

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 614 940**

51 Int. Cl.:

| | |
|--------------------|-----------|
| H01G 7/00 | (2006.01) |
| C02F 103/08 | (2006.01) |
| C02F 103/00 | (2006.01) |
| H01G 11/62 | (2013.01) |
| H01G 9/22 | (2006.01) |
| C02F 1/461 | (2006.01) |
| H01G 9/022 | (2006.01) |
| H01G 9/00 | (2006.01) |

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **11.03.2010 PCT/NL2010/050123**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **16.09.2010 WO10104387**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **11.03.2010 E 10708403 (0)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **09.11.2016 EP 2406800**

54 Título: **Método para producir energía eléctrica que utiliza soluciones con diferente concentración iónica**

30 Prioridad:

12.03.2009 IT MI20090373

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
02.06.2017

73 Titular/es:

**REDSTACK B.V. (100.0%)
Pieter Zeemanstraat 6
8606 JR Sneek, NL**

72 Inventor/es:

**NICOLO, MARIA CHIARA y
BROGIOLI, DORIANO COSTANTINO**

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 614 940 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

Método para producir energía eléctrica que utiliza soluciones con diferente concentración iónica

- 5 La presente invención se refiere a un dispositivo y método para generar energía eléctrica que utiliza soluciones con diferente concentración iónica. Tal dispositivo se puede utilizar, por ejemplo, para producir corriente eléctrica mediante la explotación de la diferencia de salinidad entre el agua dulce, procedente de los ríos o lagos, y el agua salada del mar, o entre agua salada del mar y agua de alta concentración de sal obtenida mediante estanques de evaporación.
- 10 El documento US 2003/0063430 se refiere a un proceso capacitivo de desionización (CDI). El proceso CDI utiliza un campo de corriente continua para adsorber y desplazar iones de las soluciones.
- 15 El documento JP 08 126294 A describe un dispositivo capaz de producir energía eléctrica con un condensador utilizando el movimiento de ola.
- El documento US 6 309 532 B1 describe un método y aparato para desionización capacitiva y purificación electromecánica y regeneración de electrodos.
- 20 El documento US 6 939 994 B1 describe un generador de energía electrostático que comprende dos electrodos que forman un condensador.
- El interés en explotar la diferencia de salinidad, o gradiente de salinidad, se remonta a la década de 1970, y reside en el hecho de que esta fuente de energía está disponible en gran parte, barata, no contaminante y renovable.
- 25 Las principales soluciones que se han desarrollado se denominan "Presión de Osmosis Retardada" (PRO), "Electro Diálisis Inversa" (RED) y "Presión de Vapor" (VP).
- Los tres métodos pueden llegar a producir energía del orden de MW con un caudal de 1 m³/s de agua dulce.
- 30 Los dispositivos PRO se basan en una membrana semipermeable, que separa el agua dulce del agua salada. La presión osmótica es de aproximadamente 24 atm, que corresponde a aproximadamente 250 m de altura de columna de agua. El flujo osmótico resultante se utiliza para accionar y rodar, posiblemente una turbina, que, a su vez, acciona un alternador o una dinamo. El problema de este tipo de dispositivos es la necesidad de gran cantidad de membranas semipermeables, de alta permeabilidad, resistentes a altas presiones. Estas membranas son relativamente caras, y su rendimiento baja rápidamente, debido a las incrustaciones.
- 35 Los dispositivos RED también se basan en membranas. En este caso, son membranas selectivas, que son permeables a los iones positivos o negativos; las membranas se apilan alternadas, y el agua con diferente salinidad crea un flujo a través de ellas.
- 40 El paso selectivo de iones genera diferencias de potencial, que se traducen en corrientes eléctricas a través de electrodos. Las membranas para dispositivos RED son todavía más caras que las del PRO, e igualmente sensibles a los materiales en suspensión.
- 45 Para evitar la utilización de membranas, se desarrollaron finalmente dispositivos VP, basados en la diferente presión de vapor del agua dulce y el agua salada. La diferencia de presión se utiliza para accionar una turbina, que a su vez acciona un alternador o una dinamo. La pequeña diferencia de presión es el mayor obstáculo en el desarrollo de estos sistemas.
- 50 Los sistemas PRO y VP, que requieren partes móviles, son más adecuados para las grandes instalaciones, mientras que para las instalaciones pequeñas o domésticas los RED son más prometedores. A pesar del gran interés, el coste de estas tecnologías es aún alto, y todavía no se han generalizado.
- 55 El propósito de esta invención es por consiguiente realizar un método para generar electricidad, utilizando soluciones con diferentes concentraciones iónicas, que supera los inconvenientes de la técnica conocida, es decir, sin necesidad de membranas, ni de los mecanismos que convierten el movimiento mecánico en electricidad, tales como alternadores o dinamos. Además, otro objetivo de la invención es realizar un dispositivo capaz de alcanzar valores altos de energía, para una cantidad dada de solución iónica utilizada.
- 60 Estos objetivos, de acuerdo con la presente invención, se consiguen mediante la realización del método como se establece en la reivindicación 1. En las reivindicaciones siguientes se establecen características adicionales de la presente invención.
- 65 La invención además se refiere también a un método para generar energía eléctrica utilizando un dispositivo como se ha descrito anteriormente. Tal método proporciona los mismos efectos y ventajas como se ha descrito para el

dispositivo.

5 Las características y las ventajas referentes al método para generar electricidad mediante la utilización de soluciones con diferentes concentraciones de acuerdo con la presente invención, serán más evidentes a partir de la descripción a continuación, ilustrativa pero no restrictiva, haciendo referencia a los dibujos esquemáticos adjuntos, en los que:

- 10 - La figura 1 es un esquema general de un ejemplo de implementación preferente de un dispositivo para generar electricidad mediante la utilización de soluciones con diferentes concentraciones iónicas de acuerdo con la presente invención;
- Las Figuras 2, 3 y 4 muestran diagramas de los tres ejemplos, ilustrativos pero no restrictivos, de implementación del sistema hidráulico y de la celda, que muestran como las soluciones se pueden utilizar con el fin de cambiar la concentración iónica dentro de la celda;
- 15 - Las Figuras 5 y 6 muestran el esquema detallado de una realización posible de la celda y de la disposición de los electrodos e, ilustrativo pero no de forma restrictiva, en la vista de despiece, en la vista axonométrica y de proyección ortogonal; y
- La Figura 7 muestra el esquema eléctrico general concerniente a una posible implementación del sistema eléctrico, ilustrativo pero no de forma restrictiva, que es responsable de la carga y descarga de los electrodos.

20 Con referencia concreta a la Figura 1, se muestra esquemáticamente un ejemplo preferido, que concierne a una realización de un dispositivo para la generación de electricidad utilizando soluciones con diferentes concentraciones iónicas de acuerdo con la presente invención, indicada en general con el número de referencia 10. La fuente de energía utilizada por el dispositivo es la diferencia de concentración iónica de las dos soluciones 14 y 16, de manera que la solución 14 tiene una concentración iónica más alta que la solución 16. En una aplicación típica, las dos
25 soluciones son agua dulce de un río y agua salada del mar, o agua de mar y agua de un estanque de evaporación.

La celda 22 contiene un líquido, obtenido a partir de una de estas soluciones 14 y 16, o una mezcla de ellas. El método se caracteriza por el hecho de que el líquido contenido en la celda 22 es modificado en su composición, mediante la inyección en la celda, en diferentes momentos y en diferentes proporciones, de dos soluciones 14 y 16,
30 con el fin de alterar la concentración iónica de la solución en la celda 22, o en sus partes. Esta operación tiene como objetivo obtener al menos dos fases diferentes: una "fase de alta concentración", en la que el líquido de la celda 22 está compuesto principalmente de la solución 14 y una "fase de baja concentración", en la que el líquido de la celda 22 está compuesto principalmente de la solución 16.

35 El dispositivo incluye al menos dos electrodos 18 y 20, al menos parcialmente inmersos en el líquido en la celda 22. En una parte de la "fase de alta concentración" se genera un flujo de corriente entre los electrodos 18 y 20, de manera que se cargan eléctricamente (fase de carga): se comportan como un condensador. Si el voltaje no excede el valor en el que se pueden activar las reacciones redox, el condensador retiene su carga. En el caso de soluciones acuosas, el valor límite de la diferencia de potencial es 1V. En esta fase, la energía se consume. Cuando más tarde
40 se inicia "la fase de baja concentración", la capacitancia equivalente del condensador formado por los dos electrodos 18 y 20 disminuye. Ya que su carga acumulada no se reduce, su energía electrostática aumenta, y se utiliza, por lo que permite un flujo de corriente entre los electrodos a través de la carga 12 (fase de descarga). La energía consumida durante la fase de carga es menor que la energía extraída durante la fase de descarga, de manera que el sistema efectivamente ha extraído energía utilizando la energía libre procedente de la diferencia de concentración
45 iónica de las soluciones.

Desde el punto de vista de la conservación de la energía, esta energía se extrae a expensas de la elegía térmica del líquido: con el fin de mantener la temperatura, el líquido absorbe calor. Desde el punto de vista de la segunda ley de la termodinámica, el sistema utiliza la energía libre de la diferencia de concentración iónica: en realidad, después de
50 la extracción de energía, parte de las soluciones iniciales se llegan a mezclar, y aumenta su entropía.

La utilización de electrodos de material poroso aumenta la capacitancia del sistema y permite reducir el tamaño de los electrodos. En particular, carbón activado, aerogeles de carbono y nanotubos, desarrollados para construir supercondensadores, se pueden emplear de manera útil en esta invención.
55

El sistema que es responsable de cambiar la composición del líquido en la celda 22 y la propia celda se pueden implementar de cualquier manera; se muestran tres ejemplos en las figuras 2, 3 y 4; estas figuras son ilustrativas pero no de restricción.

60 En la Figura 2, los dos electrodos 18 y 20 están dispuestos en paredes opuestas de al celda 22. El espacio entre los electrodos 18 y 20 se llena alternativamente con la solución 14 o 16, mediante la activación de una de las dos bombas 24 o 26. Esto permite cambiar de la "fase de alta concentración", después que se ha activado la bomba 24, a la "fase de baja concentración", después que se ha activado la bomba 26.

65 En el esquema propuesto en la Figura 3, los electrodos 18 y 20 se sitúan en paralelo entre sí, a una pequeña distancia, y están compuestos de material poroso. La celda 22 se divide por el par de electrodos 18 y 20, que

constituyen una separación, en dos partes. En este caso, las bombas 24 y 26 generan flujo, en diferentes etapas, de las soluciones 14 y 16 en las dos partes de la celda. Cuando la bomba 24 se activa y la bomba 26 se desactiva, la solución 14 fluye, y, a través de la difusión, la concentración a través de toda la celda aumenta, y se obtiene la "fase de alta concentración". Posteriormente, la bomba 24 se desactiva y la bomba 26 se activa. A través de la difusión la concentración del líquido en la celda disminuye.

En el esquema propuesto en la Figura 4, la celda 22 se compone de dos compartimentos separados, cada uno de los cuales contiene una de las soluciones 14 y 16. Los electrodos 18 y 20 se desplazan desde un compartimento al otro en las fases posteriores. Cuando los electrodos 18 y 20 están inmersos en la solución 14 tiene lugar la "fase de alta concentración", mientras que cuando están inmersos en la solución 16 tiene lugar la "fase de baja concentración".

De acuerdo con un ejemplo práctico para implementar el dispositivo para generar electricidad de acuerdo con la presente invención, los electrodos están hechos de placas cuadradas de grafito, de 10 cm de lado y 1 mm de espesor. En estas placas se deposita una capa de 0,1 mm de espesor, compuesta de carbón activado. Esta deposición se puede hacer siguiendo los procedimientos adoptados para fabricar supercondensadores hechos de carbón activado. En un ejemplo de un procedimiento para la obtención de esta capa, el carbón activado en primer lugar es molido en granos de menos de un micrón; se mezcla con una cantidad del 5% en comparación con el carbono de un polímero que actúa como aglutinante (por ejemplo, fluoruro de polivinilideno, PVDF); se mezcla con un disolvente adecuado para el polímero (por ejemplo, dimetilacetamida o N-metil-2-pirrolidona) en cantidades adecuadas para obtener la disolución completa del polímero, y una consistencia igual a la de una pintura para la brocha; finalmente, la suspensión así obtenida se extiende en una cara de las placas de grafito, con un espesor de 0,1 mm y se deja secar.

Una sola celda (Figuras 5 y 6) se obtiene mediante la unión de un par de placas, en paralelo, a una distancia de 1 mm, de manera que la capa de carbón activado se encuentra dentro del espacio entre las placas. Estas constituyen los electrodos 18 y 20. Dos lados opuestos de las placas se sellan con juntas 28, y los dos lados restantes están conectados a los conductos 30 y 32, que constituyen un sistema hidráulico que permite llenar el espacio entre las placas en fases sucesivas, con agua salada que viene del mar y agua dulce que viene de un río, que también puede contener una pequeña cantidad de agua de mar, con el fin de aumentar la conductividad.

Dos cables de cobre se colocan fuera, conectados a cada placa.

Un circuito eléctrico que utiliza el dispositivo 10 se muestra esquemáticamente en la Figura 7. Los electrodos 18 y 20 están conectados en serie con la carga 12 y el condensador 36, con 300 F de capacitancia (un supercondensador). El circuito en el que se inserta la carga 12 se puede abrir o cerrar por medio del interruptor 38. Cuando el circuito está abierto, la fuente de alimentación 34, que suministra 400 mV, se conecta al condensador 36 con el fin de recargarlo.

El método consta de cuatro fases:

- 1) El interruptor 38 abre el circuito de carga 12. La celda 22 se llena con agua salada. El condensador 36 se recarga hasta el voltaje de 400 mV mediante la fuente de alimentación 34.
- 2) El interruptor 38 cierra el circuito de carga 12. Una corriente fluye a través de los electrodos 18 y 20, que alimentan la carga 12.
- 3) El interruptor 38 abre el circuito de carga 12. La celda 22 se llena con agua dulce. El condensador 36 se recarga hasta el voltaje de 400 mV mediante la fuente de alimentación 34.
- 4) El interruptor 38 cierra el circuito de carga 12. Una corriente fluye a través de los electrodos 18 y 20, que alimentan la carga 12.

En cada ciclo, una energía de alrededor de 20 mJ se proporciona a la carga. El agua que circula en la celda en cada ciclo es 10 cm³. Parte de la energía se consume en las fases 1 y 3 para cargar el condensador 36, con el fin de compensar la pérdida de corriente (alrededor de 1 mJ), y en las fases 2 y 4 para mover el fluido (alrededor de 1 mJ). Este consumo de energía se debe restar de la energía suministrada a la carga. Un sistema puede incluir un gran número de celdas, con el fin de alcanzar la energía requerida, o celdas más grandes.

De este modo se ha mostrado que el dispositivo y el método para generar energía eléctrica mediante la utilización de soluciones con diferentes concentraciones iónicas de acuerdo con la presente invención consiguen los fines anteriormente mencionados. En particular, se ha mostrado que el dispositivo es capaz de generar electricidad mediante la utilización de soluciones iónicas a diferentes concentraciones; en comparación con la técnica conocida, es posible apreciar la oportunidad de evitar el uso tanto de dinamos como de alternadores, y membranas semi-permeables, selectivas o de intercambio iónico; esta característica permite reducir los costes y mantenimiento. Por otra parte, se puede observar que el dispositivo no altera de forma significativa la composición cualitativa de las soluciones de entrada, sino que simplemente cambia la concentración, como si estas se mezclasen, asegurando por lo tanto la más completa ausencia de contaminación.

El dispositivo que genera electricidad utilizando soluciones con diferentes concentraciones iónicas de la presente

invención así concebido es susceptible en todo caso de numerosas modificaciones y variantes, incluidas todas ellas dentro del mismo concepto inventivo; por otra parte, todos los detalles se pueden reemplazar por elementos técnicamente equivalentes. En la práctica, las formas y tamaños pueden ser cualquiera que sea, de acuerdo con los requerimientos técnicos.

5

Por consiguiente el alcance de protección de la invención se define por las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Método para generar energía eléctrica a partir de soluciones (14, 16) de diferentes concentraciones iónicas que comprende las etapas de:
- proporcionar una celda (22) que comprende al menos dos electrodos (18, 20) hechos de material conductor con una separación, con los electrodos conectados en serie a la carga (12), y un interruptor (38) para abrir o cerrar el circuito en el cual está insertada la carga;
 - 10 - obtener una fase de alta concentración, en la que el líquido en la celda, en el que al menos dos electrodos están al menos parcialmente sumergidos, está principalmente compuesto de la solución (14) que tiene una alta concentración iónica así como la otra solución (16);
 - permitir que fluya una corriente entre los electrodos en la fase de alta concentración de manera que estos estén cargados eléctricamente en una fase de carga;
 - 15 - obtener una fase de baja concentración, en la que el líquido en la celda, en el que al menos dos electrodos están al menos parcialmente sumergidos, está principalmente compuesto de la otra solución (16); y
 - permitir que fluya una corriente entre los electrodos a través de la carga (12) en la fase de baja concentración de manera que estos estén descargados en una fase de descarga,
- 20 en el que la energía consumida durante la fase de carga es menor que la energía extraída durante la fase de descarga, de manera que la energía se extrae a partir de la diferencia de concentración iónica de las soluciones, teniendo el método cuatro fases:
- 1) abrir el interruptor y llenar la celda con la solución que tiene una mayor concentración iónica;
 - 2) cerrar el interruptor de manera que la corriente fluya a través de los electrodos, alimentando la carga;
 - 25 3) abrir el interruptor y llenar la celda con la solución que tiene menor concentración; y
 - 4) cerrar el interruptor de manera que la corriente fluya a través de los electrodos, alimentando la carga, en el que la concentración iónica de dicho líquido en el que están sumergidos los electrodos durante dicha fase de carga es mayor que la concentración iónica de dicho líquido en el que los electrodos están sumergidos durante dicha fase de descarga.
- 30 2. Método de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado por que** dichos electrodos son fijos, y al menos dos diferentes de entre dichas soluciones con diferente concentración iónica se permiten el flujo y toman contacto con dichos electrodos, en las fases posteriores.
- 35 3. Método de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado por que** dichos electrodos son móviles, y se mueven de manera que están sumergidos en una diferente de entre dichas soluciones en las fases posteriores.
- 40 4. Método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado por que** al menos uno de dichos electrodos está hecho de un material conductor poroso.
5. Método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado por que** una de dichas soluciones utilizadas está constituida por agua dulce, que incluye la que está tomada de ríos, lagos, lagunas de baja salinidad, agua del freático, procedente de precipitaciones tanto en forma líquida como sólida.
- 45 6. Método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, **caracterizado por que** una de dichas soluciones utilizadas está constituida por agua salada, incluyendo agua tomada del mar, lagunas de alta salinidad, pozos cerca de la costa.
- 50 7. Método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, **caracterizado por que** una de las soluciones utilizadas está constituida por agua salada, cuya concentración se ha incrementado por evaporación.
8. Método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, **caracterizado por que** una de dichas soluciones utilizadas está constituida por agua dulce, mezclada en cualquier proporción con agua salada.
- 55 9. Método de acuerdo con una o más de las reivindicaciones anteriores, en el que el voltaje no excede el valor en el cual las reacciones redox se pueden activar de manera que los electrodos retienen sus cargas.

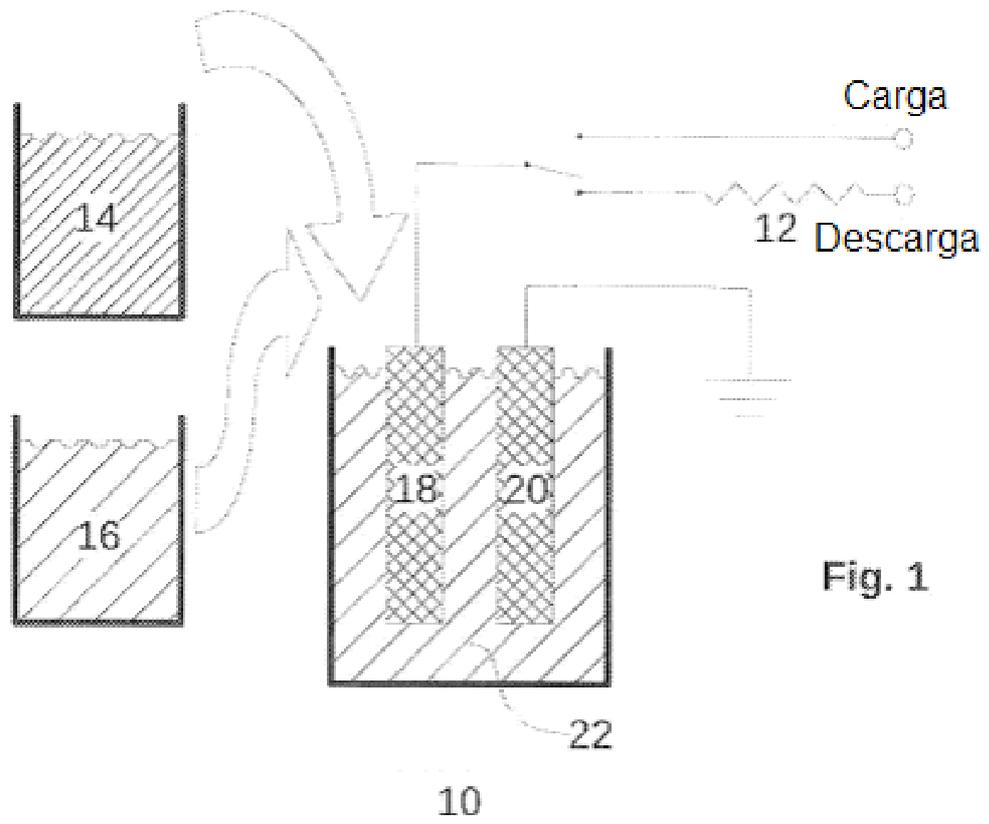


Fig. 1

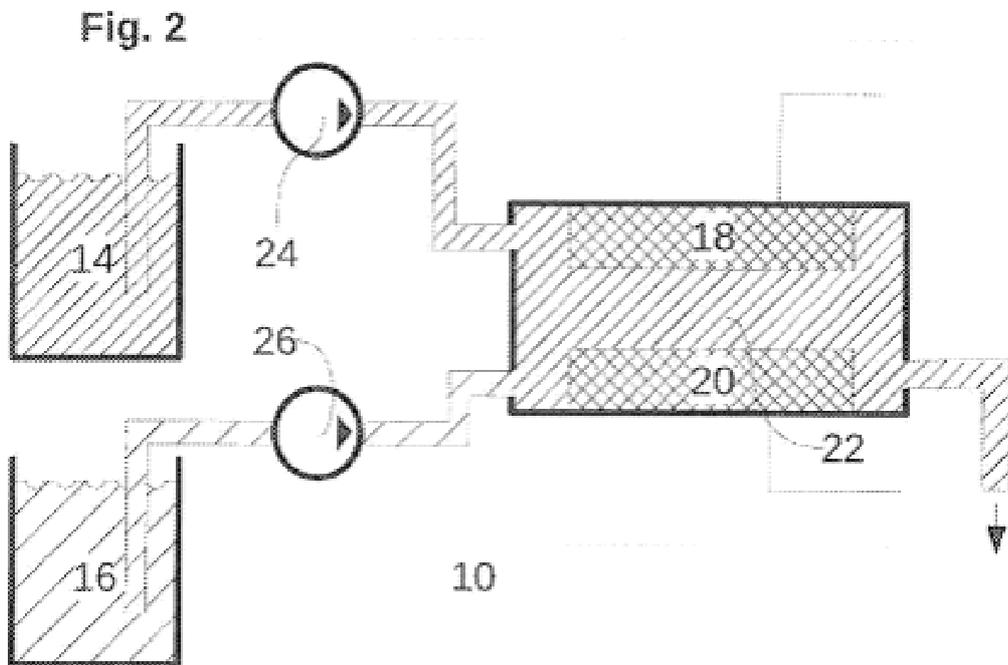


Fig. 2

Fig. 3

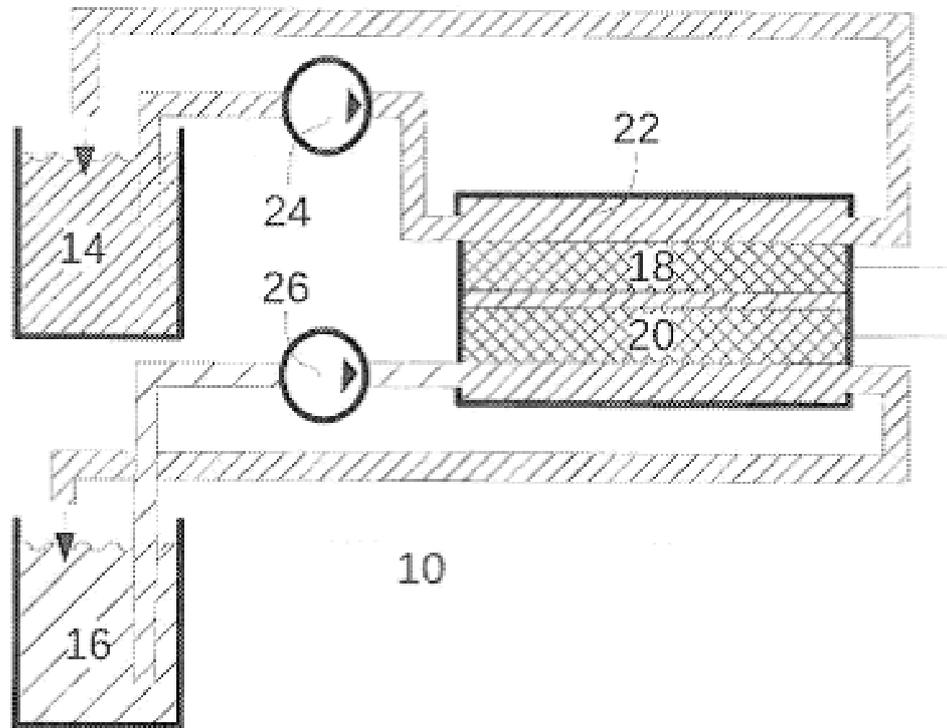
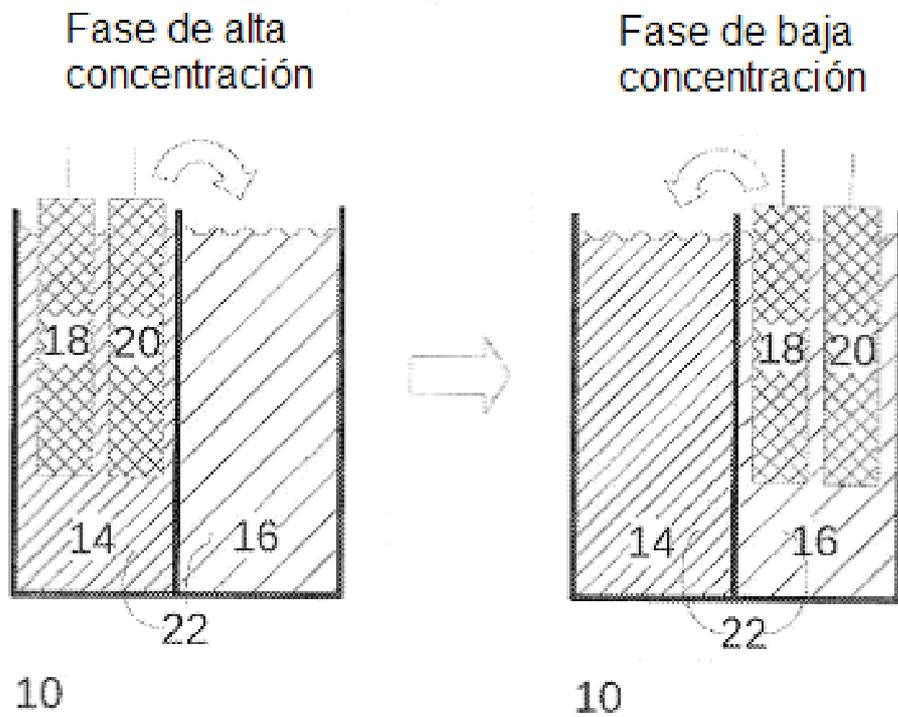


Fig. 4



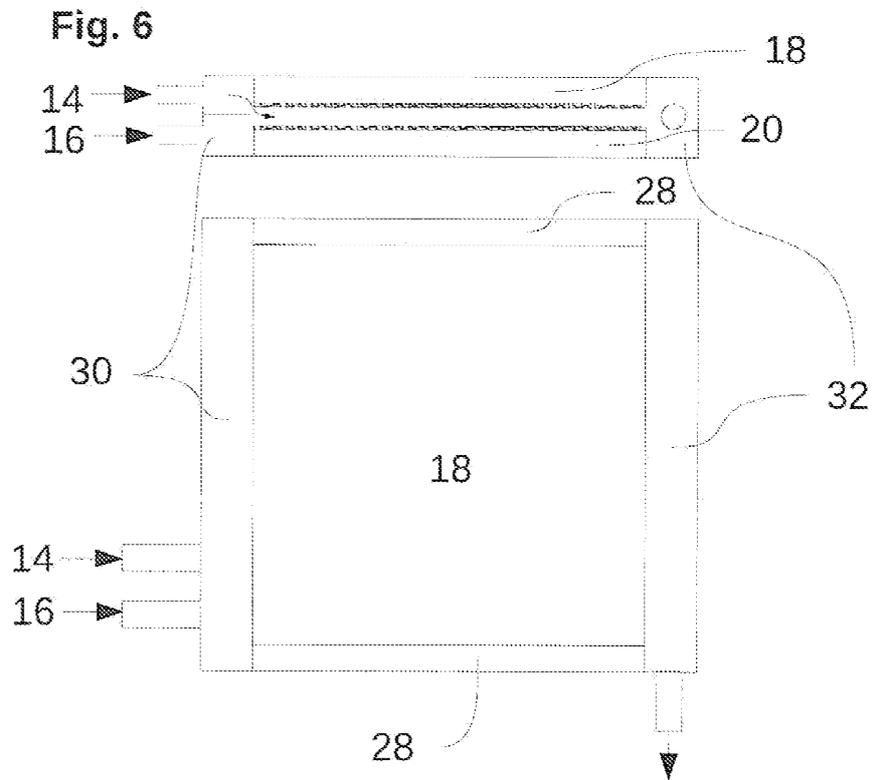
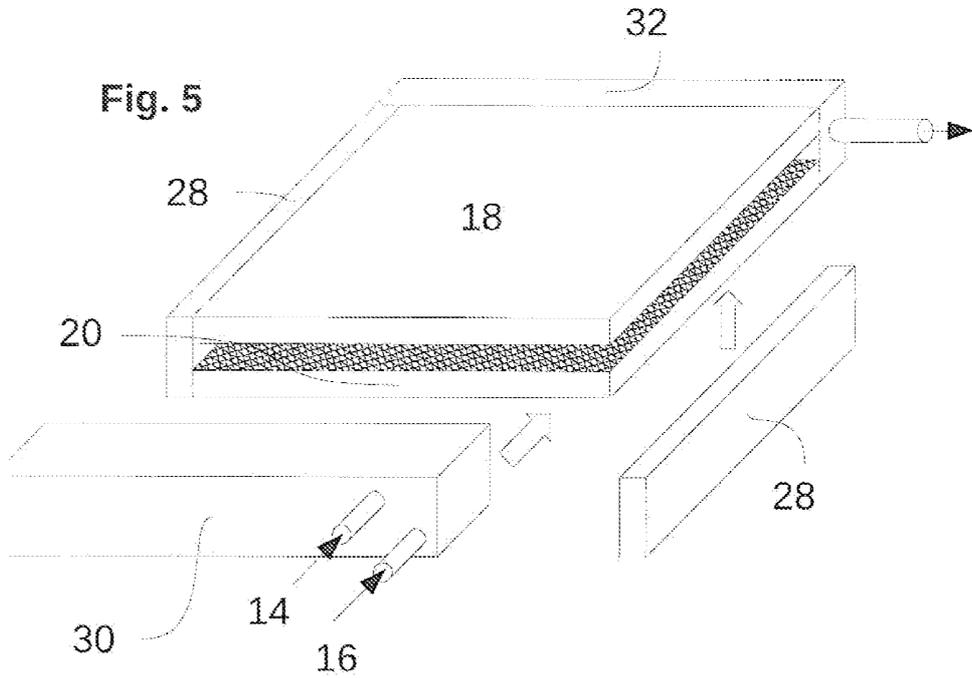


Fig. 7

