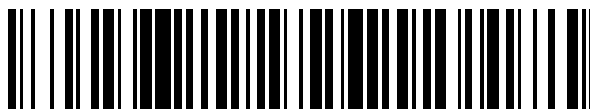


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 751 166**

51 Int. Cl.:

H01M 2/38 (2006.01)
H01M 2/40 (2006.01)
H01M 8/18 (2006.01)
H01M 10/42 (2006.01)
H01M 12/06 (2006.01)
H01M 12/08 (2006.01)
B01F 3/04 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **31.01.2012** **PCT/US2012/023386**
87 Fecha y número de publicación internacional: **09.08.2012** **WO12106369**
96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **31.01.2012** **E 12705191 (0)**
97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **11.09.2019** **EP 2671273**

54 Título: **Sistema de células electroquímicas con interrupción de corriente de derivación**

30 Prioridad:

04.02.2011 US 201161439759 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, JOHN MICHAEL;
HAYES, JOEL R. y
FRIESEN, GRANT

74 Agente/Representante:

GARCÍA GONZÁLEZ, Sergio

ES 2 751 166 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Sistema de células electroquímicas con interrupción de corriente de derivación

- 5 La presente solicitud reivindica prioridad respecto de la Solicitud Provisional de los Estados Unidos con N.º de Serie 61/439,759, presentada el 4 de febrero de 2011.

Campo

- 10 La presente invención se refiere, en general, a un sistema de células electroquímicas y, más particularmente, con un sistema de células electroquímicas que utiliza un electrolito líquido.

- El documento de patente US 3 098 890 A se refiere a un sistema para pulverizar un líquido tal como un fluido de limpieza, en el que el aparato transmisor de líquido y de corriente eléctrica no transmisiva está adaptado para
15 permitir el paso a través del mismo de líquido al tiempo que evita el paso de corriente eléctrica a través del mismo.

- El documento de patente GB 2 161 316 A se refiere a un sistema de células electroquímicas que utiliza un electrolito líquido y un sistema de dispersión.
20

Antecedentes

- Muchos tipos de células electroquímicas utilizan un electrolito líquido para soportar reacciones electroquímicas dentro de la célula. Por ejemplo, un sistema de células electroquímicas de metal-aire puede comprender una
25 pluralidad de células, cada una de las cuales tiene un electrodo de combustible que sirve como un ánodo en el que se oxida el combustible metálico, y un cátodo de respiración de aire en el que se reduce el oxígeno del aire ambiente. Dicha célula también puede comprender un electrolito para comunicar los iones oxidados/reducidos entre los electrodos. Por ejemplo, véase la Publicación de Patente de los Estados Unidos N.º 2009/0284229. En algunos sistemas de células electroquímicas que comprenden una pluralidad de células electroquímicas, el
30 electrolito puede ser compartido por múltiples células. Por ejemplo, el electrolito puede fluir en serie de una célula a otra, como se describe en la Solicitud de Patente de los Estados Unidos 12/631,484. En otros sistemas de células electroquímicas, el electrolito puede ser compartido por múltiples células, pero puede fluir parcialmente en paralelo.

- 35 En algunos sistemas de células electroquímicas que comparten el electrolito entre múltiples células electroquímicas, puede surgir una corriente de derivación, una corriente parasitaria o contraproducente que fluye a través del medio iónicamente conductor entre electrodos de diferentes células. En algunos casos, la corriente de derivación puede ser más pronunciada entre la primera célula y la última célula en una pluralidad de células electroquímicas conectadas en serie, porque tienen la mayor diferencia de potencial. En las células afectadas por
40 la corriente de derivación, puede ser útil interrumpir el flujo del electrolito para que la corriente de derivación no pueda viajar a través del electrolito. Se conocen algunos interruptores de corriente de derivación que interrumpen el flujo de corriente. Por ejemplo, véanse las Patentes de los Estados Unidos N.º 3,811,945, 4,371,433 y 4,894,294.

- 45 Entre otras mejoras, la presente solicitud también se esfuerza por proporcionar una forma efectiva y mejorada de prevenir la corriente de derivación por medio de la interrupción del flujo de corriente.

Sumario

- 50 De acuerdo con un primer aspecto de la presente invención, se proporciona un sistema de células electroquímicas que comprende dos o más células electroquímicas, cada una de las cuales comprende: (i) un electrodo de combustible que comprende un combustible metálico, y (ii) un electrodo oxidante separado del electrodo de combustible; un medio iónicamente conductor para conducir iones entre los electrodos de combustible y oxidante para soportar reacciones electroquímicas en los electrodos de combustible y oxidante,
55 una trayectoria de circulación para hacer fluir el medio iónicamente conductor a través y entre las células, en el que el electrodo de combustible y el electrodo oxidante están configurados para, durante la descarga, oxidar el combustible metálico en el electrodo de combustible y reducir un oxidante en el electrodo oxidante para generar una diferencia de potencial de descarga entre los mismos para la aplicación a una carga; y uno o más sistemas de dispersión posicionados a lo largo de la trayectoria de circulación y configurados para interrumpir una
60 corriente de derivación eléctrica en el medio iónicamente conductor entre al menos dos de las células electroquímicas, comprendiendo cada sistema de dispersión: (a) un dispersador configurado para separar el medio iónicamente conductor en una pluralidad de gotitas discretas, y (b) una cámara dispersadora de salida para recibir la pluralidad de gotitas discretas, y recoger la pluralidad de gotitas discretas para recombinarse en medio iónicamente conductor recombinado, en el que al menos uno de los uno o más sistemas de dispersión
65 además comprende una entrada de aire configurada para permitir que ingrese aire en una cámara dispersadora

de entrada y una bomba de aire configurada para bombear una cantidad de aire en una cámara de post-dispersión a través de la entrada de aire.

De acuerdo con un segundo aspecto de la presente invención, se proporciona un procedimiento para interrumpir la corriente eléctrica en un medio iónicamente conductor, en una célula electroquímica de un sistema de acuerdo con el aspecto anterior. El procedimiento comprende: dispersar, en la cámara dispersadora de entrada, el medio iónicamente conductor en una pluralidad de gotitas discretas; permitir, en la cámara dispersadora de salida, que la pluralidad de gotitas discretas se recombine en medio iónicamente conductor recombinado; añadir una cantidad de aire a la cámara de post-dispersión para inhibir el crecimiento de espuma iónicamente conductora en el medio iónicamente conductor recombinado.

Otros aspectos de la presente invención resultarán evidentes a partir de la siguiente descripción detallada, los dibujos adjuntos y las reivindicaciones adjuntas.

Breve descripción de los dibujos

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

La Figura 1A ilustra una vista lateral de una realización de un sistema de células electroquímicas que tiene un módulo de célula electroquímica y un sistema dispersador asociado;

La Figura 1B ilustra esquemáticamente el sistema de células electroquímicas de la Figura 1A, destacando las conexiones entre el módulo de células electroquímicas y el sistema dispersador asociado;

La Figura 2 ilustra una vista en perspectiva aislada de una realización del sistema de células electroquímicas y el sistema dispersador asociado;

La Figura 3 ilustra una vista en sección transversal superior de una base del sistema dispersador configurado para permitir que el medio iónicamente conductor fluya hacia una pluralidad de células electroquímicas del sistema de células;

La Figura 4 ilustra una vista frontal de otra realización del sistema de células electroquímicas;

La Figura 5 ilustra una vista lateral en sección transversal de una realización de una cámara dispersadora del sistema dispersador;

La Figura 6 ilustra una vista en corte de otra realización de la cámara dispersadora de la Figura 5;

La Figura 7 ilustra una vista aislada de una realización de un dispersador de la cámara dispersadora;

La Figura 8 ilustra una vista esquemática de una realización de una trayectoria de flujo para un medio iónicamente conductor a través del sistema de células electroquímicas y el sistema dispersador asociado de la Figura 1A;

La Figura 9 ilustra una vista esquemática de otra realización de una trayectoria de flujo para el medio iónicamente conductor a través del sistema de células electroquímicas y el sistema dispersador asociado;

La Figura 10 ilustra una vista en sección transversal de una porción del sistema de células electroquímicas que incluye dos células electroquímicas;

La Figura 11 ilustra una vista ampliada de una porción de la vista de la Figura 10;

La Figura 12 ilustra una vista en sección lateral de la porción del sistema de células electroquímicas de la Figura 10, que muestra un electrodo de combustible y una pluralidad de separadores conectados a un portaelectrodos;

La Figura 13 ilustra una realización de una carcasa para una o más células electroquímicas que tiene un sistema dispersador integrado en la misma para dispersar un medio iónicamente conductor que fluye a través de una trayectoria de flujo en la carcasa;

La Figura 14 ilustra la carcasa de la Figura 13, con múltiples colectores de flujo en la misma para dirigir el flujo a través de carriles de flujo asociados con una o más células electroquímicas ensambladas en la carcasa;

La Figura 15 ilustra una vista en perspectiva y en despiece ordenado de un conjunto de células que muestra placas de cubierta para la carcasa de la Figura 13, para contener el flujo dentro de la carcasa y para permitir el acceso de aire a uno o más cátodos de aire de una o más células electroquímicas;

La Figura 16A-C ilustra vistas en perspectiva y laterales del divisor de flujo para dividir el flujo de medio iónicamente conductor dentro de la carcasa de la Figura 13 en caras opuestas de la carcasa; y

La Figura 17 ilustra un conjunto de una pluralidad de conjuntos de células de la Figura 15, dispuestos de modo que el aire pueda alcanzar el uno o más cátodos de aire a través de las placas de cubierta.

Descripción detallada

La Figura 1A ilustra una vista lateral de un sistema de células electroquímicas 10. El sistema de células 10 incluye un módulo de célula electroquímica 100 que tiene una pluralidad de células 105 configuradas para utilizar un medio iónicamente conductor que fluye a través de las mismas para conducir iones en las mismas. El medio iónicamente conductor se describirá con mayor detalle a continuación. Se puede apreciar que el sistema de

células electroquímicas 10 representado aquí es meramente ejemplar, y en otras realizaciones las funciones o componentes del sistema de células electroquímicas 10 y/o las células 105 pueden variar. Por ejemplo, en diversas realizaciones, el medio iónicamente conductor puede fluir a través de múltiples células 105 a través de cualquier mecanismo apropiado, incluyendo, pero sin limitarse a ser bombeado de manera continua o pulsada, o impulsado por un flujo convectivo generado por la evolución de gas dentro de la célula, como se describe en la Solicitud de Patente Provisional de los Estados Unidos con N.º de Serie 61/555,982. Además, en algunas realizaciones, las porciones del sistema de células electroquímicas 10, tales como, pero sin limitación, una o más de la pluralidad de células 105 en el mismo, y/o las porciones constituyentes del mismo, pueden ser de cualquier estructura o composición adecuada, incluyendo, pero sin limitación a estar formadas de plástico, metal, resina o combinaciones de los mismos. Por consiguiente, cada sistema de células electroquímicas 10 se puede ensamblar de cualquier manera, incluso se puede formar a partir de una pluralidad de elementos que están moldeados integralmente, etc. En diversas realizaciones, los sistemas de células electroquímicas 10, las células 105 de los mismos, y/o las carcasas asociadas con los mismos pueden incluir elementos o disposiciones de uno o más de las Solicitudes de Patente de los Estados Unidos con N.º 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, 13/230,549, 13/299,167, 61/509,390, 61/515,749, 61/555,952, 61/556,000, 61/556,011 y 61/556,021. Como se muestra en la realización ilustrada, el sistema de células 10 puede incluir un depósito R de medio iónicamente conductor en exceso y una bomba de flujo FP configurada para hacer fluir el medio iónicamente conductor a través del sistema de células 10. Como se ilustra, el módulo de célula 100 puede tener al menos una entrada de célula 120, configurada para permitir que el medio iónicamente conductor entre en el módulo de célula 100, y al menos una salida de célula 130 configurada para permitir que el medio iónicamente conductor salga del módulo de célula 100. Más detalles del módulo de célula electroquímica 100 y cada célula 105 se explicará a continuación.

Dado que el medio iónicamente conductor es eléctricamente conductor, el flujo de medio iónicamente conductor a través de múltiples células 105 puede causar corriente de derivación, corriente parásita o contraproducente que fluye a través del medio iónicamente conductor dentro del sistema de células entre electrodos de diferentes células. 105, reduciendo una diferencia de potencial general a través del módulo de célula 100. 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 un cierto aislamiento de corriente. Para separar físicamente el medio iónicamente conductor en el sistema de células 10, el sistema de células 10 también incluye un sistema dispersador de flujo 200, que se describe a continuación.

Como se ilustra, el sistema dispersador de flujo 200 incluye una cámara dispersadora de entrada 210 configurada para dispersar el flujo de medio iónicamente conductor antes de ingresar el módulo de célula 100 a través de la entrada de célula 120, y una cámara dispersadora de salida 215 configurada para romper el flujo del medio iónicamente conductor después de que sale del módulo de célula 100 a través de la salida de célula 130. La corriente de derivación puede ser bidireccional, por lo que es ventajoso el aislamiento de corriente en ambos lados de las células 105 en la trayectoria del flujo del medio iónicamente conductor. Como se muestra, la cámara dispersadora de entrada 210 está conectada a una bomba de aire AP, como se explicará con mayor detalle a continuación. Detalles adicionales de la cámara dispersadora de entrada 210 y la cámara dispersadora de salida 215 también se describen a continuación.

La Figura 1B ilustra con mayor detalle la trayectoria de flujo de la realización no limitativa de la Figura 1A, y en particular muestra las conexiones fluidicas entre el módulo de célula 100 y la cámara dispersadora de entrada 210 y la cámara dispersadora de salida 215. La trayectoria de flujo de la Figura 1B se muestra esquemáticamente y, por lo tanto, no pretende ser limitante de ninguna manera. Detalles adicionales de las realizaciones de las trayectorias de flujo del medio iónicamente conductor también se explicarán a continuación.

Con referencia ahora a la Figura 2, en una realización no limitante, el módulo de célula 100 incluye más de una célula 110, cada una de las cuales comprende dos de las células 105 (ocultas en la Figura 2). Las configuraciones de las bicélulas 110 se analizan con mayor detalle a continuación. En la realización ilustrada, el módulo de célula 100 incluye ocho bicélulas 110a-h. Aunque se muestran ocho, se puede usar cualquier número. Como muestra la realización de la Figura 2, cada bicélula 110 puede estar asociada con una de las entradas de célula 120 que permiten que el medio iónicamente conductor entre en la bicélula 110. En la realización ilustrada que muestra las bicélulas 110a-h, cada entrada de célula 120 se designa individualmente como entradas de célula 120a-h. Asimismo, cada bicélula 110 puede estar asociada con una de las salidas de célula 130 que permite que el medio iónicamente conductor salga de la bicélula 110 a medida que el medio iónicamente conductor se bombea a través del módulo de célula 100. En la realización ilustrada, las bicélulas 110a-h están asociadas con las correspondientes salidas de célula 130a-h (en el que las salidas de célula 130e-h están ocultas en la Figura). En una realización, el medio iónicamente conductor, que fluye desde la única entrada 120, puede dividirse en la célula 110 para fluir a través de ambas células 105 en paralelo, y recombinarse para fluir hacia una única salida 130.

Como se muestra en la realización ilustrada, el sistema dispersador 200 incluye dos cámaras dispersadoras de

entrada 210 (individualmente 210a y 210b), que están ubicadas en la trayectoria de flujo del medio iónicamente conductor antes de las entradas de célula 120. Como se muestra, el medio iónicamente conductor puede ingresar en las cámaras dispersadoras de entrada 210 desde el depósito R (y la bomba de flujo FP) a través de una entrada de sistema dispersador 220, en el que el medio iónicamente conductor puede dividirse en las múltiples cámaras dispersadoras de entrada 210 (es decir, las cámaras dispersadoras de entrada 210a-b) a través de un colector dispersador de entrada 225 (cuya configuración interna está oculta en la Figura 2). En una realización, como se muestra, cada cámara dispersadora de entrada 210 puede estar asociada con un subconjunto particular de las bicélulas 110 (es decir, un conjunto de bicélulas 140). Por ejemplo, en la realización ilustrada, en la que hay ocho bicélulas 110a-h y dos cámaras dispersadoras de entrada 210a-b, un primer conjunto de bicélulas 140a puede comprender bicélulas 110a-d, y puede estar asociado con la cámara dispersadora de entrada 210a, mientras que un segundo conjunto de bicélulas 140b puede comprender bicélulas 110e-h, y puede estar asociado con la cámara dispersadora de entrada 210b. Aunque se omite en la Figura 2, el primer conjunto de bicélulas 140a se puede asociar adicionalmente con la cámara dispersadora de salida 215a, mientras que el segundo conjunto de bicélulas 140b se puede asociar adicionalmente con la cámara dispersadora de salida 215b.

Aunque la configuración interna está oculta en la Figura 2, al menos un colector de entrada 240 se puede configurar para dividir las trayectorias de flujo del medio iónicamente conductor que sale de cada cámara dispersadora de entrada 210 de modo que el medio iónicamente conductor pasa a través de cada bicélula 110 de cada conjunto de bicélulas 140 en paralelo. En la Figura 3 se muestra una vista superior que muestra el colector de entrada 240a, la cámara dispersadora asociada 210a y las células asociadas 105 del conjunto de bicélulas 140a. Como se muestra, el medio iónicamente conductor puede salir de la base de la cámara dispersadora de entrada 210a, en la que puede dividirse por el colector de entrada 240a, de modo que ingrese a las entradas de célula 120a-d de las bicélulas 110a-d del conjunto de bicélulas 140a en paralelo. Volviendo a la Figura 2, aunque no se muestra de forma aislada, también puede darse el caso de que el colector de entrada 240b tenga la misma construcción que el colector de entrada 240a y, de este modo, divide el medio iónicamente conductor cuando sale de la cámara dispersadora 210b para que ingrese en las entradas de célula 120e-h de las bicélulas 110e-h del conjunto de bicélulas 140b en paralelo. Una vez que el medio iónicamente conductor ha pasado a través del módulo de célula 100, y ha salido en paralelo a través de las salidas de célula 130 asociadas con cada conjunto de bicélulas 140, puede recombinarse por al menos un colector de salida 250.

La estructura interna del colector de salida 250 también se oscurece en la Figura 2. Funcionando en reversa con el colector de entrada 240, cada colector de salida 250, tal como el colector de salida 250a asociado con el conjunto de bicélulas 140a, puede recibir medio iónicamente conductor desde las salidas de célula 130a-d, recombinando el medio iónicamente conductor para enviar a la cámara dispersadora de salida asociada 215a, que no se muestra en la Figura 2. Del mismo modo, el colector de salida 250b (oscurecido en la Figura 2) puede recombinar el medio iónicamente conductor que ha pasado a través del conjunto de bicélulas 140b y las salidas de célula 130e-h (oscurecidas en la Figura 2), permitiendo que el medio iónicamente conductor fluya hacia la cámara dispersadora de salida 215b (que tampoco se muestra en la Figura 2).

Aunque todavía puede ocurrir algo de corriente de derivación entre las células 105 en la célula 110, o entre las células 105 en el conjunto 140, el efecto de dicha corriente de derivación en el módulo de célula 100 es generalmente mayor entre la primera y última células 105 en el módulo de célula 100 (es decir, en la realización ilustrada, la corriente de derivación que existiría entre la primera célula 105 de bicélula 110a y la última célula 105 de bicélula 110h). Para evitar de manera más completa la corriente de derivación, en algunas realizaciones no limitantes, los colectores de entrada 240 y los colectores de salida 250 podrían no usarse, y cada célula 105 o bicélula 110 puede tener su propia cámara dispersadora de entrada 210 asociada y/o cámara dispersadora de salida 215, como se describe con mayor detalle a continuación. En otras realizaciones, se puede permitir una corriente de derivación mínima, y el sistema dispersador 200 del sistema de células 10 puede incluir tan solo una cámara dispersadora de entrada 210 y/o una cámara dispersadora de salida 215 para evitar o reducir la corriente de derivación entre la primera célula 105 y la última célula 105 de la serie en el módulo de célula 100. El uso de bicélulas 110, y/o el uso de colectores de entrada 240 y colectores de salida 250 para asociar múltiples células 105 con cada cámara dispersadora de entrada 210 y/o cámara dispersadora de salida 215 es opcional, y no pretende ser limitante de ninguna manera. Por lo tanto, en diversas realizaciones, los conjuntos de las células 105 o bicélulas 110 pueden conectarse de forma fluida en serie, en paralelo, o combinaciones de los mismos. El conjunto de las células 105 y/o bicélulas 110 se puede configurar para reducir la fuga de corriente, o para minimizarla a un nivel aceptable. En algunas realizaciones, las células 105 conectadas en serie pueden tener una trayectoria de electrolito serpentina de alta resistencia entre las mismas, y cada módulo 100 con el flujo conectado en paralelo puede utilizar cámaras dispersoras de entrada 210 y/o cámaras dispersoras de salida 215 entre las mismas para aislamiento.

En la Figura 4, se muestra una vista frontal de otra realización del sistema de células electroquímicas 10 que incluye veinticuatro bicélulas 110a-x agrupadas en seis conjuntos de bicélulas 140a-f. De nuevo, cada conjunto de bicélulas 140a-f tiene una cámara dispersadora de entrada asociada 210a-f y una cámara dispersadora de salida 215a-f. Como se muestra, la bomba de flujo FP puede estar montada en el depósito R, y puede hacer fluir

el medio iónicamente conductor por encima del módulo de célula 100. El medio iónicamente conductor puede ingresar en la entrada de sistema dispersador 220, donde puede dividirse en cada una de las cámaras de entrada del dispersador 210a-f por medio del colector dispersador de entrada 225. El medio iónicamente conductor puede entonces dispersarse por las cámaras dispersadoras de entrada 210a-f antes de ingresar en cada conjunto de bicélulas asociado 140a-f, como se describe arriba y se ilustra en la Figura 3. Después de ser bombeado a través de los conjuntos de bicélulas 140a-f, el medio iónicamente conductor puede ingresar en las cámaras dispersadoras de salida 215a-f, antes de volver a ingresar en el depósito R. De nuevo, también son posibles otras configuraciones del sistema de células electroquímicas 10, y la realización ilustrada no pretende ser limitante de ninguna manera.

La Figura 5 muestra una realización de las cámaras dispersoras de entrada 210 con mayor detalle. Como se muestra, cada cámara dispersadora de entrada 210 incluye una entrada de aire 260 y una entrada de fluido de cámara 270. La función de las entradas de aire 260, que pueden estar conectadas a la bomba de aire AP, se discute en mayor detalle a continuación. Como se muestra en la realización ilustrada, el medio iónicamente conductor puede ingresar en la cámara dispersadora de entrada 210 a través de la entrada de fluido de cámara 270. La entrada de fluido de cámara 270 puede abrirse en cualquier área superior de la cámara dispersadora de entrada 210 que incluye, pero no se limita a, un lado de la cámara dispersadora de entrada 210, como se muestra en la realización de la Figura 5, la parte superior de la cámara dispersadora de entrada 210, como se muestra en la realización de la Figura 6, etc. En una realización, el medio iónicamente conductor puede ingresar en la cámara dispersadora de entrada 210 a través de la entrada de fluido de cámara 270 desde la entrada de sistema de dispersión 220. En las realizaciones en las que hay múltiples cámaras dispersadoras 210, el medio iónicamente conductor puede ingresar en las múltiples entradas de fluido de cámara 270 a través del colector dispersador de entrada 225.

El flujo de medio iónicamente conductor en la entrada de fluido de cámara 270 puede tener cualquier velocidad adecuada. En diversas realizaciones, el caudal puede depender de cualquier número de consideraciones, que incluyen, entre otras, la configuración de una bomba de flujo FP, el tamaño y la forma de la entrada de la entrada de fluido de cámara 270, el tamaño y la forma de la trayectoria de flujo antes de la cámara dispersadora de entrada 210, y/o las propiedades del medio iónicamente conductor tal como densidad, viscosidad y condiciones ambientales tales como temperatura y presión. En una realización, el medio iónicamente conductor puede fluir hacia cada entrada de fluido de cámara 270 a una velocidad de aproximadamente dos litros por minuto.

Volviendo a la Figura 5, una vez que el medio iónicamente conductor pasa a través de la entrada de fluido de cámara 270, puede ingresar en una cámara de pre-dispersión 280. El tamaño y la forma de la cámara de pre-dispersión 280, en una realización, se pueden configurar para disminuir el flujo del medio iónicamente conductor. En algunas realizaciones, la cámara de pre-dispersión 280 se puede configurar para alojar un depósito de medio iónicamente conductor. En otras realizaciones, la cámara de pre-dispersión 280 se puede configurar para mantener aire en la misma, tal como una burbuja de aire, de modo que se pueda formar una piscina de medio iónicamente conductor. En una realización, dicho conjunto de medio iónicamente conductor puede estar contenido en una porción inferior 290 de la cámara de pre-dispersión 280.

Debajo de la porción inferior 290 de la cámara de pre-dispersión 280 puede estar situado un dispersador 300. El dispersador 300 puede estar configurado para romper el flujo del medio iónicamente conductor en una ducha o una pulverización, de modo que cualquier conexión eléctrica formada en el medio iónicamente conductor, incluyendo, pero no limitado a la corriente de derivación, se rompe por el espacio entre las gotitas individuales de medio iónicamente conductor. El dispersador 300 puede adoptar cualquier forma o construcción adecuada, y en una realización puede incluir una o más boquillas 310 a través de las cuales puede dispersarse el medio iónicamente conductor. El medio iónicamente conductor dispersado puede entonces caer dentro de una cámara post-dispersión 320 como gotitas discretas, como un cabezal de ducha, interrumpiendo cualquier corriente eléctrica que fluya a través de la misma. En una realización, la cámara post-dispersión 320 puede ser una cámara cerrada de cualquier forma adecuada, de longitud suficiente para permitir que gotitas discretas de medio iónicamente conductor caigan y se separen unas de otras como gotitas individuales. En la parte inferior de la cámara de post-dispersión 320 puede haber una salida de fluido de cámara 330, que puede reconectarse con la trayectoria de flujo para permitir que el medio iónicamente conductor continúe a través del módulo de célula 100. Al igual que la entrada de fluido de cámara 270, la salida de fluido de cámara 330 puede estar ubicado en un lado de la cámara dispersadora de entrada 210, o en el fondo de la cámara dispersadora de entrada 210.

En una disposición no conforme a la invención, la gravedad impulsa la caída del medio iónicamente conductor a través de la cámara dispersadora de entrada 210, y la salida de fluido de cámara 330 se ubicará debajo (es decir, en la dirección de la fuerza gravitacional) del fluido de la cámara entrada 270. En otra disposición no conforme a la invención, otra bomba de flujo FP puede extraer medio iónicamente conductor desde la salida de fluido de cámara 330 al módulo de célula 100. En otra disposición no conforme a la invención, la presión de flujo puede empujar el medio iónicamente conductor a través del dispersador 300, o una combinación de presión de flujo y gravedad puede conducir el medio iónicamente conductor a través del dispersador 300. De acuerdo con la invención, la presión de aire en la cámara de post-dispersión 320 creada a través de la entrada de aire desde la

entrada de aire 260 mantiene un cabezal de presión en el medio iónicamente conductor para que continúe impulsando el flujo del medio iónicamente conductor a través del módulo de célula 100 y el resto de la trayectoria de flujo del sistema de células 10, de modo que una bomba de flujo FP entre el depósito R y la cámara dispersadora de entrada 210 sea capaz de bombear medio iónicamente conductor a través del sistema de células 10 de regreso al depósito R, como se mostró en la Figura 1.

A medida que el medio iónicamente conductor cae a través de la cámara de post-dispersión 320 de la cámara dispersadora de entrada 210, puede agruparse en una porción inferior 340 de la cámara de post-dispersión 320, antes de fluir hacia la trayectoria de flujo a través de la salida de fluido de cámara 330. En una realización, la porción inferior 340 de la cámara de post-dispersión 320 se puede formar integralmente con el colector de entrada 240, similar a la configuración de la base de la cámara dispersadora de entrada 210a mostrada en la Figura 3. Volviendo a la Figura 5, en diversas realizaciones, la forma, el tamaño, el número y la configuración de una o más boquillas 310 del dispersador 300 se pueden configurar para modificar el caudal de modo que un caudal generalmente constante para el medio iónicamente conductor se proporciona desde la salida de fluido de cámara 330. En una realización, el caudal del medio iónicamente conductor fuera de la salida de fluido de cámara 330 puede ser sustancialmente el mismo que el caudal que ingresa en la entrada de fluido de cámara 270. En una realización, la forma y el tamaño de la cámara de post-dispersión 320 y/o la forma y el tamaño de la salida de fluido de cámara 330 se pueden configurar adicional o alternativamente para influir en el caudal del medio iónicamente conductor fuera de la salida de fluido de cámara 330.

En una realización, al menos una porción de las cámaras dispersadoras de entrada 210 están selladas. Tal configuración sellada puede servir para evitar la evaporación de electrolitos, para mantener la carga de presión desde la bomba de flujo FP, o por cualquier otra razón. En una realización, solo las cámaras de post-dispersión 320 de la cámara dispersadora de entrada 210 están selladas, debido a una mayor probabilidad de evaporación cuando el medio iónicamente conductor está en forma dispersa. Tal configuración sellada de al menos la cámara de post-dispersión 320 puede dar como resultado un nivel de humedad aumentado en la cámara de post-dispersión 320. Debido a la naturaleza del medio iónicamente conductor, la configuración del dispersador 300, tal como la configuración de la pluralidad de boquillas 310, la humedad en la cámara de post-dispersión 320, o por cualquier otra razón, puede producirse espuma del medio iónicamente conductor en la cámara dispersadora de entrada 210 a medida que el medio iónicamente conductor se dispone en la porción inferior 340 de la cámara de post-dispersión 320. En algunos casos, el medio iónicamente conductor espumado puede conducir electricidad a través del mismo, tal como si el medio iónicamente conductor espumado entrara en contacto con el medio iónicamente conductor en las boquillas 310. Como tal, si no se suprime la espuma del medio iónicamente conductor, se puede superar la dispersión del medio iónicamente conductor a través del dispersador 300, y la corriente eléctrica, tal como la corriente de derivación a través del medio iónicamente conductor, puede reanudarse ininterrumpidamente. Adicionalmente, o alternativamente, un diferencial de presión en el módulo de célula 100 puede absorber aire con el tiempo en la cámara de post-dispersión 320 a través de la cual caen las gotitas discretas, lo que puede reducir o eliminar la eficacia de las cámaras dispersadoras de entrada 210.

Con el fin de amortiguar o suprimir la formación de espuma de medio iónicamente conductor, y/o para mantener una cantidad de aire en la cámara de post-dispersión 320, la cámara dispersadora de entrada 210 comprende las entradas de aire 260, como se indicó anteriormente. Como se muestra, la entrada de aire 260 se puede configurar para permitir que el aire ingrese en la cámara de post-dispersión 320 desde la parte superior, cerca del dispersador 300. En otras realizaciones, la entrada de aire 260 puede ingresar en el lado de la cámara de post-dispersión 320, o cualquier otra área adecuada. Como se puede apreciar en la Figura 7, en una realización, la entrada de aire 260 se puede formar junto con el dispersador 300, en un cuerpo que comprende la porción inferior 290 de la cámara de pre-dispersión 280. Volviendo a la Figura 5 de acuerdo con la invención, la adición de aire presurizado a la cámara de post-dispersión 320 sobre la piscina de medio iónicamente conductor que se forma en la porción inferior 340 presuriza la cámara de post dispersión para suprimir la formación de espuma del medio iónicamente conductor, evitando que el medio iónicamente conductor se eleve como espuma a través de la cámara de post-dispersión 320. En una realización, el aire puede ingresar en la entrada de aire 260 a una velocidad de aproximadamente veinte mililitros por minuto. En diversas realizaciones, y en diversos momentos, el caudal de aire puede diferir. Por lo tanto, la velocidad de flujo de aire no está limitada. Sin embargo, en algunas realizaciones, el caudal de aire puede variar de 1 ml a 50 ml por minuto por litro por minuto de flujo de electrolito. En una realización, el aire puede ser bombeado a la entrada de aire 260 por medio de una bomba de aire AP. En una realización, puede haber una bomba de aire AP para todas las entradas de aire a través de todas las cámaras dispersadoras de entrada 210, en la que las entradas de aire 260 están conectadas por uno o más colectores de aire, que pueden conectar las entradas de aire 260 a través de una tubería. En otra realización, puede haber una pluralidad de bombas de aire AP, de modo que cada entrada de aire 260 puede tener una bomba de aire AP asociada.

En algunas realizaciones con una pluralidad de cámaras dispersadoras de entrada 210, el aire en cada cámara dispersadora 210 puede verse afectado por variaciones en las células 105 o conjuntos de bicélulas 140 de las mismas, y el flujo del medio iónicamente conductor a través de las mismas. En algunos casos, puede producirse una mayor caída de presión en un conjunto de bicélulas 140 (es decir, el conjunto de bicélulas 140a) que en otro

conjunto de bicélulas 140 (es decir, el conjunto de bicélulas 140b). Tal caída de presión puede hacer que la presión dentro de la cámara de post-dispersión 320 exceda la presión externa suministrada por la bomba de aire AP en una cámara dispersadora de entrada 210 dada, reduciendo o eliminando la cantidad de aire en la misma. En una realización, se puede utilizar una válvula de retención que contiene un material hidrófobo en la cámara dispersadora de entrada 210 para evitar la fuga de medio iónicamente conductor a través de la entrada de aire 260 si el nivel de medio iónicamente conductor se eleva a una altura excesiva. Como se muestra en la realización de la Figura 6, en algunas realizaciones, la entrada de aire 260 se puede configurar para tener un tamaño suficientemente pequeño para crear una presión externa que exceda la presión interna. En una realización, el tamaño de la boquilla de la entrada de aire 260 se puede configurar para mantener una presión del lado del aire de 3,5 psi (24.131,7 Pa). En algunas realizaciones, la presión del lado del aire puede variar de 0,1 psi (689,47 Pa) por encima de la presión interna del líquido a 1 psi (6.894,76 Pa) por encima de la presión interna del líquido. En una realización, la entrada de aire 260 se puede configurar para reducir a un diámetro de medio milímetro, para mantener la presión del lado del aire. En una realización, la entrada de aire 260 puede comprender o estar asociada con una válvula unidireccional, evitando la salida de aire a través de la entrada de aire 260.

En una realización, el aire que ingresa a través de la entrada de aire 260 puede estar relativamente seco en comparación con el aire dentro de la cámara dispersadora de entrada 210. En diversas realizaciones, el aire puede tener un contenido de humedad de menos de aproximadamente 5-95%, incluyendo, por ejemplo, siendo aproximadamente del 50%. En una realización, la humedad relativa del aire seco a medida que ingresa a través de la entrada de aire 260 puede ser aproximadamente del 5 al 95%, incluyendo, por ejemplo, menos del 70% aproximadamente. En una realización, el aire puede ser aire ambiente fuera del módulo de célula 100. En una realización, las cualidades secas del aire que ingresa a través de las entradas de aire 260 se pueden configurar para reducir la humedad relativa en la cámara de post-dispersión 320 al menos aproximadamente 10-15%. Por ejemplo, el aire del secador puede aumentar la tensión superficial del medio iónicamente conductor, lo que puede disuadir las formaciones de espuma. En algunas realizaciones, el aire que ingresa a través de la entrada de aire 260 puede reducir la formación de espuma del medio iónicamente conductor al reducir las condiciones húmedas en la cámara post-dispersión 320 que conducen a la formación de espuma iónicamente conductora, y al agregar una presión positiva al aire en la cámara post-dispersión 320 a través de la cual cae el medio iónicamente conductor dispersado, aumentando así la resistencia contra la cual intentaría formarse la espuma.

En algunas realizaciones, las cámaras dispersoras de salida 215 pueden tener una estructura y configuración similares a las cámaras dispersoras de entrada 210. En esas realizaciones, las descripciones de componentes de las cámaras dispersoras de entrada 210 anteriores también pueden aplicarse a componentes análogos de las cámaras dispersoras de salida 215. Sin embargo, en una realización, las entradas de aire 260 pueden ser innecesarias para la cámara dispersadora de salida 215, ya que el medio iónicamente conductor que pasa a través del dispersador 300 de la cámara dispersadora de salida 215 puede fluir directa o indirectamente a un depósito R para el medio iónicamente conductor, descrito con mayor detalle a continuación. En diversas realizaciones, el depósito R puede estar abierto, eliminando la necesidad de una burbuja de aire en las cámaras dispersadoras de salida 215, y evitando el crecimiento de espuma en la cámara dispersadora de salida 215. En una realización, la cámara dispersadora de salida 215 también puede carecer de un miembro base, y el medio iónicamente conductor que fluye a través del dispersador 300 puede caer directamente en la tubería de la trayectoria de flujo que conduce al depósito R. Sin embargo, en otra realización, la cámara dispersadora de salida 215 puede tener una entrada de aire 260 que se puede usar si el nivel de líquido iónicamente conductor en el depósito R alcanza una altura superior a la del nivel de medio iónicamente conductor en la cámara dispersadora de salida 215.

La Figura 8 muestra en forma esquemática una realización de la trayectoria de flujo del módulo de célula 100 y el sistema dispersador 200 de la Figura 2. Como se ilustra, el medio iónicamente conductor puede almacenarse en el depósito R, en el que puede ser bombeado por la bomba de flujo FP a la entrada del sistema dispersador 220 para el sistema dispersador 200. El medio iónicamente conductor puede ser bombeado por cualquier bomba de flujo adecuada FP o bombas de flujo FP que se pueden colocar en cualquier ubicación apropiada a lo largo de la trayectoria de flujo. Como se muestra, el medio iónicamente conductor se ramifica en paralelo en el colector dispersador de entrada 225, en el que el medio iónicamente conductor fluye hacia las cámaras dispersadoras de entrada 210a-b. Se muestra esquemáticamente la bomba de aire AP configurada para bombear aire en las entradas de aire 260 de las cámaras dispersadoras de entrada 210a-b. Después de pasar a través de las cámaras dispersadoras de entrada 210a-b, el fluido iónicamente conductor puede dividirse por los colectores de entrada asociados 240a-b para ingresar en las bicélulas 110a-d y 110e-h de los conjuntos de bicélulas 140a y 140b. De nuevo, aunque no se ilustra en la vista esquemática, el medio iónicamente conductor puede dividirse una vez más para fluir en paralelo a través de ambas células 105 dentro de cada bicélula 110a-h. Después de pasar a través de cada una de las bicélulas 110a-d y 110e-h de los conjuntos de bicélulas 140a y 140b, el medio iónicamente conductor se puede volver a unir mediante los colectores de salida asociados 250a-b, para fluir a través de las respectivas cámaras dispersoras de salida 215a y 215b. Como se muestra, el medio iónicamente conductor puede recombinarse luego mediante un colector dispersor de salida 255, en el que puede fluir de regreso al depósito R.

Aunque el esquema ilustrado muestra una larga trayectoria entre la salida de fluido de cámara 330 y el colector de salida 250, en una realización, la orientación de la pluralidad de bicélulas 110a-h puede permitir una corta distancia entre la base de la cámara dispersadora de entrada 210 y el colector de salida 250. Aunque los flujos de entrada y salida del medio iónicamente conductor se muestran en lados opuestos del módulo de célula 100 en la Figura 8, esto es por conveniencia en la representación esquemática no limitante, y no es necesariamente una representación física de la orientación de los componentes. Como se indica por las elipses, en algunas realizaciones, las ramificaciones adicionales de los colectores 225, 240, 250 y 255, y las cámaras dispersoras de entrada adicionales 210, los conjuntos de bicélulas 140 y las cámaras dispersoras de salida 215 pueden aumentar el tamaño y la capacidad eléctrica del módulo de célula 100 y/o sistema de dispersión 200. De nuevo, como se indicó anteriormente, las entradas de aire 260 podrían no ser necesarias para las cámaras dispersadoras de salida 215 si no hay presión dentro de la trayectoria de flujo entre las cámaras dispersadoras de salida 215 y el depósito R.

La trayectoria de flujo del módulo de célula 100 y/o el sistema dispersador 200 puede variar en diferentes realizaciones. Por ejemplo, como se ilustra en la realización de la Figura 9, cada conjunto de bicélulas 140 se puede conectar de manera fluida entre sí, de modo que una cámara dispersadora de entrada 210 posterior actúe como la cámara dispersadora de salida 215 para un conjunto de bicélulas 140 anterior. En la realización ilustrada, el medio iónicamente conductor puede fluir desde el depósito R (no mostrado) al sistema dispersador 200 en la entrada de sistema dispersador 220, en el que se dispersa en la cámara de dispersión de entrada de encuentro 210a, interrumpiendo las conexiones eléctricas en la misma. El medio iónicamente conductor puede entonces fluir a través de las bicélulas 110a-d del conjunto de bicélulas 140a, antes de ingresar en la cámara dispersadora de salida 215a, que también es la cámara dispersadora de entrada 210b. El medio iónicamente conductor puede continuar fluyendo a través de las bicélulas 110e-h del conjunto de bicélulas 140b, antes de ingresar, en la realización ilustrada, en una cámara dispersadora de salida final 215b. El medio iónicamente conductor puede entonces salir de la cámara dispersadora de salida 215b, en la que puede volver a ingresar en el depósito R (de nuevo no mostrado) para una recirculación futura. Como se señaló anteriormente, en algunas realizaciones, cada célula 105 o bicélula 110 puede tener su propia cámara dispersadora de entrada 210 asociada y/o cámara dispersadora de salida 215. En algunas realizaciones, cada célula 105 o bicélula 110 puede estar conectada de manera fluida entre sí y separada por cámaras dispersadoras de entrada 210, de nuevo en la que cada cámara dispersadora de entrada para una célula posterior 105 o bicélula 110 actúa como la cámara dispersadora de salida 215 para una célula 105 o bicélula 110 anterior.

Como se señaló anteriormente, cada bicélula 110 puede tener cualquier construcción o configuración adecuada. Por ejemplo, en una realización, como se ilustra en las Figuras 10 y 11, cada célula 110 puede incluir dos células 105, cada una incluyendo un electrodo de combustible 412, y un electrodo oxidante 414 que está separado del electrodo de combustible 412. En una realización, las células 105 de la bicélula 110 se pueden ensambalar de manera consecutiva, de modo que los electrodos oxidantes 414 de cada célula 105 estén distales entre sí en la bicélula 110. En una realización, los electrodos de combustible 412 pueden sujetarse mediante un portaelectrodos 416, como se ilustra. La bicélula 110 también puede incluir una cubierta 419 que se usa para cubrir al menos una porción de las células electroquímicas 105 a cada lado de la bicélula 110, mientras que el portaelectrodos 416 soporta y separa cada célula 105 de la bicélula 110, como se puede apreciar en las Figuras 10 y 11.

En una realización, el electrodo de combustible 412 es un electrodo de combustible de metal que funciona como un ánodo cuando la célula 105 opera en modo de descarga o de generación de electricidad, como se analiza con más detalle a continuación. En una realización, el electrodo de combustible 412 puede comprender un cuerpo de electrodo permeable 412a, tal como una pantalla que está hecha 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 que circula a través de las células 105 de la bicélula 110.

El combustible puede ser un metal, como hierro, zinc, aluminio, magnesio o litio. El término "metal" pretende abarcar todos los elementos considerados como metales en la tabla periódica, incluidos, entre otros, metales alcalinos, metales alcalinotérreos, lantánidos, actínidos y metales de transición, ya sea en forma atómica, molecular (incluidos los hidruros metálicos) o en forma de aleación cuando se recoge en el cuerpo del electrodo. Sin embargo, la presente invención no pretende limitarse a ningún combustible específico, y se pueden usar cualquier otro. En una realización, el combustible puede proporcionarse a las células 105 como partículas suspendidas en el medio iónicamente conductor.

El medio iónicamente conductor puede ser una solución acuosa. Los ejemplos de medios adecuados incluyen soluciones acuosas que comprenden ácido sulfúrico, ácido fosfórico, ácido triflórico, ácido nítrico, hidróxido de potasio, hidróxido de sodio, cloruro de sodio, nitrato de potasio o cloruro de litio. El medio también puede usar un solvente no acuoso o un líquido iónico.

El combustible puede oxidarse en el electrodo de combustible 412 cuando el electrodo de combustible 412 funciona como un ánodo, y un oxidante, como el oxígeno, puede reducirse en el electrodo oxidante 414 cuando

el electrodo oxidante 414 funciona como un cátodo, que es cuando la célula 105 está conectada a una carga y la célula 105 está en modo de descarga o generación de electricidad. En una realización, todas las células 105 en el módulo de célula 100 pueden conectarse en serie a la carga durante el modo de descarga. Las reacciones que ocurren durante el modo de descarga generan precipitados de subproductos, por ejemplo, una especie de combustible reducible, en el medio iónicamente conductor. Por ejemplo, en las realizaciones en las que el combustible es zinc, el óxido de zinc se genera como un subproducto precipitado/especie de combustible reducible. Durante un modo de recarga, los precipitados de subproductos, por ejemplo, óxido de zinc, se pueden reducir de forma reversible y depositarse como combustible, por ejemplo, zinc, en el electrodo de combustible 412, que funciona como un cátodo durante el modo de recarga. Durante el modo de recarga, el electrodo oxidante 414 o un electrodo de carga 470 separado, descrito a continuación, funciona como el ánodo.

Las células 105 no están limitadas a configuraciones de tipo metal-aire. Por ejemplo, en algunas realizaciones, las células 105 pueden tener cualquier otra configuración de tipo flujo. Por ejemplo, en diversas realizaciones no limitantes, las células 105 pueden incluir células redox de vanadio, células de hierro-cromo, células a base de litio, células de plomo-ácido, células alcalinas u otras células 105 que utilizan un flujo de líquido. En algunas de tales realizaciones, los electrodos de combustible 412 y los electrodos oxidantes 414 se pueden configurar para facilitar la presencia de parejas redox, que incluyen pero no se limitan a $V(V)/V(IV)$ y $V(III)/V(II)$ para una configuración de flujo de vanadio, Zn/Zn^{2+} y Br_2/Br^- para una configuración de zinc-bromo, Fe^{2+}/Fe^{3+} y Cr^{2+}/Cr^{3+} para una configuración de hierro-cromo, Zn/Zn^{2+} y Ag/Ag^{2+} para una configuración de zinc-plata, y Zn/Zn^{2+} y $NiOOH/Ni(OH)_2$ para una configuración de níquel-zinc.

El portaelectrodos 416 define las cavidades 418 en las que se mantienen los electrodos de combustible 412. El portaelectrodos 416 también puede soportar la entrada de la célula 120 y la salida de célula 130 para la bicélula 110, como se ilustra en la Figura 12. De nuevo, la entrada de célula 120 está configurada para permitir que el medio iónicamente conductor entre en cada una de las células 105. La salida de célula 130 está configurada para permitir que el medio iónicamente conductor salga de la célula 105. La entrada de célula 120 puede estar conectada a las cavidades 418 a través de un canal de entrada 424, y la salida interna 422 puede conectarse a la cavidad 418 a través de un canal de salida 426. El canal de entrada interno 424 y el canal de salida interno 426 pueden proporcionar cada uno una trayectoria tortuosa serpenteante a través de la cual puede fluir el medio iónicamente conductor. La trayectoria serpenteante definida por el canal de entrada 424 preferentemente no incluye ninguna esquina afilada en la que el flujo del medio pueda estancarse o en el que se puedan acumular partículas en el medio. En algunas realizaciones, el medio iónicamente conductor puede ingresar finalmente en la cavidad 418 a través de un difusor, tal como se describe en la Solicitud de Patente de los Estados Unidos con N.º de Serie 13/019,923.

Para cada célula 105, se puede unir un miembro de sellado permeable (no mostrado) entre las superficies de sellado en el portaelectrodos 416 y/o la cubierta asociada 419, según corresponda, para encerrar al menos el electrodo de combustible 412 en la cavidad 418. El miembro de sellado también cubre los canales de entrada y salida 424, 426. El miembro de sellado es no conductor y electroquímicamente inerte, y está preferentemente diseñado para ser permeable al medio iónicamente conductor en la dirección ortogonal (es decir, a través de su espesor), sin permitir el transporte lateral del medio iónicamente conductor. Esto permite que el medio iónicamente conductor penetre a través del miembro de sellado para permitir la conductividad iónica con el electrodo oxidante 414 en el lado opuesto para soportar las reacciones electroquímicas, sin "absorber" el medio iónicamente conductor lateralmente hacia afuera desde la célula 105. Unos pocos ejemplos limitantes de un material adecuado para el miembro de sellado son EPDM y TEFLON®.

Como se ilustra, una pluralidad de separadores 440, cada uno de los cuales se extiende a través del electrodo de combustible 412 en una relación separada entre sí, puede mantenerse en su lugar con respecto al electrodo oxidante 414. En una realización, el electrodo de combustible 412 puede contener una pluralidad de cuerpos de electrodo permeables 412a-412d que pueden estar separados por conjuntos de la pluralidad de separadores 440, de modo que cada conjunto de separadores 440 se coloca entre cuerpos de electrodo adyacentes para aislar eléctricamente los cuerpos de electrodo 412a-412d entre sí. Dentro de cada conjunto de separadores 440 entre cuerpos de electrodos adyacentes, los separadores 440 están posicionados en una relación separada de una manera que puede crear los llamados "carriles de flujo" 442 entre los mismos, como se ilustra en la Figura 12. Los carriles de flujo 442 son tridimensionales y tienen una altura que es sustancialmente igual a la altura de los separadores 440. En una realización, los separadores 440 pueden estar provistos por un solo bastidor que tiene cortes correspondientes a los carriles de flujo. En una realización, los carriles de flujo pueden incluir una espuma o estructura de tipo panal que está configurada para permitir que el medio iónicamente conductor fluya a través de la misma. En una realización, los carriles de flujo pueden incluir una serie de pasadores que están configurados para interrumpir el flujo del medio iónicamente conductor a través de los carriles de flujo. Las realizaciones ilustradas no pretenden limitar de ninguna manera.

Los separadores 440 no son conductores y son electroquímicamente inertes, por lo que están inactivos con respecto a las reacciones electroquímicas en la célula 105. Los separadores 440 están dimensionados preferentemente para que cuando estén conectados al portaelectrodos 416, los separadores 440 estén en

tensión, lo que permite que los separadores 440 presionen contra el electrodo de combustible 412, o uno de los cuerpos de electrodo 412a-412d, para sostener el electrodo de combustible 412 o sus cuerpos en una relación plana con relación al portaelectrodos 416. Los separadores 440 pueden estar fabricados de un material plástico, como polipropileno, polietileno, noryl, fluoropolímero, etc., que permite que los separadores 440 se conecten al portaelectrodos 416 en tensión.

Una vez que los separadores 440 se han conectado al portaelectrodos 416, los carriles de flujo 442 se definen a través de la cavidad 418 del portaelectrodos 416. Los separadores 440 están configurados para sellar esencialmente un carril de flujo 442a de un carril de flujo adyacente 442b, que está separado por uno de los separadores 440, de modo que el medio iónicamente conductor es guiado para fluir generalmente en sustancialmente una dirección. Específicamente, el medio iónicamente conductor generalmente puede fluir en una primera dirección a través del electrodo de combustible 412, desde el canal de entrada 424 al canal de salida 426. Se puede proporcionar un diferencial de presión adecuado para que el medio iónicamente conductor pueda fluir desde el canal de entrada 424, a través de la cavidad 418 y hacia el canal de salida 426, incluso cuando la célula 105 está orientada de manera que el flujo es sustancialmente hacia arriba y contra la gravedad. En una realización, el medio iónicamente conductor también puede penetrar a través del electrodo de combustible 412, o un cuerpo de electrodo permeable individual 412a-412d, en una segunda dirección y en un carril de flujo que está en el lado opuesto del electrodo de combustible 412 o cuerpo de electrodo permeable 412a-412d.

Para descargar la célula 105, el electrodo de combustible 412 está conectado a una carga externa L de manera que los electrones emitidos por el combustible a medida que el combustible se oxida en el electrodo de combustible 412 fluyen hacia la carga externa L. En una realización, la carga externa L se puede acoplar a cada uno de los cuerpos de electrodo permeables 412a-412d en paralelo, como se describe en detalle en la Solicitud de Patente de los Estados Unidos con N.º de Serie 12/385,489, presentada el 9 de abril de 2009. En otras realizaciones, la carga externa L puede acoplarse únicamente a una terminal uno de los cuerpos de electrodo permeables 412a-412d, de modo que el consumo de combustible puede producirse en serie entre cada uno de los cuerpos de electrodo permeables 412a-412d.

El electrodo oxidante 414 funciona como un cátodo cuando el electrodo oxidante 414 está conectado a la carga externa L y la célula 105 funciona en modo de descarga. Cuando funciona como un cátodo, el electrodo oxidante 414 está configurado para recibir electrones de la carga externa L y reducir un oxidante que entra en contacto con el electrodo oxidante 414. En una realización, el electrodo oxidante 414 comprende un electrodo de respiración de aire y el oxidante comprende oxígeno en el aire circundante.

El oxidante puede administrarse al electrodo oxidante 414 mediante un sistema de transporte pasivo, como el ilustrado en las Figuras 10 y 11. Por ejemplo, cuando el oxígeno presente en el aire ambiente es el oxidante, simplemente exponiendo el electrodo oxidante 414 al aire ambiente a través de espacios de aire en la célula, como las aberturas provistas por las ranuras 454 en la cubierta 419 provista a cada lado de la bicélula 110, puede ser suficiente para permitir la difusión/permeación de oxígeno en el electrodo oxidante 414. Se pueden usar otros oxidantes adecuados y las realizaciones descritas en la presente memoria descriptiva no se limitan al uso de oxígeno como oxidante. Se puede colocar una junta periférica entre la periferia del electrodo oxidante 414 y la cubierta 419 o el portaelectrodos 416, según corresponda, para evitar que el medio iónicamente conductor se filtre alrededor del electrodo oxidante 414 y dentro del área en las ranuras 454 para la exposición al aire.

En otras realizaciones, una bomba, tal como la bomba de aire AP descrita anteriormente, se puede usar para suministrar el oxidante al electrodo oxidante 414 bajo presión. La fuente oxidante puede ser una fuente contenida de oxidante. En una realización, el oxígeno puede reciclarse del módulo de célula electroquímica 100, tal como se describe en la Solicitud de Patente de los Estados Unidos N.º 12/549,617. Del mismo modo, cuando el oxidante es oxígeno del aire ambiente, la fuente del oxidante puede considerarse en general como el mecanismo de suministro, ya sea pasivo o activo (por ejemplo, bombas, ventiladores, etc.), por el cual se permite que el aire fluya hacia el electrodo oxidante 414. Por lo tanto, el término "fuente de oxidante" pretende abarcar tanto los oxidantes contenidos como las disposiciones para suministrar oxígeno de forma pasiva o activa desde el aire ambiente al electrodo oxidante 414.

La electricidad que puede extraer la carga externa L se genera cuando se reduce el oxidante en el electrodo oxidante 414, mientras que el combustible en el electrodo de combustible 412 se oxida a una forma oxidada. El potencial eléctrico de la célula 105 se agota una vez que el combustible en el electrodo de combustible 412 se oxida por completo o se detiene la oxidación debido a la pasivación del electrodo de combustible. Se puede colocar un interruptor entre el electrodo oxidante 414 y la carga L para que el electrodo oxidante 414 se pueda conectar y desconectar de la carga L, según se desee.

Para limitar o suprimir la evolución de hidrógeno en el electrodo de combustible 412 durante el modo de descarga y durante los períodos de tiempo de reposo (circuito abierto), se pueden agregar sales para retardar dicha reacción. Se pueden usar sales de estaño, plomo, cobre, mercurio, indio, bismuto o cualquier otro material

que tenga un alto potencial de hidrógeno. Además, se pueden agregar sales de tartrato, fosfato, citrato, succinato, amonio u otros aditivos supresores de la evolución de hidrógeno. En una realización, las aleaciones de combustible de metal, como Al/Mg, se pueden usar para suprimir el desprendimiento de hidrógeno. Otros aditivos también se pueden agregar o alternativamente al medio iónicamente conductor, incluidos, entre otros,

5 aditivos que mejoran el procedimiento de electrodeposición del combustible metálico en el electrodo de combustible 412, tal como se describe en la Solicitud de Patente de los Estados Unidos con N.º de Serie 13/028,496, publicada como Publicación de Solicitud de Patente de los Estados Unidos N.º 2011/0200893.

Después de que el combustible en cada célula 105 se haya oxidado por completo, o cuando sea deseable regenerar el combustible dentro de las células 105 reduciendo los iones de combustible oxidados de vuelta al combustible, el electrodo de combustible 412 y el electrodo oxidante 414 pueden desacoplarse desde la carga externa L y acoplarse a una fuente de alimentación PS con el uso de interruptores adecuados. La fuente de alimentación PS está configurada para cargar las células 105 de cada bicélula 110 aplicando una diferencia de potencial entre el electrodo de combustible 412 y el electrodo oxidante 414 de modo que las especies reducibles del combustible se reduzcan y se electrodepositen sobre los cuerpos de electrodo permeables 412a-412d y la reacción de oxidación correspondiente se produce en el electrodo oxidante 414, que es usualmente la oxidación de una especie oxidable para desarrollar oxígeno, que puede liberarse de la célula 105. Como se indicó anteriormente, y como se describe en detalle en la Solicitud de Patente de los Estados Unidos con N.º de Serie 12/385,489, solo uno de los cuerpos de electrodo permeables, como el 412a, puede conectarse a la fuente de alimentación PS para que el combustible se reduzca al cuerpo del electrodo permeable y crezca progresivamente hacia los otros cuerpos de electrodo permeables 412b-412d, uno por uno. Los interruptores pueden controlar cuando la célula 105 opera en modo de descarga y en modo de carga. Además, se pueden asociar más interruptores con cada uno de los cuerpos de electrodo permeables 412a-d, para determinar selectivamente si el crecimiento se produce en paralelo o progresivamente. En una realización, los interruptores

10 pueden retirar selectivamente la conexión eléctrica a uno o más de los cuerpos de electrodo permeables 412a-d.

En una realización, las conexiones eléctricas a cada uno de los cuerpos de electrodo permeables 412a-d pueden controlarse mediante un mecanismo de control de conmutación. El mecanismo de control puede estar relacionado con un modo de alta eficiencia para la célula, como se describe en la Solicitud de Patente de los Estados Unidos 13/083,929, publicada como Publicación de Solicitud de Patente de los Estados Unidos N.º 2011/0250512.

Como se indicó anteriormente, en algunas realizaciones de la célula 105, el electrodo de carga separado 470 está provisto para funcionar como el electrodo de carga, en lugar del electrodo oxidante 414. En algunas realizaciones, el electrodo de carga separado 470 se puede colocar entre el electrodo de combustible 412 y el electrodo oxidante 414, con un separador y el miembro de sellado posicionados entre el electrodo de carga separado 470 y el electrodo oxidante 414. El separador podría ser no conductor y tener aberturas a través de las cuales puede fluir el medio iónicamente conductor.

En algunas realizaciones, la carga L puede estar acoplada en paralelo a cada uno de los cuerpos de electrodo permeables 412a-412d del electrodo de combustible 412, y también al electrodo de carga separado 470 durante la recarga. Durante la generación actual, el combustible en el electrodo de combustible 412 se oxida, generando electrones que se conducen para alimentar la carga L y luego se conducen al electrodo oxidante 414 para la reducción del oxidante (como se explicó anteriormente).

En algunas realizaciones, una porción del electrodo de combustible 412 se puede separar eléctricamente de otra porción del electrodo de combustible 412 de manera controlada, para crear una diferencia de potencial entre las mismas, por lo que una de las porciones del electrodo de combustible 412 sirve como el electrodo de carga.

En cualquiera de las realizaciones de la invención, también es posible aplicar potencial catódico simultáneamente a todos los cuerpos de electrodo 412a-412d del electrodo de combustible 412, en lugar de solo uno para producir un crecimiento progresivo cuerpo por cuerpo. El crecimiento progresivo que emana de una terminal puede ser ventajoso porque puede proporcionar más densidad. Específicamente, el crecimiento en los cuerpos de electrodos conectados previamente continúa a medida que cada cuerpo posterior está conectado por el crecimiento progresivo. Con todos los cuerpos de electrodo sujetos al mismo potencial, el crecimiento solo ocurrirá hasta que ocurra un cortocircuito entre el electrodo de carga, que es el electrodo oxidante 414 o el electrodo de carga separado 470 en varias realizaciones, y el cuerpo del electrodo próximo al mismo. Por lo tanto, es posible tener un crecimiento más rápido, pero menos denso, de esta manera, que puede ser susceptible a ciertas necesidades de recarga.

Las realizaciones de las células 105 no deben considerarse limitantes de ninguna manera y se proporcionan como ejemplos no limitativos de cómo la célula 105 se puede configurar para ser recargable. La Solicitud de Patente de los Estados Unidos con N.º de Serie 12/885,268, presentada el 17 de septiembre de 2010, describe realizaciones de un sistema de células electroquímicas recargable con cambio de modo de carga/descarga en las células. Como se indicó anteriormente, las células 105 pueden estar conectadas en serie para formar

bicélulas 110, y/o conjuntos de bicélulas 140. En diversas realizaciones, múltiples conjuntos de bicélulas 140 pueden estar conectados eléctricamente en serie, utilizando el sistema dispersador 200 para evitar la conexión eléctrica a través del medio iónicamente conductor

5 Como también se indicó anteriormente, las conexiones de fluido entre las células 105 en el módulo de célula 100 pueden variar. En la Solicitud de Patente de los Estados Unidos N.º 12/631,484, presentada el 4 de diciembre de 2009, se proporcionan detalles adicionales de realizaciones de células 105 que están conectadas en serie. Cada célula 105 en la bicélula 110 puede estar conectada de manera fluida entre sí en serie, de modo que una salida interna de una primera célula 105 esté conectada de manera fluida a una entrada interna de una segunda célula
10 105. Del mismo modo, las bicélulas 110 en un conjunto de bicélulas 140 pueden conectarse de manera fluida entre sí en serie, de modo que la salida de célula 130 de una primera bicélula 110 está conectada a la entrada de célula 120 de una segunda bicélula 110 en un conjunto de bicélulas 140, y así sucesivamente. Como se indicó anteriormente, el conjunto de bicélulas 140 ensamblado de esta manera puede desconectarse de manera fluida de otros conjuntos de bicélulas 140 por el sistema dispersador 200. Aunque las bicélulas 110 descritas
15 anteriormente tienen dos células 105, la presente invención se puede llevar a cabo con células adicionales 105 apiladas y conectadas de manera fluida a las células ilustradas 105 de la bicélula 110, creando tricélulas, tetracélulas, etc. En la presente invención, se pueden utilizar mecanismos alternativos y adicionales para aumentar la resistencia iónica entre células conectadas de forma fluida, tales como las discutidas en la Solicitud de Patente de los Estados Unidos N.º 12/631,484.

20 Con referencia ahora a la Figura 13, puede apreciarse que, en algunas realizaciones de la presente divulgación, la carcasa para células tales como las células 105 puede estar conformada para formar cámaras dispersoras integralmente en la misma. Por ejemplo, tal realización se puede encontrar en la Figura 13, que ilustra esquemáticamente la carcasa de célula 510. La carcasa de célula 510 puede tener cualquier construcción o
25 configuración adecuada, que incluye, por ejemplo, estar ensamblada a partir de metal, plástico, caucho, resina o combinaciones de los mismos. En la realización ilustrada, la carcasa de célula 510 puede integrarse en un conjunto de una pluralidad de piezas de plástico preformadas que pueden sellarse juntas para formar una trayectoria de flujo impermeable a los líquidos para el medio iónicamente conductor. Aunque la trayectoria de flujo se describirá como definida por la carcasa 510 de la célula, se puede entender que la contención del líquido en la trayectoria de flujo puede usar placas laterales de cubierta, descritas a continuación, u otros recintos
30 similares, para contener el medio iónicamente conductor dentro de la trayectoria del flujo de la carcasa de célula 510.

35 Como se muestra, la carcasa de célula 510 incluye la entrada de la célula 520 que está provista y dispuesta para conectarse a una tubería externa u otro canal de fluido, para recibir el medio iónicamente conductor en la carcasa de célula 510. Una vez que el medio iónicamente conductor ingresa a la entrada de la célula 520, atraviesa el canal de entrada 525 hacia la cámara dispersadora de entrada 530. Como se muestra, el canal de entrada 525 se desplaza hacia arriba (es decir, contra la fuerza de la gravedad), y en la realización ilustrada se extiende a través de la porción periférica superior de la carcasa de célula 510 a la cámara dispersadora de
40 entrada 530. La cámara dispersadora de entrada 530 puede tener cualquier construcción o configuración adecuada, que incluye, pero no se limita a una similar a la de la cámara dispersadora de entrada 210 descrita anteriormente. En un extremo del canal de entrada 525 distal a la entrada de la célula 520, el canal de entrada 525 puede conducir a la cámara dispersadora de entrada 530, terminando en un dispersador de entrada 535 de la cámara dispersadora de entrada 530. El dispersador de entrada 535 puede tener cualquier construcción o
45 configuración adecuada, incluidas, entre otras, las descritas anteriormente para el dispersador de entrada 300. Como se muestra, el dispersador de entrada 535 puede incluir una o más boquillas 540. En diversas realizaciones, el dispersador de entrada 535 puede variar en términos de forma, tamaño, número y configuración de una o más boquillas 540. En algunas realizaciones, el tamaño, la forma y el número de boquillas 540 en el dispersador de entrada 535 pueden determinarse por un caudal del medio iónicamente conductor a través de la
50 carcasa de célula 510.

Una vez que el medio iónicamente conductor ingresa a la una o más boquillas 540, caerá bajo la fuerza de la gravedad por una porción inferior 550 de la cámara dispersadora de entrada 530, por lo que una o más boquillas 540 dispersarán el flujo del medio iónicamente conductor para evitar el flujo de corriente eléctrica a través del
55 dispersador de entrada 535. En una realización, el dispersador de entrada 535 se puede configurar para modificar el caudal de modo que se proporcione un caudal generalmente constante para el medio iónicamente conductor a través del dispersador de entrada 535. Como se muestra en la Figura, se proporciona una entrada de aire 555 para llevar una cantidad de aire hasta la porción inferior 550. En la realización ilustrada, el dispersador de entrada 535 contiene un orificio de aire 560 que ingresa desde el lado del dispersador de entrada 535 (que se conecta al aire entrada 555 en ese punto), antes de doblarse y proporcionar una abertura a la porción inferior 550 a lo largo de las boquillas 540, que se extienden completamente a través del dispersador de
60 entrada 535.

A medida que el medio iónicamente conductor cae a través de la porción inferior 550 (como gotitas discretas, evitando la conducción eléctrica a través del mismo), éste ingresa al canal de post-dispersión 565. Como se

muestra en la realización ilustrada de la Figura 13, la base de la porción inferior 550 puede contener una base angulada 570 que está inclinada hacia el canal de post-dispersión 565 para que la gravedad empuje el medio iónicamente conductor hacia el canal de post-dispersión 565. El medio iónicamente conductor atravesaría el canal de post-dispersión 565 que, como se muestra, atraviesa parcialmente la parte inferior de la carcasa de célula 510, antes de terminar en una abertura en una cámara de electrodo 575. La cámara de electrodo 575 puede tener cualquier construcción o configuración adecuada, que incluye, por ejemplo, una cavidad similar a la cámara que define las cavidades 416 descritas anteriormente.

Una bolsa de aire dentro de la porción inferior 550, que puede mantenerse por la entrada de aire a través de la entrada de aire 555, permitiría un medio iónicamente conductor en el canal de post-dispersión 565 (rellenado por un medio iónicamente conductor dispersado que cae a través de la burbuja de aire en la parte inferior 550) para continuar fluyendo hacia arriba a través de la cámara de electrodo 575. En una realización, un grado de presurización en la burbuja de aire puede evitar que el electrolito forme espuma cuando se junta en la base de la parte inferior 550 que se dirige al canal de post-dispersión 565. En tal realización, la entrada de aire a través de la entrada de aire 555 puede evitar el colapso de la bolsa de aire debido a una presión diferencial a través de la cámara dispersadora de entrada 530, en la que el aire puede disolverse lentamente en el medio iónicamente conductor, por ejemplo. En una realización, la presión de flujo del electrolito también puede contribuir o alternativamente a la presurización, ya que la presión es constante a lo largo de las secciones de la porción inferior 550 que tiene la misma área de sección transversal. En otra realización, la bomba de flujo FP puede impulsar el medio iónicamente conductor a través de la carcasa de célula 510, de modo que se pueda evitar cualquier cantidad de espuma de electrolitos u otro colapso de la bolsa de aire en la porción inferior 550. Como un ejemplo no limitativo, la bomba de flujo FP se puede configurar para proporcionar un flujo constante durante media hora, luego detener el flujo durante 10 minutos, para permitir que la espuma se asiente, o para permitir que la bomba de aire AP haga crecer la bolsa de aire a través de la entrada de aire 555. En algunas realizaciones, se puede proporcionar un sensor en la carcasa de célula 510 para detectar la acumulación de espuma, o el nivel del medio iónicamente conductor reunido a medida que crece a través de una bolsa de aire colapsable. En algunas realizaciones, la bomba de flujo FP y/o la bomba de aire AP se pueden configurar para regular el flujo de medio iónicamente conductor y/o la inyección de aire, con base en las mediciones obtenidas por el sensor. El sensor puede tener cualquier construcción o configuración adecuada, incluido, por ejemplo, un sensor que identifica la impedancia entre los electrodos de las carcasas de células adyacentes 510, un sensor que determina la retroalimentación de voltaje o corriente (es decir, una fuga de corriente), un sensor que identifica la conductividad eléctrica entre dos o más puntos dentro de la porción inferior 550, etc. En algunas realizaciones, el sensor puede simplemente contar un intervalo de tiempo.

Una vez que el medio iónicamente conductor fluye hacia la parte superior de la cámara de electrodo 575, puede ingresar en un canal post-electrodo 580, que conduce hacia el interior de la cámara dispersadora de salida 585. El canal post-electrodo 580 corre por debajo de y adyacente a la porción transversal del canal de entrada 525, separado por una pared común. La cámara dispersadora de salida 585 puede tener cualquier construcción o configuración adecuada, incluyendo, pero sin limitarse a ser similar a la cámara dispersadora de entrada 530, o la cámara dispersadora de salida 215 descrita anteriormente. Como se muestra en la realización ilustrada, la cámara dispersadora de salida 585 puede estar rodeada a ambos lados por una porción del canal de entrada 525 y la cámara de electrodo 575. La cámara dispersadora de salida 585 puede incluir el dispersador de salida 590, que tiene boquillas 595 en el mismo. A medida que el medio iónicamente conductor fluye a través de las boquillas 595, puede caer a través de la porción inferior 600, hacia la salida de célula 610. En una realización, la salida de célula 610 puede conducir de regreso al depósito R, de modo que el flujo no retroceda hasta un grado que hiciera que una bolsa de aire fuese necesaria o beneficiosa. Como se muestra en la realización ilustrada, en algunas de tales realizaciones, no se incluiría una entrada de aire en la cámara dispersadora de salida 585, ya que un cabezal de presión mantenido a través de la carcasa de célula 510 se liberaría cuando el medio iónicamente conductor atravesase la una o más boquillas 595. Como se muestra en la realización ilustrada, la entrada de la célula 520 y la salida de célula 610 pueden estar dispuestas adyacentes entre sí, lo que puede simplificar las conexiones fluidicas entre las células y/o las conexiones hacia y desde el depósito R.

De manera similar a varias realizaciones de la célula 110, algunas realizaciones de células que utilizan la carcasa de célula 510 se pueden configurar para formar carriles de flujo a lo largo de los electrodos de la célula, para dirigir y guiar el flujo del medio iónicamente conductor a través de la cámara de electrodo 575. Como se muestra en la Figura 14, en algunas realizaciones, el canal de post-dispersión 565 puede conducir al divisor de flujo 620, que se puede configurar para redirigir el flujo a la pluralidad de carriles de flujo (no mostrados) a través de la cámara de electrodo 575. En la realización ilustrada, el medio iónicamente conductor se divide en la unión T 625, donde el flujo se divide en direcciones opuestas, ambas dirigidas al colector de salida 630. En el colector de salida 630, el flujo sale del divisor de flujo 620 a través de una pluralidad de salidas de carril de flujo 635, cada una asociada con uno de los carriles de flujo. Aunque oscurecidos en la realización ilustrada, los carriles de flujo pueden extenderse a través de los electrodos de la célula en la cámara de electrodos 575, antes de ser recibidos por un colector de entrada de flujo 640 que comprende una pluralidad de entradas de carril de flujo 645, también asociados con cada uno de los carriles de flujo, que conducen a un combinador de flujo 650. En una realización, los carriles de flujo pueden estar formados por separadores entre cada uno de los cuerpos de electrodo en los

electrodos contenidos en la cámara de electrodo 575, tal como se describe en la Solicitud de Patente de los Estados Unidos N.º 12/901,401, presentada 8 de octubre de 2010. Una vez que el medio iónicamente conductor es recombinado por el colector de entrada de flujo 640, el flujo puede dirigirse hacia el canal post-electrodo 580, que dirige el medio iónicamente conductor a la cámara dispersadora de salida 585. Como se muestra en la

5 realización ilustrada, una cámara post-electrodo 655 se puede colocar entre el canal post-electrodo 580 y el colector de entrada de flujo 640. El canal post-electrodo 580 puede sobresalir de la cámara post-electrodo 655, de modo que el líquido iónicamente conductor acumulado en la cámara post-electrodo 655 pueda fluir hacia las boquillas 595 de la cámara dispersadora de salida 585.

10 Como se indicó anteriormente, en algunas realizaciones, la carcasa de célula 510 puede utilizar placas laterales o cuerpos similares para sellar el medio iónicamente conductor en la trayectoria de flujo definida en el mismo. La Figura 15 representa una vista en perspectiva ensamblada y en despiece ordenado de un conjunto de células 660, que contiene la carcasa de célula 510 intercalado entre una placa frontal 670 y una placa posterior 680. Como se puede apreciar en la Figura, la entrada de célula 520, el canal de entrada 525, la cámara dispersadora

15 de entrada 530, el canal de post-dispersión 565, el canal post-electrodo 580, la cámara dispersadora de salida 585 y la salida de célula 610 pueden formarse en la carcasa de célula 510. En la realización ilustrada, estos canales y cámaras pueden formarse como encerrados en tres lados, de modo que el ensamblaje y el sellado de la carcasa de célula 510 y la placa frontal 670 pueden definir una trayectoria de flujo cerrada para el medio iónicamente conductor en cuanto a estos elementos. En una realización, el dispersador de entrada 535 y el

20 dispersador de salida 590 pueden sellarse en receptáculos en la carcasa de célula 510, de modo que el medio iónicamente conductor en la trayectoria de flujo se ve obligado a atravesar por las boquillas 540 y las boquillas 595, siendo dispersado por éstas a medida que el medio iónicamente conductor cae en porciones inferiores 550 y 600.

25 En una realización, la cámara de electrodo 575 y la cámara post-electrodo 655 pueden extenderse a través de la carcasa de célula 510, de modo que tanto la placa frontal 670 como la placa posterior 680 están selladas a la carcasa de célula 510 para contener el medio iónicamente conductor dentro del conjunto de células 660 a medida que se mueve a través de la trayectoria de flujo definida en el mismo. Como se muestra, la placa posterior 680 puede ser, por lo tanto, más pequeña, de modo que se utiliza menos material de sellado para hacer

30 que el conjunto de células 660 sea impermeable al medio iónicamente conductor. En diversas realizaciones, el material de sellado para la placa frontal 670 y la placa posterior 680 puede comprender o incluir juntas de plástico o caucho, adhesivos o cualquier otro sellador apropiado. Por ejemplo, tales selladores pueden incluir selladores de unión por solvente, epóxicos de una o dos partes, o epóxidos curados térmicamente o con UV. En diversas realizaciones, los selladores pueden comprender propiedades de sellado similares a los

35 comercializados como epoxi Eager Polymer EP5347 y/o epoxi MagnaTac M777.

En una realización en la que una célula contenida dentro de la carcasa de célula 510 tiene una configuración eléctrica similar a las células 105 anteriores, el electrodo de combustible 412 se puede ensamblar dentro de la

40 cámara de electrodo 575, mientras que el electrodo oxidante 414 se puede ensamblar en la placa frontal 670 o placa posterior 680. Aunque en una realización, la carcasa de célula 510 se puede configurar para contener una sola célula 105, en algunas realizaciones, se pueden contener múltiples células 105 en la misma. Como se muestra en la Figura 15, cada una de la placa frontal 670 y la placa posterior 680 puede contener aberturas de aire 690 y canales de aire asociados 700, que pueden formarse allí para permitir que el aire alcance los electrodos oxidantes asociados 414 ensamblados en cada placa. En una realización, se pueden ensamblar

45 múltiples electrodos de combustible 412 en la cámara de electrodo 575, de modo que un electrodo de combustible frontal 412 esté asociado con la placa frontal 670 y su electrodo oxidante asociado 414, mientras que un electrodo de combustible posterior 412' está asociado con la placa posterior 680 y su electrodo oxidante asociado 414'. En una de tales realizaciones, los cuerpos de electrodo del electrodo de combustible frontal 412, asociado con la placa frontal 670, pueden estar separados eléctricamente del electrodo de combustible posterior

50 412', asociado con la placa posterior 680. Dicha separación eléctrica puede incluir un separador no conductor entre el electrodo de combustible frontal 412 y electrodo de combustible posterior 412', por ejemplo. En otra realización, un único electrodo de combustible 412 se puede colocar dentro de la cámara de electrodo 575, y asociarse con ambos electrodos oxidantes 414 y 414'. En dicho conjunto de electrodo de combustible, durante la carga, el combustible puede crecer desde un cuerpo de electrodo terminal común 412a, en direcciones opuestas,

55 a través de pares de cuerpos de electrodo intermedios 412b y 412b', 412c y 412c', y así sucesivamente, que están asociados con cada uno del electrodo oxidante frontal 414 y del electrodo oxidante posterior 414'.

En algunas realizaciones en las que se forman múltiples células en el conjunto de células 660, cualquier cantidad de corriente de derivación que viaje entre las mismas puede ser insignificante, en comparación con el gasto y la

60 mayor complejidad de tener distintas cámaras dispersadoras de entrada 530 y cámaras dispersadoras de salida 585 para cada célula 105. En una realización, los carriles de flujo separados para cuerpos de electrodos asociados con la placa frontal 670 y la placa posterior 680 pueden hacer divisores de flujo separados deseables 620. Por ejemplo, en la realización de las Figuras 16A-C, se puede proporcionar una horquilla común 710 para dividir un canal post-dispersión común 565 en el canal post-dispersión frontal 565a, asociado con la placa frontal

65 670, y el canal post-dispersión posterior 565b, asociado con la placa posterior 680. Un ejemplo de la horquilla

común 710 se muestra en la vista en perspectiva de la Figura 16A. Como se muestra en la Figura 16B, el canal post-dispersión frontal 565a puede conducir al divisor de flujo frontal 620a que luego puede dividir el flujo asociado de medio iónicamente conductor en la unión T frontal 625a, donde el flujo se divide en direcciones opuestas que se encuentran en el colector de salida frontal 630a. Los flujos divididos pueden atravesar por una pluralidad de salidas de carril de flujo frontal 635a, cada una asociada con los electrodos y los carriles de flujo frontales asociados con la placa frontal 670. Del mismo modo, como se muestra en la Figura 16C, el canal de post-dispersión 565b puede conducir al interior del divisor de flujo posterior 620b que luego puede dividir el flujo asociado de medio iónicamente conductor en la unión T posterior 625b, en la que el flujo se divide en direcciones opuestas que se encuentran en el colector de salida posterior 630b. Los flujos divididos pueden atravesar por una pluralidad de salidas de carril de flujo posterior 635b, cada una asociada con los electrodos y carriles de flujo posterior asociados con la placa posterior 670.

Con referencia a la Figura 17, se aprecia que cuando se ensamblan uno junto al otro, cada uno de los conjuntos de células 660 puede alinearse con placas posteriores intermedias 680 en contacto con placas frontales intermedias 670. En una realización, los canales de aire 700 que conducen a las aberturas de aire 690 en cada una de las placas frontales intermedias 670 y las placas posteriores 680 están alineadas, proporcionando suficiente espacio para que el aire alcance los electrodos oxidantes frontales 414 y los electrodos oxidantes posteriores 414' a través de los canales de aire unidos 700. También como se muestra, la proximidad de la entrada de célula 520 y la salida de célula 610 pueden permitir un fácil acceso para una serie de configuraciones para el flujo del medio iónicamente conductor. Por ejemplo, en algunas realizaciones, todas las entradas de célula 520 pueden estar acopladas juntas por un colector, y todas las salidas de célula 610 pueden estar acopladas juntas por un colector, de modo que el medio iónicamente conductor fluya a través de los conjuntos de célula en paralelo. En otra realización, las salidas de células intermedia 610 pueden estar acopladas a la entrada de células adyacentes 580, de modo que el medio iónicamente conductor fluya a través de todas las células en serie. También como se muestra, cada una de las entradas de aire 555 puede estar adyacente entre sí cuando los conjuntos de células 660 están alineados, lo que puede facilitar el acoplamiento del cableado de entrada de aire para tales realizaciones. En diversas realizaciones, un colector de entrada de aire puede acoplar todas las entradas de aire 555 a un solo cable que está acoplado a la bomba de aire AP, mientras que, en otras realizaciones, los cables separados pueden acoplarse a una o más bombas de aire AP.

Las realizaciones ilustradas anteriores han sido proporcionadas únicamente para ilustrar los principios estructurales y funcionales de la presente invención y no pretenden ser limitantes. Por ejemplo, la presente invención puede llevarse a la práctica usando diferentes combustibles, diferentes oxidantes, diferentes electrolitos y/o diferentes configuraciones estructurales generales o materiales. Como ejemplo no limitativo, en algunas realizaciones, la configuración de la célula 105 puede ser similar a la divulgada en las Solicitudes de Patente de los Estados Unidos N.º 12/385,217 o 12/776,962.

REIVINDICACIONES

1. Un sistema de células electroquímicas que comprende:

5 dos o más células electroquímicas (105), cada una de las cuales comprende:

- (i) un electrodo de combustible (412) que comprende un combustible metálico; y
- (ii) un electrodo oxidante (414) separado del electrodo de combustible;

10 un medio iónicamente conductor para conducir iones entre los electrodos de combustible y oxidante para soportar reacciones electroquímicas en los electrodos de combustible y oxidante; una trayectoria de circulación para hacer fluir el medio iónicamente conductor a través y entre las células;

15 en el que el electrodo de combustible (412) y el electrodo oxidante (414) están configurados para, durante la descarga, oxidar el combustible metálico en el electrodo de combustible y reducir un oxidante en el electrodo oxidante para generar una diferencia de potencial de descarga entre los mismos para la aplicación a una carga; y uno o más sistemas de dispersión (200) colocados a lo largo de la trayectoria de circulación y configurados para interrumpir una corriente de derivación eléctrica en el medio iónicamente conductor entre al menos dos de las células electroquímicas, comprendiendo cada sistema de dispersión:

- (a) un dispersador (300) configurado para separar el medio iónicamente conductor en una pluralidad de gotitas discretas; y
- (b) una cámara dispersadora de salida (215) para recibir la pluralidad de gotitas discretas y recoger la pluralidad de gotitas discretas para recombinarse en medio iónicamente conductor recombinedo;

20 en el que al menos uno de los uno o más sistemas de dispersión (200) además comprende una entrada de aire (260) configurada para permitir que ingrese aire en una cámara dispersadora de entrada (210); y una bomba de aire (AP) configurada para bombear una cantidad de aire en la cámara dispersadora de entrada (210) a través de la entrada de aire (260).

2. El sistema de células electroquímicas según la reivindicación 1, en el que cada célula electroquímica además comprende un electrodo de carga (470) seleccionado del grupo que consiste en (a) el electrodo oxidante, (b) un electrodo de carga separado que está separado de los electrodos de combustible y oxidante, y (c) una porción del electrodo de combustible.

3. El sistema de células electroquímicas según la reivindicación 2, en el que el electrodo de combustible (412) y el electrodo de carga (470) están configurados para, durante la recarga, reducir una especie reducible del combustible metálico para depositar el combustible metálico en el electrodo de combustible, y oxidar una especie oxidable del oxidante mediante la aplicación de una diferencia de potencial de recarga entre las mismas desde una fuente de energía.

4. El sistema de células electroquímicas según la reivindicación 3, en el que el electrodo de combustible (412) comprende una serie de cuerpos de electrodo permeables (412a-412d) dispuestos en una relación de separación; en el que la relación separada de los cuerpos de electrodo permeables permite aplicar la diferencia de potencial de recarga 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 el al menos un cuerpo de electrodo permeable que funciona como el cátodo, de modo que las especies de combustible reducibles se reducen y se electrodepositan como combustible metálico en forma oxidable en el al menos un cuerpo de electrodo permeable, por lo que la electrodeposición provoca el crecimiento del combustible metálico entre los cuerpos de electrodo permeables, de modo que el combustible metálico electrodepositado establece una conexión eléctrica entre los cuerpos de electrodo permeables.

5. El sistema de células electroquímicas según la reivindicación 1, en el que la bomba de aire (AP) está configurada y dispuesta para bombear la cantidad de aire suficiente para proporcionar una presión positiva sobre el medio iónicamente conductor recombinedo en una cámara de post-dispersión (320).

6. El sistema de células electroquímicas según la reivindicación 1, en el que la entrada de aire (260) está configurada para suministrar aire a la cámara de post-dispersión (320) por encima del nivel del medio iónicamente conductor recombinedo para presurizar un espacio por encima del medio iónicamente conductor e inhibir crecimiento de espuma iónicamente conductora sobre el medio iónicamente conductor recombinedo.

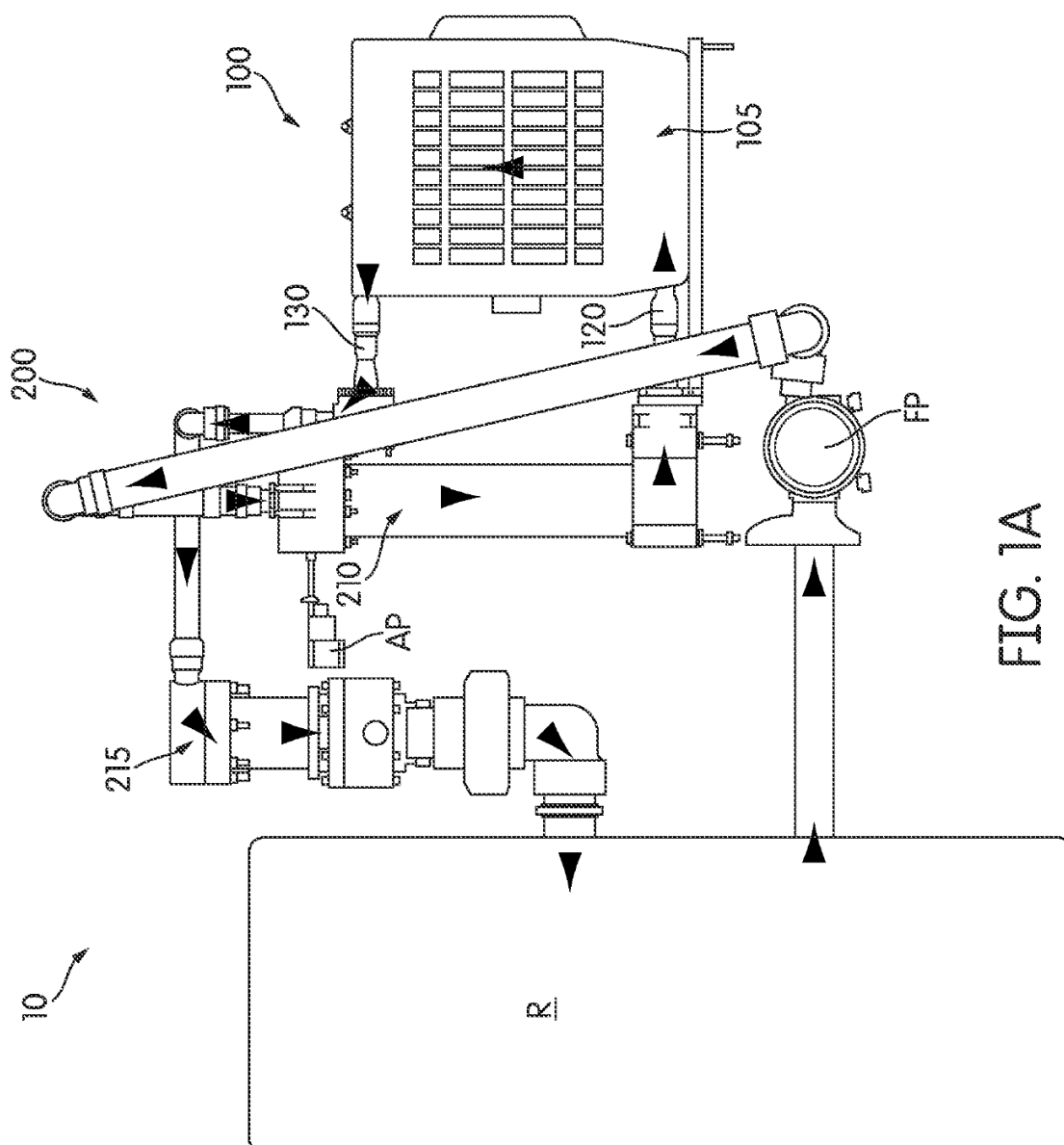
7. Un procedimiento para interrumpir la corriente eléctrica en un medio iónicamente conductor, en una célula electroquímica (105) de un sistema de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, comprendiendo el procedimiento:

5 dispersar, en la cámara dispersadora de entrada (210) el medio iónicamente conductor en una pluralidad de gotitas discretas;
 permitir, en la cámara dispersadora de salida (215), que la pluralidad de gotitas discretas se recombine en medio iónicamente conductor recombinado;
10 añadir una cantidad de aire a la cámara de post-dispersión (320) para inhibir el crecimiento de espuma iónicamente conductora en el medio iónicamente conductor recombinado.

8. El procedimiento según la reivindicación 6, en el que dispersar el medio iónicamente conductor en una pluralidad de gotitas discretas comprende pasar el medio iónicamente conductor a través de una pluralidad de aberturas.

15 9. El procedimiento según la reivindicación 6, en el que la adición de la cantidad de aire en la cámara de post-dispersión (320) comprende presurizar la cámara de post-dispersión (320).

20



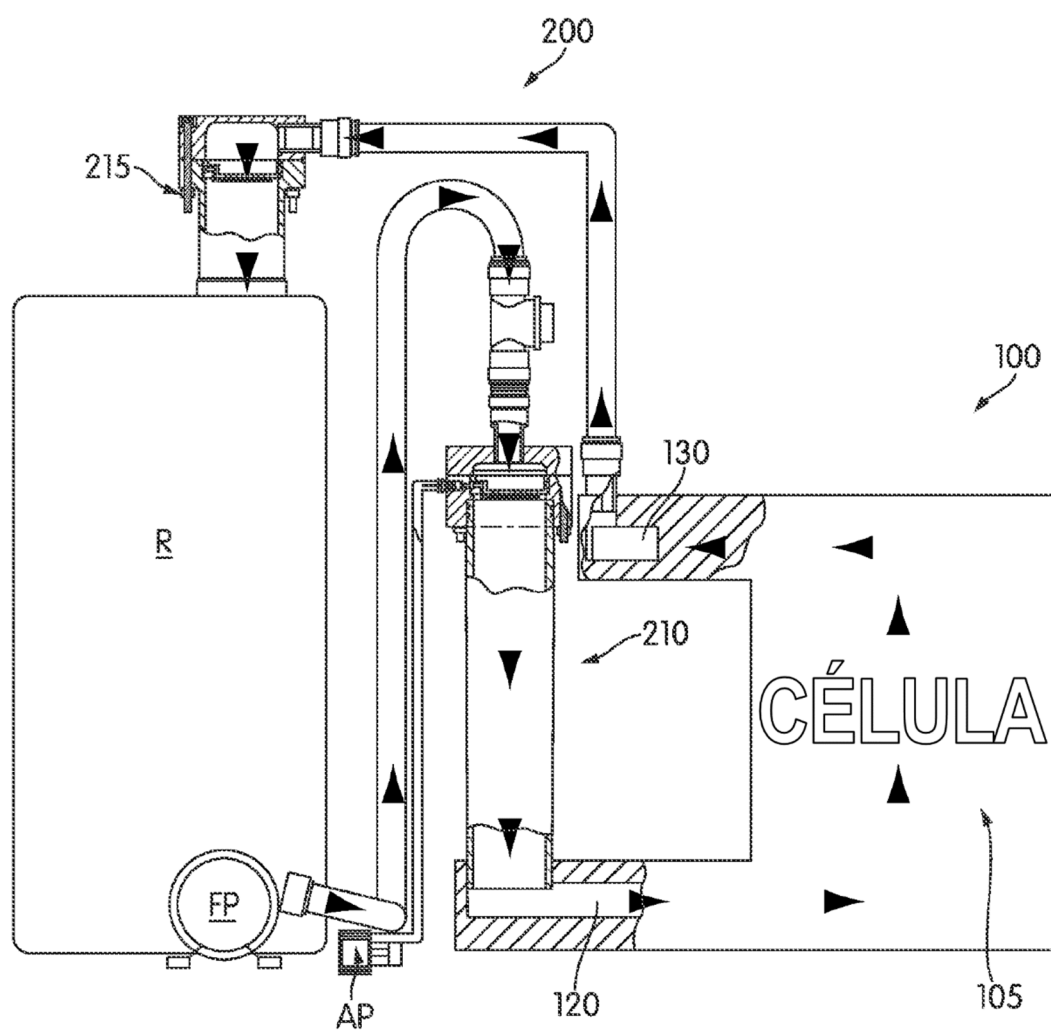


FIG. 1B

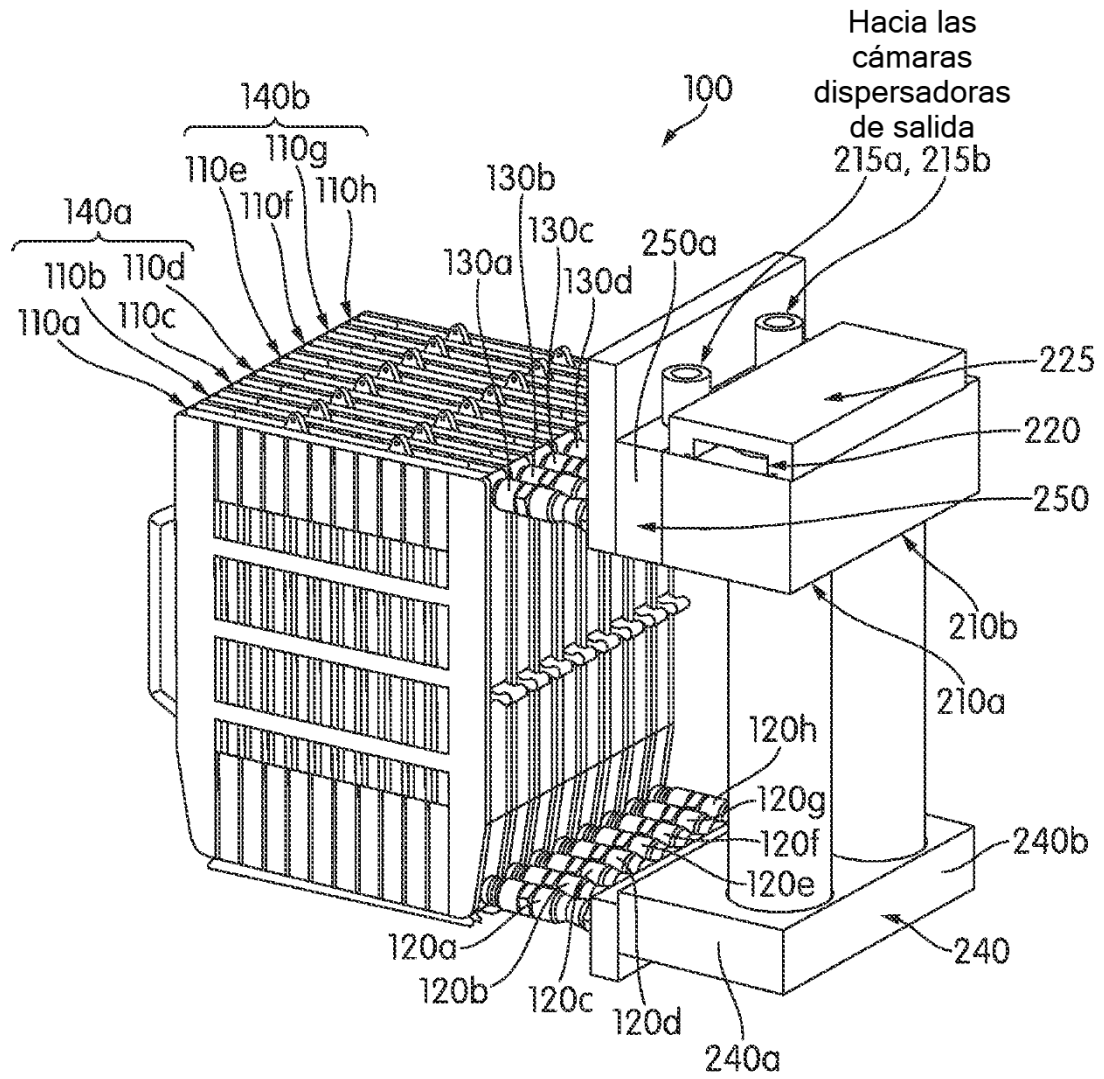


FIG. 2

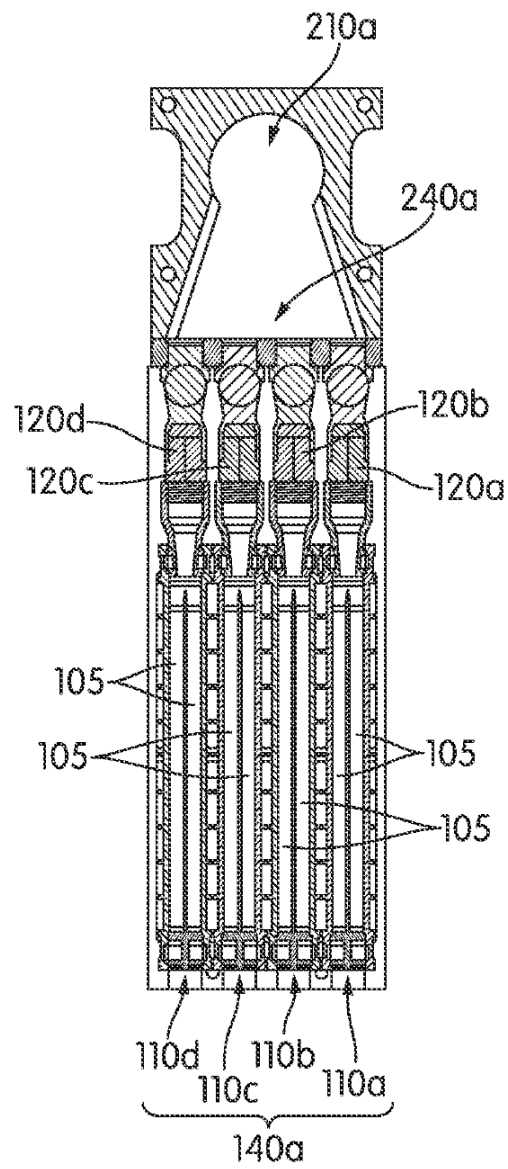


FIG. 3

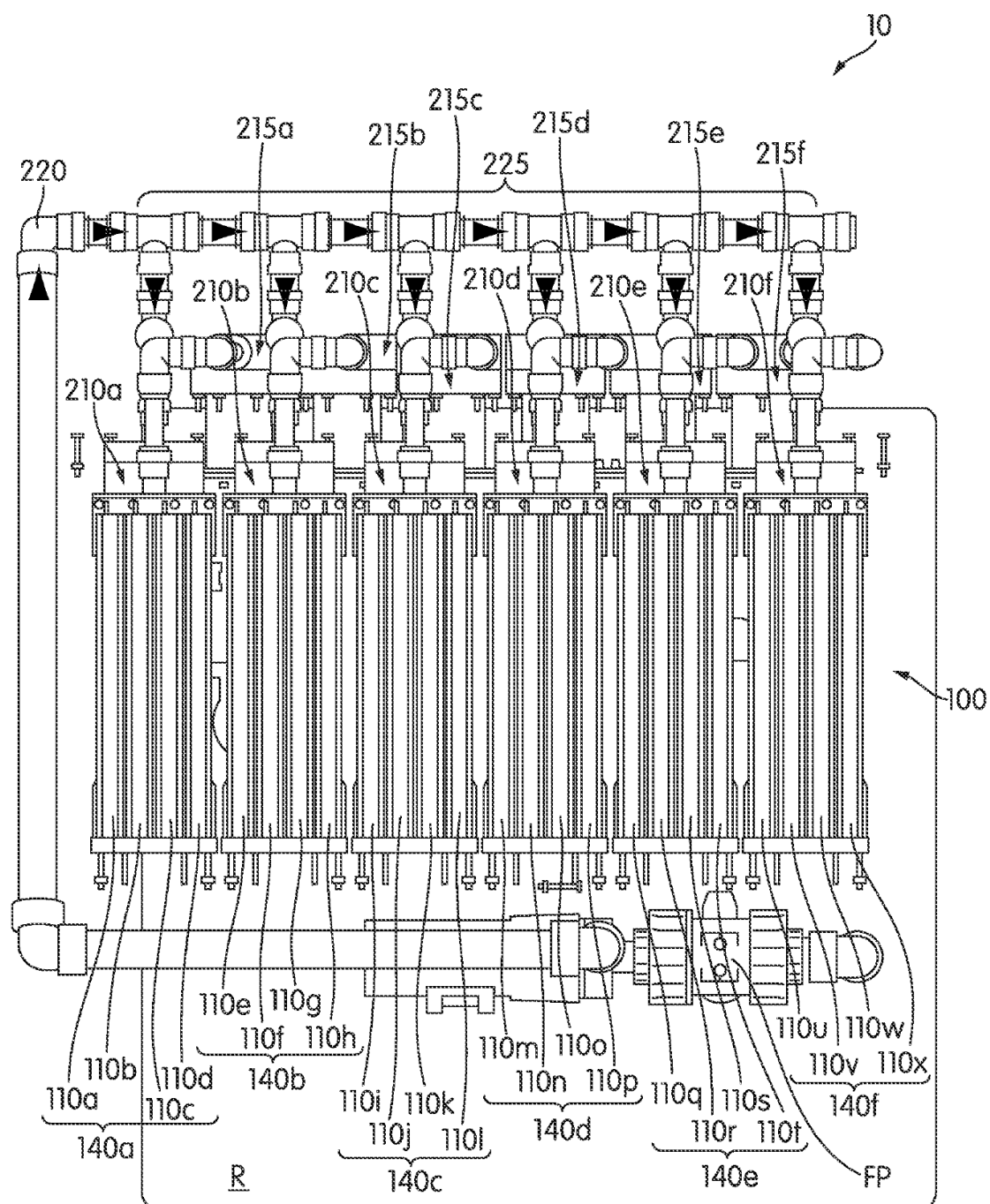


FIG. 4

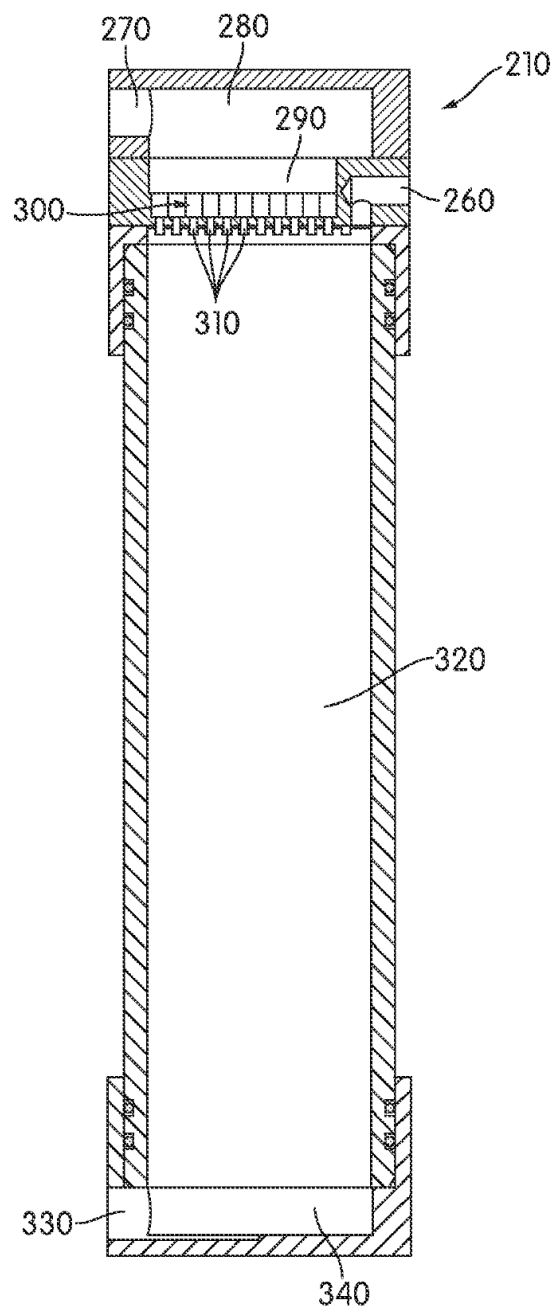


FIG. 5

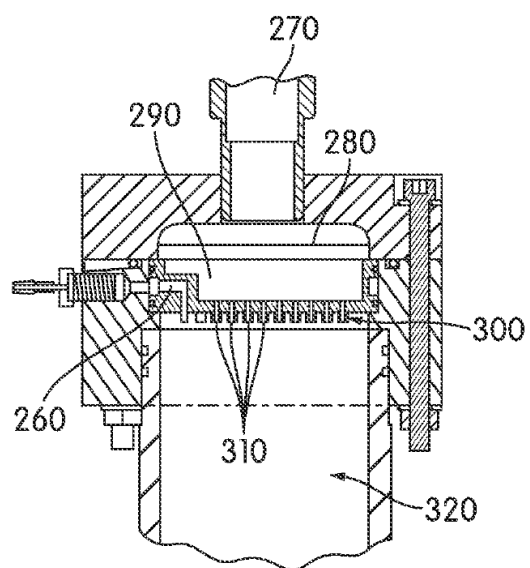


FIG. 6

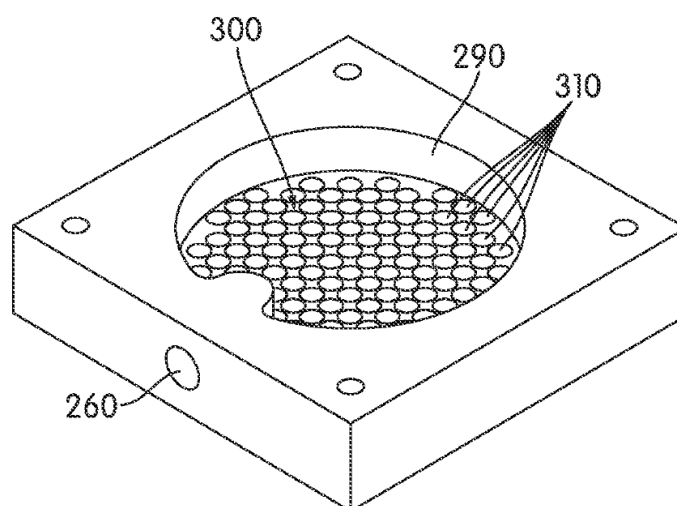


FIG. 7

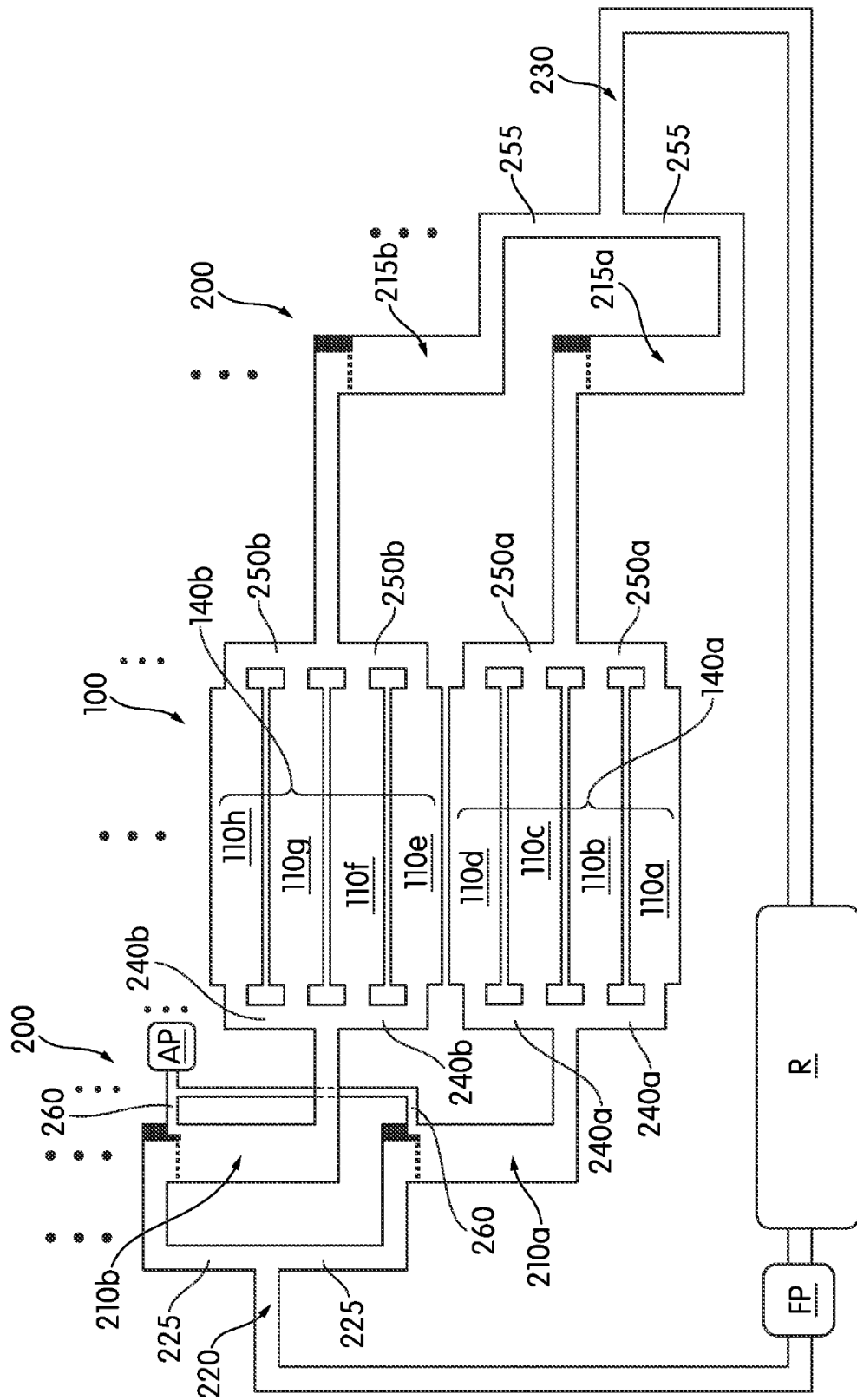


FIG. 8

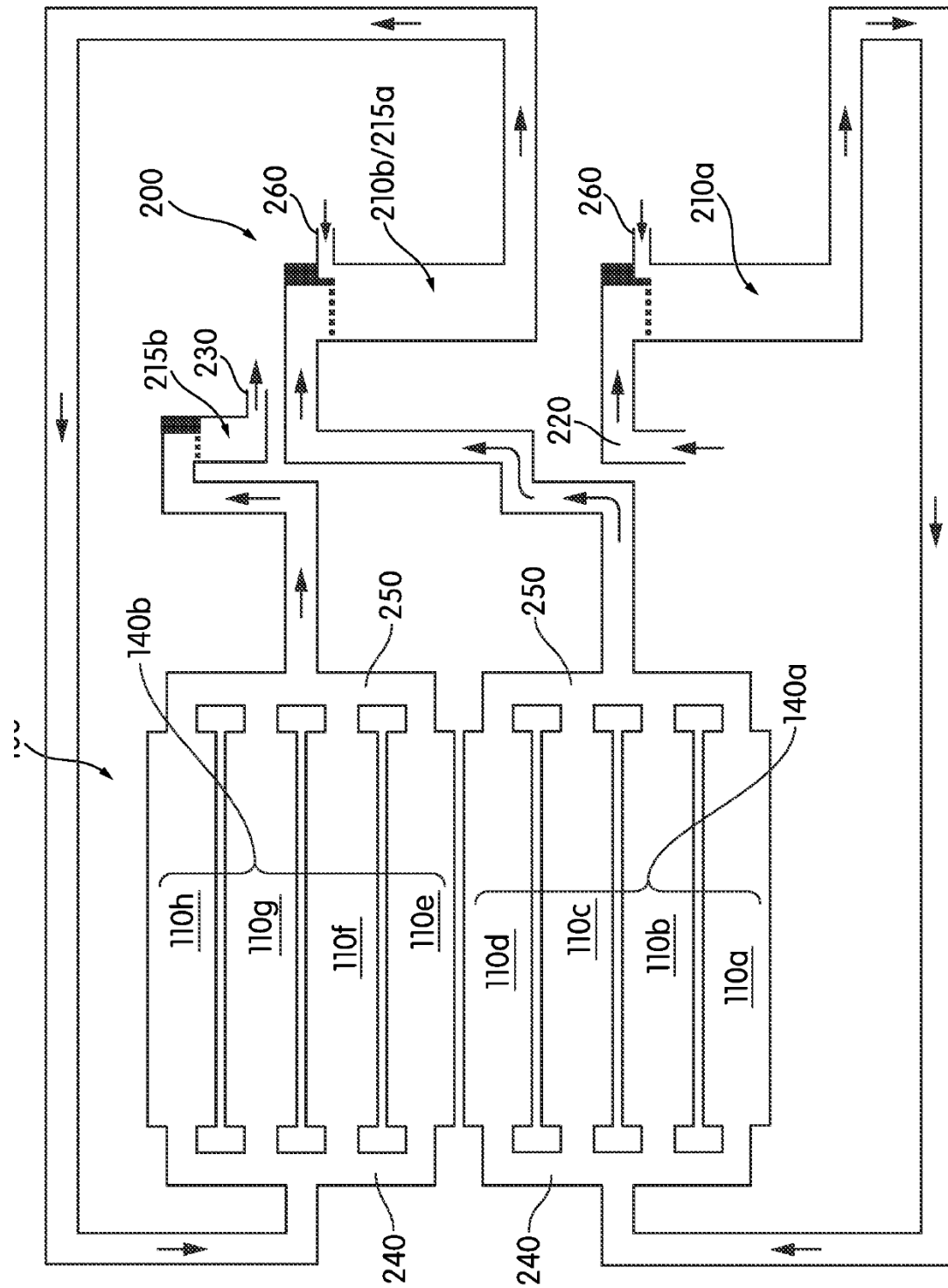


FIG. 9

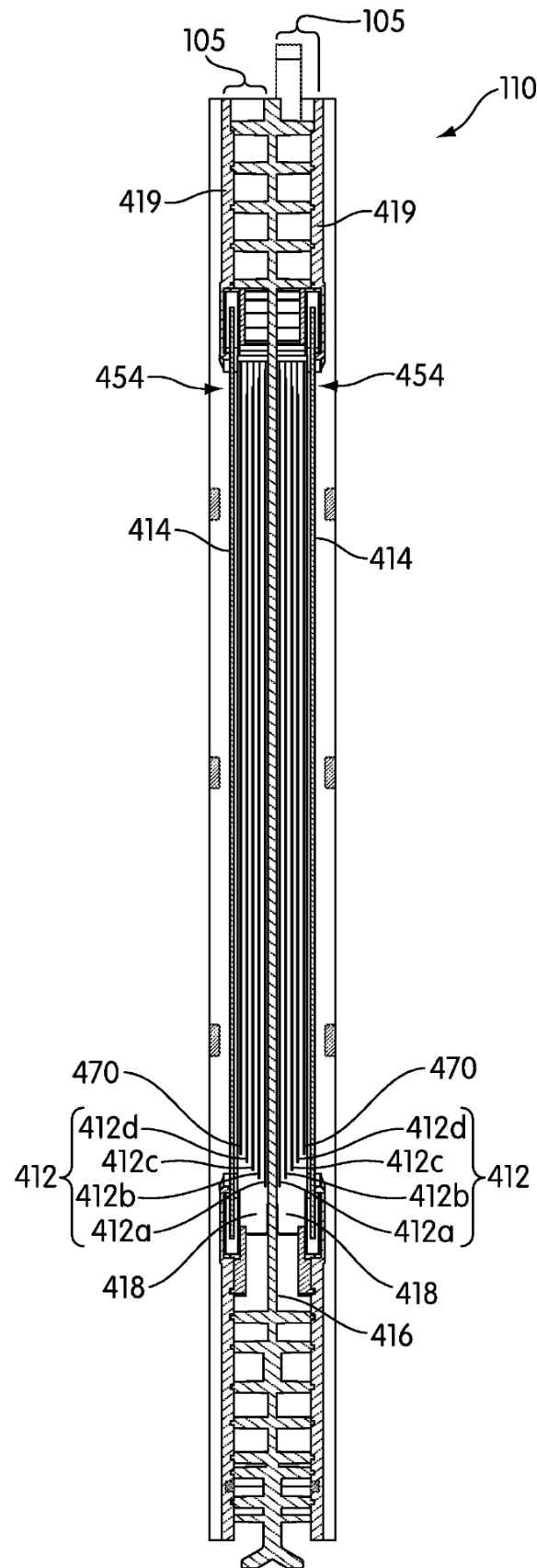


FIG. 10

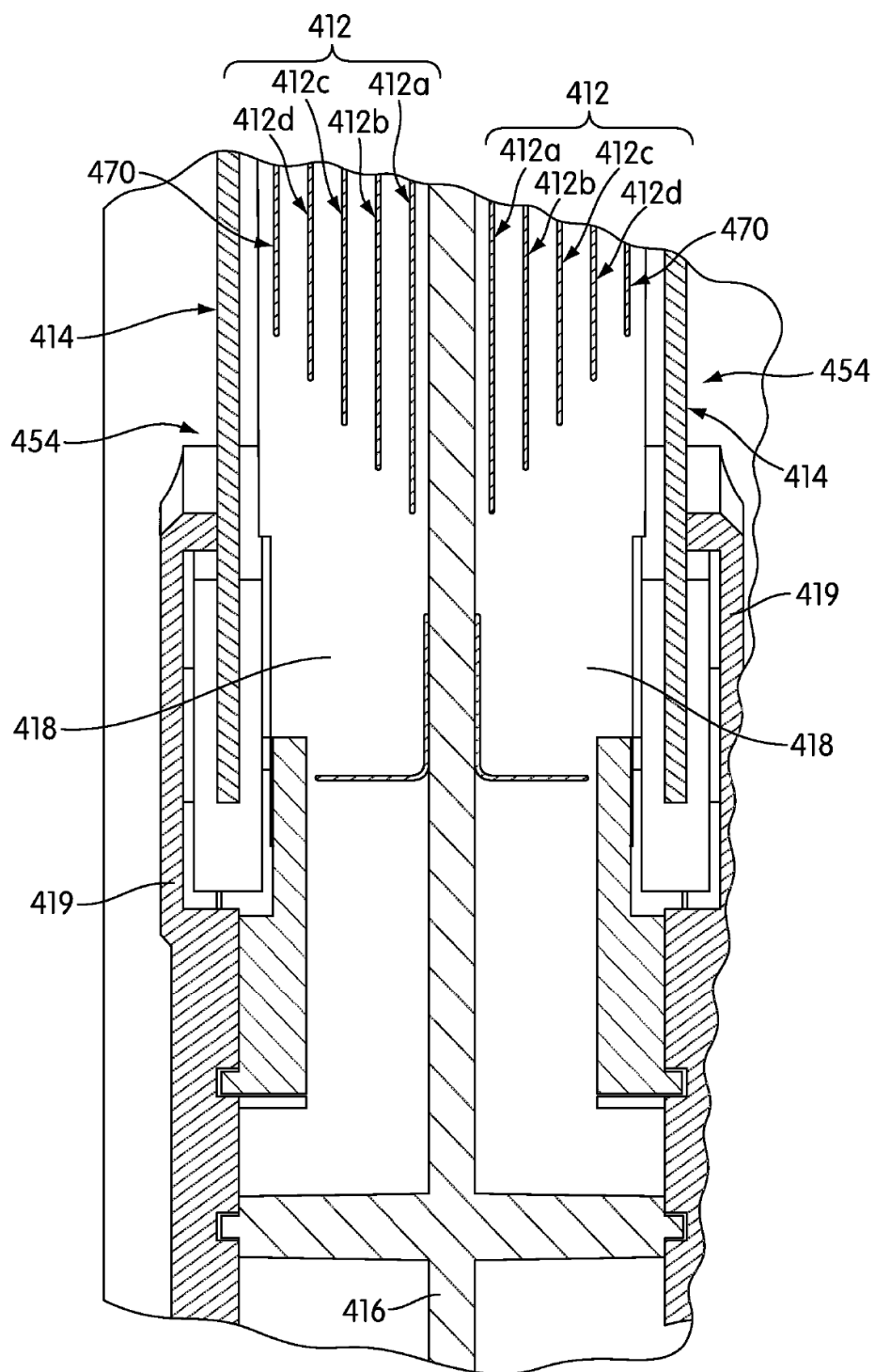


FIG. 11

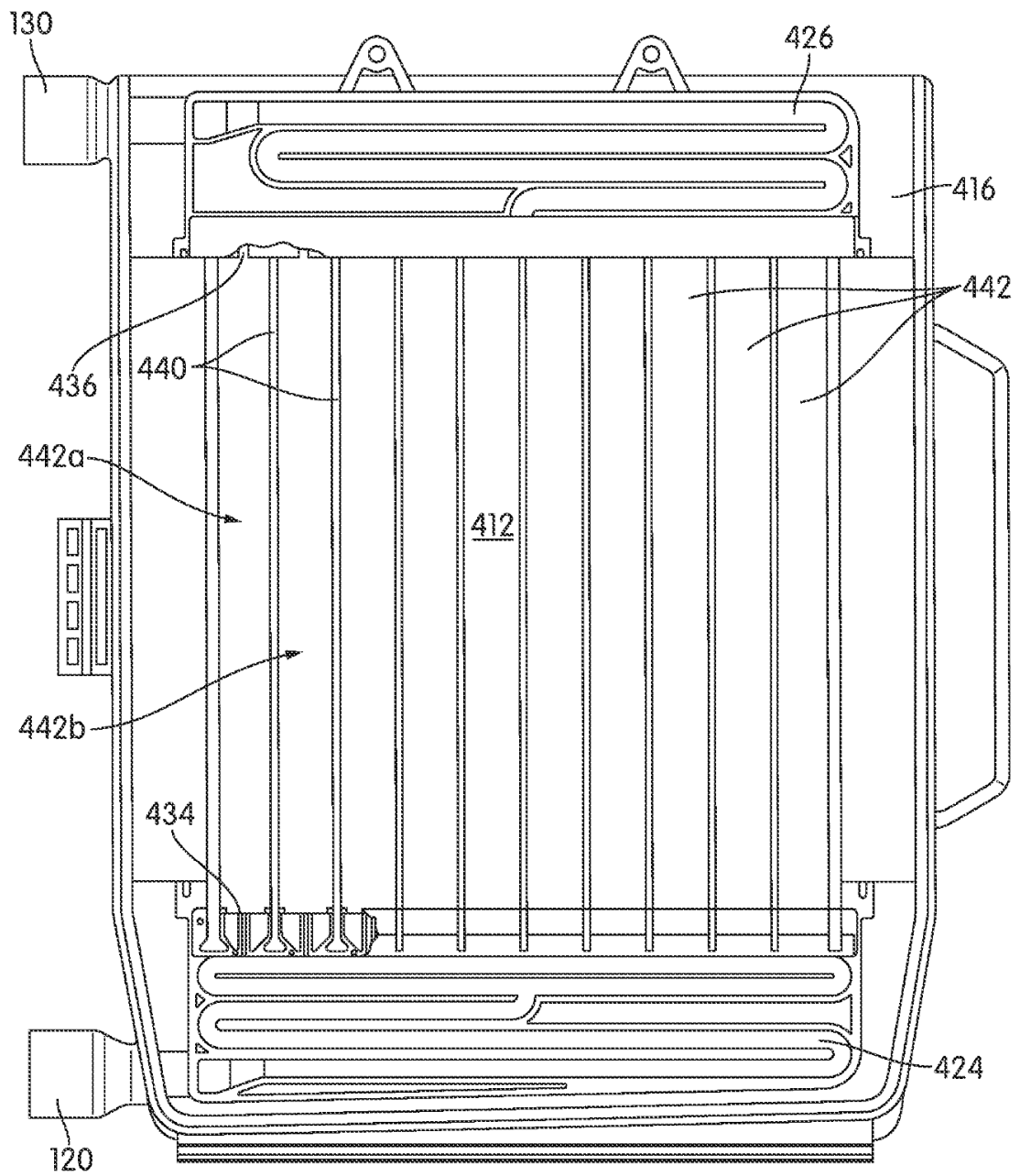


FIG. 12

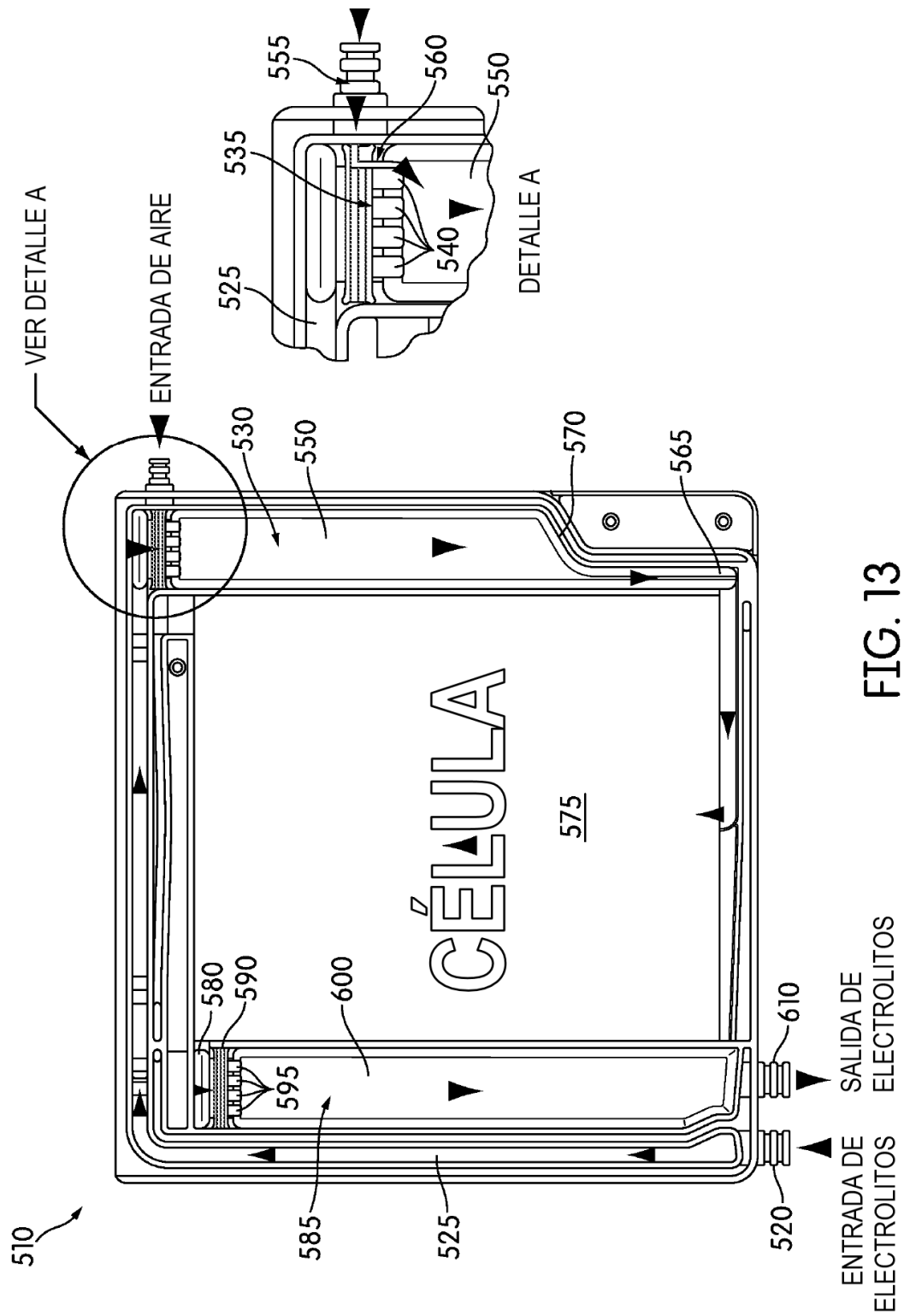
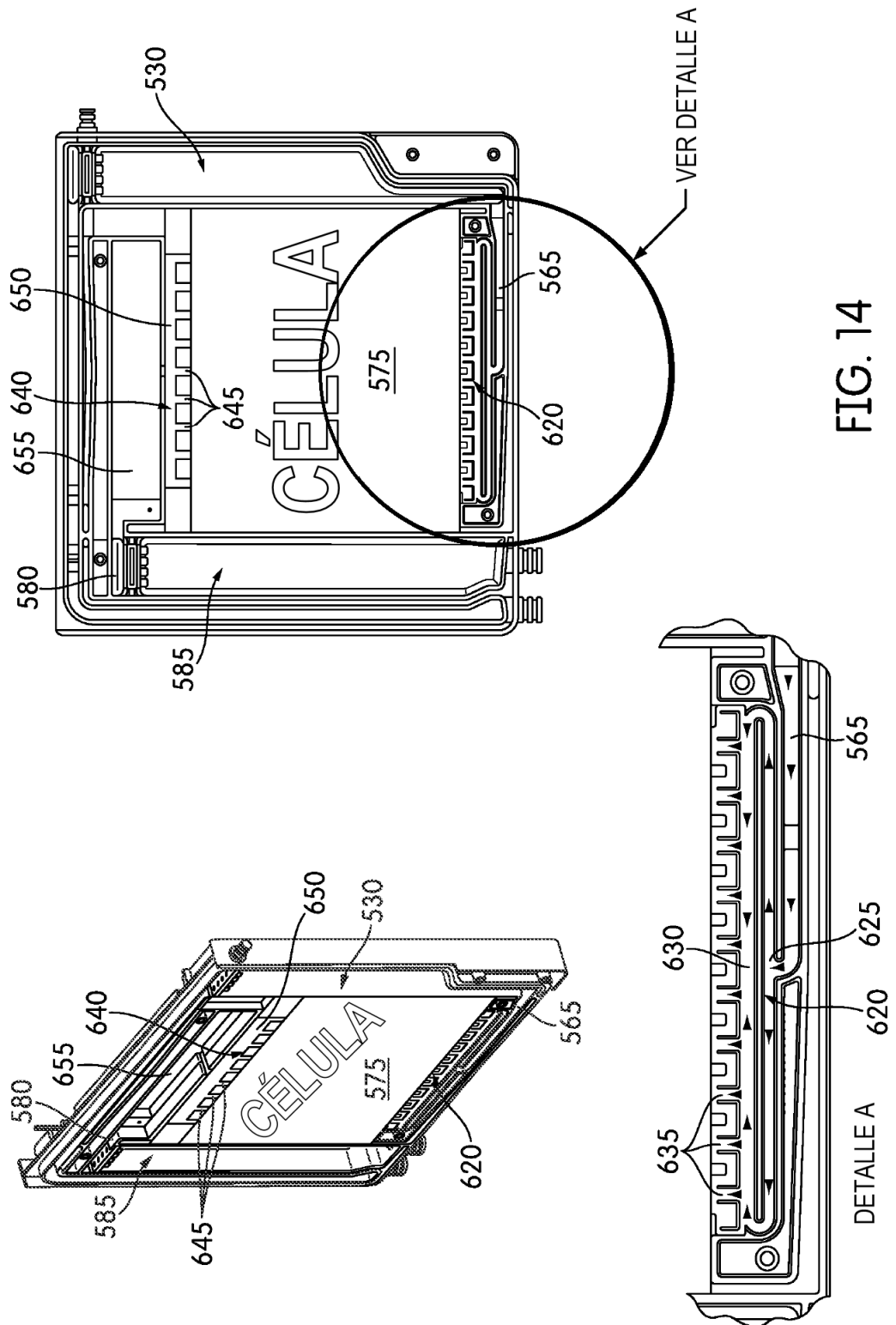


FIG. 13



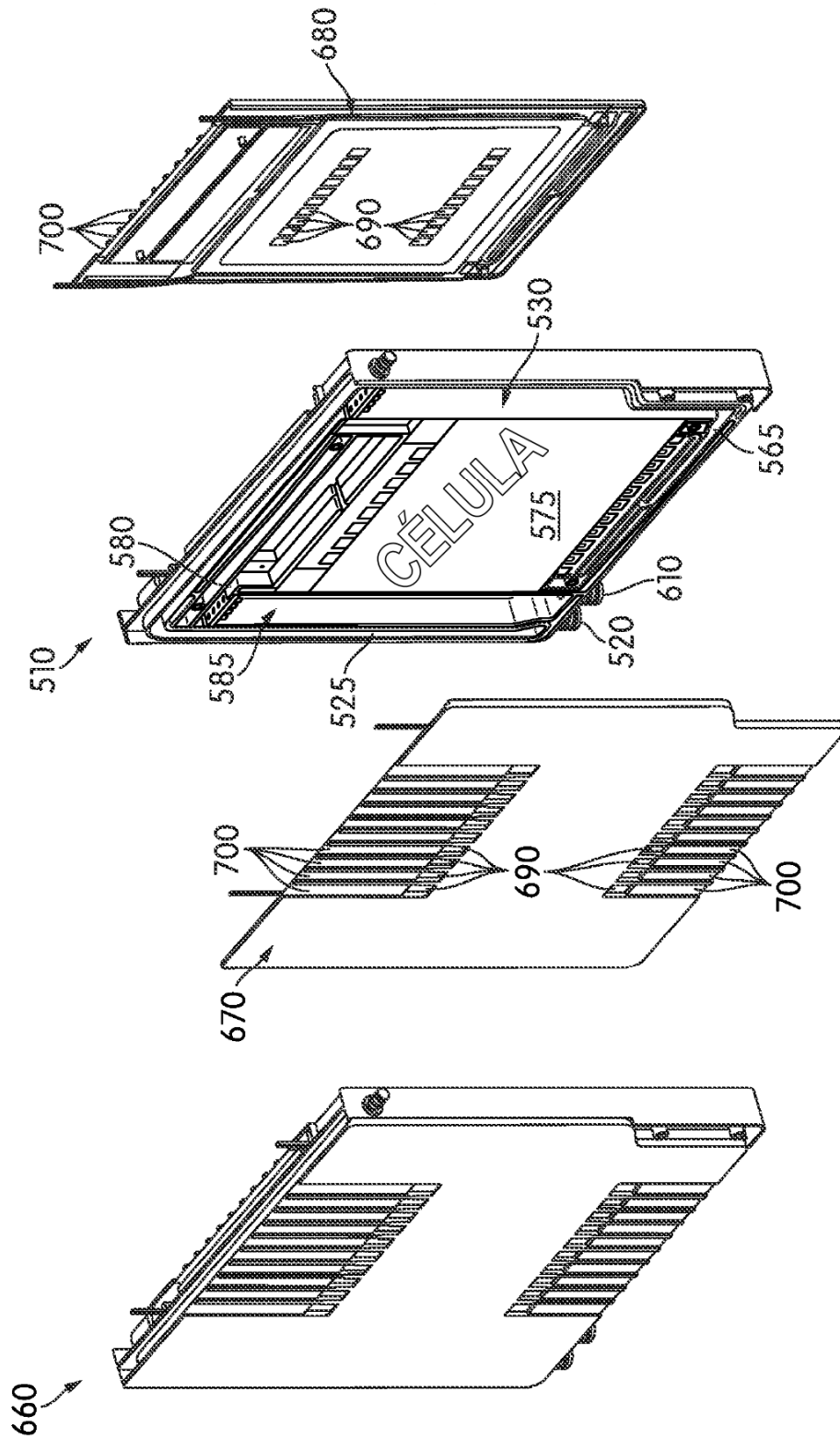
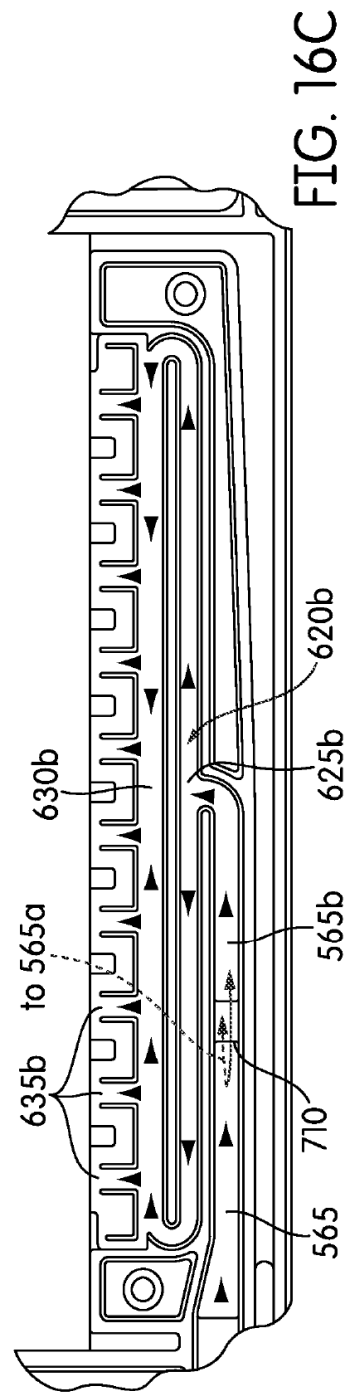
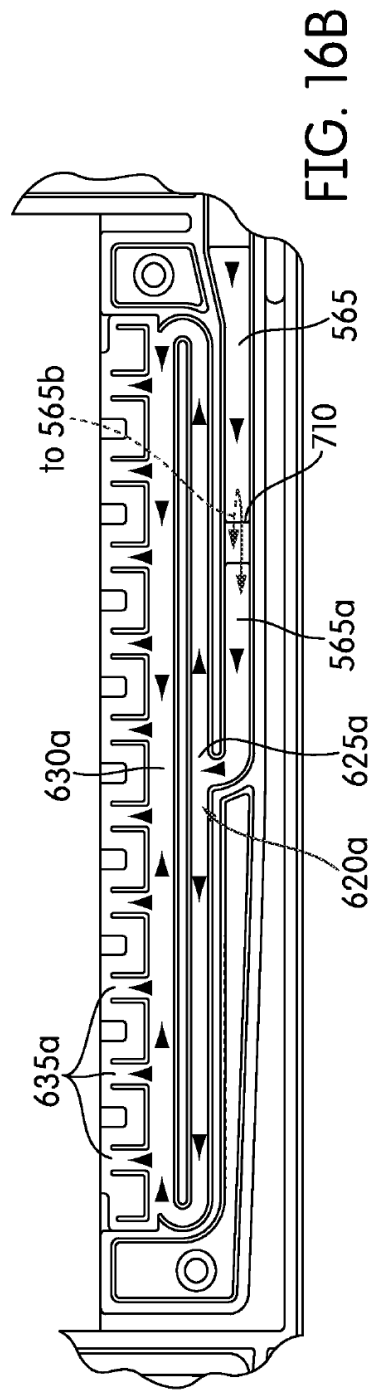
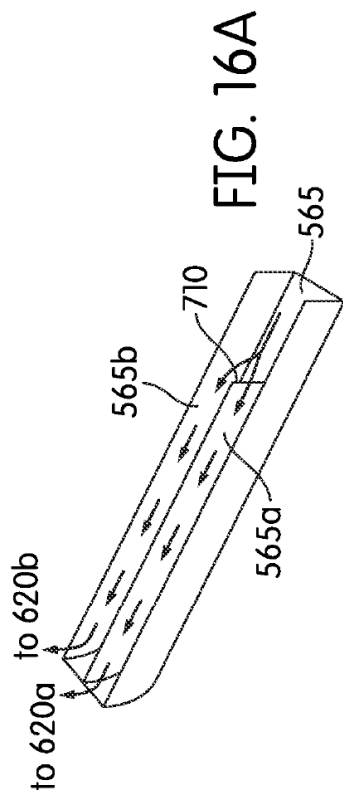


FIG. 15



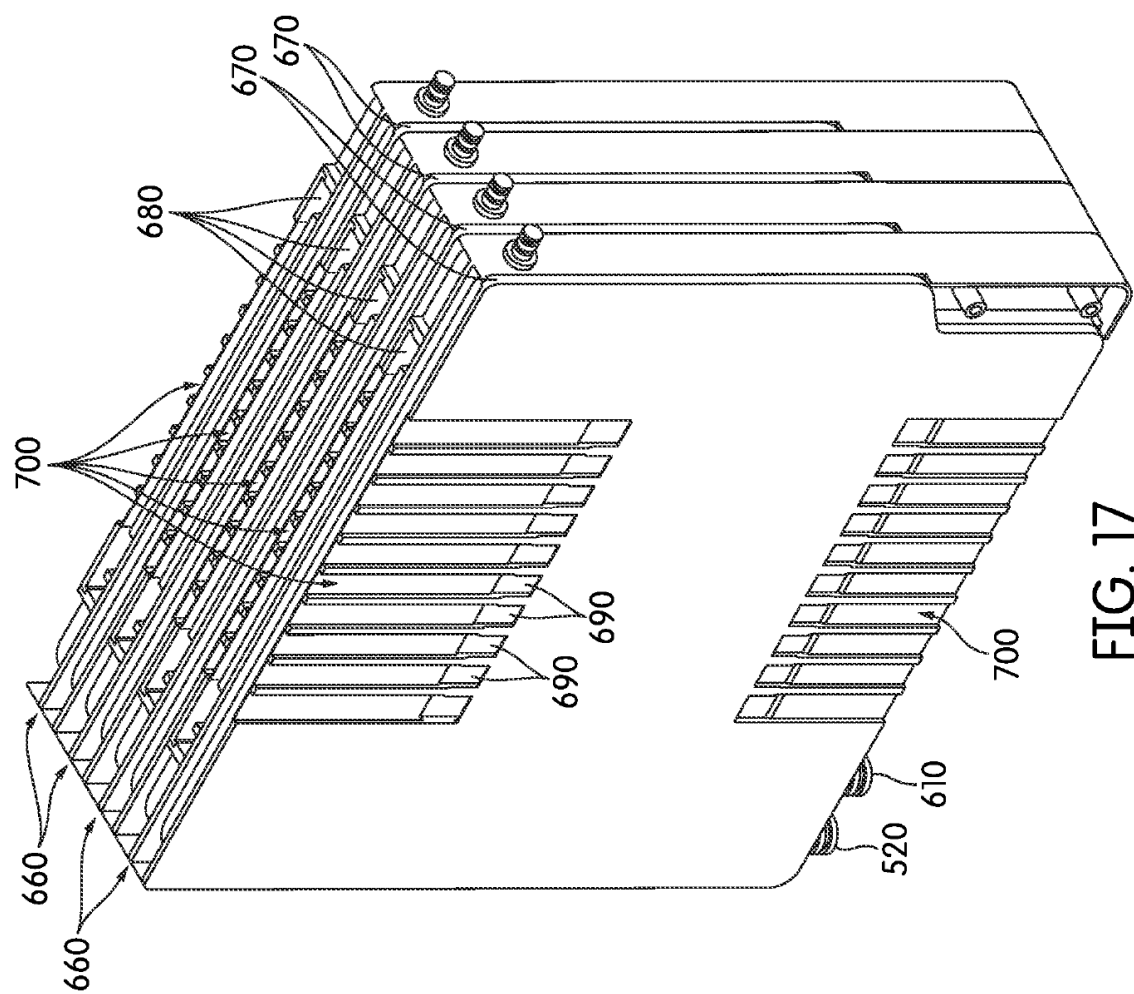


FIG. 17