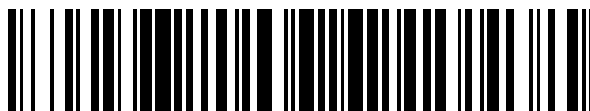


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 562 913**

51 Int. Cl.:

C25B 1/04 (2006.01)

C25B 9/18 (2006.01)

H01L 31/052 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **07.10.2005 E 05792163 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **06.01.2016 EP 1834012**

54 Título: **Dispositivo y procedimiento para la generación fotovoltaica de hidrógeno**

30 Prioridad:

18.10.2004 DE 102004050638

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

09.03.2016

73 Titular/es:

**FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT ZUR
FÖRDERUNG DER ANGEWANDTEN
FORSCHUNG E.V. (100.0%)
Hansastraße 27c
80686 München, DE**

72 Inventor/es:

DIMROTH, FRANK

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 562 913 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 procedimiento para la generación fotovoltaica de hidrógeno

5 La invención se refiere a un dispositivo y un procedimiento para la generación fotovoltaica de hidrogeno a partir de compuestos que contienen hidrógeno, en los que por medio de un concentrador óptico se concentra luz solar en células solares, y la tensión generada por ello se utiliza directamente para la electrolisis de un compuesto que contiene hidrógeno, en particular de agua desionizada, para generar hidrógeno.

El hidrógeno solar puede obtenerse con ayuda de separación biológica del agua mediante bacterias, células fotoelectroquímicas, a partir de la transformación de biomasa, o mediante la separación termosolar de agua a altas temperaturas.

10 Hasta ahora, la electrolisis de hidrógeno se realiza por medio de fotovoltaica, la mayoría de las veces mediante sistemas de módulo solar y electrolizador separados conectados unos tras otros. Lo mismo es válido para sistemas que emplean energía eólica para la electrolisis. Los primeros sistemas se describen, por ejemplo también en el documento resumen de M.A.K. Lodhi "A Hybrid System of Solar Photovoltaic, Thermal and Hydrogen: A Future Trend", Int. J. Hydrogen Energy, Vol. 20, n.º 6, páginas 417-484 (1995). Este documento describe también el uso de sistemas PV de concentración para la generación de corriente, y sistemas híbridos que utilizan tanto electricidad generada de manera solar, como también calor para la electrolisis.

15 La eficiencia de la generación de hidrógeno es relativamente reducida para todos estos sistemas, y el procedimiento caro en su conjunto. También hubo en el pasado ideas para emplear células solares directamente para la electrolisis de agua o de solución acuosa, pero la tensión de la mayoría de células solares en el punto de trabajo es demasiado escasa para realizar la electrolisis.

20 La electrolisis de agua con ayuda de un electrodo semiconductor se describió por primera vez en julio de 1972 en Nature vol. 238 "Electrochemical Photolysis of Water at a Semiconductor Electrode" de Akira Fijishima y Kenichi Honda. Esta publicación muestra cómo puede separarse hidrógeno con ayuda de luz solar a partir de una solución acuosa. En este caso, se lleva agua al contacto directo con una capa semiconductor de TiO₂ de conductores n y una contraplaca de Pt. En el caso de TiO₂ la diferencia de potencial alcanzada en la luz solar es suficiente para la separación de agua. Se describe cómo pueden obtenerse del agua hidrógeno y oxígeno con este procedimiento fotoelectroquímico. Sin embargo debido a la elevada energía de banda prohibida de TiO₂, en el electrodo solamente se captura una parte muy reducida del espectro solar y se utiliza para la electrolisis. Por tanto este procedimiento no es eficiente.

25 En una patente de D. I. Tchernev del año 1975 (US 3.925.212) "Device for Solar Energy Conversion by Photo-Electrolytic Decomposition of Water" se muestra por primera vez que también las capas semiconductoras separadas de conductores p y n pueden utilizarse como electrodos bajo iluminación para la separación de agua. También en esta disposición, las capas semiconductoras se encuentran en contacto directo con el electrolito.

30 Otra patente del año 1984 "Photolytic production of hydrogen" US 4.466.869 de A. Williams describe por primera vez que el fotoelectrodo también puede componerse de una estructura de capas de varias capas semiconductoras colocadas unas encima de otras con diferente energía de banda prohibida. Por tanto, el fotoelectrodo corresponde en principio a una célula solar de cascada, tal como también se emplea de manera preferente en la invención descrita en este documento. En el National Renewable Energy Laboratory NREL se trabajó desde 1998 en un sistema para la fabricación de hidrógeno por medio de energía solar. O. Khaselev, J. A. Turner describen en Science; vol. 280, 17 de abril (1998), páginas 425-427 "A Monolithic Photovoltaic-Photoelectrochemical Device for Hydrogen Production via Water Splitting" un procedimiento fotoelectroquímico para la separación de agua. En este caso se empleó por primera vez una célula solar de cascada de semiconductores III-IV como uno de los fotoelectrodos. La contraplaca se componía de platino. Además se mencionó por primera vez el empleo de luz solar concentrada. Las capas semiconductoras se encuentran en todas las disposiciones mencionadas en contacto directo con el electrolito, y representan incluso uno de los electrodos para la separación del agua. La generación de energía fotovoltaica y la electrolisis de agua por lo tanto no están separadas espacialmente.

35 El documento US 5973825 A1 describe un dispositivo y método para la generación de hidrógeno mediante electrolisis y vapor de agua, en el que una célula solar con espejo parabólico y dispositivo orientador óptico de la célula de electrolisis suministra corriente, y la célula se calienta a su temperatura de servicio de al menos 700 °C.

40 Por lo tanto el objetivo de la presente invención era facilitar un sistema para la producción de hidrógeno fotovoltaica que presentase una alta eficiencia en la generación de hidrógeno, y a este respecto al mismo tiempo fuese económico en la fabricación.

45 Este objetivo se consigue mediante el dispositivo, o bien el procedimiento, para la generación fotovoltaica de hidrógeno de acuerdo con la reivindicación 1, o bien 21. Las reivindicaciones dependientes adicionales muestran perfeccionamientos ventajosos.

- De acuerdo con la invención se facilita un dispositivo para la generación fotovoltaica de hidrógeno a partir de compuestos que contienen hidrógeno, que se compone de varias unidades orientadas hacia la posición del sol, que presenta un concentrador óptico para la concentración de luz solar en una célula solar, al menos una célula solar que no está en contacto con los compuestos que contienen hidrógeno, que está conectada eléctricamente con un electrolizador que presenta un ánodo que está en contacto con los compuestos que contienen hidrógeno, y un cátodo, estando dispuestas las unidades en un sistema orientador que sigue la posición del sol, y presentado el electrolizador una temperatura de trabajo de -10 °C a 200 °C.
- En comparación con los sistemas conocidos por el estado de la técnica en los que se emplean dos sistemas separados para la generación de corriente fotovoltaica por un lado, y para la electrolisis por otro lado, el sistema sobre el que se basa la invención se caracteriza por la integración de generación de corriente solar y producción de hidrógeno en un sistema, y por tanto por una demanda de material y de espacio reducida, una eficiencia más elevada y costes potencialmente más reducidos para el hidrógeno solar. De esta manera se omiten pérdidas eléctricas que se originan habitualmente mediante la interconexión de células solares en un módulo. Incluso cuando no funcionan células individuales dentro de un módulo, la capacidad de funcionamiento de las unidades restante no se ve perjudicada. Una ventaja adicional con respecto al procedimiento fotoelectroquímico se basa en que la célula fotovoltaica no está en contacto directo con el electrolito. Esto, de no ser así puede llevar a problemas considerables, como por ejemplo la oxidación de capas semiconductoras o al desgaste o bien la precipitación de material mediante la electrolisis. Esto prolonga la estabilidad durante largo tiempo de tales sistemas. Además se evitan las pérdidas por absorción ópticas de la luz solar en el compuesto que contiene hidrógeno.
- Preferentemente cada unidad individual del dispositivo presenta una potencia eléctrica de 1 a 100 W.
- El electrolizador de acuerdo con la invención presenta preferentemente una temperatura de trabajo de 30 °C a 100 °C.
- Preferentemente como concentrador óptico se emplea una lente de focalización puntual, por ejemplo una lente Fresnel. Alternativamente puede emplearse una lente Fresnel curvada con un foco lineal, un espejo parabólico con foco lineal o un espejo en forma de cuenco con foco puntual.
- La célula solar está construida preferentemente de varias capas de materiales semiconductores interconectadas entre sí en serie con energía de banda prohibida diferente en cada caso. Preferentemente, los materiales semiconductores están seleccionados en este caso del grupo que se compone de silicio, germanio y los compuestos III-V de aluminio, galio o indio con nitrógeno, fósforo, arsénico o antimonio.
- La polaridad de la célula solar puede seleccionarse de cualquier manera, de modo que es posible tanto una polaridad np como también una polaridad pn. La célula solar puede presentar, si solamente se presenta una transición pn o np interconectadas entre sí en serie una tensión de más de 1,4 voltios, especialmente preferente de 1,6 a 2,4 voltios. Si la célula solar presenta varias transiciones pn o np interconectadas en serie, entonces puede alcanzarse una tensión en el intervalo de 1,5 a 6 voltios. La célula solar presenta en este caso preferentemente una superficie de 0,01 a 1 cm al cuadrado.
- Como electrolizador se emplea preferentemente una membrana de polímero (PEM) permeable a los protones con dos electrodos, el cátodo y el ánodo.
- Preferentemente el ánodo y el cátodo se componen de metales nobles, en este caso en particular platino, paladio o iridio, sus compuestos, por ejemplo óxido de iridio, o de metales recubiertos con metal noble, en este caso en particular níquel, hierro o cobre. Estos materiales sirven también como catalizador para la electrolisis. Los electrodos pueden presentar preferentemente de manera adicional una estructura de distribución que está dispuesta para la distribución de la corriente en los electrodos. Esta es preferentemente una rejilla metálica.
- Una variante adicional del dispositivo de acuerdo con la invención prevé que el ánodo esté unido con un sistema de canales a través del cual fluyen los compuestos que contienen hidrógeno. El cátodo está conectado igualmente con un sistema de canales o un material permeable al gas a través de cual se deriva el hidrógeno generado.
- Una forma de realización adicional del dispositivo de acuerdo con la invención prevé que el electrolizador se componga de dos o más unidades conectadas en serie entre sí con una tensión de trabajo debidamente más elevada.
- De acuerdo con la invención también se facilita un procedimiento para la generación de hidrógeno de compuestos que contienen hidrógeno, en el que se concentra luz solar por medio de un concentrador óptico en al menos una célula solar, y con la tensión generada de manera fotovoltaica se electrolizan los compuestos que contienen hidrógeno a una temperatura preferentemente en el intervalo de 30 °C a 100 °C, empalmándose eléctricamente la célula solar con un electrolizador, con un cátodo y/o un ánodo, y conduciéndose los protones formados por la electrolisis desde el ánodo hacia el cátodo, donde se reducen a hidrógeno molecular.
- Una forma de realización preferente del procedimiento de acuerdo con la invención prevé que los compuestos que contienen hidrógeno también se empleen para la refrigeración, al permitir fluir a los compuestos que contienen

hidrógeno a lo largo de la célula solar.

De manera preferente, el compuesto que contiene hidrógeno contiene agua desionizada en partes fundamentales. En este caso también es posible generar también oxígeno además de hidrógeno.

5 Mediante las figuras siguientes debe explicarse con más detalle el objeto de acuerdo con la invención, sin querer limitar este a las formas de realización mostradas en el presente documento.

La figura 1 muestra una representación esquemática del procedimiento de acuerdo con la invención para la generación de hidrógeno.

La figura 2 muestra una primera forma de realización del dispositivo de acuerdo con la invención.

10 La figura 3 muestra un dispositivo de acuerdo con la invención para la generación fotovoltaica de hidrógeno como sistema global.

La figura 4 muestra esquemáticamente el principio de la transformación de energía en el procedimiento de acuerdo con la invención para la generación de hidrógeno.

La figura 5 muestra una segunda forma de realización del dispositivo de acuerdo con la invención.

La figura 6 muestra una tercera forma de realización del dispositivo de acuerdo con la invención.

15 La figura 7 muestra la estructura esquemática de un dispositivo de acuerdo con la invención en el que está combinada una unidad de electrolisis con varias células solares.

En la figura 1 se representa esquemáticamente el sistema que puede producir hidrógeno de manera eficiente mediante la electrolisis de compuestos que contienen hidrógeno, por ejemplo soluciones acuosas, como agua desionizada, con ayuda de energía generada de manera fotovoltaica. Este sistema se compone de un concentrador 2 que concentra la luz solar 1 en una célula solar 3. El factor de la concentración de la luz solar puede situarse en este caso en el intervalo de 50 y alrededor de 1500. De manera preferente, en este caso las concentraciones de la luz solar están en el intervalo de 300 y 1000. En el foco del concentrador 2 se encuentra una célula solar 3 que transforma la energía solar en corriente eléctrica. En este caso se generan tensiones de > 1,4 voltios, tal como son necesarias para la electrolisis, en el punto de trabajo de la célula solar. Esto puede realizarse mediante células solares de semiconductores III-IV con una o varias transiciones pn o bien np. Por ejemplo, como células solares de cascada pueden emplearse aquellas de GaInP/GaInAs o AlGaInAs/Ge. En este caso las energías de banda prohibida de las células solares pueden seleccionarse de manera que la línea característica de corriente-tensión de la célula bajo el espectro solar concentrado alcanza una eficiencia lo más alta posible para la electrolisis de los compuestos que contienen hidrógeno. La polaridad de la célula solar puede ser tanto de p a n, como también de n a p. La tensión presente en la célula solar 3 se usa directamente para la electrolisis de los compuestos 5 que contienen hidrógeno. Las capas de la célula solar conductoras p y n están unidas directamente con los electrodos del electrolizador 4. El hidrógeno 6 que se origina en este caso se evacúa y se acumula. Si se emplea agua para la electrolisis, entonces puede obtenerse también oxígeno como gas adicional. Cada célula solar individual en el sistema representado en la figura 1 está unida directamente con un electrolizador. Pero también es posible que, hasta 4 células solares o también más, estén unidas directamente con un único electrolizador. Además es posible que el electrolizador se componga de dos unidades de electrolisis conectadas en serie una tras otra, por lo que se duplica la tensión de trabajo. La integración de varias unidades de concentrador-célula solar-electrolizador separadas en un sistema global es esencial para la invención. Estas unidades pueden estar eléctricamente separadas por completo unas de otras (aunque no es obligatorio). En este caso están dispuestas en una unidad orientadora y siguen al sol.

En la figura 2 se representa una primera forma de realización de un dispositivo de acuerdo con la invención para la generación de hidrógeno fotovoltaica. Este dispositivo se compone de una lente Fresnel 2 que concentra la luz solar 1 en un factor 300 o más, y se conduce a una célula solar 3 de cascada de semiconductores III-IV. La superficie de la célula solar asciende en este caso entre 0,01 a 1 cm². En la célula solar, la luz solar concentrada se transforma con una elevada eficiencia de más del 30 % en energía eléctrica. La tensión de la célula solar en el punto de trabajo es en este caso > 1,4 voltios.

Hasta ahora no se empleaban los materiales III-V para la generación de energía terrestre dado que son demasiado caros. Sin embargo, mediante el empleo de luz concentrada se reduce la superficie semiconductor notablemente y el empleo se rentabiliza. Esto debe utilizarse en el futuro también para la generación de corriente solar en la tierra. El instituto Fraunhofer ISE trabaja en este contexto desde hace algunos años en el denominado concentrador FLATCONTM. Este sistema emplea igualmente células solares de cascada bajo luz solar concentrada para la generación de corriente eléctrica.

En una célula solar de cascada se precipitan unas sobre otras varias capas de semiconductores III-V de diferente energía de banda prohibida. Estas células parciales se interconectan en serie entre sí monolíticamente, es decir sobre el sustrato. Por ello pueden realizarse tensiones de trabajo entre 1 voltios para una célula solar simple y

aproximadamente 6 voltios para una célula solar con 5-6 transiciones pn interconectadas en serie. Las células solares con 3 transiciones pn han alcanzado eficiencias de hasta 37 % para la transformación de la luz solar concentrada en energía eléctrica (R. King et al. "Metamorphic III-V Materials" Acta de la 19ª conferencia europea de energía solar fotovoltaica, París 2004). La combinación de las bandas prohibidas y materiales para la aplicación descrita en este documento debe optimizarse de nuevo en cuanto a una maximización de la eficiencia para la electrolisis de agua. Ejemplos para posibles combinaciones de material son, por ejemplo, GaInP/GaInAs, GaAs/Ge, AlGaInAs/Ge, AlGaAs/Si, GaInP/GaInAs/Ge, AlGaInP/GaAs/GaInAs/Ge o AlGaInP/GaIn/Al/GaInAs/GaInAsN/Ge. Además del consumo de material más reducido, una ventaja adicional del empleo de luz concentrada consiste en que la tensión de una célula solar aumenta logarítmicamente con la concentración.

El contacto del lado anterior y el del lado posterior de la célula solar se une directamente a través de una rejilla metálica 6 con electrodos (por ejemplo de metales nobles como platino, paladio, iridio u óxido de iridio que también sirven como catalizador para la electrolisis o de electrodos de níquel, hierro o cobre recubiertos con tales metales nobles sobre una membrana 4 de polímero (PEM) permeable a los protones. La superficie de la membrana PEM puede extenderse hasta toda la superficie de incidencia de la luz solar (excepto la superficie de la luz solar). La membrana PEM puede ocupar también solamente una superficie mucho más pequeña. La membrana en el lado positivo del ánodo está en contacto directo con la solución que contiene hidrógeno, que por ejemplo se compone de agua desionizada 5. Sin embargo también pueden emplearse otras soluciones que tampoco tienen que ser necesariamente transparentes. En una disposición posible la solución fluiría en primer lugar por debajo de las células solares y allí contribuye al enfriamiento. Por ello puede aumentarse la eficiencia de las células solares. A continuación la solución se conduce a través de un sistema de canales hacia el ánodo y allí se separa en oxígeno e iones de hidrógeno. Las moléculas de oxígeno que se originan en el lado del ánodo aumentan dentro del líquido y pueden acumularse allí. Los iones H^+ transitan a través de la membrana PE hacia el cátodo negativo, donde reaccionan con dos electrones en cada caso para dar lugar a hidrógeno molecular. El lado del cátodo está unido de nuevo con un sistema de canales a través de cual fluye la solución que contiene hidrógeno, o está cubierto con un material permeable al gas o bien poroso, a través del cual puede conducirse el hidrógeno hacia el acumulador.

La figura 3 muestra un dispositivo 1 de acuerdo con la invención que está confeccionado para dar lugar a un sistema global para la generación de hidrógeno fotovoltaica. Los gases se acumulan en este caso en el borde superior de los módulos individuales y se alimentan a un acumulador 3. Este acumulador puede componerse por ejemplo de botellas de gas comprimido. El conducto de alimentación hacia los módulos puede estar evacuado. Los módulos se montan sobre una unidad 2 orientadora de 2 ejes que sigue el curso del sol. Esta es necesaria para mantener el foco lineal de la lente siempre exactamente sobre la célula solar. Dado que los electrolizadores PEM alcanzan rendimientos de 80 a 90 %, con el sistema descrito en este documento, de células solares de cascada III-V y sistema de catalizador PEM pueden alcanzarse rendimientos de 27 % para la generación de hidrógeno por medio de luz solar.

En la figura 4 se representa esquemáticamente el principio de la transformación de energía. A lo largo del ánodo, por ejemplo a través de un canal se conduce compuesto que contiene hidrógeno. En este caso se llega a la separación de agua para formar oxígeno y protones. Los protones a su vez pueden pasar por la membrana de polímero (PEM) permeable a los protones y llegar de esta manera al cátodo. Aquí se llega a la reducción de los protones para formar hidrógeno molecular. En el presente ejemplo, la membrana de polímero está dispuesta adyacente a la célula solar. La célula solar puede enfriarse adicionalmente desde el lado posterior mediante un canal inundado por agua de refrigeración. La figura 5 muestra una forma de realización adicional de la invención en la que está dispuesto el electrolizador PEM 4 por debajo de la célula solar 3. El agua circula en este caso directamente a través de canales 5 por debajo de la célula solar que están soldados en una placa 6 de Cu. La placa de Cu puede estar separada eléctricamente en este caso con respecto al agua a través de un aislante. Existe un buen contacto térmico entre agua para la electrolisis y la célula solar. El hidrógeno y oxígeno se transportan en este caso como burbujas de gas en el líquido.

En una realización adicional de la invención descrita en este documento, dos unidades de electrolisis se interconectan en serie. Esto es conveniente cuando la tensión de la célula solar de concentrador alcanza en el punto de trabajo el doble de la tensión necesaria para la electrolisis, es decir aproximadamente 3 voltios. Las tensiones altas de este tipo pueden alcanzarse con una única célula solar de cascada de alta eficiencia de semiconductores III-V. Una estructura posible para la interconexión en serie de dos unidades de electrolisis PEM se muestra en la figura 6. En esta figura significan:

- 1 sol
- 2 lente de focalización puntual
- 3 III- a V célula solar de cascada
- 4 membrana PEM con electrodos
- 5 agua o solución que contiene hidrógeno para la electrolisis para enfriar la célula solar
- 6 placa metálica de Cu como soporte para la célula solar
- 7 separador estructurado, conductor entre las dos membranas PEM con canales de agua, por ejemplo de titanio

60

En una realización adicional de la invención se unen de dos a cuatro células solares-concentrador en cada caso con un solo electrolizador (véase la figura 7). Esta disposición es adecuada si la corriente generada por una célula solar-concentrador no es suficiente para que el electrolizador funcione de manera eficiente. Las disposiciones de la figura 2 y figura 7, o figura 5 y figura 7 pueden combinarse también entre sí.

REIVINDICACIONES

1. Dispositivo para la generación de hidrógeno a partir de compuestos que contienen hidrógeno, que contiene varias unidades de al menos en cada caso un concentrador óptico para la concentración de luz solar en al menos una célula solar, al menos una célula solar que no está en contacto con los compuestos que contienen hidrógeno, que está conectada eléctricamente con un electrolizador que presenta un ánodo que está en contacto con los compuestos que contienen hidrógeno, y un cátodo, estando dispuestas las unidades en un sistema orientador que sigue la posición del sol y presentando el electrolizador una temperatura de trabajo de -10 °C a 200 °C.
2. Dispositivo de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado porque** cada unidad presenta una potencia eléctrica de menos de 100 vatios.
3. Dispositivo de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, **caracterizado porque** el electrolizador presenta una temperatura de trabajo de 30 °C a 100 °C.
4. Dispositivo de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** el concentrador óptico es una lente de focalización puntual, en particular una lente Fresnel, o una lente de focalización lineal.
5. Dispositivo de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** el concentrador óptico es un espejo parabólico con un foco lineal.
6. Dispositivo de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** el concentrador óptico es un espejo en forma de cuenco con un foco puntual.
7. Dispositivo de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** la célula solar se compone de varias capas de materiales semiconductores interconectadas entre sí en serie con energía de banda prohibida diferente en cada caso.
8. Dispositivo de acuerdo con la reivindicación anterior, **caracterizado porque** los materiales semiconductores están seleccionados del grupo que se compone de silicio, germanio y compuestos III-V de aluminio, galio, indio así como nitrógeno, fósforo, arsénico y antimonio.
9. Dispositivo de acuerdo con la reivindicación anterior, **caracterizado porque** la célula solar presenta una polaridad np.
10. Dispositivo de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 8, **caracterizado porque** la célula solar presenta una polaridad pn.
11. Dispositivo de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** la célula solar presenta una transición pn o np y posee una tensión de más de 1,4 V, en particular de 1,6 a 2,4 V.
12. Dispositivo de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** la célula solar presenta varias transiciones pn o np interconectadas en serie y posee una tensión en el intervalo de 1,5 a 6 V.
13. Dispositivo de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** la célula solar posee una superficie de 0,01 a 1 cm².
14. Dispositivo de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** el electrolizador contiene una membrana de polímero (PEM) permeable a los protones que está en contacto directo con el cátodo y el ánodo.
15. Dispositivo de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** el ánodo y el cátodo se componen de metales nobles, en particular platino, paladio e iridio, de sus compuestos, en particular óxido de iridio, o de metales recubiertos con metales nobles en particular níquel, hierro o cobre.
16. Dispositivo de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** sobre los electrodos está dispuesta una estructura de distribución, en particular una rejilla metálica para la distribución de la corriente.
17. Dispositivo de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** en el cátodo está dispuesto al menos un canal o un material permeable al gas para la derivación del hidrógeno generado.
18. Dispositivo de acuerdo con una de las dos reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** el canal y/o el recubrimiento en el lado dirigido a la luz es impermeable a la luz o reflectante.
19. Dispositivo de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** el compuesto que contiene hidrógeno es de agua desionizada en partes esenciales.
20. Dispositivo de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** el electrolizador se compone de varias unidades de electrodos y membrana permeable a los protones interconectadas en serie.

21. Procedimiento para la generación de hidrógeno a partir de compuestos que contienen hidrógeno, en el que se concentra luz solar por medio de un concentrador óptico en al menos una célula solar, y con la tensión generada de manera fotovoltaica se electrolizan los compuestos que contienen hidrógeno, y los protones formados mediante electrolisis se conducen desde el ánodo hacia el cátodo donde se reducen a hidrógeno molecular, en el que se emplean varias unidades orientadas a la posición del sol que se componen de al menos un concentrador y al menos una célula solar que no está en contacto con los compuestos que contienen hidrógeno, que se empalma eléctricamente con un electrolizador con un cátodo y un ánodo, presentado el electrolizador una temperatura de trabajo de -10 °C a 200 °C.
22. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 21, **caracterizado porque** se emplean células solares de varias transiciones de materiales semiconductores pn o np interconectadas entre sí en serie con diferente energía de banda prohibida en cada caso.
23. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 21 o 22, **caracterizado porque** los materiales semiconductores están seleccionados del grupo que se compone de silicio, germanio y compuestos III-V de aluminio, galio o indio, así como nitrógeno, fósforo, arsénico o antimonio.
24. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 21 a 23, **caracterizado porque** el número de las transiciones pn o np de la célula solar se selecciona de manera que la célula solar presenta una tensión en el intervalo de 1,5 a 6 V.
25. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 21 a 24, **caracterizado porque** la luz se concentra en el factor 50 a 1500, en particular en el factor 300 a 1000.
26. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 21 a 25, **caracterizado porque** la luz se concentra con una lente óptica de focalización puntual, en particular una lente Fresnel, un espejo en forma de cuenco de focalización puntual, una lente óptica de focalización lineal o un espejo parabólico.
27. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 21 a 26, **caracterizado porque** como electrolizador se emplea una membrana de polímero permeable a los protones.
28. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 21 a 27, **caracterizado porque** el hidrógeno de las unidades se reúne y se acumula.
29. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 21 a 28, **caracterizado porque** el hidrógeno generado se deriva a través de un sistema de canales.
30. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 21 a 29, **caracterizado porque** los compuestos que contienen hidrógeno se emplean para la refrigeración, al permitir que los compuestos que contienen hidrógeno fluyan a lo largo de las células solares.
31. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 21 a 30, **caracterizado porque** como producto secundario se genera oxígeno molecular.
32. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 21 a 31, **caracterizado porque** el compuesto que contiene hidrógeno se compone de agua desionizada en partes esenciales.

Fig. 1

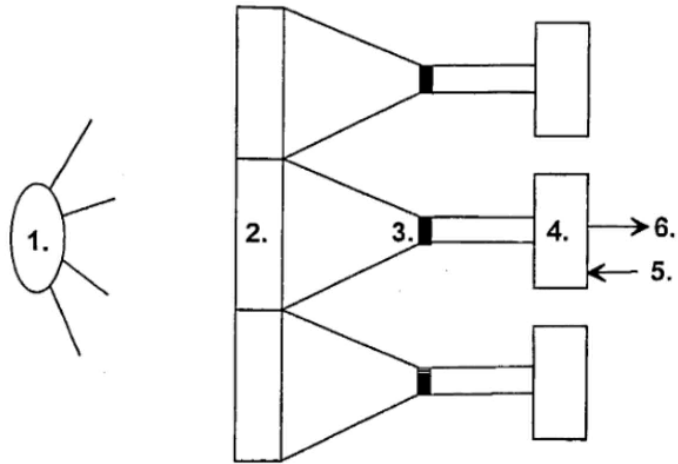


Fig. 2

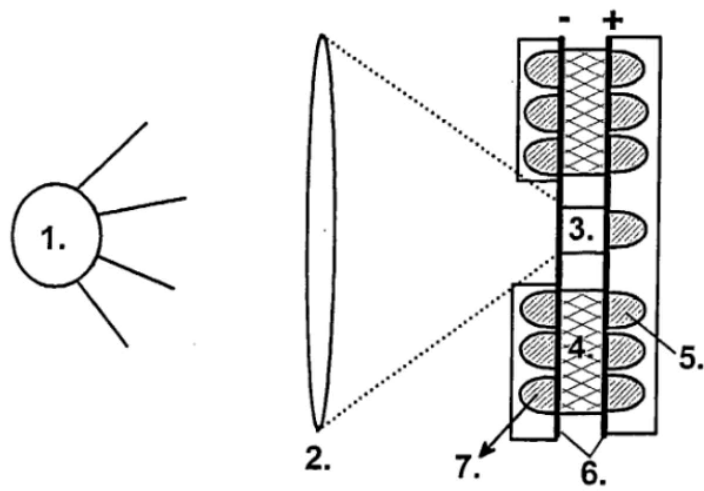


Fig. 3

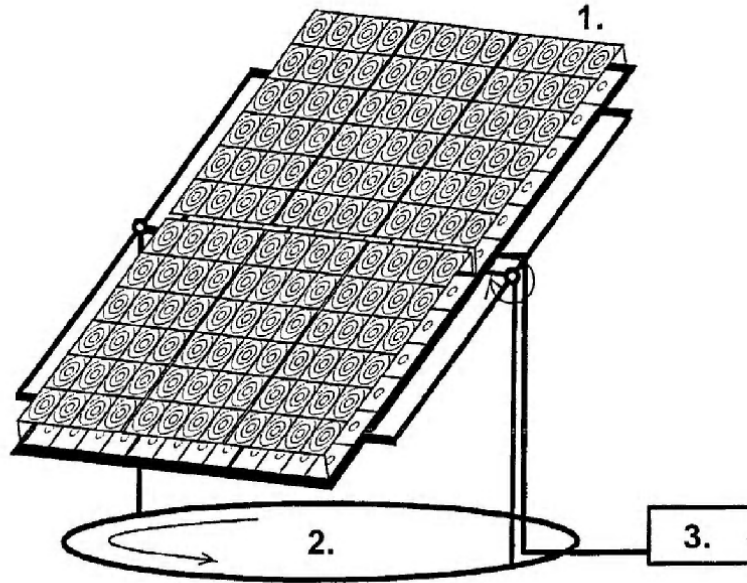


Fig. 4

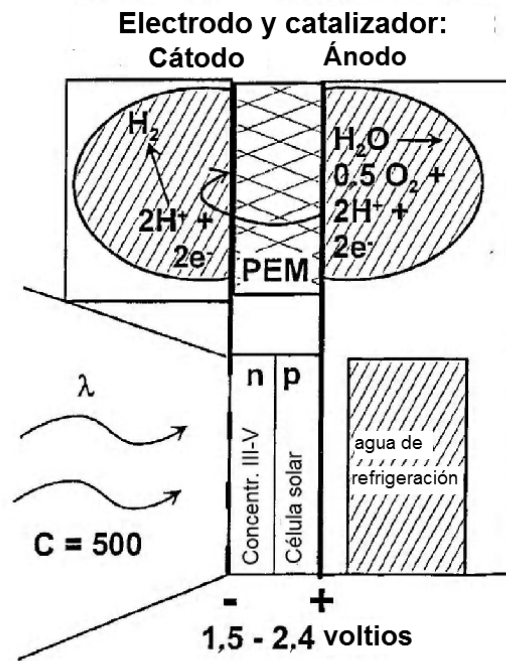


Fig. 5

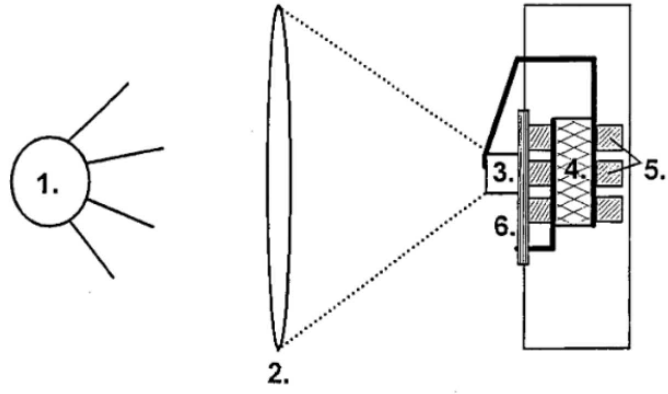


Fig. 6

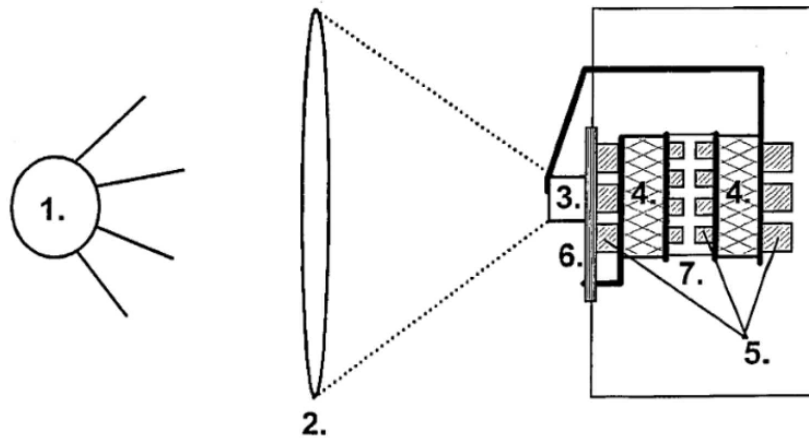


Fig. 7

