

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 727 794**

51 Int. Cl.:

**H01M 12/08** (2006.01)

**C25B 15/08** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **22.03.2016 PCT/US2016/023564**

87 Fecha y número de publicación internacional: **06.10.2016 WO16160418**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **22.03.2016 E 16712694 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **24.04.2019 EP 3278394**

54 Título: **Sistema de gestión de agua en celdas electroquímicas con retorno de vapor que comprende electrodos de aire**

30 Prioridad:

**30.03.2015 US 201562140257 P**

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

**18.10.2019**

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**KRISHNAN, RAMKUMAR;  
HAYES, JOEL;  
FRIESEN, GRANT y  
FINK, SHAWN**

74 Agente/Representante:

**PADIAL MARTÍNEZ, Ana Belén**

ES 2 727 794 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 gestión de agua en celdas electroquímicas con retorno de vapor que comprende electrodos de aire.

**CAMPO**

5 La presente invención se relaciona generalmente con celdas electroquímicas, y más particularmente con celdas electroquímicas que comprenden cátodos de respiración de aire y que utilizan un medio líquido iónicamente conductor.

**ANTECEDENTES**

10 Muchos tipos de celdas electroquímicas utilizan un medio líquido iónicamente conductor para soportar reacciones electroquímicas dentro de la célula. Las celdas electroquímicas pueden utilizar un electrodo de respiración de aire acoplado a un electrodo de combustible, que comprende cualquier combustible adecuado. Por ejemplo, un sistema de celdas electroquímicas de metal y aire puede comprender una pluralidad de celdas, cada una con un electrodo de combustible que sirve como ánodo en el cual se oxida el combustible de metal, y un electrodo de reducción de oxidante de respiración de aire en el que se reduce el oxígeno del aire ambiente. El medio líquido iónicamente conductor en tales celdas puede comunicar los iones oxidados / reducidos entre los electrodos.

15 En varios medios iónicamente conductores, la evaporación, la electrólisis (por ejemplo, la separación del agua en la recarga) u otra pérdida de humedad del medio iónicamente conductor, pueden ser perjudiciales para la celda electroquímica, especialmente para las celdas que requieren agua para funcionar. Por ejemplo, la salinización del medio iónicamente conductor puede obstruir un electrodo oxidante de la celda electroquímica, reduciendo su rendimiento o, en casos extremos, dar como resultado un fallo completo de la celda. Dicha salinización u otros fallos  
20 pueden ocurrir, por ejemplo, cuando un lado del aire del electrodo oxidante, o una porción del mismo, está excesivamente seco. Además, una disminución en el contenido de agua en el medio iónicamente conductor puede reducir la capacidad de solvatación del medio, es decir, su capacidad para disolver solutos, o aumentar el porcentaje de concentración de solutos en el medio.

25 Se han desarrollado sistemas para el control de celdas electroquímicas. La publicación de Patente de Estados Unidos n. ° 20140227615, presentada el 10 de febrero de 2014 y del mismo solicitante, proporciona un ejemplo de un sistema de gestión de agua de batería.

La publicación de Patente de Estados Unidos n. ° 2009239132 proporciona un sistema de celda de oxígeno de litio y la publicación de Patente de Estados Unidos n. ° 2013106359 proporciona un sistema de batería de metal y aire.

30 Esta divulgación proporciona un sistema de control del agua para mantener el contenido de agua en cualquier celda electroquímica que comprende un medio líquido iónicamente conductor sin la necesidad de bombas, depósitos de agua líquida y válvulas mecánicas de control de nivel.

**SUMARIO**

35 En un aspecto de esta divulgación, se proporciona un sistema para controlar el contenido de agua en una o más celdas electroquímicas. El sistema comprende: una o más celdas electroquímicas, cada una de las celdas electroquímicas comprende una pluralidad de electrodos y un medio líquido iónicamente conductor; un conducto de fase gaseosa para recibir fase gaseosa húmeda asociada con una o más celdas electroquímicas; una unidad desecadora que tiene una entrada conectada a una o más celdas electroquímicas, estando configurada la unidad desecadora para extraer agua de la fase gaseosa húmeda; un calentador para calentar selectivamente la unidad desecadora para liberar selectivamente el agua extraída de la unidad desecadora para proporcionar una fase gaseosa húmeda de salida; y un lavador de dióxido de carbono configurado para absorber el dióxido de carbono, estando conectado el lavador de dióxido de carbono a una salida de la unidad desecadora, en donde, durante un modo de captura de agua, el sistema está configurado para capturar vapor de agua en la unidad desecadora desde una fase gaseosa húmeda que sale de una o más celdas electroquímicas; y, en el que, durante un modo de humidificación de celda, el sistema está configurado para liberar vapor de agua en la unidad desecadora, mediante accionamiento del calentador, para producir la fase gaseosa húmeda que se transporta a una o más celdas electroquímicas y al medio iónicamente conductor en el mismo; y en el que la unidad desecadora y el lavador de dióxido de carbono también están configurados para acoplarse selectivamente para suministrar la fase gaseosa húmeda de salida desde la unidad desecadora al lavador de dióxido de carbono.

50 Otro aspecto de esta divulgación proporciona un procedimiento para controlar el contenido de agua en una o más celdas electroquímicas. Cada una de las celdas tiene una pluralidad de electrodos y un medio líquido iónicamente conductor. El procedimiento incluye: recibir aire húmedo de una o más celdas electroquímicas en una unidad desecadora; calentamiento selectivo de la unidad desecadora utilizando un calentador; absorber el dióxido de carbono del aire húmedo utilizando un lavador de dióxido de carbono conectado a la unidad desecadora; y dirigir el aire húmedo desde el lavador de dióxido de carbono al medio iónicamente conductor.

Otro aspecto más de la divulgación proporciona un procedimiento para controlar el contenido de agua en un sistema que comprende una o más celdas electroquímicas. Cada una de las celdas tiene una pluralidad de electrodos y un medio líquido iónicamente conductor. El sistema también tiene un lavador de dióxido de carbono. El procedimiento incluye: entrada de aire desde una fuente externa atmosférica al lavador de dióxido de carbono; absorción de dióxido de carbono del aire exterior atmosférico utilizando el lavador de dióxido de carbono; dirigir el aire de salida desde el lavador de dióxido de carbono al medio iónicamente conductor de una o más celdas electroquímicas; y recibir aire húmedo de una o más celdas electroquímicas en una unidad desecadora. La unidad desecadora y el lavador de dióxido de carbono están configurados para ser acoplados selectivamente de forma comunicativa.

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

### **BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS**

Los siguientes dibujos se ilustran a modo de ejemplo y no de limitación. Por razones de brevedad y claridad, cada característica de una estructura dada no siempre está etiquetada en cada figura en la que aparece esa estructura. Los números de referencia idénticos no indican necesariamente una estructura idéntica. Más bien, se puede usar el mismo número de referencia para indicar una característica similar o una característica con funcionalidad similar, como pueden ser números de referencia no idénticos.

FIG. 1 ilustra esquemáticamente una realización de una celda electroquímica que tiene un electrodo de reducción de oxidante sumergido configurado para ser acoplado a un sistema de gestión de agua;

FIG. 2 ilustra esquemáticamente otra realización de una celda electroquímica configurada para ser acoplada a un sistema de gestión de agua;

FIG. 3 es un diagrama de un ejemplo de un sistema de gestión de agua que puede acoplarse a una celda electroquímica tal como las ilustradas en las FIGS. 1 y 2;

FIG. 4 es un diagrama de una realización de un sistema de gestión de agua que incluye una pluralidad de celdas electroquímicas con unidad desecadora y lavador de CO<sub>2</sub> conectados en serie; y

FIG. 5 es un diagrama de una realización de un sistema de gestión de agua que incluye una pluralidad de celdas electroquímicas con unidad desecadora y lavador de CO<sub>2</sub> conectados en paralelo.

### **DESCRIPCIÓN DETALLADA**

Esta divulgación intenta facilitar el mantenimiento del contenido de agua deseado en la celda electroquímica, además de controlar la humedad asociada con un electrodo de respiración de aire del mismo. Más particularmente, la presente solicitud describe un sistema y un procedimiento para mantener el contenido de agua de las celdas electroquímicas a través de un electrodo de respiración de aire.

El sistema de gestión de agua de la batería que se describe en detalle a continuación es acorde a una realización en la que la celda electroquímica comprende un electrodo de oxidante de respiración de aire. Según una realización de este tipo, el sistema de gestión de agua proporciona ambas funciones para mantener el contenido de agua en la celda electroquímica y controlar la humedad asociada con el electrodo de respiración de aire.

FIG. 1 ilustra una vista esquemática en sección transversal de una realización de una celda electroquímica 100. Tal como se muestra, los componentes de la celda electroquímica 100 pueden estar contenidos al menos parcialmente en una carcasa asociada 110. La celda 100 utiliza un medio líquido iónicamente conductor que está contenido dentro de la carcasa 110, y está configurado para circular por él para conducir iones dentro de la celda 100. Aunque a veces el medio iónicamente conductor puede ser generalmente estacionario dentro de la carcasa 110, tal como en una zona estancada u otra cantidad de medio iónicamente conductor, puede apreciarse que la celda 100 puede configurarse para crear un flujo convectivo del medio iónicamente conductor. En algunas realizaciones, dicho flujo puede generarse a través de la dirección controlada de burbujas generadas a través de procesos electroquímicos dentro de la celda, a través de un rociador, o a través de cualquier otro proceso de generación de burbujas. En algunas realizaciones, el flujo puede generarse a través de cualquier otro generador de flujo, que incluye, entre otros, una bomba. En algunas realizaciones, el calentamiento localizado causa la convección del líquido.

Varias porciones de la celda electroquímica 100 pueden ser de cualquier estructura o composición adecuada, incluyendo, pero sin limitación, estar formada por plástico, metal, resina o combinaciones de los mismos. Por consiguiente, la célula 100 puede ensamblarse de cualquier manera, incluso formándose a partir de una pluralidad de elementos, siendo moldeada integralmente, etc. En diversas realizaciones de la celda 100 y / o la carcasa 110 pueden incluir elementos o disposiciones de una o más de las Patentes de Estados Unidos n.º 8.168.337, 8.309.259, 8.491.763, 8.492.052, 8.659.268, 8.877.391, 8.895.197, 8.906.563, 8.911.910, 9.105.910; 9.105.946 ; 9,178,207; 9.214.708 ; 9.269.995 ; 9.269.996 y las publicaciones de solicitud de patente de Estados Unidos n.º 20100316935, 20110070506, 20110250512, 20120321969, 20130115523 y 20130115525.

Mientras que la celda electroquímica 100 puede variar en las realizaciones, la realización ilustrada de la FIG. 1 representa esquemáticamente en sección transversal una cámara de celda 120 dentro de la carcasa 110. El medio iónicamente conductor generalmente se puede agrupar dentro de la cámara de celda 120, sin embargo, puede fluir dentro de la cámara de celda 120, o puede fluir a través de la cámara de celda 120 (por ejemplo, desde una celda electroquímica 100 a otra celda electroquímica 100, o desde un depósito a y desde la celda electroquímica 100). Un electrodo de combustible 130 de la celda 100 puede estar soportado en la cámara de celda 120 para entrar en contacto por el medio iónicamente conductor. En una realización, el electrodo de combustible 130 es un electrodo de combustible metálico que funciona como un ánodo cuando la celda 100 funciona en modo de descarga (es decir, generación de electricidad), como se describe con más detalle a continuación. Tal como se muestra, en algunas realizaciones, el electrodo de combustible 130 puede comprender una pluralidad de cuerpos de electrodo permeables 130a-130e. Aunque en la realización ilustrada se usan cinco cuerpos de electrodo permeables 130a-130e, en otras realizaciones es posible cualquier número. Cada cuerpo de electrodo permeable 130a-130e puede incluir una pantalla que está hecha de cualquier formación que sea capaz de capturar y retener, mediante electrodeposición, o de otra manera, partículas o iones de combustible metálico del medio iónicamente conductor que fluye a través o está presente de otra manera dentro la cámara de celda 120. En una realización, el cuerpo del electrodo 130a puede ser un cuerpo terminal del electrodo, configurado de tal manera que al cargar, el combustible metálico generalmente puede crecer en los cuerpos del electrodo 130a-e en una dirección definida desde el cuerpo del electrodo 130a hacia el cuerpo del electrodo 130e. Aunque en la realización ilustrada, los cuerpos de electrodo permeables 130a-130e pueden tener tamaños diferentes, de modo que se puede usar una configuración de andamio escalonada, como se describe en la patente de Estados Unidos 8.659.268, en otras realizaciones, los cuerpos de electrodo permeables 130a-130e pueden tener sustancialmente el mismo tamaño.

En algunas realizaciones, una pluralidad de espaciadores puede separar los cuerpos de electrodo permeables 130a-130e para crear conductos de flujo en el electrodo de combustible 130. Aunque en algunas realizaciones, la pluralidad de espaciadores se puede conectar a la carcasa 110 de manera que el electrodo de combustible 130 se pueda mantener en su lugar con respecto a la carcasa 110, en otras realizaciones los espaciadores se pueden moldear entre los cuerpos de electrodo permeables 130a-130e, y potencialmente entre el electrodo de combustible 130 y el electrodo de carga 140, de manera que los cuerpos de electrodo permeables 130a-e (y potencialmente el electrodo de carga 140) forman parte de un módulo de electrodo combinado. Dicha configuración se representa en la patente de Estados Unidos 8.492.052. En diversas realizaciones, los espaciadores pueden ser no conductores y electroquímicamente inertes, por lo que son inactivos con respecto a las reacciones electroquímicas en la celda 100. En algunas realizaciones, los espaciadores pueden estar hechos de un material plástico adecuado, tal como polipropileno, polietileno, poliéster, Noryl, ABS, fluoropolímero, epoxi, o similares. Los conductos de flujo en el electrodo de combustible 130 pueden ser tridimensionales, y tienen una altura que es sustancialmente igual a la altura de los espaciadores. Aunque, por lo general, los espaciadores estarían orientados verticalmente para crear conductos de flujo que son paralelos al electrodo de carga que genera las burbujas, en otras realizaciones, pero sin limitarse a donde está bloqueada la parte superior del electrodo de combustible 130, como se describe a continuación, los espaciadores pueden estar orientados para crear conductos de flujo orientados a través de los cuerpos de electrodo permeables 130a-e. Debe apreciarse, sin embargo, que los espaciadores y/o los conductos de flujo son opcionales, y pueden omitirse en algunas realizaciones.

En algunas realizaciones de la celda 100, tal como se ilustra, puede colocarse un electrodo de carga 140 separado del electrodo de combustible 130, a distancia del cuerpo del electrodo terminal 130a (es decir, próximo al cuerpo del electrodo 130e). En algunas realizaciones, el electrodo de carga 140 puede ser una parte del electrodo de combustible 130 (incluyendo, por ejemplo, ser uno o más de los cuerpos de electrodo permeables 130b-130e). Al igual que con el electrodo de combustible 130, el electrodo de carga 140 se puede colocar dentro de la cámara de la celda 120, de modo que está en contacto con el medio iónicamente conductor. En la realización ilustrada, el electrodo de carga 140 está en una configuración escalonada similar a los cuerpos de electrodo permeables 130a-e. Sin embargo, en otras realizaciones, el electrodo de carga 140 puede extenderse al menos hasta el más largo de los cuerpos de electrodo permeables 130a-e, cuando esos cuerpos de electrodo 130a-e están en una configuración escalonada o varían de tamaño. Como se describe con mayor detalle a continuación, el electrodo de carga 140 puede configurarse para participar en la oxidación de una especie oxidante oxidable, que está presente en el medio líquido iónicamente conductor, de modo que promueva la reducción de una especie de combustible metálico oxidado y el crecimiento del combustible metálico en el electrodo de combustible 130 durante la carga de la celda 100. Por consiguiente, en algunas realizaciones, el electrodo de carga 140 se puede caracterizar como un electrodo que desprende oxígeno, debido al burbujeo del gas de oxígeno del electrodo de carga 140 durante la carga de la celda electroquímica 100, como se describe con mayor detalle a continuación.

Además, se muestra en la FIG. 1 un electrodo de reducción de oxidante 150, que está separado del electrodo de combustible 130 y el electrodo de carga 140, a distancia del cuerpo del electrodo terminal 130a. Como se muestra, el electrodo de reducción de oxidante 150 se puede sellar o ensamblar de otro modo en un módulo de electrodo de reducción de oxidante 160 que se sumerge en el medio iónicamente conductor 145 en la cámara de celda 120. Los canales de comunicación, representados por 165, se extienden en el módulo de electrodo de reducción de oxidante 160, de modo que proporcionen aire u otro oxidante a un espacio de aire 170 que se forma entre una carcasa del módulo de electrodo de reducción de oxidante 160 y el electrodo de reducción de oxidante 150 y proporcionar una salida. Puede apreciarse que el aire u otro oxidante en el espacio de aire 170 suministra oxidante al electrodo de

reducción de oxidante 150. Por consiguiente, el electrodo de reducción de oxidante 150 tiene una superficie que da al medio iónicamente conductor 145 y una superficie opuesta que da a un espacio de recepción de oxidante gaseoso 170. Los detalles adicionales de dicha configuración se describen en la publicación de Estados Unidos n. ° 20130115523, titulada "Immersible Gaseous Oxidant Cathode for Electrochemical Cell System". Puede apreciarse que los canales de comunicación 165 pueden incluir una configuración tubular o similar, que puede facilitar el suministro de oxidante al electrodo de reducción de oxidante 150 mientras permite que pase un medio iónicamente conductor sobre el módulo de electrodo de reducción de oxidante 160 (por ejemplo, a cualquier lado del canales 165).

Aunque no se ilustra en la FIG. 1, en algunas realizaciones, tal como se muestra en las FIGS. 3-5, los canales de comunicación 165 pueden incluir una entrada de canal de aire y una salida de canal de aire separadas que se extienden dentro y fuera del espacio de aire 170 respectivamente, permitiendo que los canales 165 formen parte de un recorrido de flujo de aire a través del espacio de aire 170. El recorrido del flujo de aire se describe con mayor detalle a continuación. Si bien la entrada de aire y la salida de aire pueden compartir una carcasa común que se extiende a través del medio iónicamente conductor al módulo de electrodo de reducción de oxidante 160 en algunas realizaciones, en otras realizaciones, los canales de comunicación 165 pueden incluir un par de recorridos de aire separados que se extienden a través del medio iónicamente conductor en el módulo de electrodo de reducción de oxidante 160.

Como se muestra, en realizaciones que contienen el electrodo de carga separado 140, el electrodo de carga separado 140 puede colocarse entre el electrodo de reducción de oxidante 150 y el electrodo de combustible 130. En realizaciones de la celda 100 que carecen del electrodo de carga separado 140, el electrodo de reducción de oxidante 150 puede utilizarse tanto durante la carga como la descarga de la celda 100 (es decir, como un ánodo durante la carga y como un cátodo durante la descarga).

Los componentes de la celda 100, que incluyen, por ejemplo, el electrodo de combustible 130, los cuerpos de electrodo permeables 130a-e del mismo, el electrodo de carga separado 140 y el electrodo de reducción de oxidante 150 pueden ser de cualquier construcción o configuración adecuada, incluyendo, por ejemplo, estar contruidos a partir de una o más de níquel o aleaciones de níquel (incluidas níquel-cobalto, níquel-hierro, níquel-cobre (es decir, Monel) o superaleaciones), cobre o aleaciones de cobre, latón, bronce, carbono, platino, plata, plata-paladio, o cualquier otro metal o aleación adecuada. En algunas realizaciones, uno o más componentes de la celda 100, tales como el electrodo de combustible 130, el electrodo de carga separado 140, y el electrodo de reducción de oxidante 150, pueden comprender un material altamente conductor que está recubierto con un material más resistente a la degradación. Por ejemplo, en algunas realizaciones, uno o más componentes de la celda pueden comprender cobre que está recubierto con níquel, estaño, plata, oro o cualquier otro material químicamente compatible. Como se señaló anteriormente, en algunas realizaciones, el electrodo de combustible 130 puede formarse a partir de pantallas metálicas permeables (es decir, los cuerpos de electrodo permeables 130a-e), que pueden configurarse para capturar, retener y proporcionar una plataforma de crecimiento para el combustible metálico. Asimismo, en algunas realizaciones, el electrodo de carga separado 140 puede ser de una configuración similar a uno de los cuerpos de electrodo permeables 130a-e. En otras realizaciones, el electrodo de carga 140 puede ser de otra configuración, que puede configurarse para crear una diferencia de potencial con el electrodo de combustible 130 de modo que promueva el crecimiento de combustible en el electrodo de combustible durante la carga de la celda electroquímica 100. Como se explica con mayor detalle a continuación, el electrodo de carga 140 puede configurarse para generar burbujas de oxígeno gaseoso durante el proceso de carga, que puede subir hacia arriba en la celda 100 debido a su flotabilidad en el medio iónicamente conductor, que puede impulsar el flujo convectivo del medio iónicamente conductor.

Al igual que el electrodo de combustible 130 y el electrodo de carga 140, el electrodo de reducción de oxidante 150 también puede ser de cualquier construcción o configuración apropiada. Por ejemplo, el electrodo de reducción de oxidante 150 puede configurarse generalmente para proporcionar una reducción de oxígeno en la celda electroquímica 100, para crear una diferencia de potencial con el electrodo de combustible 130 durante la descarga de la celda 100. En una realización, el electrodo de reducción de oxidante 150 puede contener una capa activa que tiene mallas o recubrimientos que se pueden caracterizar como "material (es) activo(s)", que facilitan las reacciones electroquímicas. Por consiguiente, en una realización, el electrodo de reducción de oxidante 150 se coloca en la carcasa de la celda 110 de tal manera que los materiales activos entran en contacto con el medio iónicamente conductor de manera que los iones pueden conducirse a través del mismo, hacia y/o desde el electrodo de combustible 130. En algunas realizaciones, los materiales activos pueden formarse mediante una mezcla de partículas o materiales de catalizador, matriz conductora y materiales hidrófobos, sinterizados para formar un material compuesto o compuestos en capas conjuntamente de otra manera. En diversas realizaciones, los materiales activos pueden construirse de uno o más metales, tales como, pero sin limitarse a, los enumerados anteriormente. En algunas realizaciones, los materiales activos pueden incluir una película de catalizador, que en diversas realizaciones puede formarse mediante técnicas que incluyen, entre otras, pulverización térmica, pulverización de plasma, electrodeposición o cualquier otro procedimiento de recubrimiento de partículas.

Puede encontrarse acoplado eléctricamente a los materiales activos un colector de corriente, que puede estar configurado para recibir electrones de una carga para consumo por la reacción de reducción de oxidante cuando la celda 100 está en un modo de descarga. Del mismo modo, el colector de corriente puede configurarse para

recolectar electrones de la reacción de oxidación en los materiales activos (es decir, si el electrodo de reducción de oxidante 150 sirve como electrodo de carga) para el suministro a la fuente de alimentación PS, para participar en las reacciones electroquímicas en los materiales activos, cuando la celda 100 está en modo de carga. El colector de corriente puede ser de cualquier construcción o configuración apropiada, incluyendo pero sin limitación una pantalla de metal, que puede tener huecos en la misma. En diversas realizaciones, el colector de corriente puede construirse de metales o aleaciones tales como, pero sin limitarse a estos, los descritos anteriormente para la capa activa.

Adicionalmente, el electrodo de reducción de oxidante 150 puede incluir uno o más materiales hidrófobos, que pueden ser cualquier material que sea generalmente permeable a los gases pero impermeable a los líquidos, de modo que contenga el medio iónicamente conductor dentro de la carcasa de celda 110, o mantener de otro modo un espacio de aire asociado con el electrodo de reducción de oxidante 150 (es decir, en el módulo de electrodo de reducción de oxidante 160). Aunque la hidrofobia puede entenderse como «fóbica a agua» en algunos contextos, se debe tener en cuenta que tal como se usa aquí, hidrofobia implica que resiste o repele el medio iónicamente conductor en su totalidad, y no necesariamente el agua en el medio iónicamente conductor. Como tales, los materiales hidrófobos también pueden considerarse materiales higrófobos o "fóbicos a líquidos". El electrodo de reducción de oxidante 150 en su totalidad puede por lo tanto ser impermeable a los líquidos, pero permeable a un oxidante gaseoso, de manera que el oxidante gaseoso pueda entrar en contacto con los materiales activos del electrodo de reducción de oxidante 150, de modo que sirva como el oxidante durante las reacciones electroquímicas, teniendo lugar durante la descarga de la celda 100. En diversas realizaciones, los materiales hidrófobos pueden ser de cualquier construcción o configuración adecuada que facilite el soporte de los materiales activos sobre los mismos, ser generalmente permeable al oxidante gaseoso y ser generalmente impermeable al medio iónicamente conductor.

En algunas realizaciones, el material o materiales hidrófobos sirven como material de soporte para los materiales activos y/o el colector de corriente. Aunque los materiales hidrófobos pueden variar según las realizaciones, en algunos casos, los materiales hidrófobos pueden construirse o incluir de otro modo un fluoropolímero. Como ejemplo, en varias realizaciones, los materiales hidrófobos pueden comprender politetrafluoroetileno (también conocido como PTFE o Teflon®), que en algunas realizaciones puede expandirse termomecánicamente (también conocido como ePTFE o Gore-Tex®). En otras realizaciones, los materiales hidrófobos pueden comprender etileno propileno fluorado (también conocido como FEP), un fluoropolímero o cualquier otro aglutinante hidrófobo (por ejemplo, polipropileno y/o polietileno). En algunas realizaciones, los materiales hidrófobos pueden tener un tamaño de poro fino, tal como, pero sin limitación, uno del orden de menos de 1 micrómetro, o en ejemplos más particulares, puede ser del orden de aproximadamente 50 a 200 nanómetros. Puede apreciarse que, en algunas realizaciones, los materiales hidrófobos pueden tener una resistencia a la tracción limitada por el espesor del electrodo de reducción de oxidante 150. Por consiguiente, en algunas realizaciones, los materiales hidrófobos pueden reforzarse con una capa de refuerzo permeable a los oxidantes, como la descrita en la publicación de solicitud de Patente de Estados Unidos n. ° 20130115525, titulada "External PTFE Layer Reinforcement for Oxidant Electrode".

En una realización, el combustible usado en la celda 100 puede ser un metal, tal como hierro, zinc, aluminio, magnesio, manganeso, cadmio, plomo, germanio, sodio o litio. Con metal, este término pretende abarcar todos los elementos considerados como metales o semimetales en la tabla periódica, incluidos, pero sin limitarse a estos, metales alcalinos, metales alcalinotérreos, lantánidos, actínidos, metales post-transición y de transición, ya sea en estado atómico, molecular (incluyendo 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 otros. En una realización, el combustible puede proporcionarse a la celda 100 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 tríflico, ácido nítrico, hidróxido de potasio, hidróxido de sodio, cloruro de sodio, nitrato de potasio o cloruro de litio. En una realización, el medio iónicamente conductor puede comprender un disolvente orgánico, tal como carbonato de etileno, carbonato de dimetilo u otros disolventes orgánicos apropiados, por ejemplo. En algunas realizaciones, el medio iónicamente conductor es hidróxido de potasio acuoso. En una realización, el medio iónicamente conductor puede comprender un electrolito. Por ejemplo, se puede usar una solución de electrolito líquido convencional, o se puede usar un líquido iónico a temperatura ambiente, como se menciona en la Patente de Estados Unidos 8.895.197. En algunas realizaciones, los aditivos se pueden agregar al medio iónicamente conductor, incluyendo, pero sin limitarse a estos, aditivos que mejoran el proceso de electrodeposición del combustible metálico en el electrodo de combustible 130, tal como se describe en la patente de Estados Unidos 8.877.391 y en la publicación de solicitud de Patente de Estados Unidos n. ° 20120321969. Dichos aditivos pueden reducir el crecimiento dendrítico suelto de las partículas de combustible, y por lo tanto la probabilidad de que dichas partículas de combustible se separen del electrodo de combustible 130, por ejemplo. En algunas realizaciones, el medio iónicamente conductor puede comprender cualquier separador adecuado o membrana de intercambio iónico, tal como se describe en la publicación '969.

Los intervalos de humedad relativa operacional pueden depender del medio iónicamente conductor particular, además de la temperatura del aire ambiente y de la celda, por ejemplo. Puede apreciarse que los electrolitos salinos acuosos, por ejemplo, hidróxido de potasio, pueden caracterizarse como higroscópicos. Por ejemplo, para una celda que comprende un electrolito de KOH acuoso, una humedad relativa menor que aproximadamente el 50% puede

provocar la pérdida de agua a través del electrodo de reducción de oxidante, o electrodo de aire. Una humedad relativa ambiental superior al 80% (o superior a aproximadamente el 80%) puede provocar la absorción de agua en la celda a través del electrodo de reducción de oxidante, o electrodo de aire. La liberación de agua a través del cátodo puede ocurrir con humedades relativas mayores que aproximadamente 50% en un intervalo de temperatura del aire de 50 grados Celsius a 80 grados Celsius (para el módulo de electrodo de reducción de cátodo/oxidante 160). Una humedad relativa del 50% (inclusive) al 80% (inclusive), o en un intervalo medio, puede caracterizarse como neutra. Por ejemplo, al 70% de humedad relativa en la celda, se pueden perder 250 ml de agua a 50 grados C y solo se pierden 15 ml (lo que se considera despreciable en una celda que tiene un volumen total de 8 litros) a 25 grados C. Debe apreciarse que los intervalos también pueden y/o alternativamente cambiar dependiendo del medio iónicamente conductor y sus características higroscópicas/higróforas.

En el funcionamiento de la celda 100, el combustible puede oxidarse en el electrodo de combustible 130 cuando el electrodo de combustible 130 funciona como un ánodo, y un oxidante, tal como el oxígeno (O<sub>2</sub>), Cl<sub>2</sub>, o cualquier otro oxidante apropiado, puede reducirse en el electrodo de reducción de oxidante 150 cuando el electrodo de reducción de oxidante 150 funciona como un cátodo, que es cuando la celda 100 está conectada a una carga y la celda 100 está en modo de descarga o generación de electricidad, como se explica con más detalle a continuación. Las reacciones que ocurren durante el modo de descarga pueden generar precipitados de subproductos, por ejemplo, una especie de combustible reducible, en el medio iónicamente conductor. Por ejemplo, en realizaciones en las que el combustible es cinc, el óxido de cinc puede generarse como un subproducto precipitado / especie de combustible reducible. El zinc oxidado u otro metal también puede ser soportado, oxidado con o solvatado en la solución de electrolito, sin formar un precipitado (por ejemplo, el zincato puede ser una especie de combustible reducible disuelto que permanece en el combustible). Durante un modo de recarga, que se describe con mayor detalle a continuación, las especies de combustible reducible, por ejemplo, óxido de zinc o iones de zinc, pueden reducirse y depositarse reversiblemente como combustible, por ejemplo, zinc, sobre al menos una parte del electrodo de combustible 130 que funciona como un cátodo. Al mismo tiempo, bien el electrodo de reducción de oxidante 150 o bien el electrodo de carga separado 140, y/u otra parte del electrodo de combustible 130 funciona como el ánodo, y oxida una especie oxidable de oxígeno (por ejemplo, iones OH<sup>-</sup>) en el medio iónicamente conductor para desprender el oxígeno gaseoso. En una realización, las especies de oxígeno oxidables pueden ser las especies oxidantes reducidas que se crearon en la celda 100 durante una descarga de la misma.

Aunque en algunas realizaciones, el oxidante puede suministrarse al electrodo de reducción de oxidante 150 mediante un sistema pasivo, que puede ser suficiente para permitir la difusión o permeación de, por ejemplo, oxígeno del aire, hacia el electrodo de reducción de oxidante 150, en otras realizaciones se puede utilizar diferentes fuentes del oxidante o mecanismos para llevar el oxidante al electrodo de reducción de oxidante. Por ejemplo, en una realización, una bomba tal como una bomba de aire AP se puede usar para suministrar el oxidante al electrodo de reducción de oxidante 150 bajo presión. La bomba de aire AP puede ser de cualquier construcción o configuración adecuada, incluyendo pero sin limitación, un ventilador u otro dispositivo de movimiento de aire configurado para producir un flujo constante o pulsado de aire u otro oxidante. La fuente de oxidante puede ser una fuente contenida de oxidante. En una realización, el oxígeno se puede reciclar del módulo de la celda electroquímica 100, tal como se describe en la Patente de Estados Unidos 8.491.763. 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, sopladores, etc.), por el cual se permite que el aire fluya hacia el electrodo de reducción de oxidante 150. Por lo tanto, el término "fuente de oxidante" pretende abarcar los oxidantes contenidos y/o las disposiciones para el suministro pasivo o activo de oxígeno desde el aire ambiente al electrodo de reducción de oxidante 150.

En diversas realizaciones, los cuerpos de electrodo permeables 130a-e, el electrodo de carga separado 140 y el electrodo de reducción de oxidante 150 pueden conectarse mediante un sistema de conmutación que puede configurarse para conectar la celda 100 a una fuente de alimentación PS, una carga u otras celdas 100 en serie. Durante la descarga, el electrodo de combustible 130 se conecta a la carga, y funciona como un ánodo, de modo que los electrones emitidos por el combustible metálico, a medida que el combustible se oxida en el electrodo de combustible 130, fluye a la carga externa. El electrodo de reducción de oxidante 150 funciona como el cátodo durante la descarga, y está configurado para recibir electrones de la carga externa y reducir un oxidante que entra en contacto con el electrodo de reducción de oxidante 150, específicamente oxígeno en el aire que rodea la celda 100, alimentándose oxígeno a la celda 100, u oxígeno reciclado desde la celda 100.

El funcionamiento del sistema de conmutación puede variar según las realizaciones, y en algunas realizaciones, la operación puede ser similar a las descritas en la patente '910. Como otro ejemplo, en una realización, la carga externa se puede acoplar a algunos de los cuerpos de electrodo permeables 130a-130e en paralelo, como se describe en detalle en la Patente '259. En otras realizaciones, la carga externa solo puede acoplarse al cuerpo del electrodo permeable terminal 130a, a distancia del electrodo de reducción de oxidante 150, de modo que el consumo de combustible puede ocurrir en serie entre cada uno de los cuerpos del electrodo permeable 130a-130e. En algunas realizaciones, la celda 100 puede configurarse para la conmutación del modo de carga / descarga, como se describe en la Patente '197, presentada el 17 de septiembre de 2010.

En algunas realizaciones, uno o más de los cuerpos de electrodo 130a-e, el electrodo de reducción de oxidante 150 y/o el electrodo de carga 140 pueden estar interconectados por el sistema de conmutación, o cualquier otro circuito,

de modo que se facilita selectivamente el control de la carga y descarga de la celda 100. Los conmutadores asociados con el sistema de conmutación pueden ser controlados por un controlador, que puede ser de cualquier construcción y configuración adecuadas, que incluyen pero no se limitan a, en algunas realizaciones, en conformidad a los descritos en general en las patentes '910 y '207 y en la publicación '512. En diversas realizaciones, el control de los interruptores del sistema de conmutación puede determinarse en base a una selección del usuario, una lectura del sensor o por cualquier otra entrada. En algunas realizaciones, el controlador también puede funcionar para gestionar la conectividad entre la carga y la fuente de alimentación PS y una pluralidad de las celdas 100. En algunas realizaciones, el controlador puede incluir la lógica o los circuitos apropiados para activar los conmutadores de derivación asociados con cada celda 100 en respuesta a la detección de un voltaje que alcanza un umbral predeterminado (tal como una caída por debajo de un umbral predeterminado).

Como se ilustra en la FIG. 1, el medio iónicamente conductor puede llenarse hasta un nivel L dentro de la cámara de celda 120. Como se describe con mayor detalle a continuación, el nivel L del medio iónicamente conductor puede modificarse en diferentes modos, por ejemplo, un modo de captación de agua o un modo de humidificación (o deshumidificación). Como se muestra en la FIG. 1, se puede acoplar un sistema de gestión de agua WMS al módulo de electrodo de reducción de oxidante 160 y se puede configurar para gestionar los niveles de humedad dentro del espacio de aire 170, así como para recuperar la humedad como agua, dirigiendo el agua a la unidad desecadora 122 y/o lavador de CO<sub>2</sub> 190, que puede reponer el medio iónicamente conductor en la cámara de celda 120. El sistema de gestión del agua WMS es una característica de la presente divulgación, y se describe con mayor detalle a continuación.

Aunque en la realización ilustrada de la FIG. 1, la carcasa de la celda 110 está configurada de tal manera que el electrodo de reducción de oxidante 150 se sumerge con el módulo de electrodo de reducción de oxidante 160 en la cámara de celda 120, se puede apreciar que en diversas realizaciones también son posibles otras configuraciones o disposiciones de la celda 100. Por ejemplo, en la FIG 2, se presenta otra realización de la celda 100 (específicamente, la celda 100\*), en la que un electrodo de reducción de oxidante 150\* define una pared límite para la cámara de celda 120, y se sella a una porción de una carcasa 110\* de modo que evita la infiltración de medio iónicamente conductor entre ellos. Aunque una configuración de este tipo tiene la preocupación de que un fallo del electrodo de reducción de oxidante 150\* resultaría en una fuga del medio iónicamente conductor fuera de la celda 100\*, en algunas de tales realizaciones un flujo del medio iónicamente conductor en la cámara de celda 120 puede ser en una dirección hacia arriba y alejada del electrodo de reducción de oxidante 150\*, cruzando la parte superior del electrodo de combustible 130. A pesar de las desventajas de las celdas electroquímicas 100\* que tienen una configuración de pared límite del electrodo de reducción de oxidante 150\*, se puede apreciar que tales configuraciones de las celdas electroquímicas 100\* pueden existir, y se pueden adaptar para activar el sistema de gestión de agua WMS.

Como se muestra en la FIG. 2, en una realización tal readaptación de la celda electroquímica 100\* puede incluir rodear el lado que da al aire del electrodo de reducción de oxidante 150\* por una cámara de aire externa 190. Mientras que en la realización ilustrada la cámara de aire externa 190 está sellada a la carcasa de celda 110\*, en otras realizaciones, la cámara de aire externa 190 puede sellarse al electrodo de reducción de oxidante 150\*, o puede configurarse generalmente para rodear en general la celda electroquímica 100\*. También son posibles otras configuraciones. Además, se puede apreciar que si bien la cámara de aire externa 190 puede sellarse a porciones de la celda electroquímica 100\* en algunas realizaciones, en otras realizaciones, la cámara de aire externa 190 puede más simplemente llegar a lindar con la celda electroquímica 100\*, o estar asegurada de manera más laxa a la celda electroquímica 100\*. En la realización ilustrada la cámara de aire externa 190 forma un espacio de aire 170 entre el electrodo de reducción de oxidante 150\* y las paredes de la cámara de aire externa 190. De manera similar a la realización que se extiende desde el módulo de electrodo de reducción de oxidante 160 de la FIG. 1, los canales de comunicación 165 pueden extenderse desde la cámara de aire externa 190, a fin de formar un recorrido para que el aire fluya entre el espacio de aire 170 y el sistema de gestión de agua WMS.

FIG. 3 ilustra esquemáticamente un ejemplo de un sistema de gestión de agua (WMS) 102 para gestionar el contenido de agua en una o más celdas electroquímicas, tales como las celdas ilustradas en las FIGS. 1 y 2. La FIG. 3 también ilustra generalmente una representación de la celda electroquímica 100. Tal como se muestra la carcasa de celda 110 define una cámara de celda 120 que contiene una cantidad de medio iónicamente conductor 145 (por ejemplo, lleno hasta el nivel L). El electrodo de combustible 130 y el electrodo de carga separado 140 (140 no se muestra en la FIG. 3, pero que pueden proporcionarse entre el electrodo de combustible 130 y el módulo de electrodo de reducción de oxidante 160 en un ejemplo, como se entiende en la descripción anterior) se sumergen en el medio conductor. El electrodo de reducción de oxidante 150 también se sumerge en el medio iónicamente conductor 145, sellado al módulo de electrodo de reducción de oxidante 160 para mantener el espacio de aire (170) en él. Como se muestra en la FIG. 3, los canales de comunicación incluyen una entrada de oxidante gaseoso 112 y una salida de oxidante gaseoso 114 que se conecta a través del espacio de recepción de oxidante gaseoso 170, permitiendo de este modo el transporte de gas dentro y fuera del espacio de recepción de oxidante gaseoso 170. Como tal, puede recibirse un flujo de aire que comprende un oxidante de una fuente externa (por ejemplo, aire ambiente o una fuente de oxidante contenida), y puede alimentarse al espacio de aire / espacio de recepción de oxidante gaseoso 170 a través de la entrada 112, antes de fluir fuera del espacio de recepción de oxidante gaseoso 170 por la salida 114, como se explica con mayor detalle a continuación. El electrodo de reducción de oxidante 150 está configurado para absorber el oxidante gaseoso por el lado que da al oxidante y reducir el oxidante gaseoso

durante un modo de descarga de la celda electroquímica 100. Aunque se muestra que la entrada y la salida están separadas de manera diferente con respecto al electrodo de reducción de oxidante 150 en la vista esquemática de la FIG. 3, se puede apreciar que tal ilustración puede ser simplemente para mostrar esquemáticamente el movimiento del flujo, y la entrada 112 y la salida 114 pueden alinearse entre sí en un plano paralelo al del electrodo de reducción de oxidante 150 en algunos ejemplos .

El sistema de gestión de agua 102 de la FIG. 3 puede discutirse en términos de los flujos de aire en el mismo. Tal como se muestra, una entrada de aire 142 puede recibir aire desde el exterior de la celda electroquímica 100 y el sistema de gestión de agua 102. Mientras que en algunos ejemplos como se describe aquí, el aire puede provenir del aire ambiente en la atmósfera fuera del sistema de gestión de agua 102, se prevé que, en otros ejemplos, el aire puede provenir de una fuente de oxidante contenida (por ejemplo, un tanque de oxígeno puro o una mezcla de oxígeno). En algunos ejemplos, como el ilustrado donde el aire proviene de la atmósfera circundante, la entrada de aire 142 puede incluir un filtro de aire u otra estructura de filtrado configurada para eliminar partículas u otros contaminantes del aire. Sin embargo, dicho filtro es opcional y puede estar ausente en algunos ejemplos. El aire de entrada de la entrada de aire 142 puede pasar a través de una válvula 146 que se puede cerrar de manera selectiva, descrita con mayor detalle a continuación. En un ejemplo, la válvula 146 se puede ubicar en cualquier lugar del recorrido del flujo de aire antes de la entrada 112. Además, la válvula 146 puede ser de cualquier construcción o configuración apropiada, y en algunos ejemplos puede comprender una válvula de retención o una válvula de lámina. El funcionamiento de algunos ejemplos de la válvula 146 (por ejemplo, cuando se abre y cierra selectivamente) se explica con mayor detalle a continuación. Como se muestra, el sistema de gestión de agua 102 puede incluir un ventilador 132 u otro generador de flujo de aire posicionado para generar un flujo de aire desde la entrada de aire 142 a la entrada 112 de los canales de comunicación asociados con el electrodo de reducción de oxidante 150. En un ejemplo, la válvula 146 puede proporcionarse antes del ventilador 132 en el recorrido del flujo de aire.

Aunque los recubrimientos higróforos y otros mecanismos pueden intentar evitar que el medio iónicamente conductor impregne el electrodo de reducción de oxidante 150, se puede apreciar que el agua (por ejemplo vapor de agua) del medio conductor de forma iónica aún puede pasar lentamente a través del electrodo de reducción de oxidante 150, aumentando la humedad del aire en el espacio de aire 170. Sin limitarse a teoría particular alguna, el agua puede evaporarse a través del electrodo de aire, la sal del electrolito puede precipitarse en el electrodo, lo que hace que se humedezca el electrodo y/o las fugas, y las fuerzas osmóticas pueden hacer que el agua penetre desde un lado en contacto del medio conductor iónico del electrodo de reducción de oxidante 150 a un lado de aire del electrodo de reducción de oxidante. Estos fenómenos pueden tener lugar más comúnmente cuando la humedad relativa en el espacio de aire es baja (es decir, aproximadamente el 10%).

Aunque la humedad relativa del flujo de aire en el espacio 170 por la entrada 112 puede variar, en algunos ejemplos, como se describió anteriormente, la humedad relativa de la fase gaseosa húmeda transportada a través de la entrada de oxidante gaseoso 112 en el espacio de recepción de oxidante gaseoso 170 puede variar en base al electrolito utilizado, una temperatura del aire ambiente (interior), una humedad relativa y/o la temperatura de la celda. Además, después de atravesar el espacio de aire 170 y de aumentar la humedad del contenido de humedad en el mismo, el flujo de aire puede salir del módulo de electrodo de reducción de oxidante 160 por la salida 114. De nuevo, la humedad relativa del flujo de aire más allá de la salida 114 puede variar, así como la humedad relativa que sale del espacio de aire 170, y puede modificarse según las condiciones variables (tal como las indicadas anteriormente). Puede apreciarse que un ventilador tal como un ventilador 132 puede ayudar además a transportar gas fuera de la salida de oxidante gaseoso 114.

El aire húmedo que sale por la salida del canal de aire 114 puede pasar a través de una válvula 148 que se puede cerrar de manera selectiva hacia la atmósfera como escape por la salida de aire 144 o hacia una unidad desecadora 122 por el recorrido de salida 179, que se describe con mayor detalle a continuación. En un ejemplo, la válvula 148 se puede ubicar en cualquier lugar del recorrido del flujo de aire más allá de la salida 114, y en algunos ejemplos, la válvula 148 se puede ubicar dentro de la unidad desecadora 122. Además, la válvula 148 puede ser de cualquier construcción o configuración apropiada, y en algunos ejemplos puede comprender una válvula de retención o una válvula laminar, y puede configurarse simplemente para evitar el flujo de retorno no deseado. El funcionamiento de algunos ejemplos de la válvula 148 (por ejemplo, cuando se abre y cierra selectivamente) se explica con mayor detalle a continuación. Puede apreciarse que la válvula 148 del ejemplo ilustrado es meramente a título de ejemplo, y pueden utilizarse en otros ejemplos una pluralidad de válvulas y vías que acoplan selectivamente la salida 114 a la unidad desecadora 122 o la salida de aire 144.

La unidad desecadora 122 también puede ser de cualquier construcción o configuración apropiada, y está configurada para capturar y liberar selectivamente el agua del aire húmedo que ha pasado a través de la válvula 148 y en la unidad por el recorrido de salida 179. En algunos ejemplos, la unidad desecadora 122 comprende una cámara que tiene un material desecante en su interior, que se comunica a la entrada del oxidante gaseoso 112 y la salida del oxidante gaseoso 114. Mientras que en un ejemplo la unidad desecadora 122 comprende gel de sílice, pueden utilizarse otras sustancias higroscópicas alternativamente para absorber el agua del aire húmedo. Por ejemplo, en algunos ejemplos, la unidad desecadora 122 puede comprender uno o más de gel de sílice, carbón activado, óxido de aluminio, sulfato de calcio, cloruro de calcio, arcilla de montmorillonita y/o un tamiz molecular. Pueden utilizarse adicional o alternativamente otras construcciones o configuraciones que tienen adsorción de agua

exotérmica y propiedades de desorción de agua endotérmica. Además, pueden utilizarse alternativamente otros mecanismos para aislar la humedad del aire en la unidad desecadora. Como un ejemplo no limitativo, la unidad desecadora puede comprender un alambique solar, configurado para condensar y aislar el agua del aire en su interior. Además, en algunos ejemplos podría emplearse una unidad de condensación enfriada pasiva o activamente. Por ejemplo, el enfriamiento activo podría realizarse mediante un elemento Peltier / termoeléctrico. En ejemplos en los que la unidad desecadora 122 está configurada para absorber y almacenar el agua del aire húmedo en un desecante, se puede apreciar que el agua se puede liberar selectivamente calentando el desecante. Como tal, en el ejemplo ilustrado, la unidad desecadora 122 comprende un calentador 124 que puede activarse selectivamente para calentar el desecante mediante el calentamiento de la unidad desecadora 122 para liberar selectivamente el agua extraída de la unidad desecadora 122. Mientras que la vista esquemática de la FIG. 3 no muestra cómo el agua/vapor calentado y liberado puede fluir fuera de la unidad desecadora 122, se puede apreciar una variedad de configuraciones posibles entre los ejemplos, lo que puede permitir que el agua entre en un recorrido de salida 155. Por ejemplo, la unidad desecadora 122 puede estar formada con una pared o base en ángulo que conduce al recorrido de salida 155. Como otro ejemplo, el calentador 124 puede configurarse para calentar el agua suficiente para convertir el agua en vapor, y dirigir el vapor al recorrido de salida 155.

Como se muestra en la FIG. 3, se puede conectar una válvula 146 que se puede cerrar de forma selectiva a la unidad desecadora 122 por un recorrido de entrada 177. La válvula 146 puede configurarse para conectar selectivamente un recorrido de entrada 177 a la unidad desecadora 122 o la entrada de aire 142 (para recibir aire del exterior), a la entrada 112 de la celda electroquímica 100. En un ejemplo, la válvula 146 se puede ubicar en cualquier lugar del recorrido del flujo de aire antes de la entrada 112. Además, la válvula 146 puede ser de cualquier construcción o configuración apropiada, y en algunos ejemplos puede comprender una válvula de retención o una válvula de láminas, y puede configurarse simplemente para evitar el flujo de retorno no deseado. El funcionamiento de algunos ejemplos de la válvula 146 (por ejemplo, cuando se abre y cierra selectivamente) se explica con mayor detalle a continuación. Puede apreciarse que la válvula 146 del ejemplo ilustrado es meramente a título de ejemplo, y pueden utilizarse en otros ejemplos una pluralidad de válvulas y recorridos que acoplan selectivamente la unidad desecadora 122 a la entrada de aire 142 o al recorrido de entrada 177.

Puede apreciarse que el funcionamiento de la celda electroquímica 100 puede modificar el funcionamiento del sistema de gestión de agua 102. Específicamente, el sistema de gestión de agua 102 puede funcionar de manera diferente cuando la celda electroquímica 100 está en un modo de descarga que cuando la celda electroquímica 100 está en un modo de recarga. Por ejemplo, en un ejemplo en el que la celda electroquímica 100 está configurada para descargar, se puede formar una diferencia de potencial entre el electrodo de combustible 130 y el electrodo de oxidante 150, de manera que el combustible metálico en el electrodo de combustible 130 se está oxidando, mientras que un oxidante (por ejemplo, el oxígeno en el aire que se recibe en la entrada de aire 142) se está reduciendo en el electrodo de reducción de oxidante 150. Cuando la celda electroquímica 100 está en un modo de recarga, los iones de oxígeno pueden oxidarse para generar oxígeno gaseoso al electrodo de carga separado 140 y/o una porción del electrodo de combustible 130, mientras que los iones de combustible pueden reducirse al menos en otra porción del electrodo de combustible 130, para platear combustible metálico en al menos esa otra porción del electrodo de combustible 130. Alternativamente, el sistema de gestión de agua 102 puede configurarse para operar en un modo a pesar del modo de operación de la celda electroquímica 100.

Se describen con más detalle a continuación ejemplos adicionales de modos y condiciones para operar celdas electroquímicas con referencia a las realizaciones y ejemplos divulgados, así como otros escenarios de operación.

En un ejemplo, el sistema de gestión de agua 102 está en un modo de humidificación de celda. El calentador 122 se activa (o se enciende) para proporcionar humedad al aire que ingresa a la celda electroquímica 100 por desorción endotérmica de agua del material desecante. La unidad desecadora 122 recibe aire ambiente de entrada a través de la entrada exterior o atmosférica 175, de modo que libera vapor de agua en el aire de entrada, y este aire húmedo se desplaza a través de la ruta de entrada 177 por la válvula 146 que está abierta a la entrada 112 (y cerrada a la recepción de aire ambiente por la entrada de aire 142). Como tal, el sistema 102 está configurado para liberar vapor de agua en la unidad desecadora 122 (a través del accionamiento del calentador 124) para producir una fase gaseosa húmeda transportada a través de la entrada de oxidante gaseoso 112 hacia el espacio de recepción de oxidante gaseoso 170 de la celda 100, por lo que el contenido de agua de la celda electroquímica 100 se gestiona suministrando una fase gaseosa con una humedad controlada al electrodo de reducción de oxidante 150 por el espacio de recepción de oxidante gaseoso 170. En un ejemplo, a medida que la humedad se transfiere al flujo de aire que pasa a través del espacio de aire 170, la válvula 148 puede estar abierta, de modo que el flujo de aire que sale de la salida del canal de aire 114 puede abrirse a la atmósfera por la ruta hacia la salida de aire 144. El ventilador 132 puede usarse opcionalmente para mover el flujo de aire.

El modo de humidificación descrito anteriormente puede ocurrir simultáneamente durante el modo de descarga de la celda electroquímica 100, un modo de carga o recarga de la celda, un modo de inactividad de la celda, o una combinación de los mismos.

Alternativamente, el sistema 102 puede configurarse para capturar vapor de agua en la unidad desecadora 122 de una fase electroquímica húmeda que sale de la celda 100 a través de la salida del oxidante gaseoso 114 en un modo de captura de agua. Por ejemplo, en tal modo, el aire ambiente puede recibirse a través de la válvula 146 que

está abierta a la atmósfera (y cerrada para recibir el aire de la unidad desecadora 122). A medida que el aire se dirige a la entrada 122 y el flujo pasa a través del espacio de aire 170, la válvula 148 puede estar abierta (cerrada a la atmósfera), de modo que el flujo de aire que sale de la salida del canal de aire 114 puede entrar en la unidad desecadora 122. En algunos ejemplos, puede apreciarse que el recorrido de salida 155 está abierta a la salida de aire, de modo que a medida que la humedad se absorbe del aire húmedo en la unidad desecadora 122, el aire seco puede ventearse a la atmósfera. Por lo tanto, la unidad desecadora 122 puede absorber la humedad originalmente del medio iónicamente conductor que de otra manera escaparía a la atmósfera a través del electrodo de reducción de oxidante 150, causando la evaporación y, por lo tanto, una mayor concentración del medio iónicamente conductor. El escape húmedo que sale de la celda electroquímica 100 es capturado por los medios desecantes en la unidad desecadora 122 para mantener la humedad en el sistema (a diferencia de la extracción directa al aire ambiental por el recorrido de salida 155, que con el tiempo puede reducir el contenido de agua en el medio iónicamente conductor). El ventilador 132 puede usarse opcionalmente para mover el flujo de aire a través del mismo. Por lo tanto, el sistema 102 aún libera vapor de agua en la unidad desecadora 122 (la unidad 122 absorbe humedad) de la corriente de escape de la celda electroquímica 100.

En un ejemplo, el sistema 102 está configurado para capturar vapor de agua en la unidad desecadora 122 como se indicó anteriormente simultáneamente durante la descarga de la celda.

En un ejemplo, por ejemplo, cuando la celda electroquímica 100 está inactiva o apagada y en modo de recarga, el calentador 122 y el ventilador 132 pueden estar encendidos para mover el agua hacia la celda. La válvula 146 puede estar abierta y el calentador 124 puede calentar la unidad desecadora 122 para liberar agua de la misma. En consecuencia, durante el calentamiento por el calentador 124, la válvula selectora 148 puede cerrarse a la unidad desecadora 122 y abrirse a la atmósfera (y a la salida de aire 144). Como tal, el agua calentada puede dirigirse por la entrada 112, condensándose en la superficie del medio iónicamente conductor, o recombinándose de otro modo con el medio iónicamente conductor. La humedad absorbida en la unidad desecadora 120 puede liberarse nuevamente al medio iónicamente conductor de la celda 100, y el calentador 124 puede desactivarse cuando esto se detecte.

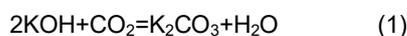
En un ejemplo, la válvula 146 puede cerrarse a la entrada de aire 112 (ya que el electrodo de reducción de oxidante 150 puede estar inactivo), y abrirse para dirigir el aire ambiente desde la entrada de aire 142 a través del camino de entrada 177 y hacia la unidad desecadora 122, de manera que la unidad desecadora 122 captura el vapor de agua en su interior. El calentador 124 puede opcionalmente calentar la unidad desecadora 122 para liberar agua de la misma, y expulsar a la atmósfera por el recorrido de salida 155. Puede apreciarse que al cerrar la válvula 146, se puede evitar que el agua de la unidad desecadora 122 se libere (por ejemplo, como vapor) a la entrada de aire 112.

En consecuencia, a diferencia de los sistemas de aporte de agua de baterías convencionales, el agua líquida no se devuelve directamente a la celda, sino que se agrega agua a la celda electroquímica 100 por una fase de gas húmedo que hace contacto con el electrodo de aire.

En algunas realizaciones, múltiples celdas electroquímicas pueden compartir un sistema de gestión de agua común. Puede apreciarse que un sistema de gestión de agua de este tipo puede configurarse para garantizar que cada una de las celdas electroquímicas asociadas con las mismas mantenga las cantidades deseadas de medio iónicamente conductor en ellas. También se puede apreciar que se pueden utilizar celdas electroquímicas adicionales 100 en otras realizaciones. Además pueden utilizarse adicionalmente o alternativamente otras celdas electroquímicas (por ejemplo, celdas electroquímicas 100\*) en otras realizaciones.

Además, se prevé que en algunas realizaciones el sistema descrito pueda incluir un lavador de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). En una realización, el lavador de dióxido de carbono se proporciona después de la unidad desecadora y antes de la entrada de oxidante gaseoso de la célula. Como se ilustra y describe con referencia a las realizaciones ejemplo de las FIGS. 4 y 5 a continuación, el lavador de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) está diseñado para absorber el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) del aire que ingresa (por ejemplo, por el recorrido de entrada) en la unidad desecadora y/o la entrada de aire antes de dirigirse a la entrada de la celda utilizando un medio o medios de depuración de dióxido de carbono. En una realización, el lavador de dióxido de carbono se proporciona en serie con la unidad desecadora y antes de la entrada del oxidante gaseoso (véase la FIG. 4). En una realización, el lavador de dióxido de carbono se proporciona en paralelo con la unidad desecadora y antes de la entrada del oxidante gaseoso (véase la FIG. 5).

Cuando el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) se pone en contacto con el electrolito, por ejemplo, del aire regular que contiene aproximadamente 400 ppm de CO<sub>2</sub>, el resultado es la formación de carbonatos. La formación y la presencia de carbonatos en el electrolito pueden disminuir el voltaje de las celdas y, eventualmente, causar un ciclo de vida bajo y/o un fallo. Por ejemplo, el CO<sub>2</sub> puede reaccionar con electrolito de hidróxido de potasio (KOH) para formar carbonato de potasio (K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) de acuerdo con la ecuación 1,



El carbonato, por ejemplo, K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> puede acumularse gradualmente en el electrolito alcalino, lo que reduce la conductividad y la alcalinidad del KOH, lo que resulta en características de polarización de celda deficientes. Además, los carbonatos pueden depositar cristales de carbonato en los poros de los electrodos de aire, bloqueando

así el transporte de oxígeno y provocar fugas y acortar la vida útil de los electrodos de aire. Por lo tanto, los expertos en la técnica podrán apreciar que algunas ventajas de proporcionar un lavador de CO<sub>2</sub> antes de la entrada de oxidante gaseoso (por ejemplo, 112) de la celda incluyen mayores voltajes de celda, mayor vida útil del ciclo de celda y mayor eficiencia.

5 En una realización, el lavador de dióxido de carbono de la FIG. 4 o la FIG. 5 utiliza un medio o material(es) lavador(es) de dióxido de carbono seleccionado del grupo de: cal sodada, hidróxido de sodio, hidróxido de potasio e hidróxido de litio, peróxido de litio, óxido de calcio, carbonato de calcio, serpentinita, silicato de magnesio, hidróxido de magnesio, olivina, tamices moleculares, aminas y monoetanolamina, y/o derivados y/o combinaciones de los mismos.

10 Los medios de depuración de CO<sub>2</sub> en el lavador de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) pueden seleccionarse para tener una mayor eficiencia de captura de CO<sub>2</sub> con un mayor contenido de agua. En consecuencia, la integración del lavador de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) con la unidad desecadora permite tanto un aumento en la eficiencia de los medios de captura de CO<sub>2</sub>, como la opción de "humedecimiento previo" de los medios de captura de CO<sub>2</sub> (es decir, antes de una descarga de la celda), de modo que la corriente de aire alimentada a una celda electroquímica de descarga (100) tenga una baja concentración de CO<sub>2</sub> y una alta humedad.

Refiriéndonos ahora a las ilustraciones ejemplo, la FIG. 4 es un diagrama de un sistema de gestión de agua 200, de acuerdo con una realización, que incluye una pluralidad de celdas electroquímicas 202a, 202b y 202c con una unidad desecadora 220 y un lavador de CO<sub>2</sub> 240 conectados en serie. El número de celdas ilustradas en la FIG. 4 es solo un ejemplo y no pretende ser limitante. Debe entenderse que cada una de las celdas electroquímicas 202a, 202b y 202c incluye características previamente señaladas anteriormente, tales como con respecto a las FIGS. 1 y 2. Por ejemplo, cada celda electroquímica 202a-202c puede incluir un medio iónicamente conductor 145 y un electrodo de reducción de oxidante 150 que tiene una superficie que da al medio iónicamente conductor 145 y una superficie opuesta que da a un espacio de recepción de oxidante gaseoso 170. Cada celda 202a, 202b, 202c puede incluir además una entrada de oxidante gaseoso 210a, 210b y 210c, respectivamente, para recibir aire que incluye un oxidante y una salida de oxidante gaseoso 212a, 212b y 212c, respectivamente, conectándose a través del espacio de recepción de oxidante gaseoso 170, lo que permite el transporte de gas dentro y fuera del espacio receptor de oxidante gaseoso 170. Se permite que un oxidante entre en el espacio de recepción de oxidante gaseoso 170 por las entradas de oxidante gaseoso 210a, 210b y 210c y fuera del espacio de recepción de oxidante gaseoso por las salidas de oxidante gaseoso 212a, 212b y 212c. El electrodo de reducción de oxidante 150 asociado con cada celda 202a-202c está configurado para absorber el oxidante gaseoso por el lado que da al oxidante y reducir el oxidante gaseoso durante un modo de descarga de la celda electroquímica, por ejemplo.

En el sistema de gestión de agua 200 de la FIG. 4, el aire ambiente ingresa a la unidad desecadora 220 desde la atmósfera por una entrada, como un canal de entrada 202 y una válvula 224. Opcionalmente, se puede proporcionar un ventilador 204 para tirar y empujar aire hacia la unidad desecadora 220. El aire se dirige desde la unidad desecadora 220 por el canal de entrada 206 al lavador de CO<sub>2</sub> 240 que está conectado en serie a la unidad desecadora 220. Desde el lavador de CO<sub>2</sub> 240, el aire sale por las entradas 210a, 210b y 210c de cada una de las celdas 202a, 202b y 202c. Aunque la humedad relativa del flujo de aire en el espacio 170 por las entradas 210a, 210b y 210c puede variar, en algunas realizaciones, la humedad relativa de la fase gaseosa húmeda transportada por las entradas de oxidante gaseoso 210a, 210b y 210c en el espacio de recepción de oxidante gaseoso 170 es superior al 50%.

En una realización, un ventilador 230a, 230b y 230c está asociado con cada celda 202a, 202b y 202c (respectivamente) en el sistema 200. Cada ventilador 230a, 230b y 230c, cuando se activa, induce o crea un flujo de aire con oxidante en el espacio de recepción de oxidante gaseoso 170 a través de las entradas de oxidante gaseoso 210a, 210b y 210c, facilitando así la gestión del contenido de agua de cada celda individualmente. Después de atravesar el espacio de aire 170 en cada celda 202a, 202b y 202c, y aumentar la humedad desde el contenido de humedad en su interior (o eliminar el contenido de agua cuando sea deseable bajar el nivel de electrolito, por ejemplo, cuando la celda de respiración de aire está funcionando en una región húmeda), el flujo de aire puede salir del módulo de electrodo de reducción de oxidante 160 asociado con cada celda 202a, 202b y 202c por las salidas 212a, 212b y 212c. De nuevo, la humedad relativa del flujo de aire más allá de las salidas 212a, 212b y 212c puede variar, por ejemplo, dependiendo del modo de operación. En algunas realizaciones, la humedad relativa que sale del espacio de aire 170 puede ser mayor que la entrada; en otras realizaciones, la humedad relativa que sale del espacio de aire 170 puede ser menor que la humedad del aire que entra. Puede apreciarse que los ventiladores 230a, 230b y 230c pueden ayudar aún más en el transporte de gas fuera de las salidas de oxidante gaseoso 212a, 212b y 212c. Alternativamente, en otra realización, se puede proporcionar un ventilador para todo el bloque de celda o sistema para transportar gas a las entradas de oxidante gaseoso 210a, 210b y 210c (y fuera de las salidas de gas oxidante 212a, 212b y 212c).

El aire húmedo que sale por las salidas del canal de aire 212a, 212b y 212c puede pasar a través de una válvula 218 que se puede cerrar de manera selectiva, por ejemplo, hacia la atmósfera como escape por la salida de aire 216 o hacia una unidad desecadora 220 por el recorrido de salida 214. En una realización, los flujos de aire de salida pueden recombinarse en un colector de aire de salida (no mostrado) del sistema de gestión de agua 200 antes de ser expulsado por la salida de aire 216.

En realizaciones en las que la unidad desecadora 220 está configurada para absorber y almacenar el agua del aire húmedo en un desecante, puede apreciarse que el agua puede liberarse selectivamente calentando el desecante. Como tal, en la realización ilustrada, la unidad desecadora 220 tiene un calentador 225 asociado con la misma que puede activarse selectivamente para calentar el desecante mediante calentamiento de la unidad desecadora 220 para liberar selectivamente el agua extraída de la unidad desecadora 220.

En una realización, la unidad desecadora se deriva en la entrada, pero absorbe la humedad de la fase de gas húmedo que sale de las celdas. Esto se puede realizar cuando la humedad relativa del aire ambiente es inferior a aproximadamente 50% y el nivel de electrolito es alto, por lo que el agua se elimina de la(s) celda(s). Con referencia a la FIG. 4, entonces, el aire ambiente entra por el canal de entrada 202 al lavador de CO<sub>2</sub> 240 por el canal de entrada 207 y la válvula 224. Desde el lavador de CO<sub>2</sub> 240, el aire sale por las entradas 210a, 210b y 210c de cada una de las celdas 202a, 202b y 202c. Los ventiladores 230a, 230b y 230c pueden inducir o crear un flujo de aire con oxidante en el espacio de recepción de oxidante gaseoso 170 a través de las entradas de oxidante gaseoso 210a, 210b y 210c, facilitando así la gestión del contenido de agua de cada celda individualmente. Después de atravesar el espacio de aire 170 en cada celda 202a, 202b y 202c, y de aumentar la humedad del contenido de humedad en la misma, el flujo de aire puede salir del módulo de electrodo de reducción de oxidante 160 asociado con cada celda 202a, 202b y 202c por las salidas 212a, 212b y 212c. Puede apreciarse que los ventiladores 230a, 230b y 230c pueden ayudar aún más en el transporte de gas fuera de las salidas de oxidante gaseoso 212a, 212b y 212c. El aire puede dirigirse a la unidad desecadora 220. En una realización, el aire puede ser expulsado de la unidad desecadora 220 por la salida 216.

En otra realización, el aire puede ser transportado en su fase húmeda como entrada por el canal de entrada 206 al lavador de CO<sub>2</sub> 240, por ejemplo, para la captación de agua. En tal caso, se puede entender que la celda puede no estar funcionando en un modo de descarga, ya que la fase húmeda se mezclaría con el aire de entrada que ingresa a la celda, lo que puede disminuir el oxígeno total que entra en la celda.

En la realización ilustrada del sistema de gestión de agua 200 en la FIG. 4, las rutas de flujo separadas se extienden desde el lavador de CO<sub>2</sub> 240, que no pretenden ser limitantes. Es decir, el lavador de CO<sub>2</sub> 240 puede incluir una salida que dirige el aire a un colector de aire (no mostrado), que luego redirige el aire a las entradas 210a, 210b y 210c de las celdas 202a, 202b y 202c.

Puede apreciarse que pueden utilizarse en otras realizaciones una pluralidad de válvulas y recorridos que acoplan selectivamente las entradas y salidas y los recorridos hacia o desde la unidad desecadora 220, el lavador de CO<sub>2</sub> 240 y/o las salidas de aire 216, 222.

La FIG. 5 es un diagrama de un sistema de gestión de agua 300, de acuerdo con otra realización, que incluye una pluralidad de celdas electroquímicas 302a y 302b con una unidad desecadora 320 y un lavador de CO<sub>2</sub> 340 conectados en paralelo. El número de celdas ilustradas en la FIG. 5 es solo un ejemplo y no pretende ser limitante. Por ejemplo, cada celda electroquímica 302a, 302b puede incluir un medio iónicamente conductor 145 y un electrodo de reducción de oxidante 150 que tiene una superficie que da al medio iónicamente conductor 145 y una superficie opuesta que da a un espacio de recepción de oxidante gaseoso 170. Cada celda 302a, 302b puede incluir además una entrada de oxidante gaseoso 310a, 310b, respectivamente, para recibir aire que incluye un oxidante y una salida de oxidante gaseoso 312a, 312b, respectivamente, conectándose a través del espacio de recepción de oxidante gaseoso 170, permitiendo así el transporte de gas hacia y fuera del espacio de recepción de oxidante gaseoso 170. El electrodo de reducción de oxidante 150 asociado con cada celda 302a, 302b está configurado para absorber el oxidante gaseoso por el lado que da al oxidante y reducir el oxidante gaseoso durante un modo de descarga de la celda electroquímica, por ejemplo.

En el sistema de gestión de agua 300 de la FIG. 5, el lavador de dióxido de carbono 340 se proporciona en paralelo con la unidad desecadora 320 y antes de las entradas de oxidante gaseoso 310a, 310b de las celdas 302a, 302b. El aire ambiente entra al sistema 300 por una entrada, tal como el canal de entrada 330. Opcionalmente, se puede proporcionar un ventilador 332 para tirar y empujar aire hacia la unidad desecadora 320 o el lavador de CO<sub>2</sub> 340. Por ejemplo, se puede proporcionar una válvula de tres vías V1 para dirigir el aire ambiente a la unidad desecadora o al lavador de CO<sub>2</sub> 340, o ambos, desde el canal de entrada 330. El aire se dirige desde la unidad desecadora 320 o el lavador de CO<sub>2</sub> 340 a las entradas 310a, 310b de cada una de las celdas 302a, 302b. Se proporciona y controla una válvula de tres vías V2 para permitir que el aire húmedo en fase gaseosa de la unidad desecadora 320 se dirija a las entradas 310a, 310b así como al lavador de dióxido de carbono 340 por un conducto abierto. Al liberar vapor de agua en la unidad desecadora 320 (mediante la activación del calentador 322, que se indica a continuación) para producir una fase gaseosa húmeda comunicada al lavador de dióxido de carbono 340, se produce una "humectación previa" del lavador de dióxido de carbono 340. En una realización, la fase gaseosa húmeda se comunica desde la unidad desecadora 320 con el lavador de dióxido de carbono 340 por un conducto abierto (válvula abierta V2).

En una realización, mostrada en la FIG. 5, puede proporcionarse opcionalmente un depósito de agua líquida 360 como parte del sistema de gestión de agua 300. El depósito de agua líquida 360 se puede conectar al lavador de CO<sub>2</sub> 340 y a la unidad desecadora 320. En una realización, el depósito de agua líquida 360 está configurado para recoger el agua que sale de la unidad desecadora 320 para su entrega (por goteo o de otra manera) al lavador de dióxido de carbono 340. Por ejemplo, este proceso se puede realizar durante la inactividad o carga del sistema. En la descarga

posterior, el aire se dirige al lavador de CO<sub>2</sub> (por la válvula V1) donde la humedad relativa aumenta debido a la evaporación del agua absorbida/adsorbida en los medios del lavador de CO<sub>2</sub>, humidificando así el aire. El aire es dirigido por la válvula V2 a las entradas de las celdas 310a y 310b. Esto permite que el aire de entrada se humidifique durante la descarga sin hacer funcionar el calentador 322 (lo que disminuiría la potencia de salida del sistema). Además, permite que el desecador 320 absorba la humedad del aire que sale de la celda durante la descarga.

Aunque la humedad relativa del flujo de aire en el espacio 170 por las entradas 310a, 310b pueda variar, en algunas realizaciones, la humedad relativa de la fase gaseosa húmeda transportada a través de las entradas 310a, 310b del oxidante gaseoso en el espacio de recepción del oxidante gaseoso 170 es mayor de 50%.

En una realización, un ventilador 330a, 330b está asociado con cada celda 302a, 302b (respectivamente) en el sistema 300. Cada ventilador 330a, 330b, cuando se activa, induce o crea un flujo de aire con oxidante en el espacio de recepción de oxidante gaseoso 170 a través de las entradas de oxidante gaseoso 310a, 310b, facilitando así la gestión del contenido de agua de cada célula individualmente. Después de atravesar el espacio de aire 170 en cada celda 302a, 302b, y de aumentar la humedad del contenido de humedad, el flujo de aire puede salir del módulo de electrodo de reducción de oxidante 160 asociado con cada celda 302a, 302b por las salidas 312a, 312b. Aunque la humedad relativa del flujo de aire más allá de las salidas 312a, 312b puede variar, en algunas realizaciones, la humedad relativa que sale del espacio de aire 170 puede ser aproximadamente del 70%. Por supuesto, como se indicó anteriormente, después de atravesar el espacio de aire 170 y de aumentar la humedad del contenido de humedad en el mismo, el flujo de aire puede salir del módulo del electrodo de reducción de oxidante por las salidas. De nuevo, la humedad relativa del flujo de aire más allá de las salidas 312a, 312b puede variar, así como la humedad relativa que sale del espacio de aire 170, y puede modificarse en función de las condiciones variables (como las mencionadas anteriormente). Puede apreciarse que los ventiladores 330a, 330b pueden ayudar adicionalmente a transportar gas fuera de las salidas de oxidante gaseoso 312a, 312b. Alternativamente, en otra realización, se puede proporcionar un ventilador para todo el bloque de celda o sistema para transportar gas a las entradas de oxidante gaseoso 310a, 310b (y fuera de las salidas de oxidante gaseoso 312a, 312b).

El resto del aire húmedo que sale por las salidas del canal de aire 312a, 312b puede pasar a través de una válvula V3 que se puede cerrar de manera selectiva hacia la atmósfera como escape por la salida de aire 344 o hacia una unidad desecadora 320 por la ruta de salida 379, que se describe con mayor detalle a continuación. En una realización, la válvula V3 puede ubicarse en cualquier lugar del recorrido del flujo de aire más allá de las salidas 312a, 312b, y en algunas realizaciones, la válvula V3 puede ubicarse dentro de la unidad desecadora 320. Además, la válvula V3 puede ser de cualquier construcción o configuración apropiada, y en algunas realizaciones puede comprender una válvula de retención o una válvula laminar, y puede configurarse simplemente para evitar el reflujos no deseado. El funcionamiento de algunas realizaciones de la válvula V3 (por ejemplo, cuando se abre y cierra de forma selectiva) se describe con mayor detalle a continuación. Puede apreciarse que la válvula V3 de la realización ilustrada es meramente a título de ejemplo, y pueden utilizarse en otras realizaciones una pluralidad de válvulas y recorridos que acoplan selectivamente las salidas 312a, 312v a la unidad desecadora 320 o a la salida de aire 344 .

En realizaciones en las que la unidad desecadora 320 está configurada para absorber y almacenar el agua del aire húmedo en un desecante, puede apreciarse que el agua puede liberarse selectivamente calentando el desecante. Como tal, en la realización ilustrada, la unidad desecadora 320 tiene un calentador 322 asociado con la misma que puede activarse selectivamente para calentar el desecante mediante calentamiento de la unidad desecadora 320 para liberar selectivamente el agua extraída de la unidad desecadora 320. Por ejemplo, el calentador 322 puede configurarse para calentar el material desecante suficientemente para convertir el agua absorbida en vapor, y dirigir el vapor a la ruta de salida 335, evitando así que las celdas 302a, 302a absorban la humedad en la unidad desecante 320. En una realización, una fracción de la fase gaseosa húmeda que sale de la unidad desecadora 320 se dirige a humidificar la celda 302.

Puede apreciarse que son posibles diversas configuraciones en las realizaciones, que pueden permitir la "humectación previa" del lavador de dióxido de carbono 340, por ejemplo. En una realización, la fase gaseosa húmeda se comunica desde la unidad desecadora 320 con el lavador de dióxido de carbono 340 mediante un conducto abierto, por ejemplo, por la válvula abierta V2. En otra realización, la fase gaseosa húmeda se comunica con el lavador de dióxido de carbono 340 mediante un depósito de agua líquida 360. El depósito de agua líquida 360 está configurado para recoger el agua que sale de la unidad desecadora 320 (por ejemplo, a través de vapor mediante calentamiento del calentador 322; por goteo o de otra manera) para su entrega al lavador de dióxido de carbono 340.

Puede apreciarse que el funcionamiento de las celdas electroquímicas 302a, 302b puede modificar el funcionamiento del sistema de gestión de agua 300. Específicamente, el sistema de gestión de agua 300 puede funcionar de manera diferente cuando las celdas electroquímicas 302a, 302b están en modo de descarga que cuando las celdas electroquímicas 302a, 302b están en modo de recarga. Alternativamente, el sistema de gestión de agua 300 puede configurarse para operar en un modo a pesar del modo de operación de las celdas electroquímicas 302a, 302b.

En una realización, el sistema de gestión de agua 300 está en un modo de humidificación de celda. El calentador 322 se activa (o enciende) para humidificar el aire que ingresa a la celda electroquímica 100 para mover el agua hacia la celda. Más específicamente, la unidad desecadora 122 recibe aire de entrada a través del canal de entrada 330 (y el ventilador 332), ya que la válvula V1 se conecta con la unidad desecadora 320 y se cierra con el lavador de CO2 340. Por consiguiente, el vapor de agua se libera en el aire, y este aire húmedo en fase gaseosa se comunica a través de V2 que está abierto a las entradas 310a, 310b de las celdas 302a, 302b. En algunas realizaciones, este aire húmedo en fase gaseosa se comunica a través de V2 a las entradas 310a, 310b de las celdas 302a, 302b así como al lavador de dióxido de carbono 340 mediante un conducto abierto. Como tal, el sistema 300 está configurado para liberar vapor de agua en la unidad desecadora 320 (mediante el accionamiento del calentador 322) para producir una fase gaseosa húmeda transportada a través de las entradas de oxidante gaseoso 310a, 310b al interior del espacio receptor de oxidante gaseoso 170 de las celdas 302a, 302b, por lo que el contenido de agua de las celdas electroquímicas 302a, 302b se gestiona suministrando una fase gaseosa húmeda al electrodo de reducción de oxidante 150 por el espacio de recepción de oxidante gaseoso 170. En una realización, los ventiladores 330a, 330b pueden usarse opcionalmente para mover el flujo de aire hacia las celdas 302a, 302b.

El modo de humidificación descrito anteriormente puede ocurrir simultáneamente durante el modo de descarga de las celdas electroquímicas 302a, 302b, un modo de carga o recarga de la celda, un modo de inactividad de la celda o una combinación de los mismos. En una realización, el modo de humidificación del lavador tiene lugar cuando está disponible la alimentación de red externa.

Alternativamente, el sistema 300 puede configurarse para capturar vapor de agua en un modo de captura de agua en la unidad desecadora 320 de un aire húmedo en fase gaseosa que sale de las celdas electroquímicas 302a, 302b a través de las salidas de oxidante gaseoso 312a, 312b, capturando así el vapor de agua que sale de la celda electroquímica. 302. El aire ambiente se recibe a través del canal de entrada 330 desde la atmósfera y se dirige al lavador de CO2 340 (y se cierra a la unidad desecadora 320). A medida que el aire se dirige desde el lavador 340 a las entradas 310a, 310b y el flujo pasa a través del espacio de aire 170, la válvula V3 puede estar abierta (cerrada a la atmósfera o salida 344), de modo que el flujo de aire que sale de las salidas del canal de aire 312a, 312b puede entrar en la unidad desecadora 320. En algunas realizaciones, puede apreciarse que el recorrido de salida 355 está abierto a la salida de aire, de modo que a medida que la humedad se absorbe del aire húmedo en la unidad desecadora 320, el aire seco puede ventearse a la atmósfera. Por lo tanto, la unidad desecadora 320 puede absorber la humedad originalmente del medio iónicamente conductor que de otra manera escaparía a la atmósfera a través del electrodo de reducción de oxidante 150, causando la evaporación y, por lo tanto, una mayor concentración del medio iónicamente conductor. El escape húmedo que sale de las celdas electroquímicas 302a, 302b es capturado por el medio desecante en la unidad desecadora 320 para mantener la humedad en el sistema (a diferencia del escape directo al aire ambiente por el escape 355, que con el tiempo puede dejar caer el contenido de agua en el medio iónicamente conductor). Los ventiladores 330a, 330b pueden usarse opcionalmente para mover el flujo de aire a través de los mismos. Por lo tanto, el sistema 300 aún libera vapor de agua en la unidad desecadora 320 (la unidad 320 absorbe humedad) de la corriente de escape de las celdas electroquímicas 302a, 302b.

Además, en una realización, el sistema 300 también está configurado para liberar vapor de agua en la unidad desecadora 320 (mediante el accionamiento del calentador 322) para producir una fase gaseosa húmeda comunicada al lavador de dióxido de carbono 340, "humedeciendo" el lavador de dióxido de carbono 340.

En otra realización, durante un modo de descarga de celda, el sistema 300 está configurado para transportar el oxidante ambiental a través del lavador de dióxido de carbono 340 a las entradas de oxidante gaseoso 310a, 310b de las celdas electroquímicas 302a, 302b, facilitando así la gestión de la humedad y la concentración de dióxido de carbono mediante el oxidante gaseoso.

En una realización, el sistema 300 está configurado para capturar vapor de agua en la unidad desecadora 320 como se indicó anteriormente simultáneamente durante un modo de descarga de celda (rejilla apagada).

De nuevo, debe apreciarse que el funcionamiento de la celda electroquímica en cualquiera de los modos anteriores como se describe con referencia a las FIGS. 3-5 pueden seleccionarse para modificar el funcionamiento del sistema de gestión de agua asociado. El sistema de gestión del agua puede funcionar de manera diferente cuando la celda electroquímica está en un modo de descarga que en un modo de recarga. Los modos de operación ejemplo que se pueden utilizar en una celda electroquímica como se describe en este documento se resumen en las siguientes tablas:

Sin lavador de CO2 (por ejemplo, véase la Fig. 3)

Modo	Función	Entrada aire	Salida aire	Modo Calentador	Estado de la celda
1	Captura el agua perdida	ambiente (p. ej. <50%)	a desecador (por ejemplo >50%)	apagado	descarga

Modo	Función	Entrada aire	Salida aire	Modo Calentador	Estado de la celda
	de las celdas				
2	Añadir agua a las celdas.	del desecador o alta HR ambiental (por ejemplo >70%)	a ambiente (por ejemplo <70%)	encendido	descarga (no preferible), inactivo, carga
3a	Eliminar el agua de las celdas	ambiente (p. ej. <50%)	a ambiente o desecador (por ejemplo > 50%)	apagado	descarga
3b	Eliminar el agua de las celdas	ambiente (p. ej. > 50%) a desecador (p. ej. <50%)	a ambiente (por ejemplo >50%)	apagado	descarga

Con lavador de CO2 (por ejemplo, véase la FIG. 4 y/o la FIG. 5)

Modo	Función	Entrada aire	Salida aire	Modo Calentador	Estado de la celda
1	Capturar el agua perdida de las celdas / lavador de CO2.	ambiente (p. ej. <50%)	a desecador (por ejemplo >50%)	apagado	descarga
2a	Añadir agua al lavador de CO2	desecador a lavador de CO2	a ambiente (no pasa por la celda)	encendido	inactivo/carga
2b	Añadir agua al lavador de CO2	ambiente a desecador	a al lavador de CO2 a la celda	encendido	descarga
3a	Eliminar el agua de las celdas	ambiente (p. ej. <50%)	a ambiente o desecador (por ejemplo > 50%)	apagado	descarga
3b	Eliminar el agua de las celdas	ambiente (p. ej. > 50%) a desecador (p. ej. <50%)	a ambiente (por ejemplo >50%)	apagado	descarga

- 5 En algunas realizaciones, la carga de las celdas electroquímicas puede configurarse para desacoplar los ventiladores, mientras que en otras realizaciones los ventiladores pueden permanecer acoplados para ciclar el aire húmedo. En algunas realizaciones, el funcionamiento de los ventiladores puede ser pulsado o intermitente, mientras que en otras realizaciones los ventiladores pueden funcionar continuamente. Además, el funcionamiento de los ventiladores puede controlarse a través de circuitos de temporización, lógica de control asociada con las celdas electroquímicas (o un controlador humano asociado con ellas) y/o sensores asociados con el sistema de gestión de agua. También son posibles otras configuraciones en otras realizaciones.
- 10 Puede apreciarse que pueden utilizarse en otras realizaciones una pluralidad de válvulas y recorridos que acoplan selectivamente las entradas y salidas y los recorridos hacia o desde la unidad desecadora 320, el lavador de CO2 340 y/o la salida de aire 355 o entrada. Además, aunque no se muestra de manera ilustrativa en cada una de las realizaciones, se puede proporcionar un colector de aire en el sistema de gestión de agua, por ejemplo, para la entrada y/o el aire expulsado a/desde la(s) celda(s) electroquímica(s).
- 15 La característica de auto-nivelación de los sistemas de gestión de agua puede apreciarse con referencia a la celda electroquímica 100 ilustrada en la FIG. 1. Como se muestra, se proporciona un nivel L de medio iónicamente

conductor en la celda electroquímica 100. Puede apreciarse que en algunas realizaciones, las celdas electroquímicas 100 pueden contener sensores de nivel configurados para determinar un nivel del medio iónicamente conductor. El control podría basarse en sensores de nivel, temperatura ambiente, humedad relativa del ambiente, humedad relativa que sale de la celda o una combinación de los mismos. Los sensores de nivel pueden ser de cualquier construcción o configuración, incluidos, pero sin limitarse a estos, un sensor de flotabilidad/flotación, un sensor óptico, un sensor térmico, un sensor de conductividad y similares. En una realización, cuando el medio iónicamente conductor cae por debajo de un nivel deseado o un límite inferior predeterminado para una o más de las celdas electroquímicas, el sistema se dirige y opera en un modo de deshumidificación. Es decir, el calentador 124 puede activarse para liberar el agua de la unidad desecadora 122. En otras realizaciones, la recarga puede ser automática, basada en circuitos temporizadores o mecanismos de control similares. En algunas realizaciones, los sensores asociados con la unidad desecadora 122 pueden determinar cuándo activar el calentador 124. Por ejemplo, el sensor de nivel puede estar acoplado al calentador 124, y activar el calentador para liberar el agua capturada de la unidad desecadora 122. Como ejemplo no limitativo, si un sensor determina que el desecante está completamente saturado, sin embargo, aumenta el nivel de humedad dentro de la unidad desecadora 122 (lo que indica que no se puede absorber más agua en el desecante), el calentador 124 puede vaporizar el agua para intentar reponer las cámaras de celda. Cuando el nivel L es mayor que un límite superior predeterminado, el sistema se dirige al modo de captura de agua. También son posibles otras configuraciones, y pueden variar según las realizaciones.

Las estructuras, construcciones y configuraciones descritas en el presente documento son a título de ejemplo, y pueden variarse según las realizaciones. En algunas realizaciones, las válvulas son pasivas, sin que requieran control externo para su funcionamiento. En algunas realizaciones pueden emplearse válvulas activas que tienen un medio externo de accionamiento. Por ejemplo, las válvulas utilizadas aquí pueden ser de cualquier configuración apropiada, que incluyen, entre otras, válvulas de tres vías, válvulas laminares, válvulas de retención de presión bimetálicas, y similares. Las válvulas pueden activarse a través de cualquier fuente apropiada, incluidos, entre otros, servos, controladores electrónicos, calor (por ejemplo, del calentador, por ejemplo, elemento 124) o presión (por ejemplo, del flujo de aire generado por el ventilador, por ejemplo, elemento 132, o por presión asociada al vapor de agua calentado). Además, los colectores, tuberías, tubos, conexiones u otras vías de flujo de aire/ agua pueden ser de cualquier construcción o configuración apropiada, incluyendo, entre otros, metal, plástico y/o caucho. Otros componentes de las celdas electroquímicas (por ejemplo, la celda electroquímica 100) o los sistemas de gestión del agua (por ejemplo, el sistema de gestión del agua 330) pueden ser, de manera similar, de construcciones o configuraciones variadas.

Además, aunque una realización ejemplo contempla el uso de zinc como combustible (para generar óxido de zinc), de acuerdo con las realizaciones, el sistema descrito puede usarse con cualquier tipo de celda de batería (cualquier tipo de batería alcalina y/o batería que use un electrodo/cátodo oxidante) para gestionar el agua. Por ejemplo, varios tipos de celdas electroquímicas que incluyen, pero sin limitación, baterías de metal-aire, Ni-Zn, Ni-Cd, plomo-ácido, Ag-Zn y / o Ni-MH pueden utilizar el sistema descrito para capturar y liberar vapor de agua, como se describió anteriormente. Dependiendo del tipo de batería, el transporte de gas puede realizarse a través de un electrodo de reducción de oxidante o a través de otro tipo de membrana permeable al aire (por ejemplo, fluoropolímero poroso, metal poroso, cerámica porosa, etc.).

Las realizaciones ilustradas anteriormente se han proporcionado únicamente para ilustrar los principios estructurales y funcionales de la presente invención y no pretenden ser limitantes. Por ejemplo, la presente invención puede ponerse en práctica utilizando diferentes combustibles, diferentes oxidantes, diferentes electrolitos y/o diferentes configuraciones o materiales estructurales generales. Por lo tanto, la presente invención pretende abarcar todas las modificaciones, sustituciones, alteraciones y equivalentes dentro del alcance de las siguientes reivindicaciones adjuntas.

**REIVINDICACIONES**

1. Un sistema para gestionar el contenido de agua en una o más celdas electroquímicas, comprendiendo el sistema:
- una o más celdas electroquímicas, comprendiendo cada celda electroquímica una pluralidad de electrodos y un medio líquido iónicamente conductor;
  - 5 un conducto para fase gaseosa para recibir fase gaseosa húmeda asociada con una o más celdas electroquímicas;
  - una unidad desecadora que tiene una entrada conectada a una o más celdas electroquímicas, estando configurada la unidad desecadora para extraer agua de la fase gaseosa húmeda;
  - 10 un calentador para calentar selectivamente la unidad desecadora para liberar selectivamente el agua extraída de la unidad desecadora para proporcionar una salida de fase gaseosa húmeda; y
  - un lavador de dióxido de carbono configurado para absorber el dióxido de carbono, estando conectado el lavador de dióxido de carbono a una salida de la unidad desecadora,
  - 15 en el que, durante un modo de captura de agua, el sistema está configurado para capturar vapor de agua en la unidad desecadora de una fase gaseosa húmeda que sale de una o más celdas electroquímicas; y, en el que, durante un modo de humidificación de celda, el sistema está configurado para liberar vapor de agua en la unidad desecadora, mediante el accionamiento del calentador, para producir la fase gaseosa húmeda que se transporta a una o más celdas electroquímicas y al medio líquido iónicamente conductor en el mismo; y
  - 20 en donde la unidad desecadora y el lavador de dióxido de carbono también están configurados para ser acoplados selectivamente para entregar la fase gaseosa húmeda de salida desde la unidad desecadora al lavador de dióxido de carbono.
2. El sistema de la reivindicación 1, en el que cada celda electroquímica en el sistema comprende un electrodo de combustible, un espacio de recepción de oxidante gaseoso y un electrodo de reducción de oxidante que tiene una superficie que da al medio iónicamente conductor y una superficie opuesta que da al espacio de recepción de oxidante gaseoso, y una entrada de oxidante gaseoso y una salida de oxidante gaseoso que se conecta a través del espacio receptor de oxidante gaseoso, permitiendo así el transporte de gas dentro y fuera del espacio receptor de oxidante gaseoso.
- 25 3. El sistema de la reivindicación 2, en el que el lavador de dióxido de carbono se proporciona después de la unidad desecadora y antes de la entrada del oxidante gaseoso.
- 30 4. El sistema de la reivindicación 2, en el que el lavador de dióxido de carbono se proporciona en paralelo con la unidad desecadora y antes de la entrada de oxidante gaseoso.
5. El sistema de la reivindicación 1, que comprende además un ventilador para transportar un flujo de oxidante a través de cada celda electroquímica y / o crear un flujo de oxidante en un espacio de recepción de oxidante gaseoso en cada celda electroquímica.
- 35 6. El sistema de la reivindicación 1, que comprende además un sensor de nivel asociado con cada celda electroquímica que detecta un nivel del medio iónicamente conductor para determinar la entrada de la celda electroquímica en el modo de captura de agua cuando el nivel es mayor que un límite superior predeterminado o el modo de humidificación de celda cuando el nivel es inferior a un límite inferior predeterminado.
7. El sistema de la reivindicación 1, que comprende además un conducto abierto y / o un depósito de agua líquida;
- 40 en el que el depósito de agua líquida está configurado para recoger el agua que sale de la unidad desecadora; y
- en el que durante un modo de humidificación del lavador, el sistema está configurado para liberar vapor de agua en la unidad desecadora para producir la fase gaseosa húmeda de salida que se comunica al lavador de dióxido de carbono por el conducto abierto y/o para suministrar agua desde el depósito de agua líquida al lavador de dióxido de carbono, humedeciendo previamente el lavador de dióxido de carbono.
- 45 8. El sistema de la reivindicación 1, en el que cada celda electroquímica comprende una entrada de oxidante gaseoso y en el que durante un modo de descarga de celda, el sistema está configurado para transportar el oxidante ambiental a través del lavador de dióxido de carbono a cada celda electroquímica por la entrada de oxidante gaseoso, facilitando así la gestión de humedad y concentración de dióxido de carbono con el oxidante gaseoso.
- 50 9. El sistema de la reivindicación 7, en el que una fracción de la fase gaseosa húmeda de salida que sale de la unidad desecadora se dirige a humidificar cada celda electroquímica.

**10.** El sistema de la reivindicación 1, en el que el lavador de dióxido de carbono comprende materiales seleccionados del grupo de cal sodada, hidróxido de sodio, hidróxido de potasio e hidróxido de litio, peróxido de litio, óxido de calcio, carbonato de calcio, serpentinita, silicato de magnesio, hidróxido de magnesio, olivino. , tamices moleculares, aminas, monoetanolamina, derivados y combinaciones de los mismos.

5 **11.** Un procedimiento para gestionar el contenido de agua en una o más celdas electroquímicas, cada una de las cuales comprende una pluralidad de electrodos y un medio líquido iónicamente conductor, comprendiendo el procedimiento:

recibir la salida de aire húmedo de una o más celdas electroquímicas en una unidad desecadora y extraer el agua del aire húmedo; entonces

10 calentar selectivamente la unidad desecadora utilizando un calentador para liberar el agua extraída de la unidad desecadora y para proporcionar aire húmedo para la salida de la unidad desecadora;

salida selectiva del aire húmedo desde la unidad desecadora a un lavador de dióxido de carbono conectado a la unidad desecadora;

15 absorber el dióxido de carbono del aire húmedo de la unidad desecadora utilizando el lavador de dióxido de carbono; y

dirigir el aire húmedo desde el lavador de dióxido de carbono al medio iónicamente conductor.

**12.** El procedimiento según la reivindicación 11, en el que la una o más celdas electroquímicas tienen un ventilador asociado con el mismo, y en el que el procedimiento comprende además:

uso del ventilador para transportar un flujo de oxidante a través de cada celda electroquímica.

20 **13.** El procedimiento según la reivindicación 11, que comprende además:

la recogida selectiva de agua que sale de la unidad desecadora mediante un depósito de agua líquida, y

suministrar selectivamente agua al lavador de dióxido de carbono por el depósito de agua líquida.

**14.** El procedimiento según la reivindicación 11, que comprende además:

entrada de aire desde una fuente externa, atmosférica, al lavador de dióxido de carbono;

25 absorción de dióxido de carbono del aire exterior atmosférico utilizando el lavador de dióxido de carbono; y

dirigir el aire de salida desde el lavador de dióxido de carbono al medio iónicamente conductor de una o más celdas electroquímicas.

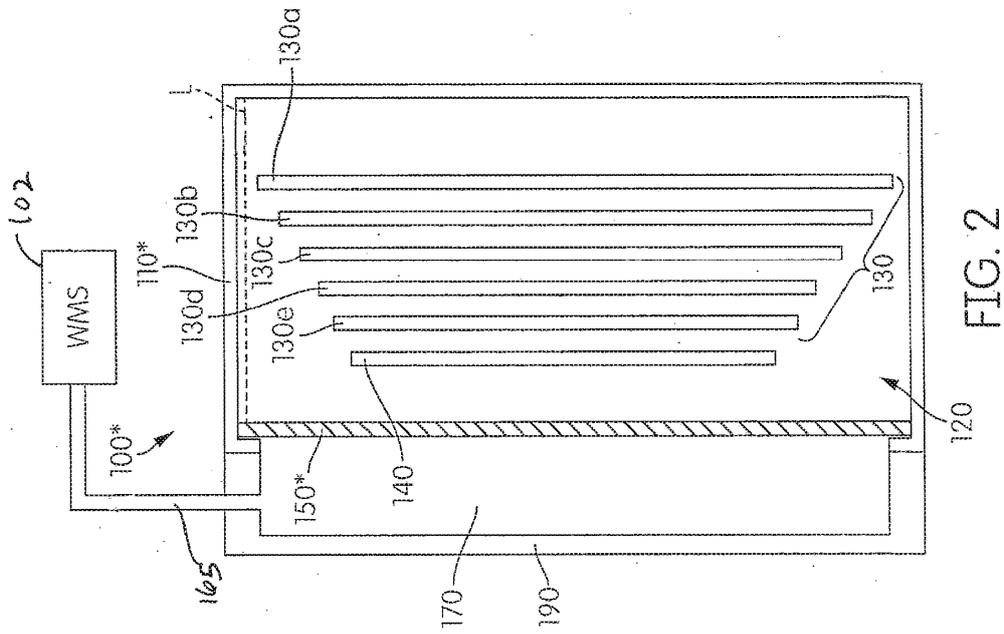


FIG. 2

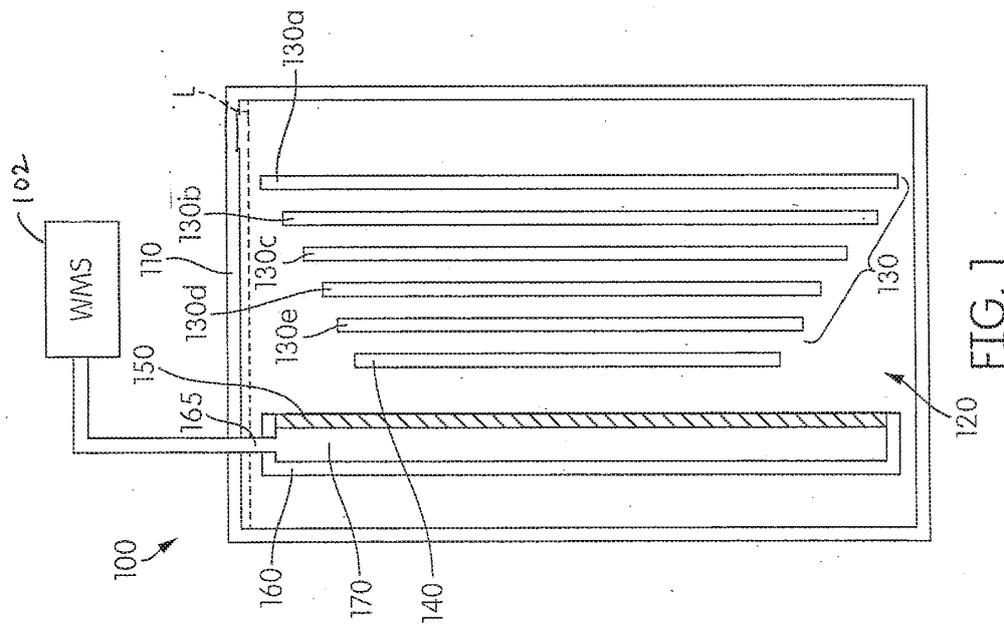


FIG. 1

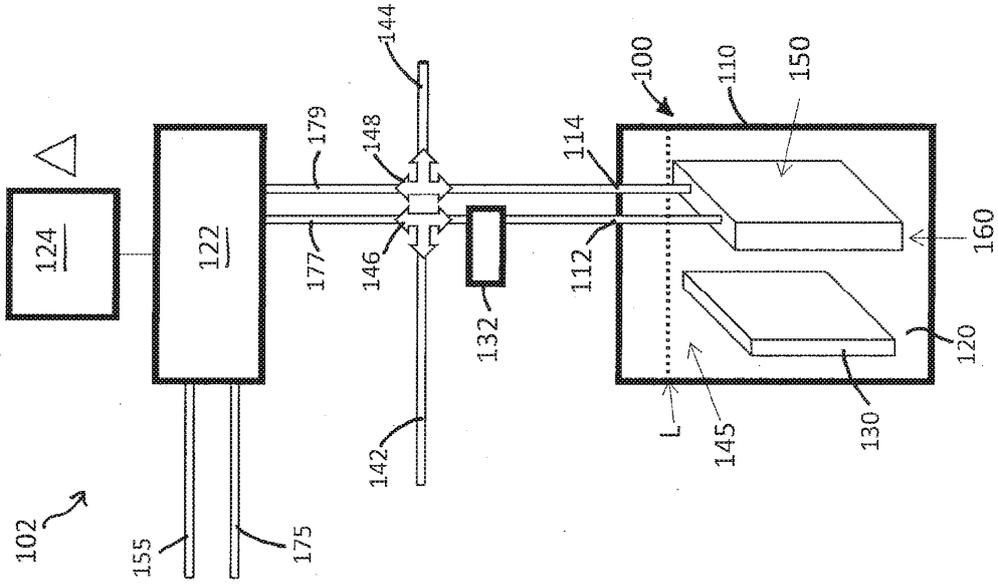


FIG. 3

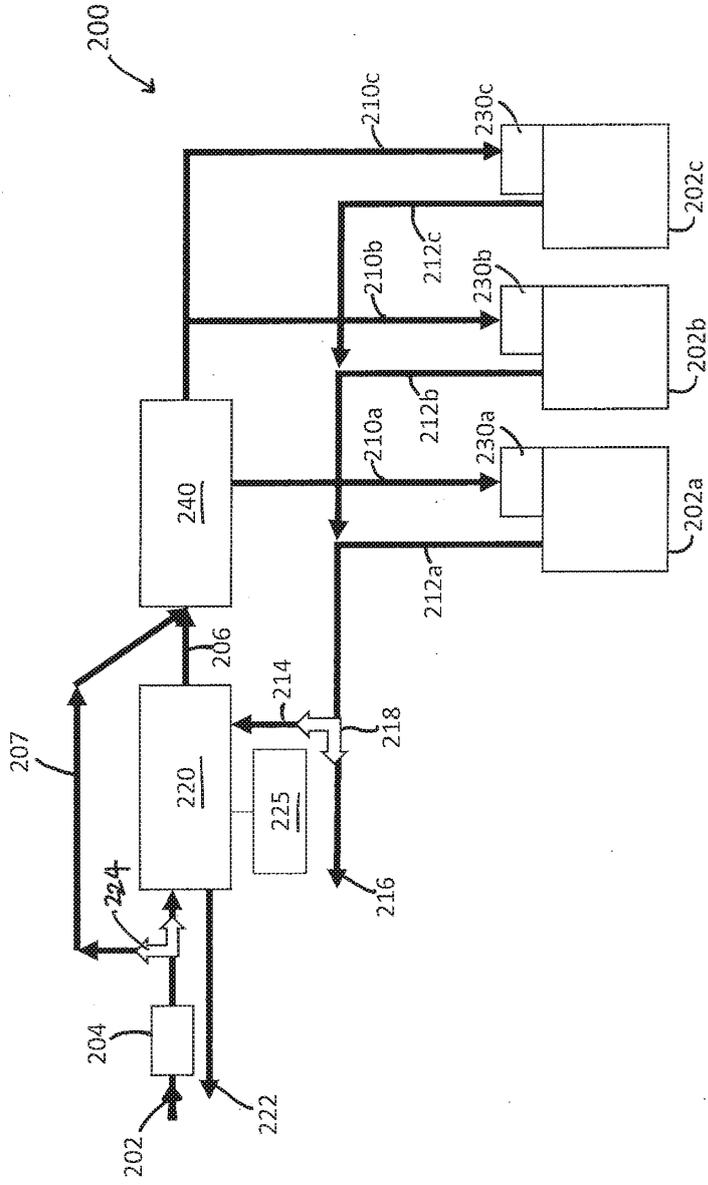


FIG. 4

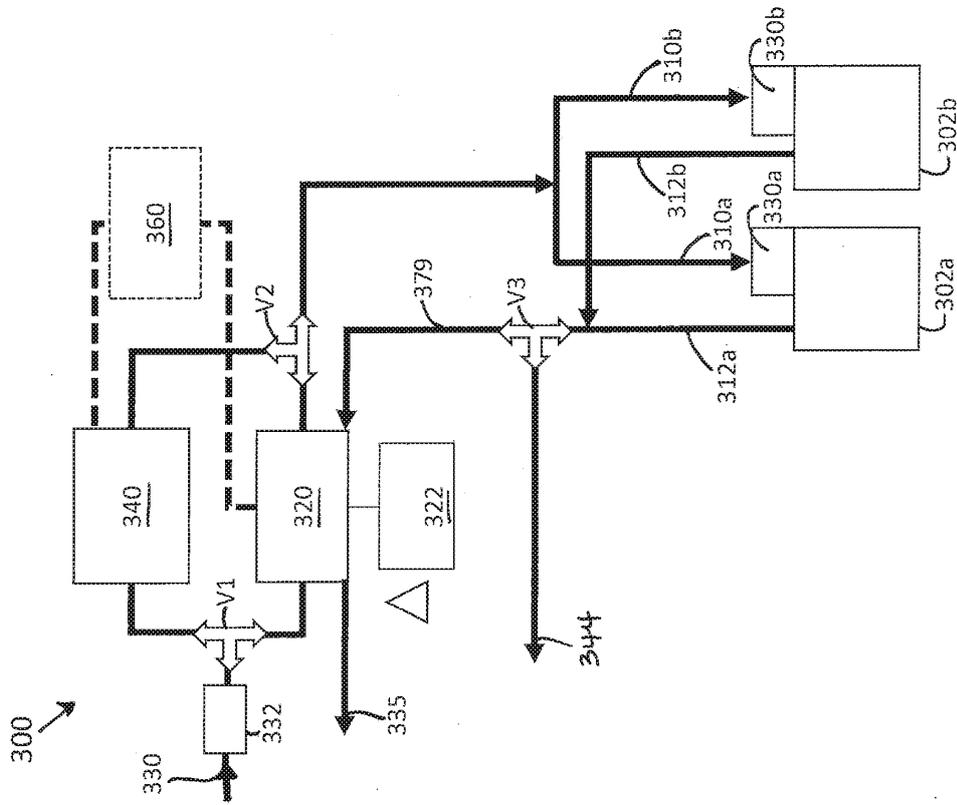


FIG. 5