

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 963 024**

51 Int. Cl.:

H01M 8/04082 (2006.01)

H01M 8/0432 (2006.01)

H01M 8/24 (2006.01)

H01M 8/18 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **07.04.2021** **PCT/EP2021/058989**

87 Fecha y número de publicación internacional: **10.02.2022** **WO22028743**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **07.04.2021** **E 21718077 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **30.08.2023** **EP 4189761**

54 Título: **Batería de flujo redox con un dispositivo de medición**

30 Prioridad:

03.08.2020 DE 102020120428

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

22.03.2024

73 Titular/es:

VOITH PATENT GMBH (100.0%)
St. Pöltener Straße 43
89522 Heidenheim, DE

72 Inventor/es:

LÜTH, THOMAS y
KRÜGER, KLAUS

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 963 024 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 con un dispositivo de medición

5 La invención se refiere a una batería de flujo redox con un dispositivo de medición para la determinación de una propiedad del electrolito. En este caso se trata especialmente, pero no exclusivamente, de la determinación de un potencial de electrodo. Aquí, la batería puede funcionar sola o como parte de un sistema de baterías. Un sistema de baterías de este tipo se compone, por ejemplo, de una conexión en serie de varias baterías de flujo redox (cadena de baterías).

10 Una batería de flujo redox comprende un conjunto de celdas, es decir, un conjunto de una pluralidad de celdas de flujo redox, y un dispositivo de depósito, para el almacenamiento de electrolito, con al menos dos depósitos, almacenando un primer depósito electrolito negativo y almacenando un segundo depósito electrolito positivo. Durante el funcionamiento de la batería, se bombea electrolito negativo y positivo a través de las celdas en dos circuitos separados. Con esta finalidad se prevén dos impulsores de bomba, elementos para el accionamiento de los impulsores de bomba y las tuberías correspondientes. Para la determinación del estado de carga (SoC - State of Charge), una
15 batería de flujo redox comprende un dispositivo de medición para determinar la tensión en circuito abierto (open circuit voltage - OCV). En este caso se trata de una celda electroquímica con cámaras para electrolitos positivos y negativos separadas por una membrana. En las cámaras están dispuestos los electrodos, cuya tensión se puede medir como magnitud de medida. Además, una batería de flujo redox como ésta puede comprender otras celdas electroquímicas construidas de forma similar a las celdas para la determinación de la tensión en circuito abierto. Sin embargo, en las
20 celdas adicionales una de las cámaras se llena con un electrolito de referencia y la otra cámara se llena con un electrolito negativo o positivo. Estas celdas también se denominan celdas de referencia y sirven para detectar un desplazamiento en el electrolito de la batería. El documento WO 2018/237181 A1 revela una batería de flujo redox con OCV y celda de referencia. El documento WO 2012/020277 A1 revela una batería de flujo redox con una celda OCV, revelando el documento WO 2012/020277 A1 detalles para la incorporación de la celda OCV en la batería.

25 Los inventores se han propuesto el objetivo de crear una batería de flujo redox que sea de construcción más sencilla o que pueda diseñarse de forma más flexible que las baterías de flujo redox convencionales.

Según la invención, la tarea se resuelve mediante una realización de acuerdo con la reivindicación independiente de dispositivo. En las reivindicaciones dependientes se pueden encontrar otras formas de realización ventajosas de la presente invención.

30 Las soluciones según la invención se explican a continuación a la vista de las figuras. Las figuras muestran en detalle:
Figura 1 Batería de flujo redox.

Figura 2 Dispositivos de medición de una batería de flujo redox.

Figura 3 Celda de medición según la invención en una primera forma de realización.

Figura 4 Celda de medición según la invención en otra forma de realización.

35 Figura 5 Celda de medición según la invención en otra forma de realización.

La figura 1 muestra una batería de flujo redox identificada con la referencia 1. La batería comprende un conjunto de celdas identificado con la referencia 2 y un dispositivo de depósito identificado con la referencia 3. En el caso del conjunto de celdas 2 se trata de un conjunto de una pluralidad de celdas de flujo redox que pueden disponerse de la manera que se desee. Por ejemplo, también podría tratarse de una pila de una sola celda, de una conexión en serie
40 de varias pilas, de una conexión en paralelo de varias pilas o de una combinación de conexión en serie y en paralelo de varias pilas. El dispositivo de depósito 3 sirve para almacenar el electrolito y para suministrar el electrolito al conjunto de celdas 2. Para ello, el dispositivo de depósito 3 comprende al menos dos depósitos para electrolito negativo y positivo, un sistema de tuberías para conectar los depósitos al conjunto de celdas 2 e impulsores de bomba para transportar el electrolito, a fin de formar un circuito de electrolito respectivamente. La batería 1 comprende además un
45 dispositivo de medición, para determinar la así llamada tensión en circuito abierto (open circuit voltage - OCV), identificado con el número de referencia 4. El valor OCV es una medida para el estado de carga (SoC - State of Charge) del módulo de batería. En general, la batería 1 comprende un dispositivo de medición 4 para determinar una propiedad del electrolito. En este caso, la figura 1 muestra de forma puramente esquemática la disposición del dispositivo de medición 4 dentro de la batería.

50 La figura 2 muestra dos formas de realización de un dispositivo de medición 4 de este tipo. La forma de realización representada en la parte superior comprende una celda de medición identificada con la referencia 4.1. La celda de medición 4.1 está dividida en dos cámaras por una membrana o un separador. En cada cámara se dispone respectivamente un electrodo. Entre los dos electrodos se puede medir la tensión en circuito abierto. La celda de medición comprende cuatro conexiones, desembocando respectivamente dos conexiones a cada una de las dos
55 cámaras. Una cámara está destinada para la recepción del electrolito negativo, previéndose una conexión para la aportación y una conexión para la descarga del electrolito negativo. La otra cámara está destinada para la recepción del electrolito positivo, previéndose una conexión para la aportación y una conexión para la descarga del electrolito positivo. Esta opción se ilustra en la figura 2 mediante las flechas que indican la entrada y la salida de electrolito.

La forma de realización representada en la parte inferior de la figura 2 comprende dos celdas de medición diseñadas como celdas de referencia e identificadas con las referencias 4.2 y 4.3. Cada una de las celdas de medición está dividida en dos cámaras por una membrana o un separador y en cada cámara se dispone respectivamente un electrodo. Una cámara de cada una de las celdas de medición 4.2 y 4.3 está prevista para la recepción de un líquido de referencia o de una sustancia de referencia. Este último caso especial se tratará en detalle más adelante. Es decir, los siguientes pasajes se refieren a celdas de referencia con un líquido de referencia. Sin embargo, esto no debe entenderse como una restricción a un líquido. Estas cámaras están identificadas con la referencia 4.4. Las cámaras 4.4 para la recepción del líquido de referencia pueden estar cerradas, es decir, las conexiones mostradas en la figura se cierran después del llenado con el líquido de referencia. Las cámaras 4.4 también pueden interconectarse entre sí, como se indica mediante la línea discontinua inferior. También pueden preverse elementos a través de los cuales se introduce cada cierto tiempo líquido de referencia nuevo en las cámaras 4.4, extrayéndose el líquido de referencia gastado de las cámaras 4.4. Las dos cámaras restantes tienen respectivamente dos conexiones, estando una de estas cámaras prevista para la recepción de electrolito negativo y estando una conexión prevista para el suministro y una conexión para la descarga de electrolito negativo. La otra cámara está prevista para la recepción de electrolito positivo, previéndose una conexión para el suministro y una conexión para la descarga de electrolito positivo. Los electrodos de las cámaras previstas para la recepción del líquido de referencia pueden conectarse entre sí, como se representa en la figura 2 mediante líneas discontinuas, de manera que la tensión en circuito abierto pueda medirse directamente entre los electrodos restantes. Alternativamente puede suprimirse la conexión representada de los electrodos centrales y medirse respectivamente una tensión parcial de cada celda entre los dos electrodos. En tal caso, la tensión en circuito abierto resulta de la suma de las dos tensiones parciales. Si las dos tensiones parciales se desvían de los valores de referencia predefinidos, puede deducirse de las desviaciones la presencia de un desplazamiento en el electrolito de la batería. Un desplazamiento como éste puede deberse a una oxidación del vanadio, a otras reacciones químicas secundarias o al "cruce" en las membranas de las pilas. Gracias a la posibilidad de detectar un desplazamiento como éste, la forma de realización representada en la parte inferior de la figura 2 resulta especialmente ventajosa.

El "cruce" también puede producirse en la propia celda de referencia. Para reducir este efecto no deseado resulta ventajoso que el líquido de referencia presente la mayor viscosidad posible. Por este motivo, como líquido de referencia puede utilizarse ventajosamente un así llamado "gelled electrolyte" (es decir, un electrolito gelificado) descrito en el documento WO 02/11227 A1. En las baterías de flujo redox basadas en vanadio se suele utilizar el electrolito V^{3+}/V^{4+} .

Otra forma de realización de una celda de referencia consiste en utilizar, en lugar de un electrodo convencional y de un líquido de referencia, un alambre de platino dispuesto en la cámara correspondiente que se coloca en las proximidades de la membrana o del separador y a través del cual fluye una corriente durante la medición. Además del platino, también puede utilizarse cloruro de plata-plata como material para un alambre de este tipo.

Otra forma de realización de una celda de referencia se basa en un principio de medición completamente diferente. Aquí, la celda de referencia se compone de una única cámara estrecha o de un espacio estrecho a través del cual fluye el electrolito. En tal caso, la medición de la propiedad del electrolito no se realiza eléctricamente con la ayuda de un electrodo, sino ópticamente examinándose espectroscópicamente la película de electrolito. Se pueden encontrar más detalles, por ejemplo, en el artículo "A review on the electrolyte imbalance in vanadium redox flow batteries" de Tossaporn Jirabovornwisut, Amornchai Arpornwicheanop publicado en el International Journal of Hydrogen Energy 44 (2019), páginas 24485-24509 a partir del apartado "U-vis spectroscopic measurement" en la página 24497.

Todas las formas de realización tienen en común que el dispositivo de medición 4 para determinar una propiedad del electrolito comprende al menos una celda de medición y al menos dos conexiones, previéndose una conexión para la aportación de electrolito y una conexión para la descarga de electrolito. En este caso está claro que las conexiones están configuradas para suministrar un flujo de electrolito a la al menos una celda de medición o cámara de la celda de medición.

Si el dispositivo de medición 4 comprende sólo una celda de medición para determinar la tensión en circuito abierto, como se representa en la parte superior de la figura 2, esta celda de medición también se denomina en adelante celda OCV. Dos celdas de referencia pueden formar juntas un dispositivo de medición OCV, como se indica en la parte inferior de la figura 2.

En las formas de realización representadas en la figura 2, una batería según la invención comprende al menos una celda de medición, comprendiendo la celda de medición una membrana y dos cámaras, previéndose al menos una cámara para la recepción de electrolito y comprendiendo la celda de medición al menos una conexión para la aportación de electrolito y al menos una conexión para la descarga de electrolito.

Para que un dispositivo de medición 4 pueda determinar de forma fiable la propiedad actual del electrolito, la cámara debe alimentarse o las cámaras deben alimentarse con electrolito nuevo. Esta operación se consigue integrando el dispositivo de medición en el circuito de electrolito de la batería. En las baterías convencionales, las conexiones para la aportación y la descarga de electrolito se conectan a puntos del circuito de electrolito que presentan una diferencia de presión tal que el electrolito puede fluir por las cámaras del dispositivo de medición 4. Los puntos de ramificación adecuados con una alta presión se encuentran en los conductos que se extienden desde el lado de presión de los impulsores de bomba hasta el conjunto de celdas. Los puntos de ramificación adecuados con una baja presión se encuentran en los conductos que se extienden desde los depósitos hasta el lado de succión de los impulsores de bomba o desde el conjunto de celdas hasta los depósitos. La baja presión también está presente en la parte superior

de los propios depósitos, de manera que las conexiones para la descarga del electrolito del dispositivo de medición 4 también puedan conectarse a esta parte de los depósitos. En las baterías convencionales se suele utilizar esta última opción. De lo anteriormente dicho se deduce que en las baterías convencionales se requieren algunos conductos y piezas de derivación para suministrar electrolito a las celdas de medición, lo que conlleva que la batería sea compleja, aumentando, por lo tanto, el riesgo de fugas de electrolito.

Por este motivo, los inventores se han planteado el objetivo de diseñar la conexión del dispositivo de medición al circuito de electrolito de manera que se eviten los inconvenientes citados.

La figura 3 muestra en una representación esquemática la estructura básica de un dispositivo de medición según la invención en el ejemplo de una celda de referencia 4.2 con una cámara de referencia cerrada 4.4. Para una mayor claridad, en este caso no se representan los electrodos. Además de la celda de referencia 4.2, la celda de medición según la invención comprende un elemento de conexión identificado con la referencia 5. El elemento de conexión 5 comprende un canal identificado con la referencia 5.1. El canal 5.1 comprende una primera sección, identificada con la referencia 5.1.1, y una segunda sección identificada con la referencia 5.1.2. En este caso, la sección transversal de la primera sección 5.1.1 es menor que la sección transversal de la segunda sección 5.1.2. La conexión para la descarga de electrolito de la celda de referencia 4.2 está conectada a la primera sección 5.1.1. La conexión para la aportación de electrolito de la celda de referencia 4.2 está conectada a la segunda sección 5.1.2. El elemento de conexión 5 está conectado al circuito de electrolito de manera que, cuando el electrolito circula por el circuito de electrolito, éste fluya a través del canal 5.1. En la figura 3 este flujo de electrolito se indica mediante las flechas verticales. Debido al efecto Bernoulli, en la primera sección 5.1.1 se genera una presión que es inferior a la presión existente en la segunda sección 5.1.2. El resultado es un flujo de electrolito a través de la cámara izquierda de la celda de referencia 4.2, indicado mediante las flechas horizontales. La disposición según la invención permite una integración de la celda de medición en cualquier punto del circuito de electrolito, dado que la propia disposición genera el salto de presión necesario para el flujo de electrolito a través de la cámara correspondiente de la celda de medición. También hay que hacer constar que la dirección del flujo a través de la cámara es independiente de la dirección del flujo en el canal 5.1, es decir, con respecto a la figura 3, si se invierten las flechas verticales, la dirección de las flechas horizontales sigue siendo la misma.

La figura 4 muestra en una representación esquemática la estructura básica de un dispositivo de medición según la invención en el ejemplo de una celda OCV 4.1. Dado que el electrolito debe fluir a través de ambas cámaras de la celda OCV, la celda de medición según la invención comprende, según la figura 4, otro elemento de conexión 5 que está construido, dispuesto y conectado a la cámara derecha de la celda OCV 4.1 del mismo modo que el elemento de conexión 5 descrito en la figura 3.

Opcionalmente, uno o varios o todos los conductos de conexión entre las cámaras y la primera y la segunda sección 5.1.1 y 5.1.2 del canal 5.1 pueden contener válvulas de cierre. La figura 3 muestra estas válvulas de cierre, identificándose una de ellas con la referencia 8. Con la ayuda de estas válvulas puede impedirse el flujo de electrolito a través de las cámaras correspondientes. Esta posibilidad puede resultar ventajosa para permitir un flujo de electrolito a través de las cámaras sólo si se necesitan los valores de medición de la celda de medición en cuestión. De este modo se puede minimizar el "cruce" en la celda de referencia.

Una batería según la invención puede comprender las siguientes combinaciones de celdas de medición:

- una celda de referencia,
- una celda OCV,
- una celda OCV y una celda de referencia,
- dos celdas de referencia que forman un dispositivo de medición OCV,
- una celda OCV y dos celdas de referencia.

Además, pueden preverse otras celdas de medición diseñadas de forma redundante. En cualquier caso, la ventaja según la invención ya se obtiene si sólo se construye una de las celdas de referencia existentes según la figura 3 o si sólo se construye uno de los lados de una celda OCV existente según la figura 4. Naturalmente, la ventaja según la invención es mayor si todas las celdas de medición existentes se construyen según las figuras 3 o 4.

En las figuras 3 y 4, el contorno de la zona estrangulada en el canal 5.1 se representa respectivamente de forma simétrica con respecto al punto más estrecho. Este contorno también puede desarrollarse asimétricamente, por ejemplo, estrechándose el canal, visto en la dirección de flujo del electrolito, a lo largo de una sección que es más corta que la sección a lo largo de la cual el canal se ensancha de nuevo después del punto más estrecho. Si esta así llamada sección estabilizadora después del punto más estrecho del canal se elige lo suficientemente larga, la pérdida de presión causada por la zona estrangulada puede mantenerse muy baja, de manera que las pérdidas asociadas también sean muy reducidas.

Resulta especialmente ventajoso que las respectivas celdas de medición construidas según la invención formen, junto con el elemento de conexión o los elementos de conexión, una unidad estructural, de manera que las cámaras, la membrana o las membranas, el canal o los canales y los conductos de conexión entre las cámaras y los canales se incorporen en esta única unidad estructural. Esta unidad estructural puede fabricarse, por ejemplo, mediante

tecnología de moldeo por inyección, componiéndose la unidad estructural preferiblemente de plástico. Otra posibilidad de fabricación consiste en que la unidad estructural citada comprenda dos o más componentes de plástico, en los que las cámaras, los canales y los conductos de conexión se incorporan por medio de rebajos correspondientes. A continuación, las cámaras, los canales y los conductos de conexión se forman mediante el ensamblado de los componentes. Los rebajos pueden crearse, por ejemplo, mediante fresado. En este caso, el ensamblaje puede realizarse mediante atornillado, pegado o soldadura. En caso de atornillado, deben preverse, en su caso, juntas. La disposición en varias partes puede resultar especialmente ventajosa si una cámara de la celda de medición se prevé en uno de los componentes y la otra cámara de la celda de medición se sitúa en otro componente, de manera que la membrana quede sujeta entre estos dos componentes. En su caso, deberán preverse juntas en el punto de apriete. Alternativamente, la unidad estructural también puede fabricarse mediante un procedimiento de fabricación aditivo. Naturalmente, los métodos de fabricación mencionados también pueden combinarse, por ejemplo, fabricándose una parte de los componentes mediante tecnología de fundición y creándose otra parte de los componentes mediante fresado.

Los sensores pueden integrarse ventajosamente en la unidad estructural. En este caso puede tratarse, por ejemplo, de sensores de presión o de temperatura. Los sensores de temperatura son de especial importancia, dado que la temperatura tiene una influencia significativa en el potencial determinado a partir de la ecuación de Nernst.

Para conectar el elemento de conexión o los elementos de conexión al circuito de electrolito pueden preverse bridas o manguitos de empalme. Éstos pueden integrarse ventajosamente en la unidad estructural.

Resulta otra forma de realización ventajosa si la disposición de los conductos de conexión junto con la celda OCV se configura de manera que se autoventile. Por ejemplo, los conductos de conexión se pueden diseñar con una pendiente monótona ascendente en la dirección de flujo del electrolito y/o mediante geometrías adecuadas de la celda OCV. De este modo se facilita la ventilación automática de las celdas de medición.

Resulta una forma de realización especialmente ventajosa si, además del canal, las cámaras y los conductos de suministro, también se integran en la unidad estructural uno o ambos impulsores de bomba de la batería. Así no son necesarias otras piezas de conexión en el circuito de electrolito, por lo que pueden reducirse aún más la complejidad y la propensión a las fugas. En este caso, el canal con el estrechamiento puede preverse tanto en el lado de presión, como también en el lado de succión del impulsor de bomba. En esta forma de realización, la unidad estructural representa, por así decirlo, una cabeza de bomba ampliada, en la que se integran la celda de medición, el elemento de conexión o los elementos de conexión y los conductos de conexión. Con respecto a la fabricación de esta forma de realización se aplica lo anteriormente expuesto.

La figura 5 muestra una forma de realización de este tipo en una representación esquemática, mostrando el rectángulo de líneas discontinuas, identificado con la referencia 6, la unidad estructural. Los impulsores de bomba se indican mediante círculos, uno de los cuales se identifica con la referencia 7. Los impulsores de bomba pueden configurarse ventajosamente de manera que puedan accionarse mediante un motor común. La figura 5 muestra además dos sensores de temperatura integrados en la unidad estructural 6, identificándose uno de ellos con la referencia 9. Los sensores de temperatura 9 están dispuestos ventajosamente de manera que tengan un buen contacto térmico con el electrolito que se encuentra en la celda de medición. Este es el caso, por ejemplo, si los sensores están dispuestos de manera que se encuentren muy cerca de las líneas de alimentación eléctrica que conducen al interior de la celda de medición.

Lista de referencias

- 1 Batería de flujo redox
- 2 Conjunto de celdas
- 3 Dispositivo de depósito
- 4 Dispositivo de medición para la determinación de una propiedad de electrolito
- 4.1 Celda de medición / Celda OCV
- 4.2 Celda de medición / Celda de referencia
- 4.3 Celda de medición / Celda de referencia
- 4.4 Líquido de referencia
- 5 Elemento de conexión
- 5.1 Canal
- 5.1.1 Primera sección del canal
- 5.1.2 Segunda sección del canal
- 6 Unidad estructural

- 7 Impulsor de bomba
- 8 Válvula de cierre
- 9 Sensor de temperatura

REIVINDICACIONES

1. Batería de flujo redox (1) que comprende un conjunto de celdas (2) y un dispositivo de depósito (3) para la recepción de electrolito, comprendiendo el conjunto de celdas (2) una pluralidad de celdas de flujo redox, y comprendiendo el dispositivo de depósito (3) al menos un primer depósito para la recepción de electrolito negativo, al menos un segundo depósito para la recepción de electrolito positivo, un sistema de tuberías para la conexión de los depósitos al conjunto de celdas (2) e impulsores de bomba (7) para el transporte del electrolito, a fin de formar respectivamente un circuito de electrolito, y comprendiendo la batería de flujo redox (1) al menos un dispositivo de medición (4) para la determinación de una propiedad de electrolito con al menos una celda de medición (4.1, 4.2, 4.3), comprendiendo la al menos una celda de medición (4.1, 4.2, 4.3) al menos una conexión para la aportación de electrolito, al menos una conexión para la descarga de electrolito y un elemento de conexión (5) con un canal (5.1) conectado a uno de los circuitos de electrolito de manera que, cuando el electrolito circula por el circuito de electrolito, el electrolito fluya a través del canal (5.1), caracterizado por que el canal (5.1) comprende una primera sección (5.1.1) y una segunda sección (5.1.2), siendo la sección transversal de la primera sección (5.1.1) menor que la sección transversal de la segunda sección (5.1.2) y estando la conexión para la descarga de electrolito conectada a la primera sección (5.1.1) mediante un conducto de conexión y estando la conexión para la aportación de electrolito conectada a la segunda sección (5.1.2) mediante un conducto de conexión.
2. Batería de flujo redox (1) según la reivindicación 1, configurándose la al menos una celda de medición (4.2, 4.3) como celda de referencia.
3. Batería de flujo redox (1) según la reivindicación 1, configurándose la al menos una celda de medición (4.2, 4.3) como celda OCV.
4. Batería de flujo redox (1) según la reivindicación 2, comprendiendo la celda de referencia (4.2, 4.3) dos cámaras y llenándose una de las cámaras con un líquido de referencia configurado como un electrolito gelificado.
5. Batería de flujo redox (1) según la reivindicación 2, comprendiendo la celda de referencia (4.2, 4.3) dos cámaras y un alambre de platino dispuesto en una de las cámaras.
6. Batería de flujo redox (1) según la reivindicación 2, llevándose a cabo la determinación de la propiedad de electrolito con la ayuda de una medición espectroscópica óptica.
7. Batería de flujo redox (1) según una de las reivindicaciones anteriores, disponiéndose una válvula de cierre (8) en al menos un conducto de conexión.
8. Batería de flujo redox (1) según una de las reivindicaciones anteriores, estrechándose el canal (5.1), visto en la dirección de flujo del electrolito, a lo largo de una distancia que es más corta que una distancia a lo largo de la cual el canal se ensancha.
9. Batería de flujo redox (1) según una de las reivindicaciones anteriores, configurándose los conductos de conexión con una pendiente monótona ascendente en la dirección de flujo del electrolito.
10. Batería de flujo redox (1) según una de las reivindicaciones anteriores, realizándose el al menos un dispositivo de medición (4) como una unidad estructural (6), de manera que la al menos una celda de medición (4.1, 4.2, 4.3), el canal (5.1) y los conductos de conexión entre la al menos una celda de medición (4.1, 4.2, 4.3) y el canal (5.1) se incorporen en la unidad estructural (6).
11. Batería de flujo redox (1) según la reivindicación 10, incorporándose en la unidad estructural (6) al menos un impulsor de bomba (7).
12. Batería de flujo redox (1) según la reivindicación 10 u 11, incorporándose en la unidad estructural (6) al menos un sensor de temperatura (9).

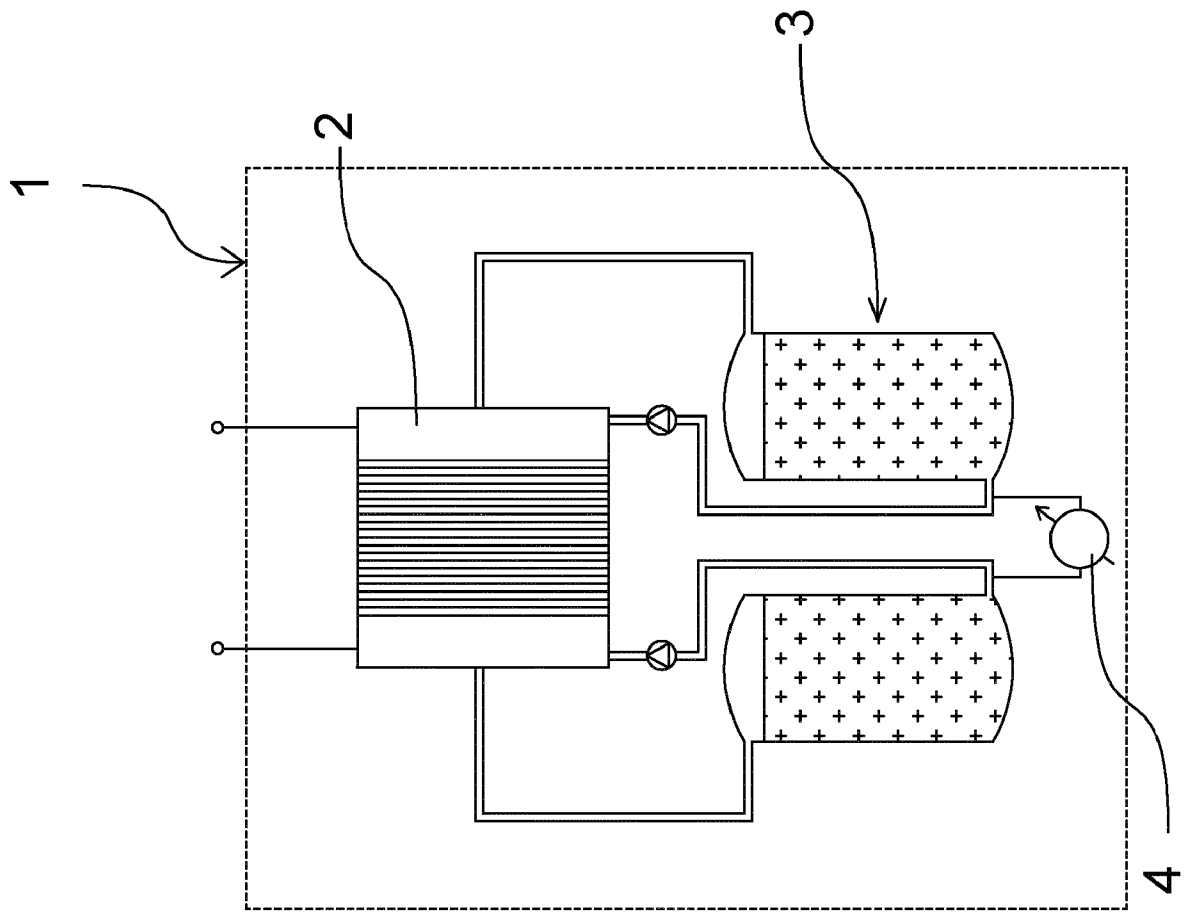


Figura 1

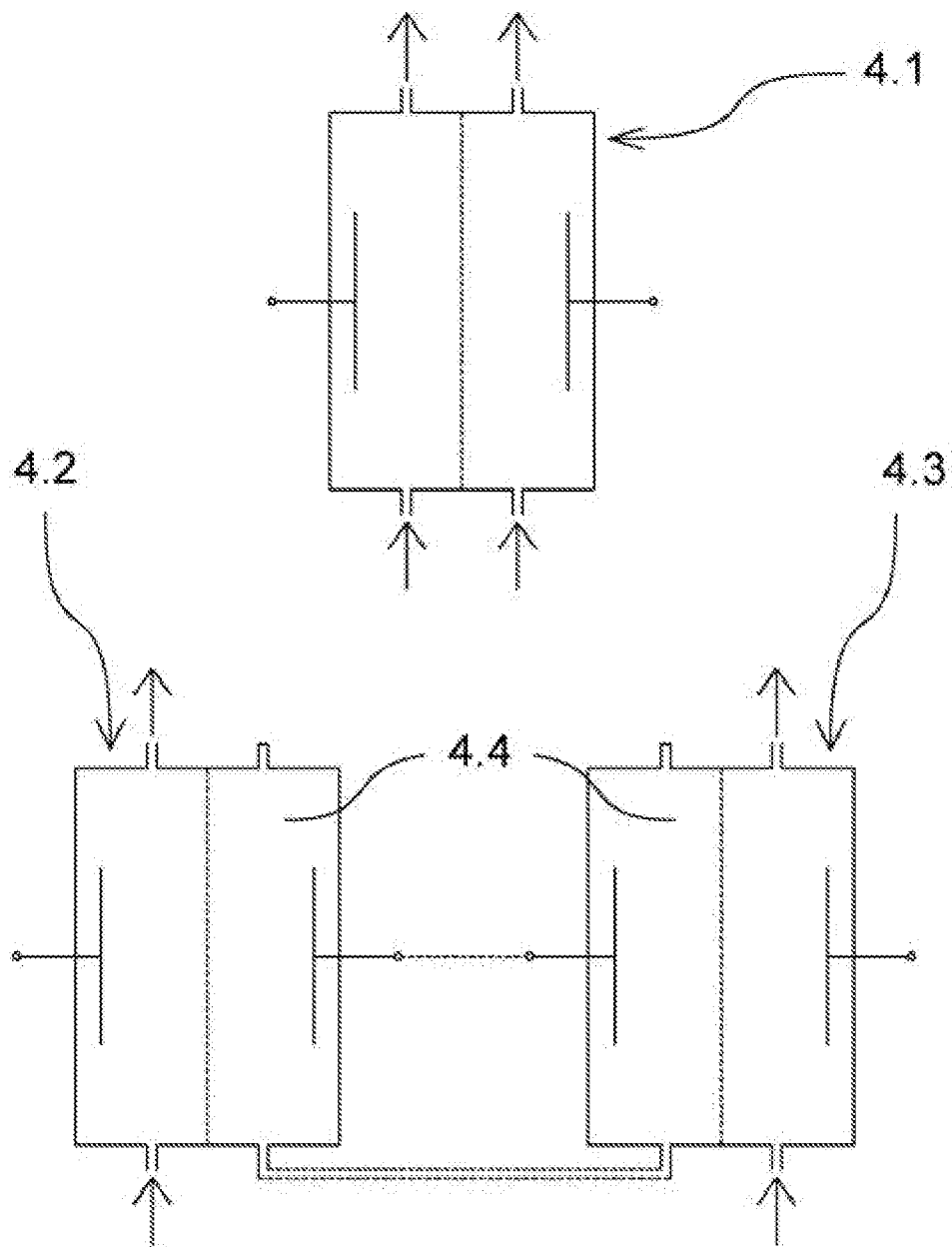


Figura 2

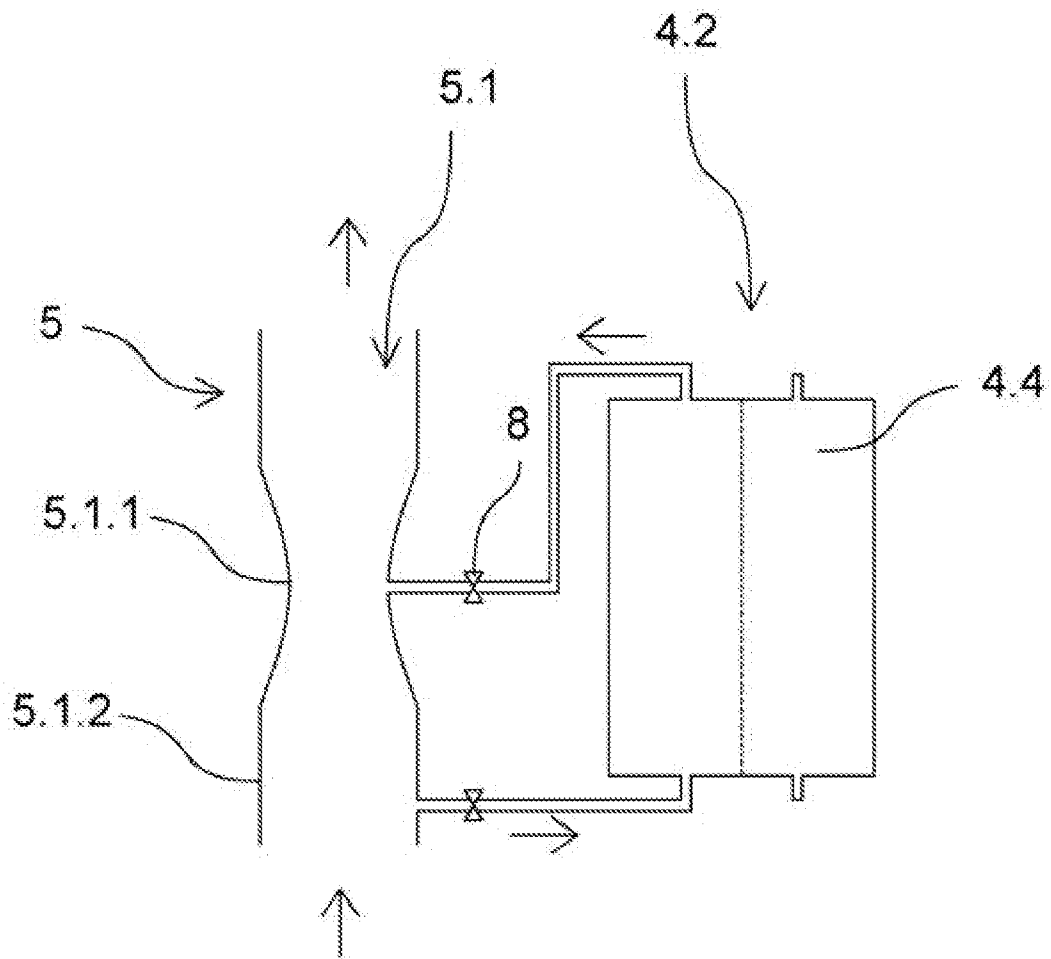


Figura 3

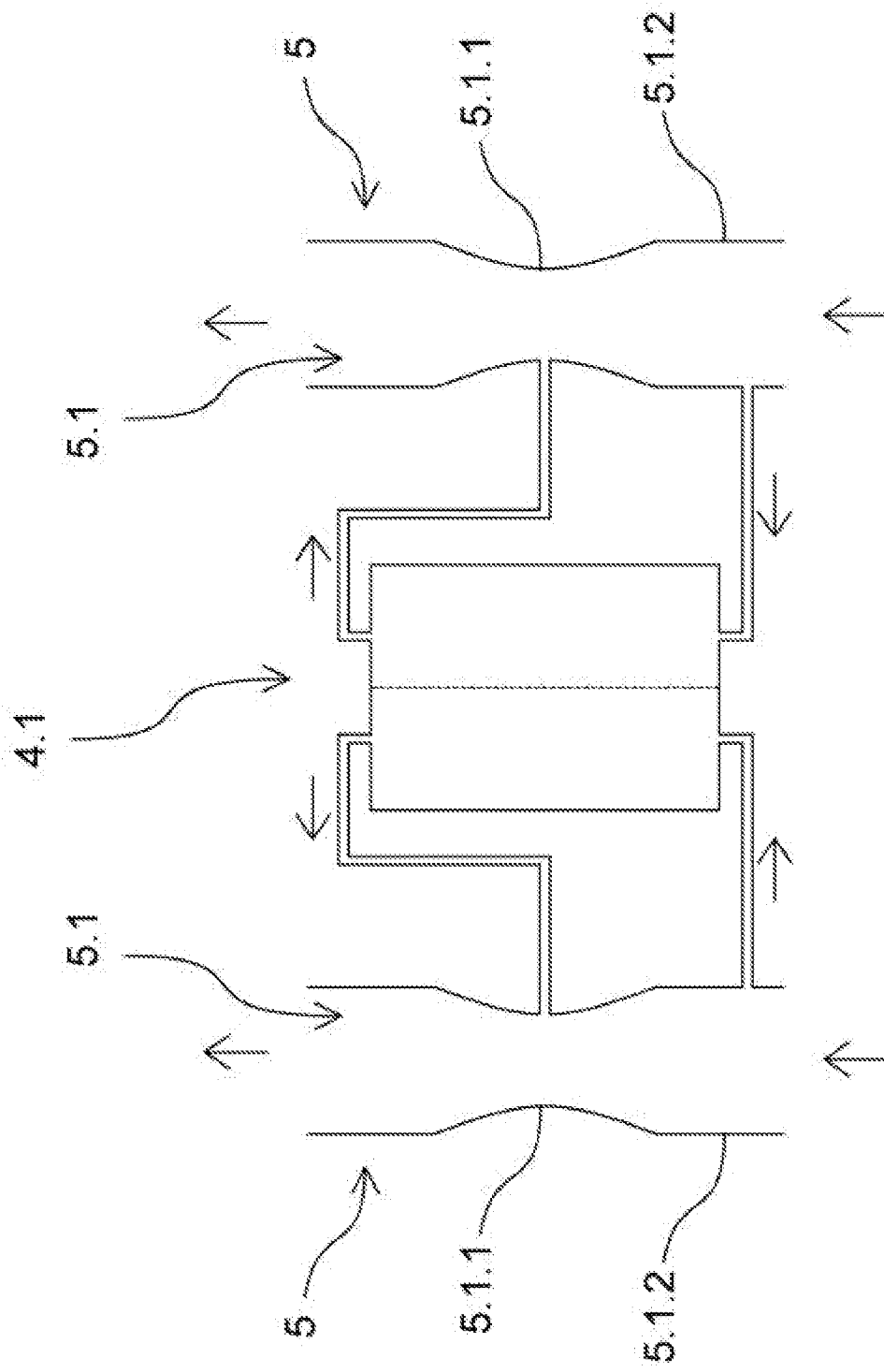


Figura 4

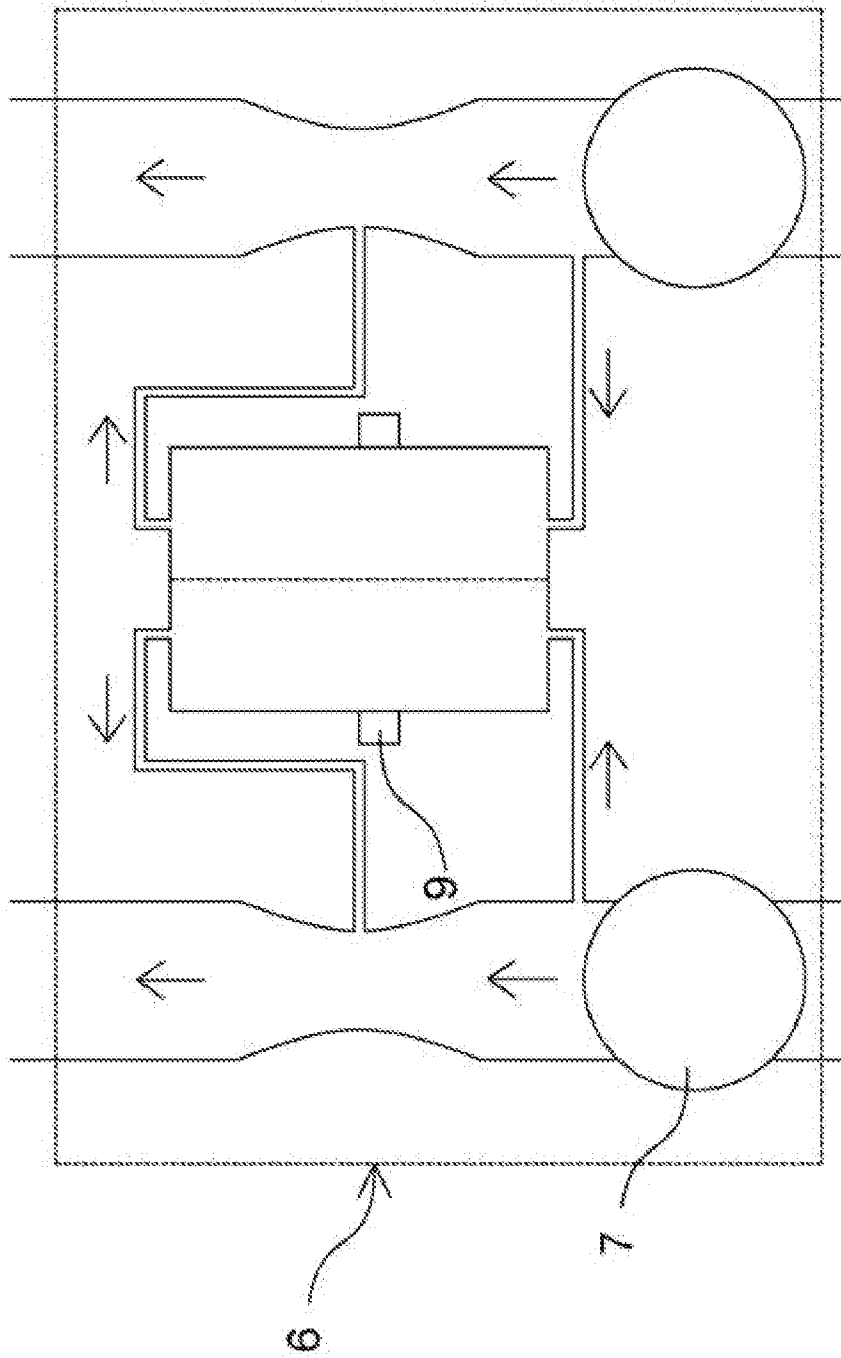


Figura 5