(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 439 944**

(51) Int. Cl.:

H01M 14/00 (2006.01)
H01L 31/04 (2006.01)
H01M 2/22 (2006.01)
H01G 9/20 (2006.01)

(12) TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA T3

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **12.12.2006** **E 06834510 (7)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **18.09.2013** **EP 1976051**

(54) Título: **Célula solar sensibilizada por colorante y módulo de células solares sensibilizadas por colorante**

(30) Prioridad:

18.01.2006 JP 2006010132

(45) Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
27.01.2014

(73) Titular/es:

SHARP KABUSHIKI KAISHA (100.0%)
22-22, NAGAIKE-CHO, ABENO-KU
OSAKA-SHI, OSAKA 545-8522, JP

(72) Inventor/es:

YAMANAKA, RYOHSUKE;
FUKE, NOBUHIRO y
FUKUI, ATSUSHI

(74) Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 439 944 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 por colorante y módulo de células solares sensibilizadas por colorante

Campo técnico

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

Técnica anterior

Como fuente de energía en lugar de un combustible fósil, las células solares que pueden convertir la luz del sol en energía eléctrica han llamado la atención. En la actualidad, se han usado en la práctica algunas células solares que usan sustratos de silicio cristalino y células solares de silicio de capa fina. Sin embargo, las primeras tienen el problema de un alto coste de producción de los sustratos de silicio y las últimas tienen el problema de que el coste de producción es elevado porque se requieren diversas clases de gases para la producción de semiconductores e instalaciones de producción complejas. Por tanto, en ambas células solares, se ha intentado reducir el coste por rendimiento de energía eléctrica aumentando la eficiencia de la conversión fotoeléctrica; sin embargo, los problemas mencionados anteriormente aún siguen sin solucionarse.

Como nuevo tipo de célula solar, se ha propuesto una célula solar de tipo húmedo basada en transferencia de electrones fotoinducida de un complejo metálico (véase la patente japonesa n.º 2664194; documento de patente 1). Esta célula solar de tipo húmedo comprende: dos sustratos de vidrio cada uno de los cuales tiene un electrodo en 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 luz visible adsorbiendo un colorante fotosensible y un material electrolítico y que está intercalado entre los electrodos de dos sustratos de vidrio. Específicamente, tal como se muestra en la figura 9, la célula solar sensibilizada por colorante se produce inyectando una disolución electrolítica entre dos sustratos de vidrio. En el dibujo, el número de referencia 100 indica un primer soporte (sustrato de vidrio); el número de referencia 101 indica un segundo soporte (sustrato de vidrio); el número de referencia 102 indica una capa conductora; el número de referencia 103 indica un material de sellado; el número de referencia 104 indica una capa de conversión fotoeléctrica; el número de referencia 105 indica una capa de catalizador; el número de referencia 106 indica una capa conductora de contraelectrodo; y el número de referencia 107 indica una capa de transporte de portador (disolución electrolítica). Cuando la célula solar de tipo húmedo se irradia 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 se llevan a los electrodos opuestos debido al ión en el material electrolítico y vuelven a la capa de conversión fotoeléctrica. Debido a la serie del flujo de los electrones se produce energía eléctrica.

Sin embargo, dado que la estructura básica de la célula solar sensibilizada por colorante descrita en el documento de patente 1 es una estructura en la que se inyecta la disolución electrolítica entre los sustratos de vidrio que portan una película conductora transparente opuestos, es posible producir una célula solar de prueba con un área superficie pequeña, pero es difícil producir en la práctica una célula solar con un área superficial grande tal como 1 metro cuadrado. Es decir, si se aumenta el área superficial de una célula solar, la corriente generada aumenta proporcionalmente al área. Sin embargo, dado que el descenso de voltaje en la dirección de plano de la película conductora transparente que debe usarse para las partes de electrodo aumenta, la resistencia interna en serie de la célula solar aumenta. Como resultado, el FF (factor de llenado) y una corriente de cortocircuito en el momento de la conversión fotoeléctrica disminuyen, dando como resultado el problema de la disminución de la eficiencia de conversión fotoeléctrica. Además, dado que el módulo de células solares sensibilizadas por colorante se produce formando elementos entre los sustratos de vidrio que portan una película conductora transparente opuestos, el módulo tiene los problemas de que aumenta el coste de producción y aumenta el peso.

Con el fin de solucionar los problemas con respecto a la resistencia interna en serie, se ha propuesto un módulo de células solares sensibilizadas por colorante que tiene una pluralidad de células solares sensibilizadas por colorante conectadas en serie (véase la publicación de patente japonesa no examinada n.º 2002-540559: documento de patente 2). En este módulo de células solares sensibilizadas por colorante tal como se muestra en la figura 10, un sustrato 110 de vidrio que porta una película 112 conductora transparente (electrodo) conformada en forma de peine mediante la creación de patrones y un sustrato 111 de vidrio que porta una película 116 conductora transparente (electrodo) y una capa 115 de catalizador conformada sucesivamente en forma de peine mediante la creación de patrones se adhieren entre sí de tal manera que se interpone una capa 113 aislante entre los sustratos de vidrio para formar respectivas células solares sensibilizadas por colorante y también se dispone un trayecto 118 conductor (capa de contacto) para conectar eléctricamente una capa 115 de catalizador y las películas 112 y 116 conductoras transparentes para conectar células solares sensibilizadas por colorante adyacentes en serie y además se intercalan una capa 114 de conversión fotoeléctrica y una disolución 117 electrolítica entre los sustratos de vidrio.

Además, un módulo de células solares sensibilizadas por colorante que tiene una conexión en serie de tipo W propuesto por P. M. Sommeling *et al.*, se describe en “Development Technology of Dye-Sensitized Solar Cells”, editado por HAYASE Shuji y FUJISHIMA Akira, Gijutsu Kyoiku, págs. 205-217, junio de 2003 (documento no de patente 1). En este módulo de células solares sensibilizadas por colorante tal como se muestra en la figura 11, una capa semiconductora porosa que es una capa 214 de conversión fotoeléctrica y platino que es una capa 215 de catalizador se forman de manera alterna sobre dos sustratos 210 y 211 de vidrio que portan películas 212 y 216 conductoras transparentes (electrodos) conformadas en forma de peine mediante la creación de patrones y se adhieren entre sí en un estado en el que las capas semiconductoras porosas y el platino sobre los respectivos sustratos de vidrio están dispuestos enfrentados y de tal manera que una capa 213 aislante de resina, o similar, se interpone entre los sustratos para formar cada célula solar sensibilizada por colorante y se intercala una disolución 217 electrolítica entre los sustratos.

Sin embargo, los módulos de células solares sensibilizadas por colorante descritos en el documento de patente 2 y el documento no de patente 1 tienen una configuración en la que la estructura básica de cada célula solar sensibilizada por colorante se forma inyectando la disolución electrolítica entre los sustratos de vidrio que portan una película conductora transparente opuestos, y por tanto los problemas del coste de producción y el peso aún siguen sin solucionarse.

Por consiguiente, con el fin de solucionar los problemas del coste de producción y el peso, se ha propuesto un módulo de células solares sensibilizadas por colorante que tiene un sustrato de vidrio que porta una película conductora transparente y una pluralidad de células solares sensibilizadas por colorante (a veces denominadas “células fotovoltaicas”) conectadas en serie y dispuestas sobre el sustrato de vidrio (por ejemplo, véase la publicación internacional WO 97/16838: documento de patente 3). En el módulo de células solares sensibilizadas por colorante tal como se muestra en la figura 12, cada célula solar sensibilizada por colorante tiene una estructura formada superponiendo sucesivamente una capa 314 semiconductora porosa (capa porosa de óxido de titanio) que es una capa de conversión fotoeléctrica, una capa 318 aislante porosa (capa aislante porosa intermedia) y un contraelectrodo 315 sobre un sustrato 310 transparente (sustrato de vidrio) que porta una película 312 conductora transparente (electrodo) conformada en forma de peine mediante la creación de patrones y las células solares sensibilizadas por colorante están dispuestas de tal manera que la película 312 conductora transparente de una célula solar sensibilizada por colorante y el contraelectrodo 315 de una célula solar sensibilizada por colorante adyacente se ponen en contacto entre sí, y por tanto ambas células solares están conectadas en serie. En el dibujo, el número de referencia 311 indica una cubierta superior para sellar de manera estanca un líquido aislante y el número de referencia 313 indica una capa aislante.

Además, la publicación de patente japonesa no examinada n.º 2002-367686 (documento de patente 4) da a conocer un módulo de células solares sensibilizadas por colorante que tiene una estructura integrada que incluye una película conductora transparente, una capa semiconductora porosa, una capa aislante porosa y una capa de catalizador formada sobre un sustrato transparente. Esta técnica determina el diámetro de partícula de las partículas componentes de cada una de la capa semiconductora porosa, la capa aislante porosa y la capa de catalizador, y por tanto puede evitar que las partículas de capas formadas se mezclen en las capas porosas, cada una de las cuales es una capa inferior cuando cada capa está formada.

Sin embargo, los módulos de células solares sensibilizadas por colorante descritos en los documentos de patente 3 y 4 requieren que se superpongan sucesivamente la capa semiconductora porosa, la capa aislante porosa y la capa de catalizador sobre un sustrato de vidrio que porta una película conductora transparente y cocer la respectiva capa tras la formación de las respectivas capas. Por tanto, aumentan las etapas de procesamiento y aumenta la resistencia de transporte de un material de transporte de portador debido a la formación de la capa aislante porosa, dando como resultado el problema del empeoramiento del rendimiento de la célula solar.

En general, cuando una capa de catalizador y una capa semiconductora porosa de una capa de conversión fotoeléctrica se ponen en contacto una con otra, se produce una fuga, es decir, la inyección de electrones desde la capa de conversión fotoeléctrica a la capa de catalizador y una capa conductora de contraelectrodo, en la parte de contacto. Con el fin de impedir la fuga, es preferible formar una barrera de Schottky entre la capa de catalizador y la capa semiconductora porosa. Por consiguiente, es preferible que al menos la capa de catalizador entre los elementos constituyentes del contraelectrodo tenga una menor función de trabajo que el nivel de energía de la banda de conducción de la capa semiconductora porosa y por tanto que active una reacción redox del material de transporte de portador.

Como material para formar una capa de catalizador de este tipo, por ejemplo se prefiere platino (función de trabajo: 6,35 eV) en el caso de usar óxido de titanio (afinidad electrónica = nivel de energía de la banda de conducción: 4,1 eV) para la capa semiconductora porosa. Sin embargo, si la capa semiconductora porosa y la capa de catalizador se forman usando partículas finas, los valores físicos (niveles de energía y barrera de Schottky entre dos tipos de materiales) de los respectivos materiales a menudo no pueden aplicarse tal cual. Por ejemplo, en una etapa de descomposición tal como desodorización utilizando la función fotocatalítica de óxido de titanio, hay una técnica de aumento de la función fotocatalítica de óxido de titanio soportando partículas de platino de un tamaño de varios

nanómetros sobre partículas finas de óxido de titanio de un tamaño de varias decenas de nanómetros y se sabe ampliamente que los electrones se desplazan del óxido de titanio al platino. Por tanto, en el módulo de células solares sensibilizadas por colorante y célula solar sensibilizada por colorante descrito en los documentos de patente 3 y 4, la capa aislante porosa que usa un material con un alto nivel de energía de la banda de conducción tal como óxido de circonio se forma sobre la capa semiconductora porosa.

Por otro lado, con el fin de hacer el mejor uso de la luz incidente con respecto a la célula solar sensibilizada por colorante, hay una técnica de formar una capa semiconductora porosa en un estado superpuesto usando partículas finas con diversos diámetros de partícula y se confirma que esta técnica puede mejorar el rendimiento de la célula solar (véase, la publicación de patente japonesa no examinada n.º 2001-93591, documento de patente 5). En esta capa semiconductora porosa tal como se muestra en la figura 13, una capa 22 conductora, una capa 23 semiconductora porosa que adsorbe un colorante, y una capa de catalizador (no ilustrada) se superponen sucesivamente sobre un soporte 21 en un lado de luz incidente (cara receptora de luz). Además, en la capa 23 semiconductora porosa, partículas 24 semiconductoras con un menor diámetro de partícula y partículas 25 semiconductoras con un mayor diámetro de partícula se superponen en este orden, es decir, en un orden de desde una capa con una propiedad de dispersión de luz inferior hasta una capa con una propiedad de dispersión de luz superior, a partir del lado frontal receptor de luz.

Con respecto a una capa semiconductora porosa de este tipo, las probabilidades de absorción de luz en cada capa de las capas 23 semiconductoras porosas difieren. Es decir, la luz incidente de un lado de soporte 21 se absorbe sucesivamente por un colorante adsorbido en la capa 23 semiconductora porosa formada sobre la capa 22 conductora y avanza en la dirección de la capa de catalizador (no ilustrada). Dado que tal etapa de absorción de luz se lleva a cabo en el interior de la célula solar, el colorante adsorbido en la parte de la capa 23 semiconductora porosa cercana al soporte 21 absorbe la mayoría de la luz, y a medida que la luz avanza en la dirección de la capa de catalizador (no ilustrada), la cantidad de la luz incidente disminuye cada vez más y la conversión fotoeléctrica por unidad de tiempo disminuye cada vez más.

El documento US 2002/134426 A1 se refiere a una célula fotovoltaica sensibilizada por colorante que comprende un soporte electroconductor, una capa fotovoltaica porosa constituida por una capa semiconductora porosa que contiene un colorante de fotosensibilización, una capa de transporte de huecos y un soporte sobre un lado de contraelectrodo, teniendo la capa fotovoltaica porosa una estructura de múltiples capas y teniendo la capa semiconductora una proporción de difusión de la luz a una longitud de onda en la región de luz visible del 60% o más.

El documento JP 2005 228614 A describe un contraelectrodo para una célula solar sensibilizada por colorante así como una célula solar sensibilizada por colorante. Se proporciona un módulo que incluye una pluralidad de células solares sensibilizadas por colorante conectadas en serie con el fin de facilitar la producción y reducir los costes de fabricación de las mismas.

Documento de patente 1: patente japonesa n.º 2664194

Documento de patente 2: publicación de patente japonesa no examinada n.º 2002-540559

Documento de patente 3: publicación internacional WO 97/16838

Documento de patente 4: publicación de patente japonesa no examinada n.º 2002-367686

Documento de patente 5: publicación de patente japonesa no examinada n.º 2001-93591

Documento no de patente 1: “Development Technology of Dye-Sensitized Solar Cells”, editado por HAYASE Shuji y FUJISHIMA Akira, Gijutsu Kyoiku, págs. 205-217, junio de 2003

Descripción de la invención

Problemas que va a solucionar la invención

La presente invención pretende proporcionar una célula solar sensibilizada por colorante de alto rendimiento que tenga un FF mejorado y una corriente de cortocircuito potenciada y un módulo de células solares sensibilizadas por colorante que use la célula con bajo coste.

Medios para solucionar los problemas

Con el fin de solucionar los problemas mencionados anteriormente, los inventores de la presente invención han

realizado investigaciones mientras tenían en cuenta una estructura de capas de una capa semiconductora porosa para usar de manera eficiente la luz incidente para conversión fotoeléctrica, una relación de niveles de energía de un material de capa semiconductora porosa y un material de capa de catalizador, y un mecanismo de generación de energía eléctrica de una célula solar sensibilizada por colorante.

Pudo obtenerse una célula solar sensibilizada por colorante de alto rendimiento que tiene una resistencia de transporte disminuida de un material de transporte de portador, un FF mejorado y una corriente de cortocircuito potenciada sin usar una capa aislante porosa.

La presente invención proporciona una célula solar sensibilizada por colorante formada superponiendo una capa conductora; una capa de conversión fotoeléctrica en la que un colorante está adsorbido en una capa semiconductora porosa y en la que la capa de conversión fotoeléctrica está rellena de un material de transporte de portador; y un contraelectrodo que incluye una capa de catalizador y una capa conductora de contraelectrodo sobre un soporte hecho de un material transmisor de luz, en la que la capa de conversión fotoeléctrica se pone en contacto directo con la capa de catalizador del contraelectrodo; la capa semiconductora porosa que forma la capa de conversión fotoeléctrica tiene dos o más capas con propiedades de dispersión de luz diferentes; y las dos o más capas semiconductoras porosas se superponen en un orden de desde una capa con una propiedad de dispersión de luz inferior hasta una capa con una propiedad de dispersión de luz superior a partir de un lado frontal receptor de luz de la célula solar sensibilizada por colorante, y en la que la capa semiconductora porosa con la mayor propiedad de dispersión de luz y que está en contacto con el contraelectrodo está formada por partículas semiconductoras con un diámetro de partícula promedio de 50 nm o más y otras capas semiconductoras porosas están formadas por partículas semiconductoras con un diámetro de partícula promedio de 5 nm o más e inferior a 50 nm.

Además, la presente invención también proporciona un módulo de células solares sensibilizadas por colorante que incluye al menos dos células solares sensibilizadas por colorante que incluye la célula solar sensibilizada por colorante mencionada anteriormente y conectadas en serie.

Efectos de la invención

Según la presente invención, es posible proporcionar una célula solar sensibilizada por colorante de alto rendimiento que tiene un FF mejorado y una corriente de cortocircuito potenciada y un módulo de células solares sensibilizadas por colorante usando la célula con bajo coste.

En la presente invención, dado que al menos dos capas semiconductoras porosas con propiedades de dispersión de luz diferentes se superponen en un orden de desde una capa con una propiedad de dispersión de luz inferior hasta una capa con una propiedad de dispersión de luz superior a partir de un lado frontal receptor de luz de la célula solar sensibilizada por colorante, puede utilizarse de manera eficiente luz incidente para conversión fotoeléctrica y aumenta el diámetro de partícula de partículas semiconductoras que forman la capa semiconductora porosa en un lado opuesto de la cara receptora de luz. Dado que la cantidad del colorante adsorbido en una capa semiconductora porosa de este tipo es pequeña, la luz incidente sólo se absorbe y refleja por las partículas semiconductoras. En el caso en el que la capa semiconductora porosa contiene partículas de óxido de titanio, la región de absorción de luz es de aproximadamente 400 nm o más corta y la luz incidente se absorbe por un material de transporte de portador, en el que están disueltas simientes redox tales como las partículas de óxido de titanio de la capa semiconductora porosa en el lado frontal receptor de luz y yodo, y apenas alcanza la capa semiconductora porosa en el lado opuesto de la cara receptora de luz.

Por consiguiente, en la configuración mencionada anteriormente, debido a la diferencia de los niveles básicos de energía, no se produce ninguna fuga y la conversión fotoeléctrica no se provoca predominantemente en la superficie de contacto de la capa de conversión fotoeléctrica y la capa de catalizador, donde se espera que se produzca la fuga, y por tanto puede que no se forme una capa aislante porosa. Sin embargo, en el caso de un módulo de células solares sensibilizadas por colorante, pueden combinarse la célula solar sensibilizada por colorante de la presente invención que no tiene capa aislante porosa y una célula solar sensibilizada por colorante convencional que tiene una capa aislante porosa.

Breve descripción de los dibujos

La figura 1 es una vista en sección transversal esquemática de una parte principal que muestra una estructura de capas de una célula solar sensibilizada por colorante según la presente invención (ejemplo de producción 1).

La figura 2 es una vista en sección transversal esquemática de una parte principal que muestra una estructura de capas de un módulo de células solares sensibilizadas por colorante según la presente invención (ejemplo de producción 2).

La figura 3 es una vista en sección transversal esquemática de una parte principal que muestra una estructura de

capas del módulo de células solares sensibilizadas por colorante según la presente invención (ejemplo de producción 3).

La figura 4 es una vista en sección transversal esquemática de una parte principal que muestra una estructura de capas del módulo de células solares sensibilizadas por colorante según la presente invención (ejemplo de producción 4).

La figura 5 es una vista en sección transversal esquemática de una parte principal que explica una estructura de capas del módulo de células solares sensibilizadas por colorante según la presente invención (ejemplo de producción 4).

La figura 6 es una vista en sección transversal esquemática de una parte principal que muestra una estructura de capas del módulo de células solares sensibilizadas por colorante según la presente invención (ejemplo 7).

La figura 7 es una vista en sección transversal esquemática de una parte principal que muestra una estructura de capas del módulo de células solares sensibilizadas por colorante según la presente invención (ejemplo 8).

La figura 8 es una vista en sección transversal esquemática de una parte principal que muestra una estructura de capas del módulo de células solares sensibilizadas por colorante según la presente invención (ejemplo 9).

La figura 9 es una vista en sección transversal esquemática de una parte principal que muestra una estructura de capas de una célula solar sensibilizada por colorante convencional (documento de patente 1).

La figura 10 es una vista en sección transversal esquemática de una parte principal que muestra una estructura de capas de un módulo de células solares sensibilizadas por colorante convencional (documento de patente 2).

La figura 11 es una vista en sección transversal esquemática de una parte principal que muestra una estructura de capas de un módulo de células solares sensibilizadas por colorante convencional (documento no de patente 1).

La figura 12 es una vista en sección transversal esquemática de una parte principal que muestra una estructura de capas de un módulo de células solares sensibilizadas por colorante convencional (documento de patente 3).

La figura 13 es una vista en sección transversal esquemática que muestra una estructura de capas de una capa semiconductora porosa en una célula solar sensibilizada por colorante convencional (documento de patente 5).

Explicación de los números de referencia

1, 30, 40, 50: soporte

31, 41, 51: cubierta

2, 32, 42, 52: capa conductora

3, 33, 43, 53: capa de conversión fotoeléctrica rellena de un material de transporte de portador

34, 44, 54: capa aislante entre células

4: material de transporte de portador

5, 35, 45, 55: capa de catalizador

6, 36, 46, 56: capa conductora de contraelectrodo

7: electrodo de salida

8: material de sellado

57: capa aislante porosa

37, 47, 58: capa aislante

21: soporte

22: capa conductora

23: capa semiconductora porosa que adsorbe colorante

24: partículas semiconductoras con menor diámetro de partícula

25: partículas semiconductoras con mayor diámetro de partícula

100: primer soporte (sustrato de vidrio)

101: segundo soporte (sustrato de vidrio)

102: capa conductora

103: material de sellado

104: capa de conversión fotoeléctrica

105: capa de catalizador

106: capa conductora de contraelectrodo

107: capa de transporte de portador (disolución electrolítica)

110, 111, 210, 211: sustrato de vidrio

112, 116, 212, 216: película conductora transparente (electrodo)

113, 213: capa aislante

114, 214: capa de conversión fotoeléctrica

115, 215: capa de catalizador

117, 217: disolución electrolítica

118: trayecto conductor (capa axial de contacto)

310: sustrato transparente (sustrato de vidrio)

311: cubierta superior para sellar de manera estanca un líquido aislante eléctrico

312: película conductora transparente (electrodo)

313: capa aislante

314: capa semiconductora porosa (capa porosa de óxido de titanio)

315: contraelectrodo (contraelectrodo)

318: capa aislante porosa (capa aislante porosa intermedia)

Mejores modos para llevar a cabo la invención

Una célula solar sensibilizada por colorante (a continuación en el presente documento, denominada “célula solar”) de la presente invención se forma superponiendo una capa conductora, una capa de conversión fotoeléctrica en la que un colorante está adsorbido en una capa semiconductora porosa y en la que la capa de conversión fotoeléctrica está rellena de un material de transporte de portador, y un contraelectrodo que incluye una capa de catalizador y una capa conductora de contraelectrodo sobre un soporte hecho de un material transmisor de luz, y se caracteriza porque la capa de conversión fotoeléctrica se pone en contacto directo con la capa catalítica del contraelectrodo y la capa semiconductora porosa que forma la capa de conversión fotoeléctrica mencionada anteriormente tiene dos o

más capas con propiedades de dispersión de luz diferentes y las dos o más capas semiconductoras porosas se superponen en un orden de desde una capa con una propiedad de dispersión de luz inferior hasta una capa con una propiedad de dispersión de luz superior a partir de un lado frontal receptor de luz de la célula solar sensibilizada por colorante, y en la que la capa semiconductora porosa con la mayor propiedad de dispersión de luz y que está en contacto con el contraelectrodo está formada por partículas semiconductoras con un diámetro de partícula promedio de 50 nm o más y otras capas semiconductoras porosas están formadas por partículas semiconductoras con un diámetro de partícula promedio de 5 nm o más e inferior a 50 nm.

Además, un módulo de células solares sensibilizadas por colorante (a continuación en el presente documento, denominado “módulo”) de la presente invención comprende al menos dos células solares que incluyen la célula solar de la presente invención y conectadas en serie.

Se describirán realizaciones preferidas de la célula solar de la presente invención con referencia a los dibujos. Estas realizaciones son meramente ejemplos y pueden realizarse realizaciones de variación dentro del alcance de la presente invención.

La figura 1 es una vista en sección transversal esquemática de una parte principal que muestra la estructura de capas de la célula solar según la presente invención.

En la figura 1, el número de referencia 1 indica un soporte; el número de referencia 2 indica una capa conductora; el número de referencia 3 indica una capa de conversión fotoeléctrica rellena de un material de transporte de portador; el número de referencia 4 indica un material de transporte de portador; el número de referencia 5 indica una capa de catalizador; el número de referencia 6 indica una capa conductora de contraelectrodo; el número de referencia 7 indica un electrodo de salida; y el número de referencia 8 indica un material de sellado.

(Soporte 1)

Se requiere que el soporte tenga una propiedad de transmisión de luz en la parte que va a ser una cara receptora de luz de una célula solar y por tanto es preferible que esté hecho de al menos un material transmisor de luz y que tenga preferiblemente un grosor de aproximadamente 0,2 a 5 mm.

El material que forma el soporte no está limitado particularmente si en general es útil para las células solares y puede conseguir los efectos de la presente invención. Ejemplos de un material de este tipo incluyen sustratos de vidrio de vidrio de sosa, vidrio de cuarzo fundido y vidrio de cuarzo cristalino, láminas de resina resistentes al calor tales como una película flexible, y similares.

Los ejemplos del material que compone la película flexible (a continuación en el presente documento, denominada “película”) pueden incluir, por ejemplo, tetraacetilcelulosa (TAC), poli(tereftalato de etileno) (PET), poli(sulfuro de fenileno) (PPS), policarbonato (PC), polialilato (PA), polieterimida) (PEI), una resina fenoxi y Teflon (marca registrada). En el caso en el que se forme otra capa sobre el soporte mediante calentamiento, por ejemplo, en el caso en el que se forme una capa conductora sobre el soporte mediante calentamiento a aproximadamente 250ºC, el Teflon (marca registrada) que tiene resistencia térmica a una temperatura de 250ºC o más es particularmente preferible entre los materiales de película.

Además, puede usarse un soporte 1 cuando se une una célula solar completa a otras construcciones. Es decir, se hace fácil unir las partes periféricas del soporte tal como un sustrato de vidrio a otros soportes usando tornillos y elementos de procesamiento metálicos.

(Capa 2 conductora y capa 6 conductora de contraelectrodo)

En el caso en el que una capa 2 conductora y una capa 6 conductora de contraelectrodo forman una cara receptora de luz de una célula solar, se requiere una propiedad de transmisión de luz, y por tanto, al menos una de las capas está hecha de un material transmisor de luz. Sin embargo, el material puede ser un material que transmite sustancialmente luz con una longitud de onda a la que un colorante de sensibilización descrito más adelante tiene una sensibilidad eficaz en la práctica y por tanto no se requiere que el material tenga una propiedad de transmisión para la luz en todo el intervalo de longitudes de onda.

El material transmisor de luz no está limitado particularmente si puede usarse en general para las células solares y es un material que puede conseguir los efectos de la presente invención. Los ejemplos de un material de este tipo pueden incluir óxido combinado de indio-estaño (ITO), óxido de estaño dopado con flúor (FTO), óxido de cinc (ZnO), y similares.

La capa 2 conductora y la capa 6 conductora de contraelectrodo hechas de los materiales transmisores de luz se forman superponiendo una capa de material (capa conductora transmisora de luz) hecha de un material transmisor

de luz sobre un soporte (sustrato transmisor de luz) hecho de un material transmisor de luz. Es decir, en el caso de la capa 2 conductora, el sustrato transmisor de luz y el soporte 1 son iguales. En la práctica, un sustrato conductor transmisor de luz obtenido superponiendo una capa conductora transmisora de luz de FTO sobre un sustrato transmisor de luz (soporte) de vidrio flotado de sosa y cal puede mostrarse a modo de ejemplo y puede usarse preferiblemente en la presente invención.

El método para formar la capa conductora transmisora de luz sobre el sustrato transmisor de luz no está limitado particularmente y, por ejemplo, puede mostrarse a modo de ejemplo un método de bombardeo catódico, método de pulverización y similares conocidos públicamente. El grosor de la capa conductora transmisora de luz es de manera preferible de aproximadamente 0,02 a 5 μm y la resistencia de membrana es más preferible cuanto menor sea y es preferiblemente de 40 Ω/cuadrado o menos.

La capa 2 conductora y la capa 6 conductora de contraelectrodo para las que no se requiere necesariamente que tengan la propiedad de transmisión de luz pueden formarse usando el material transmisor de luz mencionado anteriormente o un material no transmisor de luz. Los ejemplos del material no transmisor de luz pueden incluir materiales metálicos tales como titanio, tungsteno, oro, plata, cobre, aluminio, níquel y similares.

Además, puede formarse un hilo conductor metálico en la capa 2 conductora para reducir la resistencia.

Los ejemplos de material del hilo conductor metálico pueden incluir platino, oro, plata, cobre, aluminio, níquel, titanio, y similares.

El método para formar el hilo conductor metálico puede ser, por ejemplo, un método para formar un hilo conductor metálico sobre el soporte 1 mediante un método de bombardeo catódico, método de deposición en fase vapor o similar conocido públicamente, y formar la capa 2 conductora sobre el soporte 1 que porta el hilo conductor metálico formado; un método para formar la capa 2 conductora sobre el soporte 1 y formar el hilo conductor metálico sobre la capa 2 conductora. A este respecto, en el caso en el que la formación del hilo conductor metálico conduce a la disminución de la cantidad de luz incidente desde la cara receptora de luz, el grosor del hilo conductor metálico se fija preferiblemente para que sea de aproximadamente 0,1 a 4 mm.

(Capa 5 de catalizador)

Es preferible formar una capa 5 de catalizador entre una capa 3 de conversión fotoeléctrica y la capa 6 conductora de contraelectrodo. La combinación de la capa 5 de catalizador y la capa 6 conductora de contraelectrodo puede denominarse “contraelectrodo”.

La capa de catalizador y la capa de conversión fotoeléctrica se ponen en contacto entre sí sin ningún espacio entre las mismas, de modo que (1) puede reducirse la resistencia interna y puede aumentarse el FF dado que la distancia de transferencia de una molécula redox en una disolución electrolítica en la capa de transporte de portador es más corta que aquélla en el caso en el que el espacio está presente y que (2) puede utilizarse eficientemente la luz incidente y puede aumentarse la corriente de conversión fotoeléctrica dado que la absorción de luz puede evitarse por una molécula redox en una disolución electrolítica en la capa del material de transporte de portador en el espacio en el caso en el que la capa del material de transporte de portador se fija más cerca del lado frontal receptor de luz que la capa 3 de conversión fotoeléctrica.

En general, con el fin de evitar una fuga en la parte de contacto de la capa de catalizador y la capa semiconductora porosa de la capa de conversión fotoeléctrica, es decir, inyección de electrones en el contraelectrodo desde la capa de conversión fotoeléctrica, es preferible formar una barrera de Schottky entre la capa de catalizador y la capa semiconductora porosa. Por consiguiente, es preferible que al menos la capa de catalizador entre los componentes constituyentes del contraelectrodo tenga una función de trabajo inferior al nivel de energía de la banda de conducción de la capa semiconductora porosa. Además, es preferible que la capa de catalizador active la reacción redox de una capa de transporte de portador que se describirá más adelante.

El material que compone la capa 5 de catalizador no está limitado particularmente si puede usarse comúnmente para las células solares y puede conseguir los efectos de la presente invención. Ejemplos de un material de este tipo pueden ser platino (función de trabajo: 6,35 eV) y carbono (función de trabajo: 4,7 eV) tal como negro de carbón, grafito, carbono vítreo, carbono amorfo, carbón cristalizado duro, carbón graso, fibra corta monocristalina de carbono, nanotubo de carbono, fulereno y similares en el caso de usar óxido de titanio (afinidad electrónica = nivel de energía de la banda de conducción: 4,1 eV) para la capa semiconductora porosa.

Además, en el caso en el que la capa de catalizador está más cerca del lado frontal receptor de luz que la capa de conversión fotoeléctrica, dado que se requiere que la capa de catalizador tenga la propiedad de transmisión de luz, es preferible que la capa de catalizador sea delgada. Aunque difiere según el material constituyente, el grosor de la capa de catalizador es 0,5 de 1000 nm y preferiblemente de 0,5 a 300 nm en el caso de usar platino.

En el caso de usar platino, la capa de catalizador puede formarse, por ejemplo, mediante un método de PVC, método de deposición en fase vapor, método de bombardeo catódico y similares conocidos públicamente, y en el caso de usar carbono, puede formarse mediante un método de aplicación tal como un método de serigrafía usando un material similar a una pasta obtenido dispersando carbono en un disolvente.

(Capa 3 de conversión fotoeléctrica)

La capa 3 de conversión fotoeléctrica se forma adsorbiendo un colorante en una capa semiconductora porosa.

(Capa semiconductora porosa)

En la presente invención, la capa semiconductora porosa incluye al menos dos capas con propiedades de dispersión de luz diferentes y dos o más capas semiconductoras porosas se superponen en un orden de desde una capa con una propiedad de dispersión de luz inferior hasta una capa con una propiedad de dispersión de luz superior a partir del lado frontal receptor de luz de la célula solar sensibilizada por colorante.

La capa semiconductora porosa contiene un semiconductor y puede tener diversos estados morfológicos tales como un estado granular, un estado similar a una película que tiene un gran número de poros finos, y similares, y preferiblemente el estado similar a una película.

El material semiconductor que compone la capa semiconductora porosa no está limitado particularmente si puede usarse en general para un material de conversión fotoeléctrica. Los ejemplos de un material de este tipo pueden incluir compuestos tales como óxido de titanio, óxido de cinc, óxido de estaño, óxido de hierro, óxido de niobio, óxido de cerio, óxido de tungsteno, óxido de níquel, titanato de estroncio, sulfuro de cadmio, sulfuro de plomo, sulfuro de cinc, fosfuro de indio, sulfuro de cobre-indio ($CuInS_2$), $CuAlO_2$, $SrCu_2O_2$ y sus combinaciones. Entre éstos, son preferibles el óxido de titanio, óxido de cinc, óxido de estaño y óxido de niobio, y es particularmente preferible el óxido de titanio en cuanto a la eficiencia de conversión fotoeléctrica, estabilidad y seguridad. Estos materiales semiconductores pueden usarse en forma de mezclas de dos o más de estos compuestos.

En la presente invención, óxido de titanio incluye diversas clases de óxido de titanio en un sentido estricto tal como óxido de titanio tipo anatasa, óxido de titanio tipo rutilo, óxido de titanio amorfo, ácido metatitánico, ácido ortotitánico, hidróxido de titanio, óxido de titanio hidratado y similares, y estos compuestos pueden usarse solos o en forma de mezclas. Pueden formarse dos tipos de sistemas cristalinos, el tipo anatasa y el tipo rutilo, según el método de producción y la histéresis térmica y el tipo anatasa es común.

El semiconductor mencionado anteriormente que compone la capa semiconductora porosa es preferiblemente un cuerpo sinterizado policristalino que contiene partículas finas en cuanto a la estabilidad, facilidad de crecimiento cristalino y coste de producción.

La propiedad de dispersión de luz de la capa semiconductora porosa puede ajustarse según el diámetro de partícula (diámetro de partícula promedio) del material semiconductor que va a usarse para la formación de capas. Aunque dependiendo de las condiciones de formación de la capa semiconductora porosa, en la práctica, la capa semiconductora porosa hecha de partículas semiconductoras con un mayor diámetro de partícula promedio tiene una propiedad de dispersión de luz elevada y dispersa la luz incidente para mejorar la razón de retención de luz. La capa semiconductora porosa hecha de partículas semiconductoras con un menor diámetro de partícula promedio tiene una propiedad de dispersión de luz baja y contiene más puntos de adsorción de un colorante para aumentar la cantidad de absorción. Por consiguiente, es preferible que dos o más capas semiconductoras porosas se superpongan en un orden de desde una capa con un diámetro de partícula promedio relativamente menor hasta una capa con un diámetro de partícula promedio relativamente mayor a partir del lado frontal receptor de luz de la célula solar. En la presente invención, “relativamente” significa la comparación de las partículas semiconductoras que componen las respectivas capas de dos o más capas semiconductoras porosas que forman la capa de conversión fotoeléctrica en una única célula solar.

En cuanto al logro eficaz de los efectos de la presente invención, la capa semiconductora porosa con la mayor propiedad de dispersión de luz y que está en contacto con el contraelectrodo está formada por partículas semiconductoras con un diámetro de partícula promedio de 50 nm o más (preferiblemente de 50 nm o más y de 600 nm o menos) y otras capas semiconductoras porosas están formadas por partículas semiconductoras con un diámetro de partícula promedio de 5 nm o más e inferior a 50 nm (preferiblemente de 10 nm o más y de 30 nm o menos).

El diámetro de partícula promedio del material semiconductor no está limitado particularmente si está en el intervalo mencionado anteriormente para conseguir los efectos de la presente invención, sin embargo en cuanto a la utilización eficiente de la luz incidente para conversión fotoeléctrica, es preferible que el material semiconductor tenga un diámetro de partícula promedio regular en cierta medida, como los polvos de material semiconductor

comercializados. Sin embargo, la capa semiconductora porosa que tiene una propiedad de dispersión de luz superior, particularmente la capa semiconductora porosa que está en contacto con el contraelectrodo, tiene una resistencia mecánica baja debido al gran diámetro de partícula promedio del material semiconductor que compone la capa y a veces puede provocar un problema en la estructura de la célula solar. En tal caso, puede añadirse un material semiconductor con un menor diámetro de partícula promedio a una proporción de, por ejemplo, el 10% en peso o menor al material semiconductor con un gran diámetro de partícula promedio para reforzar mecánicamente la capa semiconductora porosa.

El método para formar la capa semiconductora porosa similar a una película sobre una capa conductora no está limitado particularmente y pueden mostrarse a modo de ejemplo métodos conocidos públicamente. Los ejemplos pueden incluir (1) un método de aplicación de una pasta que contiene partículas semiconductoras a una capa conductora mediante un método de serigrafía, un método de chorro de tinta, o similares, y la cocción de la pasta; (2) un método de formación de una película sobre una capa conductora mediante un método de CVD o un método de MOCVD usando gases de material de partida deseados; (3) un método de formación de una película sobre una capa conductora mediante un método de PVD, un método de deposición en fase vapor, un método de bombardeo catódico o similares, usando materiales de partida sólidos; y (4) un método de formación de una película sobre una capa conductora mediante un método sol-gel, un método que usa una reacción redox electroquímica, o similares. Entre estos métodos, el método de serigrafía que usa una pasta es particularmente preferible dado que puede formarse una capa semiconductora porosa gruesa con bajo coste.

El grosor de la capa semiconductora porosa no está limitado particularmente y es de manera preferible de aproximadamente 0,5 a 50 mm en cuanto a la eficiencia de conversión fotoeléctrica.

Particularmente, en cuanto al logro eficaz de los efectos de la presente invención, es preferible que el grosor de la capa semiconductora porosa con la mayor propiedad de dispersión de luz y que está en contacto con el contraelectrodo sea de 0,1 a 40 μm (preferiblemente de 5 a 20 μm) y que el grosor total de otras capas semiconductoras porosas sea de 0,1 a 50 μm (preferiblemente de 10 a 40 μm).

Con el fin de mejorar la eficiencia de conversión fotoeléctrica de la célula solar, se requiere formar la capa de conversión fotoeléctrica adsorbiendo una cantidad mayor de un colorante, que se describirá más adelante, en la capa semiconductora porosa. Por tanto, en el caso de una capa semiconductora porosa similar a una película, es preferible una capa con un área superficial específica elevada y se prefieren aproximadamente de 10 a 200 m^2/g. El área superficial específica en esta memoria descriptiva es un valor medido mediante un método de adsorción BET.

La capa semiconductora porosa incluye dos o más capas y en cuanto al logro eficaz de los efectos de la presente invención, es más preferible que la capa semiconductora porosa incluya de 3 a 5 capas. Es decir, pueden formarse una pluralidad de capas semiconductoras porosas usando una pluralidad de diámetros de partícula suficientes para dispersar luz y reflejar luz según el rango de absorción del colorante, que se describirá más adelante.

Se describirá específicamente un método para formar la capa semiconductora porosa usando óxido de titanio como partículas semiconductoras. En primer lugar, se añaden gota a gota 125 ml de isopropóxido de titanio (fabricado por Kishida Chemical Co., Ltd.) a 750 ml de una disolución acuosa de ácido nítrico 0,1 M (fabricada por Kishida Chemical Co., Ltd.) para provocar la hidrólisis y se calienta la disolución a 80ºC durante 8 horas para obtener una disolución de sol. Después de esto, se calienta la disolución de sol obtenida a 230ºC durante 11 horas en un autoclave hecho de titanio para hacer crecer las partículas de óxido de titanio, y se lleva a cabo una dispersión ultrasónica durante 30 minutos para preparar una disolución coloidal que contiene partículas de óxido de titanio con un diámetro de partícula promedio (diámetro de partícula principal promedio) de 15 nm. A continuación, se añade etanol en una cantidad doble a la disolución coloidal obtenida y se centrifuga la mezcla a una velocidad de rotación de 5000 rpm para obtener partículas de óxido de titanio. En esta memoria descriptiva, el diámetro de partícula promedio es un valor calculado a partir del pico de difracción de XRD (método de difracción de rayos X). En la práctica, el diámetro de partícula promedio se calcula a partir de la mitad del ancho del ángulo de difracción en la medición $\theta/2\theta$ de XRD y la ecuación de Scherrer. Por ejemplo, en el caso de óxido de titanio tipo anatasa, puede medirse la mitad del ancho del pico de difracción (aproximadamente $2\theta = 25{,}3^{\circ}$) correspondiente a un plano (101).

A continuación, se lavan las partículas de óxido de titanio obtenidas y se mezclan con una disolución obtenida disolviendo etilcelulosa y terpineol en etanol absoluto y se agita para dispersar las partículas de óxido de titanio. Después de esto, se calienta la disolución mezclada en una condición de vacío para evaporar el etanol y obtener una pasta de óxido de titanio. Se ajusta la composición final de tal manera que, por ejemplo, la concentración de óxido de titanio sólido es del 20% en peso, la concentración de etilcelulosa es del 10% en peso y la concentración de terpineol es del 64% en peso.

Los ejemplos del disolvente que debe usarse para preparar una pasta que contiene partículas semiconductoras (en suspensión) pueden incluir, además de los disolventes mencionados anteriormente, disolventes de tipo glime tales como monometil éter de etilenglicol; disolventes de tipo alcohol tales como alcohol isopropílico; disolventes mixtos

tales como alcohol isopropílico/tolueno; agua; y similares.

A continuación, se aplica la pasta que contiene partículas semiconductoras a la capa conductora y se cuece mediante el método mencionado anteriormente para formar la capa semiconductora porosa. Se requiere ajustar apropiadamente las condiciones de secado y cocido, tal como temperatura, tiempo y entornos ambientales dependiendo de los tipos de soporte y partículas semiconductoras que van a usarse. El cocido puede llevarse a cabo, por ejemplo, a desde aproximadamente 50 hasta 800ºC en aire atmosférico o gas inerte durante de 10 segundos a 12 horas. El secado y el cocido pueden llevarse a cabo a una temperatura constante una vez o a temperaturas cambiadas dos o más veces.

(Colorante)

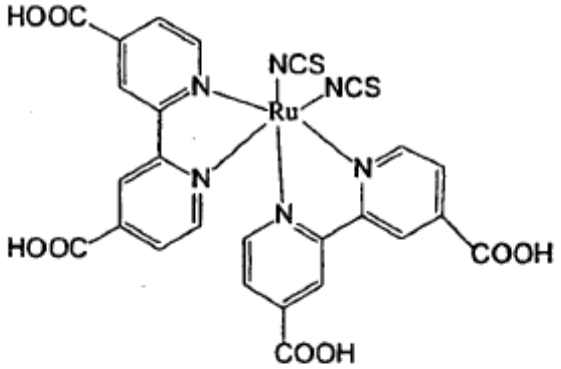
Los ejemplos de un colorante que debe adsorberse en la capa semiconductora porosa y que tiene una función de fotosensibilizador pueden incluir diversos colorantes orgánicos y colorantes de complejo metálico que absorben en diversas regiones de luz visible y/o regiones infrarrojas, y puede usarse selectivamente una o más clases de estos colorantes.

Los ejemplos de los colorantes orgánicos incluyen colorantes de tipo azoico, colorantes de tipo quinona, colorantes de tipo quinonimina, colorantes de tipo quinacridona, colorantes de tipo escuarilio, colorantes de tipo cianina, colorantes de tipo merocianina, colorantes de tipo trifenilmetano, colorantes de tipo xanteno, colorantes de tipo porfirina, colorantes de tipo perileno, colorantes de tipo índigo, colorantes de tipo naftalocianina, y similares. El índice de absorbancia de un colorante orgánico es generalmente elevado en comparación con el de un complejo metálico colorante que tiene una morfología de enlace de coordinación de una molécula a un metal de transición.

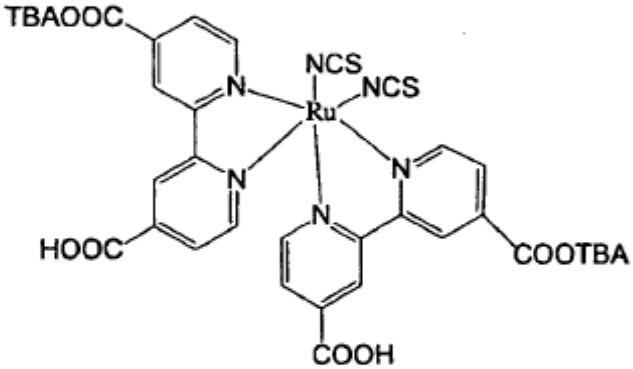
Los ejemplos de los colorantes de complejo metálico incluyen aquéllos que tienen una morfología de enlace de coordinación de moléculas a metales tales como Cu, Ni, Fe, Co, V, Sn, Si, Ti, Ge, Cr, Zn, Ru, Mg, Al, Pb, Mn, In, Mo, Y, Zr, Nb, Sb, La, W, Pt, Ta, Ir, Pd, Os, Ga, Tb, Eu, Rb, Bi, Se, As, Sc, Ag, Cd, Hf, Re, Au, Ac, Tc, Te, Rh, y similares y entre éstos, son preferibles los colorantes de tipo ftalocianina y colorantes de tipo rutenio y son particularmente preferibles los colorantes de complejo metálico de tipo rutenio.

En particular, son particularmente preferibles los colorantes de complejo metálico de tipo rutenio representados mediante las siguientes formulas (1) a (3).

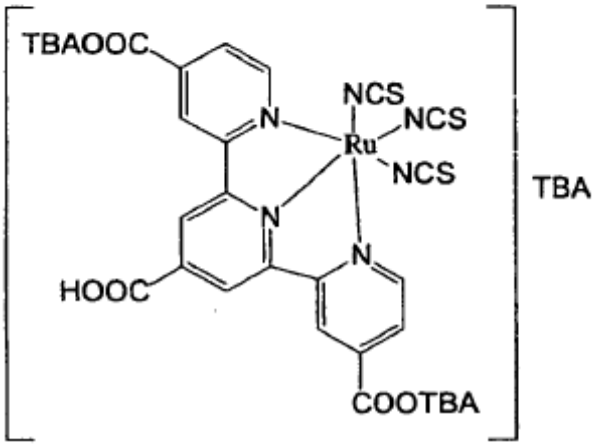
[Fórmula química 1]



(1)



(2)



(3)

Además, con el fin de adsorber firmemente un colorante en la capa semiconductora porosa, es preferible que el colorante tenga un grupo de interbloqueo tal como un grupo ácido carboxílico, un grupo anhídrido carboxílico, un grupo alcoxilo, un grupo hidroxilo, un grupo hidroxialquilo, un grupo ácido sulfónico, un grupo éster, un grupo mercapto, un grupo fosfonilo, y similares.

Entre éstos, son particularmente preferibles un grupo ácido carboxílico y un grupo anhídrido carboxílico. El grupo de interbloqueo proporciona un enlace eléctrico para hacer que la transferencia de electrones sea fácil entre el colorante en el estado excitado y la banda de conducción de la capa semiconductora porosa.

Un ejemplo de un método para adsorber el colorante en la capa semiconductora porosa puede ser un método que implica, por ejemplo, sumergir la capa semiconductora porosa formada sobre la capa conductora en una disolución que contiene un colorante (una disolución para adsorber un colorante).

El disolvente para disolver un colorante puede ser cualquier disolvente que pueda disolver el colorante y ejemplos prácticos pueden ser alcoholes tales como etanol; cetonas tales como acetona; éteres tales como dietil éter 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 usarse dos o más de estos disolventes en forma de mezclas. La concentración de un colorante en la disolución puede ajustarse apropiadamente dependiendo de los tipos del colorante y el disolvente que deban usarse y con el fin de mejorar la adsorción, es más preferible cuando mayor sea la concentración y puede ser de $5X10^{-4}$ mol/l o más.

(Material 4 de transporte de portador)

En la presente invención, “capa de transporte de carga” significa una región en la que se inyecta un material 4 de transporte de portador y que está rodeada por o bien una capa 2 conductora en combinación con una capa 5 de catalizador o bien una capa 6 conductora de contraelectrodo en combinación con un material 8 de sellado. Por consiguiente, la capa 3 de conversión fotoeléctrica está rellena del material 4 de transporte de portador.

Un material de transporte de portador de este tipo es un material conductor que puede transportar iones y materiales preferibles pueden ser, por ejemplo, un electrolito líquido, un electrolito sólido, un electrolito en gel, un electrolito en gel de sal fundida, y similares.

El electrolito líquido puede ser una sustancia líquida que contiene una molécula redox y no está limitado particularmente si puede usarse en general para baterías y células solares. Los ejemplos específicos de los mismos incluyen sustancias que contienen una molécula redox y un disolvente que puede disolver la molécula; sustancias que contienen una molécula redox y una sal fundida que puede disolver la molécula; y sustancias que contienen una molécula redox, un disolvente que puede disolver la molécula y una sal fundida que puede disolver la molécula; y similares.

Los ejemplos de la molécula redox pueden incluir moléculas de tipo I^-/I_3^-, de tipo Br^{2-}/Br^{3-}, de tipo Fe^{2+}/Fe^{3+}, de tipo quinona/hidroquinona. Los ejemplos específicos de los mismos pueden incluir combinaciones de yodo (I_2) con un yodo metálico tal como yoduro de litio (LiI), yoduro de sodio (NaI), yoduro de potasio (KI), yoduro de calcio (CaI_2), y similares; combinaciones de yodo con una sal de tetraalquilamonio tal como yoduro de tetraalquilamonio (TEAI), yoduro de tetrapropilamonio (TPAI), yoduro de tetrabutilamonio (TBAI), yoduro de tetrahexilamonio (THAI) y similares; y combinaciones de bromo con un bromo metálico tal como bromuro de litio (LiBr), bromuro de sodio (NaBr), bromuro de potasio (KBr), bromuro de calcio ($CaBr_2$), y similares, y entre éstos, es particularmente preferible la combinación de LiI y I_2.

Los ejemplos del disolvente para la molécula redox pueden incluir compuestos de carbonato tales como carbonato de propileno; compuestos de nitrilo tales como acetonitrilo; alcoholes tales como etanol; agua; y sustancias polares no protónicas. Entre éstos, son particularmente preferibles los compuestos de carbonato y compuestos de nitrilo. Pueden usarse dos o más clases de estos disolventes en forma de una mezcla.

El electrolito sólido puede ser un material conductor que puede transportar electrones, huecos e iones, que puede usarse como sustancia electrolítica de las células solares y que no tiene fluidez. Los ejemplos específicos pueden incluir materiales de transporte de huecos tales como policarbazol; materiales de transporte de electrones tales como tetranitrofluorenona; polímeros conductores tales como polipirrol; electrolitos poliméricos obtenidos solidificando electrolitos líquidos con compuestos poliméricos; un semiconductor de tipo p tal como yoduro de cobre y tiocianuro de cobre; y electrolitos obtenidos solidificando electrolitos líquidos que contienen sales fundidas mediante partículas finas.

El electrolito en gel incluye generalmente un electrolito y un agente gelificante.

Los ejemplos del agente gelificante pueden incluir agentes gelificantes poliméricos tales como derivados de resina poliacrílica reticulados, derivados de poliacrilonitrilo reticulados, derivados de poli(óxido de alquileno), resinas de silicona y polímeros que tienen una estructura salina de compuesto cuaternario heterocíclico que contiene nitrógeno en las cadenas laterales.

El electrolito en gel de sal fundida incluye generalmente el electrolito en gel mencionado anteriormente y una sal de tipo fundido a temperatura ambiente. Los ejemplos de la sal de tipo fundido a temperatura ambiente pueden incluir sales de compuesto de amonio cuaternario heterocíclico que contiene nitrógeno tales como sales de piridinio, sales de imidazolio, y similares.

Si es necesario, puede añadirse un aditivo al electrolito mencionado anteriormente. Los ejemplos de los aditivos pueden incluir compuestos aromáticos que contienen nitrógeno tales como terc-butilpiridina (TBP), y sales de imidazol tales como yoduro de dimetilpropilimidazol (DMPII), yoduro de metilpropilimidazol (MPII), yoduro de etilmetilimidazol (EMII), yoduro de etilimidazol (EII) y yoduro de hexilmetilimidazol (HMII).

La concentración de electrolito en la disolución electrolítica está preferiblemente en un intervalo de 0,001 a 1,5 mol/l

y más preferiblemente en un intervalo de 0,01 a 0,7 mol/l. En el caso en el que la capa de catalizador existe en el lado frontal receptor de luz en el módulo de la presente invención, la luz incidente alcanza la capa semiconductora porosa adsorbiendo un colorante a través de la disolución electrolítica para excitar los portadores. Por consiguiente, dependiendo de la concentración de electrolito que vaya a emplearse en una célula unitaria que tiene la capa de catalizador en el lado frontal receptor de luz, puede deteriorarse el rendimiento. Por tanto, es preferible fijar la concentración de electrolito considerando ese punto.

(Electrodo 7 de salida)

Un electrodo 7 de salida se forma según sea necesario sobre la capa 6 conductora de contraelectrodo.

El material constituyente del electrodo de salida no está limitado particularmente si puede usarse en general para células solares y puede conseguir los efectos de la presente invención.

(Material 8 de sellado)

El material 8 de sellado es importante para evitar la evaporación de la disolución electrolítica y la penetración de agua en las células.

Además, el material de sellado también es importante (1) para absorber la tensión (impacto) de un objeto que cae en el soporte y (2) para absorber el combado del soporte por el uso a largo plazo.

El material que compone el material 8 de sellado no está limitado particularmente si puede usarse en general para células solares y puede conseguir los efectos de la presente invención. Un material de este tipo son preferiblemente resinas de silicona, resinas epoxídicas, resinas de tipo poliisobutileno, resinas de fusión en caliente, fritas de vidrio y pueden usarse dos o más clases de estos materiales en forma de dos o más capas. En el caso en el que se usa un disolvente de tipo nitrilo o un disolvente de tipo carbonato como disolvente para el electrolito redox, son particularmente preferibles resinas de silicona, resinas de fusión en caliente (por ejemplo, resinas ionoméricas), resinas de tipo poliisobutileno y fritas de vidrio.

Los patrones del material 8 de sellado pueden formarse usando un dispensador en el caso de usar resinas de silicona, resinas epoxídicas o fritas de vidrio, y formando orificios creando un patrón en una resina de fusión en caliente de tipo lámina en el caso de usar las resinas de fusión en caliente.

El módulo de la presente invención incluye al menos dos de las células solares que incluyen la célula solar de la presente invención y conectadas en serie. Es decir, al menos dos células solares que componen el módulo pueden incluir al menos una célula solar de la presente invención entre al menos dos células solares que componen el módulo.

(Ejemplos)

La presente invención se describirá adicionalmente a modo de los ejemplos de producción, ejemplos y ejemplos comparativos; sin embargo, no se pretende que la presente invención se limite a estos ejemplos de producción y ejemplos.

(Ejemplo de producción 1)

Se produjo la célula solar (célula unitaria) mostrada en la figura 1.

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

En la figura 1, el número de referencia 1 indica un soporte: el número de referencia 2 indica una capa conductora: el número de referencia 3 indica una capa de conversión fotoeléctrica rellena de un material de transporte de portador: el número de referencia 4 indica un material de transporte de portador: el número de referencia 5 indica una capa de catalizador: el número de referencia 6 indica una capa conductora de contraelectrodo: el número de referencia 7 indica un electrodo de salida: y el número de referencia 8 indica un material de sellado.

Se usó un sustrato de vidrio (nombre comercial: SnO_2 film-bearing glass, fabricado por Nippon Sheet Glass Co., Ltd.) obtenido formando una capa 2 conductora de una película de SnO_2 sobre un soporte 1 de vidrio. Se aplicó una pasta de óxido de titanio comercializada (nombre comercial: Ti-Nanoxide T/SP, diámetro de partícula principal promedio de óxido de titanio: 13 nm, fabricado por Solaronix) a la capa 2 conductora de este sustrato de vidrio usando un aparato de serigrafía (modelo n.º: LS-150, fabricado por Newlong Seimitsu Kogyo Co., Ltd.). A continuación, se coció la

pasta a 500ºC durante 40 minutos en aire usando un horno de cocción (modelo n.º: KDF P-100, fabricado por Denken Co., Ltd.) para formar una capa A de óxido de titanio de 8 μm de grosor (una capa semiconductora porosa con la menor propiedad de dispersión de luz).

Además, usando el aparato de serigrafía mencionado anteriormente, se aplicó una pasta de óxido de titanio comercializada (nombre comercial: Ti-Nanoxide D/SP, diámetro de partícula principal promedio de óxido de titanio: 13 nm, fabricado por Solaronix) a la capa A de óxido de titanio y se coció a 500ºC durante 40 minutos en aire usando el horno de cocción. Se repitieron tres veces los procesos de aplicación y cocción para formar una capa B de óxido de titanio de 18 μm de grosor (una capa semiconductora porosa con una propiedad de dispersión de luz media).

Además, usando el aparato de serigrafía mencionado anteriormente, se aplicó una pasta de óxido de titanio preparada previamente a la capa B de óxido de titanio y se coció a 500ºC durante 40 minutos en aire usando el horno de cocción para formar una capa C de óxido de titanio de 5 μm de grosor (una capa semiconductora porosa con la mayor propiedad de dispersión de luz). Se preparó la pasta de óxido de titanio usando partículas de óxido de titanio de tipo anatasa con un diámetro de partícula principal promedio de 350 nm y terpineol como disolvente. En estos procesos, se formaron tres capas semiconductoras porosas en un orden de desde una capa con la propiedad de dispersión de luz inferior hasta una capa con la propiedad de dispersión de luz superior a partir de la capa 2 conductora.

Se formó una capa 5 de catalizador sobre las capas semiconductoras porosas obtenidas mediante deposición en fase vapor de platino en un grosor de 50 nm usando un aparato de deposición en fase vapor (modelo n.º: EVD 500A, fabricado por ANELVA corporation). A continuación, usando el aparato de deposición en fase vapor mencionado anteriormente, se depositó en fase vapor titanio en un grosor de 300 nm para formar una capa 6 conductora de contraelectrodo.

Se sumergieron las capas semiconductoras porosas formadas superponiendo las capas de la manera mencionada anteriormente en una disolución de colorante preparada previamente para la adsorción a temperatura ambiente durante 24 horas para adsorber el colorante en las capas semiconductoras porosas. Después de esto, se lavó el sustrato con etanol y se secó a aproximadamente 60ºC durante aproximadamente 5 minutos para formar la capa 3 de conversión fotoeléctrica. Se obtuvo el colorante disolución para la adsorción disolviendo el colorante representado mediante la fórmula (3) mencionada anteriormente (nombre comercial: Ruthenium 620, fabricado por Solaronix) en una mezcla de disolventes de acetonitrilo y terc-butanol a una razón en volumen de 1:1 para tener una concentración de $3X10^{-4}$ mol/l.

Se usó una lámina de titanio de 0,5 mm de grosor que tenía un orificio de inyección de disolución electrolítica como electrodo 7 de salida. Mientras el electrodo 7 de salida se adhería a la capa 6 conductora de contraelectrodo y se mantenía en una estado a presión, se aplicó una resina curable por UV (modelo n.º: 31X-101, fabricado por Three Bond Co., Ltd.) a los alrededores del cuerpo obtenido usando un dispensador (nombre comercial: ULTRASAVER, fabricado por EFD corporation). A continuación, se radiaron rápidamente rayos UV para curar la resina y formar así el material 8 de sellado usando una lámpara de UV (nombre comercial: NOVACURE, fabricado por EFD corporation).

Después de esto, utilizando el efecto de capilaridad, se inyectó una disolución electrolítica preparada previamente como material 4 de transporte de portador en el orificio de inyección de disolución electrolítica del electrodo 7 de salida y se selló el orificio de inyección de disolución electrolítica para completar una célula solar. Se obtuvo la disolución electrolítica disolviendo 0,1 mol/l de LiI (fabricado por Aldrich Chemical Company), 0,05 mol/l de I_2 (fabricado por Aldrich Chemical Company), 0,5 mol/l de TBP (fabricado por Aldrich Chemical Company) y 0,6 mol/l de yoduro de dimetilpropilimidazol (DMPII, fabricado por Shikoku Chemicals Corporation) en acetonitrilo (fabricado por Aldrich Chemical Company).

(Ejemplo de producción 2)

Se produjo el módulo de células solares mostrado en la figura 2.

La figura 2 es una vista en sección transversal esquemática de una parte principal que muestra una estructura de capas de un módulo de células solares de la presente invención. En el dibujo, el número de referencia 30 indica un soporte: el número de referencia 31 indica una cubierta: el número de referencia 32 indica una capa conductora: el número de referencia 33 indica una capa de conversión fotoeléctrica rellena de un material de transporte de portador: el número de referencia 34 indica una capa aislante entre células: el número de referencia 35 indica una capa de catalizador: el número de referencia 36 indica una capa conductora de contraelectrodo: y el número de referencia 37 indica una capa aislante.

Se usó un sustrato de vidrio (nombre comercial: SnO_2 film-bearing glass, fabricado por Nippon Sheet Glass Co., Ltd.) obtenido formando una capa 32 conductora de una película de SnO_2 sobre un soporte 1 de vidrio. Se formó una línea de trazado en un sitio prescrito de la capa 32 conductora del sustrato de vidrio radiando un haz láser y evaporando la película de SnO_2 usando un aparato de trazado por láser (fabricado por Seishin Trading Co., Ltd.) que comprende un láser YAG (longitud de onda básica: 1,06 μm).

A continuación, de la misma manera que en el ejemplo de producción 1, se formó la capa semiconductora porosa usando pastas de óxido de titanio comercializadas. Después de esto, se aplicó una pasta de vidrio (nombre comercial: glass paste, fabricada por Noritake Co., Ltd.) sobre las líneas de trazado existentes en las respectivas capas semiconductoras porosas adyacentes usando un aparato de serigrafía (modelo n.º; LS-150, fabricado por Newlong Seimitsu Kogyo Co., Ltd.) y se secó a 100ºC durante 15 minutos y entonces se cocieron a 500ºC durante 60 minutos usando un horno de cocción para formar las capas 34 de aislamiento entre células.

A continuación, de la misma manera que en el ejemplo de producción 1, se formaron la capa 35 de catalizador y la capa 36 conductora de contraelectrodo. Después de esto, de la misma manera que en el ejemplo de producción 1, se adsorbió el colorante representado mediante la fórmula (3) mencionada anteriormente en las capas semiconductoras porosas superpuestas de la manera mencionada anteriormente para formar la capa 33 de conversión fotoeléctrica. Además, se adhirieron una lámina de PET (poli(tereftalato de etileno)) como cubierta 31 y una lámina de EVA (acetato de etilenvinilo) como capa 37 aislante a partes prescritas.

Después de esto, de la misma manera que en el ejemplo de producción 1, se inyectó una disolución electrolítica y se selló el orificio de inyección de disolución electrolítica para completar un módulo de células solares.

(Ejemplo de producción 3)

Se produjo el módulo de células solares mostrado en la figura 3.

La figura 3 es una vista en sección transversal esquemática de una parte principal que muestra una estructura de capas de un módulo de células solares de la presente invención. En el dibujo, el número de referencia 40 indica un soporte: el número de referencia 41 indica una cubierta: el número de referencia 42 indica una capa conductora: el número de referencia 43 indica una capa de conversión fotoeléctrica rellena de un material de transporte de portador: el número de referencia 44 indica una capa aislante entre células: el número de referencia 45 indica una capa de catalizador: el número de referencia 46 indica una capa conductora de contraelectrodo: y el número de referencia 47 indica una capa aislante.

Se completó un módulo de células solares de la misma manera que en el ejemplo de producción 2, excepto que tras formarse las capas semiconductoras porosas, se formaron dos filas de las capas 44 aislantes entre células y, después de esto, se formó la capa 46 conductora de contraelectrodo entre las capas 44 aislantes entre células para conectar las células solares adyacentes en serie.

(Ejemplo de producción 4)

Se produjo el módulo de células solares mostrado en la figura 4.

La figura 4 es una vista en sección transversal esquemática de una parte principal que muestra una estructura de capas de un módulo de células solares de la presente invención. En el dibujo, el número de referencia 50 indica un soporte: el número de referencia 51 indica una cubierta: el número de referencia 52 indica una capa conductora: el número de referencia 53 indica una capa de conversión fotoeléctrica rellena de un material de transporte de portador: el número de referencia 54 indica una capa aislante entre células: el número de referencia 55 indica una capa de catalizador: el número de referencia 56 indica una capa conductora de contraelectrodo: el número de referencia 57 indica una capa aislante porosa: el número de referencia 58 indica una capa aislante: A indica una célula A y B indica una célula B.

Se usó un sustrato de vidrio (nombre comercial: SnO_2 film-bearing glass, fabricado por Nippon Sheet Glass Co., Ltd.) obtenido formando una capa 52 conductora de una película de SnO_2 sobre un soporte 50 de vidrio. Se formó una línea de trazado en un sitio prescrito de la capa 52 conductora del sustrato de vidrio radiando un haz láser y evaporando la película de SnO_2 usando un aparato de trazado por láser (fabricado por Seishin Trading Co., Ltd.) que comprende un láser YAG (longitud de onda básica: 1,06 μm).

A continuación, se aplicó una pasta de catalizador comercializada (Pt-catalyst T/SP, fabricado por Solaronix) a la capa 52 conductora de la célula B usando un aparato de serigrafía (modelo n.º: LS-150, fabricado por Newlong Seimitsu Kogyo Co., Ltd.). A continuación, se coció la pasta a 500ºC durante 30 minutos en aire usando un horno de cocción (modelo n.º: KDF P-100, fabricado por Denken Co., Ltd.) para formar una capa 55 de catalizador de 1 μm de grosor de la célula B.

Además, se aplicó una pasta de óxido de silicio preparada previamente a la capa 55 conductora de la célula B y se coció a 500ºC durante 60 minutos en aire usando el horno de cocción mencionado anteriormente para formar una capa 57 aislante porosa de 5 μm de grosor. Se preparó la pasta de óxido de silicio usando partículas de óxido de silicio (fabricadas por C.I. Kasei Co., Ltd.) con un diámetro de partícula principal promedio de 30 nm y terpineol como disolvente.

La capa 57 aislante porosa puede formarse mediante un método sol-gel distinto del método mencionado anteriormente. Por ejemplo, se disuelven un compuesto de silicio orgánico (por ejemplo, tetrametoxisilano, tetraetoxisilano y similares), etanol y ácido clorhídrico en un disolvente tal como agua pura para producir una disolución de sol y, además, se añade polietilenglicol (peso molecular de aproximadamente 2000) como compuesto polimérico en una concentración de aproximadamente el 40% en peso a la disolución de sol obtenida. Se aplicó la disolución mixta obtenida a la capa 55 de catalizador de la célula B y se secó y sucesivamente se coció a 500ºC durante aproximadamente 30 minutos en aire para formar la capa 57 aislante porosa. El compuesto polimérico mencionado anteriormente tiene la función de mejorar la porosidad (área superficial específica) de la capa aislante porosa y puede incluir, por ejemplo, etilcelulosa, nitrocelulosa y similares, además de polietilenglicol.

A continuación, de la misma manera que en el ejemplo de producción 1, se formaron capas semiconductoras porosas usando pastas de óxido de titanio comercializadas sobre la capa 52 conductora de la célula A y la capa 57 aislante porosa de la célula B. Después de esto, se aplicó una pasta de vidrio (nombre comercial: glass paste, fabricada por Noritake Co., Ltd.) sobre las líneas de trazado existentes en las respectivas capas semiconductoras porosas adyacentes usando un aparato de serigrafía (modelo n.º; LS-150, fabricado por Newlong Seimitsu Kogyo Co., Ltd.) y se secó a 100ºC durante 15 minutos y entonces se coció a 500ºC durante 60 minutos usando un horno de cocción para formar las capas 54 aislantes entre células.

A continuación, de la misma manera que en el ejemplo de producción 1, se formó la capa 55 de catalizador sobre las capas semiconductoras porosas de la célula A y se formó la capa 56 conductora de contraelectrodo sobre la capa 55 de catalizador de la célula A y las capas semiconductoras porosas de la célula B. Después de esto, de la misma manera que en el ejemplo de producción 1, se adsorbió el colorante representado mediante la fórmula (3) mencionada anteriormente en las capas semiconductoras porosas superpuestas de la manera mencionada anteriormente para formar la capa 53 de conversión fotoeléctrica. Además, se adhirieron una lámina de PET (poli(tereftalato de etileno)) como cubierta 51 y una lámina de EVA (acetato de etilenvinilo) como capa 58 aislante a partes prescritas. Después de esto, de la misma manera que en el ejemplo de producción 1, se inyectó una disolución electrolítica y se selló el orificio de inyección de disolución electrolítica para completar un módulo de células solares.

En este ejemplo de producción 4, para utilizar de manera eficiente la luz incidente para conversión fotoeléctrica, se superpusieron las capas semiconductoras porosas de la célula A y célula B en el orden de una capa con una propiedad de dispersión de luz inferior y una capa con una propiedad de dispersión de luz superior a partir del lado frontal receptor de luz.

(Ejemplo 1)

Según el ejemplo de producción 1, se produjo la célula solar (célula unitaria) mostrada en la figura 1 y que tenía un área superficial receptora de luz de 5 mm x 50 mm en la capa de conversión fotoeléctrica rellena del material de transporte de portador. La capa semiconductora porosa que tiene la mayor propiedad de dispersión de luz de esta célula solar contenía partículas de óxido de titanio de tipo anatasa con un diámetro de partícula principal promedio de 350 nm.

Se fijó una máscara negra que tiene un área superficial de parte de abertura de 2,49 cm^2 sobre la cara receptora de luz de la célula solar obtenida y se radió luz de una intensidad de 1 kW/m^2 (simulador solar AM 1.5) a la célula solar para medir la corriente de cortocircuito, la tensión de circuito abierto, el FF (factor de llenado) y la eficiencia de conversión fotoeléctrica (denominada en ocasiones simplemente “eficiencia de conversión”). Los resultados se muestran en la tabla 1.

(Ejemplo 2)

Se produjo una célula solar de la misma manera que en el ejemplo 1, excepto que se usaron partículas de óxido de titanio de tipo anatasa con un diámetro de partícula principal promedio de 150 nm para formar la capa semiconductora porosa que está en contacto con la capa de catalizador, es decir, la capa semiconductora porosa con la mayor propiedad de dispersión de luz y se evaluó la célula solar. Los resultados se muestran en la tabla 1.

(Ejemplo 3)

Se produjo una célula solar de la misma manera que en el ejemplo 1, excepto que se usaron partículas de óxido de

titanio de tipo rutilo con un diámetro de partícula principal promedio de 300 nm (fabricadas por Sakai Chemical Industry Co., Ltd.) para formar la capa semiconductora porosa que está en contacto con la capa de catalizador, es decir, la capa semiconductora porosa con la mayor propiedad de dispersión de luz y se evaluó la célula solar. Los resultados se muestran en la tabla 1.

(Ejemplo 4)

Se produjo una célula solar de la misma manera que en el ejemplo 1, excepto que se usaron partículas de óxido de titanio de tipo rutilo con un diámetro de partícula principal promedio de 100 nm (fabricadas por Sakai Chemical Industry Co., Ltd.) para formar la capa semiconductora porosa que está en contacto con la capa de catalizador, es decir, la capa semiconductora porosa con la mayor propiedad de dispersión de luz y se evaluó la célula solar. Los resultados se muestran en la tabla 1.

(Ejemplo 5)

Se produjo una célula solar de la misma manera que en el ejemplo 1, excepto que se usaron partículas de óxido de titanio de tipo rutilo con un diámetro de partícula principal promedio de 50 nm (fabricadas por Sakai Chemical Industry Co., Ltd.) para formar la capa semiconductora porosa que está en contacto con la capa de catalizador, es decir, la capa semiconductora porosa con la mayor propiedad de dispersión de luz y se evaluó la célula solar. Los resultados se muestran en la tabla 1.

(Ejemplo 6)

Se produjo una célula solar de la misma manera que en el ejemplo 1, excepto que se usó una mezcla de partículas de óxido de titanio de tipo anatasa con diámetros de partícula principales promedio de 10 nm y 350 nm (ambas fabricadas por Sakai Chemical Industry Co., Ltd.) a una razón en peso de 1:9 para formar la capa semiconductora porosa que está en contacto con la capa de catalizador, es decir, la capa semiconductora porosa con la mayor propiedad de dispersión de luz y se evaluó la célula solar. Los resultados se muestran en la tabla 1.

(Ejemplo comparativo 1)

Se produjo una célula solar de la misma manera que en el ejemplo 1, excepto que se usaron partículas de óxido de circonio con un diámetro de partícula principal promedio de 50 nm (fabricadas por Sakai Chemical Industry Co., Ltd.) para formar la capa aislante porosa en lugar de la capa semiconductora porosa que está en contacto con la capa de catalizador, es decir, la capa semiconductora porosa con la mayor propiedad de dispersión de luz y se evaluó la célula solar. Los resultados se muestran en la tabla 1.

(Ejemplo comparativo 2)

Se produjo una célula solar de la misma manera que en el ejemplo 1, excepto que no se formó la capa semiconductora porosa que está en contacto con la capa de catalizador, es decir, la capa semiconductora porosa con la mayor propiedad de dispersión de luz, es decir, se empleó la capa semiconductora porosa con una estructura de dos capas de una capa A de óxido de titanio y una capa B de óxido de titanio tal como se muestra en ejemplo de producción 1 y se evaluó la célula solar. Los resultados se muestran en la tabla 1.

(Ejemplo comparativo 3)

Se produjo una célula solar que tiene una estructura convencional en la que la capa de conversión fotoeléctrica no se puso en contacto con el contraelectrodo tal como se muestra en la figura 9 usando la capa semiconductora porosa que tiene una estructura de tres capas de la capa semiconductora porosa de la célula solar del ejemplo 1, es decir, la capa semiconductora porosa que está en contacto con la capa de catalizador, es decir, componiendo la capa semiconductora porosa con la mayor propiedad de dispersión de luz como capa semiconductora porosa la capa de conversión fotoeléctrica y se evaluó la célula solar de la misma manera que en el ejemplo 1.

En el lado de capa 102 conductora, se usó un sustrato de vidrio (nombre comercial: SnO_2 film-bearing glass, fabricado por Nippon Sheet Glass Co., Ltd.) obtenido formando una capa 102 conductora de una película de SnO_2 sobre un soporte 100 de vidrio. Además, en el lado de capa 106 conductora de contraelectrodo, se usó un sustrato de vidrio (nombre comercial: SnO_2 film-bearing glass, fabricado por Nippon Sheet Glass Co., Ltd.) obtenido formando una capa 106 conductora de contraelectrodo de una película de SnO_2 sobre un soporte 101 de vidrio y se depositó una capa de platino con un grosor de 300 nm como capa 105 de catalizador mediante deposición en fase vapor sobre la capa 106 conductora de contraelectrodo. Además de estas partes, las condiciones de formación del material 103 de sellado, la capa 104 de conversión fotoeléctrica y la capa de transporte de carga (disolución electrolítica) eran iguales que las descritas en el ejemplo 1.

[Tabla 1]

	corriente de cortocircuito (mA)	tensión de circuito abierto (V)	FF	eficiencia de conversión (%)	área de enmascaramiento (cm^2)
Ejemplo 1	40,0	0,680	0,670	7,32	2,49
Ejemplo 2	39,7	0,668	0,669	7,13	2,49
Ejemplo 3	41,2	0,675	0,665	7,43	2,49
Ejemplo 4	39,8	0,672	0,690	7,41	2,49
Ejemplo 5	39,7	0,675	0,685	7,37	2,49
Ejemplo 6	39,8	0,679	0,672	7,29	2,49
Ejemplo comparativo 1	39,8	0,669	0,650	6,95	2,49
Ejemplo comparativo 2	31,0	0,652	0,663	5,38	2,49
Ejemplo comparativo 3	40,1	0,665	0,656	7,03	2,49

A partir de los resultados mostrados en la tabla 1, en comparación con la célula solar del ejemplo comparativo 2, se encontró que las células solares de los ejemplos 1 a 6 tenían una corriente de cortocircuito, tensión de circuito abierto y eficiencia de conversión fotoeléctrica mayores. Además, aunque no tienen capa aislante porosa, se encontró que las células solares de los ejemplos 1 a 6 muestran una corriente de cortocircuito y tensión de circuito abierto a los mismos niveles que las de las células solares de los ejemplos comparativos 1 y 3. Por consiguiente, puede entenderse que las células solares de los ejemplos 1 a 6 muestran una corriente de cortocircuito y tensión de circuito abierto a los mismos niveles que las de las células solares de técnicas convencionales aunque no tengan capa aislante porosa que sí se forma en las técnicas convencionales y debido a la no formación de la capa aislante porosa, puede mejorarse el FF y, como resultado, las células solares de la presente invención tienen una eficiencia de conversión mayor que la de las células solares de técnicas convencionales como en los ejemplos comparativos 1 a 3.

(Ejemplo 7)

Basándose en el ejemplo de producción 2, se produjo un módulo de células solares que comprendía tres filas tal como se muestra en la figura 6 y que tenía un área superficial receptora de luz de 5 mm X 50 mm de la capa de conversión fotoeléctrica rellena del material de transporte de portador.

La figura 6 es una vista en sección transversal esquemática de una parte principal que muestra una estructura de capas de un módulo de células solares de la presente invención y en el dibujo, el número de referencia 30 indica un soporte: el número de referencia 32 indica una capa conductora: el número de referencia 33 indica la capa de conversión fotoeléctrica rellena del material de transporte de portador: el número de referencia 34 indica una capa aislante entre células: el número de referencia 35 indica una capa de catalizador y el número de referencia 36 indica una capa conductora de contraelectrodo.

Además, se fijó el tamaño en el dibujo tal como sigue: A 10 mm; B 5 mm; C 0,5 mm; D 11 mm; E 1 mm; F 0,5 mm; G 5,25 mm; y H 6,5 mm.

Se fijó una máscara negra que tiene un área superficial de parte de abertura de 9,0 cm^2 sobre la cara receptora de luz del módulo solar obtenido y se radió luz de una intensidad de 1 kW/m^2 (simulador solar AM 1.5) al módulo de células solares para medir la corriente de cortocircuito, la tensión de circuito abierto, el FF (factor de llenado) y la

eficiencia de conversión fotoeléctrica (denominada en ocasiones simplemente “eficiencia de conversión”). Los resultados se muestran en la tabla 2.

(Ejemplo 8)

Basándose en el ejemplo de producción 3, se produjo un módulo de células solares que comprendía tres filas tal como se muestra en la figura 7 y que tenía un área superficial receptora de luz de 5 mmX50 mm de la capa de conversión fotoeléctrica rellena del material de transporte de portador.

La figura 7 es una vista en sección transversal esquemática de una parte principal que muestra una estructura de capas de un módulo de células solares de la presente invención y en el dibujo, el número de referencia 30 indica un soporte: el número de referencia 32 indica una capa conductora: el número de referencia 33 indica la capa de conversión fotoeléctrica rellena del material de transporte de portador: el número de referencia 34 indica una capa aislante entre células: el número de referencia 35 indica una capa de catalizador: y el número de referencia 36 indica una capa conductora de contraelectrodo.

Además, se fijó el tamaño en el dibujo tal como sigue: A 10 mm; B 5 mm; C 0,5 mm; D 11 mm; E 0,5 mm; F 5,25 mm; y G 6,5 mm.

Se evaluó el módulo de células solares obtenido de la misma manera que en el ejemplo 7. Los resultados se muestran en la tabla 2.

(Ejemplo 9)

Basándose en el ejemplo de producción 4, se produjo un módulo de células solares que comprendía cuatro filas tal como se muestra en la figura 8 y que tenía un área superficial receptora de luz de 5 mm X 50 mm de la capa de conversión fotoeléctrica rellena del material de transporte de portador.

La figura 8 es una vista en sección transversal esquemática de una parte principal que muestra una estructura de capas de un módulo de células solares de la presente invención y en el dibujo, el número de referencia 50 indica un soporte: el número de referencia 52 indica una capa conductora: el número de referencia 53 indica la capa de conversión fotoeléctrica rellena del material 5 de transporte de portador: el número de referencia 54 indica una capa aislante entre células: el número de referencia 55 indica una capa de catalizador: y el número de referencia 56 indica una capa conductora de contraelectrodo.

Además, se fijó el tamaño en el dibujo tal como sigue: A 10 mm; B 5 mm; C 0,5 mm; D 5,25 mm; y E 36 mm.

Se evaluó el módulo de células solares obtenido de la misma manera que en el ejemplo 7. Los resultados se muestran en la tabla 2.

[Tabla 2]

	corriente de cortocircuito (mA)	tensión de circuito abierto (V)	FF	eficiencia de conversión (%)	área de enmascaramiento (cm^2)
Ejemplo 7	39,2	2,01	0,585	5,12	9,0
Ejemplo 8	40,3	2,00	0,580	5,19	9,0
Ejemplo 9	41,1	2,69	0,594	6,11	10,75

A partir de los resultados mostrados en la tabla 2, se encontró que los módulos de células solares de los ejemplos 7 a 9 tenían una eficiencia de conversión tan alta como la de las células solares de los ejemplos 1 a 6.

REIVINDICACIONES

1. Célula solar sensibilizada por colorante formada superponiendo una capa conductora; una capa de conversión fotoeléctrica en la que un colorante está adsorbido en una capa semiconductora porosa y en la que la capa de conversión fotoeléctrica está rellena de un material de transporte de portador; y un contraelectrodo que incluye una capa de catalizador y una capa conductora de contraelectrodo sobre un soporte hecho de un material transmisor de luz,

en la que la capa de conversión fotoeléctrica se pone en contacto directo con la capa de catalizador del contraelectrodo; la capa semiconductora porosa que forma la capa de conversión fotoeléctrica tiene dos o más capas con propiedades de dispersión de luz diferentes; y las dos o más capas semiconductoras porosas se superponen en un orden de desde una capa con una propiedad de dispersión de luz inferior hasta una capa con una propiedad de dispersión de luz superior a partir de un lado frontal receptor de luz de la célula solar sensibilizada por colorante, y en la que la capa semiconductora porosa con la mayor propiedad de dispersión de luz y que está en contacto con el contraelectrodo está formada por partículas semiconductoras con un diámetro de partícula promedio de 50 nm o más y otras capas semiconductoras porosas están formadas por partículas semiconductoras con un diámetro de partícula promedio de 5 nm o más e inferior a 50 nm.

2. Célula solar sensibilizada por colorante según la reivindicación 1, en la que las dos o más capas semiconductoras porosas se superponen en un orden de desde una capa con un diámetro de partícula promedio relativamente menor hasta una capa con un diámetro de partícula promedio relativamente mayor a partir del lado frontal receptor de luz de la célula solar.

3. Célula solar sensibilizada por colorante según la reivindicación 1, en la que el grosor de la capa semiconductora porosa con la mayor propiedad de dispersión de luz y que está en contacto con el contraelectrodo es de 0,1 a 40 μm y el grosor total de otras capas semiconductoras porosas es de 0,1 a 50 μm.

4. Célula solar sensibilizada por colorante según la reivindicación 1, en la que la capa semiconductora porosa incluye de 3 a 5 capas.

5. Célula solar sensibilizada por colorante según la reivindicación 1, en la que la capa semiconductora porosa está formada por partículas de óxido de titanio.

6. Módulo de células solares sensibilizadas por colorante que incluye al menos dos células solares sensibilizadas por colorante conectadas en serie, en el que las células solares sensibilizadas por colorante incluyen una célula solar sensibilizada por colorante según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5 anteriores.

7. Módulo de células solares sensibilizadas por colorante según la reivindicación 6, en el que la capa de catalizador o la capa conductora de contraelectrodo de la célula solar sensibilizada por colorante está conectada eléctricamente con la capa conductora de la célula solar sensibilizada por colorante adyacente.

8. Módulo de células solares sensibilizadas por colorante según la reivindicación 6, en el que la capa conductora de la célula solar sensibilizada por colorante y la capa de catalizador o la capa conductora de contraelectrodo de la célula solar sensibilizada por colorante adyacente son, cada una, una capa individual conectada eléctricamente.

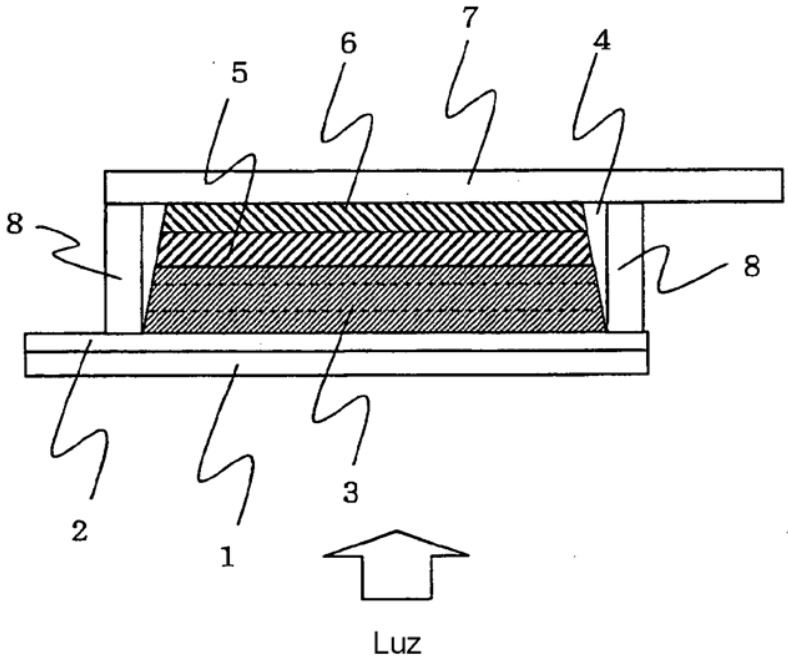


FIG. 1

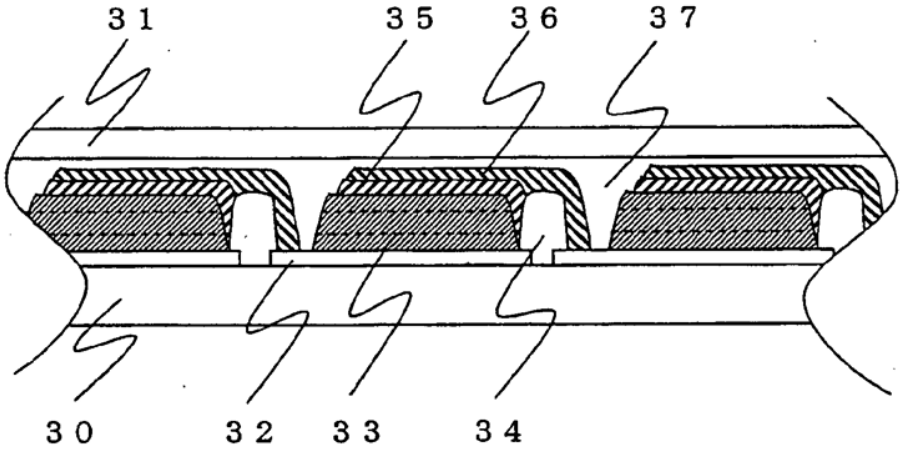


FIG. 2

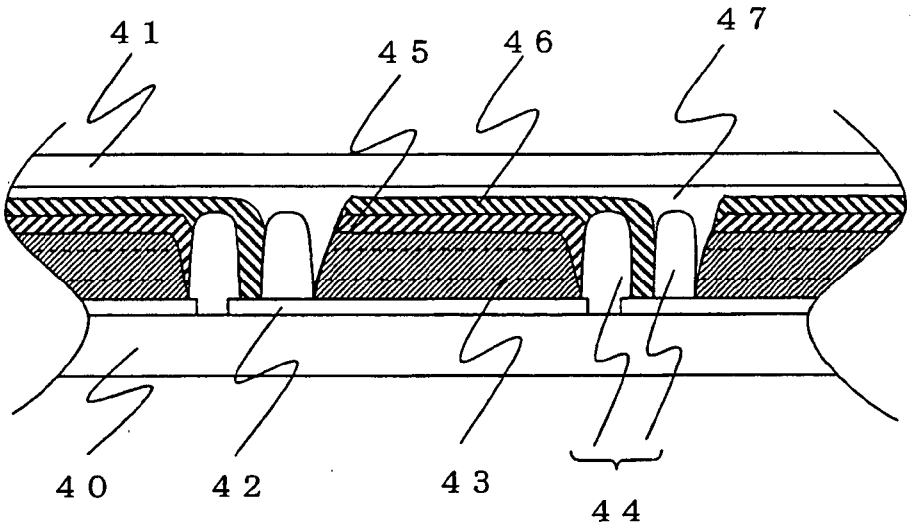


FIG. 3

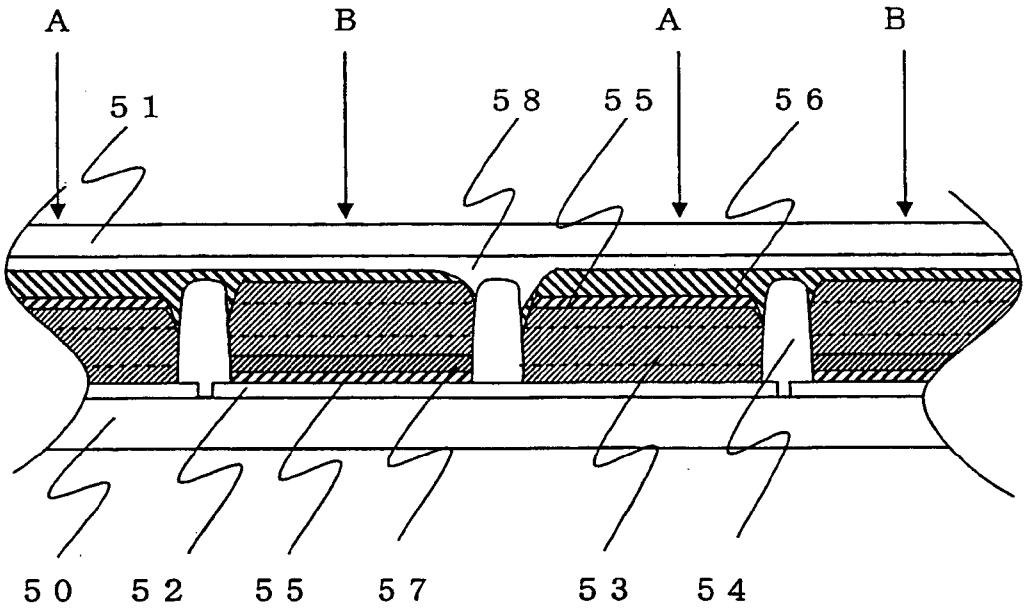


FIG. 4

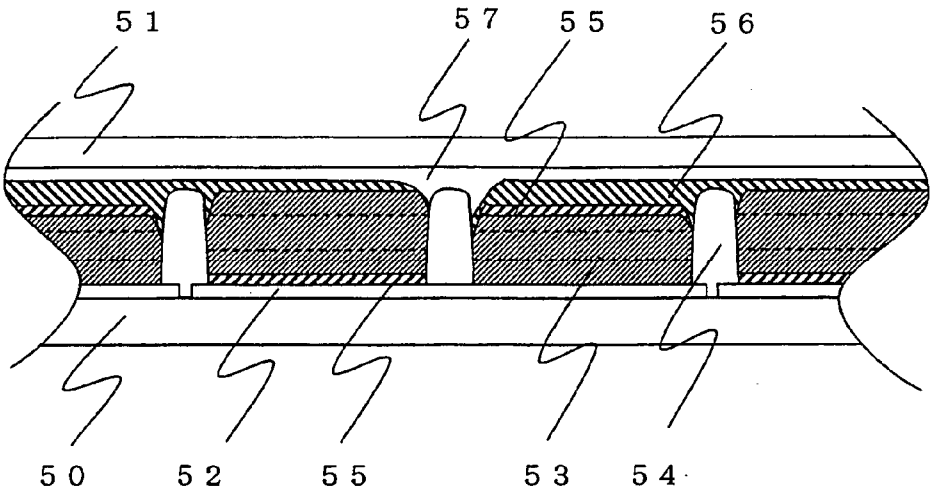


FIG. 5

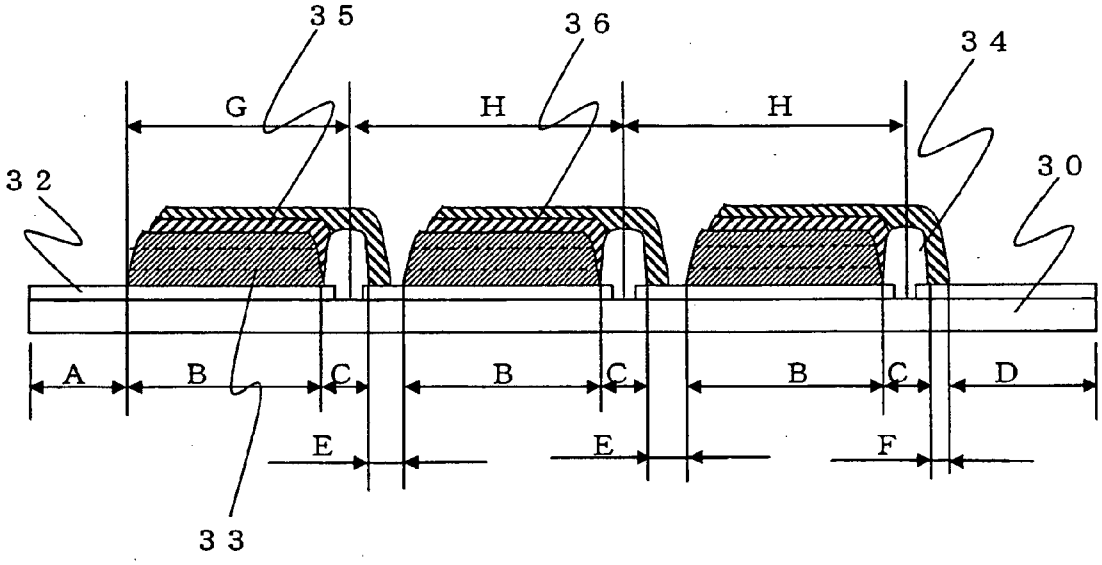


FIG. 6

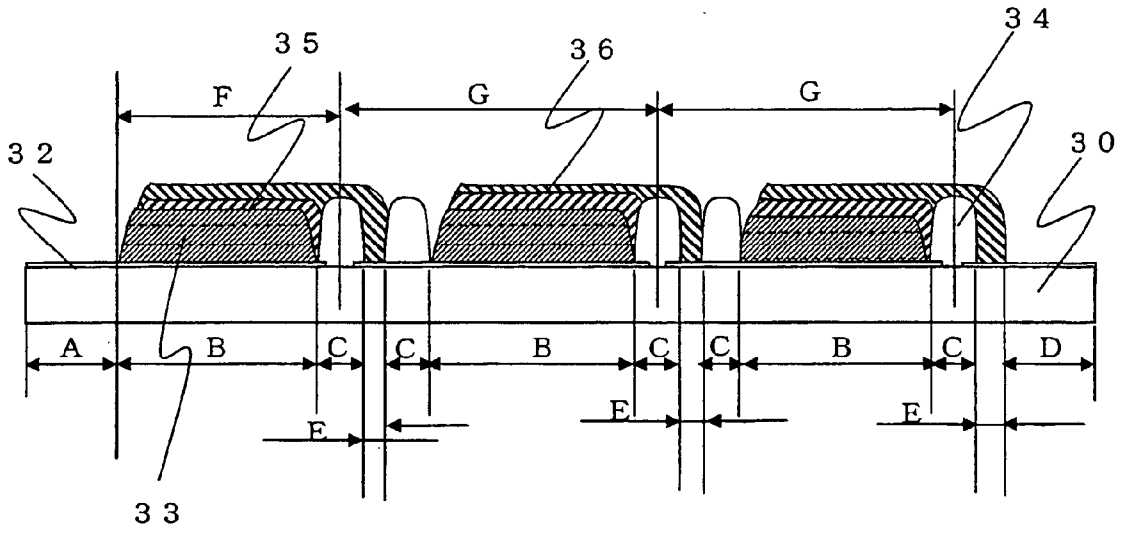

3 5
3 6
3 4
F
G
G
3 2
3 0
A
B
C
C
B
C
C
B
C
D
E
E
E
3 3

FIG. 7

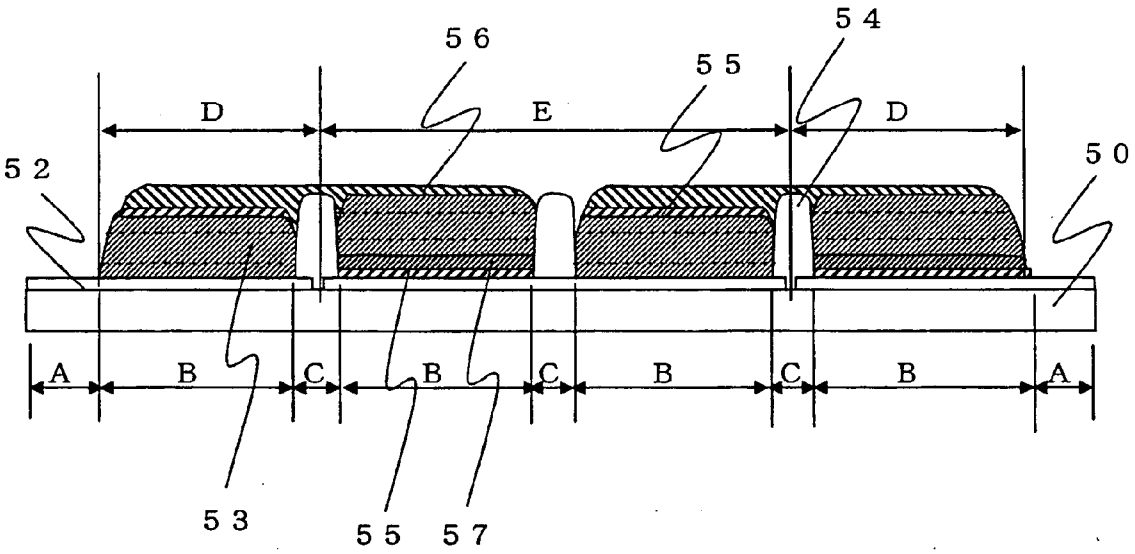

5 6
5 5
5 4
D
E
D
5 2
5 0
A
B
C
B
C
B
C
B
A
5 3
5 5
5 7

FIG. 8

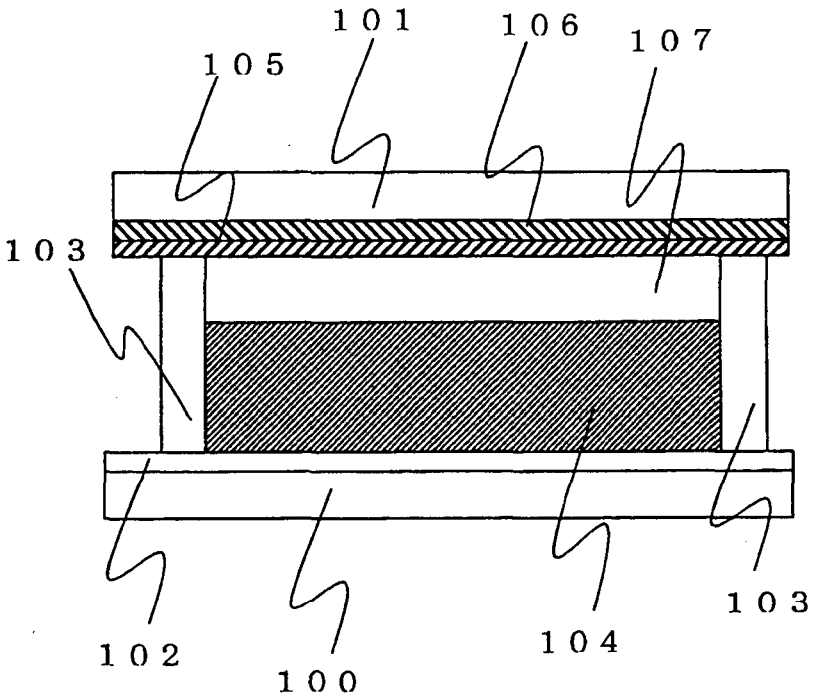

101
106
107
105
103
102
100
104
103

FIG. 9

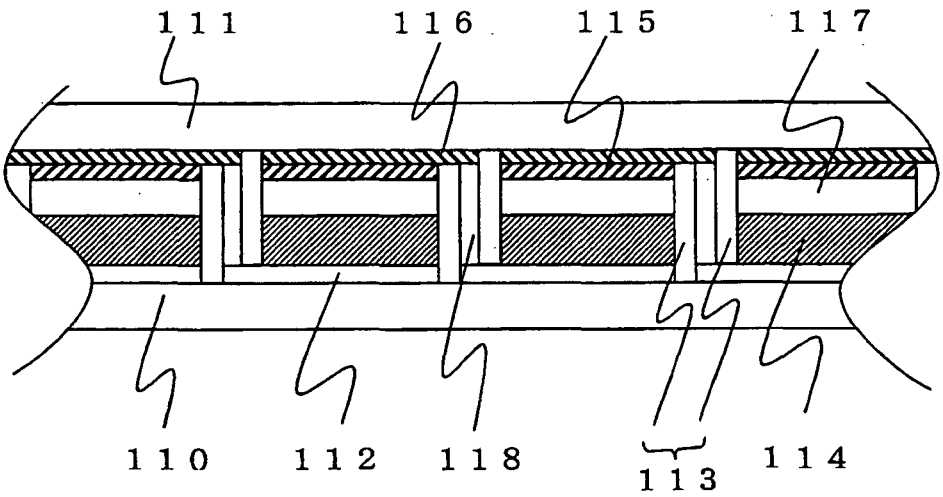

111
116
115
117
110
112
118
113
114

FIG. 10

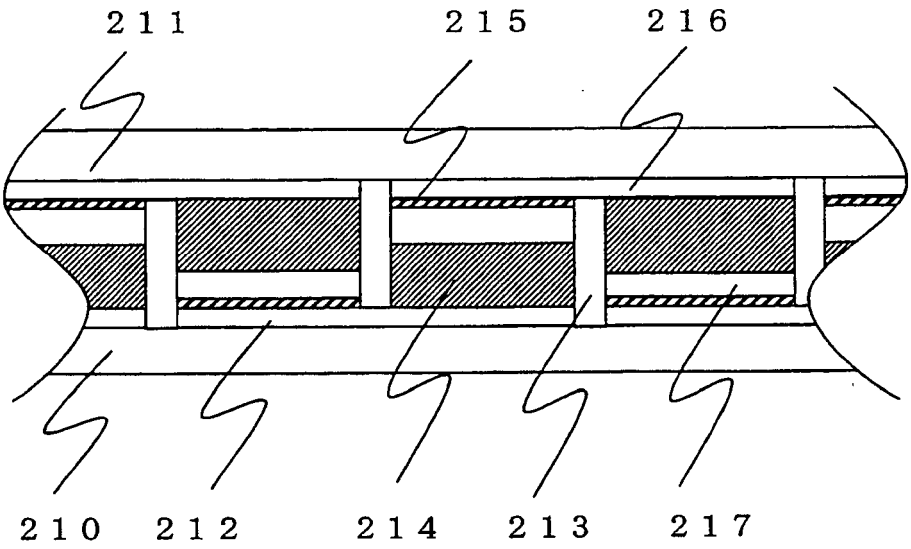


FIG. 11

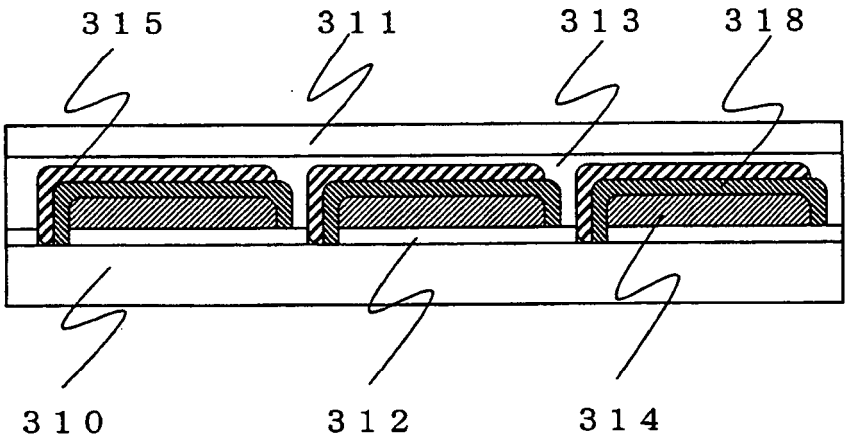


FIG. 12

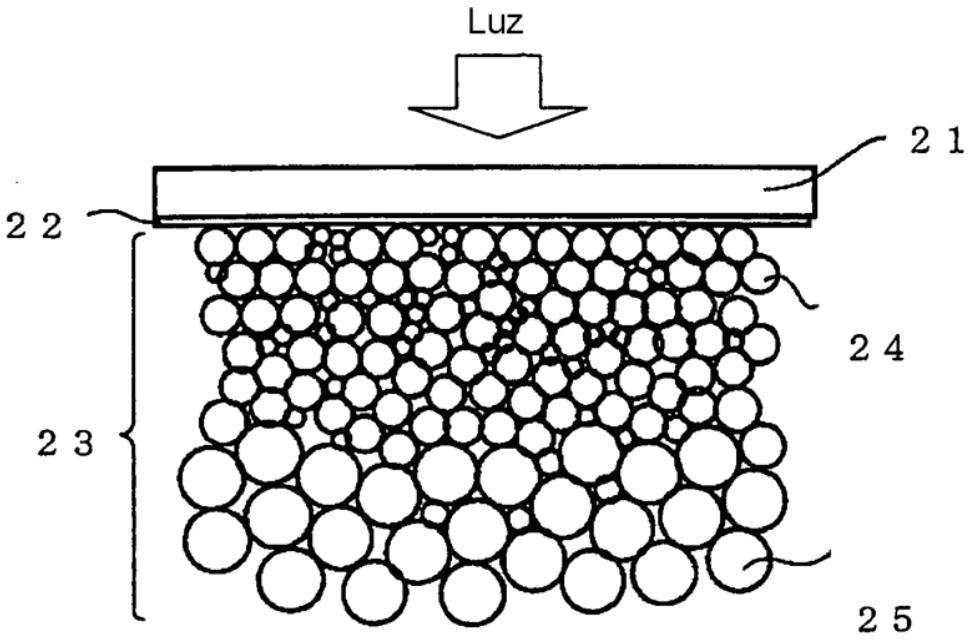


FIG. 13