuesta entre el primero y el segundo electrodo, y una primera estructura de flujo (22) adyacente al primer electrodo;
 al menos una placa bipolar (30) adyacente a la primera estructura de flujo (22), la al menos una placa bipolar (30) que comprende una pluralidad de superficies de fluido refrigerante localizadas fuera del límite del área activa (50);
 10 en donde la al menos una placa bipolar (30) se configura para funcionar como un disipador de calor para recolectar el calor generado en el área activa (50) durante el funcionamiento de la celda y para conducir el calor a la pluralidad de superficies de fluido refrigerante; y
 además en donde al menos una de la pluralidad de las superficies de fluido refrigerante se proporciona con una estructura de disipación de calor para facilitar la eliminación del calor de al menos una placa bipolar (30),
 15 caracterizado porque la estructura de disipación de calor comprende un colector de borde térmicamente acoplado a un borde de la al menos una placa bipolar (30), y además en donde un conjunto de canales del fluido refrigerante se encamina a través del colector de borde.
2. La celda electroquímica (20) de la reivindicación 1, en donde la estructura de disipación de calor comprende
 20 aletas que se extienden desde al menos una placa bipolar (30).
3. La celda electroquímica (20) de la reivindicación 1, en donde la estructura de disipación de calor comprende una primera pluralidad de perforaciones alineadas.
- 25 4. La celda electroquímica (20) de la reivindicación 3, en donde un primer conjunto de canales del fluido refrigerante se encamina a través de la primera pluralidad de perforaciones alineadas.
5. La celda electroquímica (20) de la reivindicación 1, en donde la estructura de disipación de calor además comprende aletas que se extienden desde el borde de la al menos una placa bipolar (30).
 30 6. La celda electroquímica (20) de la reivindicación 5, en donde las aletas son contiguas a los canales del fluido refrigerante encaminados a través de los colectores de borde.
7. La celda electroquímica (20) de la reivindicación 1, que comprende un límite de presión externo no circular.
 35 8. La celda electroquímica (20) de la reivindicación 7, que comprende un límite de presión externo generalmente rectangular.
9. La celda electroquímica (20) de la reivindicación 1, además que comprende una segunda placa bipolar (30).
 40 10. La celda electroquímica (20) de la reivindicación 9, que comprende además una segunda estructura de flujo (22) entre el segundo electrodo y la segunda placa bipolar (30).
11. La celda electroquímica (20) de la reivindicación 10, en donde al menos una de la primera y la segunda estructuras de flujo (22) comprende un sustrato poroso.
 45 12. La celda electroquímica (20) de la reivindicación 11, en donde al menos una de la primera y la segunda estructuras de flujo (22) comprende un sustrato metálico poroso compacto.
- 50 13. La celda electroquímica (20) de la reivindicación 12, en donde al menos una de la primera y la segunda estructuras de flujo (22) comprende una capa de material microporoso laminado sobre el sustrato metálico poroso compacto.
- 55 14. Una pila de celdas electroquímicas que comprende:
 dos o más celdas electroquímicas (20), al menos una de las celdas electroquímicas comprende la celda electroquímica de la reivindicación 1.

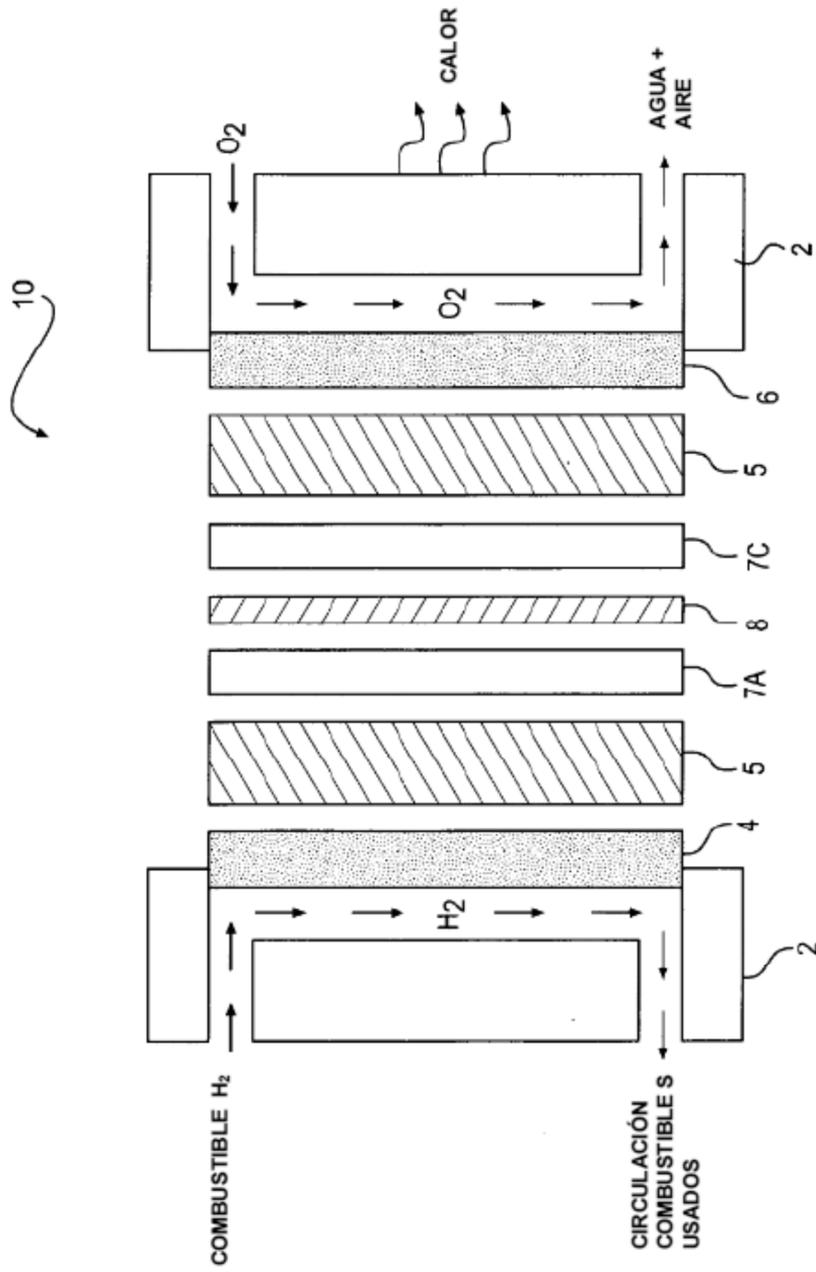


FIG. 1

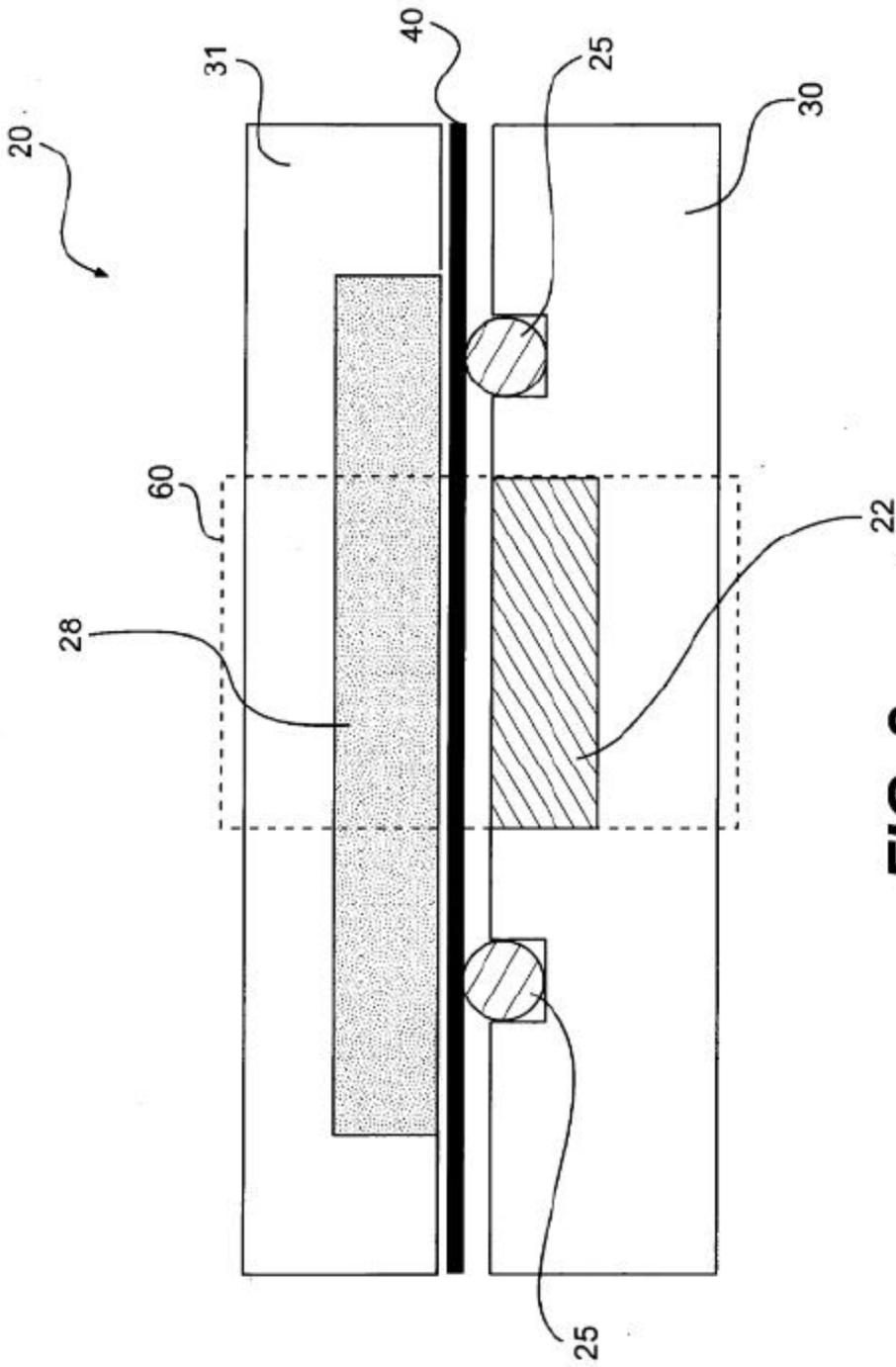


FIG. 2

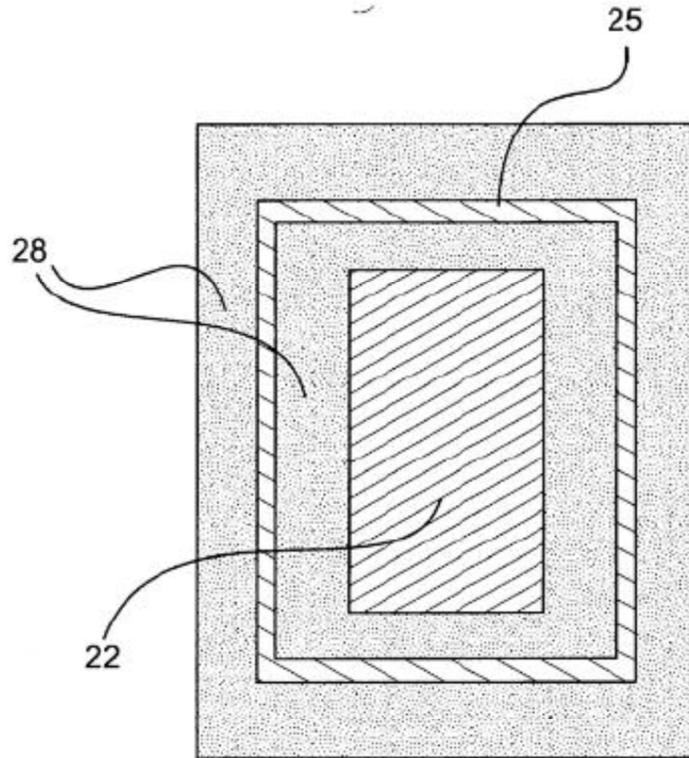


FIG. 3A

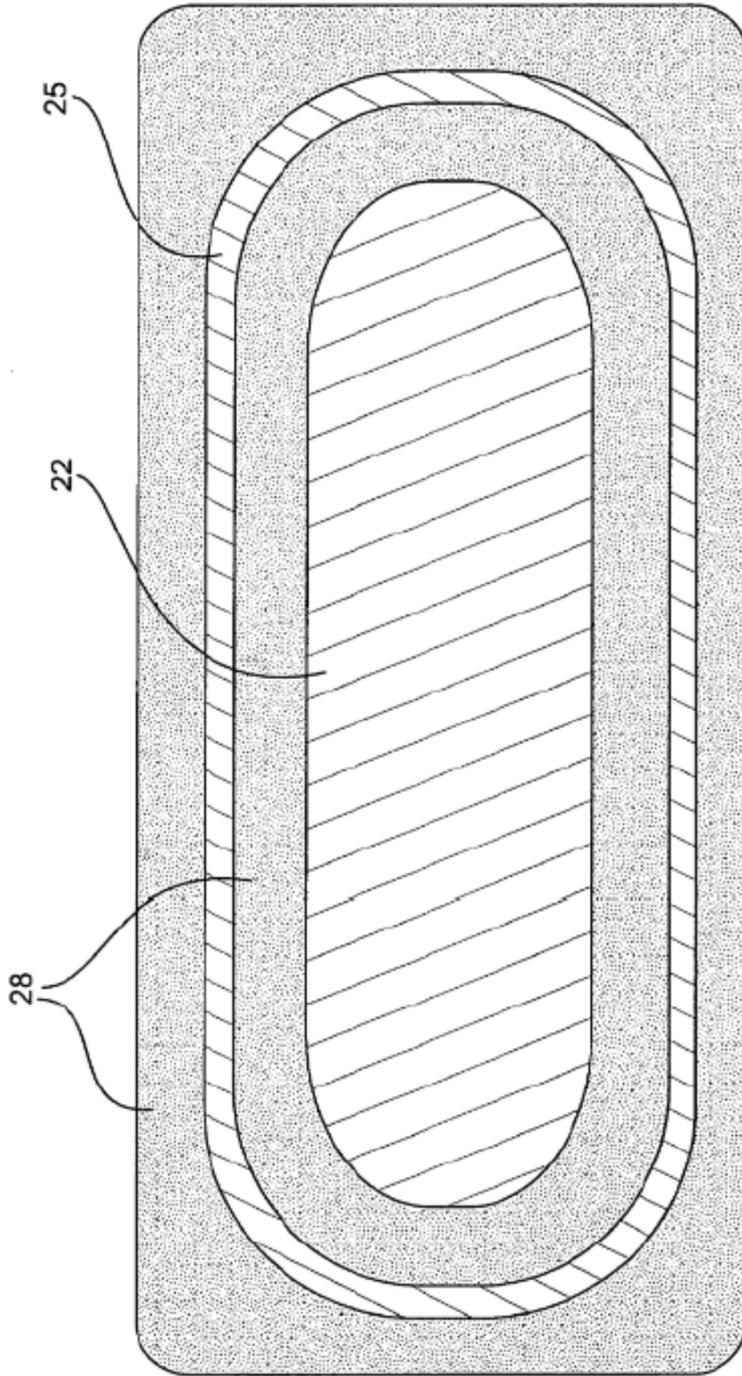


FIG. 3B

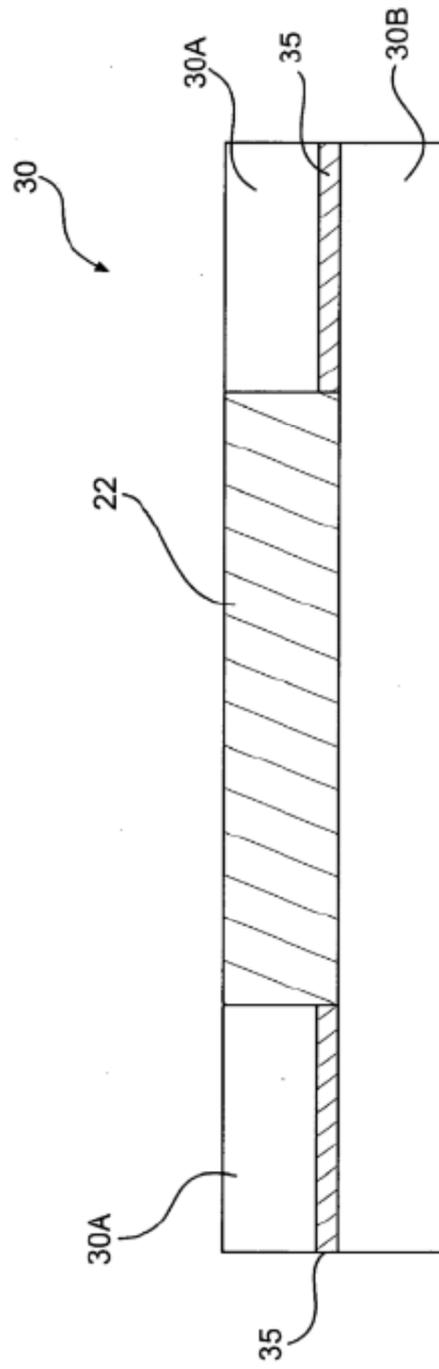


FIG. 4

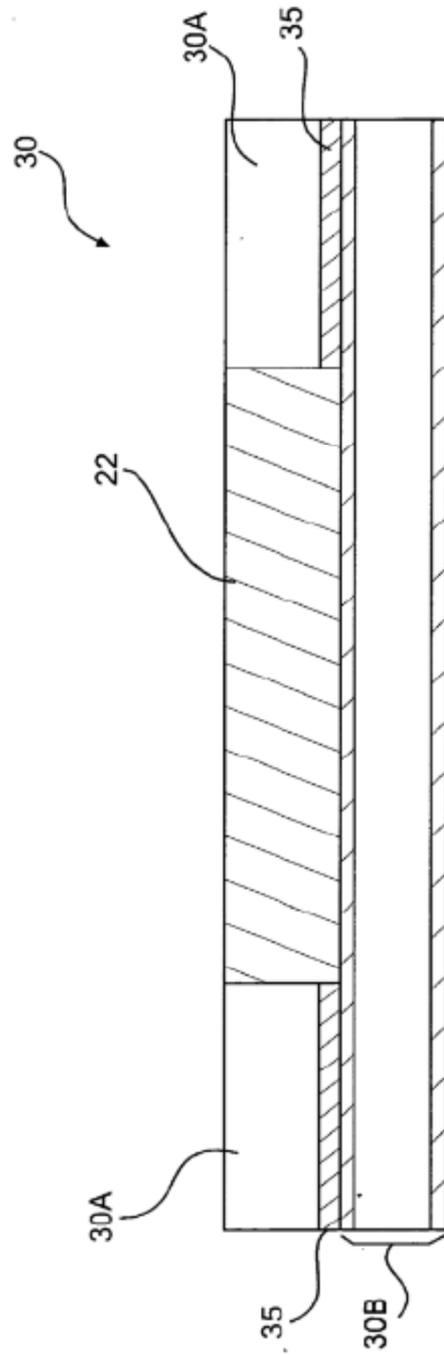


FIG. 5

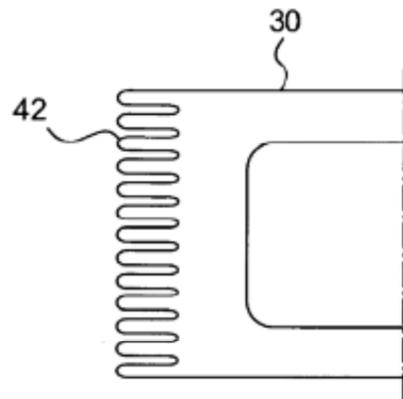


FIG. 6

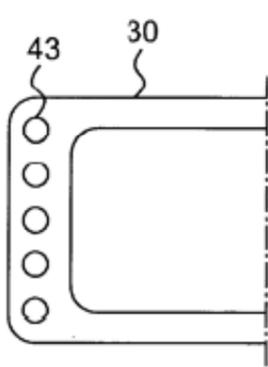


FIG. 7A

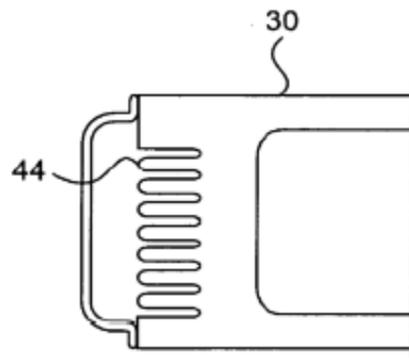


FIG. 7B

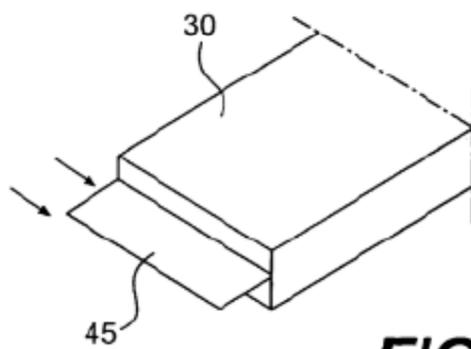


FIG. 8

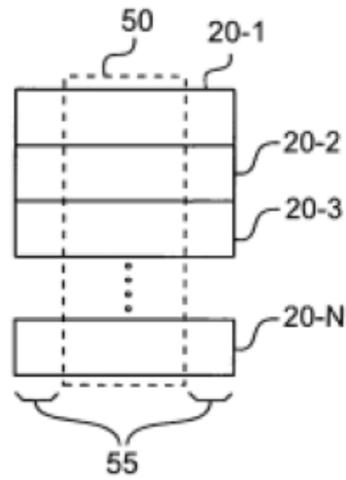


FIG. 9

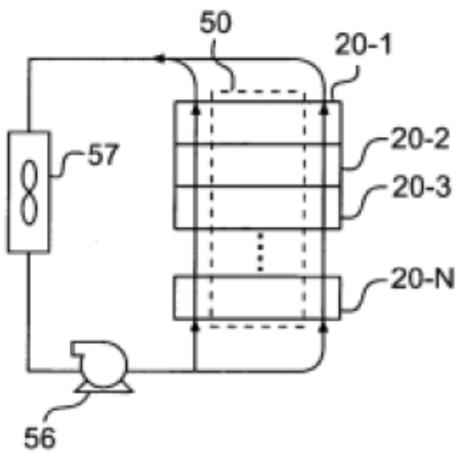


FIG. 10A

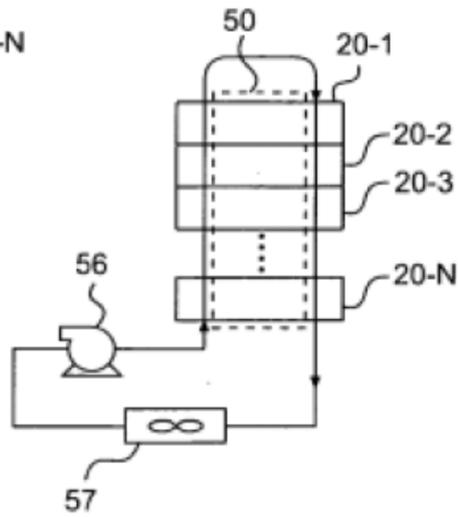


FIG. 10B

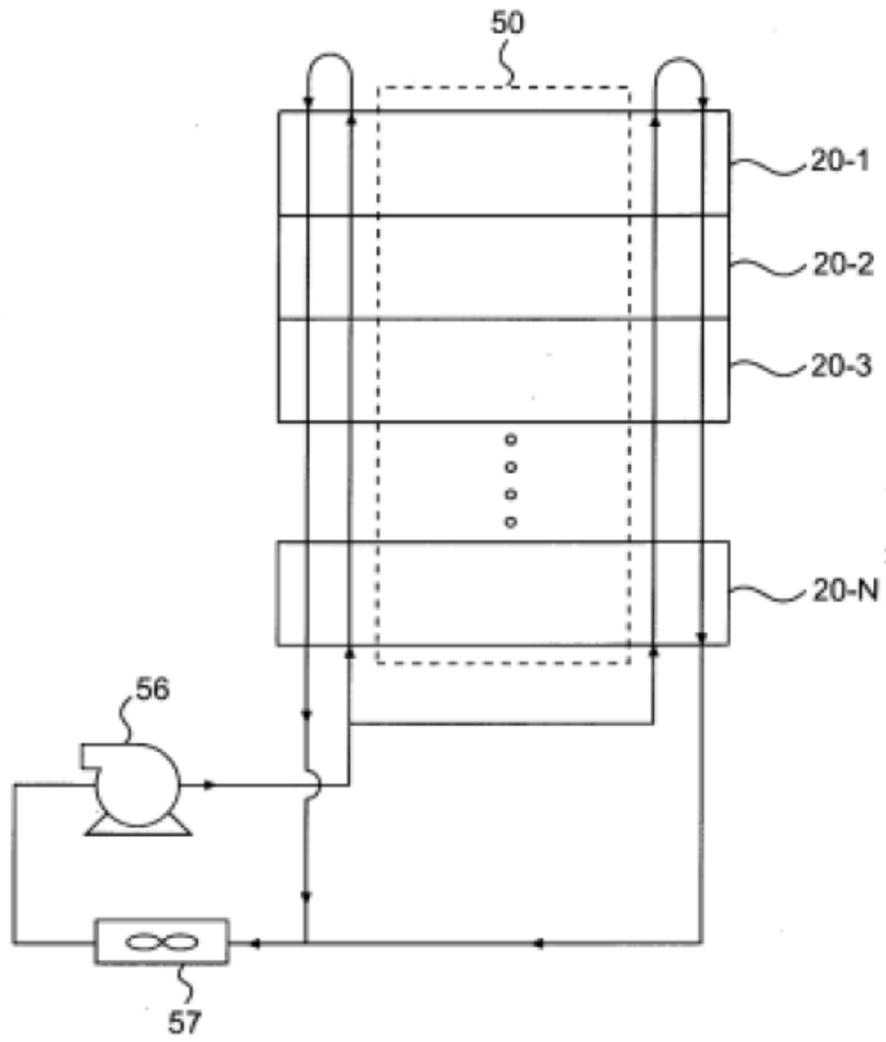


FIG. 10C

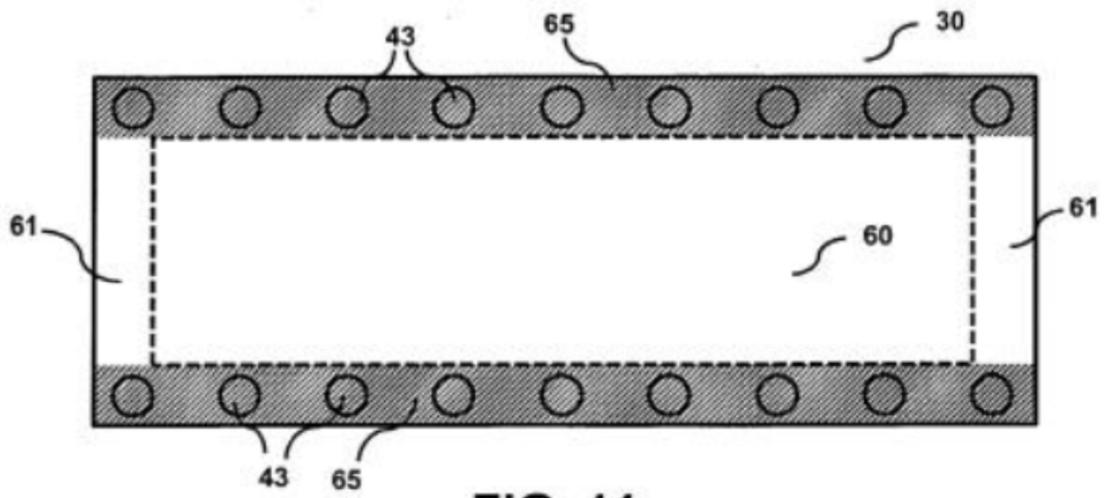


FIG. 11

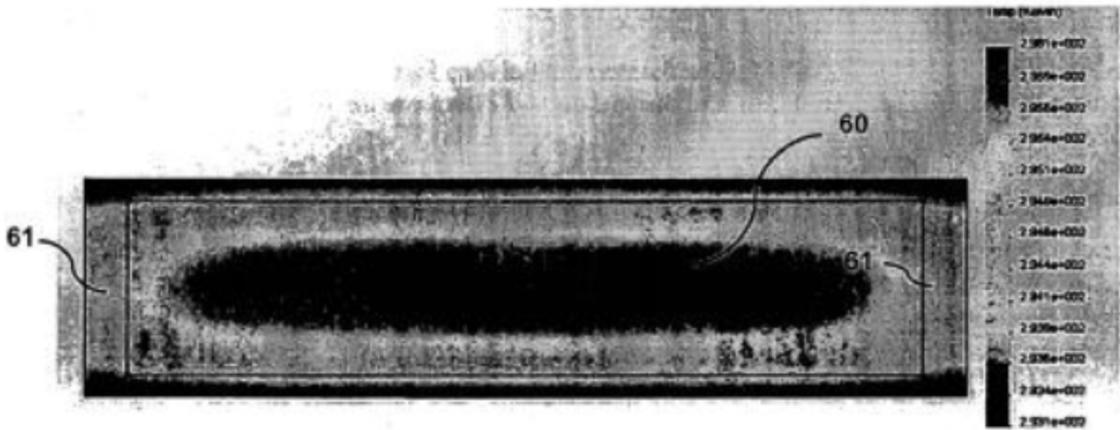


FIG. 12

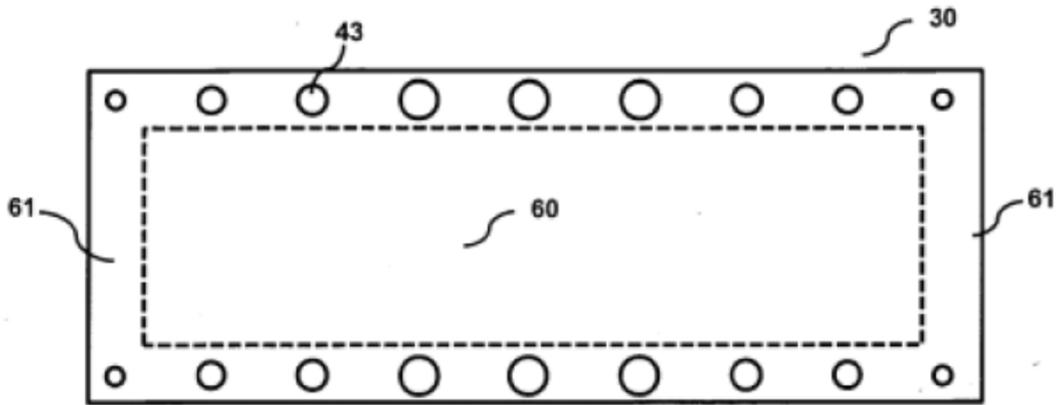


FIG. 13A

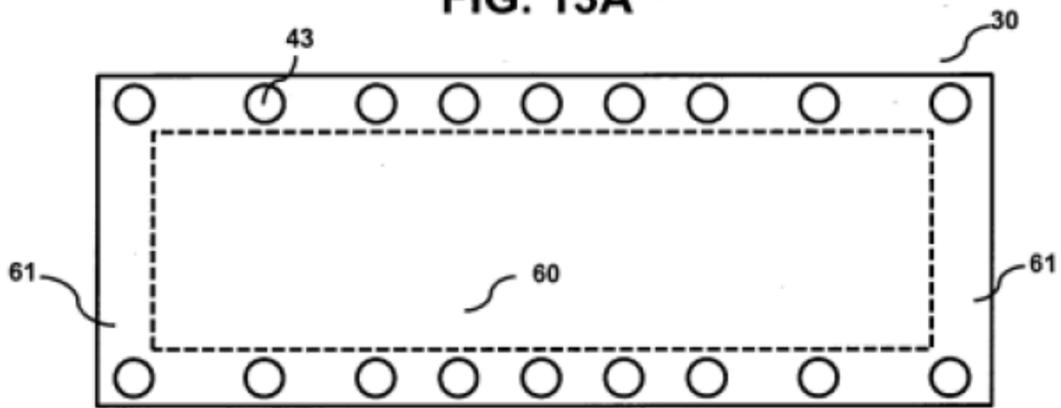


FIG. 13B

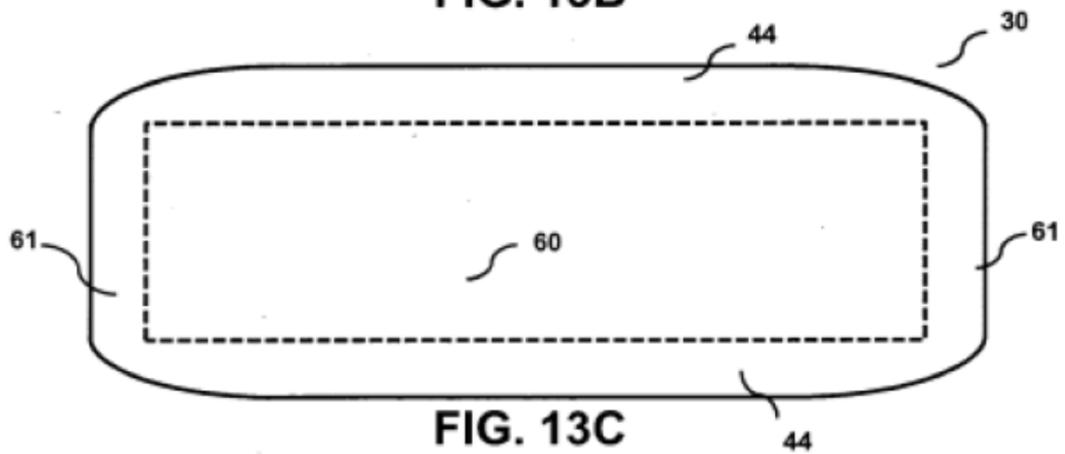


FIG. 13C

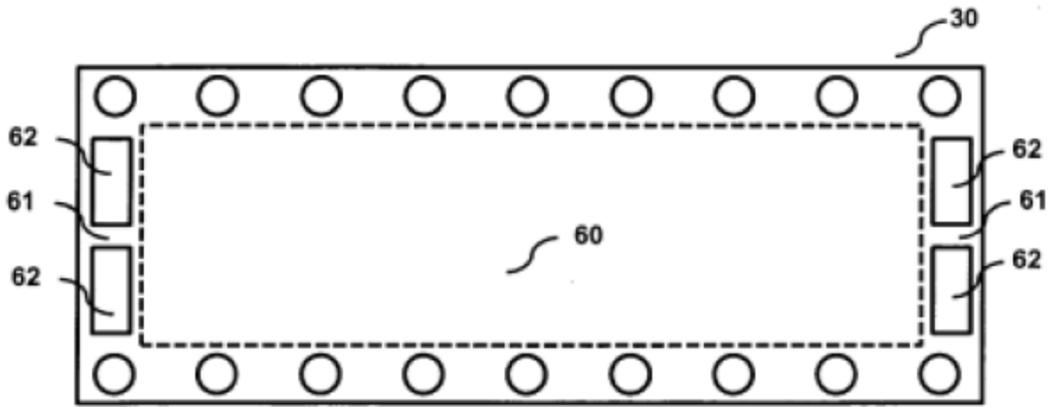


FIG. 14A

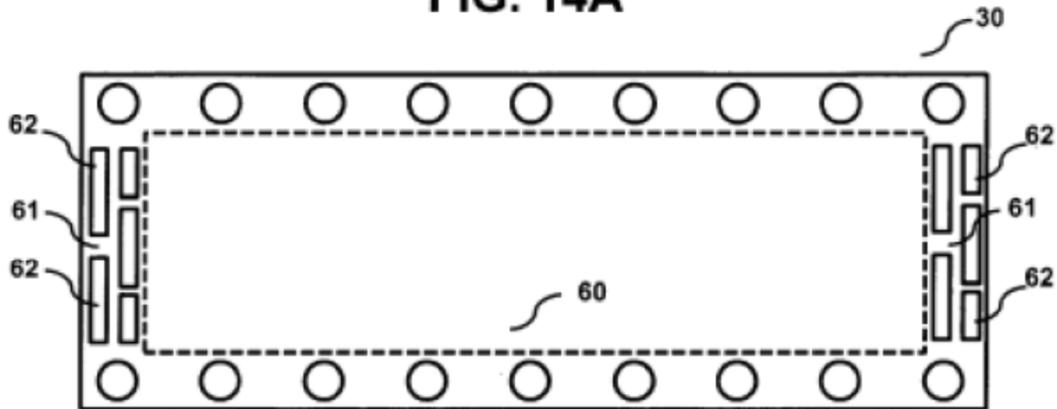


FIG. 14B

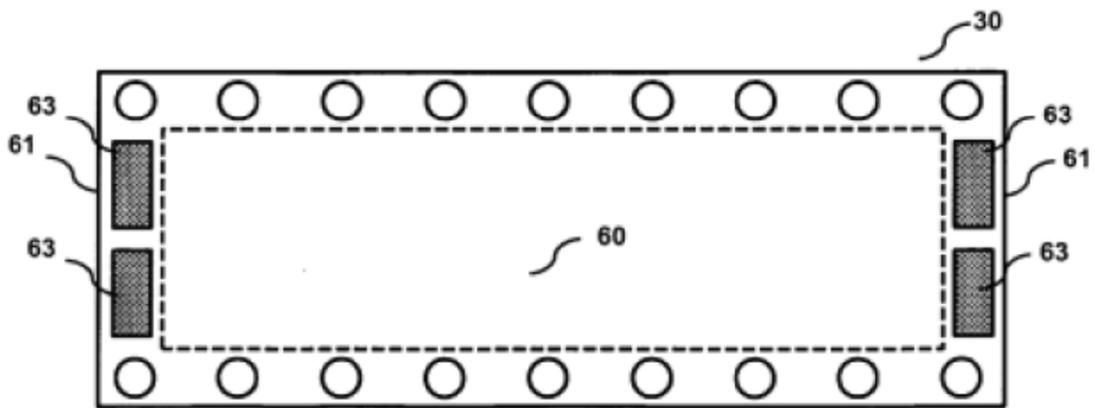


FIG. 14C

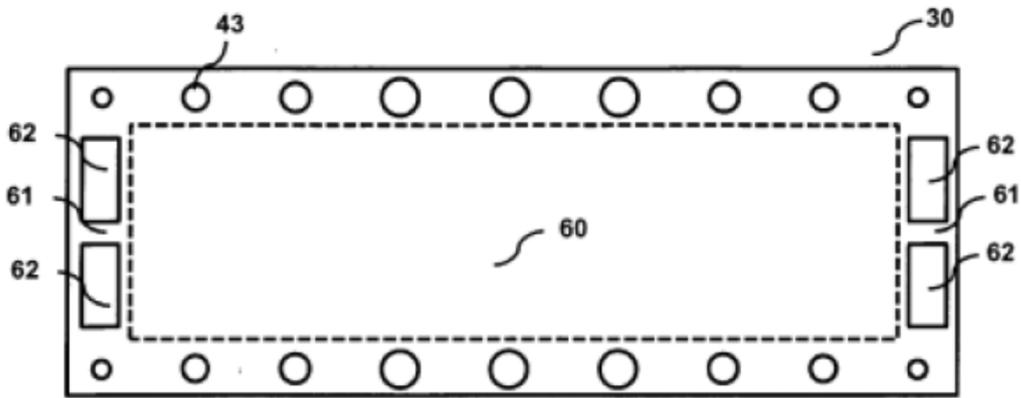


FIG. 15A

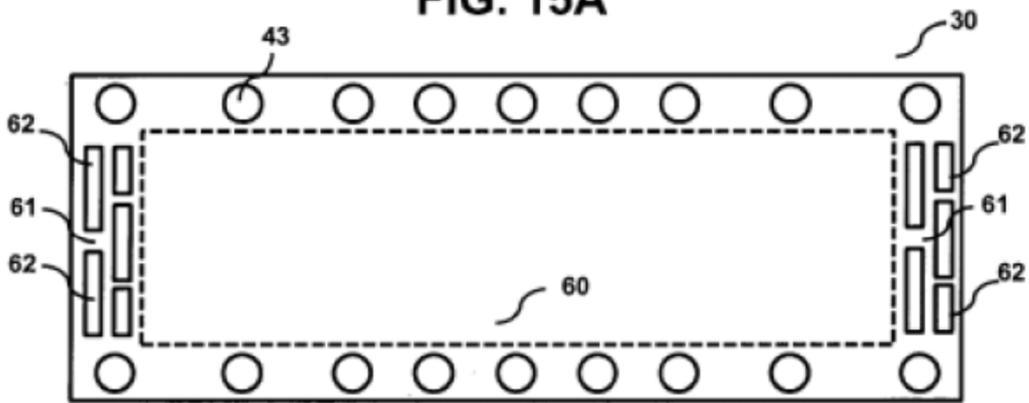


FIG. 15B

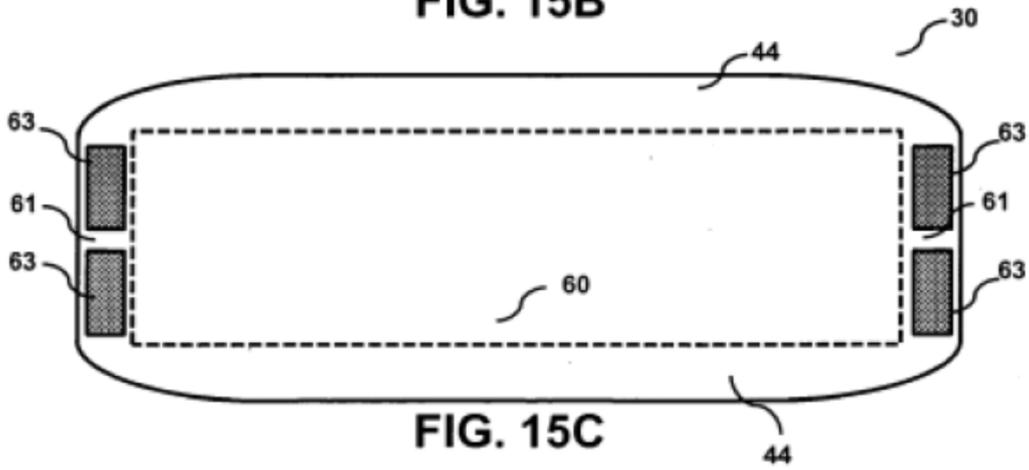


FIG. 15C