

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 656 541**

51 Int. Cl.:

H01M 8/06 (2006.01)

H01M 8/16 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **17.04.2008 PCT/NL2008/050219**

87 Fecha y número de publicación internacional: **23.10.2008 WO08127109**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **17.04.2008 E 08741640 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **15.11.2017 EP 2137782**

54 Título: **Dispositivo y método para convertir energía luminosa en energía eléctrica**

30 Prioridad:

17.04.2007 NL 2000598

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

27.02.2018

73 Titular/es:

**PLANT-E KNOWLEDGE B.V. (100.0%)
THORBECKESTRAAT 172
6702 BW WAGENINGEN, NL**

72 Inventor/es:

**HAMELERS, HUBERTUS VICTOR MARIE;
STRIK, DAVID PETRUS BONIFACIUS
THEODORUS BERNARDUS;
SNEL, JAN FREDERIK HENDRIK y
BUISMAN, CEES JAN NICO**

74 Agente/Representante:

TOMAS GIL, Tesifonte Enrique

ES 2 656 541 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

Dispositivo y método para convertir energía luminosa en energía eléctrica

5 Campo de la invención

[0001] La presente invención se refiere a un dispositivo y un método para convertir energía luminosa en energía eléctrica y/o hidrógeno usando una planta viva para convertir energía luminosa en una materia prima para una célula de combustible microbiana.

10

Antecedentes de la invención

[0002] Las células de combustible microbianas se conocen a partir de la técnica anterior. Por ejemplo, WO 2007/006107 divulga una célula de combustible microbiana que comprende un reactor, y cada reactor comprende un compartimento de ánodo, un compartimento de cátodo y una membrana, donde la membrana separa el compartimento de ánodo y el compartimento de cátodo entre sí. El compartimento de ánodo contiene microorganismos capaces de oxidar compuestos orgánicos donadores de electrones, donde los electrones se suministran al ánodo en el compartimento de ánodo. Según WO 2007/006107, el compuesto orgánico donador de electrones en cuestión puede ser glucosa, sacarosa, un acetato o un compuesto reductor del tipo presente, por ejemplo, en las aguas residuales domésticas y el efluente de biorrefinerías.

[0003] Otras células de combustible microbianas se describen, por ejemplo, en: Logan et al., 2006, Lovley, 2006a; Lovley, 2006b; Rabaey y Verstraete, 2005, y Verstraete y Rabaey, 2006. La oxidación de los compuestos donadores de electrones puede ser catalizada, por ejemplo, por microorganismos anodofílicos y/o catodofílicos y enzimas redox. En algunas aplicaciones, se produce hidrógeno en el compartimento de cátodo como portador de energía, en vez de electricidad (Liu et al., 2005; Rozendal et al., 2006).

[0004] Algunas células de combustible están diseñadas de manera que es posible transformar actividades fotosintéticas en electricidad. US 3,477,879 divulga un dispositivo para convertir energía luminosa en energía eléctrica, donde el dispositivo consiste en un compartimento de ánodo que contiene un medio acuoso, donde este medio acuoso contiene algas vivas y muertas y minerales, incluyendo sulfuro, que están presentes en el agua de mar, y un compartimento de cátodo con un medio acuoso, donde este medio acuoso contiene bacterias y minerales, incluyendo sulfato, que están presentes en el agua de mar. El compartimento de ánodo y el compartimento de cátodo están conectados por un puente de iones o "puente salino". Las algas vivas son capaces de producir oxígeno. Cuando el dispositivo está en funcionamiento, las algas muertas se bombean desde el compartimento de ánodo hasta el compartimento de cátodo, donde sirven como nutriente para las bacterias que son capaces de convertir sulfato en sulfuro. Cuando el sulfato se convierte en sulfuro, se absorben electrones. El sulfuro se convierte en sulfato e iones de hidrógeno (H^+) en el cátodo, como resultado de lo cual se liberan electrones en el cátodo que son absorbidos nuevamente por oxígeno a través del ánodo, y el oxígeno luego se convierte en iones de hidróxido (OH^-). Los iones de hidrógeno y los iones de hidróxido se dispersan a través del puente de sal y se combinan para formar agua, lo que completa el circuito eléctrico.

[0005] US 4,117,202 y CA 1,099,332 describen una célula eléctrica biológica, donde se hace uso de células mesófilas aisladas derivadas de las que se denominan plantas C_4 , es decir, plantas capaces de convertir CO_2 en compuestos orgánicos que contienen cuatro átomos de carbono, por ejemplo oxalacetato, aspartato y malato. Tales células también se describen en Rosenbaum et al., 2005a y Rosenbaum et al., 2005b. En estos dispositivos se usan células vegetales fotosintetizantes C_4 aisladas, algas verdes o bacterias (productoras de hidrógeno).

[0006] US 4,117,202 se refiere a una célula energética biológica activada por energía solar que es capaz de generar una corriente eléctrica directa en respuesta a la energía solar incidente. La célula incluye una suspensión de células mesófilas aisladas de *Digitaria sanguinalis* (guarda rocío), enzima málica, un dinucleótido de nicotinamida y adenina, una enzima xantina oxidasa, un posible mediador tal como bencil viológeno o azul de metileno, y un catalizador tal como piruvato en una solución acuosa; y un sistema de electrodos apropiado.

[0007] Una desventaja de las células de combustible microbianas según WO 2007/006107 es que se usa un flujo efluente tal como aguas residuales domésticas. Las corrientes efluentes no son sostenibles o renovables, y no se pueden obtener de manera sostenible, debido al transporte, por ejemplo. Se invierte una gran cantidad de energía antes de que se obtengan las corrientes efluentes, y esto implica una gran emisión de CO_2 procedente de los combustibles, por ejemplo combustibles fósiles o desechos radioactivos liberados en la generación de energía nuclear. Es cierto que, mediante el aumento de la producción de corrientes efluentes, las células de combustible pueden producir más energía, pero tal método no ofrece una solución sostenible o renovable para el aumento del consumo mundial de energía eléctrica. Por lo tanto, es mejor generar o regenerar energía de una manera sostenible o renovable. La presente invención proporciona una solución para el problema de la reducción de la energía no sostenible y no renovable.

65

Resumen de la invención

[0008] La presente invención se refiere a un dispositivo que comprende un reactor, donde el reactor comprende un compartimento de ánodo y un compartimento de cátodo y donde el compartimento de ánodo comprende a) un microorganismo anodófilo capaz de oxidar un compuesto donador de electrones, y b) una planta viva o parte de la misma.

[0009] La presente invención también se refiere a un método para convertir energía luminosa en energía eléctrica y/o hidrógeno, donde una materia prima que incluye un compuesto donador de electrones se introduce en un dispositivo que comprende un reactor, donde el reactor comprende un compartimento de ánodo y un compartimento de cátodo y donde el compartimento de ánodo comprende a) un microorganismo anodófilo capaz de oxidar un compuesto donador de electrones, y b) una planta viva o una parte de la misma

Descripción detallada de la invención

[0010] La palabra "comprender" según se usa en esta descripción y en las reivindicaciones y sus conjugaciones se usa en su sentido no limitativo para significar que los elementos que siguen a la palabra están incluidos, pero que no se excluyen los elementos que no se haya mencionado específicamente. Además, la referencia a un elemento con el artículo indefinido "un" o "una" no excluye la posibilidad de que más de un elemento esté presente, a menos que el contexto requiera claramente que haya uno y solo uno de los elementos. Por lo tanto, el artículo indefinido "un" o "una" normalmente significa "al menos uno/a".

[0011] El término "planta viva o parte de la misma" se usa en este documento en el sentido de una planta (o cualquier parte de la misma) que pertenece al reino de las plantas (*Plantae*) y que comprende al menos una célula eucariota con una membrana celular, capaz de convertir energía luminosa en un compuesto donador de electrones mediante fotosíntesis. El término "planta viva o parte de la misma", por lo tanto, también cubre células vegetales separadas y posiblemente no diferenciadas que se obtienen por ejemplo por cultivo de tejidos y que son capaces de convertir energía luminosa, mediante fotosíntesis, en un compuesto donador de electrones, y algas.

[0012] Según la invención, el compuesto donador de electrones se convierte en energía eléctrica y/o energía química, preferiblemente en forma de hidrógeno, con la ayuda de un microorganismo anodófilo.

[0013] Según la invención, el compuesto donador de electrones es preferiblemente un mineral orgánico.

[0014] Una membrana que puede transportar iones selectivamente puede utilizarse para separar el compartimento de ánodo del compartimento de cátodo. También es posible emplear materiales porosos no conductores eléctricamente y no selectivos de iones. Ejemplos de estos materiales son el vidrio y el plástico. Sin embargo, se prefiere una membrana que pueda transportar iones selectivamente. La membrana es preferiblemente una membrana selectiva de cationes y más preferiblemente una membrana selectiva de protones.

[0015] La planta o su parte deriva preferiblemente de lo que se llama una planta energética. Una planta energética es una planta viva que contribuye a la energía sostenible: la energía solar está presente durante el día y pueden ser almacenada por plantas vivas o sus partes, por ejemplo en forma de un compuesto donador de electrones, mientras que el CO₂ se absorbe de la atmósfera. Por lo tanto, una planta energética debe entenderse como una planta viva capaz de convertir energía luminosa en energía química.

[0016] Varias partes de una planta, por ejemplo hojas caídas o raíces que no se han cosechado, se pueden usar como planta energética. Estas partes se pierden en el suministro de energía renovable. Una gran parte de la energía solar almacenada por la planta sale de la planta por debajo del suelo, debido a la muerte y a la respiración de las raíces y por la liberación de un exudado. Este proceso estimula el crecimiento de los microorganismos del suelo. Estos procesos se definen como rizodeposición. Se ha establecido que casi todos los tipos de componentes químicos de una planta pueden perderse por pérdidas en la raíz. Estos componentes son, por ejemplo, carbohidratos tales como azúcares, aminoácidos, ácidos orgánicos, hormonas y vitaminas. Estos componentes se clasifican en 4 grupos, dependiendo de su origen: exudados, secreciones, lisados y gases. Los exudados se filtran hacia el exterior de la raíz sin la implicación de energía metabólica, mientras que, en el caso de secreciones, en la planta tienen lugar procesos metabólicos apropiados. Los lisados se deben a la muerte de la raíz. También salen gases de las raíces de la planta (Lynch, 1990). La rizodeposición depende, por ejemplo, del tipo de planta, su edad y circunstancias de vida. Partes desprendibles de la planta tales como frutas, ramas y hojas pueden contribuir al aumento de la materia orgánica en el suelo. Por lo tanto, se prefiere según la invención que la planta o la parte de la misma sea una planta energética o una parte de la misma, en cuyo caso la planta viva o parte de la misma convierte energía luminosa en al menos un compuesto donador de electrones, que es posteriormente convertido en energía eléctrica y/o hidrógeno, preferiblemente por el sistema radicular de una planta viva, en cooperación con un microorganismo.

[0017] Según la invención, el compuesto donador de electrones puede estar presente en exudados, secreciones, lisados, material vegetal de partes muertas de plantas, gases y/o una goma de origen vegetal, derivada del sistema radicular de una planta o de una parte de la misma. Los electrones producidos por microorganismos son transportados primero del ánodo a una resistencia o a un dispositivo que consume energía eléctrica y luego al cátodo. El oxígeno, especialmente oxígeno de la atmósfera, se usa como el aceptor de electrones terminal.

[0018] Según una forma de realización de la presente invención, el ánodo comprende preferiblemente un material anódico, dicho material anódico que se selecciona preferiblemente del grupo que consiste en gránulos de grafito, fieltro de grafito, barras de grafito, otros conductores de electrones que contienen grafito y combinaciones de uno o más de tales materiales, la zona de raíz de una planta viva estando presente esencialmente en el material anódico. Esto significa en particular que las raíces de la planta viva se colocan principalmente en el material anódico. La ventaja añadida de esto es que la planta tiene un agarre.

[0019] El microorganismo que convierte el compuesto donador de electrones de la planta o parte de la misma vive preferiblemente alrededor de la zona de raíz de la planta viva (llamada la rizosfera), de modo que el microorganismo pueda liberar electrones al ánodo más fácilmente.

[0020] En otra forma de realización según la presente invención, el reactor comprende un número de compartimentos de ánodo, que están cerrados respecto del entorno (la atmósfera).

[0021] En otra forma de realización según la presente invención, el reactor comprende un compartimento de ánodo que puede estar abierto, de modo que puede estar en contacto con su entorno. Esto tiene la ventaja de que las condiciones de vida de la planta viva, tales como la temperatura, la luz y/o la humedad, se pueden regular.

[0022] Según la invención, la materia prima para el compartimento de ánodo puede ser uno o más micro y/o macronutrientes y/o agua para la planta viva o parte de la misma o para el microorganismo. La materia prima es preferiblemente una cantidad equilibrada de micro y/o macronutrientes y agua.

[0023] Según la invención, es preferible que el compartimento de ánodo comprenda un mediador redox (llamado también un transportador de electrones), de modo que el transporte de electrones en el compartimento de ánodo se facilite.

[0024] En otra forma de realización preferida, el dispositivo comprende un número de componentes que reducen o evitan la producción de metano en el compartimento de ánodo.

[0025] Las plantas vivas evaporan agua que ha sido absorbida por ejemplo por el sistema radicular. Por lo tanto, una forma de realización del dispositivo según la invención está equipado con un rebosadero para la eliminación de materia prima excedente introducida en el compartimento de ánodo. En otra forma de realización preferida, este rebosadero lleva desde el compartimento de ánodo hasta el compartimento de cátodo.

[0026] La invención se explica con más detalle con la ayuda de Fig. 1. La Fig. 1 muestra un reactor 1 que está provisto de un compartimento de ánodo 2 y un compartimento de cátodo 3. El compartimento de ánodo 2 contiene un ánodo 4, y el compartimento de cátodo 3 contiene un cátodo 5. El compartimento de ánodo 2 y el compartimento de cátodo 3 están separados entre sí por una membrana 6. El compartimento de ánodo 2 acomoda una planta viva 7, colocada en su interior de manera que las raíces 8 de la planta viva están rodeadas por el material anódico en forma granulosa. Tanto el compartimento de ánodo como el compartimento de cátodo están en contacto con el entorno - véase las flechas 9 y 10. La energía luminosa 11, por ejemplo luz solar, puede llegar a la planta viva directamente. El oxígeno (que viene de la atmósfera) puede dispersarse en el compartimento de cátodo. El ánodo y el cátodo están conectados entre sí eléctricamente por una resistencia o un dispositivo que consume energía eléctrica (12), con la ayuda de conexiones eléctricas 13.

Ejemplo

[0027] Se crearon ocho células de combustible microbianas tubulares colocadas verticalmente con vidrio Schott Duran. La altura de cada tubo fue de 30 cm y su diámetro fue de 3,5 cm. A una altura de 2 cm y 28 cm había un brazo lateral de vidrio, cuya parte inferior estaba cerrada con un tapón de caucho y la parte superior mantenida abierta para asegurar una función de rebosadero. El extremo superior del tubo se dejó abierto, para que sobresaliera por él la parte de la planta que está sobre el suelo. Una membrana intercambiadora de cationes (tipo FKL, FuMA-tech GmbH, St. Ingbert, Alemania) se colocó en el fondo con la ayuda de una tapa roscada GL45 que tenía un recorte (diámetro: 3 cm). Se colocó un fieltro de grafito de 3 mm de grosor (FMI Composites Ltd., Galashiels, Escocia) en el interior del tubo de vidrio. Se introdujo una barra de grafito (medidas: 26 x 14 x 6 mm; Müller & Rössner GmbH & Co., Sieburg, Alemania) en el fieltro de grafito. El tubo luego se llenó de gránulos de grafito (diámetro entre 1,5 y 5 mm; Le carbone, Bélgica). Luego se colocó un fieltro de grafito de 3 mm de grosor (medidas: 8 x 8 cm; FMI Composites Ltd., Galashiels, Escocia) en el fondo de un vaso de precipitados de cristal grande. En este fieltro de grafito luego se colocaron el tubo de vidrio y, en paralelo a éste,

una segunda barra de grafito. El electrodo anódico y el electrodo catódico estaban formados por los componentes de grafito dentro y fuera del tubo de vidrio, respectivamente. El circuito (eléctrico) del ánodo y el cátodo se completó con cables de cobre recubiertos de plástico que discurrían desde las barras de grafito hasta la resistencia externa R de 1000 ohmios.

5

[0028] Los potenciales de los electrodos y el voltaje de la célula [E (célula) en mV] se midieron fuera de línea con un multímetro (True RMS Multimeter, Fluke 189). Se usaron electrodos de referencia Ag/AgCl (ProSense Qis, Oosterhout, Países Bajos) para medir los potenciales de los electrodos. El voltaje celular se determinó continuamente con la ayuda de módulos FieldPoint FP-AI-110 (National Instruments, Países Bajos), un ordenador personal (Pentium III) y un programa Labview 7.0 autoprogramado (National Instruments, Países Bajos). Luego se calculó la intensidad de corriente (I en mA) mediante la ley de Ohm [$I = E \text{ (célula)} / R$]. La potencia suministrada (P en vatios) de la célula de combustible microbiana se calculó a partir del voltaje celular y la intensidad de corriente [$P = I \times E \text{ (célula)}$].

10

[0029] La luz fue proporcionada por una lámpara halógena de metal de 250 W (Spacesaver C/TLBH250), y más tarde se complementó con un lámpara halógena de metal de 400 W (Spacesaver C/TLBH400), colocadas a una altura de 125 cm sobre la tabla que soportaba el ensamblaje experimental. La cámara que acomodaba la célula de combustible microbiana estaba iluminada por tubos TL y por luz solar indirecta. Las pantallas blancas por encima y a los dos lados del ensamblaje aseguraron que se reflejara la luz. Las lámparas se mantuvieron encendidas durante 14 horas durante el día con la ayuda de un interruptor de tiempo, después de lo cual se apagaron durante 10 horas por la noche. El ensamblaje se introdujo en una cámara mantenida a temperatura ambiente (aproximadamente 20-25°C). A partir del día 26, la temperatura se midió en línea con un termopar de cobre-constantán y se registró con un módulo Fieldpoint (FP), utilizando el ordenador personal y el programa anteriormente mencionados. La temperatura estuvo en el rango de 24-27°C.

20

25

[0030] Los compartimentos de ánodo de la célula de combustible microbiana se cargaron con una solución nutritiva Hoagland modificada (Taiz y Zeiger, 2006), con micronutrientes extra para, por ejemplo, el microorganismo. La solución tenía la composición siguiente, con las concentraciones en mg por litro dadas entre paréntesis: KNO_3 (606,60), $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ (944,64), $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ (230,16), $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ (246,49), KCl (3,73), H_3BO_3 (1,55), $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ (0,34), $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ (0,58), $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ (0,12), $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ (0,09), H_2MOO_4 con 85% de MoO_3 (161,97), $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (2,00), Na_2SeO_3 (0,10), EDTA como Titriplex II (30,00), $\text{FeCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ (10,68), $\text{Ni}_2\text{Cl} \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (0,06), $\text{Na}_2\text{SiO}_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ (284,20).

30

[0031] La solución se neutralizó hasta un pH de aproximadamente 7 con 2M de NaOH. Se inoculó con el efluente de otra célula de combustible microbiana en funcionamiento. Se introdujo acetato de potasio (KAc) como materia prima en lotes, para que los microorganismos anodofílicos, entre otros, procedieran a multiplicarse en la célula energética. El compartimento de cátodo se llenó con 50 mM de $\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$ y 100 mM de KH_2PO_4 , que se neutralizaron hasta un pH de aproximadamente 7. Esta solución se sustituyó más tarde por agua desmineralizada con 2 ml de tampón de fosfato por litro (K_2HPO_4 132,7 g/l; KH_2PO_4 : 168,5 g/l). El volumen del líquido del ánodo y el volumen del líquido del cátodo son de aproximadamente 250 y 200 ml, respectivamente.

35

40

[0032] El acetato se consumió en las células de combustible microbianas, y se midió el voltaje celular en el ánodo y el cátodo. Cuando este voltaje celular hubo disminuido, todos los gránulos de grafito se retiraron del conjunto y se guardaron. Se retiró el KAc residual tanto como se pudo mediante aclarado de los gránulos de grafito con el medio nutritivo. Entonces se introdujeron los gránulos de grafito extra, y se determinó la concentración de KAc. Después, los gránulos se distribuyeron en las ocho células de combustible microbianas.

45

[0033] Se obtuvo una muestra de *Glyceria maxima* (sinónimo *Glyceria aquatica*) del lecho de un arroyo en Renkum (Países Bajos). Los tallos de la *Glyceria maxima* se separaron (lo que a veces requirió cortar a través del rizoma horizontal) y se lavaron concienzudamente para retirar la materia orgánica. Las partes marrones de la planta se cortaron, de modo que solo quedaran plantas verdes de *Glyceria maxima*. Se colocaron plantas de *Glyceria maxima* húmedas en el compartimento de ánodo de seis células de combustible microbianas (números de 3 a 8), usando de 20 a 30 plantas por célula. Dos células de combustible microbianas no recibieron ninguna planta viva pero se trataron de la misma manera que las otras células de combustible microbianas y actuaron como muestras de referencia (células de combustible microbianas número 1 y 2).

50

55

[0034] El nivel del líquido del ánodo disminuyó durante el experimento, debido a la evaporación. Se rellenaba regularmente con agua desmineralizada (hasta el día 13) o con solución nutritiva de Hoagland (los días 13-19), o con solución nutritiva de Hoagland con un tampón (4 ml/l con K_2HPO_4 132,7 g/l; KH_2PO_4 : 168,5 g/l) (los días 19 a 34), o con solución de Hoagland sin nada de nitrógeno, con la composición siguiente, en la que la concentración en mg por litro se da entre paréntesis: $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ (246,49), KCl (3,73), H_3BO_3 (1,55), $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ (0,34), $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ (0,58), $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ (0,12), $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ (0,09), H_2MoO_4 con 85% de MoO_3 (161,97), $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (2,00), Na_2SeO_3 (0,10), EDTA como Titriplex II (30,00), $\text{FeCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ (10,68), $\text{Ni}_2\text{Cl} \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (0,06), $\text{Na}_2\text{SiO}_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ (284,20) con un búfer (4 ml/l con K_2HPO_4 132,7 g/l; KH_2PO_4 : 168,5 g/l) (desde el día 34 hasta el final). Una bomba, instalada el día 23, se usó para introducir la solución nutritiva en intervalos de 15 minutos,

60

65

bajo el control de un interruptor de tiempo. Cualquier exceso de medio fluyó hasta un matraz de recepción mediante un rebosadero.

[0035] El nivel del líquido del cátodo también disminuyó durante el experimento. Se rellenaba regularmente mediante la adición de agua desmineralizada. El día 14, el líquido del cátodo se sustituyó con un líquido de cátodo nuevo, que contenía agua desmineralizada con un tampón de fosfato (K_2HPO_4 132,7 g/l; KH_2PO_4 : 168,5 g/l; 2 ml/l). La tela de grafito del cátodo se sustituyó aquí con un trozo de tela nuevo. Se observó que algo del líquido del cátodo anterior había permanecido en el compartimento de cátodo, posiblemente procedente de la membrana.

[0036] La Fig. 2 muestra la potencia de salida de tres células de combustible microbianas con *Glyceria maxima* (números 3, 4 y 8) y las dos células de combustible de referencia (números 1 y 2) para los días 1 a 78. La energía específica máxima, medida fuera de línea, fue de 0,062 mW. Los conjuntos de referencia no produjeron energía eléctrica, pero los conjuntos de *Glyceria maxima* sí. Las plantas de *Glyceria maxima* siguieron vivas y también crecieron durante este experimento.

Referencias

[0037]

- H. Liu, S. Grot and B.E. Logan (2005): "Electrochemically assisted microbial production of hydrogen from acetate", *Environmental Science and Technology*, 39, No. 11 (2005) pp. 4317-4320
- B.E. Logan, B. Hamelers, R. Rozendal, U. Schröder, J. Keller, S. Freguia, P. Aelterman, W. Verstraete and K. Rabaey (2006): "Microbial fuel cells: Methodology and technology", *Environmental Science and Technology*, 40 (2006) pp. 5181-5192
- B.E. Logan and J.M. Regan (2006): "Electricity-producing bacterial communities in microbial fuel cells", *Trends in Microbiology*, 14, No. 12 pp. 512-518
- D.R. Lovley (2006a): "Bug juice: harvesting electricity with micro-organisms", *Nature Reviews Microbiology*, 4 pp. 497-508
- D.R. Lovley (2006b): "Microbial fuel cells: novel microbial physiologies and engineering approaches", *Current Opinion in Biotechnology*, 17 pp 327-332
- J.M. Lynch: "The Rhizosphere", John Wiley & Sons, 1990
- K. Rabaey and W. Verstraete (2005): "Microbial fuel cells: sustainable core technology", *Trends in Biotechnology*, 23 pp. 291-298
- M. Rosenbaum, U. Schröder and F. Scholz (2005a): "Utilizing the green alga *Chlamydomonas reinhardtii* for microbial electricity generation: A living solar cell", *Applied Microbiology and Biotechnology*, 68 pp. 753-756
- M. Rosenbaum, U. Schröder and F. Scholz (2005b): "In situ electrooxidation of photobiological hydrogen in a photobioelectrochemical fuel cell based on *Rhodobacter sphaeroides*", *Environmental Science and Technology*, 39 pp. 6328-6333
- R.A. Rozendal, H.V.M. Hamelers, G.J.W. Euverink, S.J. Metz and C.J.N. Buisman (2006): "Principle and perspectives of hydrogen production through biocatalyzed electrolysis", *Int. J. Hydrogen Energy*, 31 pp. 1632-1640
- L. Taiz and E. Zeiger (2006): "Plant Physiology", Sinauer Associates, Inc., Sunderland, EE. UU.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Dispositivo para convertir energía luminosa en energía eléctrica y/o hidrógeno que comprende un reactor, donde el reactor comprende un compartimento de ánodo (2) que incluye un material anódico y un compartimento de cátodo y donde el compartimento de ánodo comprende a) un microorganismo anodofílico capaz de oxidar un compuesto donador de electrones, y b) una planta viva (7) o parte de la misma, capaz de convertir energía luminosa mediante fotosíntesis en el compuesto donador de electrones, donde la zona de la raíz (8) de la planta esta colocada esencialmente en el material anódico.
- 10 2. Dispositivo según la reivindicación 1, donde el compuesto donador de electrones es un mineral orgánico.
3. Dispositivo según la reivindicación 1 o 2, donde el compartimento de ánodo y el compartimento de cátodo están separados por una membrana.
- 15 4. Dispositivo según la reivindicación 3, donde la membrana es una membrana selectiva de iones.
5. Dispositivo según la reivindicación 4, donde la membrana es una membrana selectiva de protones.
- 20 6. Dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones 1 - 5, donde la planta es una planta energética.
7. Dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones 1 - 6, donde el compartimento de ánodo comprende un ánodo que comprende un material anódico seleccionado del grupo que consiste en gránulos de grafito, fieltro de grafito, barras de grafito, otros conductores de electrones que contienen grafito y combinaciones de los mismos.
- 25 8. Dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones 1 - 7, donde el compartimento de ánodo y/o el compartimento de cátodo están cerrados respecto de su entorno o donde el compartimento de ánodo y/o el compartimento de cátodo están en contacto con su entorno.
- 30 9. Dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones 1 - 8, donde el dispositivo comprende un componente que reduce o evita la producción de metano en el compartimento de ánodo.
10. Dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones 1 - 9, donde el dispositivo dispone de un rebosadero.
- 35 11. Método para convertir energía luminosa en energía eléctrica y/o hidrógeno, donde una materia prima se introduce en un dispositivo que comprende un reactor, donde el reactor comprende un compartimento de ánodo (2) y un compartimento de cátodo y donde el compartimento de ánodo comprende a) un microorganismo anodofílico capaz de oxidar un compuesto donador de electrones, y b) una planta viva (7) o parte de la misma, capaz de convertir energía luminosa mediante fotosíntesis en el compuesto donador de electrones, donde el microorganismo vive alrededor de la zona de la raíz (8) de la planta o parte de la misma.
- 40 12. Método según la reivindicación 11, donde el compuesto donador de electrones es un mineral orgánico.
13. Método según la reivindicación 11 o 12, donde la planta es una planta energética.
- 45 14. Método según cualquiera de las reivindicaciones 11 - 13, donde el compuesto donador de electrones es un exudado, una secreción, un lisado, material vegetal de partes muertas de plantas, un gas y/o una goma de origen vegetal.
- 50 15. Método según cualquiera de las reivindicaciones 11 - 14, donde la materia prima comprende uno o más micro y/o macronutrientes.
16. Método según cualquiera de las reivindicaciones 11 - 15, donde el compartimento de ánodo comprende un mediador redox.

Fig 1

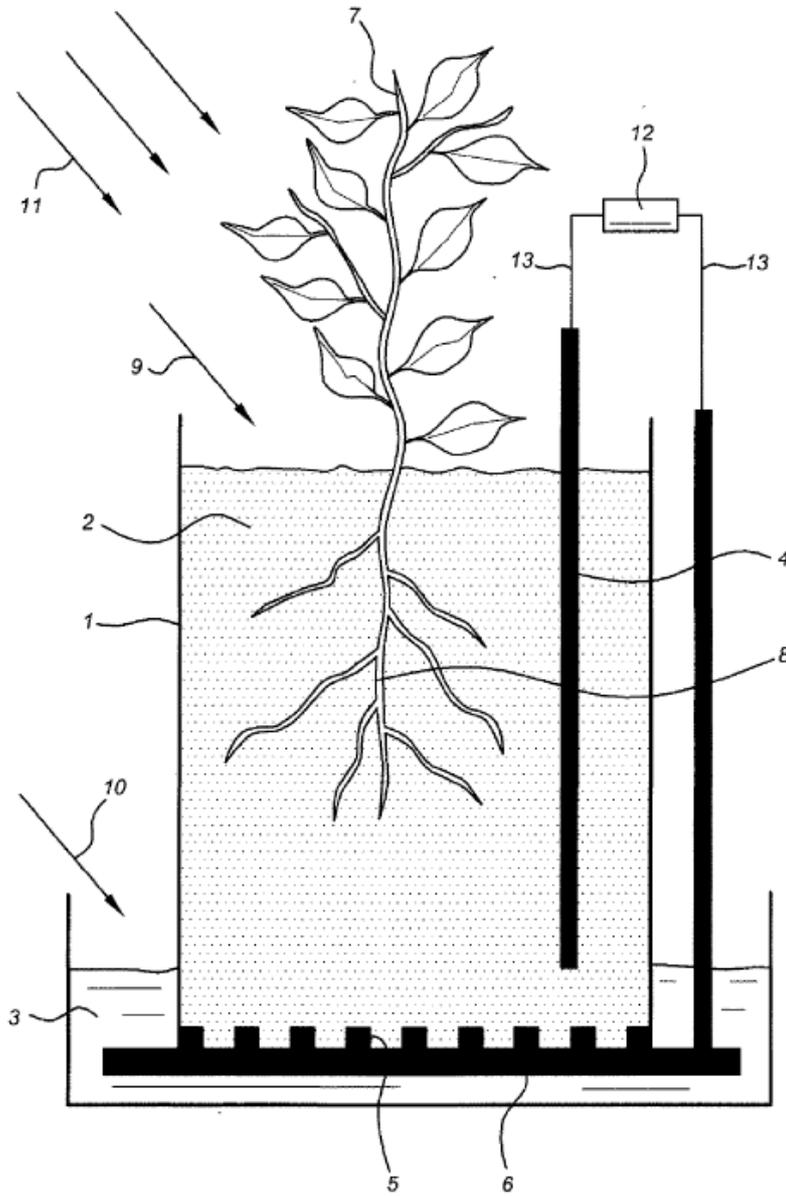


Fig 2

