

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 751 106**

51 Int. Cl.:

H01M 4/86 (2006.01)

H01M 12/08 (2006.01)

H01M 12/06 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **30.10.2012 E 18189034 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **04.09.2019 EP 3422446**

54 Título: **Cátodo de oxidante gaseoso sumergible para sistema de célula electroquímica**

30 Prioridad:

04.11.2011 US 201161555952 P

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

30.03.2020

73 Titular/es:

**NANTENERGY, INC. (100.0%)
8455 North 90th Street, Suite 4
Scottsdale, AZ 85258, US**

72 Inventor/es:

**FRIESEN, CODY, A;
KRISHNAN, RAMKUMAR;
MIHALKA, MICHAEL y
FRIESEN, GRANT**

74 Agente/Representante:

GARCÍA GONZÁLEZ, Sergio

ES 2 751 106 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

Cátodo de oxidante gaseoso sumergible para sistema de célula electroquímica

- 5 La presente invención se refiere en general a un sistema de célula electroquímica y, más particularmente, a un sistema de célula electroquímica que utiliza un electrodo de reducción de oxidante gaseoso y un medio iónicamente conductor líquido, tal como un electrolito.

Muchos tipos de células electroquímicas utilizan un medio iónicamente conductor para soportar reacciones electroquímicas dentro de la célula. Por ejemplo, un sistema de célula electroquímica de metal-aire puede comprender una o más células, teniendo cada una un electrodo de combustible que sirve como ánodo en el que se oxida el combustible metálico, y un cátodo aerobio en el que se reduce el oxígeno del aire ambiente. Dichas células también pueden comprender un medio iónicamente conductor, tal como una solución electrolítica líquida, para comunicar los iones oxidados/reducidos entre los electrodos. Por ejemplo, véase la Publicación de Patente de Estados Unidos N° 2009/0284229. En algunos sistemas de célula electroquímica que comprenden una pluralidad de células electroquímicas, el medio iónicamente conductor puede ser compartido por múltiples células. Por ejemplo, la solución electrolítica líquida puede fluir en serie de una célula a otra, como se describe en la Solicitud de Patente de Estados Unidos 12/631.484. En otros sistemas de células electroquímicas, el medio iónicamente conductor puede ser compartido por múltiples células, pero puede fluir parcialmente en paralelo. En otros sistemas de célula electroquímica, el medio iónicamente conductor puede no fluir en absoluto, sino que puede estar estancado, o simplemente estar agitado dentro de un área confinada entre los electrodos.

Independientemente de cualquier movimiento del medio iónicamente conductor, en sistemas convencionales que utilizan un electrodo de aire, el electrodo de aire define una pared perimetral para confinar el medio iónicamente conductor dentro del sistema de célula electroquímica. Esto quiere decir que el electrodo de aire está típicamente sellado al exterior del alojamiento, formando una barrera impermeable al medio iónicamente conductor. Sin embargo, un inconveniente de tales sistemas convencionales es que, si fallara el sellado entre el electrodo de aire y el alojamiento, o si se formara una fuga en el propio electrodo de aire, un medio líquido iónicamente conductor ya no estaría confinado dentro de la célula química electroquímica, lo que puede dar como resultado un fallo completo de la célula, la necesidad de reemplazar el medio iónicamente conductor, el daño al entorno alrededor de la célula electroquímica, etc. Además, en la mayoría de los diseños, el reemplazo del electrodo de aire es una tarea difícil, ya que el medio iónicamente conductor debe drenarse para que el electrodo de reducción de oxidante gaseoso usado pueda retirarse. Por lo tanto, se puede apreciar que sumergir el electrodo de aire, junto con un alojamiento que forma un espacio de aire en el mismo, en el medio iónicamente conductor puede evitar fallos completos de este tipo, y puede simplificar los reemplazos de los electrodos de aire. Un ejemplo de un electrodo de aire sumergible convencional se muestra, por ejemplo, en la Patente de Estados Unidos 5.011.747.

De acuerdo con el primer aspecto de la presente invención, se proporciona un módulo de electrodo de reducción de oxidante para acoplarse a una cubierta de célula y una inmersión en un medio iónicamente conductor de una célula electroquímica, comprendiendo el módulo de electrodo de reducción de oxidante un alojamiento configurado para definir un espacio de recepción de oxidante gaseoso en el mismo; un electrodo de reducción de oxidante que tiene un lado orientado hacia el oxidante y un lado orientado hacia el medio iónicamente conductor, estando el electrodo de reducción de oxidante (20) montado en dicho alojamiento de manera que el electrodo de reducción de oxidante define una pared perimetral para el espacio de recepción de oxidante gaseoso, estando el lado orientado hacia el oxidante orientado hacia dentro con respecto al espacio de recepción de oxidante gaseoso y lado orientado hacia el medio iónicamente conductor hacia fuera para la exposición al medio iónicamente conductor; una entrada de oxidante gaseoso y una salida de oxidante gaseoso en comunicación con el espacio de recepción de oxidante gaseoso; y en el que la entrada de oxidante gaseoso se configura para permitir un oxidante en el espacio de recepción del oxidante gaseoso, el electrodo de reducción de oxidante se configura para absorber el oxidante gaseoso a través del lado orientado hacia el oxidante y reducir el oxidante gaseoso durante la descarga de la célula electroquímica.

En las realizaciones, el electrodo de reducción de oxidante además comprende un conductor eléctrico proporcionado en un canal de conductor, o en una entrada o salida gaseosa, y conectado eléctricamente al electrodo de reducción de oxidante, en el que el conductor eléctrico permite el establecimiento de una conexión eléctrica del electrodo de reducción de oxidante con los circuitos en la cubierta de la célula. En algunas realizaciones, el conductor eléctrico se proporciona en un canal de conductor que se extiende hacia arriba desde la parte superior del alojamiento y se puede conectar a un conector proporcionado sobre la cubierta de la célula.

En las realizaciones, el módulo de electrodo de reducción de oxidante además comprende uno o más elementos de soporte situados dentro del espacio de recepción de oxidante gaseoso, y configurado para evitar la deformación del electrodo de reducción de oxidante en el espacio de recepción de oxidante gaseoso cuando el electrodo de reducción de oxidante se sumerge en el medio iónicamente conductor. En algunas realizaciones, un camino de oxidante gaseoso se forma entre la entrada de oxidante gaseoso y la salida de oxidante gaseoso a través del espacio de oxidante gaseoso por uno o más elementos de soporte, y en el que uno o más elementos de soporte se configuran para dirigir un flujo de oxidante gaseoso dentro del camino de oxidante gaseoso desde la entrada de las fallas completas de oxidante gaseoso y puede simplificar los reemplazos de los electrodos de aire. Un ejemplo de electrodo de aire sumergible se ilustra, a modo ejemplificativo, en la Patente de Estados Unidos 5.011.747.

10 El documento US4246324 describe un ejemplo de otra batería que comprende un recipiente inerte que aloja varios elementos cátodos de metal despolarizados de gases resistentes de corrosión en elementos ánodos consumibles y en forma de caja hueca en una relación espaciada con dichos elementos cátodos. Al menos una pared de cada elemento cátodo posee un cátodo poroso permeable de gas formado de partículas sinterizadas impregnadas con un catalizador y, en el lado interno, con una resina hidrofóbica. Los elementos ánodos consumibles se montan en soportes de metal no consumibles para que puedan removerse (con o sin sus soportes) y puedan reemplazarse en el recipiente. En la operación, el gas despolarizante se introduce en los elementos cátodos y un electrolito se conserva entre los cátodos y ánodos que enfrentan.

20 El documento US-A-2002160247 describe un sistema de célula de metal-aire que incluye un cátodo con un par de lados oxidantes y lados ánodos. Se proporciona un ánodo en dos partes, cada parte con un lado complementario en cada lado ánodo del cátodo. Se dispone un separador entre el ánodo y el cátodo para aislar eléctricamente el ánodo y el cátodo. Se dispone un electrolito entre el cátodo y el ánodo; el electrolito se proporciona dentro del ánodo, de manera separada en la interfaz entre el cátodo y el ánodo, o ambos dentro del ánodo y de manera separada en la interfaz entre el cátodo y el ánodo.

De acuerdo con el primer aspecto de la presente invención, se proporciona un módulo de electrodo de reducción de oxidante para acoplar a una cubierta de célula e inmersión a un medio iónicamente conductor de una célula electroquímica. El módulo de electrodo de reducción de oxidante comprende un alojamiento configurado para definir un espacio de recepción de oxidante gaseoso ubicado allí; un electrodo de reducción de oxidante con un lado orientado hacia el oxidante y un lado orientado hacia el medio iónicamente. El electrodo de reducción de oxidante se monta a dicho alojamiento de manera tal que el electrodo de reducción de oxidante defina una pared limítrofe para el espacio de recepción de oxidante gaseoso, con el lado orientado hacia el oxidante hacia adentro del espacio de recepción de oxidante gaseoso y el lado orientado hacia el medio iónicamente conductor que se orienta hacia afuera para la exposición del medio iónicamente conductor; y una entrada de oxidante gaseoso y una salida de oxidante gaseoso en comunicación con el espacio de recepción de oxidante gaseoso; en el que la entrada de oxidante gaseoso se configura para permitir un oxidante en el espacio de recepción de oxidante gaseoso, el electrodo de reducción de oxidante se configura para absorber el oxidante gaseoso a través del lado orientado hacia el oxidante y reducir el oxidante gaseoso durante la descarga de la célula electroquímica; caracterizado porque el módulo de electrodo de reducción de oxidante además comprende un conductor eléctrico proporcionado en un canal de conductor, o en una entrada o salida gaseosa, y conectado eléctricamente al electrodo de reducción de oxidante; en el que el conductor eléctrico se configura para conectar eléctricamente el electrodo de reducción de oxidante con los circuitos en la cubierta de célula. En algunas realizaciones, el conductor eléctrico se proporciona en un canal de conductor que se extiende hacia arriba desde la parte superior del alojamiento y se puede conectar a un conector proporcionado en la cubierta de célula.

En las realizaciones, el módulo de electrodo de reducción de oxidante además comprende uno o más elementos de soporte ubicados dentro del espacio de recepción de oxidante gaseoso y configurados para evitar la deformación del electrodo de reducción de oxidante en el espacio de recepción de oxidante gaseoso cuando el electrodo de reducción de oxidante se sumerge en el medio iónicamente conductor. En algunas realizaciones, se forma un camino oxidante gaseoso entre la entrada de oxidante gaseoso y la salida de oxidante gaseoso a través del espacio oxidante gaseoso mediante los uno o más elementos de soporte, y en el que los uno o más elementos de soporte se configuran para dirigir un flujo de oxidante gaseoso dentro del camino oxidante gaseoso desde la entrada de oxidante gaseoso hacia la salida de oxidante gaseoso. En algunas realizaciones, partes de los uno o más elementos de soporte se espacian de manera adyacente entre sí, separados mediante un espacio que define una parte del camino oxidante gaseoso. En algunas realizaciones, el espaciado es de aproximadamente 1 – 50 mm. En algunas realizaciones, el espaciado es de aproximadamente 20 mm. En algunas realizaciones, el espaciado es de aproximadamente 10 mm,

En las realizaciones, los uno o más elementos de soporte se forman de manera integral al alojamiento.

En las realizaciones, los uno o más elementos de soporte comprenden deflectores para el oxidante gaseoso.

5 En las realizaciones, la entrada de oxidante gaseoso y la salida de oxidante gaseoso se configuran para que se puedan conectar a los respectivos conectores proporcionados en la cubierta de célula para establecer las respectivas entradas y salidas del oxidante gaseoso.

10 En las realizaciones, el alojamiento se compone de una sola construcción moldeada, se configura de manera tal que solo un solo sello se forme entre el alojamiento y el electrodo de reducción de oxidante, y se sumergirá en el medio iónicamente conductor.

En las realizaciones, el electrodo de reducción de oxidante se sella al alojamiento mediante un sellador que es impermeable con respecto al medio iónicamente conductor.

15 En las realizaciones, el electrodo de reducción de oxidante comprende politetrafluoroetileno.

20 De acuerdo con el segundo aspecto de la presente invención, se proporciona un ensamblaje que comprende el módulo de electrodo de reducción de oxidante del primer aspecto acoplado a un módulo de electrodo de combustible que contiene un electrodo de combustible; el ensamblaje se configura para espaciar el electrodo de reducción de oxidante del electrodo de combustible para que, cuando se sumerja en el medio iónicamente conductor, el lado orientado hacia el medio iónicamente conductor del electrodo de reducción de oxidante y un combustible de metal, en el que el medio iónicamente conductor conduce iones entre el electrodo de combustible y el lado orientado hacia el medio iónicamente conductor del electrodo de reducción de oxidante para soportar las reacciones electroquímicas
25 entre el electrodo de reducción de oxidante y el electrodo de combustible.

30 En las realizaciones, el ensamblaje además comprende la cubierta de célula que contiene una entrada de oxidante gaseoso de cubierta de célula configurada para acoplar a la entrada de oxidante gaseoso del módulo de electrodo de reducción de oxidante para permitir el flujo de oxidante gaseoso a través de la cubierta de célula con el electrodo de reducción de oxidante; y los circuitos para la conexión con el conductor eléctrico.

35 En las realizaciones, el ensamblaje además comprende un segundo módulo de electrodo de reducción de oxidante que comprende un electrodo de reducción de oxidante asociado; el segundo módulo de electrodo de reducción de oxidante se ubica del lado opuesto al módulo de electrodo de reducción de oxidante, en el que el electrodo de reducción de oxidante del módulo de electrodo de reducción de oxidante se enfrenta al electrodo de reducción de oxidante del segundo módulo de electrodo de reducción de oxidante, con el electrodo de combustible ubicado entre el electrodo de reducción de oxidante del módulo de electrodo de reducción de oxidante y el electrodo de reducción de oxidante del segundo módulo de electrodo de reducción de oxidante. En algunas realizaciones, el módulo de electrodo de reducción de oxidante además comprende un segundo electrodo de combustible que se ubica entre el
40 electrodo de reducción de oxidante del módulo de electrodo de reducción de oxidante y el electrodo de reducción de oxidante del segundo módulo de electrodo de reducción de oxidante; el electrodo de combustible se asocia con el electrodo de reducción de oxidante del módulo de electrodo de reducción de oxidante, y el segundo electrodo de combustible se asocia con el electrodo de reducción de oxidante del segundo módulo de electrodo de reducción de oxidante.

45 De acuerdo con el tercer aspecto de la presente invención, se proporciona un sistema de célula electroquímica que comprende una cámara configurada para contener una cantidad de medio iónicamente conductor en él; uno o más electrodos de combustible acoplados a una cubierta de célula, cada uno con un combustible de metal y configurado para que entre en contacto mediante el medio iónicamente conductor; y uno o más módulos de electrodo de reducción de oxidante de acuerdo con el primer aspecto sumergidos dentro del medio iónicamente conductor y
50 acoplados a la cubierta de célula.

55 En las realizaciones, cada electrodo de combustible se configura para montarse a uno o más módulos de electrodo de reducción de oxidante asociados, de manera tal que el electrodo de combustible y el módulo de electrodo de reducción de oxidante asociado se sumerjan de manera conjunta en el medio iónicamente conductor. De manera adicional o alternativa, cada célula electroquímica además comprende un electrodo de carga seleccionado del grupo que consiste de (a) el electrodo de reducción de oxidante y (b) un electrodo de carga independiente espaciado de los electrodos de reducción de oxidante y de combustible de cada célula electroquímica.

En las realizaciones, cada electrodo de combustible y el electrodo de carga se configuran para, durante la recarga, reducir una especie oxidable del combustible de metal para electrodepositar el combustible de metal en el electrodo de combustible y oxidar una especie oxidable del oxidante mediante la aplicación de una diferencia potencial de recarga entre ellos a partir de una fuente de poder. En algunas realizaciones, cada electrodo de combustible
5 comprende una serie de cuerpos de electrodo permeables dispuestos en una relación espaciada, en la que la relación espaciada de los cuerpos de electrodo permeables permite la diferencia potencial de recarga a aplicar entre el electrodo de carga y al menos uno de los cuerpos de electrodo permeables, con el electrodo de carga funcionando como el ánodo y al menos un cuerpo de electrodo permeable funcionando como el cátodo, de manera tal que las especies de combustible reducibles son reducidas y electrodepositadas como el combustible de metal en
10 forma oxidable en al menos un cuerpo de electrodo permeable, en el que la electrodeposición produce el crecimiento del combustible de metal entre los cuerpos de electrodo permeables de manera tal que el combustible de metal electrodepositado establece una conexión eléctrica entre los cuerpos de electrodo permeables.

En las realizaciones, la célula electroquímica además comprende una bomba de oxidante gaseoso configurada para
15 bombear una cantidad de oxidante gaseoso al espacio de recepción oxidante gaseoso.

En las realizaciones, los uno o más módulos de electrodo de reducción de oxidante comprenden dos módulos de electrodo de reducción de oxidante configurados para rodear los uno o más electrodos de combustible. Los dos
20 módulos de electrodo de reducción de oxidante se ubican del lado opuesto del otro de manera tal que el electrodo de reducción de oxidante de cada uno de los dos módulos de electrodo de reducción de oxidante se enfrenten entre sí, y rodeen los uno o más electrodos de combustible. En algunas realizaciones, los uno o más electrodos de combustible comprenden un solo electrodo de combustible en común para cada electrodo de reducción de oxidante de los dos módulos de electrodo de reducción de oxidante.

De acuerdo con el cuarto aspecto de la presente invención, se proporciona un procedimiento para ensamblar un
25 módulo de electrodo de reducción de oxidante configurado para acoplarse a una cubierta de célula y sumergirse en un medio iónicamente conductor de una célula electroquímica. El procedimiento comprende el hecho de proporcionar un alojamiento, un interior del cual se define un espacio oxidante gaseoso situado allí; montar un electrodo de reducción de oxidante en el alojamiento, de manera tal que lado orientado hacia un oxidante del
30 electrodo de reducción de oxidante se enfrente hacia adentro de un espacio oxidante gaseoso y define una pared limítrofe para el espacio oxidante gaseoso, y de manera tal que un medio iónicamente conductor que se enfrenta a un lado del electrodo de reducción de oxidante se enfrente hacia afuera para la exposición al medio iónicamente conductor cuando el módulo de electrodo de reducción de oxidante se sumerge allí; y proporcionar una entrada de oxidante gaseoso y una salida de oxidante gaseoso en comunicación con el espacio de recepción oxidante gaseoso;
35 en el que la entrada de oxidante gaseoso se configura para permitir un oxidante en el espacio de recepción oxidante gaseoso, el electrodo de reducción de oxidante se configura para absorber el oxidante gaseoso a través del lado orientado hacia el oxidante y reduce el oxidante gaseoso durante la descarga de la célula electroquímica; caracterizado porque el procedimiento además comprende el hecho de proporcionar un conductor eléctrico proporcionado en un canal de conductor, o en una entrada o salida gaseosa, y conectado eléctricamente al
40 electrodo de reducción de oxidante; en el que el conductor eléctrico se configura para conectar eléctricamente el electrodo de reducción de oxidante con los circuitos en la cubierta de célula.

También se describe en el presente documento un módulo de reducción de oxidante configurado para la inmersión
45 en un medio iónicamente conductor de una célula electroquímica que incluye un alojamiento configurado para definir un espacio de recepción oxidante gaseoso allí. El módulo de electrodo de reducción de oxidante también incluye un electrodo de reducción de oxidante con un lado orientado hacia el oxidante y un lado orientado hacia el medio iónicamente conductor. El electrodo de reducción de oxidante se monta a dicho alojamiento de manera tal que el electrodo de reducción de oxidante define una pared limítrofe para el espacio de recepción oxidante gaseoso, con el oxidante enfrentándose hacia adentro del espacio de recepción oxidante gaseoso y el lado orientado hacia el medio
50 iónicamente conductor hacia afuera para la exposición con el medio iónicamente conductor. El módulo de electrodo de reducción de oxidante también incluye una entrada de oxidante gaseoso y una salida de oxidante gaseoso acopladas a un canal oxidante gaseoso que se extiende a través del espacio de recepción oxidante gaseoso. El módulo de electrodo de reducción de oxidante también incluye uno o más elementos de soporte ubicados dentro del espacio de recepción oxidante gaseoso, configurados para evitar la deformación del electrodo de reducción de
55 oxidante en el espacio de recepción oxidante gaseoso cuando el electrodo de reducción de oxidante se sumerge en el medio iónicamente conductor, y dirigen un flujo de oxidante gaseoso dentro del canal oxidante gaseoso desde la entrada de oxidante gaseoso hasta la salida de oxidante gaseoso. De manera adicional, se permite que un oxidante entre en el espacio de recepción de oxidante gaseoso a través de la entrada de oxidante gaseoso, de manera que el electrodo de reducción de oxidante esté configurado para absorber el oxidante gaseoso a través del lado orientado

hacia el oxidante y reduzca el oxidante gaseoso durante la descarga de la célula electroquímica.

También se describe en el presente documento un sistema de célula electroquímica que incluye una cámara configurada para contener una cantidad de medio iónicamente conductor en ella, uno o más electrodos de combustible, cada uno comprendiendo un combustible de metal y configurado para conectarse mediante el medio iónicamente conductor, y uno o más módulos de electrodo de reducción de oxidante sumergidos en el medio iónicamente conductor. Cada módulo de electrodo de reducción de oxidante incluye un alojamiento configurado para definir un espacio oxidante gaseoso allí. Cada módulo de electrodo de reducción de oxidante también incluye un electrodo de reducción de oxidante con un lado orientado hacia el oxidante y un lado orientado hacia el medio iónicamente conductor, el electrodo de reducción de oxidante se monta a dicho alojamiento de manera tal que el electrodo de reducción de oxidante define una pared limítrofe para el espacio oxidante gaseoso, con el oxidante que se enfrenta a un lado enfrentándose hacia adentro del espacio oxidante gaseoso y el lado orientado hacia el medio iónicamente conductor enfrentándose hacia afuera para exposición con el medio iónicamente conductor. Cada módulo de electrodo de reducción también incluye una entrada de oxidante gaseoso y una salida de oxidante gaseoso acopladas mediante un canal de oxidante gaseoso que se extiende a través del espacio oxidante gaseoso, configuradas para permitir un flujo de oxidante al lado orientado hacia el oxidante de los electrodos de reducción de oxidante. De manera adicional, cada módulo de electrodo de reducción de oxidante también incluye uno o más elementos de soporte ubicados dentro del espacio oxidante gaseoso, configurados para evitar la deformación del electrodo de reducción de oxidante en el espacio oxidante gaseoso cuando el electrodo de reducción de oxidante se sumerge en el medio iónicamente conductor, y dirigen un flujo de oxidante gaseoso dentro del canal oxidante gaseoso desde la entrada de oxidante gaseoso hasta la salida de oxidante gaseoso. Una o más células electroquímicas se definen por cada electrodo de combustible y al menos un electrodo de reducción de oxidante asociado. Cada una de las células electroquímicas se configuran para, durante la descarga, oxidar el combustible de metal en el electrodo de combustible y reducir el oxidante gaseoso en al menos un electrodo de reducción de oxidante asociado para producir una diferencia potencial de descarga entre ellas para la aplicación a una carga.

También se describe en el presente documento un procedimiento para ensamblar un módulo de electrodo de reducción de oxidante configurado para la inmersión en un medio iónicamente conductor de una célula electroquímica incluye proporcionar un alojamiento acoplado a una entrada de oxidante gaseoso y una salida de oxidante gaseoso, en donde un interior del alojamiento define un espacio de oxidante gaseoso. El procedimiento también incluye el hecho de proporcionar uno o más elementos de soporte dentro del espacio de oxidante gaseoso, configurados para formar un canal de oxidante gaseoso para dirigir un flujo de oxidante gaseoso entre la entrada de oxidante gaseoso y la salida de oxidante gaseoso. El procedimiento también incluye el hecho de sellar un electrodo de reducción de oxidante al alojamiento, de modo que el lado orientado hacia el oxidante del electrodo de reducción de oxidante está orientado hacia el interior del espacio de oxidante gaseoso y define una pared perimetral para el espacio de oxidante gaseoso, y lado orientado hacia el medio iónicamente conductor del electrodo de reducción de oxidante orientado hacia fuera para exponerse al medio iónicamente conductor cuando el módulo de electrodo de reducción de oxidante se sumerge en el mismo. Cuando se sumerge en el medio iónicamente conductor, el ensamblaje del alojamiento y el electrodo de reducción de oxidante evita el flujo del medio iónicamente conductor hacia el espacio de oxidante gaseoso. Además, los uno o más elementos de soporte se configuran para evitar la deformación del electrodo de reducción de oxidante en el espacio oxidante gaseoso cuando el electrodo de reducción de oxidante se sumerge en el medio iónicamente conductor. De manera adicional, la entrada de oxidante gaseoso permite el flujo de oxidante gaseoso en el espacio de oxidante gaseoso.

También se describe en el presente documento un procedimiento para ensamblar una célula electroquímica que incluye el hecho de proporcionar una cámara configurada para contener una cantidad de medio iónicamente conductor en ella. El procedimiento también incluye el hecho de sumergir, dentro de la cantidad de medio iónicamente conductor (i) un módulo de electrodo de reducción de oxidante sumergible configurado para conservar un espacio oxidante gaseoso mediante un alojamiento y un lado orientado hacia el oxidante de un electrodo de reducción de oxidante, el espacio oxidante gaseoso se acopla a una entrada de oxidante gaseoso y una salida de oxidante gaseoso. También sumergido en la cantidad de medio iónicamente conductor se encuentra (ii) un electrodo de combustible que comprende un combustible de metal y configurado para entrar en contacto con el medio iónicamente conductor. El procedimiento también incluye el hecho de recibir oxidante gaseoso en el espacio oxidante gaseoso a través de la entrada de oxidante gaseoso. Se proporcionan uno o más elementos de soporte en el espacio oxidante gaseoso, configurados para evitar la deformación del electrodo de reducción de oxidante en el espacio de recepción de oxidante gaseoso cuando el electrodo de reducción de oxidante se sumerge en el medio iónicamente conductor, mientras definen un canal oxidante gaseoso configurado para dirigir un flujo de oxidante gaseoso entre la entrada de oxidante gaseoso y la salida de oxidante gaseoso. Además, un lado orientado hacia el medio iónicamente conductor del electrodo de reducción de oxidante se enfrenta al electrodo de combustible y está

expuesto al medio iónicamente conductor, de manera tal que el medio iónicamente conductor puede conducir iones entre el combustible y los electrodos de reducción de oxidante para soportar reacciones electroquímicas en el combustible y en los electrodos de reducción de oxidante. De manera adicional, el electrodo de combustible y electrodo de reducción de oxidante se configuran para, durante la descarga, oxidar el combustible de metal en el electrodo de combustible y reducir el oxidante gaseoso en el electrodo de reducción de oxidante para producir una diferencia potencial de descarga entre ellos para la aplicación en una carga.

Otras formas de realización se harán evidentes a partir de la siguiente descripción detallada, los dibujos adjuntos y las reivindicaciones adjuntas.

10

Las formas de realización de la invención se describirán ahora, a modo de ejemplo solamente, con referencia a los dibujos esquemáticos adjuntos, en los que los símbolos de referencia correspondientes indican partes correspondientes, y en los que:

15

La Figura 1 ilustra una vista en perspectiva frontal de una forma de realización de un módulo de electrodo de reducción de oxidante sumergible que aloja un electrodo de reducción de oxidante para su inmersión en un medio iónicamente conductor;

20

la Figura 2 ilustra una vista en despiece ordenado del módulo de electrodo de reducción de oxidante sumergible de la Figura 1;

25

la Figura 3 ilustra una vista en sección transversal del módulo de electrodo de reducción de oxidante sumergible de la Figura 1, que muestra una trayectoria de flujo de oxidante gaseoso formado en el mismo;

las Figuras 4A y 4B ilustran vistas en perspectiva opuestas del módulo de electrodo de reducción de oxidante alineado para acoplarse a un módulo de electrodo de combustible que tiene una cubierta de célula y un electrodo de combustible para formar un conjunto de células;

30

la Figura 5 ilustra una vista en sección transversal del acoplamiento del módulo de electrodo de reducción de oxidante y la cubierta de célula, configurada para permitir que un flujo de oxidante gaseoso pase a través de la misma;

35

las Figuras 6a y 6b ilustran vistas en perspectiva opuestas del conjunto de células que muestra el acoplamiento del módulo de electrodo de combustible y el módulo de electrodo de reducción de oxidante;

40

la Figura 7 ilustra una vista en sección transversal del electrodo de combustible del conjunto de células, que muestra una pluralidad de cuerpos de electrodo separados por espaciadores entre los mismos para formar carriles de flujo en los mismos;

la Figura 8 ilustra una vista en sección transversal de otra forma de realización del electrodo de combustible, que tiene una configuración de armazón escalonado que está escalonada a través de la orientación de los carriles de flujo;

45

la Figura 9 ilustra una vista en sección transversal de un conjunto de electrodos formado a partir del electrodo de combustible del conjunto de células y un electrodo de carga separado;

50

la Figura 10 ilustra una vista esquemática de un conjunto de células que tiene un electrodo de combustible con una configuración de armazón escalonado escalonada en direcciones opuestas, y configurada para situarse entre módulos de electrodo de reducción de oxidante, sumergibles opuestos;

la Figura 11 ilustra una vista en sección transversal del conjunto de células, que muestra una configuración de armazón escalonado a lo largo de la orientación de los carriles de flujo para el electrodo de combustible, incluyendo una reducción escalonada en el tamaño del electrodo de carga separado;

55

la Figura 12 muestra una vista esquemática de las conexiones eléctricas del conjunto de células en donde el electrodo de combustible, el electrodo de carga separado y el electrodo de reducción de oxidante están conectados eléctricamente a través de un sistema de conmutación;

la Figura 13 representa un par de conjuntos de células alineados para la inmersión en un módulo de medio

iónicamente conductor;

5 la Figura 14 representa una vista en sección transversal del par de conjuntos de células según se sumerge en el módulo de medio iónicamente conductor, cortando los pares de cámaras de dispersor asociadas con cada conjunto de células;

la Figura 15 representa otra vista en sección transversal del módulo de medio iónicamente conductor, cortando el par de cámaras de dispersor asociadas con uno de los conjuntos de células;

10 la Figura 16 muestra un módulo de circuitos configurado para acoplar los conjuntos de células según se sumergen en el módulo de medio iónicamente conductor;

La Figura 17 muestra un módulo de célula completo formado cuando el módulo de circuitos se ensambla en el par de conjuntos de células sumergidos en el módulo de medio iónicamente conductor;

15 la Figura 18 representa una vista de un módulo de electrodo de reducción de oxidante orientado hacia el electrodo de reducción de oxidante, con una porción del electrodo de reducción de oxidante retirada para ilustrar una configuración densa de deflectores que forman la trayectoria del flujo de oxidante gaseoso en el mismo, para proporcionar soporte adicional para el electrodo de reducción de oxidante cuando se sumerge en el medio iónicamente conductor; y

20 la Figura 19 representa una vista en perspectiva en sección transversal reducida de una porción del electrodo de reducción de oxidante y la trayectoria del flujo de oxidante gaseoso de la Figura 18, que ilustra un equilibrio de fuerzas aplicado por el medio iónicamente conductor por los deflectores.

25 La Figura 1 ilustra una vista frontal en perspectiva de un módulo de electrodo de reducción de oxidante 10 configurado para la inmersión en un medio líquido iónicamente conductor de una célula electroquímica. El módulo de electrodo de reducción de oxidante 10 incluye un electrodo de reducción de oxidante 20 montado en un alojamiento 30. El electrodo de reducción de oxidante 20 puede ser de cualquier construcción o configuración adecuada, 30 teniendo un lado orientado hacia el medio iónicamente conductor 40, y un lado orientado hacia el oxidante (oculto en la Figura 1, sin embargo, identificado como lado orientado hacia el oxidante 45 en la Figura 2). En una forma de realización, el electrodo de reducción de oxidante 20 puede comprender un catalizador, un colector de corriente, una membrana hidrófoba, y/u otros materiales que proporcionan la reducción de un oxidante gaseoso (por ejemplo, oxígeno o cloro en el oxidante gaseoso ambiental) para crear una diferencia de potencial entre el electrodo de 35 reducción de oxidante 20 y un electrodo de combustible cuando la célula está conectada a una carga L, como se analiza a continuación.

En la forma mostrada, el alojamiento 30 está configurado para formar un espacio de oxidante gaseoso que permite que el oxidante fluya hacia el lado orientado hacia el oxidante del electrodo de reducción de oxidante 20 cuando el 40 módulo de electrodo de reducción de oxidante 10 se sumerge en el medio iónicamente conductor. Como tal, el electrodo de reducción de oxidante 20 será generalmente permeable al oxidante gaseoso, pero generalmente impermeable a los líquidos, a fin de evitar que el medio iónicamente conductor llene el espacio de oxidante gaseoso. En este contexto, la impermeabilidad a los líquidos no ha de ser una barrera perfecta que evite el flujo de medio iónicamente conductor a través del mismo, sino que puede configurarse de manera que dicha filtración sea 45 despreciable y no afecte significativamente a la presencia o el flujo de oxidante gaseoso en el espacio de oxidante gaseoso que permite que el oxidante alcance el lado orientado hacia el oxidante del electrodo de reducción de oxidante 20. En algunas formas de realización, el electrodo de reducción de oxidante 20 puede ser generalmente permeable a los oxidantes gaseosos, pero generalmente impermeable al medio iónicamente conductor, dependiendo de qué medio iónicamente conductor se utilice en la célula electroquímica.

50 En algunas formas de realización no limitantes, el electrodo de reducción de oxidante 20 puede contener un material de fluoropolímero, tal como politetrafluoroetileno (también conocido como PTFE o Teflon®), que en algunas formas de realización puede expandirse termomecánicamente (también conocido como ePTFE, o Gore-Tex®), o cualquier otro material hidrófobo. En algunas formas de realización, el electrodo de reducción de oxidante 20 puede 55 comprender un material poroso, en el que cada uno de los poros es significativamente más pequeño que el tamaño de una gota del medio iónicamente conductor, para hacer que el material sea impermeable a los líquidos. En una forma de realización, las capas de refuerzo pueden configurarse para evitar una deformación excesiva del PTFE debido a la presión del fluido del medio iónicamente conductor cuando el módulo de electrodo de reducción de oxidante 10 se sumerge, como se describe en la Solicitud de Patente Provisional de Estados Unidos 61/556.011,

titulada "External PTFE Layer Reinforcement for Oxidant Reduction Electrode", y presentada el 4 de noviembre de 2011. En una forma de realización, el electrodo de reducción de oxidante 20 puede contener un material que está recubierto con repelente al agua duradero, o cualquier otro revestimiento repelente para repeler el medio iónicamente conductor. Asimismo, el alojamiento 30 puede ser de cualquier construcción o configuración adecuada 5 que normalmente evitaría que el medio iónicamente conductor se filtre hacia el espacio de oxidante gaseoso.

En una forma de realización, el alojamiento 30 puede estar formado de plástico, metal, resina o combinaciones de los mismos. Por consiguiente, el alojamiento 30 se puede ensamblar de cualquier manera, incluso formándose a partir de una pluralidad de elementos, moldeándose integralmente, etc. En una forma de realización, el alojamiento 10 30 puede estar protegido o de otro modo separado del electrodo de reducción de oxidante 20 mediante un espaciador no conductor impermeable a líquidos, para evitar la interferencia con reacciones electroquímicas en el electrodo de reducción de oxidante 20. En la forma de realización ilustrada, el alojamiento 30 incluye un bastidor de montaje 50 que se puede separar del resto del alojamiento 30, y junto con el electrodo de reducción de oxidante 20 forma una pared frontal para el espacio de oxidante gaseoso, como se describe con mayor detalle a continuación. 15 En una forma de realización, el bastidor de montaje 50 puede contener una abertura 52 en el mismo a través de la cual está orientado el lado orientado hacia el medio iónicamente conductor 40 del electrodo de reducción de oxidante 20, de modo que el electrodo de reducción de oxidante 20 se esponga tanto al medio iónicamente conductor como al oxidante en el espacio de oxidante gaseoso. En una forma de realización, tal como la ilustrada, las pestañas de soporte 54 se extienden desde el alojamiento 30, y pueden utilizarse para colocar el módulo de electrodo de reducción de oxidante 10, incluyendo el electrodo de reducción de oxidante 20 que se encuentra en el mismo, cuando el módulo de electrodo de reducción de oxidante 10 se sumerge en el medio iónicamente conductor, como se describe con mayor detalle a continuación. En la forma mostrada más adelante, las pestañas de acoplamiento 56 pueden proporcionarse además en el lado del bastidor de montaje 50 que está adyacente al lado orientado hacia el medio iónicamente conductor 40 del electrodo de reducción de oxidante 20, que sobresale hacia 25 afuera (es decir, lejos de la superficie del bastidor de montaje 50) para situar adicionalmente el módulo de electrodo de reducción de oxidante 10, analizado adicionalmente más adelante.

Como se muestra en la Figura 1, el resto del alojamiento 30 delimita aún más el espacio de oxidante gaseoso, separando el oxidante que es libre de entrar en el mismo del medio iónicamente conductor en el que se sumergirá el 30 módulo de electrodo de reducción de oxidante 10. En la forma de realización ilustrada, el alojamiento 30 incluye una porción superior 60, una porción izquierda 70, una porción derecha 80, una porción inferior 90 y una porción trasera 100. En formas de realización en las que varias piezas del alojamiento 30 están unidas entre sí, puede utilizarse cualquier técnica de sellado apropiada para prevenir la filtración del medio iónicamente conductor en el espacio de oxidante gaseoso durante la inmersión, para mantener el espacio de oxidante gaseoso para su uso por el electrodo de reducción de oxidante 20. Dichas técnicas de sellado pueden incluir, pero sin limitación, la unión mediante colas impermeables a líquidos, fundición, fusión, soldadura, etc. En algunas formas de realización, se puede aplicar un material de sellado entre los elementos del alojamiento 30. Por ejemplo, en una forma de realización en la que el alojamiento 30 está moldeado uniformemente, excepto por el bastidor de montaje 50, pueden utilizarse materiales de sellado que incluyen, pero sin limitación, juntas de plástico o de caucho, adhesivos, epoxi, o cualquier otro 40 sellante apropiado para prevenir la entrada no deseada de medio iónicamente conductor en el módulo de electrodo de reducción de oxidante 10 en las juntas. Por ejemplo, dichos selladores pueden incluir selladores con enlace de disolvente, epoxi de una o dos fases, o epoxi de curación por UV/térmicamente. En diversas formas de realización, los selladores pueden comprender propiedades sellantes similares a las comercializadas como epoxi Eager Polymer EP5347 y/o epoxi MagnaTac M777.

45 En la forma mostrada, el oxidante es libre de entrar en el espacio de oxidante gaseoso a través de uno o más puertos 110. Los puertos 110 pueden ser de cualquier construcción adecuada, y en algunas formas de realización pueden moldearse integralmente en el alojamiento 30. Como se muestra en la forma de realización de la Figura 1, los puertos 110 pueden comprender una entrada de oxidante gaseoso 120 y una salida de oxidante gaseoso 130, 50 cada una de las cuales entra en la porción superior 60 del alojamiento 30. En tal orientación vertical, cuando el módulo de electrodo de reducción de oxidante 10 se sumerge en el medio iónicamente conductor de modo que los puertos 110 estén por encima de la porción inferior 90, un fallo del módulo de electrodo de reducción de oxidante 10 para mantener el espacio de oxidante gaseoso en el mismo no daría lugar a un derrame del medio iónicamente conductor a través de los puertos 110, debido a que la gravedad forzaría el medio iónicamente conductor hacia 55 abajo desde los puertos 110. Esta orientación tiene muchos beneficios. Por ejemplo, independientemente del ensamblaje del módulo de electrodo de reducción de oxidante 10, en dichas formas de realización, un fallo del electrodo de reducción de oxidante 20 (o los sellos del mismo que acoplan el electrodo de reducción de oxidante 20 al alojamiento 30) no dará como resultado un derrame del medio iónicamente conductor fuera de la célula electroquímica. En cambio, el medio iónicamente conductor llenaría a lo sumo el espacio de oxidante gaseoso,

desplazando el oxidante gaseoso del mismo. Al levantar el módulo de electrodo de reducción de oxidante roto 10 del medio iónicamente conductor, el medio iónicamente conductor puede entonces drenar de regreso hacia la cantidad de medio iónicamente conductor en el que se sumergió previamente el módulo de electrodo de reducción de oxidante 10, reduciendo significativamente su pérdida, problemas de limpieza, etc. Además, puede ser una materia relativamente trivial reemplazar el módulo de electrodo de reducción de oxidante 10 con otro módulo de electrodo de reducción de oxidante 10, y de otro modo, no requerirá un drenaje completo del líquido iónicamente conductor de la célula. Además, en algunas formas de realización en las que se forman múltiples células electroquímicas por la inmersión de módulos de electrodo de reducción de oxidante separados 10, el fallo de un módulo de electrodo de reducción de oxidante 10 podría no afectar al funcionamiento de las demás células.

10

Como se muestra adicionalmente en la Figura 1, los canales de conductores 140 pueden proporcionarse adicionalmente en el módulo de electrodo de reducción de oxidante 10, de manera que los conductores eléctricos 150 puedan conectarse eléctricamente al electrodo de reducción de oxidante 20, como se analiza con mayor detalle a continuación. En varias formas de realización, los canales de conductores 140 pueden sellarse adicionalmente del medio iónicamente conductor, y/o pueden posicionarse para elevarse por encima del medio iónicamente conductor similar a los puertos 110, lo que de nuevo evitará que el medio iónicamente conductor se filtre inadvertidamente en el espacio de oxidante gaseoso.

15

La Figura 2 ilustra una vista en despiece ordenado del módulo de electrodo de reducción de oxidante 10, tomada desde una perspectiva con respecto a la parte posterior 100 del alojamiento 30. Como se muestra en esta vista, los bordes del electrodo de reducción de oxidante 20 pueden contener orificios de alineamiento 155 para alinear y montar el electrodo de reducción de oxidante 20 en el bastidor de montaje 50. En la forma de realización ilustrada, el bastidor de montaje 50 contiene postes de alineamiento 157, que se reciben en los orificios de alineamiento 155 para orientar espacialmente el electrodo de reducción de oxidante 20. En una forma de realización, un sellante puede aplicarse entre los postes de alineamiento 157 y la abertura 52, y/o en una porción correspondiente del electrodo de reducción de oxidante 20, de manera que el medio iónicamente conductor no pueda filtrarse alrededor de los bordes de la abertura 52. El sellante puede ser de cualquier construcción adecuada o composición, incluyendo, pero sin limitación, los ejemplos enumerados anteriormente.

20

25

El ensamblaje del módulo de electrodo de reducción de oxidante 10 puede realizarse mediante cualquier proceso adecuado. Por ejemplo, los conductores eléctricos 150 pueden insertarse en los canales de conductores 140 antes o después de que el electrodo de reducción de oxidante 20 se monte en el bastidor de montaje 50, de manera que las conexiones eléctricas para el electrodo de reducción de oxidante 20 puedan establecerse antes de sellar el alojamiento 30. Aunque en la forma de realización ilustrada los conductores están situados dentro del espacio de oxidante gaseoso, en otras formas de realización los conductores pueden extenderse en cables apantallados a través del medio iónicamente conductor. En aún otras formas de realización, en lugar de extenderse a través de los canales de conductores 140, los conductores eléctricos 150 pueden pasar a través de los puertos 110. De nuevo, se puede aplicar sellante entre el electrodo de reducción de oxidante 20 y el bastidor de montaje 50. Los conductores eléctricos 150 pueden ser de cualquier construcción o configuración adecuada, incluyendo, pero sin limitación, placas, cintas, alambres, cables o cualquier otro cuerpo configurado para conducir electrones hacia y/o desde el electrodo de reducción de oxidante 20.

30

35

40

Como se muestra en la Figura 3, en algunas formas de realización del módulo de electrodo de reducción de oxidante 10, puede estar presente una trayectoria de oxidante gaseoso dentro del espacio de oxidante gaseoso, para guiar el oxidante gaseoso que fluye desde la entrada de oxidante gaseoso 120 a la salida de oxidante gaseoso 130. La trayectoria de oxidante gaseoso puede formarse por cualquier cuerpo o mecanismo adecuado, incluyendo, pero sin limitación, los deflectores 158 u otras paredes de trayectoria que se forman o montan en el alojamiento 30. Como se muestra, en algunas formas de realización, la trayectoria del oxidante gaseoso puede formar una trayectoria repetitiva y tortuosa que fluye hacia abajo y hacia arriba a través del alojamiento 30 desde la entrada de oxidante gaseoso 120 a la salida de oxidante gaseoso 130, de tal forma que el oxidante gaseoso se guía a lo largo de una porción sustancial del electrodo de reducción de oxidante 20 montado en el alojamiento 30. Sin embargo, tal trayectoria del oxidante gaseoso podría no encontrarse en algunas formas de realización del módulo de electrodo de reducción de oxidante 10, y en cambio la entrada de oxidante gaseoso 120 y la salida de oxidante gaseoso 130 pueden comunicarse simplemente con un espacio generalmente abierto definido dentro del espacio de oxidante gaseoso. Como se describe con mayor detalle a continuación, se puede apreciar que los deflectores 158 (que pueden referirse a cualquier cuerpo que se extienda hacia el espacio de oxidante gaseoso y modificar el movimiento del oxidante gaseoso en el mismo) generalmente pueden facilitar una relajación u otra distribución de las fuerzas del medio iónicamente conductor líquido en el electrodo de reducción de oxidante 20, proporcionando una estructura de soporte generalmente rígida entre el lado orientado hacia el oxidante 45 del electrodo de reducción de oxidante 20 y

45

50

55

la porción trasera 100 del alojamiento 30 (es decir, a través del espacio de oxidante gaseoso).

Aunque en algunas formas de realización, el módulo de electrodo de reducción de oxidante 10 puede sumergirse en el medio iónicamente conductor líquido para formar una célula electroquímica con un electrodo de combustible ya presente en el mismo, en otras formas de realización, el módulo de electrodo de reducción de oxidante 10 puede montarse en un electrodo de combustible, de tal forma que ambos electrodos puedan sumergirse en un medio iónicamente conductor juntos para formar la célula. Las Figuras 4A y 4B representan vistas opuestas del módulo de electrodo de reducción de oxidante 10 alineado para un acoplamiento con un módulo de electrodo de combustible 160. Como se muestra, el módulo de electrodo de combustible 160 contiene un electrodo de combustible 170 soportado entre un par de soportes de electrodo de combustible 173. Como se representa en las Figuras 4A y 4B, el módulo de electrodo de combustible 160 se coloca de manera que el lado orientado hacia el medio iónicamente conductor 40 del electrodo de reducción de oxidante 20 se deslice hacia arriba detrás del electrodo de combustible 170, de manera que el lado orientado hacia el medio iónicamente conductor 40 esté orientado hacia el electrodo de combustible 170. La Figura 4A muestra el lado orientado hacia el medio iónicamente conductor 40 del electrodo de reducción de oxidante 20, y la Figura 4B muestra el lado del electrodo de combustible al que está orientado el lado 40. Como se ve en la Figura 4A, pero oculto en la Figura 4B, en algunas formas de realización, los soportes de electrodo de combustible 173 pueden contener crestas de acoplamiento 175 que están configuradas para acoplarse a las pestañas de acoplamiento 56, a fin de colocar el electrodo de reducción de oxidante 20 con respecto al electrodo de combustible 170. También son posibles otros mecanismos para mantener una distancia deseada entre el electrodo de reducción de oxidante 20 y el electrodo de combustible 120, y pueden variar a lo largo de las formas de realización.

Las Figuras 4A y 4B muestran además que el módulo de electrodo de combustible 160 se puede acoplar o incluir de otra manera una cubierta de célula 180, que puede configurarse para recibir el módulo de electrodo de reducción de oxidante 10 cuando el módulo de electrodo de reducción de oxidante 10 se coloca junto al electrodo de combustible 170 en el módulo de electrodo de combustible 160. En formas de realización en las que el módulo de electrodo de combustible 160 y el módulo de electrodo de reducción de oxidante 10 están acoplados conjuntamente a la cubierta de célula 180, la cubierta de célula 180 puede configurarse para recibir el módulo de electrodo de combustible 160 y el módulo de electrodo de reducción de oxidante 10 después de que se monten juntos, o se puede configurar para recibir uno primero, seguido del otro. Como se muestra en la forma de realización ilustrada, el módulo de electrodo de combustible 160 y la cubierta de célula 180 pueden montarse conjuntamente, y configurarse para recibir conjuntamente el módulo de electrodo de reducción de oxidante 10 en la misma. En algunas formas de realización, tal como la mostrada, la entrada de oxidante gaseoso 120 y la salida de oxidante gaseoso 130 del módulo de electrodo de reducción de oxidante 10 pueden configurarse para recibirse respectivamente por los correspondientes receptáculos 190 y 200 en la cubierta de célula 180. Asimismo, la cubierta de célula 180 puede tener receptáculos 210 para recibir conductores 220 conectados eléctricamente al electrodo de combustible 170, y puede tener receptáculos 230 configurados para recibir los canales de conductores 140 del módulo de electrodo de reducción de oxidante 10 (y los conductores eléctricos 150, no mostrados en las vistas de las Figuras 4A y 4B, que conectarán eléctricamente el electrodo de reducción de oxidante 20). Además, en las vistas de las Figuras 4A y 4B se muestran montajes de circuitos 240 en la parte superior de la cubierta de célula 180, situados de tal manera que los circuitos tales como placas de circuitos, conmutadores, etc. pueden conectarse eléctricamente a los conductores 220 desde el electrodo de combustible 170 y los conductores eléctricos 150 del electrodo de reducción de oxidante 20, como se describe con mayor detalle a continuación.

En algunas formas de realización, los puertos en la cubierta de célula 180 pueden acoplarse a los puertos 110 en el módulo de electrodo de reducción de oxidante 10, para permitir el flujo de oxidante gaseoso a través del mismo. Por ejemplo, como se muestra en las Figuras 4A y 4B, se puede proporcionar una entrada de oxidante gaseoso de cubierta de célula 250 y una salida de oxidante gaseoso de cubierta de célula 260 en la cubierta de célula 180, y se puede configurar para dirigir el flujo de oxidante gaseoso hacia la entrada de oxidante gaseoso 120, y fuera de la salida de oxidante gaseoso 130, del módulo de electrodo de reducción de oxidante 10. En la Figura 5 se muestra una vista en sección transversal del módulo de electrodo de reducción de oxidante 10 que está orientado hacia el lado orientado hacia el oxidante 45 del electrodo de reducción de oxidante 20, según el módulo de electrodo de reducción de oxidante 10 se inserta en la cubierta de célula 180, de manera que la entrada de oxidante gaseoso 120 se recibe en el receptáculo 190, y la salida de oxidante gaseoso 130 se recibe en el receptáculo 200. En una forma de realización, la entrada de oxidante gaseoso de cubierta de célula 250 puede conducir directamente al receptáculo 190, de manera que el flujo de oxidante gaseoso desde el mismo se dirige hacia la entrada de oxidante gaseoso 120 del módulo de electrodo de reducción de oxidante 10 recibido en el mismo. En una forma de realización, se forma un canal de oxidante de cubierta de célula 270 en la cubierta de célula 180 entre el receptáculo 200 y la salida de oxidante gaseoso de cubierta de célula 260, permitiendo que el oxidante gaseoso recibido de la salida de oxidante

gaseoso 130 del módulo de electrodo de reducción de oxidante 10 sea dirigido dentro de la cubierta de célula 180. Como se muestra, el canal de oxidante de cubierta de célula 270 puede disponerse de manera que incluso, mientras la salida de oxidante gaseoso 130 está separada de la entrada de oxidante gaseoso 120 en el módulo de electrodo de reducción de oxidante 10, la salida de oxidante gaseoso de cubierta de célula 260 puede estar adyacente a la entrada de oxidante gaseoso de cubierta de célula 250. Dicho posicionamiento adyacente de la entrada de oxidante gaseoso de cubierta de célula 250 y la salida de oxidante gaseoso de cubierta de célula 260 pueden facilitar y simplificar las uniones a las mismas, como se describe a continuación.

Además, en la Figura 5 se muestra que en algunas formas de realización se pueden proporcionar juntas 280 en las uniones entre el módulo de electrodo de reducción de oxidante 10 y la cubierta de célula 180. En la forma de realización ilustrada, las juntas 280 se sitúan entre la entrada de oxidante gaseoso 120 y el receptáculo 190, y entre la salida de oxidante gaseoso 130 y el receptáculo 200. Dichas juntas 280 pueden evitar la filtración del flujo de oxidante gaseoso fuera de la trayectoria del flujo de oxidante gaseoso definida entre la cubierta de célula 180 y el espacio de oxidante gaseoso en el módulo de electrodo de reducción de oxidante 10, así como evitar que el medio iónicamente conductor se filtre en el módulo de electrodo de reducción de oxidante 10, hacia la cubierta de célula 180, o entre la cubierta de célula 180 y una cámara que contiene el medio iónicamente conductor que encaja en la cubierta de célula 180, como se analiza a continuación, cuando el módulo de electrodo de reducción de oxidante 10 se sumerge en el mismo. Pueden proporcionarse juntas adicionales 280 entre los canales de conductores 140 y la cubierta de célula 180 donde se encuentran en los receptáculos 230, y en algunas formas de realización también pueden configurarse para evitar la filtración involuntaria de medio iónicamente conductor entre la cubierta de célula 180 y el módulo de electrodo de reducción de oxidante 10 cuando el módulo de electrodo de reducción de oxidante 10 se sumerge en el medio iónicamente conductor, como se describe a continuación.

Las Figuras 6A y 6B representan vistas opuestas en perspectiva de un conjunto de células 290 que se forma cuando el módulo de electrodo de reducción de oxidante 10 se acopla a la cubierta de célula 180 del módulo de electrodo de combustible 160, de manera que el oxidante gaseoso que entra en la entrada de oxidante gaseoso de cubierta de célula 250 puede fluir a través del espacio de oxidante gaseoso del módulo de electrodo de reducción de oxidante 10, y retroceder a la salida de oxidante gaseoso de cubierta de célula 260. Mientras que la Figura 6A muestra el lado del conjunto de células 290 que contiene el electrodo de combustible 170, la Figura 6B muestra el lado del conjunto de células 290 que contiene el módulo de electrodo de reducción de oxidante 10. Como se muestra en la ampliación de la Figura 6A, las pestañas de acoplamiento 56 pueden extenderse desde el soporte de montaje 50, para formar un rebaje que puede recibir la cresta de acoplamiento 175 en los soportes de electrodo de combustible 173 ya que el módulo de electrodo de reducción de oxidante 10 está situado de manera deslizante a lo largo del módulo de electrodo de combustible 160. Aunque en algunas formas de realización, las pestañas de acoplamiento 56 pueden estar formadas integralmente con el soporte de montaje 50, en otras formas de realización, las pestañas de acoplamiento 56 se pueden ensamblar, al menos parcialmente, sobre el soporte de montaje 50. Por ejemplo, en algunas formas de realización, puede colocarse caucho u otro material elástico del rebaje, para proporcionar una aptitud deseada entre el rebaje y la cresta de acoplamiento 175. También como se muestra, en algunas formas de realización, la cresta formada en las terminales de las pestañas de acoplamiento 56 podría no extenderse completamente a través de la presilla de acoplamiento 56, de manera que se pueda evitar que un extremo de la cresta de acoplamiento 175 se deslice completamente a través del mismo, ayudando además a posicionar el módulo de electrodo de reducción de oxidante 10 con respecto al módulo de electrodo de combustible 160.

En una forma de realización, una vez que el conjunto de células 290 se sumerge en un medio iónicamente conductor, y se suministra oxidante gaseoso (incluyendo, pero sin limitación, aire, un gas con una alta concentración de oxígeno, u oxígeno puro) al electrodo de reducción de oxidante 20 a través de la entrada de oxidante gaseoso de cubierta de célula 250, se puede formar una célula electroquímica. En algunas formas de realización, la célula electroquímica puede descargarse conectando eléctricamente el electrodo de combustible 170 y el electrodo de reducción de oxidante 20 a una carga (si el electrodo de combustible 170 tiene combustible en el mismo), o puede recargarse conectando eléctricamente el electrodo de combustible 170 y el electrodo de reducción de oxidante 20 a una fuente de alimentación (si el medio iónicamente conductor contiene una especie de combustible reducible), como se analiza con mayor detalle a continuación.

En relación con la Figura 7, la configuración de una forma de realización del electrodo de combustible 170 se puede apreciar en la vista en sección transversal ilustrada del módulo de electrodo de combustible 160 a través del electrodo de combustible 170. Como se muestra, en algunas formas de realización, el electrodo de combustible 170 puede comprender una pluralidad de cuerpos de electrodo permeables 300a-300e (cuerpos de electrodo permeables genéricamente 300). La pluralidad de cuerpos de electrodo permeables 300 puede separarse entre sí mediante una pluralidad de espaciadores 310 que crean carriles de flujo 320 en el electrodo de combustible 170, a lo

largo de los cuales puede fluir el medio iónicamente conductor, como se describe con mayor detalle a continuación. En una forma de realización, el electrodo de combustible 170 es un electrodo de combustible metálico que funciona como un ánodo cuando el conjunto de células 290 se sumerge en un medio iónicamente conductor y opera en modo de descarga, o generación de electricidad, como se analiza con más detalle a continuación. Cada uno de los
 5 cuerpos de electrodo permeables 300 puede incluir una pantalla que está fabricada de cualquier formación que sea capaz de capturar y retener, a través de electrodeposición, o de otra manera, partículas o iones de combustible metálico del medio iónicamente conductor que fluye a lo largo del conjunto de células 290.

En algunas formas de realización, la pluralidad de espaciadores 310 puede extenderse a través del electrodo de
 10 combustible 170 en una relación espaciada entre sí. Mientras que en algunas formas de realización, la pluralidad de espaciadores 310 puede terminar por debajo de la cubierta de célula 180, tal como se representa en la Figura 6A, en otras formas de realización, los espaciadores 310 pueden extenderse a la cubierta de célula 180, para ayudar a mantener el electrodo de combustible 170 con respecto a los componentes circundantes del módulo de electrodo de combustible 160. En la forma ilustrada en la Figura 7, los conjuntos de la pluralidad de espaciadores 310 pueden
 15 separar los cuerpos de electrodo permeables 300a-300e, de manera que cada conjunto de espaciadores 310 se posiciona entre los cuerpos de electrodo adyacentes 300 para aislar eléctricamente los cuerpos de electrodo 300a-300e entre sí. Dentro de cada conjunto de espaciadores 310 entre los cuerpos de electrodo adyacentes 300, los espaciadores 310 pueden posicionarse en una relación espaciada de una manera que crea los llamados carriles de flujo 320 entre los mismos. Los espaciadores 310 son no conductores y electroquímicamente inertes, por lo que son
 20 inactivos con respecto a las reacciones electroquímicas en la célula electroquímica formada cuando el conjunto de células 290 se sumerge en el medio iónicamente conductor. En algunas formas de realización, los espaciadores 310 pueden estar fabricados de un material plástico adecuado, tal como polipropileno, polietileno, poliéster, norilo, fluoropolímero, etc. Los carriles de flujo 320 son tridimensionales y pueden tener una altura que es sustancialmente igual a la altura de los espaciadores 310, en la forma ilustrada en la Figura 7.

En una forma de realización, los cuerpos de electrodo permeables 300a-300e y los espaciadores 310 pueden formarse como una sola unidad antes de la instalación en el resto del módulo de electrodo de combustible 160. En algunas formas de realización, los soportes de electrodo de combustible 173 también pueden formarse integralmente con los cuerpos de electrodo permeables 300a-300e y los espaciadores 310. En otras palabras, el
 30 electrodo de combustible 170 y los componentes del resto del módulo de electrodo de combustible 160 pueden formarse como una sola unidad utilizando cualquier proceso de fabricación adecuado. Por ejemplo, en una forma de realización, los espaciadores de fabricación (no mostrados) que son sustancialmente del tamaño de los carriles de flujo deseados 320 pueden colocarse entre los cuerpos permeables adyacentes 300a-300e para mantener los cuerpos de electrodo permeables adyacentes 300a-300e en una relación espaciada sustancialmente paralela. Los
 35 espaciadores de fabricación que se ubican entre los mismos cuerpos de electrodo permeables adyacentes son preferiblemente sustancialmente paralelos entre sí y están espaciados por igual a lo largo de los cuerpos de electrodo 300a-300e, y los espaciadores de fabricación que están ubicados en lados opuestos del mismo cuerpo de electrodo están preferiblemente alineados sustancialmente entre sí. Después de que los cuerpos de electrodo 300a-300e y los espaciadores de fabricación estén en su lugar y se mantengan unidos por cualquier medio adecuado, se
 40 puede inyectar un material adecuado a usar para los espaciadores 310 entre los espaciadores de fabricación y a través de los cuerpos de electrodo permeables 300a-300e. Una vez que el material se endurece o se cura, los separadores de fabricación pueden retirarse del electrodo de combustible 170 para crear la unidad de armazón de electrodo única 170 ilustrada en la Figura 6.

En una forma de realización, se puede fabricar un molde de inyección de tal manera que los espaciadores de fabricación sean parte del molde, tal como se describe en la Solicitud de Patente de Estados Unidos N.º 12/901.410, presentada el 8 de octubre de 2010. Las ranuras pueden formarse en el molde para alojar los cuerpos de electrodo permeables 300a-300e, y también pueden formarse cavidades que definen los volúmenes para los espaciadores 310. Cada uno de los cuerpos de electrodo 300a-300e se puede insertar en el molde en una relación espaciada
 50 paralela a un cuerpo adyacente, y el material a usar para los espaciadores 310 se puede inyectar entonces en las cavidades para formar los espaciadores 310. Después del enfriamiento del material en el molde, el primer electrodo 170 puede ser expulsado del molde como una sola unidad que contiene los cuerpos de electrodo permeables 300a-300e y los espaciadores 310. Por supuesto, puede usarse cualquier procedimiento de fabricación adecuado que permita que los espaciadores 310 se formen integralmente en y a través de los cuerpos de electrodo permeables
 55 300a-300e, de manera que el electrodo de combustible 170 que comprende los cuerpos de electrodo 300a-300e y los espaciadores sean una sola unidad. Los procedimientos descritos anteriormente no pretenden ser limitantes de ninguna manera.

En algunas formas de realización, los cuerpos de electrodo permeables 300a-300e pueden ser sustancialmente del

- mismo tamaño. En una forma de realización, los cuerpos de electrodo permeables 300a-300e pueden tener diferentes tamaños, de modo que se pueda usar una configuración de armazón escalonado, como se describe en la Solicitud de Patente de Estados Unidos N.º de Serie 13/167.930. Por ejemplo, como puede verse en la vista del electrodo de combustible 170 en la Figura 4B, las extremidades del electrodo de combustible 170 proximales y distales a la cubierta de célula 180 pueden estar escalonadas, de manera que los cuerpos de electrodo 300 sean gradualmente más pequeños cuanto más cerca estén en el electrodo de reducción de oxidante 20. Aunque, en la forma de realización de la Figura 4B, el electrodo de combustible 170 se recibe en cada lado dentro de los soportes de electrodos de combustible 173, en algunas formas de realización, son posibles otros mecanismos para soportar el combustible el electrodo 170, y en tales casos, el electrodo de combustible 170 puede estar escalonado adicionalmente, o como alternativa, en un tamaño perpendicular a la orientación de los carriles de flujo 320, como se muestra en la forma de realización del electrodo de combustible 170' representado en la Figura 8. Como un ejemplo no limitante, uno o más de los espaciadores 310 pueden acoplar el electrodo de combustible 170' a la cubierta de célula 180.
- 15 En la Figura 9 se muestra una forma de realización de un conjunto de electrodos 325 que contiene el electrodo de combustible 170 acoplado a un electrodo de carga separado 330 que está espaciado adyacente al cuerpo de electrodo permeable 300e. En algunas formas de realización del conjunto de electrodos 325, el electrodo de carga separado 330 puede ser simplemente el cuerpo de electrodo que está próximo al electrodo de reducción de oxidante 20. En otras formas de realización, puede que no haya un electrodo de carga "separado" tal como el electrodo de carga separado 330, y el electrodo de reducción de oxidante 20 puede utilizarse tanto durante la carga como la descarga de la célula electroquímica (es decir, como un ánodo durante la carga y como un cátodo durante la descarga). En algunas formas de realización, el electrodo de carga separado 330 puede extenderse al menos hasta el más largo de los cuerpos de electrodo permeables 300, cuando estos cuerpos de electrodo 300 están en una configuración de armazón escalonado, o de otro modo varían de tamaño. En otras formas de realización, el electrodo de carga separado 330 puede escalonarse más pequeño que el más pequeño de los cuerpos de electrodo 300. Al igual que con los cuerpos de electrodo 300, una reducción escalonada en el tamaño del electrodo de carga separado 330, si está presente, puede estar en la orientación de los carriles de flujo 320, a través de la orientación de los carriles de flujo 320, o ambos.
- 30 Mientras que en algunas formas de realización, tales como las ilustradas anteriormente, los cuerpos de electrodo permeables 300 pueden asociarse con un único electrodo de reducción de oxidante 20, en otras formas de realización, los cuerpos de electrodo permeables 300 pueden estar asociados con una pluralidad de electrodos de reducción de oxidante 20. Por lo tanto, se puede apreciar que cada electrodo de combustible 170 (por ejemplo, cuando hay una pluralidad de electrodos de combustible 170 en el sistema de célula electroquímica) puede asociarse con uno o más electrodos de reducción de oxidante asociados 20. Cuando hay una pluralidad de electrodos de reducción de oxidante 20 en el sistema de célula electroquímica, puede entenderse que una o más células electroquímicas pueden definirse por cada electrodo de combustible 170 y al menos un electrodo de reducción de oxidante 20 asociado con ese electrodo de combustible 170. Como ejemplo, los cuerpos de electrodo permeables 300 pueden posicionarse entre dos electrodos de reducción de oxidante opuestos 20 (y los correspondientes módulos de electrodo de reducción de oxidante 10), y pueden formar una o más células electroquímicas, dependiendo de la aplicación de potenciales anódicos y catódicos, como se describe con mayor detalle a continuación. Mientras que en algunas formas de realización los cuerpos de electrodo permeables 300 asociados con cada uno de los electrodos de reducción de oxidante 20 pueden ser generalmente del mismo tamaño, puede apreciarse que puede implementarse la configuración de armazón escalonado de la pluralidad de cuerpos de electrodo permeables 300. Por consiguiente, en algunas formas de realización, los cuerpos de electrodo permeables 300 pueden tener un tamaño más pequeño en direcciones opuestas enfrentadas a cada uno de los electrodos de reducción de oxidante opuestos 20.
- 50 Como se muestra en la Figura 10, en una forma de realización, los cuerpos de electrodo permeables 300 se pueden ensamblar en un electrodo de combustible 170*, con el cuerpo de electrodo permeable 300a común a ambos electrodos de reducción de oxidante 20 (específicamente, el electrodo de reducción de oxidante 20a y el electrodo de reducción de oxidante 20b, asociado con el módulo de electrodo de reducción de oxidante 10a y el módulo de electrodo de reducción de oxidante 10b, respectivamente). Mientras que en algunas formas de realización puede haber un par de cuerpos de electrodo permeables 300a, siendo cada uno generalmente del mismo tamaño, más grande que otros de la pluralidad de cuerpos de electrodo permeables 300, en otras formas de realización, tal como la ilustrada en la Figura 10, un solo cuerpo de electrodo permeable 300a puede estar centrado con respecto a los electrodos de reducción de oxidante 20a y 20b.

En algunas formas de realización, tal como la ilustrada, el electrodo de combustible 170* puede incluir pares

opuestos de los cuerpos de electrodo permeables 300b y 300c, estando cada uno escalonado más pequeño que el cuerpo de electrodo permeable anterior 300, desde el cuerpo de electrodo permeable 300a hacia los electrodos de reducción de oxidante 20a y 20b. En tal configuración, con un electrodo de combustible común 170* entre un par de electrodos de reducción de oxidante opuestos 20, se puede formar un conjunto de células 290*, que contiene dos células (por ejemplo, la célula 290a* y la célula 290b*). Puede apreciarse que tal conjunto de células 290* puede considerarse, por lo tanto, una bicélula. En una forma de realización, la célula 290a* puede incluir el electrodo de reducción de oxidante 20a y los cuerpos de electrodo permeables 300 del electrodo de combustible 170* asociados con el electrodo de reducción de oxidante 20a, mientras que la célula 290b* puede incluir el electrodo de reducción de oxidante 20b y los cuerpos de electrodo permeables 300 del electrodo de combustible 170* asociados con el electrodo de reducción de oxidante 20b. Como se ha apreciado anteriormente, en algunas formas de realización, cada electrodo de reducción de oxidante 20 puede asociarse con el electrodo de combustible común 170* para formar una sola célula 290. El número de cuerpos de electrodo permeables 300 asociados con cada uno de los electrodos de reducción de oxidante 20 puede variar según las formas de realización y, en algunas formas de realización, puede variar durante el funcionamiento del conjunto de células 290*, tal como a través del manejo de las conexiones eléctricas asociadas con cada uno de los cuerpos de electrodo permeables 300.

En la forma de realización ilustrada, con un único cuerpo de electrodo permeable 300a centrado entre los electrodos de reducción de oxidante 20a y 20b, el cuerpo de electrodo permeable 300a puede estar asociado con la célula 290a* o la célula 290b*. Sin embargo, en algunas formas de realización, se puede entender que la totalidad del electrodo de combustible común 170* participa en reacciones electroquímicas tanto con el electrodo de reducción de oxidante 20a como con el electrodo de reducción de oxidante 20b.

En la forma de realización ilustrada, el electrodo de combustible común 170* se puede ensamblar en un conjunto de electrodos común 325*, que puede incluir un par de electrodos de carga separados 330 (cada uno asociado con uno de los electrodos de reducción de oxidante 20a y el electrodo de reducción de oxidante 20b). Como tal, el conjunto de células 290a* puede incluir uno de los electrodos de carga separados 330, mientras que el conjunto de células 290b* incluye el otro de los electrodos de carga separados 330. Puede apreciarse que el electrodo de combustible común 170* y/o el conjunto de electrodos común 325* pueden formarse mediante cualquier construcción apropiada, incluyendo, pero sin limitación, formándose integralmente con espaciadores no conductores entre cada uno de los cuerpos de electrodo permeables 300 (y entre el electrodo de combustible común 170* y los electrodos de carga separados 330). En algunas formas de realización, los espaciadores pueden formar carriles de flujo entre cada uno de los cuerpos de electrodo permeables 300 y entre el electrodo de combustible común 170* y los electrodos de carga separados 330. Los carriles de flujo pueden estar orientados en cualquier dirección apropiada para lograr una dirección de flujo deseada. Puede apreciarse que el conjunto de células 290* se ilustra esquemáticamente en la Figura 10. Como tal, el espaciado ilustrado es exagerado. De manera similar, las separaciones en otras formas de realización ilustradas también son ejemplares, y no deben considerarse limitantes de ninguna manera.

La Figura 11 representa una vista en sección transversal lateral del conjunto de células 290, como se ve a lo largo de la línea X de la Figura 6A. Como se muestra en la ampliación, el módulo de electrodo de combustible 160 contiene el conjunto de electrodos 325 conteniendo el electrodo de combustible 170 cinco cuerpos de electrodo permeables 300a a 300e, en donde los cuerpos de electrodo permeables 300 están en la configuración de armazón escalonado, de tal manera que el cuerpo de electrodo 300a es más grande que el cuerpo de electrodo 300b, que es más grande que el cuerpo de electrodo 300c, etc., en la dirección hacia el electrodo de reducción de oxidante 20. Como se muestra, entre el cuerpo de electrodo 300e y el electrodo de reducción de oxidante 20 se encuentra el electrodo de carga separado 330. En la forma de realización ilustrada de la Figura 11, el electrodo de carga separado 330 está escalonado más pequeño que el más pequeño de los cuerpos de electrodo permeables 300e. Sin embargo, en otras formas de realización, el electrodo de carga separado 330 puede ser de cualquier tamaño apropiado, incluyendo, pero sin limitación, el tamaño del más grande de los cuerpos de electrodo 300.

Como se ha indicado anteriormente, en algunas formas de realización, la cubierta de célula 180 puede contener montajes de circuitos 240 que están configurados para recibir tableros u otros componentes electrónicos que pueden permitir el control de las conexiones eléctricas entre el electrodo de combustible 170 y el electrodo de reducción de oxidante 20. En una forma de realización, las conexiones eléctricas entre cada uno de los cuerpos de electrodo permeables 300 pueden controlarse, para permitir un mayor control de la carga o la descarga de la célula electroquímica. En la Figura 12 se muestra una vista esquemática de una forma de realización del conjunto de células 290, que tiene tanto el módulo de electrodo de combustible 160 como el módulo de electrodo de reducción de oxidante 10 adyacentes entre sí. Los conductores eléctricos 220 en la forma de realización ilustrada se extienden tanto desde el electrodo de combustible 170 como el electrodo de carga separado 330 del conjunto de electrodos 325. De nuevo, mientras que la forma de realización ilustrada del electrodo de combustible 170 tiene solo cinco

cuerpos de electrodo 300 (específicamente los cuerpos de electrodo 300a-300e), se puede usar cualquier número. La forma de realización de la célula electroquímica descrita en el presente documento es solo a modo de ejemplo, y no pretende ser limitante de ninguna manera.

5 En algunas formas de realización, los cuerpos de electrodo 300a-e pueden ser pantallas que están hechas de cualquier formación capaz de capturar y retener, a través de electrodeposición, o de otro modo, partículas o iones de combustible metálico del medio iónicamente conductor en el que se sumerge el conjunto de células 290. Los componentes de la célula, incluidos, por ejemplo, el electrodo de combustible 170, los cuerpos de electrodo permeables 300a-e del mismo, el electrodo de carga separado 330, y el electrodo de reducción de oxidante 20,
10 pueden ser de cualquier construcción o configuración adecuada, incluyendo, pero sin limitación, de níquel o aleaciones de níquel (incluyendo níquel-cobalto, níquel-hierro, níquel-cobre (es decir, Monel) o superaleaciones), cobre o aleaciones de cobre, latón, bronce o cualquier otro metal adecuado. En una forma de realización, se puede aplicar una película de catalizador a algunos o todos los cuerpos de electrodo permeables 300a-e, el electrodo de carga separado 330 y/o el electrodo de reducción de oxidante 20, y tener un material de alta superficie que puede
15 estar hecho de algunos de los materiales descritos anteriormente. En una forma de realización, la película de catalizador puede formarse mediante técnicas tales como pulverización térmica, pulverización de plasma, electrodeposición o cualquier otro procedimiento de recubrimiento de partículas.

El combustible puede ser un metal, tal como hierro, cinc, aluminio, magnesio o litio. Por metal, este término pretende
20 incluir todos los elementos considerados como metales en la tabla periódica, incluyendo, pero sin limitación, metales alcalinos, metales alcalinotérreos, lantánidos, actínidos y metales de transición, ya sea de forma atómica, molecular (incluyendo hidruros metálicos), de aleación cuando se recogen en el cuerpo de electrodo. Sin embargo, la presente invención no pretende limitarse a ningún combustible específico, y se pueden usar otros. El combustible puede proporcionarse al electrodo de combustible 170 como partículas suspendidas en el medio iónicamente conductor. En
25 algunas formas de realización, se puede utilizar un combustible de hidruro metálico en la célula electroquímica.

El medio iónicamente conductor puede ser una solución acuosa. Los ejemplos de medios adecuados incluyen soluciones acuosas que comprenden ácido sulfúrico, ácido fosfórico, ácido tríflico, ácido nítrico, hidróxido de potasio, hidróxido de sodio, cloruro de sodio, nitrato de potasio o cloruro de litio. El medio también puede usar un disolvente
30 no acuoso o un líquido iónico. En una forma de realización, el medio iónicamente conductor puede comprender un electrolito. Por ejemplo, se puede usar una solución electrolítica líquida o semisólida convencional, o se puede usar un líquido iónico a temperatura ambiente, como se menciona en la Sol. de Patente de Estados Unidos N.º 12/776.962. En una forma de realización en la que el electrolito es semisólido, pueden utilizarse películas porosas de electrolito en estado sólido (es decir, en una estructura suelta). En formas de realización en las que el medio
35 iónicamente conductor no es un líquido, sumergir el conjunto de células 290 dentro del medio conductor de iónico puede comprender incrustar el conjunto de células 290 dentro del medio iónicamente conductor no fluido, conduciendo los canales de oxidante gaseoso dentro y fuera del módulo de electrodo de reducción de oxidante 10 que sobresale de los mismos.

40 El combustible puede oxidarse en el electrodo de combustible 170 cuando el electrodo de combustible 170 funciona como un ánodo, y un oxidante, tal como el oxígeno del oxidante gaseoso en el espacio de oxidante gaseoso del módulo de electrodo de reducción de oxidante 10, puede reducirse en el electrodo de reducción de oxidante 20 cuando el electrodo de reducción de oxidante 20 funciona como un cátodo, que es cuando la célula electroquímica está conectada a una carga L para un modo de descarga o generación de electricidad, como se analiza con más
45 detalle a continuación. Las reacciones que se producen durante el modo de descarga pueden generar precipitados de subproductos, por ejemplo, una especie de combustible reducible, en el medio iónicamente conductor. Por ejemplo, en formas de realización en las que el combustible es cinc, el óxido de cinc puede generarse como un precipitado de subproducto/especie de combustible reducible. El cinc oxidado u otro metal también puede soportarse por, oxidarse con, o solvotarse en la solución electrolítica, sin formar un precipitado (por ejemplo, el cincato puede
50 ser una especie de combustible reducible disuelto que queda en el combustible). Durante un modo de recarga, que se analiza con más detalle a continuación, las especies de combustible reducibles, por ejemplo, óxido de cinc, pueden reducirse y depositarse de forma reversible como combustible, por ejemplo, cinc, sobre al menos una porción del electrodo de combustible 170 que funciona como un cátodo durante el modo de recarga. Durante el modo de recarga, el electrodo de reducción de oxidante 20 o el electrodo de carga separado 330, y/o otra porción
55 del electrodo de combustible 170, como se describe a continuación, funciona como el ánodo.

Por lo tanto, puede apreciarse que, en algunas formas de realización, las reacciones electroquímicas que se producen en la célula cuando el conjunto de células 290 se sumerge en el medio iónicamente conductor, pueden ser reacciones de reducción-oxidación (redox). Como un ejemplo no limitativo, donde el medio iónicamente conductor

contiene óxido de cinc reducible que se debe colocar como combustible de cinc en el electrodo de combustible 170, la reacción de reducción tiene lugar en el electrodo de combustible 170 (el sitio de reducción), y puede ajustarse a $ZnO + H_2O + 2e^- \rightarrow Zn + 2OH^-$. La reacción de oxidación correspondiente se produce en el electrodo de carga (es decir, el electrodo de carga separado 330), y puede ajustarse a $2OH^- \rightarrow 2e^- + \frac{1}{2}O_2 + H_2O$. Por lo tanto, se entiende que el electrodo de carga (que se puede caracterizar como un electrodo que genera oxígeno) produce gas de oxígeno dentro de la célula. En otras formas de realización, tal como cuando se utilizan diferentes combustibles metálicos, pueden producirse otras reacciones, que también pueden generar oxígeno en la célula.

Como se muestra en la Figura 12, se puede proporcionar un sistema de conmutación 340 para controlar o gestionar las conexiones eléctricas para cada uno de los cuerpos de electrodo 300, el electrodo de carga separado 330 y el electrodo de reducción de oxidante 20. En una forma de realización, el sistema de conmutación 340 puede configurarse para conectar el conjunto de células 290 a una fuente de alimentación PS, una carga L u otros conjuntos de células 290 (es decir, en serie o en paralelo) cuando se sumerge en un medio iónicamente conductor. Dichas conexiones se pueden realizar a través del primer terminal 350 y un segundo terminal 360, en donde el primer terminal 350 es negativo (catódico) y el segundo terminal 360 es positivo (anódico) durante la recarga. Durante la descarga, el electrodo de combustible 170 se conecta a la carga L, y funciona como un ánodo, de manera que los electrones emitidos por el combustible metálico, a medida que el combustible se oxida en el electrodo de combustible 170, fluye a la carga externa L. El electrodo de reducción de oxidante 20 funciona como el cátodo durante la descarga, y está configurado para recibir electrones de la carga externa L y reducir un oxidante que entra en contacto con el electrodo de reducción de oxidante 20, específicamente oxígeno en el oxidante gaseoso en el espacio de oxidante gaseoso del módulo de electrodo de reducción de oxidante sumergido 10. Por lo tanto, en una forma de realización, el electrodo de reducción de oxidante 20 puede ser un cátodo aerobio de metal-oxidante gaseoso.

El funcionamiento del sistema de conmutación 340 puede variar según las formas de realización, y en algunas formas de realización, el funcionamiento del sistema de conmutación 340 puede ser similar a los descritos en la Solicitud de Patente de Estados Unidos N.º de Serie 13/299.167. Como otro ejemplo, en una forma de realización, la carga externa L se puede acoplar a cada uno de los cuerpos de electrodo permeables 300a-300e en paralelo, como se describe en detalle en la Solicitud de Patente de Estados Unidos N.º de Serie 12/385.489, presentada el 9 de abril de 2009. En otras formas de realización, la carga externa L solo se puede acoplar a uno terminal de los cuerpos de electrodo permeables 300a-300e (es decir, el cuerpo de electrodo 300a, distal del electrodo de reducción de oxidante 20), por lo que el consumo de combustible puede tener lugar en serie desde entre cada uno de los cuerpos de electrodo permeables 300a-300e.

En la forma de realización ilustrada de la Figura 12, el sistema de conmutación 340 incluye un interruptor de derivación 370, un interruptor de electrodo de carga 380 y un interruptor de electrodo de reducción de oxidante 390. El interruptor de derivación 370 está configurado para conectar eléctricamente el primer terminal 350 al segundo terminal 360, derivando el conjunto de células 290 por varios motivos, incluyendo, pero sin limitación, el uso escalonado de una pluralidad de células formadas por la inmersión de una pluralidad de conjuntos de células 290, aislando los conjuntos de células defectuosas 290, etc. El conmutador de electrodo de reducción de oxidante 390 permite la conexión del electrodo de reducción de oxidante 20 al segundo terminal 360 para crear una diferencia de potencial entre el electrodo de combustible 170 y el electrodo de reducción de oxidante 20 durante la descarga de la célula electroquímica. El conmutador de electrodo de carga 380 está configurado para conectar al menos el electrodo de carga 330, y potencialmente parte del electrodo de combustible 170 (como se describe con mayor detalle a continuación) al segundo terminal 360, para crear una diferencia de potencial con el resto del electrodo de combustible 170, conectado al primer terminal 350.

En algunas formas de realización no limitantes, los conmutadores del sistema de conmutación 340 pueden ser unipolar direccional o unipolar bidireccional. Pueden ser del tipo de relé pivotante, deslizante o de enclavamiento. Además, también se pueden utilizar conmutadores basados en semiconductores. Los conmutadores pueden activarse eléctricamente (relé electromecánico) o magnéticamente o por otros procedimientos conocidos por los expertos en la técnica. Se puede usar cualquier otro tipo de conmutador adecuado, y los ejemplos en el presente documento no son limitativos. En una forma de realización, la pluralidad de conmutadores puede conectarse en serie si el conmutador tiene una corriente de fuga en una dirección. Por ejemplo, el diodo del cuerpo de un conmutador basado en semiconductor MOSFET se conducirá en una dirección y la corriente de fuga puede eliminarse colocando los conmutadores basados en semiconductor MOSFET orientados hacia atrás en serie.

Como se muestra en la forma de realización ilustrada, una pluralidad de conmutadores de cuerpo de electrodo 400b-e están configurados para conectar alternativamente cada uno de los cuerpos de electrodo 300b-e a un primer bus

410a asociado con el cuerpo de electrodo 300a (y, por lo tanto, el primer terminal 350), o un segundo bus 410b asociado con el electrodo de carga separado 330 (y, por lo tanto, el segundo terminal 360 a través del conmutador de electrodo de carga 380). En una forma de realización, los conmutadores de cuerpo de electrodo 400b-e pueden caracterizarse como unipolares, bidireccionales. En algunas formas de realización, los conmutadores de cuerpo del electrodo 400b-e pueden tener tres configuraciones alternativas, de manera que cada cuerpo de electrodo 300b-e puede conectarse eléctricamente al cuerpo de electrodo 300a (y el primer terminal 350), el electrodo de carga separado 330, o desconectarse de tanto el cuerpo de electrodo 300a como del electrodo de carga separado 330. En una forma de realización, dichos conmutadores de cuerpo de electrodo 400b-e pueden caracterizarse como unipolares, tridireccionales. Como se muestra, al conectar cada uno de los cuerpos de electrodo 300b-e al primer bus 410a o al segundo bus 410b, cada uno de los cuerpos de electrodo permeables 300b-e puede ser parte del electrodo de combustible, o el electrodo de carga, al ser eléctricamente conectado al primer terminal 350 o al segundo terminal 360 respectivamente.

Como la forma de realización ilustrada muestra, además, los conmutadores del sistema de conmutación 340 pueden controlarse por un controlador 420, que puede ser de cualquier construcción y configuración adecuadas, y mientras que en algunas formas de realización pueden montarse en la cubierta de célula 180, tales como por los montajes de circuitos 240, en otras formas de realización pueden estar a distancia del conjunto de células 290. En una forma de realización, el controlador 420 puede configurarse para gestionar la aplicación del potencial anódico desde la fuente de alimentación PS a los cuerpos de electrodo permeables 300b-3 y el electrodo de carga 330. El controlador 420 puede causar la electrodeposición del combustible metálico, a través de la reducción de los iones reducibles del combustible metálico del medio iónicamente conductor, para crecer progresivamente desde el cuerpo del electrodo permeable 300a a cada cuerpo del electrodo posterior 300b-e para la aplicación de un potencial catódico a cada cuerpo de electrodo conectado posteriormente 300b-d. El controlador 420 también puede causar la eliminación del potencial anódico de cada cuerpo de electrodo conectado posteriormente, y puede causar la aplicación del potencial anódico al menos al cuerpo de electrodo posterior no conectado por la electrodeposición, o el electrodo de carga 330 donde el último cuerpo de electrodo (es decir, el cuerpo del electrodo 300e) se ha conectado eléctricamente mediante la electrodeposición a los cuerpos de electrodo anteriores 300a-d. Dicha aplicación del potencial anódico puede configurarse para permitir o causar la oxidación de una especie oxidable del oxidante.

En una forma de realización, el controlador 420 puede comprender circuitos configurados para manipular los conmutadores del sistema de conmutación 340 basándose en una entrada 430 para determinar la configuración de conmutador adecuada. En algunas formas de realización, la entrada 430 puede ser instrucciones para controlar el controlador 420, lecturas externas o mediciones con respecto a la célula que pueden influir en el funcionamiento del sistema de conmutación 340, etc. El controlador 420 también puede incluir un microprocesador para ejecutar decisiones más complejas, como una opción. En algunas formas de realización, el controlador 420 también puede funcionar para gestionar la conectividad entre la carga L y la fuente de alimentación PS y la primera y N^a células. En algunas formas de realización, el controlador 420 puede incluir una lógica o un circuito apropiado para accionar los conmutadores de derivación apropiados 370 en respuesta a la detección de una tensión que alcanza un umbral predeterminado (tal como una caída por debajo de un umbral predeterminado).

En algunas formas de realización, el controlador 420 puede comprender además o estar asociado con un dispositivo de detección 440, incluyendo, pero sin limitación, un voltímetro (digital o analógico) o un potenciómetro u otro dispositivo o dispositivos de medición de tensión, que se pueden usar para determinar cuándo modificar la configuración de la pluralidad de conmutadores, tal como mantener la proximidad del ánodo y el cátodo a medida que avanza el crecimiento del combustible durante la carga. En algunas formas de realización, el dispositivo de detección 440 puede, en cambio, medir la corriente, la resistencia o cualquier otra propiedad eléctrica o física a través del conjunto de células 290 que se puede usar para determinar cuándo modificar la configuración de la pluralidad de conmutadores. Por ejemplo, el dispositivo de detección 440 puede medir un pico en la corriente o una caída en la diferencia de potencial entre dos cuerpos de electrodo. En algunas formas de realización, el controlador 420 puede controlar los conmutadores del sistema de conmutación 340 basándose en el paso de los aumentos de tiempo. Por ejemplo, en una forma de realización, el tiempo para que el crecimiento del combustible progrese entre cuerpos de electrodo adyacentes se puede conocer, y se usa para calcular cuándo operar el sistema de conmutación 340 para volver a cablear los electrodos progresivamente para mantener una separación adyacente entre el ánodo y el cátodo, o proporcionar una carga paralela frente a progresiva, como se describe con mayor detalle en la Solicitud de Patente de Estados Unidos N.º de Serie 13/230.549 y la Solicitud de Patente de Estados Unidos N.º de Serie 13/299.167. En una forma de realización, el controlador 420 puede controlar los conmutadores del sistema de conmutación 340 para proporcionar un modo de alta eficiencia para la célula, tal como se describe en la Solicitud de Patente de Estados Unidos N.º de Serie 13/083.929.

Como se ha apreciado anteriormente, en una forma de realización, el controlador 420 puede configurarse para controlar el conmutador de derivación 370 para derivar el conjunto de células 290. En diversas formas de realización, el conmutador de derivación 370 puede estar cerrado por cualquier número de razones, incluyendo en base a lecturas con respecto a la célula hecha por el dispositivo de detección 440, o en base a comandos externos suministrados al controlador 420 a través de la entrada 430. En una forma de realización, el controlador 420 puede coordinarse con otros controladores 420 asociados con otros conjuntos de células 290, y puede controlar programáticamente otros controladores 420 para el control en red de los conjuntos de células 290. En una forma de realización, se puede proporcionar un controlador maestro para controlar una pluralidad de los controladores 420, lo que proporciona la capacidad de controlar el funcionamiento del sistema de conmutación 340 para una pluralidad de conjuntos de células 290. En una forma de realización, el controlador 420 puede implementar un algoritmo, tal como, pero sin limitación, uno similar a los descritos en la Solicitud de Patente de Estados Unidos N.º de Serie 13/299.167, o implementar otro control por ordenador o programático para el sistema de conmutación 340.

Volviendo a la Figura 13, un par de conjuntos de células 290 (individualmente el conjunto de células 290a y el conjunto de células 290b) están posicionados para su inserción en un módulo de medio iónicamente conductor 450 que está configurado para albergar una cantidad de medio iónicamente conductor en el que los conjuntos de células 290 pueden sumergirse para formar células electroquímicas. Aunque en la forma de realización ilustrada, el módulo de medio iónicamente conductor 450 está configurado para recibir un par de conjuntos de células 290, en otras formas de realización, el módulo de medio iónicamente conductor 450 puede estar configurado para recibir cualquier número de conjuntos de células 290. En la forma de realización ilustrada, el módulo de medio iónicamente conductor 450 recibe cada conjunto de células 290 en una ranura de recepción asociada 460. Por ejemplo, el conjunto de células 290a puede recibirse por la ranura de recepción 460a, mientras que el conjunto de células 290b puede recibirse por la ranura de recepción 460b. Una vez que los conjuntos de células 290 son recibidos por sus ranuras de recepción 460, como se analiza con mayor detalle a continuación, el retenedor de célula 470 puede acoplarse a los conjuntos de células 290, para bloquearlos en el módulo de medio iónicamente conductor 450.

Aunque en algunas formas de realización, el módulo de medio iónicamente conductor 450 puede simplemente mantener una cantidad de medio iónicamente conductor en un agrupamiento constante, en la forma de realización ilustrada, el módulo de medio iónicamente conductor 450 está configurado para que fluya el medio iónicamente conductor en el mismo, entre una entrada de fluido 480 y una salida de fluido 490, como se analiza con mayor detalle a continuación. Mientras que, en algunas formas de realización, el medio iónicamente conductor en el módulo de medio iónicamente conductor 450 puede ser común a través de las ranuras de recepción 460, en algunas formas de realización, tal como la ilustrada, cada ranura de recepción 460 puede estar físicamente separada de la otra, tal como, por ejemplo, colectores o similares, de modo que el medio iónicamente conductor se mantenga o fluya en paralelo a través de ellos.

Dado que el medio iónicamente conductor es eléctricamente conductor, el flujo del medio iónicamente conductor a través de múltiples células electroquímicas puede causar una corriente de derivación, la corriente parásita o contraproducente que fluye a través del medio iónicamente conductor entre electrodos de diferentes conjuntos de células 290 alojados en el mismo módulo de medio iónicamente conductor 450, que reduce una diferencia de potencial global a través de una pluralidad de células electroquímicas. La separación física del medio iónicamente conductor puede servir para interrumpir la corriente de derivación, al romper las conexiones eléctricas contraproducentes formadas en el medio iónicamente conductor, creando al menos algo de aislamiento de corriente. Para separar físicamente el medio iónicamente conductor entre los conjuntos de células 290, cada ranura de recepción 460 puede incluir uno o más dispersores de flujo, tales como los descritos en la Solicitud de Patente de Estados Unidos N.º 13/362.775, presentada el 4 de febrero de 2011, como se describe con mayor detalle a continuación. Como tal, se puede proporcionar una entrada de oxidante gaseoso de dispersor 500 en el módulo de medio iónicamente conductor 450 en algunas formas de realización, en la forma mostrada.

En la Figura 14, una vista en sección transversal del módulo de medio iónicamente conductor 450 se representa en corte a través de las ranuras de recepción 460a y 460b. En la forma de realización ilustrada, en lugar de que el medio iónicamente conductor sea común para los dos conjuntos de células 290, cada ranura de recepción 460 contiene su propia cámara de dispersor de entrada asociada 510 (individualmente cámaras de dispersor de entrada 510a y 510b) y la cámara de dispersor de salida 520 (individualmente cámaras de dispersor de salida 520a y 520b), para aislar eléctricamente el medio iónicamente conductor asociado con cada ranura de recepción 460. En la vista de la sección transversal de la forma de realización ilustrada se muestra una trayectoria de entrada de fluido 530 que conduce desde la entrada de fluido 480 a un colector de entrada de fluido (no mostrado) que divide el medio iónicamente conductor que fluye en el mismo hacia cada una de las cámaras de dispersor de entrada 510a y 510b. Aunque tal colector de entrada de fluido conducirá a que el medio iónicamente conductor fluya en paralelo entre las

ranuras de recepción 460a y 460b, en algunas formas de realización, el flujo puede estar en serie entre las ranuras de recepción 460a y 460b, de tal manera que el flujo entra en la cámara de dispersor de entrada 510a, fluye a través de la ranura de recepción 460a, entra en la cámara de dispersor de entrada 510b, y sale de la cámara de dispersor de salida 520b. También son posibles otras configuraciones de flujo. Sin embargo, en la forma de realización 5 ilustrada, una trayectoria de oxidante gaseoso de dispersor 540, que conduce a un colector de oxidante gaseoso de dispersor (no mostrado), proporciona oxidante gaseoso al menos a las cámaras de dispersor de entrada 510a y 510b, como se describe a continuación.

En la Figura 15, se presenta una vista en sección transversal del módulo de medio iónicamente conductor 450 a lo 10 largo de la ranura de recepción 460a, que muestra el interior de la cámara de dispersor de entrada 510a y la cámara de dispersor de salida 510b. Desde este punto de vista, se puede apreciar que, a medida que el medio iónicamente conductor fluye hacia la entrada del fluido 480, puede fluir hacia arriba (es decir, contra la fuerza de la gravedad), de modo que la gravedad puede ayudar a dispersar el medio iónicamente conductor en las cámaras de dispersor de 15 entrada 510. El colector de entrada de fluido (de nuevo, no mostrado), que divide el flujo hacia las cámaras de dispersor de entrada 510a y 510b, puede colocarse en cualquier lugar entre la entrada de fluido 480 y las cámaras de dispersor de entrada 510.

Aunque la dispersión del medio iónicamente conductor descrita en el presente documento será con referencia al medio iónicamente conductor que fluye a través de la ranura de recepción 460a, una trayectoria de flujo similar 20 puede asociarse con la ranura de recepción 460b. En la forma de realización ilustrada, la cámara de dispersor de entrada 510a contiene un dispersor de flujo 550 configurado para interrumpir el flujo del medio iónicamente conductor al pasar a través de una o más boquillas 560. En una forma de realización, el dispersor de flujo 550 se colocará en un extremo terminal de la trayectoria de entrada de fluido 530, de modo que el medio iónicamente conductor caerá hacia abajo a través de una o más boquillas 560, y, en una forma dispersada a través de una 25 porción de post-dispersión 570 de la cámara de dispersor de entrada 510a. Al dispersar el medio iónicamente conductor, cualquier corriente eléctrica, tal como la corriente de derivación, que de otro modo podría fluir a través del medio iónicamente conductor se interrumpirá, previniendo o minimizando la influencia de dichas corrientes entre los conjuntos de células conectados de manera fluida 290.

En algunas formas de realización, incluida la ilustrada en la Figura 15, el oxidante gaseoso de la entrada de oxidante gaseoso de dispersor 500 puede atravesar la trayectoria de oxidante gaseoso 540 hasta que alcanza el colector de oxidante gaseoso de dispersor (no mostrado), y entra en la entrada de oxidante gaseoso de la cámara de dispersor (tampoco se muestra). En algunas formas de realización, la entrada de oxidante gaseoso de la cámara de dispersor puede ser simplemente una aislada y dedicada de las boquillas 560, mientras que en otras formas de realización 30 puede ubicarse en otro lugar en una porción superior de la cámara de dispersor de entrada 510. El oxidante gaseoso puede estar bajo presión con el fin de reducir la tendencia del medio iónicamente conductor a formar espuma en la base de las porciones de post-dispersión 570 de las cámaras de dispersor de entrada 510. En algunas formas de realización, la presión del oxidante gaseoso de la entrada de oxidante gaseoso de dispersor 500 puede formar una cabeza de presión dentro del módulo de medio iónicamente conductor 450, para permitir un flujo ascendente (es 35 decir, contra la fuerza de gravedad) del medio iónicamente conductor en las ranuras de recepción 460 del módulo de medio iónicamente conductor 450.

Después de que el medio iónicamente conductor se dispersa en la porción de post-dispersión 570, puede acumularse en el fondo de la cámara de dispersor de entrada 510a, de manera que pueda continuar fluyendo a 40 través de la ranura de recepción 460a, a través del conjunto de células 290a sumergido en la misma. Como se muestra en la Figura 15, en la parte inferior de la ranura de recepción 460a puede haber un colector de ranura de recepción 580a, que puede dividir y guiar el flujo del medio iónicamente conductor a través de los conjuntos de células 290, tal como entre los cuerpos de electrodo 300 y a través del electrodo de reducción de oxidante 20. En algunas formas de realización, el colector de ranura de recepción 580a puede guiar el flujo del medio iónicamente 45 conductor en cada una de los carriles de flujo 320 del electrodo de combustible 170. Una vez que el medio iónicamente conductor alcanza la parte superior de la ranura de recepción 460a, puede fluir hacia la cámara de dispersor de salida 520a asociada con la misma. Aunque en algunas formas de realización se puede ubicar un colector en la parte superior de cada ranura de recepción 460, para recombinar los flujos de los carriles de flujo 320 del electrodo de combustible 170, en otras formas de realización, los flujos pueden ser simplemente guiados dentro 50 de las ranuras de recepción 460, y no dirigidas consistentemente por trayectorias de flujo discretas en todo momento. En algunas formas de realización, la parte superior de la cámara de dispersor de salida 520a puede colocarse más baja que la parte superior de la ranura de recepción 460a, por lo que el medio iónicamente conductor puede ingresar a través de la fuerza de gravedad.

Como se muestra, la cámara de dispersor de salida 520a puede incluir un dispersor de flujo 590 configurado para interrumpir el flujo del medio iónicamente conductor pasándolo a través de una o más boquillas 600, de modo que el medio iónicamente conductor se dispersa a medida que cae en una cámara de post-dispersión 610 de la cámara de dispersor de salida 520. En algunas formas de realización, las cámaras de dispersor de salida 520 pueden ser de construcción y configuración similares a las cámaras de dispersor de entrada 510. Por ejemplo, en algunas formas de realización, las cámaras de dispersor de salida 520 pueden incluir además entradas de oxidante gaseoso de dispersor (no mostradas) que pueden configurarse para recibir oxidante gaseoso desde la entrada de oxidante gaseoso de dispersor 500 en la cámara de post-dispersión 610. Asimismo, el dispersor de flujo 590 y las boquillas 600 pueden ser similares al dispersor de flujo 550 y las boquillas 560 respectivamente. Sin embargo, en otras formas de realización, el flujo contra la fuerza de gravedad podría no ser necesario una vez que el medio iónicamente conductor llegue a la parte superior de las ranuras de recepción 460, en cuyo caso la cámara de dispersor de salida 520a puede configurarse para recibir el "desbordamiento" de medio iónicamente conductor a medida que sale de la ranura de recepción 460a, en donde puede drenar fuera de la cámara de dispersor de salida 520a una vez que se recombina en el fondo de la cámara de post-dispersión 610. En algunas de tales formas de realización, las entradas de oxidante gaseoso de dispersor podrían no ser necesarias, ya que no habría necesidad de mantener la cabeza de presión después de las boquillas 600, ni el medio iónicamente conductor generalmente formará espuma, burbujas ni regresará de otro modo dentro de las cámaras de dispersor de salida 520. Sin embargo, en algunas formas de realización, tal como la ilustrada, el medio iónicamente conductor dispersado por la cámara de dispersor de salida 520a puede recombinarse con el medio iónicamente conductor dispersado por la cámara de dispersor de salida 520b (oculta en la Figura 15) en un colector de salida de fluido 620, de modo que el medio iónicamente conductor recombinado pueda fluir conjuntamente hacia fuera de la salida de fluido 490.

Como se ha apreciado anteriormente, las pestañas de soporte 54 se pueden utilizar para posicionar el módulo de electrodo de reducción de oxidante 10 cuando está sumergido en el medio iónicamente conductor. Además, en la forma de realización de la Figura 15, se muestran los elementos de posicionamiento de pestañas de soporte 630 que pueden acoplarse con las pestañas de soporte 54 en el módulo de electrodo de reducción de oxidante 10, para ayudar a posicionar el conjunto de células 290 en la ranura de recepción 460. En una forma de realización, las pestañas de soporte 54 pueden contener un surco en las mismas que puede recibir cada elemento de posicionamiento 630, a fin de mantener el conjunto de células 290 a una cierta altura con respecto al colector de ranura de recepción 580, y pueden soportar parte del peso del conjunto de células 290, a medida que se sumerge en el medio iónicamente conductor. Aunque en la forma de realización ilustrada, las pestañas de soporte 54 se extienden desde el bastidor de montaje 50, en otras formas de realización que contienen las pestañas de soporte 54, pueden extenderse desde otras áreas del alojamiento 30, o pueden estar ubicadas en otro lugar en el conjunto de células 290. Además, también son posibles otros mecanismos para alinear el módulo de electrodo de reducción de oxidante 10, incluyendo, pero sin limitación, estrías formadas en el alojamiento 30 que pueden recibir pestañas de alineamiento dentro del módulo de medio iónicamente conductor 450. Los elementos de posicionamiento descritos en el presente documento son solo ejemplares, y pueden proporcionarse adicionalmente, o como alternativa, otros elementos de posicionamiento, o pueden omitirse por completo.

En la Figura 16, se muestra una vista en perspectiva del módulo de medio iónicamente conductor 450 con los conjuntos de células 290a y 290b instalados en el mismo, con un módulo de circuitos 640 por encima configurado para el montaje en los montajes de circuitos 240. En una forma de realización, el módulo de circuitos 640 puede recibir los conductores 220 acoplados eléctricamente a los electrodos de combustible 170, y los conductores 150 acoplados eléctricamente a los electrodos de reducción de oxidante 20, para cada uno de los conjuntos de células 290a y 290b en el módulo de medio iónicamente conductor 450. En algunas formas de realización, un módulo de circuitos único 640 puede asociarse con cada conjunto de células 290, mientras que, en otras formas de realización, tal como la mostrada, el módulo de circuitos 640 puede asociarse con múltiples conjuntos de células 290. En una forma de realización, el módulo de circuitos 640 puede contener en el mismo el sistema de conmutación 340 descrito anteriormente. El módulo de circuitos 640 también puede contener en el mismo el controlador 420 y un conector para la entrada 430. Sin embargo, en otras formas de realización, el módulo de circuitos 640 puede contener simplemente conectores que se conectan al controlador 420 ubicado de forma remota. Como se muestra en la forma de realización ilustrada, el módulo de circuitos 420 puede contener en el mismo un primer terminal 650 y un segundo terminal 660, que pueden ser comunes para ambas células formadas a partir del conjunto de células 290a y el conjunto de células 290b, y pueden estar vinculado en diversas formas de realización en serie o en paralelo. Por ejemplo, en algunas formas de realización, el primer terminal 650 puede conectarse al primer terminal 350a del conjunto de células 290a, mientras que el segundo terminal 660 puede conectarse al segundo terminal 360b del conjunto de células 390b. En otras formas de realización, el primer terminal 650 del módulo de circuitos 640 puede conectarse a los dos primeros terminales 350a y 350b de los conjuntos de células 290a y 290b respectivamente, mientras que el segundo terminal 660 del módulo de circuitos 640 está conectado a ambos segundos terminales

360a y 360b de los conjuntos de células 290a y 290b respectivamente. En algunas formas de realización, tal como la ilustrada, se puede proporcionar un terminal intermedio 665 que permita la conexión eléctrica entre el primer conjunto de células 290a y el segundo conjunto de células 290b. El terminal intermedio 665 puede ser útil para que cualquiera de las células en el módulo de medio iónicamente conductor 450 se pueda excluir de forma selectiva de forma manual, fuera de o junto con la utilización del conmutador de derivación 370 descrito anteriormente, por ejemplo.

En el módulo de circuitos 640 se muestran además los conectores de entrada de oxidante 670 y los conectores de salida de oxidante 680 para cada conjunto de células 290. Específicamente, en la forma de realización ilustrada hay conectores de entrada de oxidante 670a y 670b que se acoplan a las entradas de oxidante gaseoso de cubierta de célula 250a y 250b de los conjuntos de células 290a y 290b respectivamente para proporcionar una trayectoria para el oxidante gaseoso en el espacio de oxidante gaseoso de los módulos de electrodo de reducción de oxidante 10 a través del módulo de circuitos 640. Asimismo, la forma de realización ilustrada muestra los conectores de salida de oxidante 680a y 680b que se acoplan a las salidas de oxidante gaseoso de cubierta de célula 260a y 260b de los conjuntos de células 290a y 290b respectivamente para proporcionar una trayectoria para el oxidante gaseoso fuera del espacio de oxidante gaseoso de los módulos de electrodo de reducción de oxidante 10 a través del módulo de circuitos 640. Aunque en la forma de realización ilustrada hay conectores de entrada de oxidante 670 y conectores de salida de oxidante 680 separados para cada conjunto de células 290, en algunas formas de realización cualesquiera dos o más de los conectores de entrada de oxidante 670 y los conectores de salida de oxidante 680 pueden conectarse juntos, ya sea dentro o fuera del módulo de circuitos 640, para crear una conexión de flujo de oxidante gaseoso paralelo o en serie a través de los módulos de electrodo de reducción de oxidante 10. Por ejemplo, en una forma de realización, se puede proporcionar un único conector de entrada de oxidante 670a para suministrar oxidante gaseoso a la entrada de oxidante gaseoso 250a, mientras que el módulo de circuitos 640 se puede configurar para acoplar la salida de oxidante gaseoso 260a a la entrada de oxidante gaseoso 250b. Después, se puede proporcionar un único conector de salida de oxidante 680b, configurado para acoplarse a la salida de oxidante gaseoso 260b, de modo que el oxidante gaseoso fluya en serie, primero a través del módulo de electrodo de reducción de oxidante 10a, luego a través del módulo de electrodo de reducción de oxidante 10b.

En la Figura 17 se representa un módulo de célula completado 690 que incluye el módulo de medio iónicamente conductor 450, los conjuntos de células 290a y 290b, y el módulo de circuitos 640 en el mismo. En algunas formas de realización, el medio iónicamente conductor que fluye hacia la entrada del fluido 480 y fuera de la salida del fluido 490 generalmente se puede almacenar en un depósito R (no mostrado), y se puede usar una bomba de flujo FP (tampoco mostrada) para bombear el medio iónicamente conductor a través de uno o más de los módulos de célula 690. En algunas formas de realización, una pluralidad de entradas de fluido 480 pueden estar conectadas de manera fluida entre sí por una conexión de colectores, de modo que la bomba de flujo FP puede dirigir el flujo a través de cada uno de los módulos de célula 690 en paralelo. En otras formas de realización (es decir, cuando se mantiene una cabeza de presión en las cámaras de dispersor de salida 520, y por lo tanto en la salida de flujo 490), la salida de flujo 490 de un módulo de célula anterior 690 puede estar conectada de manera fluida a la entrada de flujo 480 de un módulo de célula posterior 690, de modo que el medio iónicamente conductor fluya desde el depósito R a través de cada módulo de célula 690 en serie. En algunas formas de realización, los módulos de células 690 pueden estar conectados de manera fluida en combinaciones de flujos en serie y en paralelo. En algunas formas de realización, cada módulo de célula 690 puede contener su propia bomba de flujo FP. En algunas formas de realización, cada módulo de célula 690 puede configurarse para recircular su propio suministro establecido de medio iónicamente conductor, y por lo tanto, la salida de flujo 490 puede conducir directamente a una bomba de flujo FP, que conduce directamente de regreso a la salida de flujo 480 del mismo módulo de célula 690.

En algunas formas de realización, uno o más de los conectores de entrada de oxidante 670 se pueden conectar a una fuente de oxidante. Mientras que en algunas formas de realización la fuente de oxidante puede ser el oxidante gaseoso del ambiente, en otras formas de realización se puede proporcionar una bomba de oxidante gaseoso AP para crear un flujo de oxidante gaseoso u otro oxidante a través de la trayectoria de oxidante gaseoso definida en los módulos de electrodo de reducción de oxidante 10. Al igual que con la trayectoria de fluido desde la bomba de flujo FP, la trayectoria de oxidante gaseoso de la bomba de oxidante gaseoso AP se puede conectar a los conectores de electrodo de reducción de oxidante 670 en serie o en paralelo. En algunas formas de realización, una o más bombas de oxidante gaseoso AP pueden estar incrustadas dentro del módulo de circuitos 640, y pueden extraer oxidante gaseoso a través de los conectores de entrada de oxidante 670, y fuera de los conectores de salida de oxidante 680. En algunas formas de realización, una o más de las bombas de oxidante gaseoso AP pueden ubicarse en cualquier lugar a lo largo de la trayectoria de oxidante gaseoso, y pueden crear un flujo de oxidante gaseoso u otro oxidante atrayendo o empujando el oxidante gaseoso para crear el flujo. Las bombas de oxidante gaseoso AP pueden ser de cualquier construcción o configuración adecuadas, incluyendo, pero sin limitación, ventiladores axiales, ventiladores

centrífugos, ventiladores de flujo cruzado, o los llamados "ventiladores sin palas".

En algunas formas de realización, la misma bomba de oxidante gaseoso AP que proporciona oxidante a los módulos de electrodo de reducción de oxidante 10 puede proporcionar adicionalmente oxidante gaseoso a los dispersores de oxidante gaseoso a través de la entrada de oxidante gaseoso de dispersor 500. En otras formas de realización, una bomba de oxidante gaseoso de dispersor DAP (tampoco mostrado), separada de la bomba de oxidante gaseoso AP, puede proporcionar oxidante gaseoso a la entrada de oxidante gaseoso de dispersor 500, que en algunas formas de realización puede estar a una presión mayor que el oxidante gaseoso proporcionado a los módulos de electrodo de reducción de oxidante 10. Por ejemplo, en una forma de realización, la bomba de oxidante gaseoso AP puede proporcionar un aumento de la presión de aproximadamente 1723,69 Pa por encima de la presión atmosférica con respecto al lado orientado hacia el oxidante 45 del electrodo de reducción de oxidante 20, que puede proporcionar una fuerza perpendicular al electrodo de reducción de oxidante 20 que, entre otras cosas, puede ayudar a equilibrar la fuerza del medio iónicamente conductor en el lado orientado hacia el medio iónicamente conductor 40 del electrodo de reducción de oxidante 20. Asimismo, en una forma de realización, la bomba de oxidante gaseoso de dispersor DAP puede proporcionar un aumento de la presión de aproximadamente 34473,8 Pa por encima de la presión atmosférica en la entrada de oxidante gaseoso de dispersor 500, que luego se proporcionará al menos a las cámaras de dispersor de entrada 510 (y, en algunas formas de realización, las cámaras de dispersor de salida 520). Las presiones proporcionadas por la bomba de oxidante gaseoso AP y/o la bomba de oxidante gaseoso de dispersor DAP pueden variar según las formas de realización y, por lo tanto, se puede utilizar cualquier presurización apropiada (si existe alguna).

En algunas formas de realización, la fuente de oxidante para los módulos de electrodo de reducción de oxidante 10 puede ser una fuente contenida de oxidante (tal como, por ejemplo, un tanque de oxígeno). En una forma de realización, el oxígeno puede reciclarse de la célula electroquímica, tal como se divulga en la Solicitud de Patente de Estados Unidos 12/549.617. Asimismo, cuando el oxidante es oxígeno del oxidante gaseoso ambiental, la fuente de oxidante puede considerarse en general como el mecanismo de suministro, ya sea pasivo o activo (por ejemplo, bombas, sopladores, etc.), por el cual se permite que fluya el oxidante gaseoso al electrodo de reducción de oxidante 20. Por lo tanto, el término "fuente de oxidante" pretende incluir tanto oxidantes contenidos como las disposiciones para el suministro pasivo o activo de oxígeno del oxidante gaseoso ambiental al electrodo de reducción de oxidante 20.

En diversas formas de realización, la configuración del módulo de electrodo de reducción de oxidante 10 y su alineamiento con el módulo de electrodo de combustible 160, pueden variar a lo ilustrado en el presente documento. Por ejemplo, en algunas formas de realización, el módulo de electrodo de reducción de oxidante 10 puede contener un par de electrodos de reducción de oxidante opuestos 20, configurados para alinearse entre un par de electrodos de combustible opuestos 170. En algunas de dichas formas de realización, los deflectores 158 pueden extenderse al espacio de oxidante gaseoso desde la porción superior 60 y la porción inferior 90 del módulo 30, en donde un par de placas de montaje 50 que albergan los módulos de electrodo de reducción de oxidante 10 rodean los deflectores 158, para definir un canal de oxidante gaseoso desde la entrada de oxidante gaseoso 120 a la salida de oxidante gaseoso 130 que permite que el oxidante gaseoso entre en contacto con ambos electrodos de reducción de oxidante 20. En algunas formas de realización, el par de electrodos de combustible 170 separados por el módulo de electrodo de reducción de oxidante 10 que tiene un par de electrodos de reducción de oxidante 20 en el mismo puede compartir el medio iónicamente conductor (es decir, el módulo de electrodo de reducción de oxidante 10 y ambos electrodos de combustible 20 están sumergidos en el mismo medio iónicamente conductor). Asimismo, cualquiera o ambos de los electrodos de combustible 170 se pueden acoplar al módulo de electrodo de reducción de oxidante 10, como se describe anteriormente. En algunas formas de realización, un par de módulos de electrodo de reducción de oxidante 10 pueden rodear un electrodo de combustible común 170 entre los mismos, o un par de electrodos de combustible unidos 170 entre los mismos, y en algunas formas de realización pueden formar una bicélula similar a las descritas en la Solicitud de Patente de Estados Unidos N.º de Serie 13/362.775.

Como se ha indicado anteriormente, en algunas formas de forma de realización, los deflectores 158 u otra estructura de soporte dentro del espacio de aire generalmente pueden facilitar una mejora u otra distribución de las fuerzas del medio iónicamente conductor líquido en el electrodo de reducción de oxidante 20, proporcionando una estructura de soporte generalmente rígida para el electrodo de reducción de oxidante 20 en el espacio de oxidante gaseoso. Puede apreciarse que los materiales que se ensamblan en el electrodo de reducción de oxidante 20 pueden ser generalmente menos rígidos que los materiales del alojamiento 30, y como tales, pueden tener una tendencia a doblarse en el espacio de oxidante gaseoso entre los deflectores 158, bajo la presión del fluido del medio iónicamente conductor, cuando se sumergen en el mismo. Dicha doblez puede tener una serie de efectos adversos, incluyendo, pero sin limitación, poner presión sobre el adhesivo que asegura el electrodo de reducción de oxidante

20 al bastidor de montaje 50, y distorsionar el campo eléctrico entre el electrodo de reducción de oxidante 20 y el electrodo de combustible 170. Por consiguiente, puede apreciarse que los deflectores 158 pueden colocarse en el espacio de oxidante gaseoso para soportar regiones del electrodo de reducción de oxidante 20 para reducir la tendencia del electrodo de reducción de oxidante 20 a doblarse bajo la fuerza del fluido.

5

En la Figura 18, por ejemplo, se muestra una forma de realización del módulo de electrodo de reducción de oxidante 10 que ilustra una disposición generalmente densa de los deflectores 158, para estrechar el canal de aire definido entre los mismos, para dirigir un flujo de aire AF a través del mismo en la dirección ilustrada por las flechas. Con tal disposición más densa de los deflectores 158, se reducen las regiones en las que el electrodo de reducción de oxidante 20 puede doblarse de otro modo bajo la fuerza del fluido a medida que se proporciona un mayor soporte. Adicionalmente, puede apreciarse que, en una forma de realización, los deflectores 158 pueden ser suficientemente gruesos para proporcionar un soporte adicional para el electrodo de reducción de oxidante 20, como se describe con mayor detalle a continuación. En algunas formas de realización, el espesor de los deflectores 158 y la separación entre los mismos pueden ser proporcionales entre sí para maximizar el soporte del electrodo de reducción de oxidante 20 al tiempo que se maximiza el flujo de aire a través de los canales de aire, y la exposición del electrodo de reducción de oxidante 20 al aire u otro oxidante gaseoso.

Aunque no limitante, en la forma de realización ilustrada de la Figura 18, un espesor x de los deflectores 158 puede tener aproximadamente 1 mm de ancho. Además, en la forma de realización ilustrada, la separación y entre los deflectores 158 puede ser de aproximadamente 2 mm de ancho. En otras formas de realización, el espesor x y la separación y pueden variar, y pueden depender de la rigidez relativa del electrodo de reducción de oxidante 20. Por ejemplo, cuando el electrodo de reducción de oxidante 20 es de naturaleza generalmente rígida o reforzada, puede utilizarse una separación más amplia y de los deflectores 158. Como ejemplo, en algunas formas de realización, la separación y de los deflectores 158 puede ser aproximadamente entre 1-50 mm, tal como, en una forma de realización, aproximadamente 20 mm, aproximadamente 10 mm, o aproximadamente 5 mm. Asimismo, el espesor x de los deflectores 158 puede estar, en algunas formas de realización, aproximadamente entre 0,5 y 10 mm, tal como, en una forma de realización, aproximadamente 5 mm, o aproximadamente 2 mm.

La Figura 19 representa una vista en perspectiva en sección transversal reducida de la región XVIII resaltada en la forma de realización de la Figura 18. De nuevo, los deflectores 158 pueden configurarse para separar diferentes direcciones de flujo de aire AF (es decir, en el canal de aire a través del módulo de electrodo de reducción de oxidante 10). Como puede apreciarse en la vista de la Figura 19, la presión hidrostática ejercida por el medio iónicamente conductor contra el electrodo de reducción de oxidante 20 (que se muestra de manera transparente para ilustrar el contacto con los deflectores 158) puede equilibrarse oponiéndose a la fuerza del medio iónicamente conductor que pasa a través de los deflectores 158 desde la porción trasera 100 del alojamiento 30. Como tal, la fuerza del medio iónicamente conductor al lado orientado hacia el medio iónicamente conductor 40 del electrodo de reducción de oxidante 20 puede presionar las regiones soportadas 700 del lado orientado hacia el oxidante 45 del electrodo de reducción de oxidante 20 hasta hacer contacto con las caras 710 de los deflectores 158, que a su vez reciben fuerzas del medio iónicamente conductor opuestas del medio iónicamente conductor que presiona en la porción trasera 100 del alojamiento 30. Por lo tanto, las fuerzas del medio iónicamente conductor pueden neutralizarse a lo largo de los deflectores 158, limitando la distorsión del electrodo de reducción de oxidante 20 en los canales de aire en las regiones soportadas 700. Además, la reducción de los efectos de la presión hidrostática puede evitar el aumento de las tasas de salida del electrolito a través del electrodo de reducción de oxidante 20. Los aglutinantes, tal como PTFE, pueden cambiar gradualmente el tamaño de los poros bajo una presión, lo que de otra manera puede provocar la salida del medio iónicamente conductor hacia el espacio de aire del módulo de electrodo de reducción de oxidante a los canales de aire entre los deflectores 158. Por lo tanto, al reducir el efecto de la presión hidrostática, la vida útil del electrodo de reducción de oxidante 20 puede aumentar.

De nuevo, la separación y entre los deflectores 158 puede dimensionarse de modo que los deflectores 158 proporcionen suficiente apoyo a través del lado orientado hacia el oxidante 45 del electrodo de reducción de oxidante 20 para limitar o evitar la distorsión del electrodo de reducción de oxidante 20 entre las caras de contacto adyacentes 710 (es decir, en regiones no soportadas 720, en la forma ilustrada). Sin embargo, se puede apreciar que, mientras que en algunas formas de realización los deflectores 158 pueden construirse de un material denso, en otras formas de realización, al menos una porción de los deflectores 158 proximales a las caras de contacto 710 pueden ser generalmente permeables al aire, a fin de facilitar la absorción del oxidante gaseoso en esas regiones soportadas 700 del electrodo de reducción de oxidante 20. Asimismo, en algunas formas de realización, el lado orientado hacia el oxidante 45 del electrodo de reducción de oxidante 20 es suficientemente permeable al aire para que el oxidante en contacto con las regiones no soportadas 720 pase al electrodo de reducción de oxidante 20 para proporcionar el oxidante a las regiones soportadas 700.

Las formas de realización de las células electroquímicas descritas en el presente documento no deben considerarse limitantes de ninguna manera y se proporcionan como ejemplos no limitantes de cómo pueden cargarse o descargarse dichas células que utilizan las enseñanzas descritas en el presente documento. La Solicitud de Patente de Estados Unidos Número de Serie 12/885.268, presentada el 17 de septiembre de 2010, describe formas de realización de un sistema de célula electroquímica recargable con modo de carga/descarga que cambia en las células. Como también se señaló anteriormente, las conexiones de fluido entre múltiples células electroquímicas que utilizan los conjuntos de células 290 pueden variar. Se proporcionan detalles adicionales de las formas de realización de las células que están conectadas en serie en la Solicitud de Patente de Estados Unidos 12/631.484, presentada el 4 de diciembre de 2009.

Aunque se representa en el presente documento, un único módulo de medio iónicamente conductor 450, que tiene dos ranuras de recepción 460 encerradas en el mismo para recibir dos conjuntos de células 290, creando el módulo de célula 690, la presente invención puede ponerse en práctica con ranuras de recepción adicionales 460 y conjuntos de células 290 y/o con módulos de medio iónicamente conductor adicionales 450 conectados de manera fluida a los ilustrados, creando cualquier tamaño de batería de células, etc. Se pueden utilizar mecanismos alternativos y adicionales para aumentar la resistencia iónica entre células conectadas de manera fluida en la presente invención, tales como los descritos en la Solicitud de Patente de Estados Unidos Número 12/631.484. En algunas formas de realización, el conjunto de células 290 y/o los módulos de medio de conducción iónica 450 pueden contener una o más bandejas de captura, tal como las descritas en la Solicitud de Patente de Estados Unidos Número de Serie 13/185.658, que pueden posicionarse estratégicamente para recibir y oxidar partículas de combustible que puede separarse del electrodo de combustible 170. En algunas formas de realización, el conjunto de células 290 (incluyendo, por ejemplo, el módulo de electrodo de reducción de oxidante 10), o una porción del módulo de medio de conducción iónica 450, puede contener un respiradero de gas, tal como la ventilación de gas impermeable al líquido permeable al oxidante gaseoso descrita en la Solicitud de Patente Provisional Número de Serie 61/515.749, que puede permitir que los gases no deseados dentro de la célula sean expulsados de la célula, incluyendo, pero sin limitación, en la trayectoria de oxidante gaseoso sumergido.

Debe entenderse que en algunas formas de realización se pueden aplicar aditivos u otros materiales al medio iónicamente conductor o a los electrodos. Por ejemplo, para limitar o suprimir el desprendimiento de hidrógeno en el electrodo de combustible 170, que en algunos casos puede producirse durante el modo de descarga o durante periodos de tiempo de reposo (circuito abierto), se pueden añadir sales para retardar las reacciones de desprendimiento de hidrógeno. Se pueden usar sales de estaño, plomo, cobre, mercurio, indio, bismuto o cualquier otro material que tenga un alto sobrepotencial de hidrógeno. Además, pueden añadirse sales de tartrato, fosfato, citrato, succinato, amonio u otros aditivos supresores del desprendimiento de hidrógeno. En una forma de realización, se pueden usar aleaciones metálicas de combustible, tales como Al/Mg para suprimir el desprendimiento de hidrógeno. Además, también se pueden añadir otros aditivos al medio iónicamente conductor, incluidos, pero sin limitación, aditivos que mejoran el proceso de electrodeposición del combustible metálico en el electrodo de combustible 170, como se describe en la Solicitud de Patente de Estados Unidos 13/028.496. Dichos aditivos pueden reducir el crecimiento dendrítico suelto de las partículas de combustible, y por lo tanto la probabilidad de que dichas partículas de combustible se separen del electrodo de combustible 170.

Las formas de realización ilustradas anteriores se han proporcionado con el solo objeto de ilustrar los principios estructurales y funcionales de la presente invención y no están pensadas para ser limitantes. Por ejemplo, la presente invención puede ponerse en práctica usando combustibles diferentes, oxidantes diferentes, electrolitos diferentes y/o una configuración estructural global o materiales diferentes. Como ejemplo no limitante, en algunas formas de realización las partes de la configuración de la célula electroquímica pueden incluir elementos o disposiciones de uno o más Solicitudes de Patente de los Estados Unidos números de serie 12/385.217, 12/385.489, 12/549.617, 12/631.484, 12/776.962, 12/885.268, 13/028.496, 13/083.929, 13/167.930, 13/185.658, 13/230.549, 13/299.167, 61/515.749, 61/555.982, y 61/556.011. Por lo tanto, la presente invención está concebida para comprender todas las modificaciones, sustituciones y alteraciones que pueden realizarse dentro del alcance de las siguientes reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Un módulo de electrodo de reducción de oxidante (10) para el acoplamiento a una cubierta de célula (180) e inmersión en un medio iónicamente conductor de una célula electroquímica, comprendiendo el módulo de electrodo de reducción de oxidante (10):

un alojamiento configurado para definir un espacio de recepción de oxidante gaseoso en el mismo;
 un electrodo de reducción de oxidante (20) que tiene un lado orientado hacia el oxidante y un lado orientado hacia el medio iónicamente conductor (40), estando el electrodo de reducción de oxidante (20) montado en dicho alojamiento (30) de tal manera que el electrodo de reducción de oxidante (20) define una pared perimetral para el espacio de recepción de oxidante gaseoso, con el lado orientado hacia el oxidante hacia dentro con respecto al espacio de recepción de oxidante gaseoso y lado orientado hacia el medio iónicamente conductor (40) orientado hacia afuera para la exposición al medio iónicamente conductor; y una entrada de oxidante gaseoso (120) y una salida de oxidante gaseoso (130) en comunicación con del espacio de recepción de oxidante gaseoso; en el que la entrada de oxidante gaseoso (120) se configura para permitir un oxidante en el espacio de recepción de oxidante gaseoso, el electrodo de reducción de oxidante (20) se configura para absorber el oxidante gaseoso a través del lado orientado hacia el oxidante y reducir el oxidante gaseoso durante la descarga de la célula electroquímica;
 caracterizado porque el módulo de electrodo de reducción de oxidante además comprende un conductor eléctrico (150) está configurado en un canal de conductor (140), o en una entrada o salida gaseosa (120, 13) y conectado eléctricamente al electrodo de reducción de oxidante (20); en el que el conductor eléctrico (150) proporcionado para conectar eléctricamente el electrodo de reducción de oxidante (20) con los circuitos en la cubierta de célula.

2. El módulo de electrodo de reducción de oxidante de la reivindicación 1, en el que el conductor eléctrico (150) se proporciona en un canal de conductor (140) que se extiende hacia arriba desde la parte superior del alojamiento (30) y se puede conectar a un conector proporcionado en la cubierta de célula (180).

3. El módulo de electrodo de reducción de oxidante de cualquier reivindicación precedente, que además comprende uno o más elementos de soporte (158) ubicados en el espacio de recepción de oxidante gaseoso y configurado para evitar la deformación del electrodo de reducción de oxidante (20) en el espacio de recepción oxidante cuando el electrodo de reducción de oxidante (20) se sumerge en el medio iónicamente conductor.

4. El módulo de electrodo de reducción de oxidante de la reivindicación 3, en el que un camino oxidante gaseoso se forma entre la entrada de oxidante gaseoso (120) y la salida de oxidante gaseoso (130) a través del espacio oxidante gaseoso mediante uno o más elementos de soporte (158), y en el que los uno o más elementos de soporte (158) se configuran para dirigir un flujo de un oxidante gaseoso en el camino oxidante gaseoso desde la entrada de oxidante gaseoso (120) hacia la salida de oxidante gaseoso (130).

5. El electrodo de reducción de oxidante de la reivindicación 4, en el que partes de uno o más elementos de soporte están espaciadas de manera adyacente entre sí, separadas por un espaciado que define una parte del camino oxidante gaseoso.

6. El módulo de electrodo de reducción de oxidante de cualquiera de las reivindicaciones 3 a 5, en el que uno o más elementos de soporte comprenden deflectores para el oxidante gaseoso.

7. El módulo de electrodo de reducción de oxidante de cualquier reivindicación precedente, en el que la entrada de oxidante gaseoso (120) y la salida de oxidante gaseoso (130) se configuran para que se pueden conectar a los respectivos conectores proporcionados en la cubierta de célula (180) para establecer la entrada y salida respectiva del oxidante gaseoso.

8. El módulo de electrodo de reducción de oxidante de cualquier reivindicación precedente, en el que el alojamiento es de una construcción moldeada singular, y se configura para que solamente se forme un sello único entre el alojamiento y el electrodo de reducción de oxidante y es para sumergir en el medio iónicamente conductor.

9. Un conjunto que comprende el módulo de electrodo de reducción de oxidante (10) de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8 acoplado a un módulo de electrodo de combustible (160) que contiene un electrodo de combustible, estando el conjunto configurado para separar el electrodo de reducción de oxidante (20) del electrodo de combustible (170), de manera que, cuando se sumerge en el medio iónicamente conductor, el lado orientado

hacia el medio iónicamente conductor (40) del electrodo de reducción de oxidante (20) y un combustible metálico del electrodo de combustible (170) se exponen al medio iónicamente conductor para oxidar electroquímicamente el combustible metálico, en donde el medio iónicamente conductor conduce los iones entre el electrodo de combustible (170) y el lado orientado hacia el medio iónicamente conductor (40) del electrodo de reducción de oxidante (20) para soportar las reacciones electroquímicas entre el electrodo de reducción de oxidante (20) y el electrodo de combustible (170).

10 **10.** El conjunto de la reivindicación 9, que comprende además la cubierta de célula (180) que contiene:
una entrada de oxidante gaseoso de cubierta de célula (250a, 250b) configurada para acoplarse a la entrada de oxidante gaseoso (120) del módulo de electrodo de reducción de oxidante (10), para permitir el flujo de oxidante gaseoso a través de la cubierta de célula (180) al electrodo de reducción de oxidante (20); y los circuitos para la conexión al conductor eléctrico (150).

15 **11.** El conjunto de la reivindicación 9 o 10, que comprende además un segundo módulo de electrodo de reducción de oxidante (10b) que comprende un electrodo de reducción de oxidante asociado (20b), estando el segundo módulo de electrodo de reducción de oxidante (10b) situado opuesto al módulo de electrodo de reducción de oxidante (10a), en el que el electrodo de reducción de oxidante (20a) del módulo de electrodo de reducción de oxidante (10a) está orientado hacia el electrodo de reducción de oxidante (20b) del segundo módulo de electrodo de reducción de oxidante (10b), estando el electrodo de combustible (170*) situado entre el electrodo de reducción de oxidante (20a) del módulo de electrodo de reducción de oxidante (10a) y el electrodo de reducción de oxidante (20b) del segundo módulo de electrodo de reducción de oxidante (10b).

25 **12.** El conjunto de la reivindicación 11, que comprende además un segundo electrodo de combustible situado entre el electrodo de reducción de oxidante del módulo de electrodo de reducción de oxidante y el electrodo de reducción de oxidante del segundo módulo de electrodo de reducción de oxidante, estando el electrodo de combustible asociado con el electrodo de reducción de oxidante del módulo de electrodo de reducción de oxidante, y estando el segundo electrodo de combustible asociado con el electrodo de reducción de oxidante del segundo módulo de electrodo de reducción de oxidante.

30 **13.** Un sistema de célula electroquímica que comprende:

35 una cámara configurada para contener una cantidad de medio iónicamente conductor en la misma; uno o más electrodos de combustible (170, 170*) acoplados a una cubierta de célula (180), comprendiendo cada uno un combustible metálico y estando configurado para entrar en contacto con el medio iónicamente conductor; y uno o más módulos de electrodo de reducción de oxidante (10) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, sumergidos en el medio iónicamente conductor y acoplados a la cubierta de célula (180).

40 **14.** El sistema de célula electroquímica de la reivindicación 13, en el que el uno o más módulos de electrodo de reducción de oxidante comprenden dos módulos de electrodo de reducción de oxidante configurados para rodear uno o más electrodos de combustible, estando los dos módulos de electrodo de reducción de oxidante situados opuestos entre sí, de tal forma que el electrodo de reducción de oxidante de cada uno de los dos módulos de electrodo de reducción de oxidante esté orientado hacia el otro, y rodee el uno o más electrodos de combustible.

45 **15.** El sistema de célula electroquímica de la reivindicación 14, en el que el uno o más electrodos de combustible comprenden un único electrodo de combustible, común a cada electrodo de reducción de oxidante de los dos módulos de electrodo de reducción de oxidante.

50 **16.** Un procedimiento para ensamblar un módulo de electrodo de reducción de oxidante (10) configurado para el acoplamiento a una cubierta de célula (180) e inmersión en un medio iónicamente conductor de una célula electroquímica, comprendiendo el procedimiento:

55 proporcionar un alojamiento (30), un interior que define un espacio de oxidante gaseoso allí; montar un electrodo de reducción de oxidante (20) al alojamiento (30), de modo que el lado orientado hacia el oxidante del electrodo de reducción de oxidante está orientado hacia el interior del espacio de oxidante gaseoso y define una pared perimetral para el espacio de oxidante gaseoso, y de manera tal que un lado orientado hacia el medio iónicamente conductor (40) del electrodo de reducción de oxidante (20) orientado hacia fuera para exponerse al medio iónicamente conductor cuando el módulo de electrodo de reducción de oxidante

(10) se sumerge en el mismo; y
proporcionar una entrada de oxidante gaseoso y una salida de oxidante gaseoso en comunicación con el espacio de recepción de oxidante gaseoso;

5

en el que la entrada de oxidante gaseoso se configura para permitir un oxidante en el espacio de recepción de oxidante gaseoso, el electrodo de reducción de oxidante se configura para absorber el oxidante gaseoso a través del lado que se orienta hacia el oxidante y reducir el oxidante gaseoso durante la descarga de la célula electroquímica;

10

caracterizado porque el procedimiento además comprende proporcionar un conductor eléctrico (150) en un canal de conductor (140), o en una entrada o salida gaseosa (120, 13), y conectarse eléctricamente al electrodo de reducción de oxidante (20);

en el que el conductor eléctrico (150) se configura para conectar eléctricamente el electrodo de reducción de oxidante (20) con los circuitos en la cubierta de célula.

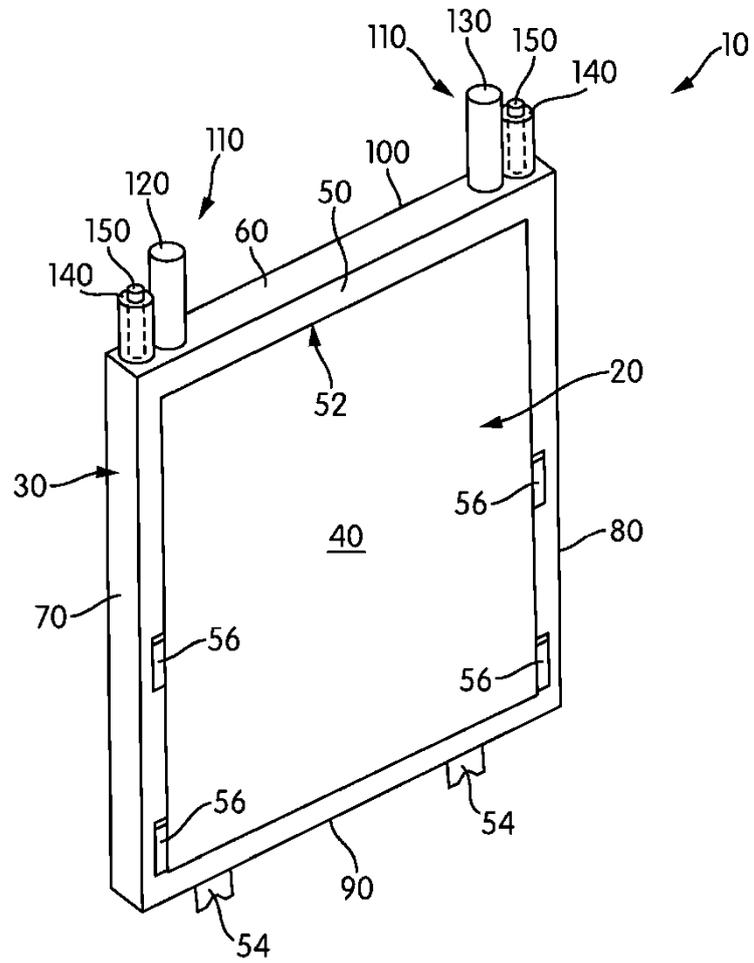


FIG. 1

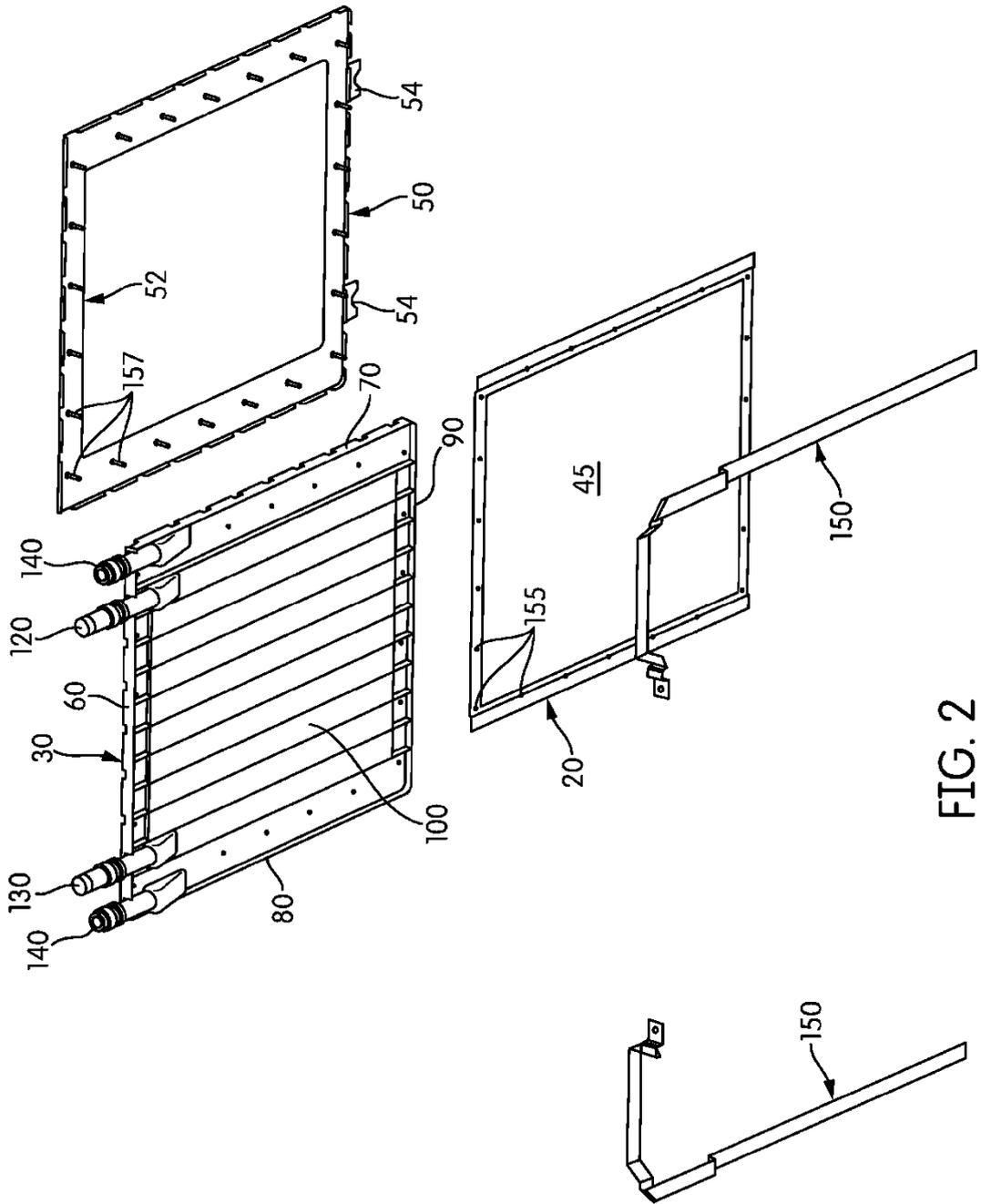


FIG. 2

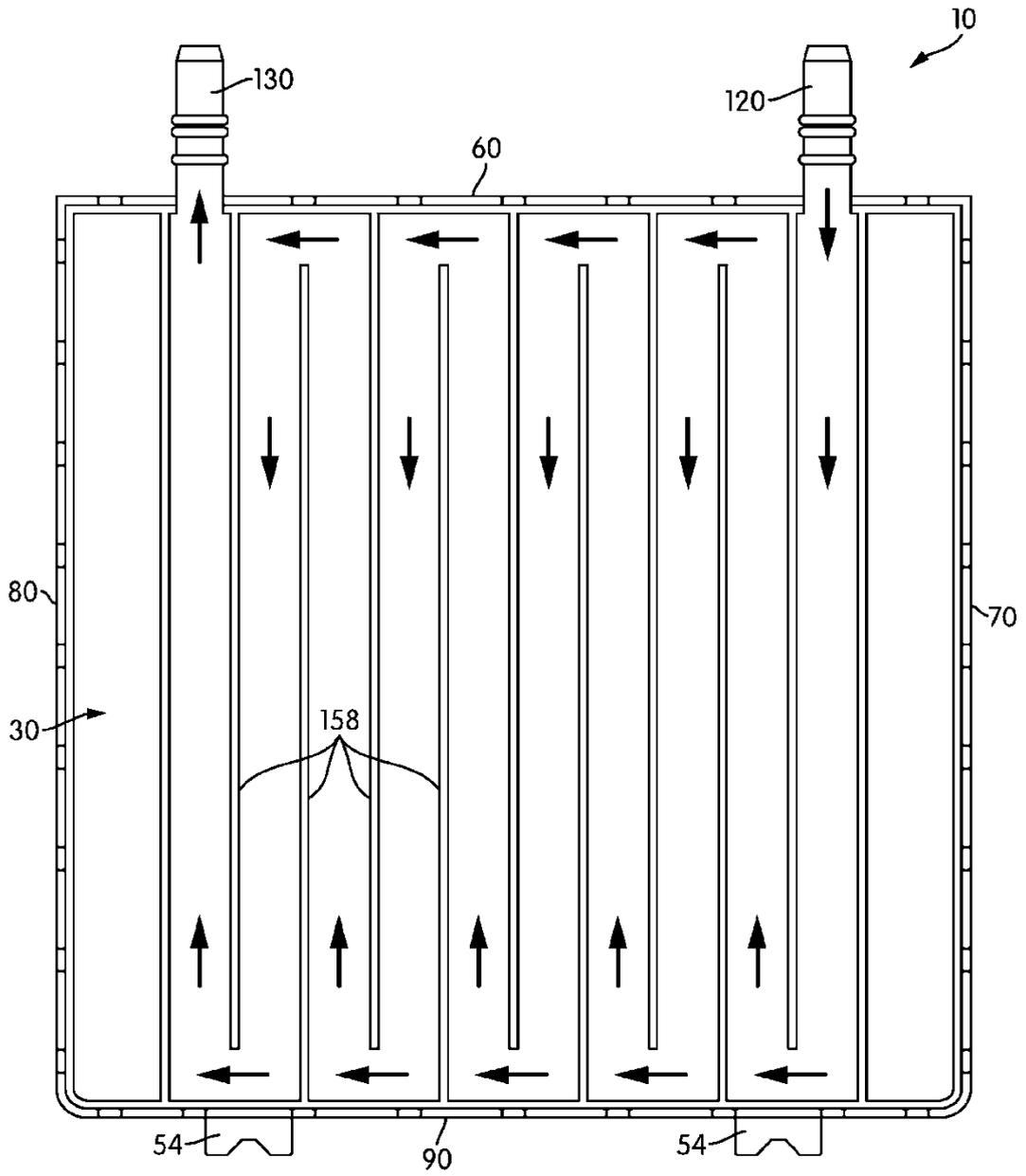


FIG. 3

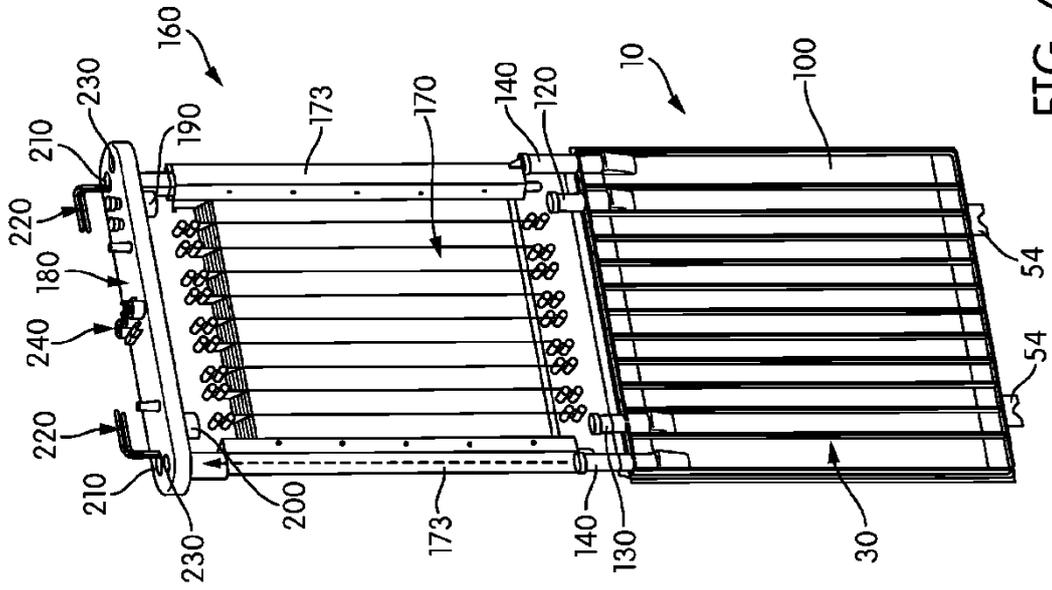


FIG. 4B

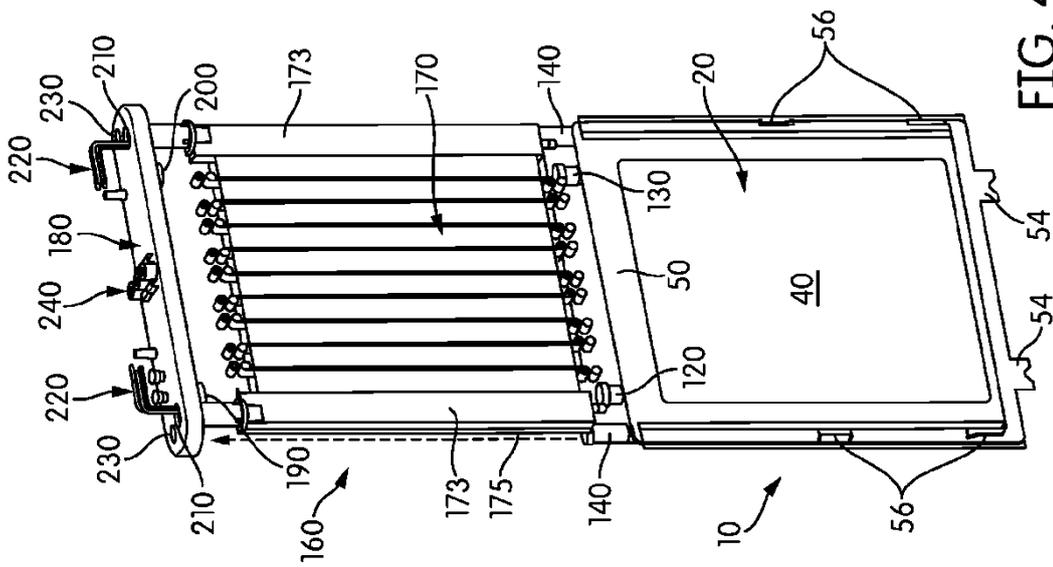


FIG. 4A

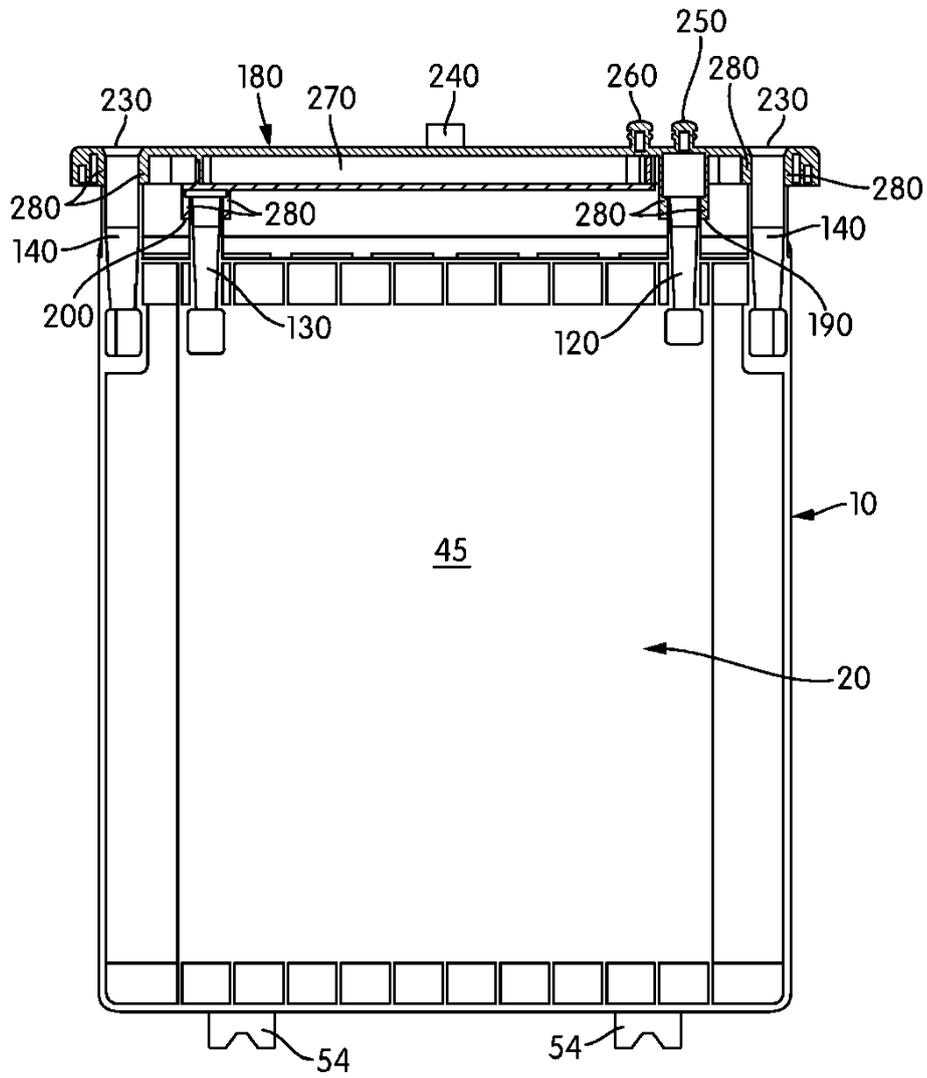


FIG. 5

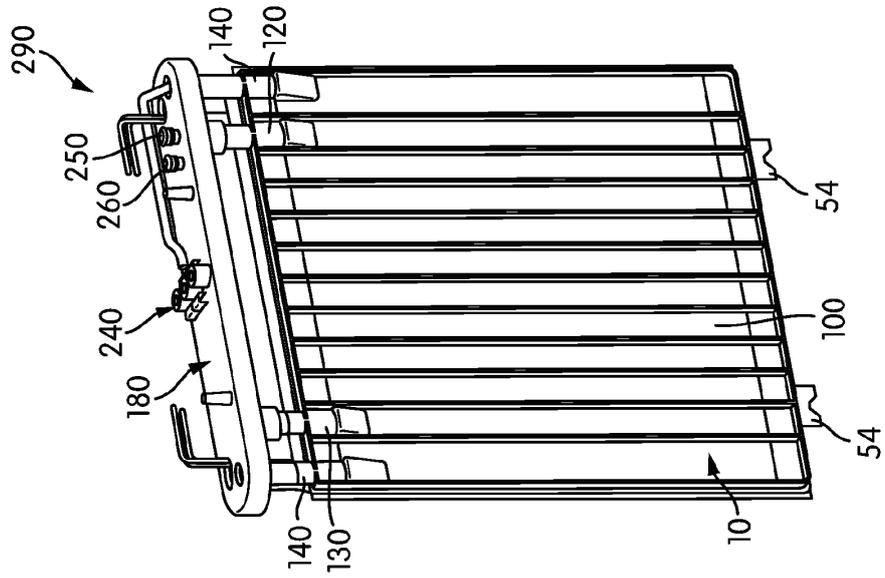


FIG. 6B

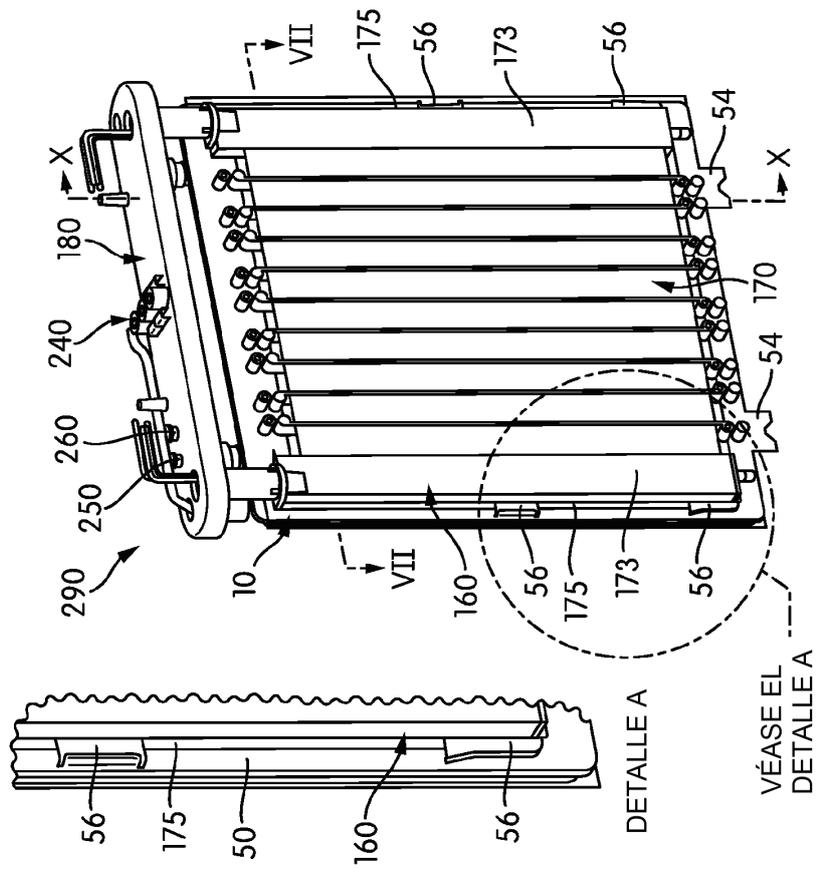


FIG. 6A

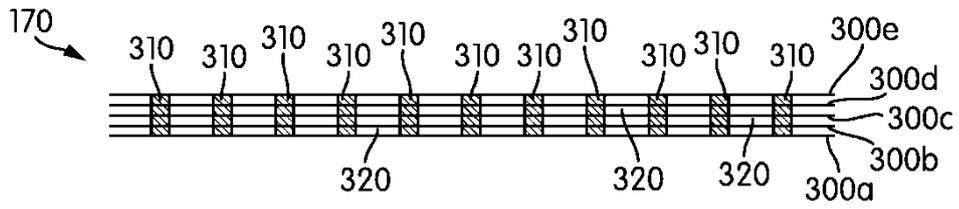


FIG. 7

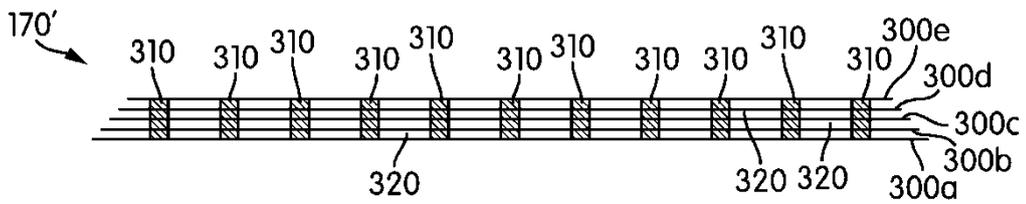


FIG. 8

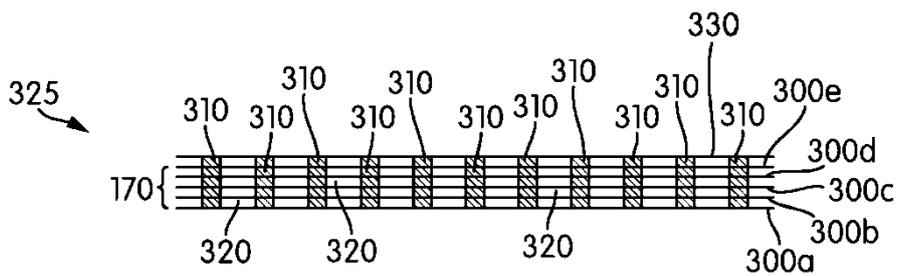


FIG. 9

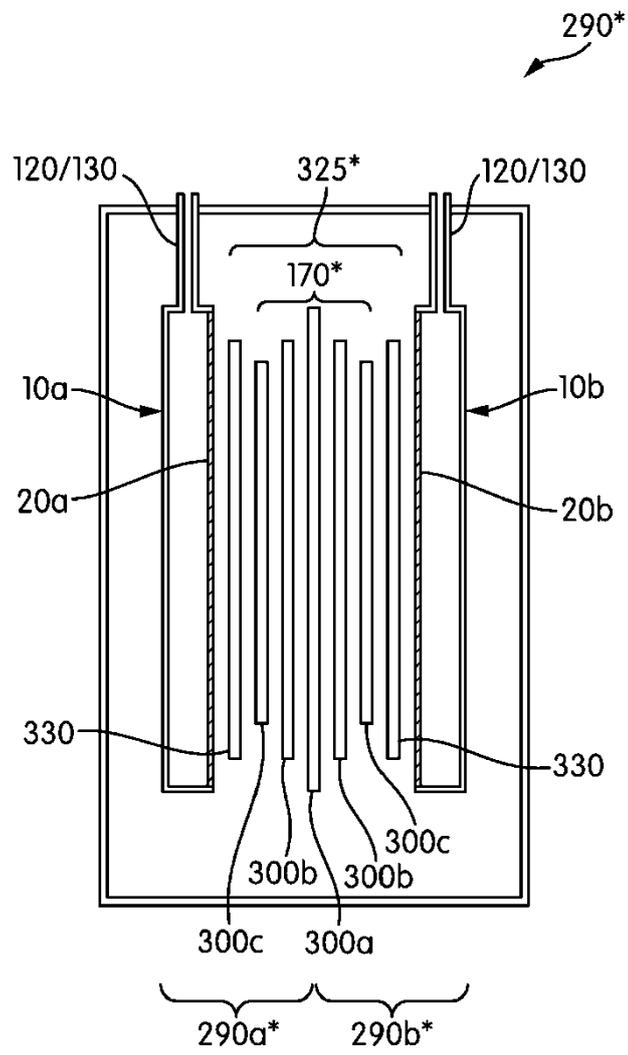


FIG. 10

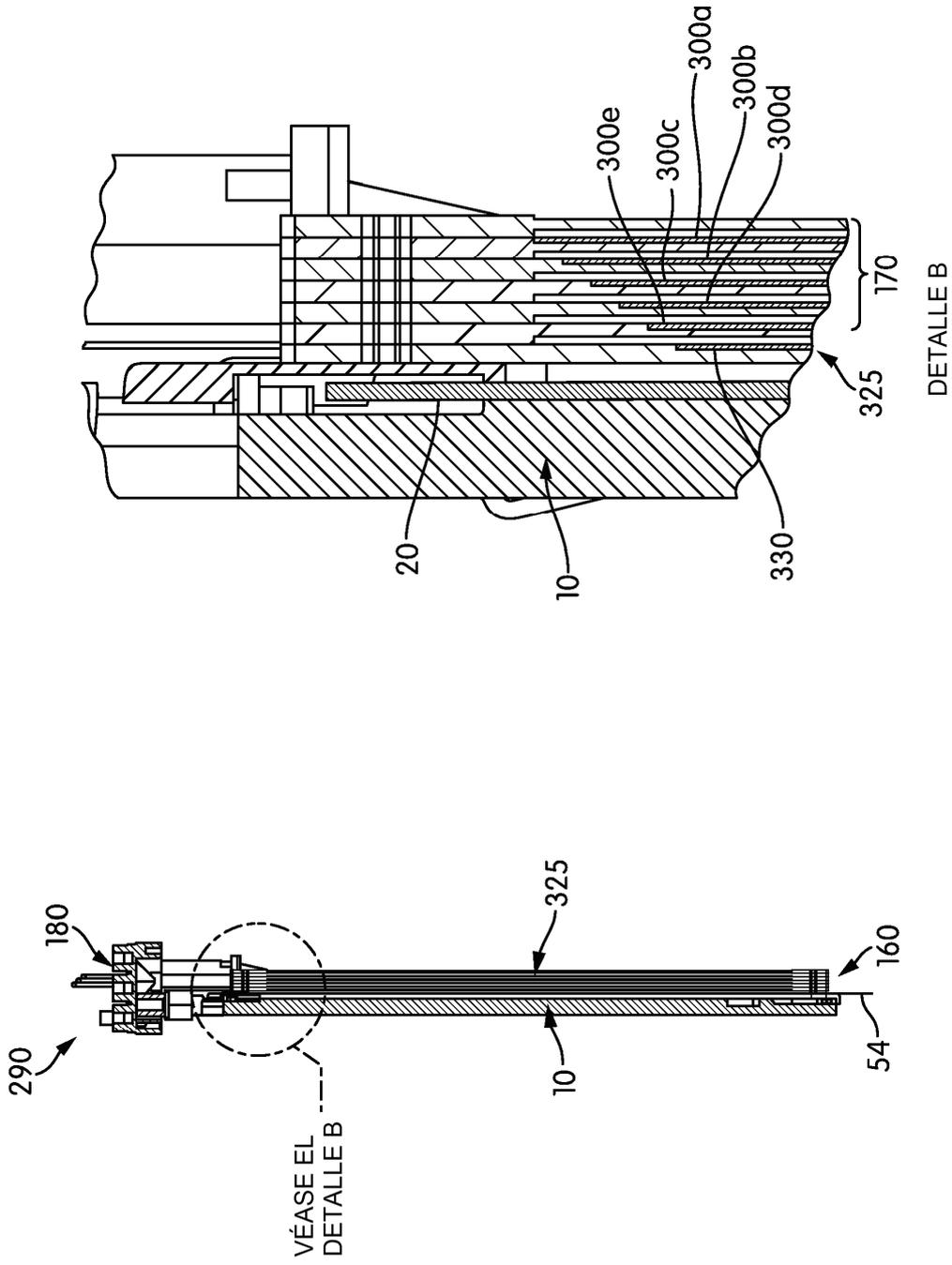


FIG. 11

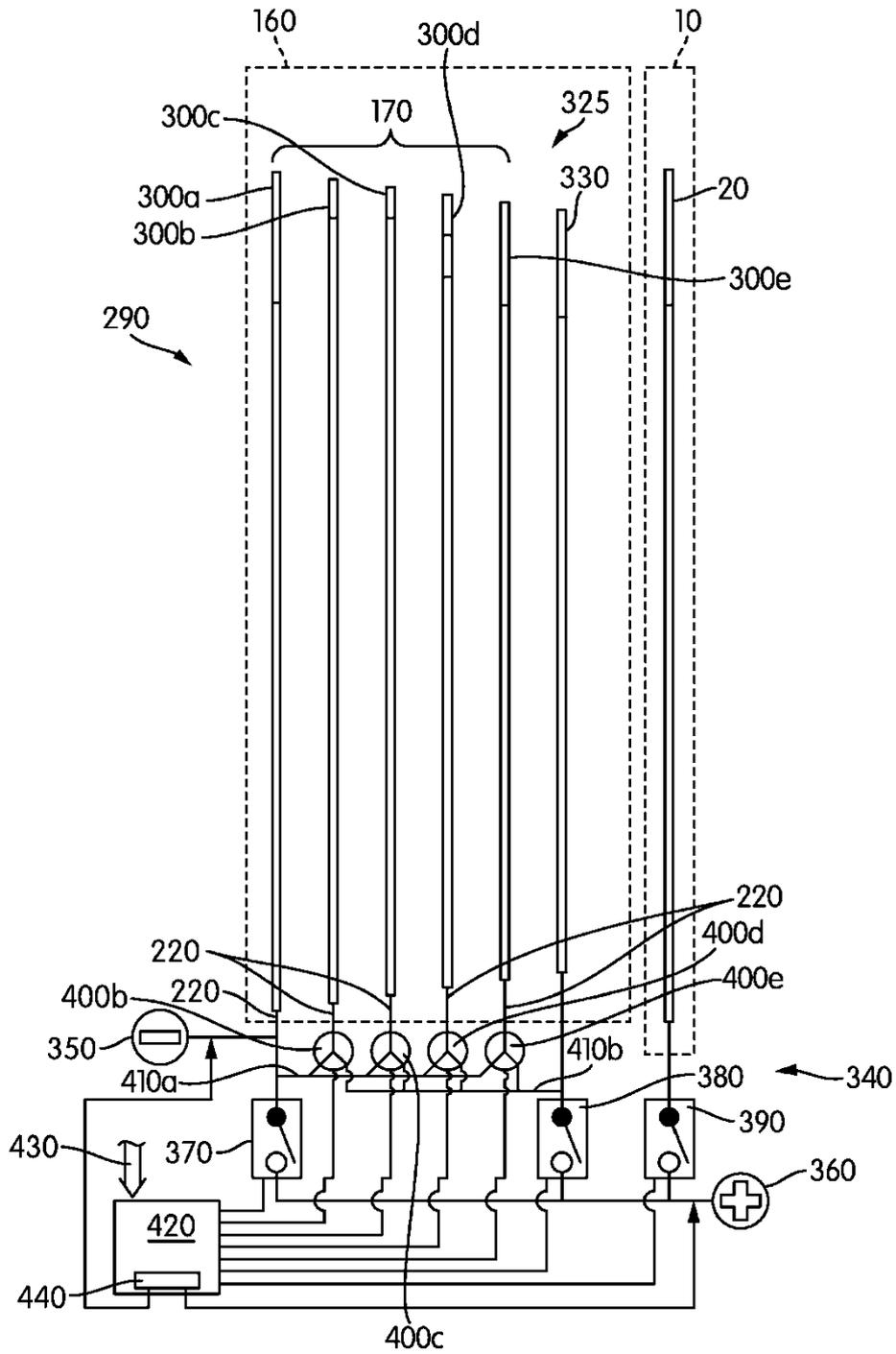


FIG. 12

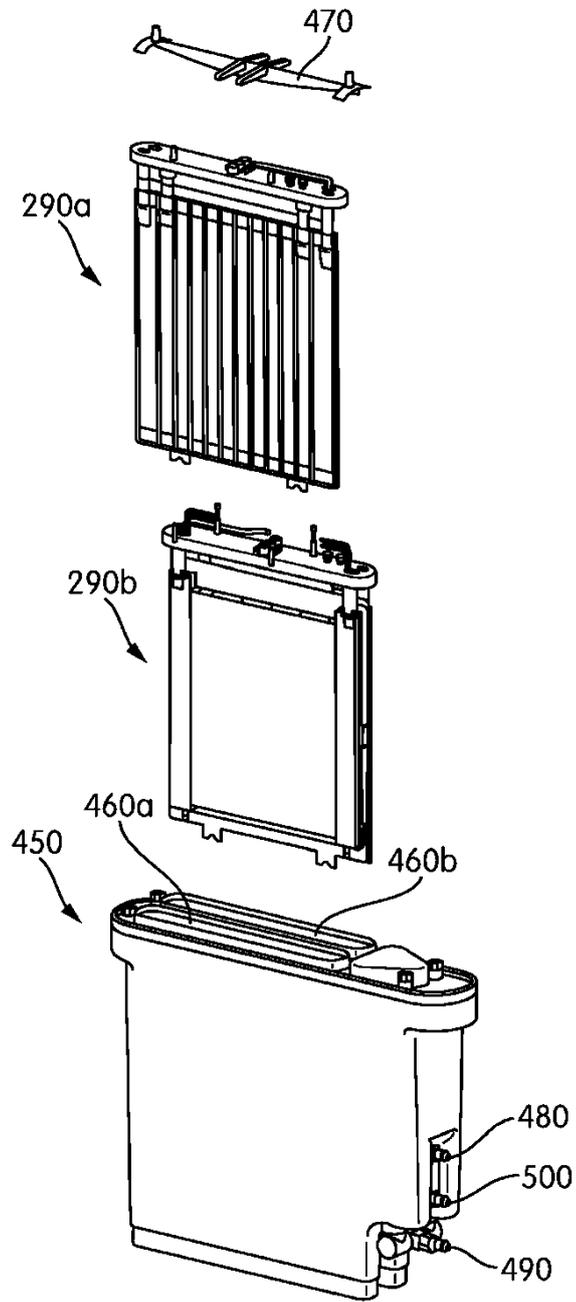


FIG. 13

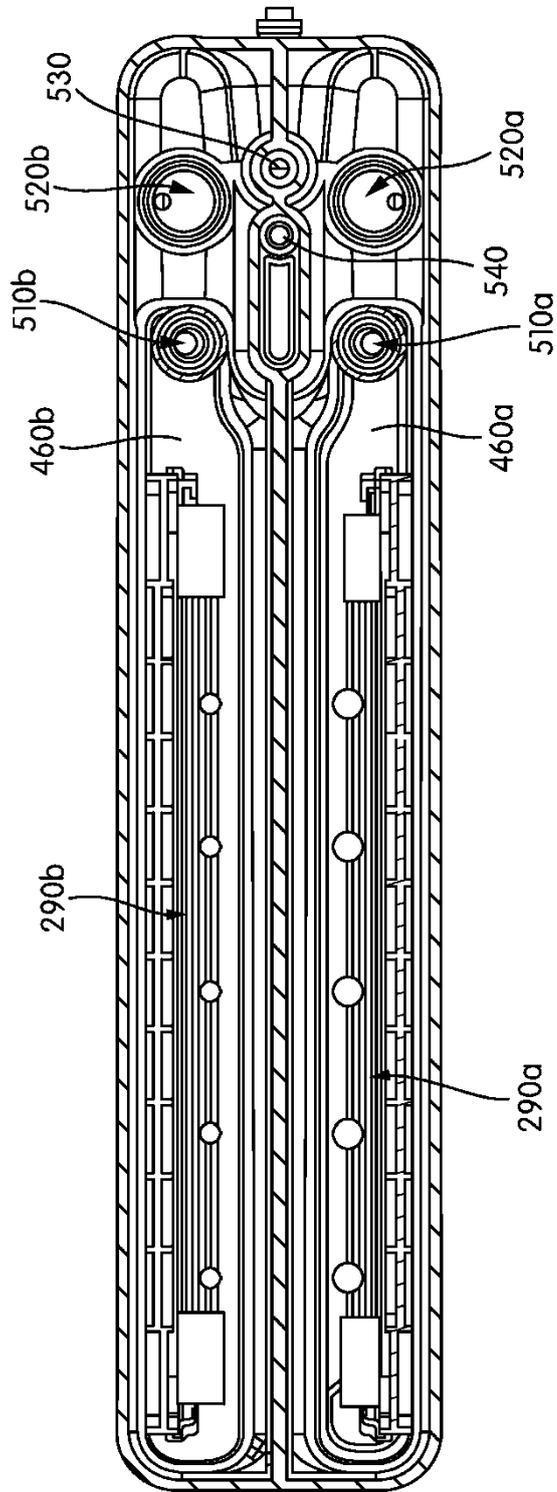


FIG. 14

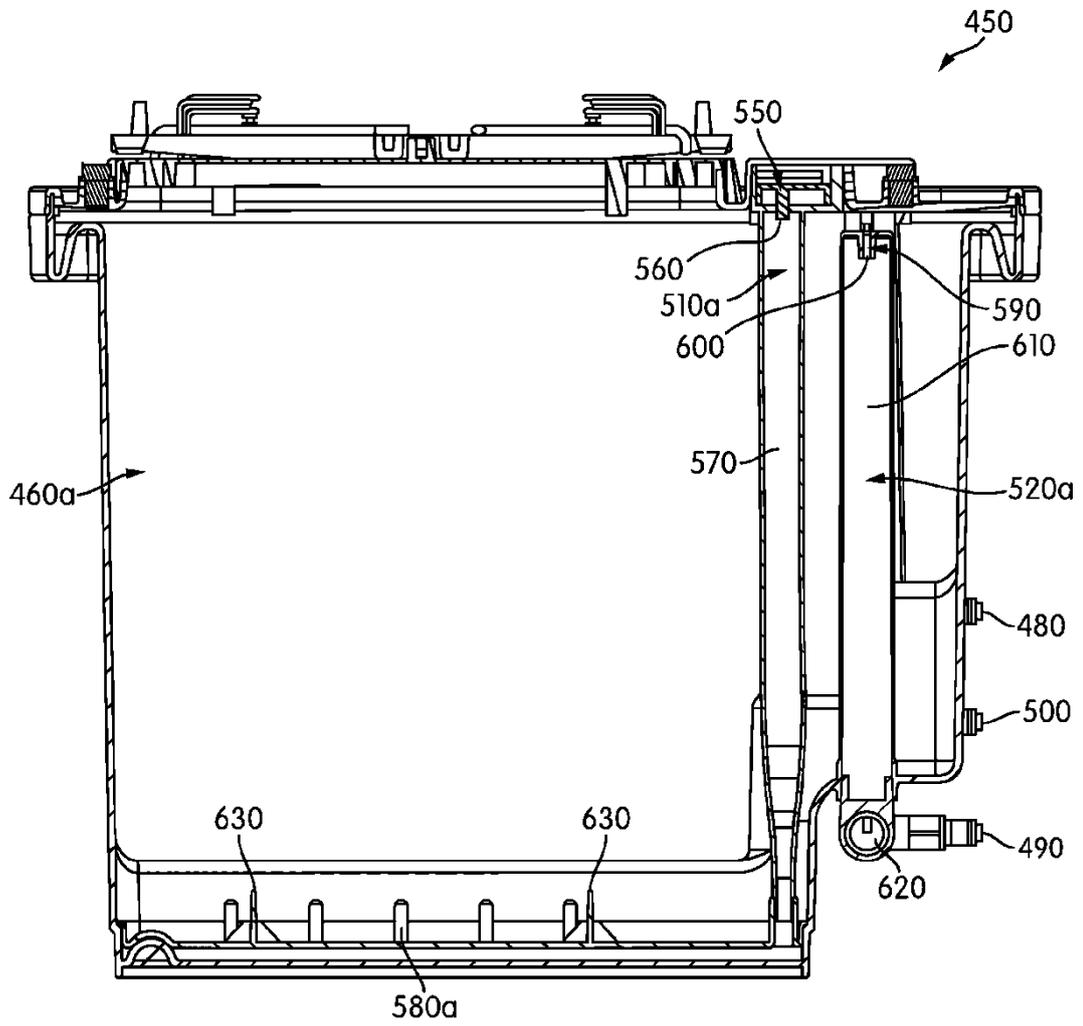


FIG. 15

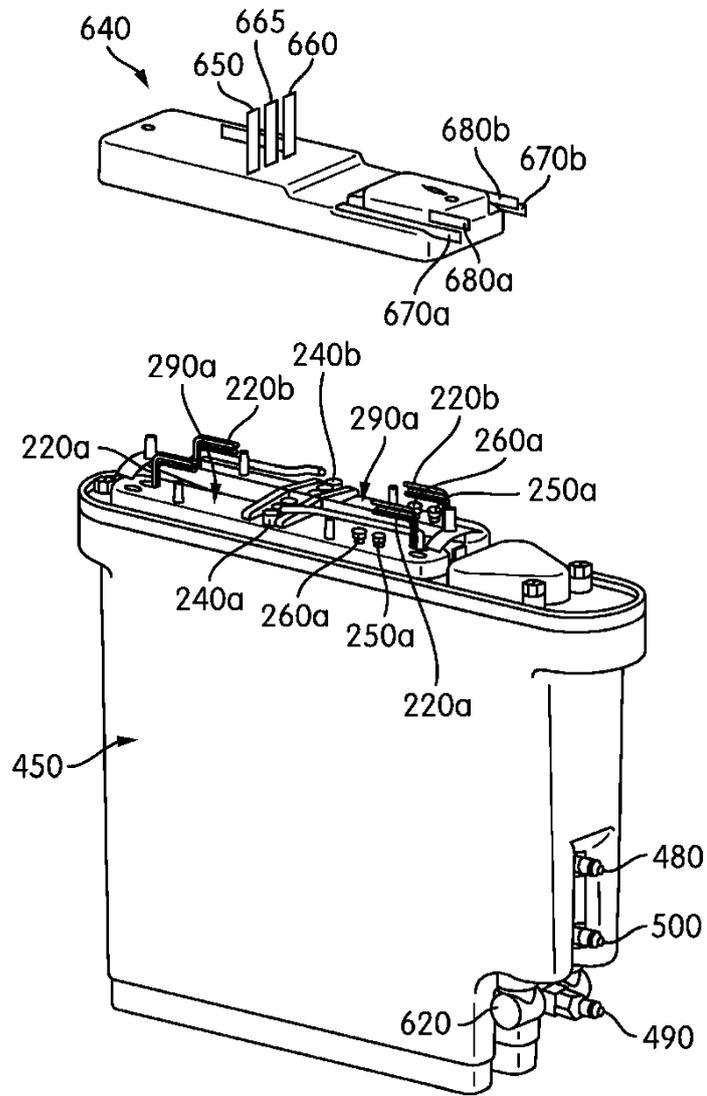


FIG. 16

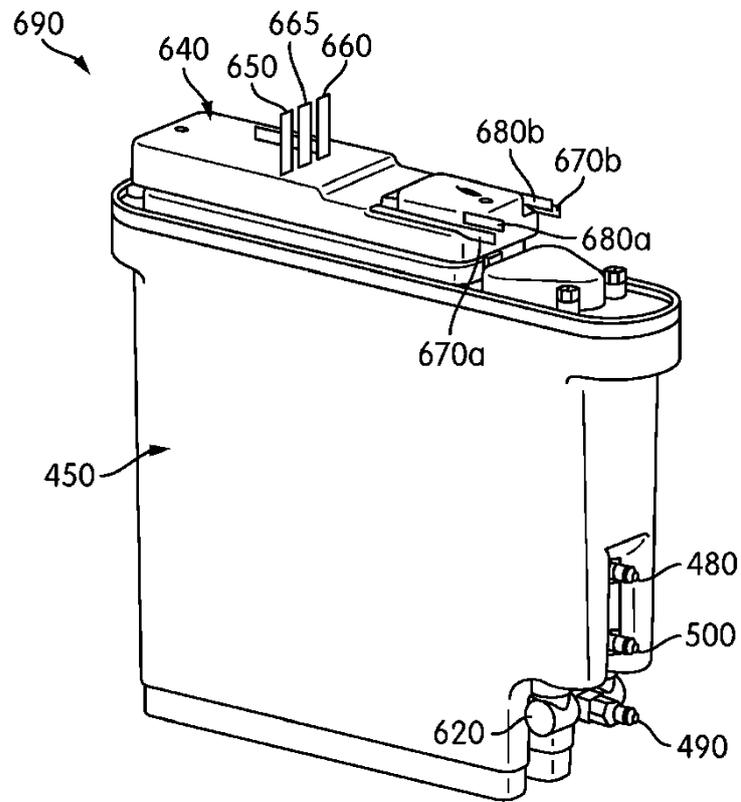


FIG. 17

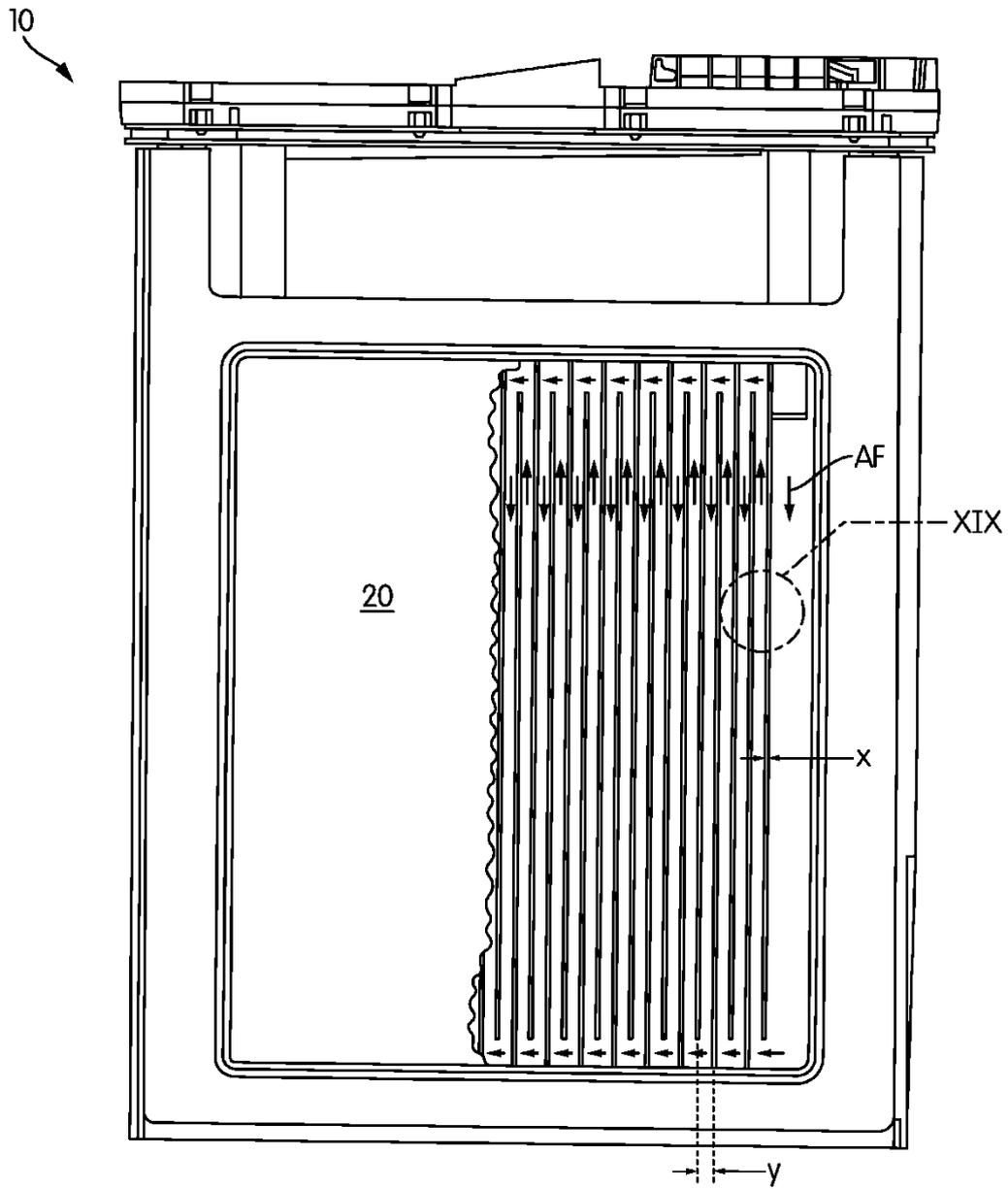


FIG. 18

