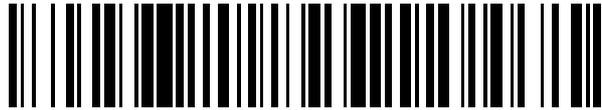


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 606 456**

51 Int. Cl.:

H01M 8/20 (2006.01)

H01M 8/18 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **07.08.2013 PCT/JP2013/071425**

87 Fecha y número de publicación internacional: **24.12.2014 WO14203408**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **07.08.2013 E 13887472 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **09.11.2016 EP 2876717**

54 Título: **Batería de flujo redox que incluye un electrolito y el uso de electrolito en una batería de flujo redox**

30 Prioridad:

21.06.2013 JP 2013131102

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

24.03.2017

73 Titular/es:

**SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES, LTD.
(100.0%)
5-33 Kitahama 4-chome
Chuo-ku, Osaka-shi, Osaka 541-0041, JP**

72 Inventor/es:

**DONG, YONGRONG;
SEKINE, RYOJUN;
KAKU, HIROKAZU y
KUBATA, MICHIRU**

74 Agente/Representante:

UNGRÍA LÓPEZ, Javier

ES 2 606 456 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

Batería de flujo redox que incluye un electrolito y el uso de electrolito en una batería de flujo redox

5 Campo de la invención

La presente invención se refiere a una batería de flujo redox que incluye un electrolito para una batería de flujo redox y el uso de un electrolito en una batería de flujo redox.

10 Antecedentes de la invención

Recientemente, con el fin de abordar el calentamiento global, la generación de energía mediante el uso de energía natural (lo que se denomina energía renovable) tal como generación de energía fotovoltaica solar y la generación de energía eólica se ha realizado a través de todo el mundo. La producción de esta generación de energía está afectada significativamente por las condiciones naturales, tales como el clima. En consecuencia, se prevé que un incremento en la relación de potencia obtenida a partir de la energía natural a la producción total de generación de energía causará problemas durante el funcionamiento de sistemas de potencia, tales como dificultad en el mantenimiento de frecuencias y tensiones. Con el fin de abordar tales problemas, pueden instalarse baterías de almacenaje de gran capacidad para conseguir, por ejemplo, suavizado de las variaciones de producción y nivelación de la carga.

Entre las baterías de almacenamiento de gran capacidad, hay una batería de flujo redox. La batería de flujo redox es una batería secundaria que incluye una celda de batería que tiene un electrodo positivo, un electrodo negativo y una membrana interpuesta entre ellos y está configurada para cargarse y descargarse mientras se suministran un electrolito de electrodo positivo y un electrolito de electrodo negativo a la celda de batería. En general, tales dichos electrolitos de batería de flujo redox usados para baterías de flujo redox emplean, como material activo, un elemento metálico que sufre un cambio en la valencia mediante oxidación-reducción. Por ejemplo, hay una batería de flujo redox basada en hierro ($\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}^{3+}$)-cromo ($\text{Cr}^{3+}/\text{Cr}^{2+}$) que emplean iones de hierro (Fe) como material activo de electrodo positivo e iones de cromo (Cr) como material activo de electrodo negativo; y una batería de flujo redox basada en vanadio ($\text{V}^{2+}/\text{V}^{3+}$ - $\text{V}^{4+}/\text{V}^{5+}$) que emplea iones de vanadio (V) como materiales activos para los dos electrodos.

Lista de citas

Bibliografía de Patente

35 PTL 1: Patente Japonesa n.º 3897544

PTL 2: Publicación de Solicitud de Patente Japonesa no examinada n.º 2011-233372

Sumario de la invención**40 Problema técnico**

En baterías de flujo redox, a medida que se repiten las reacciones de las baterías (operaciones de carga y descarga), se genera gradualmente un precipitado obtenido a partir derivado del material activo (en lo sucesivo simplemente denominado precipitado). Por ejemplo, en una batería de flujo redox a base de vanadio, se genera un precipitado tal como un óxido de vanadio. Cuando tal precipitado se adhiere a la superficie de un electrodo en la celda para cubrir sitios activos de reacción en el electrodo, el área superficial del electrodo disminuye sustancialmente, de manera que el rendimiento de la batería se degrada, tal como una disminución en la producción de la batería y una disminución de la capacidad de la batería. PTL 1 describe, como impurezas que contribuyen a la generación del precipitado en electrolitos, amonio (NH_4) y silicio (Si). PTL 1 divulga que, especificando la concentración de NH_4 y determinando la concentración de Si en relación con la cantidad de electrolitos y el área de electrodos, puede suprimirse la generación del precipitado. El documento WO 2004/099079 A1 se refiere a un método para extraer compuestos de vanadio de una mezcla que contiene impurezas y que forma una solución electrolítica usando los compuestos de vanadio. El documento EP 0713257 A1 se refiere a un método para producir una solución electrolítica adecuada para una batería redox, en particular, vanadio trivalente de alta pureza, vanadio tetravalente y/o una mezcla de solución electrolítica de vanadio trivalente y tetravalente. El documento US4874483 A se refiere en general a un método de preparación de un electrolito de batería redox que contiene ión de cromo y/o ión de hierro. El documento WO 2013/054921 A1 se refiere a un electrolito de vanadio y al método de producción.

60 Sin embargo, incluso en el caso de usar tales electrolitos para una batería de flujo redox en PTL 1, en algunos casos, se genera un precipitado y se degrada el rendimiento de la batería. En resumen, existe la posibilidad de que los factores que causan la generación del precipitado no estén completamente identificados.

65 En general, cuanto mayor sea la densidad de energía de las baterías, más deseables serán. La densidad de energía puede incrementarse, por ejemplo, incrementando la solubilidad de un material activo en un electrolito o incrementando la utilización de un electrolito, es decir, una utilización de material activo. Esta utilización denota una relación de una capacidad de la batería disponible (capacidad de descarga) a una capacidad teórica de la batería (Ah)

del material activo (capacidad de descarga/capacidad teórica de la batería). La capacidad de descarga denota una diferencia entre una capacidad de la batería al nivel más bajo del estado de carga (SOC) y una capacidad de la batería al nivel más alto del estado de carga.

5 Sin embargo, en el caso de realizar una carga para maximizar la utilización, en otras palabras, en el caso de incrementar la capacidad de descarga al nivel más alto de estado de carga, se producen los siguientes problemas. Típicamente, una batería de flujo redox emplea soluciones acuosas como electrolitos. Por consiguiente, durante las reacciones de la batería (en particular, durante la fase final de una operación de carga), en el electrodo negativo, se produce una reacción secundaria de agua en descomposición para generar hidrógeno.

10 Esta reacción secundaria causa varios problemas: por ejemplo, (1) la reacción secundaria causa pérdida de corriente (esta pérdida es debida a que una cantidad de electricidad (Ah) que se supone usada para una reacción de la batería (cambio de valencia) durante la cargase usa parcialmente para otra reacción, tal como la descomposición de agua), que da como resultado una disminución de la cantidad de corriente; (2) la reacción secundaria causa diferentes estados de carga entre los electrodos positivos y negativos, que da lugar a una disminución de la capacidad de la batería disponible; y (3) la reacción secundaria causa el deterioro del electrodo, lo que da como resultado una disminución de la duración de la batería. De acuerdo con esto, en operaciones de batería real, la tensión de corte de carga (tensión de carga máximo) se ajusta para permitir el uso de la batería sin que se produzca la reacción secundaria. Por lo tanto, es difícil incrementar el estado de carga al 90% o más.

20 PTL 2 divulga una batería de flujo redox basada en vanadio en la que al menos un electrolito de electrodo negativo contiene iones metálicos que tienen un potencial inferior que los iones de vanadio. En esta batería de flujo redox, durante la fase final de carga, antes de la aparición de la reacción lateral, los iones metálicos que tienen un potencial inferior se reducen para suprimir de este modo la generación de hidrógeno en el electrodo negativo. Como resultado, puede suprimirse la incidencia de los problemas (1) a (3) descritos anteriormente y puede incrementarse la capacidad de la batería al nivel más alto del estado de carga hasta un valor cercano al 100% de la capacidad teórica. De este modo, se proporciona una batería de flujo redox que tiene una alta densidad de energía. PTL 2 describe, como ejemplos de iones metálicos que tienen un potencial inferior que los iones de vanadio, iones de cromo (Cr) e iones de cinc (Zn).

30 Sin embargo, incluso en el caso de usar la batería de flujo redox de PTL 2, en algunos casos, se genera hidrógeno. En resumen, existe la posibilidad de que los factores que causan la generación de hidrógeno no estén completamente identificados.

35 Por consiguiente, un objeto de la presente invención es proporcionar una batería de flujo redox, que incluye un electrolito, que permite el electrolito, la supresión de la generación del precipitado y la supresión de la generación de hidrógeno. Otro objeto de la presente invención es proporcionar el uso de un electrolito en una batería de flujo redox.

40 **Solución al problema**

La invención de la presente solicitud proporciona una batería de flujo redox y el uso de un electrolito en una batería de flujo redox como se define en las Reivindicaciones adjuntas a la presente.

45 **Efectos ventajosos de la invención**

Este electrolito para una batería de flujo redox permite la supresión de la generación del precipitado y la supresión de la generación de hidrógeno en una batería de flujo redox.

50 **Breve descripción del dibujo**

[Fig. 1] La Figura 1 ilustra el principio de funcionamiento de una batería de flujo redox.

Descripción de las realizaciones

55 **[Descripción de las realizaciones de acuerdo con la invención de la presente solicitud]**

Las características de acuerdo con la invención de la presente solicitud, primero se describirán en secuencia.

60 (A) En el electrolito para la batería de flujo redox (en lo sucesivo en el presente documento denominado electrolito de RF), una concentración total de iones de elementos de impurezas que contribuyen a la generación del precipitado durante una reacción de batería es 220 ppm en masa o menos y una concentración total de iones de elementos del grupo de platino es 4,5 ppm en masa o menos.

65 Los inventores de la presente invención han encontrado que la generación del precipitado y la generación de hidrógeno durante una reacción de batería de una batería de flujo redox (en lo sucesivo en el presente denominada batería de RF) están considerablemente influenciadas por los tipos y concentraciones de impurezas iones de elementos en el electrolito de RF. Los inventores han encontrado que, especificando la concentración total

(cantidad total) de impurezas de iones de elementos que contribuyen a la generación del precipitado durante una reacción en una batería de RF, puede suprimirse la generación del precipitado. Los inventores también han encontrado que, cuando la cantidad total de iones de elementos del grupo del platino es una cierta cantidad o más, se promueve la generación de hidrógeno; y, especificando esta cantidad total, puede suprimirse la generación de hidrógeno. En resumen, el electrolito de RF de acuerdo con esta realización permite la supresión de la generación del precipitado, que da como resultado la supresión de la degradación del rendimiento de la batería a lo largo del tiempo, tal como la producción de la batería o la capacidad de la batería. El electrolito de RF de acuerdo con esta realización también permite la supresión de la generación de hidrógeno, que da como resultado un incremento de la densidad de energía de la batería de RF.

En el presente documento, la expresión "iones de elemento" abarca colectivamente iones de cualquier valencia generada a partir del mismo elemento. Similarmente, el término "concentración" denota una concentración total de iones de cualquier valencia generada a partir del mismo elemento. La expresión "impureza de iones de elementos" denota iones de elemento que están contenidos en el electrolito de RF y no contribuyen a ninguna reacción de la batería. De acuerdo con ello, los iones de elementos abarcan un material activo e iones de elementos del grupo del platino; sin embargo, el material activo, que contribuye a una reacción de la batería, no está comprendido en los iones de elementos de impureza. Los iones de elementos del grupo del platino, que son impurezas de iones del elemento, promueven la generación de hidrógeno y por lo tanto no se abarcan en las impurezas de iones del elemento que contribuyen a la generación del precipitado. La expresión "elementos del grupo del platino" abarca colectivamente rutenio (Ru), rodio (Rh), paladio (Pd), osmio (Os), iridio (Ir) y platino (Pt).

(B) Las impurezas de iones de elementos que contribuyen a la generación del precipitado incluyen iones de elementos metálicos y una concentración total de los iones de elementos metálicos es 195 ppm en masa o menos. Las impurezas de iones de elementos que contribuyen a la generación del precipitado incluyen iones de elementos metálicos. Por consiguiente, la concentración total de los iones de elementos metálicos en el electrolito de RF se ajusta para suprimir de este modo la generación del precipitado y la degradación resultante del rendimiento de la batería de RF durante el tiempo.

(C) Las impurezas de iones de elementos que contribuyen a la generación del precipitado incluyen iones de elementos no metálicos y una concentración total de los iones de elementos no metálicos es preferentemente de 21 ppm en masa o menos.

Las impurezas de iones de elementos que contribuyen a la generación del precipitado incluyen iones de elementos no metálicos. Por consiguiente, la concentración total de los iones de elementos no metálicos en el electrolito de RF se ajusta para suprimir de este modo la generación de precipitado y la degradación resultante del rendimiento de batería de la batería de RF a lo largo del tiempo. La expresión "elementos no metálicos" abarcan colectivamente elementos distintos de elementos metálicos.

(D) Los iones de elementos metálicos incluyen iones de elementos metálicos pesados y una concentración total de los iones de elementos metálicos pesados es preferentemente de 85 ppm en masa o menos.

Los iones de elementos metálicos que contribuyen a la generación del precipitado incluyen iones de elementos metálicos pesados. Por consiguiente, la concentración total de los iones de elementos de metal pesado en el electrolito de RF se ajusta para suprimir de este modo la generación del precipitado y la degradación resultante del rendimiento de la batería de RF durante el tiempo. La expresión "elementos de metal pesado" denota elementos metálicos que tienen una gravedad específica de 4 o más.

(E) Los iones de elementos metálicos incluyen iones de elementos de metal ligero y una concentración total de los iones de elementos de metal ligero es preferentemente de 120 ppm en masa o menos.

Los iones de elementos metálicos que contribuyen a la generación del precipitado incluyen iones de elementos de metal ligero. Por consiguiente, la concentración total de los iones de elementos de metal ligero en el electrolito de RF se ajusta para suprimir de este modo la generación del precipitado y la degradación resultante del rendimiento de batería de la batería de RF en el tiempo. La expresión "elementos de metal ligero" denota elementos metálicos que tienen un peso específico inferior a 4.

(F) Los iones de elementos metálicos incluyen iones de elementos de metal pesado e iones de elementos de metal ligero, una concentración total de iones de elementos de metal pesado es preferentemente 85 ppm en masa o menos y una concentración total de los iones de elementos de metal ligero es preferentemente 120 ppm en masa o menos.

Cuando las concentraciones totales de los iones de elementos de metal pesado y los iones de elementos de metal ligero se ajustan para estar en los intervalos descritos anteriormente, en comparación con un electrolito de RF en el que solo se ajusta una de estas concentraciones totales, la generación del precipitado y la degradación resultante del rendimiento de batería de la batería de RF en el tiempo puede suprimirse.

(G) Los iones de elementos de metal pesado satisfacen preferentemente por lo menos uno de los puntos (1) a (9) a continuación en términos de concentración:

- (1) una concentración de iones de cromo (Cr) es 10 ppm en masa o menos,
- (2) una concentración de iones de manganeso (Mn) es 1 ppm en masa o menos,
- (3) una concentración de iones de hierro (Fe) es 40 ppm en masa o menos,
- (4) una concentración de iones de cobalto (Co) es 2 ppm en masa o menos,
- (5) una concentración de iones de níquel (Ni) es 5 ppm en masa o menos,
- (6) una concentración de iones de cobre (Cu) es 1 ppm en masa o menos,
- (7) una concentración de iones de cinc (Zn) es 1 ppm en masa o menos,
- (8) una concentración de iones de molibdeno (Mo) es 20 ppm en masa o menos, y

(9) una concentración de iones de antimonio (Sb) es 1 ppm en masa o menos.

Entre los iones de elementos de metal pesado, en particular, los iones de elementos de metal pesado anteriormente descritos tienden a contribuir a la generación del precipitado. Por consiguiente, las concentraciones de estos iones de elementos de metal pesado en el electrolito de RF se ajustan para suprimir de este modo la generación del precipitado y la degradación resultante del rendimiento de batería de la batería de RF con el tiempo. En particular, en baterías de RF a base de vanadio, los iones de elementos metálicos que tienen un potencial bajo, que suprimen la generación de hidrógeno pero contribuyen a la generación del precipitado, incluyen algunos de los iones de elementos de metal pesado descritos anteriormente. Por consiguiente, ajustando las concentraciones de estos iones de elementos de metal pesado, se puede suprimir la degradación del rendimiento de la batería e incrementar la densidad de energía. Entre los iones de elementos de metal pesado descritos anteriormente, los iones de elementos metálicos que pueden tener un potencial inferior al potencial estándar del material activo de electrodo negativo de baterías de RF a base de vanadio (V^{2+}/V^{3+} : aproximadamente 0,26 V) son Cr y Zn.

(H) Los iones de elementos de metal ligero satisfacen preferentemente al menos uno de (10) a (14) a continuación en términos de concentración:

- (10) una concentración de iones de sodio (Na) es 30 ppm en masa o menos,
- (11) una concentración de iones de magnesio (Mg) es 20 ppm en masa o menos,
- (12) una concentración de iones de aluminio (Al) es 15 ppm en masa o menos,
- (13) una concentración de iones de potasio (K) es 20 ppm en masa o menos, y
- (14) una concentración de iones de calcio (Ca) es 30 ppm en masa o menos.

Entre los iones de elementos de metal ligeros, en particular, los iones de elementos de metal ligeros anteriormente descritos tienden a contribuir a la generación del precipitado. Por consiguiente, las concentraciones de estos iones de elementos de metal ligeros en el electrolito de RF se ajustan para suprimir de este modo la generación del precipitado y la degradación resultante del rendimiento de la batería de RF durante el tiempo.

(I) Los iones de elementos no metálicos satisfacen preferentemente al menos uno de (15) y (16) a continuación en términos de concentración:

- (15) una concentración de iones de cloro (Cl) es 20 ppm en masa o menos, y
- (16) una concentración de iones de arsénico (As) es 1 ppm en masa o menos.

Entre los iones de elementos no metálicos, en particular, los iones de elementos no metálicos descritos anteriormente tienden a contribuir a la generación del precipitado. Por consiguiente, las concentraciones de estos iones de elementos no metálicos en el electrolito de RF se ajustan para suprimir de este modo la generación del precipitado y la degradación resultante del rendimiento de la batería de RF durante el tiempo.

(J) Los iones de elementos del grupo del platino satisfacen preferentemente al menos uno de (17) a (20) a continuación en términos de concentración:

- (17) una concentración de iones de rodio (Rh) es 1 ppm en masa o menos,
- (18) una concentración de iones de paladio (Pd) es 1 ppm en masa o menos,
- (19) una concentración de iones de iridio (Ir) es 1 ppm en masa o menos, y
- (20) una concentración de iones de platino (Pt) es 1 ppm en masa o menos.

Entre los iones de elementos del grupo del platino, en particular, los iones de los elementos del grupo del platino descritos anteriormente tienden a promover la generación de hidrógeno. Por consiguiente, las concentraciones de estos iones de elementos del grupo del platino en el electrolito de RF se ajustan para suprimir de este modo la generación de hidrógeno durante una reacción de la batería, en particular, durante la fase final de la carga. Como resultado, se puede incrementar la utilización de material activo para incrementar de este modo la densidad de energía de la batería de RF.

(K) En el electrolito de RF de acuerdo con una cualquiera de las realizaciones (A) a (J), preferentemente, una concentración de iones de V es 1 mol/l o más y de 3 mol/l o menos, una concentración de ácido sulfúrico libre es 1 mol/l o más y de 4 mol/l o menos, una concentración de ácido fosfórico es $1,0 \times 10^{-4}$ mol/l o más y de $7,1 \times 10^{-1}$ mol/l o menos, una concentración de amonio es 20 ppm en masa o menos, y una concentración de silicio es 40 ppm en masa o menos.

Un electrolito de RF que tiene tal composición puede suprimir la generación del precipitado durante una reacción de la batería y, como resultado, puede suprimir la degradación del rendimiento de la batería con el tiempo. El electrolito de RF que tiene tal composición también puede suprimir la generación de hidrógeno durante una reacción de batería, en particular, durante la fase final de carga. Como resultado, se puede incrementar la utilización de material activo para incrementar de este modo la densidad de energía de la batería RF.

(L) La batería RF de acuerdo con la presente invención incluye el electrolito de RF descrito anteriormente.

La batería de RF de acuerdo con la presente invención incluye el electrolito de RF en el que la generación del precipitado y la generación de hidrógeno están suprimidas. Como resultado, la degradación del rendimiento de la batería con el tiempo puede suprimirse y la batería de RF puede tener una alta densidad de energía.

[Detalles de las realizaciones de acuerdo con la invención de la presente solicitud]

Los electrolitos RF para uso en la presente invención se describirán a continuación con referencia al dibujo. Sin embargo, la presente invención no se limita a estas realizaciones. El alcance de la presente invención se indica mediante la Reivindicaciones.

Haciendo referencia a la Fig. 1, se describirá una batería de RF y un electrolito de RF de acuerdo con realizaciones, como ejemplo, una batería de RF 1 que emplea iones de V como material activo de electrodo positivo y un material activo de electrodo negativo. En la Fig. 1, las flechas de línea continua indican cambios en la valencia durante la carga y las flechas de línea discontinua indican cambios en la valencia durante la descarga. La Figura 1 indica solo las valencias representativas de los materiales activos (iones de V) y los materiales activos pueden tener valencias distintas de las indicadas en la Fig. 1. Puede contener un material activo distinto de los iones de V.

<Configuración general de la batería de RF>

Representativamente, la batería de RF 1 se conecta a través de un convertidor de corriente alterna/corriente continua a una posición intermedia entre una unidad de generación de potencia (por ejemplo, un generador de energía solar fotovoltaica, un generador de energía eólica u otra central eléctrica ordinaria) y una carga (por ejemplo, un consumidor). La batería de RF 1 se carga con la energía generada por la unidad de generación de energía para almacenar de ese modo la potencia o se descarga para proporcionar la potencia almacenada a la carga. Al igual que con las baterías de RF existentes, la batería de RF 1 incluye una celda de batería 100 y un mecanismo de circulación (tanques, conductos, bombas) para suministrar electrolitos a la celda de batería 100.

(Celda de batería y mecanismo de circulación)

La celda de batería 100 en la batería de RF 1 incluye una célula de electrodo positivo 102 que tiene un electrodo positivo 104 en su interior, una celda de electrodo negativo 103 que tiene un electrodo negativo 105 en su interior y una membrana 101 que separa las células 102 y 103 entre sí y es permeable a los iones. La celda de electrodo positivo 102 se conecta a un depósito de electrodo positivo 106 que almacena un electrolito de electrodo positivo, a través de los conductos 108 y 110. La celda de electrodo negativo 103 se conecta a un depósito de electrodo negativo 107 que almacena un electrolito de electrodo negativo a través de los conductos 109 y 111. Los conductos 108 y 109 están equipados con bombas 112 y 113 para hacer circular los electrolitos hacia los electrodos, respectivamente. En la celda de batería 100, el electrolito de electrodo positivo en el depósito de electrodo positivo 106 y el electrolito de electrodo negativo en el depósito de electrodo negativo 107 se suministran a la célula de electrodo positivo 102 (electrodo positivo 104) y la célula de electrodo negativo 103 (electrodo negativo 105) Por circulación, respectivamente, a través de los conductos 108 a 111 y con las bombas 112 y 113, para cargar y descargar la batería a través de cambios en la valencia de iones metálicos (iones de V en esta realización) que actúan como materiales activos en los electrolitos en los electrodos

La celda de batería 100 se usa normalmente en una forma denominada pila de celdas en la que se apilan una pluralidad de celdas. Cada celda incluye, como componentes, el electrodo positivo 104 (célula de electrodo positivo 102), el electrodo negativo 105 (célula de electrodo negativo 103) y la membrana 101. Para la pila de celdas, se usan marcos de celdas: cada armazón de celda incluye un electrodo bipolar (No mostrada), sobre una superficie de la cual se ha de disponer el electrodo positivo 104 y sobre otra superficie de la cual se ha de disponer el electrodo negativo 105; y un marco (no mostrado) que tiene orificios de suministro de líquido para suministrar los electrolitos y orificios de drenaje de líquido para drenar los electrolitos, y formado en la periferia de la placa bipolar. Apilando una pluralidad de bastidores de células, los orificios de suministro de líquido y los orificios de drenaje de líquido forman trayectorias de fluido para los electrolitos. Los conductos de fluido están conectados a los conductos 108 a 111. La pila de células está estructurada apilando una estructura de célula, el electrodo positivo 104, la membrana 101, el electrodo negativo 105, una estructura de célula, ..., en este orden. La estructura básica de la batería RF puede seleccionarse apropiadamente de estructuras conocidas.

(electrolito de RF)

El electrolito de RF de esta realización es un líquido en el que los iones de elemento que actúan como material activo están contenidos dentro de un disolvente; y el líquido contiene, a concentraciones muy bajas, iones de elementos de impureza que contribuyen a la generación de iones de elementos precipitados y de grupos de platino. En esta realización, como electrolito de electrodo positivo y electrolito de electrodo negativo, se usa un electrolito de RF que contiene iones de V como material activo. En estos electrolitos de electrodo positivo y electrolito de electrodo negativo, los iones de V tienen preferentemente una valencia media de 3,3 o más y 3,7 o menos y la concentración de iones de V es preferentemente 1 mol/l o más y 3 mol/l. Más preferentemente, la valencia media es 3,4 o más y 3,6 o menos y la concentración de iones de V es 1,5 mol/l o más y 1,9 mol/l o menos.

El disolvente del electrolito de RF puede ser, por ejemplo, una solución acuosa de al menos una seleccionada entre H₂SO₄, K₂SO₄, Na₂SO₄, H₃PO₄, H₄P₂O₇, K₂HPO₄, Na₃PO₄, K₃PO₄, HNO₃, KNO₃, HCl y NaNO. Como alternativa, el disolvente del electrolito de RF puede ser un disolvente de ácido orgánico.

[Impureza de iones de elementos que contribuyen a la generación del precipitado] Los inventores de la presente invención realizaron estudios y, como resultado, encontraron los siguientes hallazgos: cuando la cantidad total de iones de elementos de impurezas que contribuyen a la generación del precipitado en un electrolito RF es 220 ppm en masa o menos en el electrolito RF, Precipitado (representativamente, óxido derivado del material activo) puede suprimirse eficazmente. Además, los inventores han encontrado las siguientes conclusiones: los iones de elementos de impurezas que contribuyen a la generación del precipitado se clasifican en iones de elementos metálicos y iones de elementos no metálicos, y los iones de elementos metálicos y los iones de elementos no metálicos preferentemente satisfacen ciertas concentraciones totales. Por lo tanto, la generación del precipitado en baterías de RF puede suprimirse eficazmente. Mediante la eliminación selectiva de los iones de los elementos en una clasificación que se elimina fácilmente de las materias primas del electrolito de RF o del electrolito de RF, se logra una alta eficiencia de producción del electrolito de RF. A continuación, se describirán los iones de elementos metálicos y los iones de elementos no metálicos.

(Iones de elementos metálicos)

En el electrolito de RF de esta realización, la concentración total de iones de elementos metálicos entre los iones de elementos de impureza que contribuyen a la generación del precipitado es 195 ppm en masa o menos. Esto se debe a que la generación del precipitado en baterías de RF puede suprimirse eficazmente.

Los iones de elementos metálicos que contribuyen a la generación del precipitado pueden clasificarse adicionalmente en iones de elementos de metal pesado e iones de elementos de metal ligero. La concentración total de los iones de elementos metálicos es 195 ppm en masa o menos y se satisface preferentemente al menos una de las siguientes concentraciones totales: la concentración total de los iones de elementos de metal pesado es 85 ppm en masa o menos y la concentración total de los iones de elementos de metal ligero es 120 ppm en masa o menos. Esto se debe a que la generación del precipitado en baterías de RF puede suprimirse eficazmente.

A continuación se describen ejemplos de iones de elementos de metal pesado que contribuyen a la generación del precipitado. Estos iones de elementos de metales pesados tienden en particular a contribuir a la generación del precipitado. Por consiguiente, las concentraciones de estos iones de elementos de metal pesado satisfacen preferentemente las concentraciones también descritas a continuación.

- (1) iones de Cr: 10 ppm en masa o menos
- (2) iones de Mn: 1 ppm en masa o menos
- (3) iones de Fe: 40 ppm en masa o menos
- (4) iones de Co: 2 ppm en masa o menos
- (5) iones de Ni: 5 ppm en masa o menos
- (6) iones de Cu: 1 ppm en masa o menos
- (7) iones de Zn: 1 ppm en masa o menos
- (8) iones de Mo: 20 ppm en masa o menos
- (9) iones de Sb: 1 ppm en masa o menos

A continuación se describen ejemplos de iones de elementos de metal ligeros que contribuyen a la generación del precipitado. Estos iones de elementos de metal ligeros tienden en particular a contribuir a la generación del precipitado. Por consiguiente, las concentraciones de estos iones de elementos de metal ligeros satisfacen preferentemente las concentraciones también descritas a continuación.

- (10) iones de Na: 30 ppm en masa o menos
- (11) iones de Mg: 20 ppm en masa o menos
- (12) iones de Al: 15 ppm en masa o menos
- (13) iones de K: 20 ppm en masa o menos
- (14) iones de Ca: 30 ppm en masa o menos

(Iones de elementos no metálicos)

Los iones de elementos no metálicos son iones de elementos distintos de los elementos clasificados en elementos metálicos en la tabla periódica. En el electrolito de RF de esta realización, la concentración total de iones de elementos no metálicos entre los iones de elementos de impurezas que contribuyen a la generación del precipitado es preferentemente de 21 ppm en masa o menos. Esto se debe a que la generación del precipitado en baterías de RF puede suprimirse eficazmente.

A continuación se describen ejemplos de iones de elementos no metálicos que contribuyen a la generación del precipitado. Estos iones de elementos no metálicos tienden en particular a contribuir a la generación del precipitado. Por consiguiente, estos iones de elementos no metálicos satisfacen preferentemente las concentraciones también descritas a continuación.

- (15) iones de Cl: 20 ppm en masa o menos

(16) iones de As: 1 ppm en masa o menos

En general, los materiales activos usados para baterías de flujo redox tienen carga positiva. Por consiguiente, la retirada de elementos de impurezas cargados positivamente con, por ejemplo, una membrana de intercambio catiónico a partir de electrolitos, puede también provocar la retirada de materiales activos. Por esta razón, las impurezas de iones de elementos que están clasificados como aniones (por ejemplo, los iones de Cl descritos anteriormente) se pueden retirar selectivamente con, por ejemplo, una membrana de intercambio aniónico para ajustar de ese modo la concentración total de impurezas de iones de elementos. Como resultado, sin la retirada no intencional de materiales activos, la generación del precipitado puede suprimirse eficazmente.

[Iones de elementos del grupo platino]

Los inventores de la presente invención realizaron estudios y, como resultado, han encontrado los siguientes hallazgos: cuando la concentración total de iones de elementos del grupo del platino en un electrolito de RF se establece en 4,5 ppm en masa o menos, la generación de hidrógeno puede suprimirse eficazmente. Los inventores han encontrado también que los iones de elementos del grupo del platino descritos a continuación promueven particularmente la generación de hidrógeno; y las concentraciones de estos iones de los elementos del grupo del platino satisfacen preferentemente las concentraciones también descritas a continuación.

(17) iones de Rh: 1 ppm en masa o menos

(18) iones de Pd: 1 ppm en masa o menos

(19) iones de Ir: 1 ppm en masa o menos

(20) iones de Pt: 1 ppm en masa o menos

[Ajuste de la concentración de las impurezas de iones de elementos]

Con el fin de preparar un electrolito de RF en el que se ha ajustado la concentración total de impurezas de iones de elementos, se prefiere usar una materia prima del material activo y un disolvente (por ejemplo, ácido sulfúrico) que tienen un contenido mínimo de impurezas de iones de elementos. Sin embargo, por ejemplo, durante las etapas de producción, las impurezas de iones de elementos pueden entrar en un electrolito de RF. En consecuencia, si es necesario, la concentración total de iones de elementos de impureza puede disminuirse sometiendo un electrolito de RF a un proceso conocido, tal como coagulación de sedimentación, extracción con disolvente, filtración usando resina de intercambio iónico o resina de quelato, deposición electrolítica o separación de membrana. En particular, se prefiere la filtración usando resina quelatada porque, ajustando las propiedades de la resina de quelato o el pH de un electrolito de RF, se pueden filtrar selectivamente los iones de elementos específicos. La filtración puede realizarse haciendo pasar un electrolito de RF a través, por ejemplo, de un filtro de resina de quelato o una columna rellena con perlas de resina de quelato.

[Otras clasificaciones]

(1) Iones de elementos del grupo del hierro e iones de elementos de un grupo no del hierro

Los inventores de la presente invención también han encontrado los siguientes hallazgos: cuando los iones de elementos de metal entre las impurezas de iones de elementos que contribuyen a la generación del precipitado se clasifican, no en iones de elementos de metal pesado e iones de elementos de metal ligero, sino en iones de elementos del grupo del hierro y los iones de los elementos del grupo no de hierro, los iones de los elementos del grupo y los iones de elementos de grupos no del hierro preferentemente satisfacen ciertas concentraciones totales. La expresión "elementos del grupo del hierro" abarca colectivamente Fe, Co y Ni. La expresión "iones de elementos de grupos no de hierro" denota iones de elementos de metal distintos de los iones de elementos de grupos del hierro.

Como resultado de la clasificación de los iones de elementos metálicos en iones de elementos del grupo del hierro y de iones de elementos de grupos no del hierro, puede producirse eficientemente un electrolito de RF. Los elementos del grupo del hierro, que tienen propiedades similares, pueden retirarse con frecuencia en la misma condición (única) durante la retirada opcional de iones de elementos de impureza de un electrolito de RF. Por consiguiente, no es necesario cambiar las condiciones para retirar los iones de elementos individuales y, por lo tanto, puede producirse un electrolito de RF con una alta productividad. En este caso, en el electrolito de RF, la concentración total de los iones de elementos de grupo de hierro es preferentemente de 50 ppm en masa o menos. Esto se debe a que la generación del precipitado en baterías de RF puede suprimirse eficazmente.

La concentración total de los iones de elementos del grupo no del hierro que contribuyen a la generación del precipitado es preferentemente de 155 ppm en masa o menos. Dado que los materiales activos usados para las baterías de RF tienden a tener propiedades similares a las del Fe, puede haber casos en los que es difícil retirar selectivamente solo los iones del grupo de hierro sin causar la retirada de los materiales activos. Incluso en este caso, los iones de elementos del grupo no del hierro, pueden retirarse, de manera que, con una baja probabilidad de causar la retirada de materiales activos, la cantidad total de iones de elementos de impurezas que contribuyen a la generación del precipitado puede reducirse a 220 ppm en masa o menos.

En resumen, en un electrolito de RF en el que la concentración total de iones de elementos de impurezas que contribuyen a la generación del precipitado durante una reacción de batería es 220 ppm en masa o menos y la concentración total de iones de elemento de platino es 4,5 ppm en masa o menos, Los iones de elementos que contribuyen a la generación del precipitado se clasifican en iones de elementos de grupos de hierro y en iones de elementos de grupos no de hierro, puede satisfacerse al menos uno de los puntos (a) y (b) siguientes:

- (a) la concentración de iones de elementos del grupo del hierro es 50 ppm en masa o menos, y
- (b) la concentración de iones de elementos del grupo no del hierro es 155 ppm en masa o menos.

(2) Iones de elementos del grupo del hierro y otros iones de elementos

Los inventores de la presente invención han encontrado también los siguientes hallazgos: cuando un grupo constituido por iones de elementos del grupo del platino e impurezas de iones de elementos que contribuyen a la generación del precipitado se clasifica en iones de elementos del grupo del hierro y otros iones de elementos, los iones de elementos de grupo del hierro y los otros iones de elementos satisfacen preferentemente ciertas concentraciones totales. En esta clasificación, como en el caso anterior, la expresión "elementos del grupo del hierro" abarca colectivamente Fe, Co y Ni, que contribuyen a la generación del precipitado. La expresión "otros iones de elementos" denota iones de elementos distintos de iones de elementos del grupo del hierro, en el grupo constituido por iones de elementos del grupo del platino e impurezas de iones de elementos que contribuyen a la generación del precipitado.

Como en (1) anterior, esta clasificación permite la producción eficiente de un electrolito de RF. En este caso, en un electrolito de RF en el que la concentración total de impurezas de iones de elementos que contribuyen a la generación del precipitado durante una reacción de batería es 220 ppm en masa o menos y la concentración total de iones de elemento de platino es 4,5 ppm en masa o menos, al menos una de (c) y (d) siguientes puede As en (1) satisfacerse:

- (c) la concentración total de iones de elementos del grupo del hierro es 50 ppm en masa o menos, y
- (d) la concentración total de iones de elementos distintos de los iones de elementos distintos de iones de elementos del grupo del hierro en el grupo constituido por iones de elementos del grupo del platino e impurezas de de iones de elementos que contribuyen a la generación del precipitado es 185 ppm en masa o menos.

Esto se debe a que la generación del precipitado y la generación de hidrógeno en baterías de RF pueden suprimirse eficazmente.

(3) Iones de elementos que pertenecen al grupo 9, iones de elementos que pertenecen al grupo 10 e iones de elementos que pertenecen a otros grupos

Los inventores de la presente invención han encontrado también las siguientes hallazgos: cuando un grupo constituido por iones de elementos del grupo del platino e impurezas de iones de elementos que contribuyen a la generación del precipitado se clasifica en iones de elementos que pertenecen al grupo 9 (iones de elementos del grupo 9), iones de elementos que pertenecen al grupo 10 (iones de elementos del grupo 10) e iones de elementos que pertenecen a otros grupos (denominados en lo sucesivo en el presente documento iones de elementos de otro grupo), estos iones de elementos satisfacen preferentemente ciertas concentraciones totales.

Los iones de elementos del grupo 9 y los iones de elementos del grupo 10 abarcan iones de elementos que contribuyen a la generación del precipitado e iones de elementos del grupos de platino que promueven la generación de hidrógeno. Dado que los elementos del mismo grupo tienen propiedades similares, pueden retirarse con frecuencia en la misma condición (única) durante la retirada de impurezas de iones de elementos de un electrolito de RF. En el caso en el que es difícil retirar los iones de elementos del grupo 9 o los iones de elementos del grupo 10, puede ajustarse la concentración total de iones de elementos de un grupo que se retiran fácilmente o la concentración total de iones de elementos de otro grupo. En consecuencia, en el caso de esta clasificación, no es necesario cambiar las condiciones para retirar iones de elementos individuales.

Por lo tanto, esta clasificación permite la producción eficiente de un electrolito de RF. En este caso, en un electrolito de RF en el que la concentración total de impureza de iones de elementos que contribuyen a la generación del precipitado es 220 ppm en masa o menos y la concentración total de iones de elementos del grupo del platino es 4,5 ppm en masa o menos, constituidos por iones de elementos del grupo del platino e impurezas de iones de elementos que contribuyen a la generación del precipitado pueden satisfacer por lo menos uno de los apartados (e) a (g) siguientes:

- (e) la concentración total de iones de elementos del grupo 9 es 4 ppm en masa o menos,
- (f) la concentración total de iones de elementos del grupo 10 es 7 ppm en masa o menos, y
- (g) la concentración total de iones de elementos de otro grupo es 190 ppm en masa o menos.

Esto se debe a que la generación del precipitado y la generación de hidrógeno en baterías de RF pueden suprimirse eficazmente.

(4) Iones de elementos de material no activo que pertenecen al mismo período que los iones de elementos de material

activo y los iones de elementos que pertenecen a otros períodos

Los inventores de la presente invención también han encontrado los siguientes hallazgos: cuando se clasifican impurezas de iones de elementos en iones de elementos de material no activo que pertenecen al mismo período que los iones de elementos de material activo e iones de elementos que pertenecen a otros períodos, preferentemente satisfacen ciertas concentraciones totales. Por ejemplo, cuando el material activo es vanadio y la clasificación se lleva a cabo entre iones de elementos no de vanadio que pertenecen al período 4 e iones de elementos que pertenecen a períodos distintos del período 4, estos iones de elementos satisfacen preferentemente ciertas concentraciones totales.

Los iones de los elementos que no son iones activos del material activo y pertenecen al mismo período que los iones del elemento de material activo (denominados iones de elementos de material no activo del mismo período) tienen probablemente propiedades similares a las de los iones del elemento de material activo. Por lo tanto, por ejemplo, los óxidos compuestos que contienen iones de elementos de material activo e iones de elementos de material no activo de mismo período pueden aparecer como precipitado. En consecuencia, es eficaz disminuir la concentración de iones de elementos no activos de mismo período para suprimir la generación del precipitado. Sin embargo, hay casos en los que es difícil retirar selectivamente los iones de elementos no activos del mismo período de los iones de elementos de material activo. Incluso en estos casos, la retirada selectiva de iones de elementos pertenecientes a otros períodos permite una alta productividad de un electrolito de RF.

En este caso, en un electrolito de RF en el que la concentración total de iones de elementos de impureza que contribuyen a la generación del precipitado durante una reacción de batería es 220 ppm en masa o menos y la concentración total de iones de elemento del grupo del platino es 4,5 ppm en masa o menos, en un grupo constituido por iones de elementos del grupo del platino e impurezas de iones de elementos que contribuyen a la generación del precipitado pueden satisfacer por lo menos uno de los (h) e (i) siguientes:

- (h) la concentración total de iones de elementos que pertenecen al período 4 es 115 ppm en masa o menos, y
- (i) la concentración total de iones de elementos que pertenecen al período 4 es 115 ppm en masa o menos.

Esto se debe a que la generación del precipitado y la generación de hidrógeno en baterías de RF pueden suprimirse eficazmente.

[Disolvente de electrolito]

En el caso donde un electrolito de RF contiene vanadio como material activo y ácido sulfúrico como disolvente, preferentemente la concentración de iones de V es 1 mol/l o más y 3 mol/l o menos, la concentración de ácido sulfúrico libre es 1 mol/l o más y 4 mol/l o menos, la concentración de ácido fosfórico es $1,0 \times 10^{-4}$ mol/l o más y $7,1 \times 10^{-1}$ mol/l o menos, la concentración de amonio (NH_4) es 20 ppm en masa o menos, y la concentración de silicio (Si) es 40 ppm en masa o menos.

Mediante el ajuste de la concentración de iones de V y la concentración de ácido sulfúrico libre para satisfacer los intervalos específicos descritos anteriormente, la valencia media en el electrolito RF llega a aproximadamente 3,3 o más y aproximadamente 3,7 o menos. El electrolito de RF que satisface tal valencia media es, como electrolito de electrodo positivo y también como electrolito de electrodo negativo, altamente equilibrado en términos de concentraciones de iones de V de valencias individuales. Por consiguiente, una batería de RF que emplea un electrolito de RF que satisface tal valencia media puede tener una capacidad muy alta. Además, mediante el ajuste de la concentración de ácido fosfórico en el intervalo específico descrito anteriormente y mediante el ajuste de la concentración de NH_4 a la concentración específica descrita anteriormente o menos, precipitación del precipitado (por ejemplo, compuesto de amonio-vanadio) durante una reacción de batería puede suprimirse. Además, dado que el Si puede causar un efecto adverso sobre la membrana, la concentración de Si se ajusta a la concentración específica descrita anteriormente o menos, de manera que el efecto adverso puede suprimirse.

(Tanques y conductos)

El tanque de electrodo positivo 106, el tanque de electrodo negativo 107 y los conductos 108 a 111 son miembros que entran en contacto con el electrolito de RF. Por consiguiente, estos miembros (106 a 111) pueden contener o tener una impureza de iones de elementos que contribuyen a la generación del precipitado durante una reacción de batería o iones de elementos del grupo del platino. En tal caso, cuando se acciona la batería de RF 1, puede haber un incremento en el contenido de impurezas de iones de elementos y de iones de elementos del grupo de platino en el electrolito de RF. Por esta razón, estos miembros (106 a 111) se forman preferentemente de materiales que no contienen las impurezas de iones de elementos o los iones de elementos del grupo del platino. Además, las etapas de producción de estos elementos (106 a 111) se realizan preferentemente con elementos que no contienen las impurezas de iones de elemento o los iones de elemento del grupo del platino (por ejemplo, un agente de liberación para moldes para producir los miembros, la liberación del agente que no contiene las impurezas de iones de elementos o los iones de elementos del grupo del platino). Ejemplos de los materiales que forman los miembros (106 a 111) incluyen un homopolímero de etileno que tiene una densidad (ASTM D 1505) dentro de un intervalo de $0,080 \text{ g/cm}^3$ o más y $0,960 \text{ g/cm}^3$ o menos y tiene una tasa de flujo de fusión (ASTM D 1238, condiciones de medición: $190 \text{ }^\circ\text{C}$, carga

de 2,16 kg) dentro de un intervalo de 0,01 g/10 min o más y de 20 g/10 min o menos; y un copolímero de etilen- α -oleína que tiene una densidad y una tasa de flujo de fusión que caen dentro de los intervalos descritos anteriormente. Estas descripciones de los elementos (106 a 111) se aplican de manera similar a tanques de transporte para transportar el electrolito de RF.

5 <Ejemplo de prueba 1>

10 En el ejemplo de prueba 1, las pruebas de carga y descarga se realizaron teniendo en cuenta las baterías de RF usadas prácticamente. Se preparó un electrodo positivo y un electrodo negativo que tenía un área de electrodo de 500 cm² y se formó el fieltro de carbono. La masa total de estos electrodos era de aproximadamente 35 g. En cuanto a los electrolitos de RF, se prepararon tres electrolitos de RF con diferentes concentraciones de impurezas de iones de elementos. Estos electrolitos de RF se usaron para producir baterías de RF de tres tipos que tienen una capacidad de 2 horas. Los electrolitos de RF preparados tienen la siguiente composición básica común.

15 (Composición básica común)

- Concentración de iones de V: 1,7 mol/l
- Valencia promedio de iones de V: 3,5
- Concentración de ácido sulfúrico libre: 2,0 mol/l
- 20 • Concentración de ácido fosfórico: 0,14 mol/l
- Concentración de silicio: 40 ppm en masa o menos
- Concentración de amonio: 20 ppm en masa o menos

25 La Tabla I describe las concentraciones de impurezas de iones de elementos de los electrolitos de RF usados en este ejemplo de prueba. Los valores en la Tabla I son concentraciones (ppm en masa). Las concentraciones de impurezas de iones de elementos se ajustaron, cuando fue necesario, pasando electrolitos de RF a través de columnas rellenas con resina de quelato. Las concentraciones de iones de elementos de impureza se midieron como sigue a continuación. La concentración de los iones de Cl se midió en un sistema de cromatografía iónica (fabricado por NIPPON DIONEX K. K., ICS-1500). Las concentraciones de los iones de Na y los iones de K se midieron con un
30 espectrómetro de absorción atómica Zeeman polarizado (fabricado por Hitachi High-Tech Fielding Corporation, Z-6100). Las concentraciones de otras impurezas de iones de elementos se midieron con un espectrómetro ICP (fabricado por SHIMADZU CORPORATION, ICPS-8100) o un espectrómetro de masas ICP (fabricado por Agilent Technologies, Inc., Agilent 7700 ICP-MS).

35 [Tabla I]

	Ejemplo de prueba		
	1-1	1-2	1-3
Na	25,1	28,1	31,5
Mg	18,9	17,5	22,4
Al	11,4	14,1	17,5
Cl	18,5	19	24,5
K	19	15,5	21,8
Ca	16,5	20,5	34,8
Cr	9,5	8,5	11,4
Mn	0,8	0,8	1,2
Fe	32,5	38	42,5
Co	1,5	1,8	3,5
Ni	1	4,4	6,1
Cu	0,5	0,9	1,5
Zn	0,7	0,7	1,8
As	0,9	0,8	2,1
Mo	19	14,5	22,4
Rh	0,9	0,9	1,2
Pd	0,8	0,5	1,1
Sb	0,9	0,6	1,2
Ir	0,5	0,8	1,2
Pt	0,4	0,7	1,5
Total	179,3	188,6	251,2
Generación del precipitado	No ocurrió	No ocurrió	Ocurrió
Incremento de la resistencia celular	No ocurrió	No ocurrió	Ocurrió
Generación de hidrógeno	No ocurrió	No ocurrió	Ocurrió

* Los valores en la Tabla se dan en unidades de masa en ppm

5 Cada batería de RF se sometió a una prueba de carga y descarga durante 20 ciclos y se determinó si había generación del precipitado, un incremento de la resistencia de la batería (resistencia celular) y generación de hidrógeno. La generación del precipitado se observó mediante inspección visual. La generación de hidrógeno se detectó con un detector de gas combustible (fabricado por New Cosmos Electric Co., Ltd., XP-311A). Respecto a la resistencia celular, se midió una tensión media y una corriente media durante la carga y la descarga y se determinó la resistencia celular como tensión media/corriente media. La resistencia celular en el primer ciclo se comparó con la resistencia celular en el ciclo final para determinar con ello si la resistencia celular se incrementó. Las condiciones de carga y descarga fueron como sigue a continuación.

10 (Condiciones de carga y descarga)

Modo carga-descarga: corriente constante

Densidad actual: 70 (mA/cm²)

15 Tensión al final de la carga: 1,55 (V)

Tensión al final de la descarga: 1,00 (V)

Temperatura: 25 °C

20 La Tabla I indica que en las pruebas, en el Ejemplo de prueba 1-1 y en el Ejemplo de prueba Ensayo 1-2 en los que la concentración total de impurezas de elementos fue de 190 ppm en masa o menos, no se observó generación del precipitado ni aumento de la resistencia celular y no se detectó generación de hidrógeno. Por el contrario, con respecto al electrolito de RF usado en el Ejemplo de prueba 1-3 en el que la concentración total de impurezas de iones de elementos fue superior a 250 ppm en masa, se observaron generación del precipitado en el electrodo positivo y un incremento de la resistencia celular y también se detectó generación de hidrógeno en el electrodo negativo. En resumen, se ha demostrado que la cantidad de impurezas de iones de elementos afecta a la generación del precipitado y generación de hidrógeno.

<Ejemplo de prueba 2>

30 «Clasificación 1»

35 En vista de los resultados del Ejemplo de prueba 1, para identificar, entre las impurezas de iones de elementos, los que contribuyen a la generación del precipitado y los que favorecen la generación de hidrógeno, las impurezas de iones de elementos se clasificaron en elementos metálicos y elementos no metálicos. Además, los elementos metálicos se clasificaron en elementos de metal pesado y elementos de metal ligero; y los elementos de metal pesado se clasificaron en elementos del grupo del platino y otros elementos. Se prepararon una pluralidad de electrolitos de manera que tuvieran diferentes concentraciones totales en términos de iones de elementos de estas clasificaciones y se estudió qué clasificación contribuye a la generación del precipitado y qué clasificación favorece la generación de hidrógeno. La Tabla II a la Tabla IV describe las concentraciones de impurezas de iones de elementos de los electrolitos RF usados en este Ejemplo de prueba. Los valores de las Tablas son concentraciones (ppm en masa). La forma en que se ajustaron las concentraciones impurezas de iones de elementos y las condiciones de carga y descarga fueron las mismas que en el Ejemplo de prueba 1.

[Tabla II]

		Ejemplo de prueba									
		2-1	2-2	2-3	2-4	2-5	2-6	2-7	2-8	2-9	2-10
Metal	Total 1	4,5 o menos	4,5 o menos	4,5 o menos	4,5 o menos	4,5 o menos	4,5 o menos	4,5 o menos	4,5 o menos	4,5 o menos	4,5 o menos
	Grupo del platino	8	9	8	5	13,4	12,7	12,4	11,7	13,5	11,5
Metal pesado	Cr	0,8	0,8	0,7	0,5	3,7	2,1	1,5	1,2	2,1	2,3
	Mn	35	38	30	36	45,5	40,5	42,1	41,2	22,4	40,5
	Fe	1	1,5	1,2	1,4	4,5	4,2	3,1	2,5	3,1	2,3
	Co	4	4,2	3,8	4	8,8	5,3	5,5	5,8	5,6	5,4
	Ni	0,7	0,8	0,6	0,6	2,9	3	1,3	1,1	1,3	1,3
Otro distinto del grupo del platino	Cu	0,5	0,7	0,6	0,6	2,4	1,8	1,2	2,1	1,4	1,8
	Zn	16	18	15	16	21,9	23	21,8	20,5	21,5	20,7
	Mo	0,8	0,9	0,7	0,8	2,4	1,2	1,5	1,8	1,8	2
	Sb	66,8	73,9	60,6	64,9	105,5	93,8	90,4	87,9	72,7	87,8
Metal ligero	Total 2	20	27	34,5	31	19,8	26,5	31	30,5	31	28,1
	Na	15	18	21,4	23,5	13,7	16,8	21,2	22	20,5	13,4
	Mg	10	13	15,8	16	12,5	13,2	16,1	16,6	16,7	14,2
	Al	15	16	22,7	22,5	12,4	16,6	21,4	21	21,3	11,4
	K	26	28	34,6	36,1	24,1	21,7	30,5	31	31,5	31,4
	Ca	86	102	129	129,1	82,5	94,8	120,2	121,1	121	98,5
	Total 3	152,8	175,9	189,6	194	188	188,6	210,6	209	193,7	186,3
	Cl	15	18	23	21	25	22,2	4,8	4	20,5	21,6
	As	0,8	0,8	1,5	1,8	2	1,5	0,7	0,6	1,3	2,1
	Total 4	15,8	18,8	24,5	22,8	27	23,7	5,5	4,6	21,8	23,7
Total 2 + Total 3 + Total 4	168,6	194,7	214,7	216,8	215	212,3	216,1	213,6	215,5	210	
Generación del precipitado	No ocurrió	No ocurrió	No ocurrió	No ocurrió	No ocurrió	No ocurrió	No ocurrió	No ocurrió	No ocurrió	No ocurrió	
Incremento de la resistencia celular	No ocurrió	No ocurrió	No ocurrió	No ocurrió	No ocurrió	No ocurrió	No ocurrió	No ocurrió	No ocurrió	No ocurrió	
Generación de hidrógeno	No ocurrió	No ocurrió	No ocurrió	No ocurrió	No ocurrió	No ocurrió	No ocurrió	No ocurrió	No ocurrió	No ocurrió	

* Los valores en la Tabla se dan en unidades de masa en ppm

[Tabla III]

		Ejemplo de prueba											
		2-11	2-12	2-13	2-14	2-15	2-16	2-17	2-18	2-19	2-20		
Grupo del platino	Total 1	4,5 o menos	4,5 o menos	4,5 o menos	4,5 o menos	4,5 o menos	4,5 o menos	4,5 o menos	4,5 o menos	4,5 o menos	4,5 o menos	4,5 o menos	4,5 o menos
	Cr	13	11,3	9	16	11,3	11,5	32	11,5	14,2	15,1		
Metal pesado	Mn	2	3	0,5	4,1	2,4	2,5	2,4	1,2	2,1	2,2		
	Fe	41	43	39	42	50,5	44,2	43,4	28,7	45,4	45		
	Co	2,3	3	1	3,5	3,8	3	2,4	2,4	2,4	2,3		
	Ni	5,5	6,3	4,5	8	9,7	7	7,1	5,1	6,1	6,2		
	Cu	1,5	2	0,8	1,7	3,2	1,9	1,2	5,6	1,2	1,4		
	Zn	1,3	1,5	0,7	2,2	4,6	1,6	2,1	2,4	1,8	1,7		
Metal	Mo	22	24	18	7	31,2	28,1	22,4	20,5	20,5	21		
	Sb	1,2	1,3	0,7	1,4	5,4	1,4	1,2	1,8	1,9	1,8		
	Total 2	89,8	95,4	74,2	85,9	122,1	101,2	114,2	79,2	95,6	96,7		
	Na	31,9	31,5	33,5	37,4	15,7	41,2	31,9	34	10,4	31		
	Mg	22,4	22,2	22,5	28,1	10,2	35,5	22,7	21,7	22	21,5		
	Al	18,5	16,5	16,4	16,5	11,8	28,9	16,8	16,8	19,4	19,8		
	K	25	21	20,6	22,4	14,6	34,5	25,5	27,9	22,4	22,8		
	Ca	34,8	31,5	31,8	31,9	22,2	31,7	31,4	35,4	41,7	42,4		
	Total 3	132,6	122,7	124,8	136,3	74,5	171,8	128,3	135,8	115,9	137,5		
	Total 2 + Total 3	222,4	218,1	199	222,2	196,6	273	242,5	215	211,5	234,2		
No metal	Cl	22	20,5	24	24,6	24	21	18,5	24,4	28	27,5		
	As	1,3	1,1	1,4	1,4	2,1	1,1	0,9	1,4	1,4	1,5		
Total 4	23,3	21,6	25,4	26	26,1	22,1	19,4	25,8	29,4	29			
Total 2 + Total 3 + Total 4	245,7	239,7	224,4	248,2	222,7	295,1	261,9	240,8	240,9	263,2			
Generación del precipitado	Ocurrió	Ocurrió	Ocurrió	Ocurrió	Ocurrió	Ocurrió	Ocurrió	Ocurrió	Ocurrió	Ocurrió			
Incremento de la resistencia celular	Ocurrió	Ocurrió	Ocurrió	Ocurrió	Ocurrió	Ocurrió	Ocurrió	Ocurrió	Ocurrió	Ocurrió			
Generación de hidrógeno	No ocurrió	No ocurrió	No ocurrió	No ocurrió	No ocurrió	No ocurrió	No ocurrió	No ocurrió	No ocurrió	No ocurrió			

* Los valores en la Tabla se dan en unidades de masa en ppm

[Tabla IV]

		Ejemplo de prueba						
		2-21	2-22	2-23	2-24	2-25	2-26	2-27
Grupo del platino	Rh	0,5	0,8	1,2	1,1	1,1	1,5	1,4
	Pd	0,5	0,9	1,1	1,1	1,2	1,2	1,3
	Ir	0,5	0,9	0,5	1,2	1,3	0,8	0,7
	Pt	0,5	0,9	1,1	0,6	1,2	1,3	1,2
	Total	2	3,5	3,9	4	4,8	4,8	4,8
Total de los otros		220 o menos	220 o menos	220 o menos	220 o menos	220 o menos	220 o menos	220 o menos
Generación del precipitado		No ocurrió	No ocurrió	No ocurrió	No ocurrió	No ocurrió	No ocurrió	No ocurrió
Incremento de la resistencia celular		No ocurrió	No ocurrió	No ocurrió	No ocurrió	No ocurrió	No ocurrió	No ocurrió
Generación de hidrógeno		No ocurrió	No ocurrió	No ocurrió	No ocurrió	Ocurrió	Ocurrió	Ocurrió

*Los valores en la Tabla se dan en unidades de masa en ppm

La Tabla II a la Tabla IV indica que, a partir de las pruebas en que las impurezas de los iones de los elementos se clasificaron de la manera descrita anteriormente, los iones de los elementos del grupo del platino contribuyen a la generación de hidrógeno y la otra impureza de los iones de los elementos contribuye a la generación de un precipitado.

Además, la Tabla I a la Tabla IV indican los siguientes hechos.

- Cuando la concentración total de impurezas de iones de elementos que contribuyen a la generación del precipitado es 220 ppm en masa o menos, puede suprimirse la generación del precipitado.
- Cuando la concentración total de iones de los elementos del grupo del platino es 4,5 ppm en masa o menos, la generación de hidrógeno puede suprimirse.
- Entre las impurezas de los iones de elementos que contribuyen a la generación del precipitado, la concentración total de iones de elementos de metal es preferentemente de 195 ppm en masa o menos (por ejemplo, consulte el ejemplo de prueba 2-4).
- Entre las impurezas de iones de elementos que contribuyen a la generación del precipitado, la concentración total de iones de elementos no metálicos, es preferentemente 21 ppm en masa o menos (por ejemplo, consulte el ejemplo de prueba 1-2).
- Entre las impurezas de iones de elementos que contribuyen a la generación del precipitado, la concentración total de iones de elementos de metal pesado es preferentemente 85 ppm en masa o menos (por ejemplo, consulte y compare el ejemplo de prueba 1-2 y el ejemplo de prueba 1-3).
- Entre las impurezas de iones de elementos que contribuyen a la generación del precipitado, la concentración total de iones de elementos de metal ligero es preferentemente 120 ppm en masa o menos (por ejemplo, consulte y compare el ejemplo de prueba 1-2 y el ejemplo de prueba 1-3).
- Entre las impurezas de iones de elementos que contribuyen a la generación del precipitado, la concentración total de iones de elementos de metal pesado es preferentemente 85 ppm en masa o menos, y la concentración total de iones de elementos de metal ligero es preferentemente 120 ppm en masa o menos (por ejemplo, consulte el ejemplo de prueba 2-2).
- Las impurezas de iones de elementos preferentemente satisface las descritas a continuación (por ejemplo, consulte la Tabla I).

(1) iones de Cr: 10 ppm en masa o menos, (2) iones de Mn: 1 ppm en masa o menos, (3) iones de Fe: 40 ppm en masa o menos, (4) iones de Co: 2 ppm en masa o menos, (5) iones de Ni: 5 ppm en masa o menos, (6) iones de Cu: 1 ppm en masa o menos, (7) iones de Zn: 1 ppm en masa o menos, (8) iones de Mo: 20 ppm en masa o menos, (9) iones de Sb: 1 ppm en masa o menos, (10) iones de Na: 30 ppm en masa o menos, (11) iones de Mg: 20 ppm en masa o menos, (12) iones de Al: 15 ppm en masa o menos, (13) iones de K: 20 ppm en masa o menos, (14) iones de Ca: 30 ppm en masa o menos, (15) iones de Cl: 20 ppm en masa o menos, (16) iones de As: 1 ppm en masa o menos, (17) iones de Rh: 1 ppm en masa o menos, (18) iones de Pd: 1 ppm en masa o menos, (19) iones de Ir: 1 ppm en masa o menos, (20) iones de Pt: 1 ppm en masa o menos

«Clasificación 2»

La Tabla V y la Tabla VI describe a continuación describen los resultados de los casos donde los iones de elementos de metal que contribuyen a la generación del precipitado se clasificaron en iones de elementos de grupo del hierro y en iones de elementos de grupos no de hierro.

[Tabla V]

		Ejemplo de prueba									
		2-1	2-2	2-3	2-4	2-5	2-6	2-7	2-8	2-9	2-10
Grupo del platino	Total 1	4,5 o menos	4,5 o menos	4,5 o menos	4,5 o menos	4,5 o menos	4,5 o menos	4,5 o menos	4,5 o menos	4,5 o menos	4,5 o menos
		Fe	35	38	30	36	45,5	40,5	42,1	41,2	22,4
Grupo del hierro	Co	1	1,5	1,2	1,4	4,5	4,2	3,1	2,5	3,1	2,3
	Ni	4	4,2	3,8	4	8,8	5,3	5,5	5,8	5,6	5,4
	Total 2	40	43,7	35	41,4	58,8	50	50,7	49,5	31,1	48,2
Metal	Na	20	27	34,5	31	19,8	26,5	31	30,5	31	28,1
	Mg	15	18	21,4	23,5	13,7	16,8	21,2	22	20,5	13,4
	Al	10	13	15,8	16	12,5	13,2	16,1	16,6	16,7	14,2
	K	15	16	22,7	22,5	12,4	16,6	21,4	21	21,3	11,4
	Ca	26	28	34,6	36,1	24,1	21,7	30,5	31	31,5	31,4
	Cr	8	9	8	5	13,4	12,7	12,4	11,7	13,5	11,5
	Mn	0,8	0,8	0,7	0,5	3,7	2,1	1,5	1,2	2,1	2,3
Otro distinto del grupo del hierro	Cu	0,7	0,8	0,6	0,6	2,9	3	1,3	1,1	1,3	1,3
	Zn	0,5	0,7	0,6	0,6	2,4	1,8	1,2	2,1	1,4	1,8
	Mo	16	18	15	16	21,9	23	21,8	20,5	21,5	20,7
	Sb	0,8	0,9	0,7	0,8	0,8	1,2	1,5	1,8	1,8	2
Total 3	Total 3	112,8	132,2	154,6	152,6	129,2	138,6	159,9	159,5	162,6	138,1
	Total 2 + Total 3	152,8	175,9	189,6	194	188	188,6	210,6	209	193,7	186,3
No metal	Cl	15	18	23	21	25	22,2	4,8	4	20,5	21,6
	As	0,8	0,8	1,5	1,8	2	1,5	0,7	0,6	1,3	2,1
	Total 4	15,8	18,8	24,5	22,8	27	23,7	5,5	4,6	21,8	23,7
Total 2 + Total 3 + Total 4	168,6	194,7	214,1	216,8	215	212,3	216,1	213,6	215,5	210	
Generación del precipitado	No ocurrió	No ocurrió	No ocurrió	No ocurrió	No ocurrió	No ocurrió	No ocurrió	No ocurrió	No ocurrió	No ocurrió	No ocurrió
Incremento de la resistencia celular	No ocurrió	No ocurrió	No ocurrió	No ocurrió	No ocurrió	No ocurrió	No ocurrió	No ocurrió	No ocurrió	No ocurrió	No ocurrió
Generación de hidrógeno	No ocurrió	No ocurrió	No ocurrió	No ocurrió	No ocurrió	No ocurrió	No ocurrió	No ocurrió	No ocurrió	No ocurrió	No ocurrió

* Los valores en la Tabla se dan en unidades de masa en ppm

[Tabla VI]

		Ejemplo de prueba									
		2-11	2-12	2-13	2-14	2-15	2-16	2-17	2-18	2-19	2-20
Grupo del platino	Total 1	4,5 o menos	4,5 o menos	4,5 o menos	4,5 o menos	4,5 o menos	4,5 o menos	4,5 o menos	4,5 o menos	4,5 o menos	4,5 o menos
	Fe	41	43	39	42	50,5	44,2	43,4	28,7	45,4	45
Grupo del hierro	Co	2,3	3	1	3,5	3,8	3	2,4	2,4	2,4	2,3
	Ni	5,5	6,3	4,5	8	9,7	7	7,1	5,1	6,1	6,2
	Total 2	48,8	52,3	44,5	53,5	64	54,2	52,9	36,2	53,9	53,5
Metal	Na	31,9	31,5	33,5	37,4	15,7	41,2	31,9	34	10,4	31
	Mg	22,4	22,2	22,5	28,1	10,2	35,5	22,7	21,7	22	21,5
	Al	18,5	16,5	16,4	16,5	11,8	28,9	16,8	16,8	19,4	19,8
	K	25	21	20,6	22,4	14,6	34,5	27,9	22,4	22,4	22,8
	Ca	34,8	31,5	31,8	31,9	22,2	31,7	31,4	35,4	41,7	42,4
	Cr	13	11,3	9	16	11,3	11,5	32	11,5	14,2	15,1
	Mn	2	3	0,5	4,1	2,4	2,5	2,4	1,2	2,1	2,2
	Cu	1,5	2	0,8	1,7	3,2	1,9	1,2	1,2	5,6	1,2
	Zn	1,3	1,5	0,7	2,2	4,6	1,6	1,6	2,1	2,4	1,8
	Mo	22	24	18	7	31,2	28,1	22,4	22,4	20,5	20,5
	Sb	1,2	1,3	0,7	1,4	5,4	1,4	1,2	1,2	1,8	1,9
		Total 3	173,6	165,8	154,5	168,7	132,6	218,8	189,6	178,8	157,6
	Total 2 + Total 3	222,4	218,1	199	222,2	196,6	273	242,5	215	211,5	234,2
No metal	Cl	22	20,5	24	24,6	24	21	18,5	24,4	28	27,5
	As	1,3	1,1	1,4	1,4	2,1	1,1	0,9	1,4	1,4	1,5
	Total 4	23,3	21,6	25,4	26	26,1	22,1	19,4	25,8	29,4	29
	Total 2 + Total 4	245,7	239,7	224,4	248,2	222,7	295,1	261,9	240,8	240,9	263,2
Generación del precipitado	Ocurrió	Ocurrió	Ocurrió	Ocurrió	Ocurrió	Ocurrió	Ocurrió	Ocurrió	Ocurrió	Ocurrió	Ocurrió
Incremento de la resistencia celular	Ocurrió	Ocurrió	Ocurrió	Ocurrió	Ocurrió	Ocurrió	Ocurrió	Ocurrió	Ocurrió	Ocurrió	Ocurrió
Generación de hidrógeno	No ocurrió	No ocurrió	No ocurrió	No ocurrió	No ocurrió	No ocurrió	No ocurrió	No ocurrió	No ocurrió	No ocurrió	No ocurrió
Los valores en la Tabla se dan en unidades de masa en ppm											

La Tabla V y la Tabla VI indican que, cuando el total de impurezas de iones de elementos es 220 ppm en masa o menos, la generación del precipitado puede suprimirse. En particular, la Tabla V indica que cuando la concentración de iones de elementos de impurezas que contribuyen a la generación del precipitado es 220 ppm en masa o menos y la concentración de iones de elementos de metal entre las impurezas de los iones de elementos es 195 ppm en masa o menos, uno o ambas de las siguientes pueden satisfacerse: la concentración total de iones de elementos del grupo del hierro es 50 ppm en masa o menos y la concentración total de iones de elementos de grupos no de hierro es 155 ppm en masa o menos; o puede satisfacerse uno o ambos de los siguientes: la concentración total de iones de elementos del grupo del hierro es 45 ppm en masa o menos y la concentración total de iones de elementos de grupos no del hierro es 135 ppm en masa o menos.

5

10

«Clasificación 3»

Además, la Tabla VII y la Tabla VIII describen resultados de casos donde un grupo constituido por iones de elementos del grupo del platino e iones de elementos de impurezas que contribuyen a la generación del precipitado se clasificaron en iones de elementos del grupo del hierro y otros iones de elementos. En este caso, el valor de los iones de los elementos del grupo del platino se fijó en 4,5 ppm en masa.

15

[Tabla VII]

		Ejemplo de prueba									
		2-1	2-2	2-3	2-4	2-5	2-6	2-7	2-8	2-9	2-10
Grupo del hierro	Fe	35	38	30	36	45,5	40,5	42,1	41,2	22,4	40,5
	Co	1	1,5	1,2	1,4	4,5	4,2	3,1	2,5	3,1	2,3
	Ni	4	4,2	3,8	4	8,8	5,3	5,5	5,8	5,6	5,4
	Total 1	40	43,7	35	41,4	58,8	50	50,7	49,5	31,1	48,2
Otro distinto del grupo del hierro	Na	20	27	34,5	31	19,8	26,5	31	30,5	31	28,1
	Mg	15	18	21,4	23,5	13,7	16,8	21,2	22	20,5	13,4
	Al	10	13	15,8	16	12,5	13,2	16,1	16,6	16,7	14,2
	K	15	16	22,7	22,5	12,4	16,6	21,4	21	21,3	11,4
	Ca	26	28	34,6	36,1	24,1	21,7	30,5	31	31,5	31,4
	Cl	15	18	23	21	25	22,2	4,8	4	20,5	21,6
	Cr	8	9	8	5	13,4	12,7	12,4	11,7	13,5	11,5
	Mn	0,8	0,8	0,7	0,5	3,7	2,1	1,5	1,2	2,1	2,3
	Cu	0,7	0,8	0,6	0,6	2,9	3	1,3	1,1	1,3	1,3
	Zn	0,5	0,7	0,6	0,6	2,4	1,8	1,2	2,1	1,4	1,8
	Mo	16	18	15	16	21,9	23	21,8	20,5	21,5	20,7
	As	0,8	0,8	1,5	1,8	2	1,5	0,7	0,6	1,3	2,1
	Sb	0,8	0,9	0,7	0,8	2,4	1,2	1,5	1,8	1,8	2
	Grupo del platino	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5
Total 2	133,1	155,5	183,6	179,9	160,7	166,8	169,9	168,6	188,9	166,3	
Total 1 + Total 2	173,1	199,2	218,6	221,3	219,5	216,8	220,6	218,1	220	214,5	
Generación del precipitado	No ocurrió	No ocurrió	No ocurrió	No ocurrió	No ocurrió	No ocurrió	No ocurrió	No ocurrió	No ocurrió	No ocurrió	No ocurrió
Incremento de la resistencia celular	No ocurrió	No ocurrió	No ocurrió	No ocurrió	No ocurrió	No ocurrió	No ocurrió	No ocurrió	No ocurrió	No ocurrió	No ocurrió
Generación de hidrógeno	No ocurrió	No ocurrió	No ocurrió	No ocurrió	No ocurrió	No ocurrió	No ocurrió	No ocurrió	No ocurrió	No ocurrió	No ocurrió

*Los valores en la Tabla se dan en unidades de masa en ppm

[Tabla VIII]

		Ejemplo de prueba													
		2-11	2-12	2-13	2-14	2-15	2-16	2-17	2-18	2-19	2-29				
Grupo del hierro	Fe	41	43	39	42	50,5	44,2	43,4	28,7	45,4	45				
	Co	2,3	3	1	3,5	3,8	3	2,4	2,4	2,4	2,3				
	Ni	5,5	6,3	4,5	8	9,7	7	7,1	5,1	6,1	6,2				
	Total 1	48,8	52,3	44,5	53,5	64	54,2	52,9	36,2	53,9	53,5				
Otro distinto del grupo del hierro	Na	31,9	31,5	33,5	37,4	15,7	41,2	31,9	34	10,4	31				
	Mg	22,4	22,2	22,5	28,1	10,2	35,5	22,7	21,7	22	21,5				
	Al	18,5	16,5	16,4	16,5	11,8	28,9	16,8	16,8	19,4	19,8				
	K	25	21	20,6	22,4	14,6	34,5	25,5	27,9	22,4	22,8				
	Ca	34,8	31,5	31,8	31,9	22,2	31,7	31,4	35,4	41,7	42,4				
	Cl	22	20,5	24	24,6	24	21	18,5	24,4	28	27,5				
	Cr	13	11,3	9	16	11,3	11,5	32	11,5	14,2	15,1				
	Mn	2	3	0,5	4,1	2,4	2,5	2,4	1,2	1,2	2,2				
	Cu	1,5	2	0,8	1,7	3,2	1,9	1,2	5,6	1,2	1,4				
	Zn	1,3	1,5	0,7	2,2	4,6	1,6	2,1	2,4	1,8	1,7				
	Mo	22	24	18	7	31,2	28,1	22,4	20,5	20,5	21				
	As	1,3	1,1	1,4	1,4	2,1	1,1	0,9	1,4	1,4	1,5				
	Sb	1,2	1,3	0,7	1,4	5,4	1,4	1,2	1,8	1,9	1,8				
	Grupo del platino	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5				
Total 2	201,4	191,9	184,4	199,2	163,2	245,4	213,5	209,1	191,5	214,2					
Total 1 + Total 2	250,2	244,2	228,9	252,7	227,2	299,6	266,4	245,3	245,4	267,7					
Generación del precipitado	Ocurrió	Ocurrió	Ocurrió	Ocurrió	Ocurrió	Ocurrió	Ocurrió	Ocurrió	Ocurrió	Ocurrió	Ocurrió				
Incremento de la resistencia celular	Ocurrió	Ocurrió	Ocurrió	Ocurrió	Ocurrió	Ocurrió	Ocurrió	Ocurrió	Ocurrió	Ocurrió	Ocurrió				
Generación de hidrógeno	No ocurrió	No ocurrió	No ocurrió	No ocurrió	No ocurrió	No ocurrió	No ocurrió	No ocurrió	No ocurrió	No ocurrió	No ocurrió				

*Los valores en la Tabla se dan en unidades de masa en ppm

La Tabla VII y la Tabla VIII indican que, cuando el total de impurezas de iones de elementos es 224,5 ppm en masa o menos, la generación del precipitado y la generación de hidrógeno puede suprimirse. En particular, la Tabla VII indica que uno o ambos de los siguientes pueden satisfacerse: la concentración total de iones de elementos del grupo del hierro es 50 ppm en masa o menos y la concentración de iones de elementos de grupos no de hierro es 185 ppm en masa o menos; o uno o ambos de los siguientes pueden satisfacerse: la concentración total de iones de elementos de del grupo del hierro es 45 ppm en masa o menos y la concentración total de iones de elementos de grupos no de hierro es 160 ppm en masa o menos.

«Clasificación 4»

La Tabla IX a continuación describe resultados de casos donde los iones de elementos en un grupo constituido por iones de elementos del grupo platino y las impurezas de los iones de elementos que contribuyen a la generación del precipitado se clasificaron en iones de elementos del grupo 9, iones de elementos del grupo 10 e iones de elemento de otro grupo.

[Tabla IX]

		Ejemplo de prueba		
		1-1	1-2	1-3
Grupo 9	Co	1,5	1,8	3,5
	Rh	0,9	0,9	1,2
	Ir	0,5	0,8	1,2
	Total 1	2,9	3,5	5,9
Grupo 10	Ni	1	4,4	6,1
	Pd	0,8	0,5	1,1
	Pt	0,4	0,7	1,5
	Total 2	2,2	5,6	8,7
Otros grupos	Na	25,1	28,1	31,5
	Mg	18,9	17,5	22,4
	Al	11,4	14,1	17,5
	Cl	18,5	19	24,5
	K	19	15,5	21,8
	Ca	16,5	20,5	34,8
	Cr	9,5	8,5	11,4
	Mn	0,8	0,8	1,2
	Fe	32,5	38	42,5
	Cu	0,5	0,9	1,5
	Zn	0,7	0,7	1,8
	As	0,9	0,8	2,1
	Mo	19	14,5	22,4
	Sb	0,9	0,6	1,2
Total 3	174,2	179,5	236,6	
Total 1 + Total 2 + Total 3		179,3	188,6	251,2
Generación del precipitado		No ocurrió	No ocurrió	Ocurrió
Incremento de la resistencia celular		No ocurrió	No ocurrió	Ocurrió
Generación de hidrógeno		No ocurrió	No ocurrió	Ocurrió

* Los valores en la Tabla se dan en unidades de masa en ppm

La Tabla IX indica que, cuando el total de impurezas de iones de elementos es 224,5 ppm en masa o menos, la generación del precipitado y la generación de hidrógeno puede suprimirse. En este caso, cuando los iones de elementos en un grupo constituido por iones de elementos del grupo del platino y las impurezas de iones de elementos que contribuyen a la generación del precipitado se clasifican en iones de elementos del grupo 9, iones de elementos del grupo 10 e iones de elementos de otro grupo, al menos uno de los siguientes puede satisfacerse: la concentración total de iones de elementos del grupo 9 es 4 ppm en masa o menos, la concentración total de iones de elementos del grupo 10 es 7 ppm en masa o menos y la concentración total de iones de elementos de otro grupo es 190 ppm en masa o menos.

«Clasificación 5»

La Tabla X y la Tabla XI describen a continuación resultados de casos donde iones de elementos en un grupo constituido por iones de elementos del grupo platino e impurezas de iones de elementos que contribuyen a la generación del precipitado se clasificaron en iones de elementos de material no activo que pertenecen al mismo período como el de los iones de elementos de material activo e iones de elementos que pertenecen a otros períodos. En el presente documento, el valor de los iones de elementos del grupo del platino se ajustaron a 4,5 ppm en masa.

[Tabla X]

		Ejemplo de prueba									
		2-1	2-2	2-3	2-4	2-5	2-6	2-7	2-8	2-9	2-10
En el mismo período que el del material activo	K	15	16	22,7	22,5	12,4	16,6	21,4	21	21,3	11,4
	Ca	26	28	34,6	36,1	24,1	21,7	30,5	31	31,5	31,4
	Cr	8	9	8	5	13,4	12,7	12,4	11,7	13,5	11,5
	Mn	0,8	0,8	0,7	0,5	3,7	2,1	1,5	1,2	2,1	2,3
	Fe	35	38	30	36	45,5	40,5	42,1	41,2	22,4	40,5
	Co	1	1,5	1,2	1,4	4,5	4,2	3,1	2,5	3,1	2,3
	Ni	4	4,2	3,8	4	8,8	5,3	5,5	5,8	5,6	5,4
	Cu	0,7	0,8	0,6	0,6	2,9	3	1,3	1,1	1,3	1,3
	Zn	0,5	0,7	0,6	0,6	2,4	1,8	1,2	2,1	1,4	1,8
	As	0,8	0,8	1,5	1,8	2	1,5	0,7	0,6	1,3	2,1
	Total 1	91,8	99,8	103,7	108,5	119,7	109,4	119,7	118,2	103,5	110
	Na	20	27	34,5	31	19,8	26,5	31	30,5	31	28,1
	Mg	15	18	21,4	23,5	13,7	16,8	21,2	22	20,5	13,4
	Al	10	13	15,8	16	12,5	13,2	16,1	16,6	16,7	14,2
En otros períodos	Cl	15	18	23	21	25	22,2	4,8	4	20,5	21,6
	Mo	16	18	15	16	21,9	23	21,8	20,5	21,5	20,7
	Sb	0,8	0,9	0,7	0,8	2,4	1,2	1,5	1,8	1,8	2
	Grupo del platino	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5
	Total 2	81,3	99,4	114,9	112,8	99,8	107,4	100,9	99,9	116,5	104,5
Total 1 + Total 2		173,1	199,2	218,6	221,3	219,5	216,8	220,6	218,1	220	214,5
Generación del precipitado		No ocurrió	No ocurrió	No ocurrió	No ocurrió	No ocurrió	No ocurrió	No ocurrió	No ocurrió	No ocurrió	No ocurrió
Incremento de la resistencia celular		No ocurrió	No ocurrió	No ocurrió	No ocurrió	No ocurrió	No ocurrió	No ocurrió	No ocurrió	No ocurrió	No ocurrió
Generación de hidrógeno		No ocurrió	No ocurrió	No ocurrió	No ocurrió	No ocurrió	No ocurrió	No ocurrió	No ocurrió	No ocurrió	No ocurrió

* Los valores en la Tabla se dan en unidades de masa en ppm

[Tabla XI]

		Ejemplo de prueba													
		2-11	2-12	2-13	2-14	2-15	2-16	2-17	2-18	2-19	2-20				
En el mismo período que el del material activo	K	25	21	20,6	22,4	14,6	34,5	25,5	27,9	22,4	22,8				
	Ca	34,8	31,5	31,8	31,9	22,2	31,7	31,4	35,4	41,7	42,4				
	Cr	13	11,3	9	16	11,3	11,5	32	11,5	14,2	15,1				
	Mn	2	3	0,5	4,1	2,4	2,5	2,4	2,4	1,2	2,1				
	Fe	41	43	39	42	50,5	44,2	43,4	28,7	45,4	45				
	Co	2,3	3	1	3,5	3,8	3	2,4	2,4	2,4	2,3				
	Ni	5,5	6,3	4,5	8	9,7	7	7,1	5,1	6,1	6,2				
	Cu	1,5	2	0,8	1,7	3,2	1,9	1,2	5,6	1,2	1,4				
	Zn	1,3	1,5	0,7	2,2	4,6	1,6	2,1	2,4	1,8	1,7				
	As	1,3	1,1	1,4	1,4	2,1	1,1	0,9	1,4	1,4	1,5				
	Total 1	127,7	123,7	109,3	133,2	124,4	139	148,4	121,6	138,7	140,6				
	Na	31,9	31,5	33,5	37,4	15,7	41,2	31,9	34	10,4	31				
	Mg	22,4	22,2	22,5	28,1	10,2	35,5	22,7	21,7	22	21,5				
	Al	18,5	16,5	16,4	16,5	11,8	28,9	16,8	16,8	19,4	19,8				
Cl	22	20,5	24	24,6	24	21	18,5	24,4	28	27,5					
Mo	22	24	18	7	31,2	28,1	22,4	20,5	20,5	21					
Sb	1,2	1,3	0,7	1,4	5,4	1,4	1,2	1,8	1,9	1,8					
Grupo del platino	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5					
Total 2	122,5	120,5	119,6	119,5	102,8	160,6	118	123,7	106,7	127,1					
Total 1 + Total 2	250,2	244,2	228,9	252,7	227,2	299,6	266,4	245,3	245,4	267,7					
Generación del precipitado		Ocurrió	Ocurrió	Ocurrió	Ocurrió	Ocurrió	Ocurrió	Ocurrió	Ocurrió	Ocurrió	Ocurrió				
Incremento de la resistencia celular		Ocurrió	Ocurrió	Ocurrió	Ocurrió	Ocurrió	Ocurrió	Ocurrió	Ocurrió	Ocurrió	Ocurrió				
Generación de hidrógeno		No ocurrió	No ocurrió	No ocurrió	No ocurrió	No ocurrió	No ocurrió	No ocurrió	No ocurrió	No ocurrió	No ocurrió				

* Los valores en la Tabla se dan en unidades de masa en ppm

ES 2 606 456 T3

La Tabla X y la Tabla XI indican que cuando el total de impurezas iones de elementos es 224,5 ppm en masa o menos, puede suprimirse la generación del precipitado y la generación de hidrógeno. En particular, se puede satisfacer al menos uno o ambos de los siguientes: la concentración total de iones de elementos no activos que pertenecen al mismo período que los iones de elementos de material activo es 115 ppm en masa o menos y la concentración total de iones de elementos que pertenecen a otros períodos es 115 ppm en masa o menos; o uno o ambos de los siguientes: la concentración total de iones de elementos no activos que pertenecen al mismo período que los iones de elementos de material activo es 100 ppm en masa o menos y la concentración total de iones de elementos que pertenecen a otros es 100 ppm en masa o menos.

10 Con respecto a las descripciones descritas anteriormente, se divulgan adicionalmente los siguientes artículos.

(Apéndice 1)

15 Un electrolito para una batería de flujo redox, donde una concentración total de impurezas de iones de elementos que contribuyen a la generación del precipitado durante una reacción de batería es 220 ppm en masa o menos, una concentración total de iones de elementos del grupo del platino es 4,5 ppm en masa o menos, y cuando los iones de elementos de metal que contribuyen a la generación del precipitado se clasifican en iones de elementos del grupo del hierro e iones de elementos de grupos no de hierro, a continuación se satisface al menos uno de (a) y (b):

- 20
- (a) una concentración total de iones de elementos del grupo del hierro es 50 ppm en masa o menos, y
 - (b) una concentración total de iones de elementos de grupos no de hierro es 155 ppm en masa o menos.

(Apéndice 2)

25 Un electrolito para una batería de flujo redox, donde una concentración total de impurezas de iones de elementos que contribuyen a la generación del precipitado durante una reacción de batería es 220 ppm en masa o menos, una concentración total de iones de elementos del grupo del platino es 4,5 ppm en masa o menos, y cuando los iones de elementos en un grupo constituido por iones de elementos del grupo platino e impurezas de iones de elementos que contribuyen a la generación del precipitado se clasifican en iones de elementos del grupo del hierro e iones de elementos distintos de iones de elementos del grupo del hierro en el grupo, a continuación se satisface de (c) y (d):

- 30
- (c) una concentración total de iones de elementos del grupo del hierro es 50 ppm en masa o menos, y
 - (d) una concentración de iones de elementos distintos de iones de elementos del grupo del hierro en el que el grupo constituido por iones de elementos del grupo del platino e impurezas de iones de elementos que contribuyen a la generación del precipitado es 185 ppm en masa o menos.

(Apéndice 3)

40 Un electrolito para una batería de flujo redox, donde una concentración total de impurezas de iones de elementos que contribuyen a la generación del precipitado durante una reacción de batería es 220 ppm en masa o menos, una concentración de iones de elementos del grupo del platino es 4,5 ppm en masa o menos, y cuando los iones de elementos en un grupo constituido por iones de elementos del grupo platino e impurezas de iones de elementos que contribuyen a la generación del precipitado se clasifican en iones de elementos que pertenecen al grupo 9, iones de elementos que pertenecen al grupo 10 e iones de elementos distintos de los iones de elementos que pertenecen al grupo 10 e iones de elementos que pertenecen al grupo 10, al menos uno de (e) a (g) se satisface a continuación:

- 45
- (e) una concentración total de los iones de elementos que pertenecen al grupo 9 es 4 ppm en masa o menos,
 - (f) una concentración total de los iones de elementos que pertenecen al grupo 10 es 7 ppm en masa o menos, y
 - (g) una concentración total de iones de elementos distintos de los iones de elementos que pertenecen al grupo 9 y de los iones de elementos que pertenecen al grupo 10 es 190 ppm en masa o menos.

55 (Apéndice 4)

Un electrolito para una batería de flujo redox, donde una concentración total de impurezas de iones de elementos que contribuyen a la generación del precipitado durante una reacción de batería es 220 ppm en masa o menos, una concentración total de iones de elementos del grupo platino es 4,5 ppm en masa o menos, y cuando los iones de elementos en un grupo constituido por iones de elementos del grupo platino e impurezas de iones de elementos que contribuyen a la generación del precipitado se clasifican en iones de elementos de material no activo que pertenecen al mismo período como el de los iones de elementos de material activo e iones de elementos que pertenecen a otros períodos, al menos uno de (h) y (i) se satisface a continuación:

- 60
- (h) una concentración total de iones de elementos de material no activo que pertenecen al mismo período como el de iones de elementos de material activo es 115 ppm en masa o menos, y

(i) una concentración total de los iones de elementos que pertenecen a otros períodos es 115 ppm en masa o menos.

Aplicabilidad industrial

5 Un electrolito para una batería de flujo redox de acuerdo con la presente invención puede usarse adecuadamente como un electrolito de una batería de flujo redox, que es una batería secundaria. Una batería de flujo redox de acuerdo con la presente invención puede usarse adecuadamente como una batería para el nivelado de carga o para el combamiento de la tensión y la prevención de la falta de energía.

10 Lista de signos de referencia

1	batería de flujo redox (batería RF)
100	celda de batería
101	membrana
102	celda de electrodo positivo
103	celda de electrodo negativo
104	electrodo positivo
105	electrodo negativo
106	tanque de electrodo positivo
107	tanque de electrodo negativo
108 a 111	conductos
112, 113	bombas

REIVINDICACIONES

1. Una batería de flujo redox que comprende un electrolito, que comprende el electrolito iones de vanadio como un material activo, donde una concentración total de impurezas de iones de elementos que contribuyen a la generación del precipitado durante una reacción de batería es 220 ppm en masa o menos, la impureza de los iones de elementos que contribuyen a la generación del precipitado incluyen iones de elementos de metal y una concentración total de iones de elementos de metal es 195 ppm en masa o menos, y una concentración total de iones de elemento del grupo del platino es 4,5 ppm en masa o menos.
2. La batería de flujo redox de acuerdo con la Reivindicación 1, donde los iones de elementos de metal incluyen iones de elemento de metal pesado y una concentración total de los iones de elementos de metal pasado es 85 ppm en masa o menos.
3. La batería de flujo redox de acuerdo con la Reivindicación 1, donde los iones de elementos de metal incluyen iones de elementos de metal ligero y una concentración total de de los iones de elementos de metal ligero es 120 ppm en masa o menos.
4. La batería de flujo redox de acuerdo con la Reivindicación 1, donde los iones de elementos de metal incluyen iones de elementos de metal pesado e iones de elementos de metal ligero, una concentración total de iones de elementos de metal pesado es 85 ppm en masa o menos y una concentración total de iones de elementos de metal ligero es 120 ppm en masa o menos.
5. La batería de flujo redox de acuerdo con La Reivindicación 2 o 4, donde los iones de elementos de metal pesado satisfacen al menos uno de (1) a (9) a continuación, en términos de concentración:
- (1) una concentración de iones de cromo es 10 ppm en masa o menos,
 - (2) una concentración de iones de manganeso es 1 ppm en masa o menos,
 - (3) una concentración de iones de hierro es 40 ppm en masa o menos,
 - (4) una concentración de iones de cobalto es 2 ppm en masa o menos,
 - (5) una concentración de iones de níquel es 5 ppm en masa o menos,
 - (6) una concentración de iones de cobre es 1 ppm en masa o menos,
 - (7) una concentración de iones de cinc es 1 ppm en masa o menos,
 - (8) una concentración de iones de molibdeno es 20 ppm en masa o menos, y
 - (9) una concentración de iones de antimonio es 1 ppm en masa o menos.
6. La batería de flujo redox de acuerdo con la Reivindicación 3 o 4, donde los iones de elementos de metal ligero satisfacen al menos uno de (10) a (14) a continuación, en términos de concentración:
- (10) una concentración de iones de sodio es 30 ppm en masa o menos,
 - (11) una concentración de iones de magnesio es 20 ppm en masa o menos,
 - (12) una concentración de iones de aluminio es 15 ppm en masa o menos,
 - (13) una concentración de iones de potasio es 20 ppm en masa o menos, y
 - (14) una concentración de iones de calcio es 30 ppm en masa o menos.
7. La batería de flujo redox de acuerdo con la Reivindicación 1, donde las impurezas de iones de elementos que contribuyen a la generación del precipitado incluyen iones de elementos no metálicos, y los iones de elementos no metálicos satisfacen al menos uno de (15) y (16) a continuación en términos de concentración:
- (15) una concentración de iones de cloruro es 20 ppm en masa o menos, y
 - (16) una concentración de iones de arsénico es 1 ppm en masa o menos.
8. La batería de flujo redox de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, donde los iones de elementos del grupo del platino satisfacen al menos uno de (17) a (20) a continuación en términos de concentración:
- (17) una concentración de iones de rodio es 1 ppm en masa o menos,
 - (18) una concentración de iones de paladio es 1 ppm en masa o menos,
 - (19) una concentración de iones de iridio es 1 ppm en masa o menos, y
 - (20) una concentración de iones de platino es 1 ppm en masa o menos.
9. La batería de flujo redox de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, donde una concentración de iones de vanadio es 1 mol/l o más 3 mol/l o menos, una concentración de ácido sulfúrico libre es 1 mol/l o más y 4 mol/l o menos, una concentración de ácido fosfórico es $1,0 \times 10^{-4}$ mol/l o más y $7,1 \times 10^{-1}$ mol/l o menso, una concentración de amonio es 20 ppm en masa o menos, y una concentración de silicio es 40 ppm en masa o menos.

10. Uso de un electrolito en una batería de flujo redox, que comprende el electrolito iones de vanadio como un material activo, donde una concentración total de impurezas de iones de elementos que contribuyen a la generación del precipitado durante una reacción de batería es 220 ppm en masa o menos, la impureza de los iones de elementos que contribuyen a la generación del precipitado incluyen iones de elementos de metal y una concentración total de los 5 iones de elementos de metal es 195 ppm en masa o menos, y una concentración de iones de elementos del grupo del platino es 4,5 ppm en masa o menos.
11. El uso de acuerdo con la Reivindicación 10, donde los iones de elementos de metal incluyen iones de elementos de metal pesado y una concentración total de iones de elementos de metal pesado es 85 ppm en masa o menos. 10
12. El uso de acuerdo con la Reivindicación 10, donde los iones de elementos de metal incluyen iones de elementos de metal ligeros y una concentración total de los iones de elementos de metal ligero es 120 ppm en masa o menos.
13. El uso de acuerdo con la Reivindicación 10, 15 donde los iones de elementos de metal incluyen iones de elementos de metal pesado e iones de elementos de metal ligeros, una concentración total de los iones de metal pesado es 85 ppm en masa o menos y una concentración total de los iones de elementos de metal ligero es 120 ppm en masa o menos.
- 20 14. El uso de acuerdo con Reivindicación 11 o 13, donde los iones de elementos de metal pesado satisfacen al menos uno de (1) a (9) a continuación en términos de concentración:
- (1) una concentración de iones de cromo es 10 ppm en masa o menos,
 - (2) una concentración de iones de manganeso es 1 ppm en masa o menos,
 - 25 (3) una concentración de iones de hierro es 40 ppm en masa o menos,
 - (4) una concentración de iones de cobalto es 2 ppm en masa o menos,
 - (5) una concentración de iones de níquel es 5 ppm en masa o menos,
 - (6) una concentración de iones de cobre es 1 ppm en masa o menos,
 - 30 (7) una concentración de iones de cinc es 1 ppm en masa o menos,
 - (8) una concentración de iones de molibdeno es 20 ppm en masa o menos, y
 - (9) una concentración de iones de antimonio es 1 ppm en masa o menos.
15. El uso de acuerdo con la Reivindicación 12 o 13, donde los iones de elementos de metal ligero satisfacen al menos uno de (10) a (14) a continuación en términos de concentración: 35
- (10) una concentración de iones de sodio es 30 ppm en masa o menos,
 - (11) una concentración de iones de magnesio es 20 ppm en masa o menos,
 - (12) una concentración de iones de aluminio es 15 ppm en masa o menos,
 - (13) una concentración de iones de potasio es 20 ppm en masa o menos, y
 - 40 (14) una concentración de iones de calcio es 30 ppm en masa o menos.
16. El uso de acuerdo con la Reivindicación 10, donde las impurezas de iones de elementos que contribuyen a la generación del precipitado incluyen iones de elementos no metálicos y los iones de elementos no metálicos satisfacen al menos uno de (15) y (16) a continuación en términos de concentración: 45
- (15) una concentración de iones de cloruro es 20 ppm en masa o menos, y
 - (16) una concentración de iones de arsénico es 1 ppm en masa o menos.
17. El uso de acuerdo con una cualquiera de las Reivindicaciones 10 a 16, donde los iones de elementos de grupos del platino satisfacen al menos uno de (17) a (20) a continuación en términos de concentración: 50
- (17) una concentración de iones de rodio es 1 ppm en masa o menos,
 - (18) una concentración de iones de paladio es 1 ppm en masa o menos,
 - (19) una concentración de iones de iridio es 1 ppm en masa o menos, y
 - 55 (20) una concentración de iones de platino es 1 ppm en masa o menos.
18. El uso de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 10 a 17, donde una concentración de iones de vanadio es 1 mol/l o más y 3 mol/l o menos, una concentración de ácido sulfúrico libre 1 mol/l o más y 4 mol/l o menos, una concentración de ácido fosfórico es $1,0 \times 10^{-4}$ mol/l o más y $7,1 \times 10^{-1}$ mol/l o menos, una concentración de amonio es 20 ppm en masa o menos y una concentración de silicio es 40 ppm en masa o menos. 60

FIG. 1

