



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 366 366**

51 Int. Cl.:
H01M 14/00 (2006.01)
H01L 31/04 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **05026482 .9**
96 Fecha de presentación : **05.12.2005**
97 Número de publicación de la solicitud: **1667275**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **07.06.2006**

54 Título: **Célula solar sensibilizada con colorante y módulo de células solares sensibilizadas con colorante.**

30 Prioridad: **06.12.2004 JP 2004-353134**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
19.10.2011

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
19.10.2011

73 Titular/es: **sharp kabushiki kaisha**
22-22, Nagaike-cho Abeno-ku
Osaka-shi, Osaka 545-8522, JP

72 Inventor/es: **Fuke, Nobuhiro;**
Fukui, Atsushi y
Yamanaka, Ryohsuke

74 Agente: **Carvajal y Urquijo, Isabel**

ES 2 366 366 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

Célula solar sensibilizada con colorante y módulo de células solares sensibilizadas con colorante

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

1. Campo de la Invención

- 5 La presente invención se refiere a una célula solar sensibilizada con colorante y a un módulo de células solares sensibilizadas con colorante.

2. Descripción de la Técnica Relacionada

10 Las células solares, que pueden convertir la luz solar en potencia eléctrica, han atraído la atención como fuente de energía sustitutiva de los combustibles fósiles. Actualmente, se han utilizado de manera práctica algunas células solares que utilizan sustratos de silicio cristalino y células solares de silicio de película delgada. Sin embargo, las primeras tienen el problema del elevado costo de producción de los sustratos de silicio, y las últimas tienen el problema de que el costo de producción se incrementa debido a que se requieren varias clases de gases para la fabricación de semiconductores y complicadas instalaciones de fabricación. Por lo tanto, en ambas células solares, se ha intentado reducir el coste por salida de potencia eléctrica, incrementando la eficiencia de la conversión fotoeléctrica; sin embargo, los problemas mencionados anteriormente siguen sin ser solucionados.

15 El documento US 2003/0 205 268 da a conocer un dispositivo de conversión fotoeléctrica que comprende una capa semiconductor de partículas, en donde la capa semiconductor de partículas está preparada mediante un método que comprende una etapa de irradiación de partículas semiconductoras con una onda electromagnética, o una etapa de calentamiento de partículas semiconductoras a una temperatura de 50 °C o superior, y menor de 350 °C, bajo una presión de 0,05 MPa o menor.

20 El documento WO 03/034533 A1 se refiere a un electrodo semiconductor de óxido de metal sensibilizado con colorante orgánico, que tiene una película conductora de óxido de metal producida fácilmente a baja temperatura, y a una célula solar sensibilizada con colorante orgánico que comprende dicho electrodo. El electrodo semiconductor comprende un sustrato que tiene un electrodo transparente en su superficie, una película semiconductor de óxido de metal formada en el electrodo transparente, y un colorante orgánico adsorbido sobre la superficie de la película semiconductor. La película semiconductor de óxido de metal está formada mediante un filmógeno en fase de vapor.

25 De acuerdo con el documento WO 2004/032 274 A1, la superficie de una capa de cableado metálico en un sustrato de electrodo está recubierta con aislamiento mediante una capa de aislamiento. En un elemento de conversión fotoeléctrica que utiliza este sustrato de electrodo, la capa del cableado metálico está apantallada positivamente respecto de un electrolito o similar, para impedir eficazmente su corrosión y una fuga de corriente, y mejorar la eficiencia de la conversión fotoeléctrica. La capa de aislamiento está formada preferentemente de un material que contiene un componente de vidrio, de manera especialmente preferente está formada imprimiendo una pasta que contiene fritas. La capa de cableado metálico está formada preferentemente mediante un método de impresión.

30 Como un nuevo tipo de célula solar, se ha propuesto una célula solar de tipo húmedo basada en transferencia electrónica foto-inducida de un complejo metálico (véase la patente japonesa número 2 664 194).

35 Esta célula solar de tipo húmedo comprende: dos sustratos de vidrio, cada uno de los cuales tiene un electrodo sobre una superficie del mismo; y una capa de conversión fotoeléctrica que contiene un material de conversión fotoeléctrica que tiene un espectro de absorción en la región de la luz visible, mediante la adsorción de un colorante foto-sensible y un material electrolítico, y que está emparedada entre los electrodos de dos sustratos de vidrio.

40 Cuando la célula solar de tipo húmedo es irradiada con luz, se generan electrones en la capa de conversión fotoeléctrica, los electrones generados se transfieren a los electrodos a través de un circuito eléctrico externo, y los electrones transferidos son transportados a los electrodos opuestos debido a los iones en el metal electrolítico, y devueltos a la capa de conversión fotoeléctrica. Debido a la sucesión del flujo de electrones, se produce energía eléctrica.

45 Sin embargo, puesto que la célula solar de tipo húmedo tiene una estructura básica por cuanto que la solución electrolítica es inyectada entre los electrodos de dos sustratos de vidrio, es posible fabricar una célula solar de prueba en un área superficial pequeña, pero es difícil fabricar en la práctica una célula solar con un área superficial amplia tal como de 1 m².

5 En dicha célula solar, si se amplía el área superficial de una célula solar (célula unidad), la corriente generada se incrementa proporcionalmente al área. Sin embargo, puesto que se incrementa enormemente el componente de la resistencia en la dirección transversal de la película conductora transparente a utilizar para las partes de electrodo, se incrementa la resistencia eléctrica interior, en serie, de la célula solar. Como resultado, se reduce el factor de llenado (FF, fill-factor) en las características de corriente-tensión en el momento de la conversión fotoeléctrica, lo que tiene como resultado un problema de disminución de la eficiencia de la conversión fotoeléctrica.

Para solucionar los problemas mencionados anteriormente, se ha propuesto instalar hilos conductores metálicos en un sustrato conductor transparente en la cara receptora de la luz de la célula solar (publicación de patente japonesa no examinada número 2000-285 977).

10 Sin embargo, la célula solar con dicha estructura tiene una absorción o una reflexión de la luz elevadas, y disminuye la luz que alcanza la capa de conversión fotoeléctrica, de manera que se reduce la densidad de corriente a producir, lo que tiene como resultado un deterioro de la eficiencia en la conversión fotoeléctrica.

RESUMEN DE LA INVENCION

15 La presente invención está dirigida a proporcionar una célula solar de alto rendimiento sensibilizada con colorante, y un módulo de células solares sensibilizadas con colorante, suprimiendo la reducción del FF, la cual está provocada por un incremento de la resistencia interna en serie, en el momento de la conversión fotoeléctrica, y suprimiendo la disminución de la luz que alcanza una capa de conversión fotoeléctrica.

20 Los presentes inventores han realizado investigaciones para solucionar los problemas mencionados anteriormente y, como resultado, han encontrado que podría obtenerse una célula solar de alto rendimiento sensibilizada con colorante, a diferencia de las células solares mediante técnicas convencionales, instalando una capa de contraelectrodo con aberturas sobre un soporte realizado de un material transmisor de la luz en una célula solar sensibilizada con colorante que comprende una capa de electrodo colector de corriente, una capa de conversión fotoeléctrica de una capa semiconductor porosa que adsorbe un colorante, una capa de transporte de portadores, una capa de contraelectrodo, y una capa de sellado, las cuales están formadas entre un par de soportes de los que, por lo menos, uno está fabricado de un material transmisor de la luz. De este modo, los presentes inventores han conseguido la presente invención.

Por consiguiente, la presente invención proporciona una célula solar sensibilizada con colorante, de acuerdo con la reivindicación 1.

30 La presente invención proporciona, asimismo, un módulo de células solares sensibilizadas con colorante, que comprende dos o varias de las células solares sensibilizadas con colorante mencionadas anteriormente, conectadas en serie.

35 La capa de contraelectrodo de la célula solar sensibilizada con colorante, según la presente invención, funciona como un electrodo y tiene aberturas para transmitir suficientemente la luz incidente. Por lo tanto, la luz que no puede alcanzar la capa de conversión fotoeléctrica debido a la absorción o a la reflexión en las células solares convencionales sensibilizadas con colorante, puede entrar a través de las aberturas; de ese modo, puede eliminarse la reducción de la densidad de corriente a producir el momento de la conversión fotoeléctrica.

Además, puesto que puede llevarse la suficiente luz incidente hacia el interior de la célula a través las aberturas, la capa de contraelectrodo puede ser opaca. Por consiguiente, puede engrosarse lo suficiente el grosor de la capa de contraelectrodo, de manera que puede reducirse la resistencia eléctrica y puede eliminarse la reducción del FF.

40 De acuerdo con la presente invención, es posible proporcionar una célula solar de alto rendimiento sensibilizada con colorante y un módulo de células solares sensibilizadas con colorante, en comparación con las obtenidas por técnicas convencionales.

BREVE DESCRIPCION DE LOS DIBUJOS

45 la figura 1 es una vista esquemática en sección transversal, que muestra una parte principal de la estructura de capas de una célula asolada sensibilizada con colorante, de acuerdo con la presente invención;

la figura 2 es una vista esquemática en sección transversal, que muestra una parte principal de la estructura de capas de un módulo de células solares sensibilizadas con colorante, de acuerdo con la presente invención; y

50 las figuras 3 A y 3B son vistas en planta, esquemáticas, que muestran soportes del módulo de células solares sensibilizadas con colorante, de acuerdo con la presente invención.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCION

- Una célula solar sensibilizada con colorante (en lo que sigue, denominada "célula solar") acorde con la presente invención comprende una capa de electrodo colector de corriente, una capa de conversión fotoeléctrica de una capa semiconductor porosa que adsorbe un colorante, una capa de transporte de portadores, una capa de contraelectrodo, y una capa de sellado, las cuales están formadas entre un par de soportes de los cuales, por lo menos uno está fabricado de un material transmisor de la luz. En el presente documento, la capa de contraelectrodo tiene aberturas y está formada sobre el soporte fabricado del material transmisor de la luz.
- Asimismo, un módulo de células solares sensibilizadas con colorante (en lo que sigue, denominado "módulo") acorde con la presente invención, comprende, por lo menos, dos células solares conectadas en serie.
- La capa de contraelectrodo de la célula solar acorde con la presente invención tiene aberturas, y está formada sobre un soporte fabricado de un material transmisor de la luz. Es decir, la capa de contraelectrodo acorde con la presente invención funciona como un electrodo y tiene aberturas para reducir un área superficial eficaz de la misma.
- En la presente invención, las "aberturas de la capa de contraelectrodo" se refieren a las partes sobre el soporte no cubiertas con la capa de contraelectrodo, y una relación de abertura de la misma se refiere a una relación del área descubierta frente al área total del soporte.
- Debido a dichas aberturas, puede reducirse el valor de la resistencia de la capa de contraelectrodo sin reducir considerablemente la intensidad de la luz transmitida por unidad de área superficial.
- De manera práctica, la formación de las aberturas permite que la luz, que convencionalmente no puede alcanzar la capa de conversión fotoeléctrica debido a la absorción y la reflexión en las células solares convencionales sensibilizadas con colorante, pase a través de las aberturas y entre. De ese modo, puede eliminarse la reducción de la densidad de corriente a producir en el momento de la conversión fotoeléctrica. Además, puesto que puede llevarse suficiente luz incidente al interior de la célula a través de las aberturas, la capa de contraelectrodo puede ser opaca. Por consiguiente, puesto que el grosor de la capa de contraelectrodo puede engrosarse suficientemente, puede reducirse la resistencia eléctrica y puede suprimirse la reducción del FF.
- Desde el punto de vista mencionado anteriormente, es preferible que la capa de contraelectrodo tenga una relación de abertura del 70 al 99%, más preferentemente del 85 al 97,5% por unidad de superficie.
- Si la relación de abertura de la capa de contraelectrodo es menor del 70%, la intensidad de luz transmitida por unidad de superficie es demasiado baja para mejorar el rendimiento de la célula solar; por lo tanto, no es preferible. Por otra parte, si la relación de abertura de la capa de contraelectrodo excede el 99%, se incrementa la resistencia eléctrica y disminuye el FF, y se deteriora la función catalizadora de la capa de contraelectrodo a utilizar para la reacción redox. De este modo, no puede fomentarse la reacción redox suave y no puede conseguirse una eficiencia elevada en la conversión fotoeléctrica; por lo tanto, esto tampoco es preferible.
- La capa de contraelectrodo no está limitada particularmente si tiene aberturas, pero preferentemente tiene un perfil lineal fino, más preferentemente en forma de banda y/o forma de rejilla.
- Si la capa de contraelectrodo tiene forma de banda, y se reduce la distancia de transferencia de la molécula redox respecto de la relación de abertura, se mejora el rendimiento de la célula solar; por lo tanto, esto es preferible.
- Si la capa de contraelectrodo tiene forma de rejilla, en el caso de que se produzca una incidencia de desconexión, puede reducirse la influencia de la incidencia de desconexión a diferencia de la forma de banda con la cual se forman inevitablemente partes que no pueden entregar corriente eléctrica.
- La forma de banda puede componerse de líneas finas con una anchura de línea de 0,1 a 50 μm , preferentemente de 1 a 30 μm , e intervalos de 1 a 200 μm , preferentemente de 5 a 100 μm .
- Si el ancho de banda de la línea es menor de 0,1 μm , se incrementa la resistencia; por lo tanto, esto no es preferible. Por otra parte, si la anchura de línea de la banda excede 50 μm , se reduce demasiado la relación de abertura; por lo tanto, esto no es preferible.
- Al mismo tiempo, en el caso de que los intervalos de la banda sean estrechos, salvo que la anchura de línea sea fina, la relación de abertura se reduce. Si la anchura de línea es demasiado fina, se incrementa la resistencia. Por lo tanto, los intervalos son preferentemente de 1 μm o mayores. En el caso de que los intervalos de la banda sean anchos, se dificulta el movimiento de la molécula redox y se incrementa la resistencia, de manera que los intervalos son preferentemente de 200 μm o menores, en términos de la distancia de transporte del yodo, que es una de las moléculas redox.

Preferentemente, la forma de rejilla tiene intervalos de 5 a 250 μm , preferentemente de 20 a 150 μm ; una anchura de línea de 0,1 a 50 μm , preferentemente de 1 a 30 μm ; y un ángulo de cruce de 80 a 100°, preferentemente de 85 a 95°.

La forma de la rejilla en puede ser de paralelogramo, de rombo, rectangular, o un cuadrado regular.

- 5 La anchura de la línea y los intervalos de la rejilla pueden fijarse en razón a las mismas razones descritas.

El ángulo de cruce, es decir, el ángulo de dos líneas finas respectivas, se establece preferentemente en el rango mencionado anteriormente con objeto de acortar la distancia de transferencia de la molécula redox, e incrementar la relación de apertura.

El grosor de la capa de contraelectrodo es de aproximadamente 0,5 a 30 μm .

- 10 El material que compone la capa de contraelectrodo puede ser de aquellos que pueden activar la reacción redox de la capa de transporte de portadores, que se describirán posteriormente, y ejemplos de estos pueden incluir platino, paladio, carbono (negro de carbón, grafito, vidrio de carbono, carbono amorfo, carbono duro, carbono blando, filamento de carbono, nanotubo de carbono, fullereno) y similares. En concreto, el platino es preferible en términos de función catalítica y conductividad.

- 15 Sin embargo, el platino es costoso; por lo tanto, en términos de costo se reduce preferentemente la cantidad de utilización del mismo. Además, es preferible que cada capa se proporcione mientras se divide la función de la capa de contraelectrodo en una función catalizadora y una función conductora. Es decir, la capa de contraelectrodo incluye preferentemente una capa de catalizador y/o una capa conductora.

- 20 La función catalizadora para soportar la reacción de moléculas redox se determina a partir del área superficial de la función catalizadora. Debido a que hay presente un metal con un valor de resistencia menor que el del platino, es preferible que el platino se utilice solamente para la función catalizadora, y que se utilice un material con un valor de resistencia baja para una parte que transporta electrones.

- 25 Ejemplos del material que compone la capa catalizadora pueden incluir platino, paladio, carbono (negro de carbón, grafito, vidrio de carbono, carbono amorfo, carbono duro, carbono blando, filamento de carbono, nanotubo de carbono, fullereno) y similares. En concreto, el platino es preferible en términos de función catalítica y conductividades.

Por otra parte, ejemplos del material que compone la capa conductora pueden incluir oro, plata, cobre, aluminio, níquel, tungsteno, molibdeno y similares.

- 30 Es preferible formar sucesivamente la capa conductora y la capa catalizadora sobre un soporte, utilizando estos materiales.

Con dicha constitución, no sólo puede satisfacerse la función catalizadora de la función conductora de la capa de contraelectrodo sino que asimismo, si se utiliza un material muy corrosivo para la capa de transporte de portadores, puede impedirse la corrosión del material de la capa conductora utilizando el material de alta resistencia a la corrosión y muy catalítico.

- 35 A continuación, haciendo referencia a los dibujos se describirán realizaciones preferidas de la célula solar de la presente invención. Las realizaciones ilustradas son solamente ejemplos para una mejor comprensión, y no se pretende que la presente invención esté limitada a las realizaciones ilustradas. Pueden realizarse modificaciones y sustituciones a estructuras y condiciones de proceso específicas.

- 40 La figura 1 es una vista esquemática en sección transversal, que muestra una parte principal de la estructura de capas de una célula solar acorde con la presente invención.

- 45 La célula solar comprende un electrodo colector de corriente para reunir electrones generados en una cara de un primer soporte 1, una capa 3 de conversión fotoeléctrica de una capa semiconductor porosa que adsorbe un colorante, una capa 4 de transporte de portadores, una capa 5 de contraelectrodo con aberturas y formada (dispuesta) en un segundo soporte 6, y una capa de sellado 7 formada en la periferia exterior de la capa 3 de conversión fotoeléctrica.

En lo que sigue, se describirán otros elementos constituyentes.

(Soporte)

5 Se requiere que los soportes (el primer soporte y el segundo soporte en la figura 1) tengan la propiedad de transmisión de la luz en la parte que va a ser una cara de recepción de la luz de una célula solar, de manera que por lo menos uno está fabricado de un material transmisor de la luz y, por ejemplo, la utilización del material transmisor de la luz para el segundo soporte posibilita obtener una célula solar en la que la luz puede entrar desde el lado del segundo soporte. Asimismo, puede configurarse una célula solar en la cual pueda entrar la luz desde ambas caras utilizando un material transmisor de la luz para ambas caras.

10 En la presente invención, "propiedad de transmisión de la luz" significa que se transmite sustancialmente la luz con longitud de onda a la cual, por lo menos, el colorante en la capa de conversión fotoeléctrica tiene sensibilidad eficaz, pero no necesariamente significa que se transmitan los rayos de luz en todo el rango de longitudes de onda.

El material que compone el soporte es, preferentemente, aquel que tiene resistencia al calor a 250 °C o más, y el grosor del mismo está preferentemente de 0,2 a 5 mm aproximadamente.

15 Ejemplos del material que compone el soporte pueden incluir sustratos de vidrio de vidrio sódico, vidrio de cuarzo fundido, vidrio de cuarzo cristalino, y vidrio de cuarzo sintético; láminas de resina resistente al calor tales como una película flexible; láminas de metal, y similares.

Ejemplos de la película flexible (en lo que sigue, denominada "película") pueden incluir láminas resistentes a la intemperie de larga duración y películas de poliésteres, polímeros acrílicos, poliimida, teflón (marca registrada), polietileno, polipropileno, y politereftalato de etileno (PET, poly(ethylene terephthalate)).

20 En el caso de que se formen otras capas sobre la capa de soporte mediante un proceso de calentamiento, por ejemplo, en el caso de que la capa conductora se forme sobre el primer soporte mediante un calentamiento aproximadamente a 250 °C, entre los materiales de película es particularmente preferible el teflón (marca registrada) que es resistente al calor a 250 °C.

25 El soporte puede tener partes rebajadas para intercalar la capa del electrodo colector de corriente. Los soportes pueden ser utilizados cuando la célula solar completa es acoplada a otras construcciones. Es decir, se facilita unir a otros cuerpos de soporte las partes periféricas de los soportes tales como sustratos de vidrio, utilizando elementos de procesamiento metálicos y tornillos.

(Capa del electrodo colector de corriente)

La capa del electrodo colector de corriente está formada sobre un soporte y tiene la función de recoger electrones generados en una cara del soporte.

30 Ejemplos del material que compone la capa del electrodo colector de corriente pueden incluir óxidos de metal transparentes y conductores tales como ITO (indium-tin compound oxide, óxido compuesto de indio-estaño), IZO (indium-zinc compound oxide, óxido compuesto de indio-zinc), óxido de estaño dopado con flúor, óxido de zinc dopado con boro, galio o aluminio, y óxido de titanio dopado con niobio.

35 Desde el punto de vista de la conductividad, son preferibles asimismo metales o aleaciones compuestas de uno o varios metales. Por consiguiente, en el caso en que se utilice un material altamente corrosivo para la capa de transporte de portadores, es preferible utilizar metales o aleaciones compuestas de, por lo menos, uno o varios metales válidos para compuestos resistentes a la corrosión, y ejemplos de dichos materiales pueden incluir estaño, titanio, aluminio, zinc, magnesio, indio, molibdeno, tungsteno y similares. Entre éstos, son particularmente preferibles el zinc, el estaño y el titanio.

40 En general, es preferible recubrir la superficie del metal con un óxido de metal resistente a la corrosión con un grosor de 10 µm o menor. Para el óxido de metal pueden utilizarse materiales de película conductora transparente.

Por consiguiente, la capa del electrodo colector de corriente incluye preferentemente, por lo menos, una capa de metal y/o una capa de óxido de metal.

El grosor de la capa de electrodo colector de corriente es de aproximadamente 0,3 a 30 µm.

45 El método de fabricación de la capa del electrodo colector de corriente sobre el soporte no está particularmente limitado, y ejemplos del mismo pueden incluir métodos comunes de formación de electrodos tales como el método CVD, el método de deposición catódica, un método de recubrimiento electrolítico sin corriente eléctrica, un método

de electrodeposición, un método de impresión, y un método de pegado de una lámina delgada de un metal o una aleación con un adhesivo o con una cinta de doble cara sensible a la presión.

5 Si la capa del electrodo colector de corriente está conectada con la capa semiconductor porosa mediante una unión Schottky, se produce una pérdida de energía debido a que ésta excede la barrera. Por lo tanto, para mover suavemente los electrones en la capa de conversión fotoeléctrica hasta la capa de electrodo colector de corriente, es preferible que la capa del electrodo colector de corriente establezca contacto óhmico con la capa semiconductor porosa que compone la capa de conversión fotoeléctrica.

En el caso de que la capa del electrodo colector de corriente esté fabricada del mismo material que el del primer soporte, el proceso de fabricación puede simplificarse; por lo tanto, esto es preferible.

10 (Capa de transporte de portadores)

La capa de transporte de portadores (capa electrolítica) es de un electrólito líquido, un gel electrólito o un gel electrólito de sal fundida.

15 El electrolito líquido puede consistir en sustancias líquidas que contienen moléculas redox, y son válidas sin ningún límite en particular aquellas que pueden utilizarse en general para baterías y células solares. Ejemplos específicos de las mismas pueden incluir sustancias que contienen la molécula redox y solventes que puedan disolverlas; sustancias que contienen la molécula redox y sales fundidas que puedan disolverlas; y sustancias que contienen la molécula redox y solventes y sales fundidas que puedan disolverlas.

20 Ejemplos de los electrolitos pueden incluir combinaciones de I_2 con yoduros de metal tales como LiI, NaI, KI, CsI y CaI_2 y yoduros tales como yoduros de amonio cuaternario, por ejemplo, yoduro de sal de amonio cuaternario, yoduro de piridinio, y yoduro de imidazolina; combinaciones de Br_2 con bromuros de metal tales como LiBr, NaBr, KBr, CsBr y $CaBr_2$ y bromuros tales como bromuros de amonio cuaternario, por ejemplo, bromuro de sal de amonio cuaternario y bromuro de piridinio; complejos metálicos tales como sal de ácido ferrocianico – sal de ácido ferricianico y ion ferricinio – ferroceno; compuestos de azufre tales como polisulfuro de sodio, alquilolol-disulfuro de alquilo; elementos de coloración Biogen; hidroquinona-quinona, y similares. Dos o más de estas sustancias pueden ser
25 utilizadas en forma de mezcla. Entre éstas, las combinaciones de I_2 con yoduros de metal tales como LiI, yoduro de piridinio, y yoduro de imidazolina son particularmente preferibles en términos de la mejora de la tensión en abierto.

30 Ejemplos de solventes a utilizar para la capa de transporte de portadores pueden incluir compuestos de carbonato tales como carbonato de etileno y carbonato de propileno; compuestos heterocíclicos tales como 3-metil-2-oxazolidinona; compuestos de éter tales como dioxano y éter dietílico; éteres tales como dialquil éter etilenglicol, dialquil éter polipropilenglicol, dialquil éter polietilenglicol, dialquil éter polipropilenglicol, monoalquil éter etilenglicol, monoalquil éter propilenglicol, monoalquil éter polietilenglicol, y monoalquil éter polipropilenglicol; alcoholes tales como metanol y etanol; alcoholes polihídricos tales como etilenglicol, dipropilenglicol, polietilenglicol, polipropilenglicol, y glicerina; compuestos de nitrilo tales como acetonitrilo, glutarodinitrilo, metoxiacetonitrilo, propionitrilo y benzonitrilo; solventes polares no protónicos tales como dimetilsulfóxido y sulfolano; agua, y similares.

35 El electrólito de gel se compone en general de una sustancia electrolítica y un agente gelificante.

Ejemplos del agente gelificante, y que pueden utilizarse preferentemente, pueden incluir agentes gelificantes de polímeros tales como derivados de resinas poliacrílicas reticuladas, derivados de poliacrilonitrilo reticulado, derivados de óxido de polialquileño, resinas de silicona, y polímeros que tienen una sal de compuesto cuaternario heterocíclico que contiene nitrógeno, en las cadenas laterales.

40 El electrólito de gel de sal fundida se compone generalmente de un material electrolítico en gel y una sal fundida de tipo temperatura ambiente.

Ejemplos de la sal fundida de tipo temperatura ambiente pueden incluir sales de un compuesto de amonio cuaternario heterocíclico que contiene nitrógeno, tales como sales de piridinio cuaternario y sales de imidazol, y pueden utilizarse preferentemente.

45 La concentración de electrolito en la capa de transporte de portadores se selecciona adecuadamente de acuerdo con los diversos electrolitos, y preferentemente está en un rango de 0,01 a 1,5 mol/l. A este respecto, en el caso de que exista el soporte de cada capa de contraelectrodo en el lado de la cara de recepción de la luz en el módulo acorde con la presente invención, la luz incidente alcanza la capa semiconductor porosa que adsorbe un colorante a través de la solución electrolítica y los portadores son excitados. Por consiguiente, dependiendo de los electrolitos
50 a utilizar en las células unitarias que tienen la capa de contraelectrodo en el lado de la cara de recepción de luz, posiblemente puede deteriorarse el rendimiento. Por lo tanto, es preferible que la concentración del electrólito redox se determine teniendo en cuenta dicho punto.

En caso de que se utilice el electrolito para la capa de transporte de portadores, la capa de transporte de portadores se forma mediante un método de inyección de una solución electrolítica a través de una abertura de inyección formada en el segundo soporte, hacia el espacio rodeado por el primer soporte, el segundo soporte y la capa de sellado.

- 5 En el caso de que se utilice el gel electrolito para la capa de transporte de portadores, la capa de transporte de portadores se fabrica formando el gel electrolito sobre la capa de conversión fotoeléctrica.

(Capa de conversión fotoeléctrica)

La capa de conversión (capa de conversión fotoeléctrica porosa) es una capa semiconductor porosa que adsorbe un material colorante.

- 10 (Capa semiconductor porosa)

La capa semiconductor porosa contiene un semiconductor, y pueden utilizarse semiconductores en diversos estados morfológicos tales como granular, de tipo película o similares, y es preferible el de tipo película

- 15 El material que compone la capa semiconductor porosa puede ser uno, o combinaciones de dos o varias clases de semiconductores conocidos convencionalmente, tales como óxido de titanio, óxido de zinc, óxido de tungsteno, titanato de bario, titanato de estroncio, y sulfuro de cadmio. Entre éstos, el óxido de titanio es particularmente preferible en términos de la eficiencia, la estabilidad y la seguridad de la conversión fotoeléctrica.

- 20 El método de formación de una capa semiconductor porosa de tipo película sobre la capa del electrodo colector de corriente no está limitado en particular, y pueden darse como ejemplos diversas clases de métodos conocidos convencionalmente. Ejemplos conocidos de estos pueden incluir (1) un método de aplicación de una pasta que contiene partículas semiconductoras sobre la capa del electrodo colector de corriente mediante un método de serigrafía o un método de chorro de tinta, y a continuación calcinando la pasta; y (2) un método de formación de la película sobre la capa del electrodo colector de corriente mediante un método de CVD o un método MOCVD que utiliza gases del material en bruto deseado; (3) un método de formación de la película sobre la capa del electrodo colector de corriente mediante un método PVD, un método de evaporación, o un método de deposición catódica
25 utilizando materiales sólidos en bruto; (4) un método de utilización de un método sol-gel o una reacción redox electroquímica, formando de ese modo la película sobre la capa del electrodo colector de corriente, y similares.

Entre los métodos de ejemplo anteriores, el método de serigrafía que utiliza una pasta es particularmente preferible, puesto que puede fabricarse a bajo costo una capa semiconductor porosa gruesa.

- 30 En el caso de que la capa semiconductor porosa se forme por el método de serigrafía, la impresión puede llevarse a cabo varias veces por separado para reducir el rayado después del método de impresión. En el caso de que la impresión se lleve a cabo varias veces por separado, puede utilizarse para la impresión pastas que contienen partículas semiconductoras con diferentes materiales y diámetros de partícula.

- 35 Ejemplos de las partículas semiconductoras pueden incluir partículas semiconductoras elementales o compuestas, que tienen diámetros promedio de partículas adecuados, por ejemplo, de aproximadamente 1 a 500 nm entre partículas comercializadas. Una sola capa semiconductor porosa puede contener partículas finas semiconductoras con diámetros de partícula diferentes.

- 40 Para mejorar la eficiencia de la conversión fotoeléctrica de la célula solar, se requiere adsorber una gran cantidad del colorante, lo que se describirá posteriormente, en la capa semiconductor porosa. Por lo tanto, es preferible que la capa semiconductor porosa de tipo película tenga un área superficial específica grande, aproximadamente de 10 a 500 m²/g. En esta especificación, la superficie específica es un valor medido por el método de adsorción BET.

El grosor de la capa semiconductor porosa no está limitado particularmente, pero está preferentemente en el rango de unos 0,5 a 50 µm, desde el punto de vista de la eficiencia de la conversión fotoeléctrica.

Se describirá en mayor detalle un método de formación de la capa semiconductor porosa utilizando óxido de titanio como las partículas semiconductoras.

- 45 En primer lugar, se añade gota a gota isopropóxido de titanio (125 ml) a una solución de ácido nítrico acuosa (0,1 M, 750 ml) para provocar la hidrólisis, y la solución se calienta (80 °C, 8 horas) para obtener una solución sol. A continuación, la solución sol obtenida se calienta (230 °C, 11 horas) bajo la condición de presurización en un autoclave fabricado de titanio para desarrollar las partículas, y se lleva a cabo dispersión ultrasónica (30 minutos) para preparar una solución coloidal que contiene partículas de óxido de titanio con un diámetro promedio de
50 partícula principal de 15 nm. Se añade etanol en una cantidad del doble como mucho, a la solución coloidal

obtenida, y la mezcla se centrifuga (5000 rpm) para obtener partículas de óxido de titanio. En esta descripción, el "diámetro de partícula promedio" es un valor medido por observación SEM.

5 A continuación, las partículas obtenidas de óxido de titanio se lavan y se mezclan con una solución obtenida disolviendo celulosa de etilo y terpineol en etanol absoluto, y se agita para dispersar las partículas de óxido de titanio. A continuación, la solución mezcla se calienta (50 °C) bajo una condición de vacío (40 mbar) para evaporar etanol y obtener una pasta de óxido de titanio. La composición final se ajusta de manera que, por ejemplo, la concentración sólida de óxido de titanio es del 20% en peso, la de celulosa de etilo del 10% en peso y la de terpineol del 64% en peso.

10 Ejemplos del solvente a utilizar para preparar una pasta que contiene partículas semiconductoras (suspendidas) pueden incluir, junto a los solventes mencionados anteriormente, solventes de tipo glime tales como éter monometílico de etilenglicol; solventes de tipo alcohol tales como alcohol isopropílico, solventes mezclados tales como alcohol de isopropilo/tolueno, agua, y similares.

15 A continuación, la pasta que contiene las partículas de semiconductor de la manera mencionada anteriormente, es aplicada sobre la capa conductora y calcinada para formar la capa semiconductor porosa. Para el secado y el calcinado, se requiere ajustar adecuadamente las condiciones tales como la temperatura, el tiempo, los entornos ambientales y similares, dependiendo de los tipos de soporte y las partículas semiconductoras a utilizar. Por ejemplo, la calcinación puede llevarse a cabo bajo condiciones de unos 50 a 800 °C durante entre 10 segundos y 12 horas, en el aire atmosférico en un gas inerte. El secado y el calcinado pueden llevarse a cabo una vez a temperatura constante, o dos o más veces a distintas temperaturas.

20 El grosor de la capa semiconductor porosa es de aproximadamente 1 a 60 µm.

(Colorante)

25 Ejemplos del colorante a adsorber en la capa semiconductor porosa y que tiene una función de foto-sensibilizador, son aquellos con absorción en un amplio rango de luz visible y/o rayos infrarrojos. Además, para adsorber firmemente el colorante en la capa semiconductor porosa, son preferibles los que tienen grupos de entrelazado tales como grupos de ácido carboxílico, grupos de hidruro carboxílico, grupos alcoxi, grupos hidroxilo, grupos hidroxialquilo, grupos de ácido sulfúrico, grupos éster, grupos tiol, y fosfonilo en las moléculas de colorante. Entre éstos, son particularmente preferibles los grupos de ácido carboxílico y grupos de anhídrido carboxílico. Los grupos de interbloqueo proporcionan ligaduras eléctricas que facilitan la transferencia de electrones entre el colorante en estado excitado y la banda de conducción de la capa semiconductor porosa.

30 Ejemplos del colorante que contiene el grupo de interbloqueo pueden incluir colorantes de tipo complejo metálico de rutenio, colorantes de tipo complejo metálico de osmio, colorantes de tipo azóicos, colorantes de tipo quinona, colorantes de tipo quinonimina, colorantes de tipo quinacridona, colorantes de tipo squarylium, colorantes de tipo cianina, colorantes de tipo merocianina, colorantes de tipo trifenilmetano, colorantes de tipo xanteno, colorantes de tipo porfirina, colorantes de tipo ftalocianina, colorantes de tipo perileno, colorantes de tipo índigo, colorantes de tipo naftalocianina, y similares.

35 Un ejemplo del método de adsorción del colorante en la capa semiconductor porosa es un método de inmersión de la capa semiconductor porosa formada en la capa del electrodo colector de corriente, en una solución que contiene el colorante disuelto (una solución para la adsorción del colorante).

40 El solvente para disolver el colorante puede ser de los que pueden disolver el colorante, y ejemplos específicos de los mismos incluyen alcoholes tales como etanol, cetonas tales como acetona, éteres tales como éter dietílico y tetrahidrofurano; compuestos de nitrógeno tales como acetonitrilo; hidrocarburos alifáticos halogenados tales como cloroformo, hidrocarburos alifáticos tales como hexano; hidrocarburos aromáticos tales como benceno; ésteres tales como acetato de etilo, y agua. Pueden utilizarse dos o más clases de estos solventes, en forma de mezcla.

45 La concentración del colorante en la solución puede ajustarse adecuadamente dependiendo de los tipos del colorante y el solvente a utilizar. Sin embargo, para mejorar la adsorción es preferible que la concentración sea elevada y puede ser, por ejemplo, de 1×10^{-4} mol/l o más.

(Capa de sellado)

La capa de sellado es importante para impedir la evaporación de la solución electrolítica y del flujo de entrada de agua en la célula.

Asimismo, la capa de sellado es importante para (1) absorber la tensión (impacto) de objetos que caen afectando al soporte y (2) absorber el efecto de abombamiento en el soporte durante la utilización por un periodo de tiempo prolongado.

5 Los materiales que componen la capa de sellado son preferentemente resinas de silicona, resinas epoxi, resinas de tipo poliisobutileno, resina de fusión en caliente y fritas de vidrio, y pueden utilizarse dos o más de estos en la formación de dos o más capas. En el caso de que se utilice un solvente de tipo nitrilo o un solvente de tipo carbonato como solvente para el electrólito redox, son particularmente preferibles las resinas de silicona y las resinas de fusión en caliente (por ejemplo, resinas de ionómeros), resinas de poliisobutileno y fritas de vidrio.

10 El patrón de la capa de sellado está formado por un distribuidor en el caso de utilizar resinas de silicona, resinas epoxi o fritas de vidrio, y perforando a modo de patrón resinas de fusión en caliente de tipo lámina en el caso de utilizar resinas de fusión en caliente.

Es preferible que el grosor de la capa de sellado no sea mayor que la suma de los grosores de los materiales componentes existentes entre los soportes, para un contacto próximo entre la capa de contraelectrodo (capa catalizadora) y la capa de conversión fotoeléctrica.

15 De acuerdo con la presente invención, se proporciona un módulo que comprende dos o varias células solares mencionadas anteriormente, conectadas en serie.

En dicho módulo, puede disponerse una capa de aislamiento (o separador) entre la capa de contraelectrodo (capa catalizadora) y la capa de conversión fotoeléctrica, para impedir la fuga de la capa de transporte de portadores desde una célula unidad a las células unidad contiguas a la célula unidad.

20 (Capa de aislamiento)

El material que compone la capa de aislamiento pueden ser películas y resinas comercializadas de termosellado y foto-vulcanizado. Un ejemplo práctico es una película de polímero de tipo etileno (marca registrada: Surlyn, fabricada por Dupont).

25 El grosor de la capa de aislamiento está preferentemente entre 10 y 100 μm , teniendo cuenta el grosor de la capa de conversión fotoeléctrica (capa semiconductor porosa) y la movilidad iónica en la capa de transporte de portadores.

En el caso de que se utilice Surlyn como capa de aislamiento, se disponen cara a cara un sustrato que soporta la capa de conversión fotoeléctrica y un sustrato que soporta la capa de contraelectrodo son laminados de manera que la capa 3 de conversión fotoeléctrica y la capa 5 del contraelectrodo, siendo Surlyn emparedado entre ambas y a continuación el material laminar resultante es calentado y ligado térmicamente para formar la capa de aislamiento.

30 El calentamiento puede llevarse a cabo en un horno eléctrico o en un horno de secado. La temperatura de calentamiento es de aproximadamente 70 a 120 $^{\circ}\text{C}$ y el período de calentamiento es aproximadamente de 30 segundos a 30 minutos.

EJEMPLOS

35 La presente invención se describirá en mayor detalle mediante ejemplos y ejemplos comparativos; sin embargo, la presente invención no se limita a estos ejemplos.

(Ejemplo 1)

Se fabricó una célula solar como la mostrada en la figura 1. A continuación se describirán las etapas de fabricación.

Fabricación de la capa semiconductor porosa

40 Se obtuvo un sustrato que soporta una capa 2 de electrodo colector de corriente de 500 nm de grosor de SnO_2 , fabricando la capa sobre una cara de un primer soporte 1 de un sustrato de vidrio de aproximadamente 1,0 mm de grosor. Una pasta de óxido de titanio (marca registrada: D/SP, fabricada por Solaronix, Suiza) fue aplicada en una forma cuadrada de 1 cm, sobre la capa 2 de electrodo colector de corriente del sustrato, mediante un método de serigrafía utilizando un aparato de serigrafía (modelo: LS-150, fabricado por Newlong Seimitsu Kogyo Co., Ltd., Japón) e igualada a temperatura ambiente durante una hora. A continuación, el recubrimiento obtenido se secó a 80
45 $^{\circ}\text{C}$ en un horno y fue calcinado a 500 $^{\circ}\text{C}$ en aire, para obtener una capa semiconductor porosa con un grosor de 30 μm .

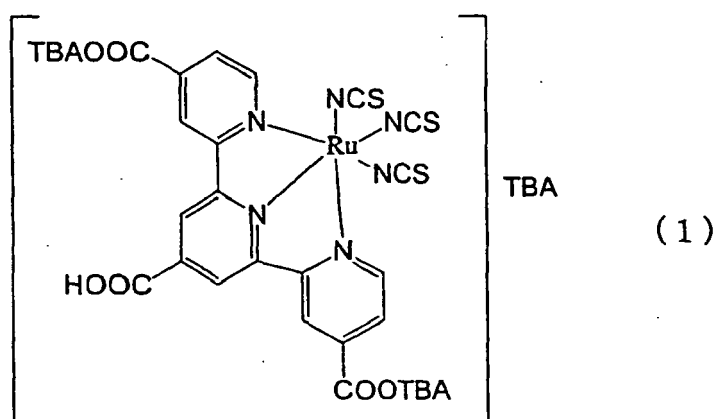
Fabricación de la capa de contraelectrodo

Se preparó un sustrato que soporta platino como la capa 5 de contraelectrodo, formando la capa en una cara de un segundo soporte 6 de sustrato de vidrio de unos 1,0 mm de grosor, mediante un método convencional. La forma de la capa de contraelectrodo tenía intervalos lineales de 76 μm y una relación de apertura del 83%.

5 Adsorción del colorante

Un colorante de rutenio (marca registrada: rutenio 620-1H3TBA, fabricado por Solaronix, Suiza) definido por la siguiente fórmula (1), fue disuelto en una mezcla solvente de acetonitrilo y terc-butanol a una relación de volumen de 1:1, mientras que se controló que la concentración del colorante era de 2×10^{-4} mol/l, y se controló que la concentración de DCA (deoxycholic acid, ácido deoxicólico) era de 2×10^{-2} mol/l, para obtener una solución del colorante por adsorción.

El sustrato de vidrio que soporta la capa semiconductor porosa de óxido de titanio fue sumergido en la solución de colorante durante 40 horas para adsorber el colorante en el óxido de titanio. A continuación, el sustrato se lavó con el etanol y fue secado para formar una capa 3 de conversión fotoeléctrica.



15 Fabricación de la solución electrolítica redox

Se disolvieron yoduro de hexilmetilimidazol (HMII, hexylmethylimidazole iodide), yoduro de litio (LiI), terc-butilpiridina (TBP, tert-butylpyridine), y yodo (I_2), en el solvente de acetonitrilo, en cantidades de 0,6 mol/l, 0,1 mol/l, 0,5 mol/l, y 0,01 mol/l, respectivamente, con objeto de obtener un electrólito líquido (solución electrolítica) para ser la capa 4 de transporte de portadores.

20 Fabricación de la célula solar

El sustrato obtenido que soporta la capa 3 de conversión fotoeléctrica, y el sustrato que soporta la capa de contraelectrodo de tipo banda, fueron laminados de manera que se dispusieron cara a cara la capa 3 de conversión fotoeléctrica y la capa 5 de contraelectrodo, y se insertó entre ambas una película de polímero de tipo etileno (marca registrada: Surlyn, 50 micrómetros, fabricada por Dupont), y el material laminar se calentó a 80 $^{\circ}\text{C}$ durante 15 minutos para formar un separador.

Además, se aplicó al entorno (entre la capa de 5 de contraelectrodo y la capa 2 del electrodo colector de corriente) una resina de vulcanizado en UV (marca registrada: 31x-088, fabricada por Three Bond Co., Ltd., Japón), para impedir la evaporación de un electrólito líquido a insertar en la siguiente etapa, y se aplicaron rápidamente rayos ultravioleta para formar una capa de sellado 7.

30 A continuación, se inyectó la solución electrolítica redox a través de un orificio de inyección de la solución electrolítica, y se cerró el orificio de inyección de la solución electrolítica para formar la capa 4 de transporte de portadores. Se unieron cables de contacto a los electrodos respectivos para completar una célula solar.

35 Se aplicó luz con AM 1,5 a la capa 5 de contraelectrodo, como una cara de recepción de la luz de la célula solar obtenida, y se evaluaron las características de la célula solar. Los elementos de evaluación fueron la densidad de corriente en cortocircuito (J_{sc} , mA/cm^2), la tensión en circuito abierto (V_{oc} , V), el FF y la eficiencia de conversión fotoeléctrica (η , %). Los resultados se muestran en la tabla 1.

(Ejemplo comparativo 1)

5 Se fabricó una célula solar del mismo modo que el ejemplo 1, excepto en que se formó una capa catalizadora de platino de tipo película sin aberturas, sobre una capa conductora de un sustrato de vidrio, sobre la cual se formó la capa conductora de SnO₂, mediante un tratamiento de ácido cloroplátinico, y se evaluó. Los resultados se muestran en la tabla 1.

A partir de los resultados del ejemplo 1 y el ejemplo comparativo 1, resulta evidente que la célula solar con una estructura en la que la capa de contraelectrodo tiene aberturas (ejemplo 1) tiene un FF relativamente elevado y presenta un rendimiento elevado.

(Ejemplo 2)

10 Se fabricó una célula solar de la misma manera que en el ejemplo 1, excepto en que se fabricó una capa 2 del electrodo colector de corriente formando una película de aluminio de 700 nm de grosor en una cara de un primer sustrato 1 de un sustrato de vidrio de aproximadamente 1,0 mm de grosor, mediante un método conocido convencionalmente y formando una película de SnO₂ de 300 nm de grosor mediante un método de deposición catódica, y se evaluó. Los resultados se muestran en la tabla 1.

15 A partir de los resultados de los ejemplos 1 y 2, es evidente que la célula solar que tiene una capa de electrodo colector de corriente que comprende 2 o más materiales incluyendo un metal (ejemplo 2), tiene un Voc y un FF relativamente elevados y presenta un rendimiento elevado.

(Ejemplo 3)

20 Se fabricó una célula solar del mismo modo que en el ejemplo, excepto en que se formó una capa catalizadora de platino en forma de rejilla (intervalos de línea: 53 μm, ángulo de cruce: 90°, relación de apertura: 83%), sobre el sustrato de vidrio, mediante un método convencionalmente conocido, y fue evaluada. Los resultados se muestran en la tabla 1.

25 A partir de los resultados del ejemplo 3 y el ejemplo comparativo 1, resulta evidente que la célula solar que tiene una capa de contraelectrodo con forma de rejilla presenta un rendimiento elevado, de forma similar a la célula solar que tiene una capa de contraelectrodo en forma de banda.

(Ejemplo 4)

Se fabricó una célula solar del mismo modo que en el ejemplo 2, excepto en que se formó una capa semiconductor porosa de 30 μm de grosor, aplicando una pasta de óxido de titanio en forma de 2 cm cuadrados, y fue evaluada. Los resultados se muestran en la tabla 1.

(Ejemplo comparativo 2)

30 Se preparó un sustrato formando una capa conductora de 500 nm de grosor de SNO₂, en una cara de un segundo soporte 6 de un sustrato de vidrio de aproximadamente 1,0 mm de grosor. Se fabricó una célula solar del mismo modo que en el ejemplo 1, excepto en que la capa catalizadora de un platino de tipo película de 1 μm de grosor, mediante deposición de platino por deposición catódica sobre toda la cara de la capa conductora del sustrato y la capa semiconductor porosa, fue fabricada en un cuadrado de 2 cm, y la célula solar fue evaluada. Los resultados se muestran en la tabla 1.

(Ejemplo comparativo 3)

40 Se fabricó una célula solar del mismo modo que el ejemplo comparativo 2, excepto en que las bandas de partes rebajadas (intervalos: 210 μm, profundidad: 4 μm) se formaron en una cara de un primer soporte 1 de un sustrato de vidrio de aproximadamente 1,0 mm de grosor, se incrustó aluminio en las partes rebajadas mediante un método convencional para formar los electrodos incrustados en forma de banda (intervalos: 210 μm, relación de apertura: 90%), y a continuación se formó SnO₂ de 600 nm de grosor, sobre toda la cara, mediante un método convencional para formar una capa 2 del electrodo colector de corriente (estructura en plano), y la célula solar fue evaluada. Los resultados se muestran en la tabla 1.

45 Resulta evidente a partir de los resultados del ejemplo 4 y de los ejemplos comparativos 2 y 3, que la célula solar con aberturas en la capa de contraelectrodo y la capa del electrodo colector de corriente en, por lo menos, la estructura monocapa, y que contiene una capa metálica y/o una capa de óxido metálico (ejemplo 4) tiene un FF relativamente elevado y presenta un rendimiento elevado, en comparación con las células solares (ejemplos

comparativos 2 y 3) que no tienen abertura en la capa de contraelectrodo y utilizan la película conductora transparente y el electrodo de rejilla para la capa del electrodo colector de corriente.

(Ejemplo 5)

5 Se fabricó una célula solar del mismo modo que en el ejemplo 4, excepto en que se formó una película de plata de 3 μm de grosor en una cara del soporte de un sustrato de vidrio de aproximadamente 1,0 mm de grosor, mediante un método convencional, y a continuación se formó mediante deposición catódica una capa catalizadora de platino de tipo película de 200 nm de grosor, para formar la capa de contraelectrodo 5 cuyo patrón es el mismo que en el ejemplo, y la célula solar fue evaluada. Los resultados se muestran en la tabla 1.

10 A partir de los resultados de los ejemplos 4 y 5 resulta evidente que la célula solar (ejemplo 5) que tiene una capa de contraelectrodo compuesta de dos o varios materiales y utiliza un metal para, por lo menos, uno de los materiales, tiene un FF relativamente elevado y presenta un rendimiento elevado.

Tabla 1

	Jsc (mA/cm ²)	Voc (V)	FF	η (%)
Ejemplo 1	17,4	0,680	0,591	6,99
Ejemplo 2	17,6	0,691	0,652	7,93
Ejemplo 3	17,5	0,689	0,658	7,93
Ejemplo 4	17,5	0,690	0,615	7,43
Ejemplo 5	17,6	0,686	0,642	7,75
Ejemplo Comparativo 1	18,9	0,680	0,425	5,46
Ejemplo Comparativo 2	19,5	0,675	0,471	6,20
Ejemplo Comparativo 3	17,4	0,680	0,591	6,99

(Ejemplo 6)

15 Se fabricó un módulo conectando e integrando 5 células unidad en serie, tal como se muestra en la figura 2.

En la figura 2, X e Y son sustratos transparentes (primer soporte = X y segundo soporte = Y) y 21 es una capa de electrodo colector de corriente; 22 es una capa de conversión fotovoltaica; 23 es una capa de contraelectrodo; 4 es una capa de transporte de portadores; 7 es una capa de sellado y 8 es una capa de aislamiento.

20 Como sustratos transparentes (sustrato X, sustrato Y) se utilizaron dos sustratos de vidrio con un tamaño de 85 mm x 60 mm (#7059, grosor: 1,2 mm, fabricado por Corning Inc.).

Se formó una capa 21 de electrodo colector de corriente sobre el sustrato X y el sustrato Y, aplicando óxido de zinc mediante el método convencional, mientras que se ajustaron A, B, C, D, E y F respectivamente para valer 16 mm, 14 mm, 16 mm, 9 mm, 15 mm y 24 mm, tal como se muestra en la figura 3A.

25 Se formó una capa conductora de una película de plata con una anchura de 12 mm y una longitud de 55 mm, en el sustrato X y el sustrato Y, mediante un método convencional, y se formó sobre la superficie una capa catalizadora de una película de platino mediante un método convencional, para formar una capa 23 de contraelectrodo en forma de banda (intervalos de línea: 53 μm , relación de apertura: 90%), mientras que G, H, I, J, K, L, M y N se ajustaron respectivamente para valer 5 mm, 10 mm, 12 mm, 14 mm, 16 mm, 11 mm, 4 mm y 21 mm, tal como se muestra en la figura 3B.

- 5 A continuación, se aplicó una pasta de óxido de titanio (marca registrada: D/SP, fabricada por Solaronix, Suiza) con una forma de 10 mm de ancho x 50 mm de largo, sobre la capa 23 de contraelectrodo, mediante un método de serigrafía utilizando un aparato de serigrafía (modelo: LS-150, fabricado por Newlong Seimitsu Kogyo Co., Ltd., Japón) y se igualó a temperatura ambiente durante una hora. A continuación, el recubrimiento obtenido se secó a 80 °C en un horno y fue calcinado a 500 °C en aire, para obtener una capa semiconductor porosa con un grosor de 20 µm.
- 10 A continuación, se disolvió un colorante de rutenio (marca registrada: rutenio 620-1H3TBA, fabricado por Solaronix, Suiza) representado por la fórmula mencionada anteriormente, en una mezcla de solvente de acrilonitrilo y terc-butanol a 1:1 en volumen, mientras que se controló la concentración del colorante a 2×10^{-4} mol/l y se controló la concentración de DCA (deoxycholic acid deoxicólico) a 2×10^{-2} mol/L, para obtener una solución de colorante para adsorción.
- El sustrato X y el sustrato Y sobre los cuales se formó la capa semiconductor porosa fueron sumergidos en la solución del colorante durante 40 horas para adsorber el colorante en óxido de titanio. A continuación, el sustrato se lavó con el etanol y fue secado para formar una capa 22 de conversión fotoeléctrica.
- 15 El sustrato X y el sustrato Y producidos fueron laminados de manera que se pegó una película de polímero de tipo etileno (marca registrada: Surlyn 1855, fabricada por Dupont) cortada en 1 mm x 60 mm, como capa 8 de aislamiento, en el límite de las capas 21 de electrodo colector de corriente y las capas 23 de contraelectrodo, de los respectivos sustratos que se muestran en la figura 2, y el material laminar se calentó aproximadamente a 100 °C durante 10 minutos para ligarlo térmicamente.
- 20 Se fabricó una solución electrolítica del mismo modo que en el ejemplo 1, y la solución fue inyectada en una célula unidad a y una célula unidad b del módulo mostrado en la figura 2, en función del efecto de capilaridad, para formar una capa 4 de transporte de portadores, y a continuación se formó una capa de sellado 7 sellando las partes periféricas con una resina epoxi, para obtener un módulo con partes de abertura en las capas 5 de contraelectrodo.
- 25 Utilizando el sustrato X del módulo obtenido como la capa de recepción de la luz, se investigaron las características operativas bajo radiación de luz solar simulada AM 1,5. La corriente de cortocircuito fue de 10,4 mA/cm², la tensión en circuito abierto fue de 3,4 V, el FF fue de 0,58 y la eficiencia de conversión del módulo fue del 4,2%.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Una célula solar sensibilizada con colorante, que comprende una capa (2) de electrodo colector de corriente, una capa (3) de conversión fotoeléctrica de una capa semiconductor porosa que adsorbe un colorante, formada en la capa (2) del electrodo colector de corriente, una capa (4) de transporte de portadores fabricada de un electrolito líquido, un electrolito de gel o un electrolito de gel de sal fundida, una capa (5) de contraelectrodo, y una capa (7) de sellado, las cuales están formadas entre un par de soportes (1, 6), por lo menos uno de los cuales está fabricado de un material transmisor de la luz, en la que la capa (5) de contraelectrodo tiene aberturas y está formada sobre una cara plana del soporte (6) fabricado del material transmisor de la luz.
- 10 2. La célula solar sensibilizada con colorante acorde con la reivindicación 1, en la que la capa (5) de contraelectrodo tiene una relación de apertura del 70 al 99% por unidad de superficie.
3. La célula solar sensibilizada con colorante acorde con la reivindicación 1 o 2, en la que la capa (5) de contraelectrodo tiene forma de banda y/o forma de rejilla.
4. La célula solar sensibilizada con colorante acorde con la reivindicación 3, en la que la forma de banda está compuesta de líneas finas con intervalos de 1 a 200 μm .
- 15 5. La célula solar sensibilizada con colorante acorde con la reivindicación 3, en la que la forma de rejilla se compone de líneas finas con intervalos de 5 a 250 μm y un ángulo de cruce de 80 a 100°.
6. La célula solar sensibilizada con colorante acorde con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en la que la capa (5) de contraelectrodo incluye una capa catalizadora y/o una capa conductora.
- 20 7. La célula solar sensibilizada con colorante acorde con la reivindicación 6, en la que la capa catalizadora está fabricada de platino.
8. La célula solar sensibilizada con colorante acorde con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, en la que la capa (2) del electrodo colector de corriente incluye, por lo menos, una capa de metal y/o una capa de óxido de metal.
- 25 9. Un módulo de células solares sensibilizadas con colorante, que comprende dos o más de las células solares sensibilizadas con colorante mencionadas anteriormente, de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, conectadas en serie.

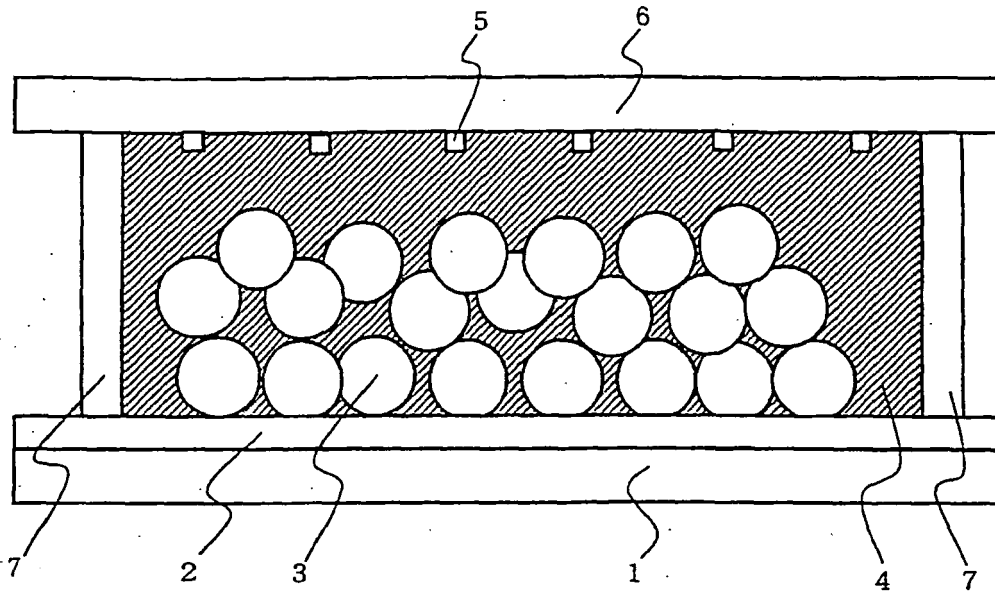


FIG. 1

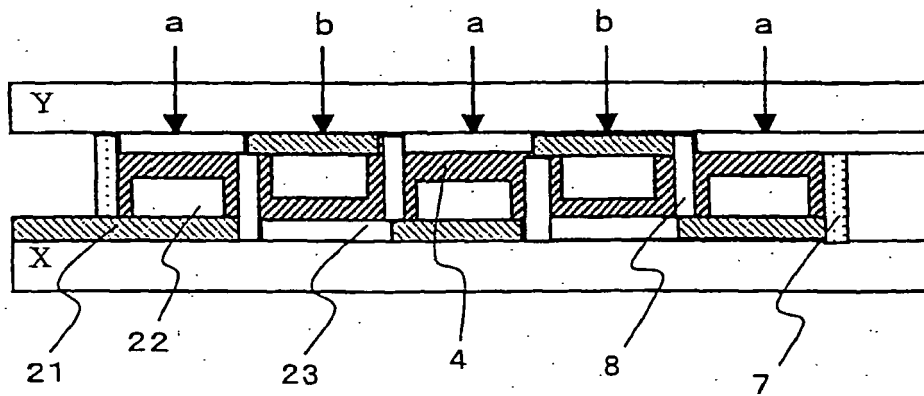


FIG. 2

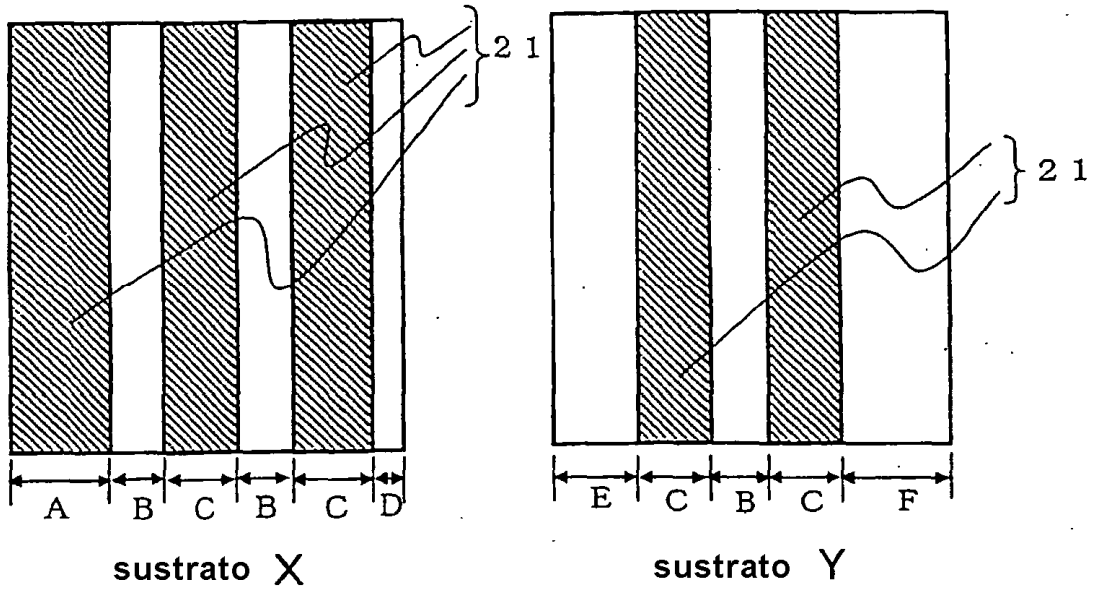


FIG. 3A

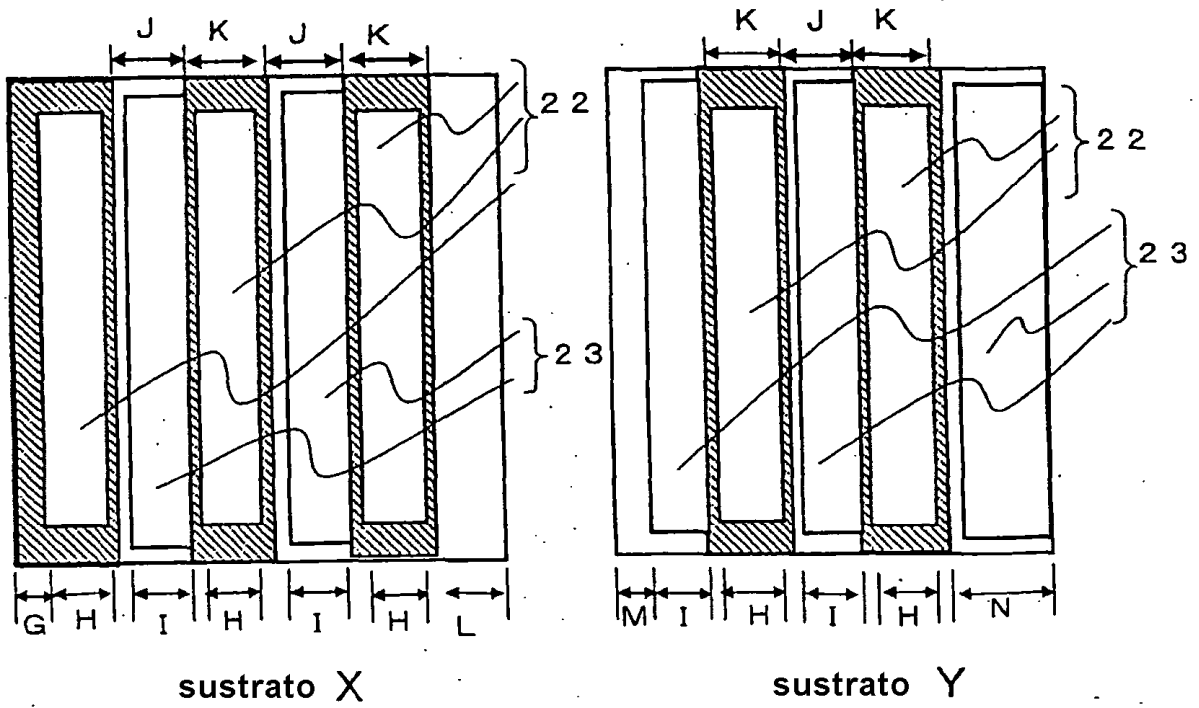


FIG. 3B