



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 360 141**

51 Int. Cl.:
H01L 31/0236 (2006.01)
H01L 31/0224 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **07252876 .3**
96 Fecha de presentación : **19.07.2007**
97 Número de publicación de la solicitud: **1881534**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **23.01.2008**

54 Título: **Módulo de células solares.**

30 Prioridad: **20.07.2006 JP 2006-198721**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
01.06.2011

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
01.06.2011

73 Titular/es: **SANYO ELECTRIC Co., Ltd.**
5-5, Keihanhondori 2-chome
Moriguchi-city, Osaka 570-8677, JP

72 Inventor/es: **Nakashima, Takeshi y**
Maruyama, Eiji

74 Agente: **Zea Checa, Bernabé**

ES 2 360 141 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

Esta solicitud se basa en la prioridad de la solicitud de Patente japonesa nº 2006-198721, presentada el 20 de Julio de 2006 y reivindica el beneficio de la misma.

- 5 La presente invención se refiere a un módulo de células solares que incluye un elemento fotovoltaico, un elemento protector del lado de la superficie receptora de luz dispuesto sobre una superficie receptora de luz del elemento fotovoltaico, y un elemento protector del lado de la superficie posterior dispuesto sobre una superficie posterior opuesto a la superficie receptora de luz del elemento fotovoltaico.
- 10 Hasta ahora se conoce un elemento fotovoltaico, que incluye una película conductora transparente formada de capas de óxido de indio. Para dicha capa de óxido de indio se ha utilizado ampliamente ITO (óxido de indio y estaño) que es In_2O_3 al cual se añade SnO_2 como impurezas dada su elevada conductividad y su buena maleabilidad.
- 15 Al utilizar el ITO descrito anteriormente como película conductora transparente, es conocido reducir la rugosidad media aritmética (Ra) de una superficie de ITO, de modo que sea de 2,0 nm o menos, para mantener una baja resistencia y una baja absorción de la luz (refiérase, por ejemplo, a la publicación de la solicitud de patente Japonesa puesta a disposición del público nº 2005-175160).
- 20 Además, se describe una tecnología en la cual, utilizando una capa de óxido de indio a la que se añade tungsteno (W) como impurezas, puede mantenerse una resistencia y una absorción a la luz menor que las de ITO (refiérase, por ejemplo, a la publicación de la solicitud de patente Japonesa puesta a disposición del público H7-278791).
- Tal como se ha descrito anteriormente, se han llevado a cabo muchas pruebas en la capa de óxido de indio para conseguir una baja resistencia y una alta transmitancia de la luz.
- 25 Por otra parte, al montar un elemento fotovoltaico en un módulo de células solares existe una alta posibilidad de que quede abierta al aire exterior durante un largo período de tiempo. Sin embargo, no se ha llevado a cabo ningún estudio sobre la resistencia a la intemperie tal como la resistencia a la humedad bajo la condición anterior. En particular, al utilizar una película como elemento protector del lado de la superficie posterior dispuesta sobre una superficie posterior de un elemento fotovoltaico se considera la entrada de humedad debido al deterioro de la película. Por consiguiente, se desea desarrollar un elemento fotovoltaico que presente una excelente resistencia a la humedad.
- 30 EP-A-1542290 describe un módulo de células solares en el cual unos elementos fotovoltaicos quedan sujetos entre dos elementos protectores. El elemento fotovoltaico tiene una película conductora transparente que queda frente al elemento protector sobre la superficie receptora de luz del elemento fotovoltaico y otra película conductora transparente que queda frente al elemento protector que queda frente la superficie del elemento que queda frente la superficie de receptora de luz. Cada película conductora tiene una superficie con una rugosidad media aritmética de 0,5 nm a 2 nm.
- 35 US-A-6388301 describe un dispositivo de conversión fotoeléctrico en el cual existen dos películas conductoras. Estas dos películas tienen distinta rugosidad media aritmética.
- 40 De acuerdo con la presente invención, se dispone un módulo de células solares que incluye un elemento fotovoltaico, un elemento protector del lado de la superficie receptora de luz dispuesto sobre una superficie receptora de luz del elemento fotovoltaico; y un elemento protector del lado de la superficie posterior dispuesto sobre una superficie posterior opuesto a la superficie receptora de luz del elemento fotovoltaico; en el que el elemento fotovoltaico incluye: una primera película conductora transparente que está formada en una primera superficie que queda frente al elemento protector del lado de la superficie posterior y una segunda película conductora transparente formada en una segunda superficie que queda frente al elemento protector del lado de la superficie receptora de luz, en el que la rugosidad media aritmética (Ra) en la superficie de la primera película conductora transparente que queda frente al elemento protector del lado de la superficie posterior es de 0,5 nm o más, en el que: una rugosidad media aritmética (Ra) en la superficie de la primera película conductora transparente que queda frente al elemento protector del lado de la superficie posterior es mayor que una rugosidad media aritmética (Ra) en la superficie de la segunda película conductora transparente que queda frente al elemento protector del lado de la superficie receptora de luz, y la rugosidad media aritmética (Ra) de la segunda película conductora transparente que queda frente al elemento protector del lado de la superficie receptora de luz es de 0,5 nm o menos.
- 45
- 50
- 55 De acuerdo con el módulo de células solares de la invención descrita anteriormente, la rugosidad media aritmética de la primera película conductora transparente dispuesta sobre el elemento protector del lado de la superficie posterior del elemento fotovoltaico se hace mayor que la de la segunda película conductora transparente dispuesta sobre el elemento protector del lado de la superficie receptora de luz, de manera que una resistencia a la intemperie en el lado de la primera película conductora transparente puede aumentarse respecto a la del lado de la segunda película conductora transparente. Por lo tanto, es

- 5 posible reducir una influencia de la humedad en una propiedad del elemento fotovoltaico, pasando la humedad a través del elemento protector del lado de la superficie posterior y entrando en el módulo de células solares. La rugosidad media aritmética de la segunda película conductora transparente dispuesta sobre el lado del elemento protector del lado de la superficie receptora de luz puede hacerse menor que la de la primera película conductora transparente dispuesta sobre el lado del elemento protector de lado de la superficie posterior, de modo que la transmitancia de luz y la conductividad de la segunda película conductora transparente pueden aumentarse más que las de la primera película conductora transparente. De este modo, la luz que penetra a través del elemento protector del lado de la superficie receptora de luz y que entra en el módulo de células solares puede disponerse eficazmente en el elemento fotovoltaico, y de manera concurrente puede reducirse también la pérdida de resistencia cuya pérdida se produce al quitar un portador de generación de luz generado en el elemento fotovoltaico a través de la segunda película conductora transparente. Tal como se ha descrito anteriormente, puede obtenerse un módulo de células solares que tenga un elevado rendimiento y una excelente resistencia a la intemperie.
- 10 De un módulo de células solares de la presente invención es preferible que un constituyente principal de la primera película conductora transparente sea óxido de indio.
- 15 De acuerdo con el módulo de células solares descrito anteriormente, puede obtenerse otra mejora de la resistencia a la intemperie utilizando óxido de indio que no se disuelve fácilmente en el agua.
- 20 En un módulo de células solares de otro aspecto de la presente invención, es preferible que la rugosidad media aritmética (Ra) en la superficie de la primera película conductora transparente sea de 0,5 nm o más.
- De acuerdo con el módulo de células solares descrito anteriormente, puede obtenerse una excelente resistencia a la intemperie.
- 25 En un módulo de células solares de la presente invención es preferible que la primera película conductora transparente esté formada de óxido de indio al cual se añada tungsteno y que la rugosidad media aritmética (Ra) en la superficie de la primera película conductora transparente que queda frente al elemento protector del lado de la superficie posterior sea de 1,0 nm o menos.
- 30 De acuerdo con el módulo de células solares descrito anteriormente, como que la primera película conductora transparente está formada de tungsteno y óxido de indio dopado con tungsteno, la rugosidad media aritmética (Ra) puede hacerse pequeña, y adicionalmente como que la rugosidad media aritmética (Ra) es de 1,0 nm o menos, puede mejorarse la conductividad y la transmitancia de luz junto con la resistencia a la intemperie.
- 35 En un módulo de células solares de la presente invención es preferible que la segunda película conductora transparente esté formada de óxido de indio al cual se añada tungsteno y que la rugosidad media aritmética (Ra) en la superficie de la segunda película conductora transparente sea de 0,5 nm o menos.
- 40 De acuerdo con el módulo de células solares descrito anteriormente, como que la segunda película conductora transparente está formada de óxido de indio al cual se añade tungsteno, la rugosidad media aritmética (Ra) puede hacerse pequeña, y como que adicionalmente la rugosidad media aritmética (Ra) es de 0,5 nm o menos, la conductividad y la transmitancia de luz puede mejorarse más.
- 45 En un módulo de células solares de la presente invención es preferible que el elemento fotovoltaico incluya, además, una capa semiconductor cristalina de un tipo de conductividad, una primera capa semiconductor amorfa substancialmente intrínseca que esté formada sobre una superficie de la capa semiconductor cristalina y una capa semiconductor amorfa de otro tipo de conductividad que esté formada sobre otra superficie de la capa semiconductor cristalina, y una segunda capa semiconductor amorfa substancialmente intrínseca que esté formada sobre otra superficie de la capa semiconductor cristalina y una capa semiconductor amorfa de un tipo de conductividad que esté formada sobre la segunda capa semiconductor amorfa substancialmente intrínseca; y que la primera película conductora transparente esté formada sobre la capa semiconductor amorfa de otro tipo de conductividad o bien en la segunda capa semiconductor amorfa de un tipo de conductividad. Aquí, "capa semiconductor amorfa" contiene no sólo capas amorfas sino también capas de partículas de cristal. Por ejemplo, su concepto es también contener un semiconductor microcristal.
- 50 De acuerdo con el módulo de células solares descrito anteriormente, la capa semiconductor amorfa existe entre la capa semiconductor cristalina y la primera película conductora transparente, de modo que la primera película conductora transparente está formada sin estar influenciada por la orientación de la capa semiconductor cristalina. De este modo, la rugosidad media aritmética (Ra) de la primera película conductora transparente se controla de manera óptima, y la primera película conductora transparente puede obtenerse fácilmente con una excelente conductividad y transmitancia de luz.
- 55

DIBUJOS

En los dibujos:

La figura 1 es una vista en sección para mostrar una configuración de un módulo de células solares de acuerdo con la realización;

- 5 La figura 2 es una vista en sección para mostrar una configuración de un elemento fotovoltaico de acuerdo con la realización;

La figura 3 es una vista en sección ampliada para mostrar una estructura de un sustrato de silicio de cristal único en proximidad de una superficie del mismo;

- 10 La figura 4 es una vista en sección ampliada para mostrar una estructura de una película conductora transparente mostrada en figura. 2;

La figura 5 es una vista en sección para ilustrar un procedimiento de fabricación del módulo de células solares de acuerdo con la realización (parte 1);

La figura 6 es una vista en sección para ilustrar un procedimiento de fabricación del módulo de células solares de acuerdo con la realización (parte 2);

- 15 La figura 7 es una vista para ilustrar una relación entre una rugosidad media aritmética (Ra) en una superficie de la película conductora transparente y la presión de la misma de acuerdo con el ejemplo;

La figura 8 es una vista para mostrar una relación entre la resistencia a la intemperie normalizada y una rugosidad media aritmética (Ra) en la superficie de la película conductora transparente formada en la superficie posterior del elemento fotovoltaico de acuerdo con el ejemplo;

- 20 La figura 9 es una vista que muestra una relación entre $I_{SC} \times F.F.$ y una rugosidad media aritmética (Ra) en la superficie de la película conductora transparente formada en la superficie posterior del elemento fotovoltaico de acuerdo con el ejemplo; y

- 25 La figura 10 es una vista que muestra una relación entre $I_{SC} \times F.F.$ y una rugosidad media aritmética (Ra) en la superficie de la película conductora transparente formada en la superficie receptora de luz f el elemento fotovoltaico de acuerdo con el ejemplo.

- 30 A continuación se describirá una realización de la presente invención utilizando los dibujos. En la siguiente descripción de los dibujos, se dan los mismos números de referencia o similares a componentes similares. Debe observarse que los dibujos son esquemáticos, siendo cada relación dimensional o similar mostrada en los dibujos distinta a la real. Por esta razón, las dimensiones específicas o similares se deben determinarse con referencia a la siguiente descripción. Además, los dibujos incluyen, tal como es habitual, una parte en la que existen diferencias entre los dibujos en términos de relaciones dimensionales y proporciones.

(Módulo de células solares)

- 35 Un módulo de células solares 11 de acuerdo con la realización incluye una pluralidad de elementos fotovoltaicos 1 tal como se muestra en la figura. 1. Sobre una superficie receptora de luz del elemento fotovoltaico 1 se dispone un elemento protector del lado de la superficie receptora de luz 14. Sobre una superficie posterior opuesta a la superficie receptora de luz del elemento fotovoltaico 1 se dispone un elemento protector del lado de la superficie posterior 15.

- 40 Cada uno de la pluralidad de elementos fotovoltaicos 1 está conectado eléctricamente entre sí con una lengüeta plana 12 formada de una lámina de cobre. La lengüeta 12 está conectada en un lado de un extremo de la misma a un electrodo 6 (véase figura 2) formado en la superficie receptora de luz de un elemento fotovoltaico predeterminado 1. La lengüeta 12 está conectada en el lado del otro extremo a un electrodo 10 (véase figura 2) formado en la superficie posterior de otro elemento fotovoltaico 1 adyacente al elemento fotovoltaico predeterminado 1. Además, la pluralidad de elementos fotovoltaicos 1, que están conectados a las lengüetas 12, van cubiertos del material de sellado 13 realizado en EVA (etileno vinil acetato).

- 45 El elemento protector del lado de la superficie receptora de luz 14 está dispuesto en la superficie receptora de luz del material de sellado 13. El elemento protector del lado de la superficie receptora de luz 14 está constituido por un elemento transparente tal como un sustrato de vidrio o una placa de plástico.

- 50 El elemento protector del lado de la superficie posterior 15 está dispuesto en la superficie posterior del material de sellado 13. El elemento protector del lado de la superficie posterior 15 está formado por una película de resina o un cuerpo laminado que incluye una película de resina y una lámina metálica. El cuerpo laminado puede estar constituido, por ejemplo, por una estructura tríplice de PET (tereftalato de

polietileno)/ lámina de aluminio/ PET.

(Elemento Fotovoltaico)

- 5 A continuación se describe una configuración del elemento fotovoltaico de acuerdo con la presente realización con referencia a las figuras 2 a 4. Un elemento fotovoltaico mostrado en la figura 2 se ha representado en la misma dirección que la del elemento fotovoltaico 1 mostrado en la figura 1, y un lado de la cara superior de la figura 1 es el lado de la superficie receptora de luz. La presente realización se describe utilizando un elemento fotovoltaico que tiene una estructura HIT (Heterounión con capa intrínseca delgada) por ejemplo.
- 10 El elemento fotovoltaico 1 de acuerdo con la presente realización incluye un sustrato de silicio de cristal único de tipo n 2 que tiene una resistividad eléctrica de aproximadamente $1 \Omega \cdot \text{cm}$ y un grosor de aproximadamente $200 \mu\text{m}$, tal como se muestra en la figura 2. Por otra parte, el sustrato de silicio 2 de cristal único de tipo n es un ejemplo de "capa semiconductor cristalina" de la presente invención. Además, tal como se muestra la figura 3, en una superficie (una superficie receptora de luz y una superficie posterior) del sustrato de silicio de cristal único de tipo n 2 se forman unas asperezas en forma de pirámide que tienen alturas H de varias micras a varias decenas de micras.
- 15 En la superficie receptora de luz del sustrato de silicio de cristal único de tipo n 2 se forma una capa de silicio amorfo substancialmente intrínseca (tipo i) 3 que tiene un grosor de aproximadamente 5 nm. Por otra parte, esta capa de silicio amorfo de tipo i 3 es un ejemplo de "primera capa semiconductor amorfa substancialmente intrínseca" de la presente invención.
- 20 Además, en una superficie receptora de luz de la capa 3 de la capa de silicio amorfo de tipo i 3 se forma una capa de silicio amorfo de tipo p 4 de aproximadamente 5 nm.
- Además, en una superficie receptora de luz de la capa de silicio amorfo de tipo p 4 se forma una capa de óxido de indio 5 que tiene un grosor de aproximadamente 100 nm. Por otra parte, la capa de óxido de indio 5 es un ejemplo de "segunda película conductora transparente" de la presente invención.
- 25 Todavía además, la capa de óxido de indio 5 está formada de óxido de indio al cual se añade tungsteno. Tal como se muestra en la figura 4, en una superficie receptora de luz de la capa de óxido de indio 5 se forman asperezas. Debido a las asperezas, la superficie receptora de luz de la capa de óxido de indio 5 tiene una rugosidad media aritmética (Ra) que es de aproximadamente 0,5 nm o menos. La rugosidad media aritmética (Ra) viene definida por las *Japanese Industrial Standards* (JIS B 0601-1994).
- 30 En una zona predeterminada de la superficie receptora de luz de la capa de óxido de indio 5 se forma un electrodo en forma de peine 6. El electrodo 6 está formado de plata (Ag) y una resina aglutinante. Además, la resina aglutinante que constituye el electrodo 6 contiene resina epoxi. El contenido de resina epoxi en la resina aglutinante está en el intervalo de aproximadamente un 60 por ciento en masa a aproximadamente un 100 por cien en masa.
- 35 En la superficie posterior del sustrato de silicio de cristal único de tipo n 2 se forma una capa de silicio amorfo (de tipo i) substancialmente intrínseca 7 que tiene un grosor de aproximadamente 5 nm. La capa de silicio amorfo de tipo i 7 es un ejemplo "segunda capa semiconductor amorfa substancialmente intrínseca" de la presente invención.
- 40 Además, en una superficie posterior de la capa de silicio amorfo de tipo i 7 se forma una capa de silicio amorfo de tipo n 8 que tiene un grosor de aproximadamente 5 nm. Tal como se ha descrito anteriormente, en la superficie posterior del sustrato de silicio de cristal único de tipo n 2 tipo, la capa de silicio amorfo de tipo i 7 y la capa de silicio amorfo de tipo n 8 se forman secuencialmente, de manera que se forma una estructura denominada estructura de BSF (campo posterior retrodifusor).
- 45 Además, en una superficie posterior de la capa de silicio amorfo de tipo n 8 se forma una capa de óxido de indio 9 que tiene un grosor de aproximadamente 100 nm. Por otra parte, la capa de óxido de indio 9 es un ejemplo de la "primera película conductora transparente" de la presente invención. Además, la capa de óxido de indio 9 está formada de óxido de indio al cual se añade tungsteno. Tal como se muestra en la figura 4, en una superficie posterior de la capa de óxido de indio 9 se forman asperezas. Debido a las asperezas, la superficie posterior de la capa de óxido de indio 9 presenta una rugosidad media aritmética (Ra) que es de aproximadamente 0,5 nm a aproximadamente 1,0 nm.
- 50 En una zona predeterminada de la superficie posterior de la capa de óxido de indio 9 se forma un electrodo en forma de peine 10. El electrodo 10 está formado por una pasta eléctricamente conductora.
- 55 Además, las configuraciones excepto las configuraciones citadas anteriormente de la capa de silicio amorfo de tipo i 7, la capa de silicio amorfo de tipo n 8, la capa de óxido de indio 9, y electrodo 10 formado en la superficie posterior del sustrato de silicio de cristal único tipo n 2, son las mismas que las configuraciones de la capa de silicio amorfo de tipo i 3, la capa de silicio amorfo de tipo p 4, la capa de

óxido de indio 5, y el electrodo 6 formado en la superficie receptora de luz del substrato de silicio de cristal único de tipo n 2.

Además, en la presente realización, la rugosidad media aritmética en la superficie de la capa de óxido de indio 9 es mayor que la de la superficie de la capa de óxido de indio 5.

5 (Funcionamiento y efecto)

10 El elemento fotovoltaico 1 de la presente realización incluye la capa de óxido de indio 9 formada en la superficie que queda frente al elemento protector del lado de la superficie posterior 15, y la capa de óxido de indio 5 formada en la superficie que queda frente al elemento protector del lado de la superficie receptora de luz 14; y la rugosidad media aritmética (Ra) en la superficie de la capa de óxido de indio 9 es mayor que la rugosidad media aritmética (Ra) en la superficie de la capa de óxido de indio 5.

15 Para un elemento fotovoltaico convencional, se ha estudiado una película conductora transparente que tiene una pequeña rugosidad media aritmética (Ra) para que presente simultáneamente dos características de alta transmitancia de luz y baja resistencia. Por otra parte, el elemento fotovoltaico 1 de la presente realización va equipado con la capa de óxido de indio 9 que intencionalmente presenta una gran rugosidad media aritmética (Ra).

20 Por lo tanto, es posible suprimir la reducción de la adhesividad entre la capa de óxido de indio 9 y el electrodo 10 producida por la filtración de la humedad en una superficie de contacto entre ellos, transmitiendo la humedad el elemento protector del lado de la superficie posterior 15 y entrando en el módulo de células solares 11. Consecuentemente, puede obtenerse un módulo de células solares que presente una excelente resistencia a la intemperie.

25 Además, como que la rugosidad media aritmética en la superficie de la capa de óxido de indio 5 puede hacerse pequeña como en el pasado, pueden mantenerse al mismo tiempo dos características de alta transmitancia y baja resistencia. Por lo tanto, es posible provocar que la luz transmita eficazmente el elemento fotovoltaico 1 y se reduzca la pérdida de la resistencia que se produce al quitar los portadores fotogenerados que se han generado en el elemento fotovoltaico 1. En consecuencia, puede obtenerse un módulo de células solares que tenga excelentes características de rendimiento.

30 Además, cuando la rugosidad media aritmética (Ra) en la superficie de la capa de óxido de indio 9 es de 0,5 nm a 1,0 nm, puede mejorarse simultáneamente la baja resistencia y baja transmitancia de luz junto con la resistencia a la intemperie. De manera similar a anteriormente, cuando la rugosidad media aritmética (Ra) en la superficie de la capa de óxido de indio 5 es de 0,5 nm o menos, la conductividad y la transmitancia de la luz puede mejorarse más.

Además, la resistencia a la intemperie de la capa de óxido de indio 9 formada en la superficie posterior del elemento fotovoltaico 1 puede mejorarse más ya que se utiliza óxido de indio que no se ha disuelto fácilmente en agua como constituyente principal.

35 Además, como que los constituyentes principales de la capa de óxido de indio 9 formada en la superficie posterior del elemento fotovoltaico 1 y la capa de óxido de indio 5 formada en la superficie receptora de luz del elemento fotovoltaico 1 son óxido de indio al que se añade tungsteno, la rugosidad media aritmética (Ra) en sus superficies puede hacerse pequeña.

40 El elemento fotovoltaico 1 de la presente realización incluye un substrato de silicio de cristal único de tipo n 2, la capa de silicio amorfo de tipo i 7 y la capa de silicio amorfo de tipo n 8, que se disponen en esta secuencia, y la capa de óxido de indio 9 está formada en la superficie posterior de la capa de silicio amorfo de tipo n 8. De esta manera, la capa de silicio amorfo de tipo i 7 y la capa de silicio amorfo de tipo n 8 existen entre la capa de óxido de indio 9 y el substrato de silicio de cristal único de tipo n 2. Por lo tanto, es posible controlar la rugosidad media aritmética (Ra) en la superficie de la capa de óxido de indio 9 sin influenciarse por la orientación del substrato de silicio de cristal único 2. De este modo, la capa de óxido de indio 9, cuya conductividad y transmitancia de luz se mejoran, puede formarse fácilmente con un buen rendimiento.

45 Además, tal como se describe después, en un procedimiento para la fabricación del elemento fotovoltaico 1 de la presente realización se regula la presión de una mezcla de gas que contiene por lo menos oxígeno, de modo que es posible formar la capa de óxido de indio 9 que tenga una rugosidad media aritmética (Ra) de 0,5 nm o menos. Hasta ahora ha sido difícil regular la rugosidad media aritmética (Ra) para que sea de 0,5 nm o menos, y no se ha realizado una confirmación de datos de aproximadamente 0,5 nm o menos. En la presente realización, al ajustar la presión de una mezcla de gas que se utiliza para formar la capa de óxido de indio 9, la rugosidad media aritmética (Ra) en la superficie de la capa de óxido de indio 9 puede regularse para que sea de 0,5 nm o menos. Por lo tanto, pueden asegurarse datos fiables. Los datos se refieren al ejemplo que se describe después.

50 (Procedimiento para la fabricación del elemento fotovoltaico)

A continuación se describe un procedimiento para la fabricación de un elemento fotovoltaico 1 de acuerdo con la presente realización con referencia a las figuras 5 y 6.

5 En primer lugar, tal como se muestra en la figura 5, un sustrato de silicio de cristal único de tipo n 2 que tiene una resistencia de $1 \Omega\text{-cm}$ y un grosor de $300 \mu\text{m}$, se limpia para eliminar impurezas y en la superficie del sustrato de silicio de cristal único de tipo n 2 se forma una estructura de textura por ataque químico.

10 Después, utilizando un procedimiento CVD por plasma RF, se forma una capa de silicio amorfo de tipo i 3 que tiene un grosor de aproximadamente 5 nm y una capa de silicio amorfo de tipo p 4 que tiene un grosor de aproximadamente 5 nm en esta secuencia sobre la superficie receptora de luz del sustrato de silicio de cristal único de tipo n 2.

15 Además, se dan a continuación unas condiciones específicas para formar la capa de silicio amorfo de tipo i 3 y la capa de silicio amorfo de tipo p 4 mediante el procedimiento de CVD de plasma RF: frecuencia= $13,56 \text{ MHz}$; temperatura de formación = 100 a 300 grados centígrados; presión de reacción = 5 a 100 Pa y potencia de RF = 1 a 500 W/cm^2 . Como dopante de tipo p, B se cita Al, Ga, In y similares que son elementos del grupo III. El compuesto químico gas que contiene por lo menos uno de los elementos descritos anteriormente se mezcla en una fuente de gas tal como SiH_4 , de manera que puede hacerse que un tipo de conductividad del silicio amorfo sea de tipo p controlando un electrón de valencia.

20 Después, se forma una capa de silicio amorfo de tipo i 7 que tiene un grosor de aproximadamente 5 nm y una capa de silicio amorfo de tipo n 8 que tiene un grosor de aproximadamente 5 nm en esta secuencia en la superficie posterior del sustrato de silicio de cristal único de tipo n 2.

25 Además, la capa de silicio amorfo de tipo i 7 y la capa de silicio amorfo de tipo n 8 se forman respectivamente en los mismos procesos que los utilizados para la capa de silicio amorfo de tipo i 3 y la capa de silicio amorfo de tipo p 4. Además, se citan como dopante de tipo n, P, N, As, Sb y similares que son elementos del grupo V. El compuesto químico gas que contiene por lo menos uno de los elementos descritos anteriormente se mezcla en un gas tal como SiH_4 , de manera puede hacerse que un tipo de conductividad del silicio amorfo sea de tipo n controlando un electrón de valencia.

30 Por otra parte, como procedimientos para formar una capa de silicio amorfo, pueden utilizarse procedimientos conocidos tales como un procedimiento de evaporación, un procedimiento de bombardeo iónico, un procedimiento de CVD de plasma en microondas, un procedimiento de ECR, un procedimiento de CVD térmico y un procedimiento de LPCVD. Además, como capa de silicio amorfo de utiliza Si, SiGe, SiGeC, SiC, SiN, SiGeN, SiSn, SiSnN, SiSnO y similares, que cada uno son amorfos o un microcristal que contiene por lo menos hidrógeno o flúor.

35 Posteriormente, tal como se muestra en la figura 6, en la superficie receptora de luz de la capa de silicio amorfo de tipo p 4 y en la superficie posterior de la capa de silicio amorfo de tipo n 8, se forman respectivamente unas capas de óxido de indio 5 y 9 presentando cada una un grosor de 30 a 100 nm . Para ser más precisos, un cuerpo sinterizado de polvo de In_2O_3 en el cual se mezcla un 3 por ciento en peso de polvo de WO_3 se utiliza como objetivo, de manera que las capas de óxido de indio 5 y 9 se forman mediante un procedimiento de implantación iónica. Las condiciones para la formación son hacer fluir una mezcla de gas de Ar y O_2 y la presión se mantenga de $1,2$ a $2,0 \text{ Pa}$. La presión parcial de Ar es constante a $1,0 \text{ Pa}$. Aparte de Ar, pueden utilizarse también gases inactivos tales como He, Ne, Kr y Xe, o un gas mezclado de estos gases inactivos.

40 Aquí, la presión se controla para regular la rugosidad media aritmética (R_a) en superficies de las capas de óxido de indio 5 y 9. Por ejemplo, al formar la capa de óxido de indio 5 que tiene un grosor de 100 nm con la presión mantenida de $1,3$ a $1,7 \text{ Pa}$, la rugosidad media aritmética (R_a) en la superficie de la capa de óxido de indio 5 es de $0,5$ o menos. Además, al formar la capa de óxido de indio 9 que tiene un grosor de 100 nm con la presión mantenida de $1,7$ a $1,8 \text{ Pa}$, la rugosidad media aritmética (R_a) en la superficie de la capa de óxido de indio 9 es de $0,5$ a $1,0 \text{ nm}$.

45 Además, las capas de óxido de indio 5 y 9 pueden formarse mediante un procedimiento de bombardeo iónico. En este instante, como en el caso del procedimiento de implantación iónica, es preferible que la energía de los iones que entran en el sustrato de silicio de cristal único de tipo n 2 se reduzca suficientemente para que sea 100 eV o menos. Por ejemplo, es preferible que las capas de óxido de indio 5 y 9 se formen utilizando un procedimiento de bombardeo iónico de RF en el cual se aplique un campo magnético de 3000 Gauss o más.

55 Después, en la superficie receptora de luz de la capa de óxido de indio 5 y en una zona predeterminada de la superficie posterior de la capa de óxido de indio 9 se forma una pasta de Ag en la que la plata (Ag) es amasada en resina epoxi en una altura de 10 a $30 \mu\text{m}$ y en una anchura de 100 a $500 \mu\text{m}$. La pasta de Ag posteriormente se calienta a 200 grados centígrados durante ochenta minutos para su curado. De este modo se forman los electrodos 6 y 10. Los electrodos 6 y 10 incluyen cada uno un electrodo colector en forma de peine que tiene una pluralidad de ramas que son paralelas entre sí, y un electrodo de barra

colectora que recoge el flujo eléctrico en el electrodo colector en forma de peine.

De este modo se fabrica el elemento fotovoltaico 1 de la presente realización mostrada en la figura 2.

(Procedimiento para la fabricación de un módulo de células solares)

5 Después, se prepara una pluralidad de los elementos fotovoltaicos 1 fabricados en el procedimiento descrito anteriormente.

10 Posteriormente, una lengüeta 12 (véase figura 1) formada de una lámina de cobre se conecta en un lado de un extremo de la misma a un electrodo 6 en la superficie receptora de luz del elemento fotovoltaico 1. La conexión de la lengüeta 12 al electrodo 6 se realiza de manera que la soldadura recubierta sobre una superficie de la lengüeta 12 se calienta de modo que el electrodo 6 y la lengüeta 12 quedan soldados. Además, la lengüeta 12 se conecta en el lado del otro extremo a un electrodo 10 (véase figura 2) en la superficie posterior de otro elemento fotovoltaico adyacente 1.

15 Después, el material de sellado 13 formado de una lámina de EVA se dispone sobre el elemento protector del lado de la superficie receptora de luz 14 formado de un sustrato de vidrio y, posteriormente, la pluralidad de elementos fotovoltaicos 1 conectados entre sí con las lengüetas 12 se disponen sobre el mismo. Después, el material de sellado 13 formado de una lámina de EVA se dispone, además, sobre el mismo y, posteriormente, el elemento protector del lado de la superficie posterior 15 formado de PET se dispone sobre el mismo. Es decir, el elemento protector del lado de la superficie posterior 15 queda dispuesto en un lado en el cual se forma una capa de óxido de indio 9, siendo la rugosidad media aritmética (Ra) sobre su superficie de 0,5 nm a 1,0 nm, y un elemento protector del lado de la superficie receptora de luz 14 queda dispuesto en un lado en el cual se forma una capa de óxido de indio 5, siendo la rugosidad media aritmética (Ra) de su superficie de 0,5 nm o menos.

20 Después, el elemento protector del lado de la superficie receptora de luz 14, el material de sellado 13, la pluralidad de elementos fotovoltaicos 1 que están conectados entre sí con las lengüetas 12 y el elemento protector del lado de la superficie posterior 15 quedan integrados bajo presión mientras se calientan.

25 De este modo se forma el módulo de células solares 11 de la presente realización mostrada en la figura 1.

(Otra realización)

30 Aunque la presente invención se ha explicado utilizando la realización descrita anteriormente, debe comprenderse que la presente invención no queda limitada a la explicación y a los dibujos que constituyen parte de esta descripción. A partir de esta descripción, varias realizaciones y sus operaciones serán claras para los expertos en la materia.

Por ejemplo, aunque la realización que se ha explicado anteriormente se describe para el caso en el que se utiliza un cuerpo fotovoltaico formado de un sustrato de silicio de cristal único de tipo n, puede utilizarse un cuerpo fotovoltaico formado de un sustrato de silicio de cristal único de tipo p.

35 Por ejemplo, puede obtenerse el mismo efecto incluso si la presente invención se aplica a un elemento fotovoltaico en el cual se forme una unión pn conectando directamente un sustrato semiconductor de cristal único o policristal que tenga un tipo de conductividad y un semiconductor amorfo que tenga otro tipo de conductividad, un elemento fotovoltaico en el cual se forme una unión pn formando una zona de otro tipo en una superficie de un sustrato semiconductor de cristal único o policristal que tenga otro tipo de conductividad utilizando un procedimiento de difusión térmica o similar, y similares.

40 Además, aunque la realización que se ha explicado anteriormente se ha descrito utilizando un elemento fotovoltaico con una estructura HIT como ejemplo, puede obtenerse el mismo efecto incluso si la presente invención se aplica a un elemento fotovoltaico que no presente una estructura HIT.

45 Además, aunque como película conductora transparente se utilice una película de óxido de indio a la que se añade tungsteno, la presente invención no queda limitada a este caso, y puede utilizarse una capa de óxido de indio a la que se le añada otro material. Por ejemplo, pueden añadirse materiales tales como Sn, Mo, Ti, Si, As, Ca, Cu, F, Ge, Mg, S, y Zn, o una pluralidad de estos materiales.

Además, un material para formar la película conductora transparente no queda limitado a una película de óxido de indio y, alternativamente, puede utilizarse otro material tal como una película de óxido de zinc o una película de óxido de estaño.

50 Tal como se ha descrito anteriormente, en el ámbito de la presente invención quedan incluidas varias realizaciones no descritas en esta solicitud. Por lo tanto, el alcance de la presente invención queda definido por las reivindicaciones adjuntas según se interpretan a través de la descripción y los dibujos.

(Ejemplo)

Aunque a continuación se describe específicamente un elemento fotovoltaico de acuerdo con la presente invención con referencia a un ejemplo, la presente invención no queda limitada al siguiente ejemplo, y pueden introducirse distintos cambios en la misma sin apartarse del espíritu de la presente invención.

(Relación entre la Rugosidad Media Aritmética y la Presión)

5 En primer lugar, para investigar una relación entre la presión para formar una capa de óxido de indio y la rugosidad media aritmética (Ra) se varía la presión aplicada al formar una capa de óxido de indio, y se mide la rugosidad media aritmética (Ra) en una superficie de la capa de óxido de indio. Para ser más precisos, se utiliza como objetivo un cuerpo sinterizado de polvo de In_2O_3 en el cual se mezcla un 3 por ciento en peso de polvo de WO_3 , de manera que se forma una capa de óxido de indio en un sustrato de silicio de espejo mediante un procedimiento de implantación iónica. De esta manera, el mezclado de polvo de WO_3 permite que el valor de la Ra sea menor que el obtenido al mezclar SnO_2 o similar. Bajo la condición de formación en la que se hace fluir una mezcla de gas de Ar y O_2 y la presión varía de 1,6 Pa a 2,0 Pa, se forma una capa de óxido de indio de un grosor de 30 nm, y se mide la rugosidad media aritmética (Ra) en una superficie de la capa de óxido de indio. Además, mientras se varía la presión de 1,2 a 2,0 Pa, se forma una capa de óxido de indio que tiene un grosor de 100 nm, y se mide la rugosidad media aritmética (Ra) en una superficie de la capa de óxido de indio. Por otra parte, la rugosidad media aritmética (Ra) se midió utilizando un AFM (manoscopio IIIa fabricado por Nihon veeco K.K.) de acuerdo con las *Japanese Industrial Standards* (JIS B 0601-1994).

10 Los resultados obtenidos se muestran en la figura 7. Tal como se muestra en la figura 7, se encontró que la rugosidad media aritmética (Ra) en una superficie de la capa de óxido de indio puede controlarse mediante la presión. Además, tal como se muestra en la figura 7, se encontró que para capas de óxido de indio que presentan cada una un grosor de 100 nm formadas bajo presión de 1,3 a 1,7 Pa, la rugosidad media aritmética (Ra) en una superficie de la capa de óxido de indio es de 0,5 nm o menos. Además, se encontró que para capas de óxido de indio que presentan cada una un grosor de 100 nm formadas bajo una presión de 1,7 a 1,8 Pa, la rugosidad media aritmética (Ra) en una superficie de la capa de óxido de indio es de 0,5 nm a 1,0 nm.

20 Además, puede apreciarse que una capa de óxido de indio que tiene un grosor de 30 nm tiende a hacer que la rugosidad media aritmética (Ra) sea mayor que una capa de óxido de indio que tenga un grosor de 100 nm, es decir, se encontró que al reducir el grosor de una película se provoca que la rugosidad media aritmética (Ra) sea mayor.

25 Por otra parte, una resistencia específica de esta capa de óxido de indio es de 3×10^{-4} a $8 \times 10^{-4} \Omega \text{cm}$.

(Evaluación de la Rugosidad Media Aritmética (Ra) en una Superficie de una Película Conductora Transparente en un Lado de la Superficie Posterior)

30 A continuación se realiza una película conductora transparente (la capa de óxido de indio 5 de la figura 2) en un lado de la superficie receptora de luz bajo condiciones (grosor de 100 nm bajo 1,5 Pa) en las que la rugosidad media aritmética (Ra) de una superficie alcanza un valor pequeño en la figura 7, y la rugosidad media aritmética (Ra) en una superficie de una película conductora transparente (la capa de óxido de indio 9 de la figura 2) en el lado de la superficie posterior varía, formándose de este modo una muestra.

35 Aquí, el módulo de células solares 11, que presenta la estructura mostrada en la figura 1, se realiza para cada muestra, y se evalúa la resistencia a la intemperie. La resistencia a la intemperie se evalúa en términos de velocidad de cambio (rendimiento tras el paso de 2000 horas/ rendimiento inicial) de un rendimiento (Pmax) antes o después de que hayan pasado 2000 horas bajo condiciones de 85 grados centígrados de temperatura y un 85 por ciento de humedad.

40 Los resultados se muestran en la figura 8. En la figura 8, se obtuvo una resistencia a la intemperie bajo la condición de que la Ra más baja de la película conductora transparente en el lado de la superficie posterior se establezca como 1, y la resistencia a la intemperie se normalice y se muestre. Además, como elemento protector del lado de la superficie posterior se utiliza una película protectora del lado de la superficie posterior que tiene una permeabilidad al vapor de agua de 0,3 ($\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{día}$), de modo que la película protectora del lado de la superficie posterior presenta una estructura en la cual el vapor de agua penetra fácilmente a través de la película protectora del lado de la superficie posterior.

45 Tal como se muestra en la figura 8, se encontró que la resistencia a la intemperie normalizada mejora a medida que aumenta el Ra. Además, también se encontró que se obtiene una elevada resistencia a la intemperie en una zona en la que la Ra es mayor de 0,5 nm y en la que se obtienen resistencias a la intemperie que son substancialmente iguales independientemente de la Ra en una zona en la que la Ra es mayor de 0,5 nm. Por otra parte, en cualquiera de las estructuras, los valores de las resistencias a la intemperie son iguales o mayores que el de un ITO convencional.

50 Los resultados que se muestran en la figura 8 se obtienen por los siguientes motivos. Para mejorar una resistencia a la intemperie en lado de la superficie posterior se desea una propiedad hidrófuga. Esto es

5 porque resulta altamente probable que la humedad penetre a través de la película protectora del lado de la superficie posterior después de terminar el módulo. Aquí, la fuerza adhesiva se reduce substancialmente debido a la humedad. Por este motivo, para suprimir los efectos de la humedad, lo que es importante es la selección de un material adhesivo, la adopción de una estructura del módulo en la que se compruebe la penetración de la humedad y similares. Sin embargo, la película protectora del lado de la superficie posterior está realizada generalmente en resina y, en ese caso, la película puede deteriorarse en un uso a largo plazo. Por lo tanto, se espera que pueda producirse una penetración de humedad tras un uso a largo plazo. Además, también se espera que cuando la temperatura varíe, un electrodo colector fijado a una célula (un elemento fotovoltaico) quede sometido a una gran carga provocada por la diferencia en la

10 contracción térmica que se produzca entre un material de sellado y la célula. El material de sellado y el electrodo colector están realizados en materiales orgánicos, de modo que existe una fuerza adhesiva entre ellos relativamente grande. Por lo tanto, se considera que la carga se ejerce principalmente en un electrodo colector y la célula (la película conductora transparente) donde la fuerza adhesiva es relativamente pequeña. Por este motivo, es deseable que el nivel de adhesión entre el electrodo colector y la película conductora transparente sea mayor. Se supone que el resultado de la figura 7 muestra que el grado de adhesión ha aumentado.

20 Se considera que el aumento del grado de adhesión se produce porque se aumenta la Ra, de modo que la rugosidad superficial se incrementa de manera que aumenta una zona de adhesión, y porque la resina del electrodo colector se infiltra profundamente en una superficie de contacto de la película conductora transparente, creándose así un efecto de anclaje. El motivo de que no se encuentre ninguna diferencia en las resistencias a la intemperie en los casos en los que la Ra es de 0,5 o más se debe a un factor aparte de la reducción de una propiedad por una fuerza adhesiva entre el electrodo colector y la célula es dominante. Además, la deformación de la célula que se describe después es también uno de los factores.

25 La figura 9 muestra una vista que ilustra una comparación de los rendimientos de las muestras ilustradas en la figura 8. La evaluación se realiza aquí sin utilizar un rendimiento Pmax, sino I_{SC} (corriente de cortocircuito) X F.F. (factor de relleno) que es un índice requerido para la película conductora transparente, y se realiza la normalización con una muestra de Ra=1 establecida a 1.

30 Aquí, las propiedades requeridas para la película conductora transparente son una alta transmitancia de luz y baja una resistencia. La transmitancia de luz tiene una influencia en la I_{SC} (corriente de cortocircuito) de las propiedades del elemento fotovoltaico, y cuanto mayor es la transmitancia de luz, mayor es la I_{SC} . La resistencia tiene una influencia en el F.F. (factor de relleno), y cuanto menor es la resistencia, mayor es el F.F. Por lo tanto, estableciendo el valor de I_{SC} x F. F. como índice, puede evaluarse un cambio en las propiedades del elemento fotovoltaico debido a la película conductora transparente.

35 Tal como se muestra en la figura 9, se obtienen altos rendimientos cuando la Ra es baja y, en particular, se obtienen altos rendimientos cuando la Ra es 1,0 nm o menos. Nuestros estudios muestran que se obtienen excelentes películas para la propiedad de (alta de transmitancia de luz X baja resistencia) cuando la Ra es baja, por lo que se obtienen los elevados rendimientos anteriores. Por lo tanto, para obtener altos rendimientos, puede decirse que es deseable que la Ra de la película conductora transparente en el lado de la superficie posterior sea de 1,0 nm o menos. Por consiguiente, es deseable que, en lo que se refiere a obtener la resistencia a la intemperie y rendimientos, la Ra de la película conductora transparente en el lado de la superficie posterior sea de 0,5 a 1,0 nm.

(Evaluación de la Rugosidad Media Aritmética (Ra) en una Superficie de una Película Conductora Transparente en un Lado de la Superficie Receptora de Luz)

45 Se han llevado a cabo también los mismos estudios anteriores sobre la Ra de películas conductoras transparentes en un lado de la superficie receptora de luz. La Ra de la película conductora transparente en el lado de la superficie receptora de luz varía dado que la Ra de la película conductora transparente en el lado de la superficie posterior es de 1,0 nm lo que un proporciona un excelente rendimiento en las propiedades de resistencia a la intemperie y rendimientos.

50 Los resultados se muestran en la figura 10. En la figura 10, la normalización se realiza para las muestras con Ra= 0,5 nm.

55 La figura 10 muestra que se obtienen mayores rendimientos cuando Ra es 0,5 nm o menos. El rendimiento tiende a reducirse cuando Ra es mayor de 0,5 nm. Por lo tanto, es deseable que la Ra de la película conductora transparente en la superficie receptora de luz sea de 0,5 nm o menos para obtener altos rendimientos. Se han evaluado también las resistencias a la intemperie en este intervalo. Por lo tanto, se encontró que la reducción de la resistencia a la intemperie, mostrada en la figura 8, no se produce en el intervalo en el que Ra es de 0,5 nm o menos. También se encontró que se obtenían substancialmente resistencias a la intemperie para cualquier valor de Ra. En otras palabras, respecto a la muestra en la que la Ra de la película conductora transparente en la superficie posterior es por lo menos 1,0 nm o más para asegurar la resistencia a la intemperie, se encontró que no se aprecia una relación clara entre la Ra de la película conductora transparente en la superficie receptora de luz y la resistencia a

60

- 5 la intemperie. Por lo tanto, se encontró que la fabricación de una estructura que presente una excelente resistencia a la intemperie en la superficie posterior puede mejorar la resistencia a la intemperie de un módulo de células solares. Por lo tanto, se encontró que es deseable que la Ra de la película conductora transparente en la superficie receptora de luz sea una que se encuentre en el intervalo de baja Ra sobre la cual se obtienen rendimientos ventajosos.
- (Relación entre la Rugosidad Media Aritmética (Ra) de una Superficie de una Película Conductora Transparente en un Lado de una Superficie Posterior y Deformación Debida al Calor)
- 10 Después, sobre un efecto de la película conductora transparente en el lado de la superficie posterior, se estudió también la influencia de la deformación debida al calor. Sobre una placa caliente se dispone un elemento fotovoltaico y se calienta a 150 grados centígrados durante 20 minutos. Se realizaron evaluaciones en dos muestras, una que tenía la Ra más baja (resistencia a la intemperie relativamente baja) utilizada en la figura 8 y otra que tenía 1,5 nm (excelente resistencia a la intemperie).
- 15 Los resultados por observación visual mostraron que aunque no se observó deformación para la muestra de Ra=1, 5 nm, se observó deformación para la muestra que tenía la Ra más baja. Para ser más precisos, se observó una deformación del orden de 1 a 2 mm para un elemento fotovoltaico de aproximadamente 10 cm cuadrados.
- 20 A partir de este hecho se deduce que la aparición de una deformación se comprueba para una muestra en la cual la película conductora transparente en la superficie posterior presenta una Ra elevada. Se deduce que una vez que se produce una deformación en un elemento fotovoltaico, tiende a producirse una carga entre una película conductora transparente y un electrodo colector, y tiende a producirse una separación debido a una reducción de una fuerza adhesiva en la superficie posterior en la cual existe una gran cantidad de humedad. También se deduce que se realiza la película conductora transparente que tiene una Ra de 0,5 nm o mayor, y de este modo, se comprueba la aparición de una deformación, para conseguir una elevada resistencia a la intemperie.
- 25

REIVINDICACIONES

1. Módulo de células solares que comprende:

un elemento fotovoltaico (1);

5 un elemento protector del lado de la superficie receptora de luz (14) dispuesto sobre una superficie receptora de luz del elemento fotovoltaico (1); y

un elemento protector del lado de la superficie posterior (15) dispuesto sobre una superficie posterior opuesta a la superficie receptora de luz del elemento fotovoltaico (1);

en el que el elemento fotovoltaico incluye:

10 una primera película conductora transparente (9) que está formada sobre una primera superficie que queda frente al elemento protector del lado de la superficie posterior (15); y

una segunda película conductora transparente (5) que está formada sobre una segunda superficie que queda frente al elemento protector del lado de la superficie receptora de luz (14); en el que la

15 rugosidad media aritmética (Ra) sobre la superficie de la primera película conductora transparente (9) que queda frente al elemento protector del lado de la superficie posterior (15) es de 0,5 nm o más,

caracterizado por el hecho de que:

20 una rugosidad media aritmética (Ra) sobre la superficie de la primera película conductora transparente (9) que queda frente al elemento protector del lado de la superficie posterior (15) es mayor que una rugosidad media aritmética (Ra) sobre la superficie de la segunda película conductora transparente (5) que queda frente al lado del elemento protector del lado de la superficie receptora de luz (14),

25 y la rugosidad media aritmética (Ra) de la segunda película conductora transparente (5) que queda frente al lado del elemento protector del lado de la superficie receptora de luz (14) es de 0,5 nm o menos.

2. Módulo de células solares según la reivindicación 1, caracterizado por el hecho de que la primera película conductora transparente (9) contiene principalmente óxido de indio.

30 3. Módulo de células solares según la reivindicación 1, caracterizado por el hecho de que la primera película conductora transparente (9) está formada de óxido de indio al cual se añade el tungsteno, y

la rugosidad media aritmética (Ra) sobre la superficie de la primera película conductora transparente (9) que queda frente al elemento protector del lado de la superficie posterior (15) es de 1,0 nm o menos.

35 4. Módulo de células solares según la reivindicación 1, caracterizado por el hecho de que la segunda película conductora transparente (5) está formada de óxido de indio al cual se añade el tungsteno.

5. Módulo de células solares según la reivindicación 1, caracterizado por el hecho de que el elemento fotovoltaico incluye además:

una capa semiconductor cristalina de un tipo de conductividad (2);

40 una primera capa semiconductor amorfa substancialmente intrínseca (3) que está formada en una superficie de la capa semiconductor cristalina (2);

una capa semiconductor amorfa de otro tipo de conductividad (4) que está formada sobre la primera capa semiconductor amorfa substancialmente intrínseca (3);

una segunda capa semiconductor amorfa substancialmente intrínseca (7) que está formada sobre otra superficie de la capa semiconductor cristalina (2); y

45 una capa semiconductor amorfa de un tipo de conductividad (8) que está formada sobre la segunda capa semiconductor amorfa substancialmente intrínseca (7), y

la primera película conductora transparente (9) está formada en la capa semiconductor amorfa de otro tipo de conductividad (4) o bien en la segunda capa semiconductor amorfa de un tipo de conductividad (8).

FIG. 1

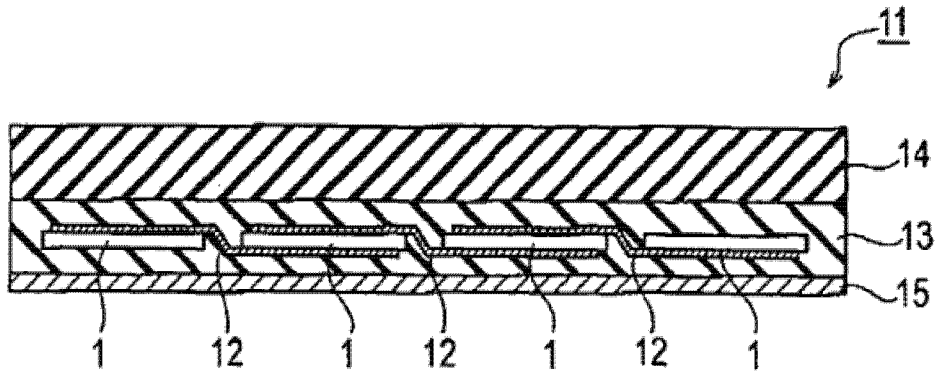


FIG. 2

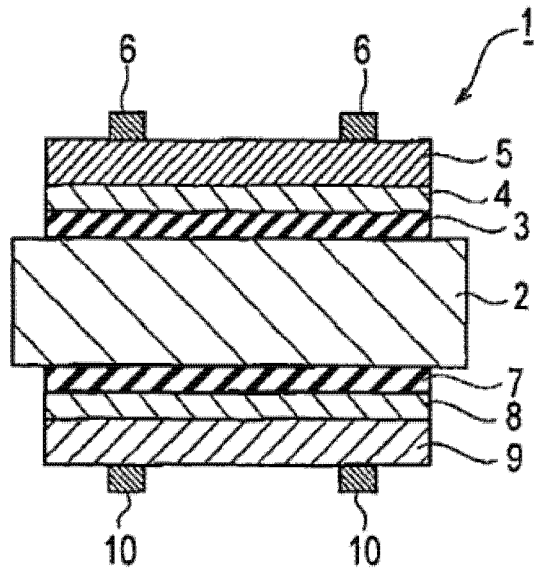


FIG. 3

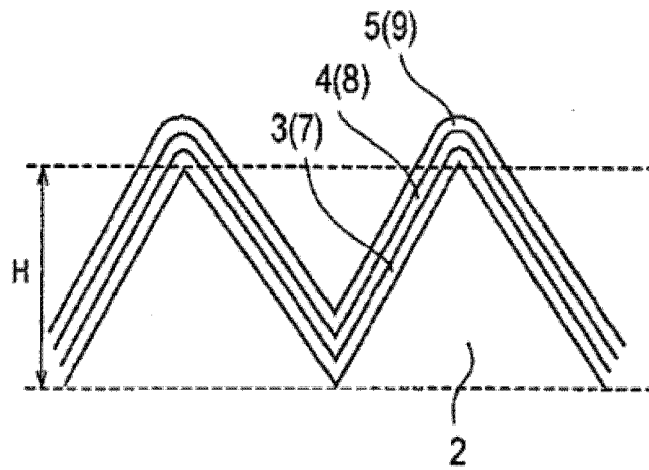


FIG. 4

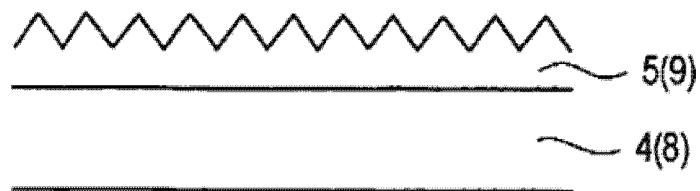


FIG. 5

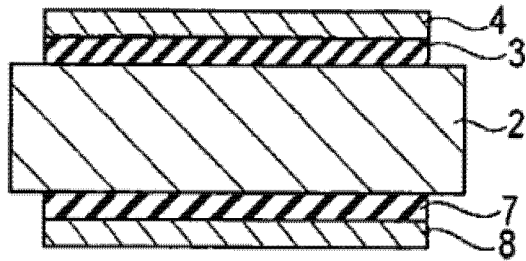


FIG. 6

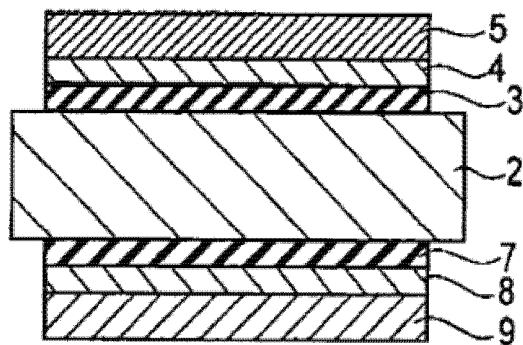


FIG. 7

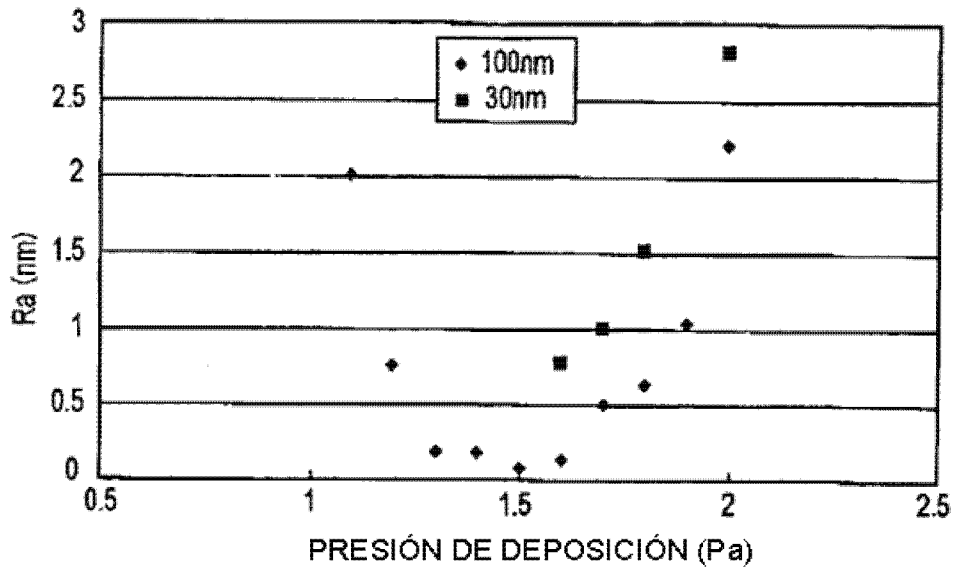


FIG. 8

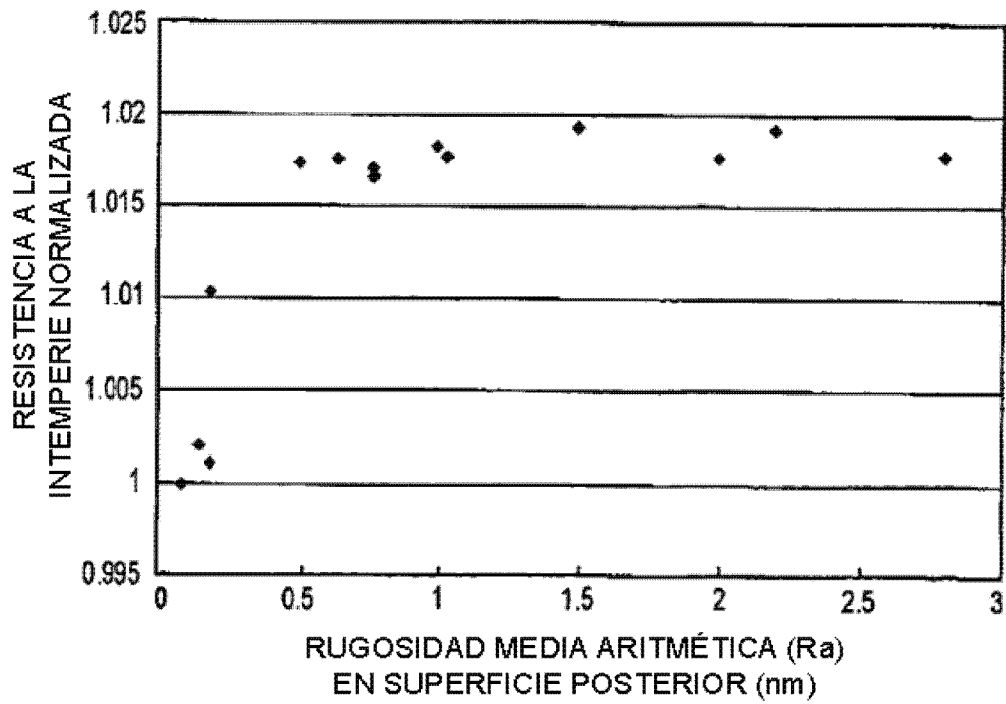


FIG. 9

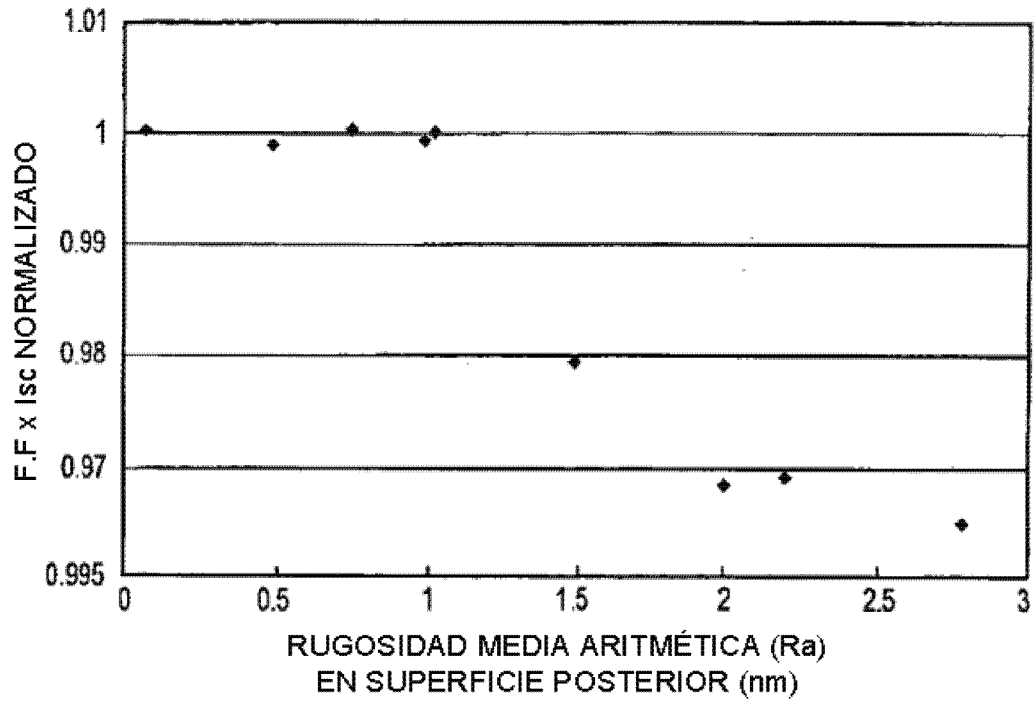


FIG. 10

