



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 365 904**

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

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **04256192 .8**

96 Fecha de presentación : **06.10.2004**

97 Número de publicación de la solicitud: **1555695**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **20.07.2005**

54 Título: **Dispositivo fotovoltaico.**

30 Prioridad: **13.01.2004 JP 2004-4982**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
13.10.2011

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
13.10.2011

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

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

74 Agente: **Ponti Sales, Adelaida**

ES 2 365 904 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).

DESCRIPCION

Dispositivo fotovoltaico

[0001] La presente invención se refiere a un dispositivo fotovoltaico, y más particularmente a un dispositivo fotovoltaico que tiene un colector.

5 **[0002]** Un dispositivo fotovoltaico que tiene una película transparente conductora formada en la superficie de una capa semiconductor y un colector formado en la superficie de la película conductora transparente se conoce en general. Por ejemplo, la patente japonesa publicada N° 2003-197943 describe este tipo de dispositivos fotovoltaicos.

10 **[0003]** La figura 23 es una vista en perspectiva que muestra parcialmente la estructura de un dispositivo fotovoltaico convencional que tiene una constitución similar a la del dispositivo fotovoltaico descrito en la patente japonesa publicada N° 2003-197943 anterior. La figura 24 es una vista en planta que muestra toda la constitución del dispositivo fotovoltaico convencional de ejemplo que muestra en la figura 23. La figura 23 muestra la estructura de una región 601a rodeada por una línea discontinua en la figura 24. Con referencia a las figuras 23 y 24, en el dispositivo fotovoltaico 601 de ejemplo convencional, una capa de silicio amorfo sustancialmente intrínseca de tipo i 603 y una capa de silicio amorfo de tipo p 604 se forman sucesivamente en la superficie superior de un sustrato de silicio cristalino simple de tipo n 602. Una película conductora transparente 605 está formada en una región prescrita de la capa de silicio amorfo de tipo p 604. Un colector superior 606 está formado en una región prescrita de la superficie superior de la película conductora transparente 605. Este colector superior 606 se forma con el fin de estar en contacto sólo con la superficie superior de la película conductora transparente 605. El colector superior 606 se compone de una pluralidad de porciones de electrodos en forma de peine 606a formados con el fin de ampliar de forma paralela entre sí y separados entre sí en un intervalo fijo y una porción de electrodos de barras de bus 606b que agregan corrientes que fluyen en las porciones de electrodos en forma de peine 606A. Una capa de silicio amorfo sustancialmente intrínseca de tipo i 607 y una capa de silicio amorfo de tipo n 608 se forman sucesivamente en la superficie inferior del sustrato de silicio cristalino simple de tipo n 602. Una película transparente conductora 609 está formada en la superficie inferior de la capa de silicio amorfo de tipo n 608. Un colector trasero 610 compuesto por una pluralidad de porciones de electrodos en forma de peine 610a y una porción de electrodo de barra de bus (no mostrada) se forma en la superficie inferior de la película transparente conductora 609. Este colector trasero 610 está formado con el fin de estar en contacto sólo con la superficie inferior de la película conductora transparente 609.

30 **[0004]** Sin embargo, en el dispositivo fotovoltaico convencional de ejemplo que se muestra en la figura 23, el colector superior 606 se forma con el fin de estar en contacto sólo con la película transparente conductora 605. Por consiguiente, cuando la fuerza adhesiva entre el colector superior 606 y la película transparente conductora 605 es pequeña, hay un inconveniente de que el colector superior 606 puede desgarrarse debido a una tensión aplicada en un proceso de fijación de una lengüeta (cable eléctrico) al colector superior 606 o una fuerza externa aplicada a través de la lengüeta fijada. Como el colector trasero 610 también está en contacto sólo con la película conductora transparente 609, hay inconveniente de que el colector trasero 610 pueda desprenderse de manera similar a la de colector superior 606. En consecuencia, no es un problema que el rendimiento se reduzca en la modularización de una pluralidad de dispositivos fotovoltaicos conectándolos con las lengüetas.

[0005] Un dispositivo fotovoltaico de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 1 se muestra en el documento EP-A-0 763 858.

40 **[0006]** La presente invención pretende resolver los problemas anteriores, y un objeto de la presente invención es proporcionar un dispositivo fotovoltaico capaz de mantener la reducción del rendimiento en la modularización bajo control.

[0007] Para lograr el objetivo anterior, se proporciona un dispositivo fotovoltaico según la reivindicación 1.

45 **[0008]** En el dispositivo fotovoltaico de acuerdo con el primer aspecto, el colector está formado en la superficie de la película conductora transparente con el fin de estar en contacto con la capa semiconductor, tal como se explica en más detalle en la reivindicación 1. Como la fuerza de adhesión entre el colector y la capa semiconductor es grande en comparación con la fuerza de adhesión entre el colector y la película conductora transparente, el colector es menos propenso a desprenderse, en comparación con el caso de que se haya configurado un colector con el fin de estar en contacto sólo con una película conductora transparente. Se considera que la fuerza de adhesión entre la capa semiconductor y el colector es grande, ya que una película de oxidación natural formada en la superficie de la capa semiconductor tiene una alta afinidad por el agua, en comparación con la película conductora transparente. Como resultado de ello, se considera que el colector puede ser menos propenso a desprenderse. En consecuencia, el desprendimiento del colector se puede mantener bajo control en la modularización de una pluralidad de dispositivos fotovoltaicos conectándolos con las lengüetas. Por lo tanto, es posible mantener la reducción del rendimiento en la

modularización bajo control.

5 **[0009]** En el dispositivo fotovoltaico mencionado de acuerdo con el primer aspecto, la capa semiconductor incluye preferiblemente una capa semiconductor formada bajo la película conductora transparente, incluyendo una capa semiconductor cristalino no simple, y el colector está en contacto con la capa semiconductor no cristalina simple. Con esta constitución, cuando la primera capa semiconductor incluye la capa semiconductor cristalina usada como una capa de generación de energía, en comparación con el caso de que un colector está en contacto con una capa semiconductor cristalina usada como una capa de generación de energía, la recombinación de los portadores en la frontera entre el colector y la primera capa semiconductor es menos propensa a producirse en el caso de que el colector está en contacto con la capa semiconductor no cristalina simple. En consecuencia, la reducción de la característica de salida del dispositivo fotovoltaico puede mantenerse bajo control. Por lo tanto, el desprendimiento con el colector se puede mantener bajo control, además, la reducción de la característica de salida del dispositivo fotovoltaico puede mantenerse bajo control. El término "semiconductor cristalino no simple" indica un concepto amplio que incluye no sólo un semiconductor amorfo, sino también un semiconductor microcristalino. En este caso, la capa semiconductor no cristalina simple puede incluir una capa de silicio amorfo.

15 **[0010]** Realizaciones ventajosas adicionales se indican en las reivindicaciones dependientes.

[0011] En los dibujos:

La figura 1 es una vista en perspectiva parcial que muestra la constitución de un dispositivo fotovoltaico de acuerdo con una primera realización de la presente invención;

20 La figura 2 es una vista en planta que muestra toda la constitución del dispositivo fotovoltaico de acuerdo con la primera realización de la figura 1;

La figura 3 es una vista en sección transversal del dispositivo fotovoltaico de acuerdo con la primera realización tomada a lo largo de la línea 1-100 que se muestra en la figura 2;

La figura 4 es una vista en sección transversal del dispositivo fotovoltaico de acuerdo con la primera realización tomada a lo largo de la línea 150-150 que se muestra en la figura 2;

25 La figura 5 es una vista en planta para ilustrar un proceso de fabricación del dispositivo fotovoltaico de acuerdo con la primera realización de la presente invención;

La figura 6 es una vista en planta que muestra toda la constitución de un dispositivo fotovoltaico de acuerdo con una segunda forma de realización;

30 La figura 7 es una vista en sección transversal del dispositivo fotovoltaico de acuerdo con la segunda realización tomada a lo largo de la línea 2-200 que se muestra en la figura 6;

La figura 8 es una vista en sección transversal del dispositivo fotovoltaico de acuerdo con la segunda realización tomada a lo largo de la línea 250-250 que se muestra en la figura 6;

La figura 9 es una vista en planta para ilustrar un proceso de fabricación del dispositivo fotovoltaico de acuerdo con la segunda realización de la presente invención;

35 La figura 10 es una vista en planta que muestra toda la constitución de un dispositivo fotovoltaico de acuerdo con una tercera realización;

La figura 11 es una vista en sección transversal del dispositivo fotovoltaico de acuerdo con la tercera realización tomada a lo largo de la línea 3-300 que se muestra en la figura 10;

40 La figura 12 es una vista en sección transversal del dispositivo fotovoltaico de acuerdo con la tercera realización tomada a lo largo de la línea 350-350 que se muestra en la figura 10;

La figura 13 es una vista en planta para ilustrar un proceso de fabricación del dispositivo fotovoltaico de acuerdo con la tercera realización de la presente invención;

La figura 14 es una vista en perspectiva parcial que muestra la constitución de un dispositivo fotovoltaico de acuerdo con una cuarta realización de la presente invención;

45 La figura 15 es una vista en planta que muestra toda la constitución del dispositivo fotovoltaico de

acuerdo con la cuarta realización de la figura 14;

La figura 16 es una vista en sección transversal del dispositivo fotovoltaico de acuerdo con la cuarta realización tomada a lo largo de la línea 4-400 muestra en la figura 15;

5 La figura 17 es una vista en sección transversal del dispositivo fotovoltaico de acuerdo con la cuarta realización tomada a lo largo de la línea 450-450 muestra en la figura 15;

La figura 18 es una vista en corte transversal que muestra la constitución de una porción de electrodo de barras de bus del dispositivo fotovoltaico de acuerdo con la cuarta realización de la figura 17;

La figura 19 es una vista en planta que muestra toda la constitución de un dispositivo fotovoltaico de acuerdo con una quinta realización;

10 La figura 20 es una vista en sección transversal del dispositivo fotovoltaico de acuerdo con la quinta realización tomada a lo largo de la línea 5-500 que se muestra en la figura 19;

La figura 21 es una vista en sección transversal del dispositivo fotovoltaico de acuerdo con la quinta realización tomada a lo largo de la línea 550-550 muestra en la figura 19;

15 La figura 22 es una vista esquemática para ilustrar un procedimiento de prueba para medir la fuerza de adherencia de un colector;

La figura 23 es una vista en perspectiva parcial que muestra la constitución de un dispositivo fotovoltaico convencional de ejemplo;

La figura 24 es una vista en planta que muestra toda la constitución del dispositivo fotovoltaico convencional de ejemplo que se muestra en la figura 23.

20 **[0012]** Se ha de señalar que tanto en la descripción anterior de los dibujos y en la descripción detallada a continuación, la llamada "cuarta realización" no es una realización de la invención, sino simplemente un ejemplo de un dispositivo fotovoltaico más.

[0013] Realizaciones concretas de la presente invención se describen con referencia a los dibujos.

PRIMERA REALIZACIÓN

25 **[0014]** La estructura de un dispositivo fotovoltaico de acuerdo con una primera realización se describe con referencia a las figuras 1 a 4. La figura 1 muestra la estructura de una región 1a rodeada por una línea discontinua en la figura 2.

30 **[0015]** En el dispositivo fotovoltaico 1 de acuerdo con la primera realización, como se muestra en la figura 1, una capa de silicio amorfo sustancialmente intrínseca de tipo i 3 con un espesor de alrededor de 5 nm se forma en la superficie superior de un sustrato de silicio cristalino simple de tipo n 2, que tiene una resistividad de aproximadamente 1 Ω -cm, un espesor de alrededor de 300 μ m y una cara (100). Este sustrato de silicio cristalino simple de tipo n 2 es un ejemplo de una "capa semiconductor", una "primera capa semiconductor" y una "capa semiconductor cristalina" en la presente invención. La capa silicio amorfo de tipo i 3 es un ejemplo de la "capa semiconductor", la "primera capa semiconductor", y "la primera capa semiconductor no cristalina simple" en la presente invención. El sustrato de silicio cristalino simple de tipo n 2 sirve como una capa de generación de energía. Una capa de silicio amorfo de tipo p 4 con un espesor de alrededor de 5 nm se forma sobre la capa de silicio amorfo de tipo i 3. Esta capa de silicio amorfo de tipo p 4 es un ejemplo de la "capa semiconductor", la "primera capa semiconductor" y una "segunda capa semiconductor no cristalina simple" en la presente invención.

40 **[0016]** Una película conductora transparente 5 con un espesor de alrededor de 80 nm a 100 nm se forma sobre la capa de silicio amorfo de tipo p 4. Como se muestra en la figura 2, esta película conductora transparente 5 se forma un poco más pequeña que la capa de silicio amorfo de tipo p 4 como se ve en una vista en planta. Es decir, una región que no está cubierta por la película conductora transparente 5, se proporciona en las inmediaciones de la periferia de la superficie superior de la capa de silicio amorfo de tipo p 4. La película conductora transparente 5 está compuesta de una película de ITO (óxido de estaño e indio) que se compone de InO_2 contiene que contiene SnO_2 de alrededor del 5% en peso. Un colector superior 6 que consiste en plata (Ag) se forma en una región prescrita de la superficie superior de la película conductora transparente 5. Este colector superior 6 es un ejemplo de un "colector" en la presente invención. El colector 6 está compuesto por una pluralidad de porciones de electrodo en forma de peine 6a formadas con el fin de extenderse en paralelo entre sí y que están separadas entre sí en un intervalo fijo, y una porción

de electrodo de barra de bus 6b que agrega corrientes que fluyen en las porciones de electrodo en forma de peine 6a, tal como se muestra en las figuras 1 y 2. Esta porción de electrodo en forma de peine 6a es un ejemplo de una "primera porción de electrodo" en la presente invención. La porción de electrodo de barras de bus 6b es un ejemplo de una "segunda porción de electrodo" en la presente invención. La porción de electrodo en forma de peine 6a tiene un espesor de alrededor de 10 μm a alrededor de 50 μm y una anchura de alrededor de 100 μm a 500 μm . La porción de electrodo de barras de bus 6b tiene un espesor de alrededor de 10 μm a alrededor de 100 μm y una anchura de alrededor de 1,3 mm a 3 mm.

[0017] En la primera realización, partes de la porción de electrodo de la barra de bus 6b en las proximidades de sus dos extremos en la dirección longitudinal de la misma están en contacto con una región en la superficie superior en las inmediaciones de la periferia de capa de silicio amorfo de tipo p 4 que no está cubierta con la película conductora transparente 5 como se muestra en las figuras 1 y 3. Como una película de oxidación natural, cuya afinidad por el agua es más alta que la película conductora transparente 5 se forma en la región en la superficie superior en las inmediaciones de la periferia de la capa de silicio amorfo de tipo p 4 que no está cubierta por la película conductora transparente 5, se considera que la fuerza adhesiva de la parte de la porción de electrodo de la barra de bus 6b en las cercanías de su extremo, que está en contacto con esta región, es mayor que la fuerza adhesiva de la carcasa de la pieza, que está en contacto con la película conductora transparente 5.

[0018] Un capa de silicio amorfo sustancialmente intrínseca de tipo i 7 con un espesor de alrededor de 5 nm y una capa de silicio amorfo de tipo n 8, con un espesor de alrededor de 5 nm se forma sucesivamente en la superficie inferior del sustrato de silicio cristalino simple de tipo n 2. Esta capa de silicio amorfo de tipo i 7 y la capa de silicio amorfo tipo n 8 son ejemplos de la "capa semiconductor" y la "primera capa semiconductor" en la presente invención. Una película transparente conductora 9, que tiene un espesor de alrededor de 80 nm a 100 nm y se compone de una película de ITO, se forma en la superficie inferior de la capa de silicio amorfo de tipo n 8. Un colector trasero 10, que se compone de una pluralidad de porciones de electrodo en forma de peine 10a formadas para extenderse de forma paralela entre sí y estar separadas entre sí en un intervalo fijado, y una porción de electrodo de barras de bus 10b agregan las corrientes que fluyen en las porciones del electrodo en forma de peine 10a, se forma sobre la superficie inferior de la lámina transparente conductora 9, tal como se muestra en las figuras. 1 y 4. La porción de electrodo en forma de peine 10a y porción de electrodo de la barras de bus 10b, son ejemplos de la "primera porción de electrodo" y la "segunda porción de electrodo" en la presente invención, respectivamente. El colector trasero 10 es un ejemplo del "colector" en la presente invención.

[0019] En la primera realización, las partes de la porción de electrodo de la barra de bus 10b del colector trasero 10 en las proximidades de sus dos extremos en la dirección longitudinal de la misma están en contacto con una región en la superficie inferior en las inmediaciones de la periferia de la capa de silicio amorfo de tipo n 8 que no se cubre con la película transparente conductora 9, tal como se muestra en la figura 3. Como una película de oxidación natural, cuya afinidad por el agua es más alta que la película conductora transparente 9, se forma en la región en la superficie inferior en las inmediaciones de la periferia de la capa de silicio amorfo de tipo n 8 que no está cubierta por la película conductora transparente 9, se considera que la fuerza adhesiva de la parte de la porción de electrodo de la barra de bus 10b en las proximidades de su extremo, que está en contacto con esta región, es mayor que la fuerza adhesiva de la carcasa de la pieza, que está en contacto con la película transparente conductora 9. Las constituciones de la capa de silicio amorfo de tipo i 7, la capa de silicio amorfo de tipo n 8, la película transparente conductora 9, y el colector trasero 10 diferentes de las constituciones anteriores son constituciones similares a las de la capa de silicio amorfo de tipo i 3, la capa de silicio amorfo de tipo p 4, la película conductora transparente 5 y el colector superior 6 tal como se mencionó anteriormente, respectivamente.

[0020] En la primera realización, con la constitución, cuando las partes de la porción de electrodo de la barra de bus 6b del colector superior 6 en las proximidades de sus dos extremos en la dirección longitudinal de la misma están en contacto con la capa de silicio amorfo de tipo p 4, ya que la fuerza de adhesión entre el colector superior 6 y la capa de silicio amorfo de tipo p 4 es grande en comparación con la fuerza de adhesión entre el colector superior 6 y la película conductora transparente 5, el colector superior 6 puede ser menos propenso a desprenderse, en comparación con el caso de que se configura el colector superior 6 con el fin de estar en contacto sólo con la película conductora transparente 5. Es decir, se considera que la fuerza de adhesión entre la capa de silicio amorfo de tipo p 4 y el colector superior 6 es muy grande ya que una película de oxidación natural formada en la superficie de la capa de silicio amorfo del tipo p 4 tiene una alta afinidad por el agua en comparación con la película conductora transparente 5. Como resultado de ello, se considera que el colector superior 6 puede ser menos propenso a desprenderse. Como las partes de la porción de electrodo de la barra de bus 10b del colector trasero 10 en las proximidades de sus dos extremos en la misma dirección longitudinal se configuran con el fin de estar en contacto con la capa de silicio amorfo de tipo n 8, el colector trasero 10 puede ser menos propenso a desprenderse, al igual que el caso del colector superior 6 anterior. En consecuencia, se desprendimiento de los colectores superior y trasero 6 y 10 se pueden mantener bajo control en la modularización de una pluralidad de dispositivos fotovoltaicos 1, conectándolos con las lengüetas. Por lo tanto, es

posible mantener la reducción del rendimiento en la modularización de los dispositivos fotovoltaicos 1 bajo control.

5 **[0021]** En la primera realización, la parte de la porción de electrodo de las barras de bus 6b del colector superior 6 en las inmediaciones de su extremo está en contacto con la capa de silicio amorfo de tipo p 4, por lo tanto, en comparación con el caso de que el colector superior 6 está en contacto con el sustrato de silicio cristalino simple de tipo n 2 utilizado como una capa de generación de energía, la recombinación de las carreras en el límite entre el colector superior 6 y la capa semiconductora es menos propenso a ocurrir en el caso de que el colector superior 6 está en contacto con la capa de silicio amorfo de tipo p 4. En consecuencia, la reducción de la característica de salida del dispositivo fotovoltaico 1 puede ser mantenida bajo control.

10 **[0022]** En la primera realización, cada parte de las porciones de electrodo de la barra de bus 6b y 10b de los colectores superior y trasero 6 y 10 en las proximidades de sus dos extremos en la dirección longitudinal de la misma está en contacto con la capa de silicio amorfo de tipo p 4 y la capa de silicio amorfo de tipo n 8, por lo tanto, es posible mejorar la fuerza adhesiva de las partes de las porciones de electrodo de la barra de bus 6b y 10b en las proximidades de sus dos extremos en la misma dirección longitudinal que se convierten en puntos de partida para despegarse. Por lo tanto, el desprendimiento de los colectores superior y trasero 6 y 10 puede ser fácilmente mantenido bajo control.

15 **[0023]** Un proceso de fabricación del dispositivo fotovoltaico de acuerdo con la primera realización se describe con referencia a las figuras 1 a 5.

20 **[0024]** En primer lugar, las impurezas se eliminan mediante el lavado del sustrato de silicio cristalino simple de tipo n 2 (ver la figura 1), que tiene una resistividad de aproximadamente $1 \Omega \cdot \text{cm}$, un espesor de alrededor de $300 \mu\text{m}$ y una cara (100). La capa de silicio amorfo de tipo i 3 y la capa de silicio amorfo de tipo p 4, que tienen un espesor de alrededor de 5 nm , respectivamente, son sucesivamente depositadas sobre el sustrato de silicio cristalino simple de tipo n 2 mediante un proceso CVD de plasma RF en condiciones de una frecuencia de alrededor de $13,56 \text{ MHz}$, una temperatura de formación de unos 100°C a 300°C , una presión de reacción de aproximadamente 5 Pa a 100 Pa , y una potencia de radiofrecuencia de 1 mW/cm^2 a alrededor de 500 mW/cm^2 . Por lo tanto, se forma una unión p-i-n. Un elemento del grupo III, tal como B, Al, Ga, y In, se puede utilizar como un dopante tipo p en la formación de la capa de silicio amorfo de tipo p 4. La capa de silicio amorfo de tipo p 4 puede estar formada mediante la mezcla de gas compuesto que contiene al menos una de los dopantes de tipo p anteriores en el gas de material tal como gas SiH_4 (silano) en la formación de la capa de silicio amorfo de tipo p 4.

30 **[0025]** A continuación, tal como se muestra en las figuras 3 y 4, la capa de silicio amorfo de tipo i 7 con un espesor de alrededor de 5 nm y la capa de silicio amorfo de tipo n 8, con un espesor de alrededor de 5 nm se forman en la superficie inferior del sustrato de silicio cristalino simple de tipo n 2 en este orden. Un elemento del grupo V, tal como P, N, As y Sb, puede ser utilizado como un dopante de tipo n en la formación de la capa de silicio amorfo de tipo n 8. La capa de silicio amorfo de tipo n 8 puede estar formada por la mezcla de gas compuesto que contiene al menos uno de los anteriores dopantes de tipo n en el gas de material de formación de la capa de silicio amorfo de tipo n 8. Los procesos de formación de las capas de silicio amorfo de tipo n 8 y la capa de silicio amorfo de tipo i 7 diferentes de estos procesos son similares a los procesos de formación de la mencionada capa de silicio amorfo de tipo p 4 y la capa de silicio amorfo de tipo i 3, respectivamente.

40 **[0026]** Después de eso, las películas transparentes conductoras 5 y 9 que consisten en las películas de ITO se forman en la capa de silicio amorfo de tipo p 4 y la capa de silicio amorfo de n-tipo 8 mediante pulverización, respectivamente. En este caso, las películas transparentes conductoras 5 y 9 se forman en las regiones que son ligeramente más pequeñas que las regiones de formación de la capa de silicio amorfo de tipo p 4 y la capa de silicio amorfo de tipo n 8, respectivamente. En la formación de las películas transparentes conductoras 5 y 9, un objetivo que consiste en un cuerpo sinterizado de In_2O_3 en polvo que contiene aproximadamente un 5% en peso de SnO_2 en polvo se encuentra en un cátodo (que no se muestra) en una cámara (que no se muestra) de un aparato de pulverización (no mostrado). El contenido de Sn en la película de ITO se puede variar cambiando la cantidad de SnO_2 en polvo. El contenido de Sn con respecto al In es preferiblemente del 1% en peso a aproximadamente el 10% en peso. La densidad de sinterización del objetivo es preferiblemente al menos aproximadamente del 90%. En la formación de las películas transparentes conductoras 5 y 9, se utiliza un aparato de pulverización catódico capaz de aplicar un fuerte campo magnético alrededor de 1000 Gauss con un imán.

50 **[0027]** Después de que las regiones establecidas en las superficies en las inmediaciones de la periferia de la capa de silicio amorfo de tipo p 4 y la capa de silicio amorfo de tipo n 8 se cubren con máscaras de metal, el sustrato de silicio cristalino simple de tipo n 2, que tiene la capa de silicio amorfo de tipo p 4 y la capa de silicio amorfo tipo n 8 formada sobre la misma, se colocan de manera tal que son opuestas y en paralelo al cátodo. Después la cámara (que no se muestra) es evacuada, un calentador (no mostrado) calienta la cámara hasta que la temperatura del sustrato alcanza unos 200°C . En el estado en que la temperatura del sustrato se lleva a alrededor de 200°C , gas mezclado de Ar

y O₂ se alimentan para mantener la presión en alrededor de 0,4 Pa a alrededor de 1,3 Pa, y una alimentación de CC de 0,5 kw a aproximadamente 2 kW se aplica al cátodo para iniciar la descarga. En este caso, una tasa de formación de película es de aproximadamente 10 nm/min a alrededor de 80 nm/min, mientras que el sustrato de silicio cristalino simple de tipo n 2 se mantiene estable respecto al cátodo. Por lo tanto, tal como se muestra en las figuras 3 a 5, las películas transparentes conductoras 5 y 9 se forman en las regiones, que son ligeramente más pequeñas que las regiones de formación de la capa de silicio amorfo de tipo p 4 y la capa de silicio amorfo de tipo n 8, con el fin de tener un espesor de aproximadamente 80 nm a 100 nm, respectivamente.

[0028] Posteriormente, el colector superior 6 se forma mediante la aplicación de pasta de Ag preparada por amasado de polvo impalpable de plata (Ag) en resina epoxi de la región prescrita de la superficie superior de la película conductora transparente 5 por serigrafía. En esta formación, el colector superior 6 está formado de manera que la porción electrodo en forma de peine 6a tiene un espesor de alrededor de 10 µm a alrededor de 50 µm y una anchura de alrededor de 100 µm a 500 µm, y la porción de electrodo de la barra de bus 6b tiene un espesor de alrededor de 10 µm a alrededor de 100 µm y una anchura de alrededor de 1,3 mm a 3 mm.

[0029] En la primera realización, la porción de electrodo de la barra de bus 6b se forma de manera que las partes de la porción de electrodo de la barra de bus 6b en las proximidades de sus dos extremos en la dirección longitudinal de la misma están en contacto con la región en la superficie superior de las inmediaciones de la periferia de la capa de silicio amorfo de tipo p 4, que no está cubierta por la película conductora transparente 5. Después de eso, la pasta de Ag se endurece por calor durante unos 80 minutos a 200°C. Por lo tanto, el colector superior 6, que se compone de la pluralidad de porciones de electrodo en forma de peine 6a formadas con el fin de extenderse de forma paralela entre sí y estar separados entre el intervalo fijado y la porción de electrodo de la barra de bus 6b que agrega corrientes en las porciones de electrodo en forma de peine 6a, se forma tal como se muestra en la figura 2.

[0030] Por último, el colector trasero 10, que se compone de la pluralidad de porciones de electrodos en forma de peine 10a formados a fin de extenderse de forma paralela entre sí y estar separadas entre sí en el intervalo fijado y la porción de electrodo de la barra de bus 10b agregan las corrientes que fluyen en las porciones del electrodo en forma de peine 10a, se forma sobre la superficie inferior de la lámina transparente conductora 9 por serigrafía. Este colector trasero 10 está formado de manera similar al colector superior 6 tal como se mencionó anteriormente. En consecuencia, se forma el dispositivo fotovoltaico 1 de acuerdo con esta realización mostrada en la figura 1.

SEGUNDA REALIZACIÓN

[0031] La estructura de un dispositivo fotovoltaico de acuerdo con una segunda realización se describe con referencia a las figuras 6 a 8.

[0032] En un dispositivo fotovoltaico 11 según la segunda realización, tal como se muestra en las figuras 6 y 7, de manera similar al dispositivo fotovoltaico 1 (ver la figura 1) de acuerdo con la primera realización anterior, las partes de las respectivas porciones electrodos de las barras de bus 16b y 20b de los colectores superior y trasero 16 y 20 en las proximidades de sus dos extremos en la dirección longitudinal de la misma están en contacto con la capa de silicio amorfo de tipo p 4 y la capa de silicio amorfo de n-tipo 8, respectivamente, a través de las aberturas 15a y 19a, que se forman en la superficie lateral exterior de las láminas conductoras transparentes 15 y 19 y rebajadas en una vista en planta. Como las películas naturales de oxidación, cuya afinidad por el agua es más alta que las películas transparentes conductoras 15 y 19 se forman en las superficies de la respectiva capa de silicio amorfo de tipo p 4 y la capa de silicio amorfo de tipo n 8, que se exponen en las aberturas 15a y 19a, se considera que las fuerzas adhesivas de las partes de las porciones del electrodo de la barra de bus 16b y 20b en las proximidades de sus extremos, que están en contacto con estas superficies, son más grandes que las fuerzas adhesivas de la carcasa de las partes, que están en contacto con las películas transparentes conductoras 15 y 19, respectivamente.

[0033] Las aberturas 15a y 19a de las películas transparentes conductoras 15 y 19 se forman en las regiones sombreadas mediante las porciones de electrodo de la barra de bus 16b y 20b y las lengüetas (no mostradas) unidas a las porciones de electrodo de la barra de bus 16b y 20b. Como se muestra en las figuras 6 a 8, en la segunda realización, las áreas de las regiones, que no están cubiertas con las películas transparentes conductoras 15 y 19 en las superficies superiores en las proximidades de la periferia de la capa de silicio amorfo de tipo p 4 y la capa de silicio amorfo de tipo n 8, están configuradas para ser pequeñas en comparación con el dispositivo fotovoltaico 1 (ver las figuras 2 a 4) de acuerdo con la primera realización anterior. En otras palabras, el dispositivo fotovoltaico 11 según la segunda realización está configurado para que una región, que contribuye a la agregación de las corrientes en las películas transparentes conductoras 15 y 19, sea grande en comparación con el dispositivo fotovoltaico 1 de acuerdo con la primera realización anterior. Por lo tanto, en el dispositivo fotovoltaico 11 según la segunda realización, es posible mejorar la eficiencia de la agregación de las corrientes en comparación con el dispositivo fotovoltaico 1 de acuerdo con la primera realización anterior. La estructura del dispositivo fotovoltaico de acuerdo con la segunda realización diferente

de la estructura anterior es similar a la estructura del dispositivo fotovoltaico de acuerdo con la primera realización anterior.

[0034] Un proceso de fabricación del dispositivo fotovoltaico de acuerdo con la segunda realización se describe con referencia a las figuras 6 a 9.

5 **[0035]** En primer lugar, tal como se muestra en las figuras 7 y 8, después de que la capa de silicio amorfo de tipo i 3 y la capa de silicio amorfo de tipo p 4 son sucesivamente laminadas en la superficie superior del sustrato de silicio cristalino simple de tipo n 2, la capa de silicio amorfo de tipo i 7 y la capa de silicio amorfo de tipo n 8 son sucesivamente laminadas en la superficie inferior del sustrato de silicio cristalino simple de tipo n 2.

10 **[0036]** Posteriormente, en la segunda realización, tal como se muestra en las figuras 7 a 9, las películas transparentes conductoras 15 y 19 que tiene las aberturas 15a y 19a, que están rebajadas en una vista en planta, tienen sus superficie laterales exteriores formadas en la superficie de la capa de silicio amorfo de tipo p 4 y la capa de silicio amorfo de tipo n 8 mediante el uso de máscaras de metal, respectivamente.

15 **[0037]** Después de eso, tal como se muestra en las figuras 6 a 8, el colector superior 16 compuesto de porciones de electrodo en forma de peine 16a y la porción de electrodo de la barra de bus 16b se forman en una región prescrita en la superficie superior de la película conductora transparente 15, y luego el colector trasero 20 compuesto por porciones de electrodo en forma de peine (no mostradas) y la porción de electrodo de la barra de bus 20b se forman en una región prescrita en la superficie inferior de la película transparente conductora 19 por serigrafía.

20 **[0038]** En este caso, en la segunda realización, la porción de electrodo de la barra de bus 16b está formada de manera que las partes de la porción de electrodo de la barra de bus 16b en las proximidades de sus dos extremos en la dirección longitudinal de la misma están en contacto con la capa de silicio amorfo de tipo p 4 a través de las aberturas 15a de la película conductora transparente 15, mientras que la porción de electrodo de la barra de bus 20b está formada de manera que las partes de la porción de electrodo de la barra de bus 20b en las proximidades de sus dos extremos en la dirección longitudinal de la misma están en contacto con la capa de silicio amorfo de tipo n 8 a través de las aberturas 19a de la película conductora transparente 19. El proceso de fabricación del dispositivo fotovoltaico 11 según la
25 segunda realización diferente del proceso de fabricación anterior es similar al proceso de fabricación del dispositivo fotovoltaico 1 de acuerdo con la primera realización anterior.

30 **[0039]** En la segunda realización, las partes de la porción de electrodo de la barra de bus 16b del colector superior 16 en las proximidades de sus dos extremos en la dirección longitudinal de la misma están en contacto con la capa de silicio amorfo de tipo p 4 a través de los orificios 15a de la película conductora transparente 15 como se mencionó anteriormente, por lo tanto, aun cuando, debido a una pequeña área de la región en las cercanías de la periferia en la superficie superior de la capa de silicio amorfo de tipo p 4, que no está cubierta por la película conductora transparente 15, es difícil que el colector superior 16 esté en contacto con la región que no está cubierta con la película transparente conductora 15, es posible que el colector superior 16 esté fácilmente en contacto con la capa de silicio amorfo de tipo p 4 a través de las aberturas 15a.

35 **[0040]** En la segunda realización, la abertura 15a está formada en la región de la película conductora transparente 15 sombreada de la porción de electrodo de la barra de bus 16b y la lengüeta fijada a la porción de electrodo de la barra de bus 16b, por lo tanto, la abertura 15a se puede formar en la región que no contribuye a la agregación de las corrientes en la película conductora transparente 15. En consecuencia, no es necesario reducir la región, lo que contribuye a la agregación de las corrientes en la película conductora transparente 15, con el propósito de
40 poner en contacto el colector superior 16 con la capa de silicio amorfo de tipo p 4. Por lo tanto, la reducción de la eficiencia de la agregación de las corrientes puede mantenerse bajo control. Como resultado, es posible mantener la reducción de la característica de salida del dispositivo fotovoltaico bajo control.

[0041] Los efectos de la segunda realización diferentes los efectos anteriores son similares a los efectos de la primera realización anterior.

45 TERCERA REALIZACIÓN

[0042] La estructura de un dispositivo fotovoltaico de acuerdo con una tercera realización se describe con referencia a las figuras 10 a 12.

50 **[0043]** En un dispositivo fotovoltaico 21 según la tercera realización, como se muestra en las figuras 10 a 12, de manera similar al dispositivo fotovoltaico 1 (ver la figura 1) de acuerdo con la primera realización anterior, dos ranuras lineales 25a y 29a están formadas con el fin de extenderse a lo largo de la dirección longitudinal de las porciones de electrodo de las barras de bus 26b y 30b de las películas conductoras transparentes 25 y 29,

respectivamente. Las porciones de electrodo de la barra de bus 26b y 30b del colector superior 26 y el colector trasero 30 están en contacto parcial con la capa de silicio amorfo de tipo p 4 y la capa de silicio amorfo de tipo n 8 a lo largo de las ranuras 25a y 29a, respectivamente. Como las películas naturales de oxidación, cuya afinidad por el agua es más alta que las películas transparentes conductoras 25 y 29 se forman en las superficies de la respectiva capa de silicio amorfo de tipo p 4 y la capa de silicio amorfo de tipo n 8, que se exponen en las ranuras 25a y 29a, se considera que las fuerzas adhesiva de las partes de las porciones de electrodo de la barra de bus 26b y 30b, que están en contacto con estas superficies, son más grandes que las fuerzas adhesivas de la carcasa de las piezas, que están en contacto con las películas conductoras transparentes 25 y 29, respectivamente.

[0044] Las ranuras 25a y 29a de las películas transparentes conductoras 25 y 29 se forman en las regiones sombreadas de las porciones de electrodo de la barra de bus 26b y 30b, y las lengüetas (no mostradas) unidas a las porciones de electrodo de barra de bus 26b y 30b. Como se muestra en las figuras 10 a 12, el dispositivo fotovoltaico de acuerdo con la tercera realización está configurado de manera que las áreas de las regiones que no están cubiertas con las películas transparentes conductoras 25 y 29 en las superficies superiores en las proximidades de las periferias de la capa de silicio amorfo de tipo p 4 y la capa de silicio amorfo de tipo 8 son pequeñas en comparación con el dispositivo fotovoltaico 1 (ver las figuras 2 a 4) de acuerdo con la primera realización anterior. En otras palabras, el dispositivo fotovoltaico 21 según la tercera realización está configurado de manera que las regiones, que contribuyen a la agregación de las corrientes en las películas transparentes conductoras 25 y 29, son grandes en comparación con el dispositivo fotovoltaico 1 de acuerdo con la primera realización anterior. Por lo tanto, en el dispositivo fotovoltaico 21 según la tercera realización, es posible mejorar la eficiencia de la agregación de las corrientes en comparación con el dispositivo fotovoltaico 1 de acuerdo con la primera realización anterior. La estructura del dispositivo fotovoltaico 21 según la tercera realización distinta de la estructura anterior es similar a la estructura del dispositivo fotovoltaico 1 de acuerdo con la primera realización anterior.

[0045] Un proceso de fabricación del dispositivo fotovoltaico de acuerdo con la tercera realización se describe con referencia a las figuras 10 a 13.

[0046] En primer lugar, tal como se muestra en las figuras 11 y 12, después de que la capa de silicio amorfo de tipo i 3 y la capa de silicio amorfo de tipo p 4 se laminan sucesivamente en la superficie superior del sustrato de silicio cristalino simple de tipo n 2, la capa de silicio amorfo de tipo i 7 y la capa de silicio amorfo de tipo n 8 se laminan sucesivamente en la superficie inferior del sustrato de silicio cristalino simple de tipo n 2. Posteriormente, tal como se muestra en las figuras 11 a 13, las películas transparentes conductoras 25 y 29 se forman en las regiones, que son ligeramente más pequeñas que las regiones de formación de la capa de silicio amorfo de tipo p 4 y la capa de silicio amorfo de tipo n 8, en la superficie de la capa de silicio amorfo de tipo p 4 y la capa silicio amorfo de tipo n 8 mediante el uso de máscaras de metal, respectivamente.

[0047] A continuación, en la tercera realización, tal como se muestra en las figuras 12 y 13, los dos pares de ranuras lineales 25a y 29a se forman mediante la eliminación de partes de las películas transparentes conductoras 25 y 29 mediante el uso de un láser excimer, respectivamente.

[0048] Después de eso, el colector superior 26 compuesto de las porciones de electrodo en forma de peine 26a y las porciones de electrodo de la barra de bus 26b se forma en una región prescrita en la superficie superior de la película conductora transparente 25, y a continuación, el colector trasero 30 compuesto de las porciones del electrodo en forma de peine (que no se muestran) y la porción de electrodo de la barra de bus 30b se forman en una región prescrita en la superficie inferior de la película conductora transparente 29 por serigrafía. En este caso, la porción de electrodo de la barra de bus 26b se forma con el fin de extenderse a lo largo de cada una de las dos ranuras 25a de la película conductora transparente 25, mientras que la porción de electrodo de la barra de bus 30b se forma con el fin de extenderse a lo largo de cada una de las dos ranuras 29a de la película transparente conductora 29. Por lo tanto, las porciones de electrodo de la barra de bus 26b y 30b están en contacto con la capa de silicio amorfo de tipo p 4 y la capa de silicio amorfo de tipo n 8, que se exponen en las ranuras 25a y 29a, a lo largo de las ranuras 25a y 29a de las películas conductoras transparentes 25 y 29, respectivamente. El proceso de fabricación del dispositivo fotovoltaico 21 según la tercera realización diferente del proceso de fabricación anterior es similar al proceso de fabricación del dispositivo fotovoltaico 1 de acuerdo con la primera realización anterior.

[0049] En la tercera modalidad, la porción de electrodo de la barra de bus 26b del colector superior 26 está en contacto parcial con la capa de silicio amorfo de tipo p 4 a lo largo de la ranura 25a de la película conductora transparente 25 como se mencionó anteriormente, por lo tanto, aun cuando, debido a una pequeña área de la región en las cercanías de la periferia de la superficie superior de la capa de silicio amorfo de tipo p 4 que no está cubierta por la película conductora transparente 25, es difícil para el colector superior 26 estar en contacto con la región que no está cubierta con la película transparente conductora 25, es posible que el colector superior 26 esté fácilmente en contacto con la capa de silicio amorfo de tipo p 4 a través de la ranura 25a.

[0050] En la tercera realización, la ranura 25a se forma en la región de la película conductora transparente 25 sombreada de la porción de electrodo de la barra de bus 26b, y la lengüeta fijada a la porción de electrodo de la barra de bus 26b, por lo tanto, la ranura 25a se puede formar en la región que no contribuye a la agregación de las corrientes en la película conductora transparente 25. En consecuencia, no es necesario reducir la región, lo que contribuye a la agregación de las corrientes en la película conductora transparente 25, con el propósito de poner en contacto con el colector superior 26 con la capa de silicio amorfo de tipo p 4. Por lo tanto, la reducción de la eficiencia de la agregación de las corrientes puede ser mantenida bajo control. Como resultado, es posible mantener la reducción de la característica de salida del dispositivo fotovoltaico bajo control.

[0051] Los efectos de la tercera realización distintos de los efectos anteriores son similares a los efectos de la primera realización anterior.

CUARTA REALIZACIÓN

[0052] La estructura de un dispositivo fotovoltaico de acuerdo con una cuarta realización se describe con referencia a las figuras 14 a 18. La figura 14 muestra la estructura de una región 31a rodeada por una línea discontinua en la figura 15.

[0053] En un dispositivo fotovoltaico 31 según la cuarta realización, como se muestra en las figuras 14 y 16 a 18, de manera similar al dispositivo fotovoltaico 1 (ver la figura 1) de acuerdo con la primera realización anterior, dos capas de silicio amorfo 32 se forman en las regiones prescritas en la película conductora transparente 5 con el fin de estar separadas entre sí en un intervalo fijado. Esta capa de silicio amorfo 32 es un ejemplo de la "capa semiconductor" y una "segunda capa semiconductor" en la presente invención. La capa de silicio amorfo 32 se forma para ser un semiconductor sustancialmente intrínseco de tipo i con una anchura de alrededor de 0,5 mm y un espesor de alrededor de 1,5 nm. La porción de electrodo de la barra de bus 36b del colector superior 36 se forma en cada una de las dos capas de silicio amorfo 32. Esta porción de electrodo de la barra de bus 36b se forma con el fin de estar en contacto con la superficie de la capa de silicio amorfo 32 en toda su longitud en la dirección longitudinal, tal como se muestra en la figura 16. Como se muestra en la figura 18, la porción de electrodo de la barra de bus 36b se forma con el fin de cubrir las superficies superiores y laterales de la capa de silicio amorfo 32, y se forma con el fin de estar en contacto con las regiones de ambos lados de la región, donde la capa de silicio amorfo 32 está formada, de la superficie superior de la película conductora transparente 5. Es decir, la porción de electrodo de la barra de bus 36b tiene una anchura (alrededor de 1,5 mm) y un espesor (alrededor de 40 μm) más grande que la capa de silicio amorfo 32, y se forma con el fin de cubrir la capa de silicio amorfo 32. Las capas de silicio amorfo 33, que tienen una estructura similar a la capa de silicio amorfo anterior 32 se forman en la superficie inferior de la película conductora transparente 9 en el lado de la superficie inferior del dispositivo fotovoltaico 31, tal como se muestra en las figuras 16 y 17. La porción de electrodo de la barra de bus 40b, que tiene una estructura similar a la porción de electrodo de la barra de bus 36b anterior, se forma con el fin de estar en contacto con la superficie de la capa de silicio amorfo 33 en toda su longitud en la dirección longitudinal. La porción de electrodo de la barra de bus 40b se forma con el fin de cubrir las superficies inferior y lateral de la capa de silicio amorfo 33, y se forma con el fin de estar en contacto con las regiones de ambos lados de la región, donde la capa de silicio amorfo 33 está formada, de la superficie inferior de la película conductora transparente 9. Es decir, la porción de electrodo de la barra de bus 40b tiene una anchura (alrededor de 1,5 mm) y un espesor (alrededor de 40 μm) más grande que la capa de silicio amorfo 33, y se forma con el fin de cubrir la capa de silicio amorfo 33.

[0054] Como que las películas de oxidación natural, cuya afinidad por el agua es más alta que las películas transparentes conductoras 5 y 9 se forman en la superficie de las capas de silicio amorfo 32 y 33, se considera que la fuerza adhesiva de las porciones de electrodo de la barra de bus 36b y 40b, que están en contacto con las superficies de estas capas de silicio amorfo 32 y 33, son más grandes que las fuerzas adhesivas de la carcasa de las partes, que están en contacto con las películas transparentes conductoras 5 y 9, respectivamente. La estructura del dispositivo fotovoltaico 31 según la cuarta realización diferente de la estructura anterior es similar a la estructura del dispositivo fotovoltaico 1 de acuerdo con la primera realización anterior.

[0055] Un proceso de fabricación del dispositivo fotovoltaico de acuerdo con la cuarta realización se describe con referencia a las figuras 14 a 18.

[0056] En la cuarta realización, tal como se muestra en las figuras 15 a 17, de manera similar a la primera realización anterior, después de que la capa de silicio amorfo de tipo i 3 y la capa de silicio amorfo de tipo p 4 son sucesivamente laminadas en la superficie superior del sustrato de silicio cristalino simple de tipo n 2, la capa de silicio amorfo de tipo i 7 y la capa de silicio amorfo de tipo n 8 son laminadas sucesivamente en la superficie inferior del sustrato de silicio cristalino simple de tipo n 2. Posteriormente, las películas transparentes conductoras 5 y 9 se forman en las regiones, que son ligeramente más pequeñas que las regiones de formación de la capa de silicio amorfo de tipo p

4 y la capa de silicio amorfo de tipo n 8, en la superficie de la capa de silicio amorfo de tipo p 4 y la capa de silicio amorfo de tipo n 8 mediante el uso de máscaras de metal, respectivamente.

5 **[0057]** A continuación, en la cuarta realización, las dos capas de silicio amorfo 32 se forman en las regiones prescritas en la superficie superior de la película conductora transparente 5 con el fin de estar separadas entre sí en el intervalo fijado mediante el uso de la máscara de metal o similares. En este caso, la capa de silicio amorfo 32 está formada para ser un semiconductor de tipo i con una anchura de unos 0,5 mm y un espesor de alrededor de 1,5 nm. Las dos capas de silicio amorfo 33 se forman en las regiones prescritas en la superficie inferior de la película conductora transparente 9 con el fin de estar separadas entre sí en el intervalo fijado de manera similar a la capa de silicio amorfo anterior 32.

10 **[0058]** Después de eso, el colector superior 36 compuesto de las porciones de electrodo en forma de peine 36a y 36b de la porción de electrodo de la barra de bus se forma en la película conductora transparente 5 y las dos capas de silicio amorfo 32 por serigrafía. En este caso, la porción de electrodo de la barra de bus 36b tiene una anchura (alrededor de 1,5 mm) y un espesor (alrededor de 40 μm) más grandes que la capa de silicio amorfo 32, y se forma con el fin de estar en contacto con la superficie de la capa de silicio amorfo 32 en toda la longitud en la dirección longitudinal y para cubrir las superficies superiores y laterales de la capa de silicio amorfo 32. La porción de electrodo de la barra de bus 36b se forma con el fin de estar también en contacto con las regiones de ambos lados de la región, donde se forma la capa de silicio amorfo 32, de la superficie superior de la película conductora transparente 5. Posteriormente, el colector trasero 40 compuesto por las porciones de electrodo en forma de peine (que no se muestran) y la porción de electrodo de la barra de bus 40b se forma en la película conductora transparente 9 y las dos capas de silicio amorfo 33 por serigrafía. En este caso, la porción de electrodo de la barra de bus 40b tiene una anchura (alrededor de 1,5 mm) y un espesor (alrededor de 40 μm) más grande que la capa de silicio amorfo 33, y se forma con el fin de estar en contacto con la superficie de la capa de silicio amorfo 33 en toda su longitud en la dirección longitudinal y para cubrir las superficies inferiores y laterales de la capa de silicio amorfo 33. La porción de electrodo de la barra de bus 40b se forma con el fin de estar también en contacto con las regiones de ambos lados de la región, donde se forma la capa de silicio amorfo 33, de la superficie inferior de la lámina transparente conductora 9.

[0059] El proceso de fabricación del dispositivo fotovoltaico 31 según la cuarta realización diferente del proceso de fabricación anterior es similar al proceso de fabricación del dispositivo fotovoltaico 1 de acuerdo con la primera realización anterior.

30 **[0060]** En la cuarta realización, tal como se mencionó anteriormente, las porciones de electrodo de la barra de bus 36b y 40b del colector superior 36 y del colector trasero 40 se forman con el fin de estar en contacto con la superficie de las capas de silicio amorfo 32 y 33 en toda su longitud en la dirección longitudinal, y para cubrir las superficies superiores y laterales de la capa de silicio amorfo 32, y las superficies inferiores y laterales de la capa de silicio amorfo 33, respectivamente. Como la fuerza de adhesión entre cada uno del colector superior 36 y el colector trasero 40, y cada una de las capas de silicio amorfo 32 y 33 es grande en comparación con la fuerza de adhesión en el caso de entre cada uno del colector superior 36 y el colector trasero 40, y cada una de las películas transparentes conductoras 5 y 9, el colector superior 36 y el colector posterior 40 pueden ser menos propensos a desprenderse, en comparación con el caso de que el colector superior 36 y el colector trasero 40 estén en contacto sólo con las películas transparentes conductoras 5 y 9, respectivamente. Es decir, se considera que la fuerza de adhesión entre cada uno del colectores superior 36 y el colector trasero 40, y cada una de las capas de silicio amorfo 32 y 33 es grande, ya que las películas naturales de oxidación formadas en la superficie de la capa de silicio amorfo 32 y 33 tienen una alta afinidad por el agua, en comparación con las películas transparentes conductoras 5 y 9. Como resultado de ello, se considera que el colector superior 36 y el colector posterior 40 pueden ser menos propensos a desprenderse. En consecuencia, el desprendimiento de los colectores superior y posterior 36 y 40 se puede mantener bajo control en la modularización de una pluralidad de dispositivos fotovoltaicos 31, conectándolos con las lengüetas. Por lo tanto, es posible mantener la reducción del rendimiento en la modularización de los dispositivos fotovoltaicos 31 bajo control.

QUINTA REALIZACIÓN

[0061] La estructura de un dispositivo fotovoltaico de acuerdo con una quinta realización se describe con referencia a las figuras 19 a 21.

50 **[0062]** En un dispositivo fotovoltaico 41 según la quinta realización, tal como se muestra en las figuras 19 y 20, de manera similar al dispositivo fotovoltaico 1 (ver la figura 1) de acuerdo con la primera realización anterior, las respectivas partes de las porciones de electrodos de la barra de bus 46b y 50b de los parte colectores superior y trasero 46 y 50 en las proximidades de sus dos extremos en su dirección longitudinal están en contacto con las superficies superior e inferior del sustrato cristalino simple de silicio tipo n 2, respectivamente. En la quinta realización, tal como se muestra en las figuras 20 y 21, todas las capas de silicio amorfo de tipo i 43 y 47, la capa de silicio amorfo de tipo p 44,

la capa de silicio amorfo de tipo n 48, y las láminas conductoras transparentes 45 y 49 se forman en regiones que son ligeramente más pequeñas que el sustrato de silicio cristalino simple de tipo n 2. Es decir, una región que no está cubierta por la capa de silicio amorfo de tipo i 43, la capa de silicio amorfo de tipo p 44, y la película conductora transparente 45, se forma en la superficie superior en las inmediaciones de la periferia del sustrato de silicio cristalino simple de tipo n 2, mientras que una región que no está cubierta con la capa de silicio amorfo de tipo i 47, la capa de silicio amorfo de tipo n 48, y la película conductora transparente 49 está formada en la superficie inferior cerca de la periferia del sustrato de silicio cristalino simple de tipo n 2. La capa de silicio amorfo de tipo i 43 es un ejemplo de la "capa semiconductor", la "primera capa semiconductor", y la "primera capa semiconductor no simple cristalina" en la presente invención. La capa de silicio amorfo de tipo p 44 es un ejemplo de la "capa semiconductor", la "primera capa semiconductor", y la "segunda capa semiconductor no simple cristalina" en la presente invención. La capa de silicio amorfo de tipo i 47 es un ejemplo de la "capa semiconductor" y la "primera capa semiconductor" en la presente invención. La capa de silicio amorfo de tipo n 48 es un ejemplo de la "capa semiconductor" y la "primera capa semiconductor" en la presente invención.

[0063] Una parte de la porción de electrodo de la barra de bus 46b del colector superior 46 en las inmediaciones de su extremo está en contacto con la región, que no se cubre con la capa de silicio amorfo de tipo i 43, la capa de silicio amorfo de tipo p 44, y la película transparente conductora 45 de la superficie superior del sustrato de silicio cristalino simple de tipo n 2. Mientras, una parte de la porción de electrodo de la barra de bus 50b del colector trasero 50 en las inmediaciones de su extremo está en contacto con la región, que no se cubre con la capa de silicio amorfo de tipo i 47, la capa de silicio amorfo de tipo n 48, y la película transparente conductora 49, de la superficie inferior del sustrato de silicio cristalino simple de tipo n 2. Como las películas naturales de oxidación, cuya afinidad por el agua es más alta que las películas transparentes conductoras 45 y 49 se forman en las regiones que no están cubiertas por las capas de silicio amorfo de tipo i 43 y 47, la capa de silicio amorfo de tipo p 44, la capa de silicio amorfo de tipo n 48, y las películas transparentes conductoras 45 y 49, de las superficies del sustrato de silicio cristalino simple de tipo n 2, se considera que las fuerzas adhesivas de las porciones del electrodo de barra de bus 46b y 50b de las proximidades de sus extremos, que están en contacto con las superficies de estas regiones, son más grandes que las fuerzas adhesivas de la carcasa de las partes, que están en contacto con las películas transparentes conductoras 45 y 49. La estructura del dispositivo fotovoltaico 41 según la quinta realización diferente de la estructura anterior es similar a la estructura del dispositivo fotovoltaico 1 de acuerdo con la primera realización anterior.

[0064] Un proceso de fabricación del dispositivo fotovoltaico de acuerdo con la quinta realización se describe con referencia a las figuras 19 a 21.

[0065] En la quinta realización, tal como se muestra en las figuras 20 y 21, después la capa de silicio amorfo de tipo i 43 y la capa de silicio amorfo de tipo p 44 son sucesivamente laminadas en la región, que es ligeramente más pequeña que el sustrato de silicio cristalino simple de tipo n 2, en la superficie superior del sustrato de silicio cristalino simple de tipo n 2, la capa de silicio amorfo de tipo i 47 y la capa de silicio amorfo de tipo n 48 son sucesivamente laminadas en la región, que es ligeramente más pequeña que el sustrato de silicio cristalino simple de tipo n 2, en la superficie inferior del sustrato de silicio cristalino simple de tipo n 2 mediante el uso de máscaras de metal. Después de eso, las películas transparentes conductoras 45 y 49 se forman en las superficies respectivas de la capa de silicio amorfo de tipo p 44 y la capa de silicio amorfo de tipo n 48 mediante el uso de máscaras de metal, respectivamente.

[0066] A continuación, tal como se muestra en las figuras 19 a 21, el colector superior 46 compuesto por las porciones de electrodo en forma de peine 46a y la porción de electrodo de la barra de bus 46b se forman en una región prescrita en la superficie superior de la película conductora transparente 45, y luego el colector trasero 50 compuesto por las porciones de electrodo en forma de peine (no mostradas) y la porción de electrodo de la barra de bus 50b se forman en una región prescrita en la superficie inferior de la película transparente conductora 49 por serigrafía.

[0067] En este caso, en la quinta realización, la porción de electrodo de la barra de bus 46b está formada de manera que las partes de la porción de electrodo de la barra de bus 46b en las proximidades de sus dos extremos en la dirección longitudinal de la misma están en contacto con la región en la superficie superior en las inmediaciones de la periferia del sustrato de silicio cristalino simple de tipo n 2, mientras que la porción de electrodo de la barra de bus 50b está formada de manera que las partes de la porción de electrodo de la barra de bus 50b en las proximidades de sus dos extremos en su dirección longitudinal están en contacto con la región en la superficie inferior en las inmediaciones de la periferia del sustrato de silicio cristalino simple de tipo n 2. El proceso de fabricación del dispositivo fotovoltaico 41 según la quinta realización diferente del proceso de fabricación anterior es similar al proceso de fabricación del dispositivo fotovoltaico 1 de acuerdo con la primera realización anterior.

[0068] En la quinta realización, tal como se mencionó anteriormente, las partes de las porciones de electrodo de barra de bus 46b y 50b del colector superior 46 y el colector posterior 50 en las proximidades de sus dos extremos en la dirección longitudinal de la misma están en contacto con las superficies superior e inferior del sustrato de silicio

5 cristalino simple de tipo n 2, respectivamente. Como la fuerza de adhesión entre cada uno del colector superior 46 y del colector trasero 50, y el sustrato de silicio cristalino simple de tipo n 2 es grande en comparación con la fuerza de adhesión entre cada uno del colector superior 46 y el colector trasero 50, y cada una de las películas conductoras transparentes 45 y 49, el colector superior 46 y el colector posterior 50 pueden ser menos propensos a desprenderse, en comparación con el caso de que el colector superior 46 y el colector trasero 50 estén en contacto sólo con la película conductora transparente 45 y 49, respectivamente. Es decir, se considera que la fuerza de adhesión entre el sustrato de silicio cristalino simple de tipo n 2 y cada uno del colector superior 46 y el colector trasero 50 es grande, ya que las películas naturales formados en la oxidación de las superficies del sustrato de silicio cristalino simple de tipo n 2 tienen una alta afinidad por el agua en comparación con las películas transparentes conductoras 45 y 49. Como resultado de ello, se considera que el colector superior 46 y el colector posterior 50 pueden ser menos propensos a desprenderse. En consecuencia, el desprendimiento de los colectores superior y posterior 46 y 50 se puede mantener bajo control en la modularización de una pluralidad de dispositivos fotovoltaicos 41, conectándolos con las lengüetas. Por lo tanto, es posible mantener la reducción del rendimiento en la modularización de los dispositivos fotovoltaicos 41 bajo control.

15 **[0069]** Una prueba de la fuerza de adherencia del colector para confirmar los efectos en las realizaciones quinta primera anteriores se describe ahora.

20 **[0070]** En primer lugar, se prepararon las tres muestras en las que los colectores se formaron sobre las respectivas superficies superiores de un sustrato de silicio cristalino simple de tipo n, una capa de silicio amorfo de tipo p, y una película conductora transparente. En cada una de las tres muestras, se midió la fuerza de adherencia del colector. En la medición de la fuerza de adhesión, tal como se muestra en la figura 22, una lengüeta 61, que tiene una anchura de 1,5 mm y un espesor de 150 µm se fijó sobre una porción de electrodo de la barra de bus 60a de un colector 60. Esta lengüeta 61 era un cable eléctrico que consiste en una lámina de cobre que se utiliza cuando una pluralidad de dispositivos fotovoltaicos se modularizaron mediante su conexión, y fueron recubiertos con soldadura. Después, se aplicó un flujo a la porción de electrodo de la barra de bus 60a del colector 60, esta lengüeta 61 se fija a la porción de electrodo de la barra de bus 60a con soldadura mediante el calentamiento de la lengüeta 61. A continuación, se obtuvo la muestra. Después, se inclinó un extremo de la lengüeta 61 en la dirección perpendicular a la superficie superior de la muestra, el extremo doblado se sujetó con un clip 63 de un aparato de medición 62. Entonces, la resistencia al desprendimiento se midió mediante un instrumento de medición 65 cuando la lengüeta 61 y el colector 60 se desprendieron de la muestra por rotación de un asa 64 del aparato de medición 62 para estirar de la lengüeta 61. La fuerza adhesiva del colector se midió tal como se mencionó anteriormente.

30 **[0071]** En la medición de la fuerza de adherencia de los colectores de acuerdo con los tres ejemplos anteriores, donde se definió la fuerza de adhesión normalizada como que la fuerza de adhesión establecida en 1 en la muestra en la que se formó el colector en la superficie superior de la película conductora transparente, la fuerza adhesiva normalizada era de 5,2 a 6,3 en la muestra en la que se formó el colector en la superficie superior de la capa de silicio amorfo de tipo p, y la fuerza de adhesión normalizada fue de 4,9 a 6,0 en la muestra en la que el colector se formó en la superficie superior del sustrato de silicio cristalino simple de tipo n. A partir de este resultado, se encontró que se podría obtener una fuerza adhesiva muy grande en el caso de que se formara en el colector de la capa de silicio amorfo de tipo p o en la superficie superior del sustrato de silicio cristalino simple de tipo n en comparación con el caso en el que se formara el colector en la superficie superior de la película conductora transparente. La razón se considera que la mejora de la capacidad de humectación de la superficie de la capa de silicio amorfo de tipo p o el sustrato de silicio cristalino simple de tipo n, debido a la oxidación natural de la película con gran afinidad por el agua formada en la superficie de la capa de silicio amorfo de tipo p o el sustrato de silicio cristalino simple de tipo n mejora la fuerza de adhesión entre la capa de silicio amorfo de tipo p o el sustrato de silicio cristalino simple de tipo n, y el colector.

45 **[0072]** A continuación, después de que se prepararon los dispositivos fotovoltaicos de las siguientes realizaciones 1 a 6 y ejemplo comparativo 1, se midió la fuerza de adherencia del colector en cada dispositivo fotovoltaico preparado.

EJEMPLO 1

50 **[0073]** Un dispositivo fotovoltaico de acuerdo con un ejemplo 1 se ha configurado de manera similar en el lado de la superficie superior del dispositivo fotovoltaico de acuerdo con la primera realización anterior. Específicamente, una capa de silicio amorfo de tipo i se formó con el fin de cubrir un de un sustrato de silicio cristalino simple de tipo n de 10 cm cuadrados, y una capa de silicio amorfo de tipo p se formó con el fin de cubrir toda la superficie superior de la capa de silicio amorfo de tipo i. Posteriormente, una película transparente conductora de 9 cm cuadrados se formó en la superficie superior de la capa de silicio amorfo de tipo p. Por lo tanto, una región, que no estaba cubierta con la película conductora transparente, con una anchura de 5 mm se formó en la superficie superior en las inmediaciones de la periferia de la capa de silicio amorfo de tipo p. Un colector, que tenía una porción de electrodo de la barra de bus más larga que el lado de la película conductora transparente, se formó en la superficie superior de la película conductora

transparente. El colector se ha configurado para que las partes de la porción de electrodo de la barra de bus, que se extendió 2 mm desde los dos bordes, estuvieran en contacto con la capa de silicio amorfo de tipo p, respectivamente. La porción de electrodo de la barra de bus tenía una anchura de 1,5 mm y un espesor de 40 micras.

EJEMPLO 2

5 **[0074]** Un dispositivo fotovoltaico de acuerdo con un ejemplo 2 se ha configurado de manera similar al lado de la superficie superior del dispositivo fotovoltaico de acuerdo con la segunda realización anterior. En concreto, una capa de silicio amorfo de tipo i se formó con el fin de cubrir un sustrato de silicio cristalino simple de tipo n de 10 cm cuadrados, y una capa de silicio amorfo de tipo p se formó con el fin de cubrir toda la superficie superior de la capa de silicio amorfo de tipo i. Posteriormente, una película transparente conductora que tiene aberturas, las cuales estaban rebajadas en una forma rectangular en planta, en la superficie lateral exterior de la misma se formó en la superficie superior de la capa de silicio amorfo de tipo p. En este caso, una región, que no estaba cubierta con la película conductora transparente, con una anchura de 5 mm se formó en la superficie superior en las inmediaciones de la periferia de la capa de silicio amorfo de tipo p. Un colector se formó en la superficie superior de la película conductora transparente. El colector se ha configurado para que las partes de la porción de electrodo de la barra de bus, que se extendía 2 mm de los dos bordes, del colector estuvieran en contacto con la capa de silicio amorfo de tipo p a través de las aberturas de la película conductora transparente, respectivamente. La porción de electrodo de la barra de bus formada tenía una anchura de 1,5 mm y un espesor de 40 µm.

EJEMPLO 3

20 **[0075]** Un dispositivo fotovoltaico de acuerdo con un ejemplo 3 se configura de forma similar al lado de la superficie superior del dispositivo fotovoltaico de acuerdo con la tercera realización anterior. En concreto, una capa de silicio amorfo de tipo i se formó con el fin de cubrir un sustrato de silicio cristalino simple de tipo n de 10 cm cuadrados, y una capa de silicio amorfo de tipo p se formó con el fin de cubrir toda la superficie superior de la capa de silicio amorfo de tipo i. Posteriormente, una película transparente conductora de 9 cm cuadrados se formó en la superficie superior de la capa de silicio amorfo de tipo p. Por lo tanto, una región, que no estaba cubierta con la película conductora transparente, con una anchura de 5 mm se formó en la superficie superior en las inmediaciones de la periferia de la capa de silicio amorfo de tipo p. Después de eso, dos ranuras lineales con una anchura de 0,5 µm se formaron mediante la eliminación de partes de la película conductora transparente mediante el uso de un láser excimer. Un colector se formó en la superficie superior de la película conductora transparente. El colector se ha configurado de modo que la porción de electrodo de la barra de bus del colector estaba en contacto con la capa de silicio amorfo de tipo p en cada una de las dos ranuras. La porción de electrodo de la barra de bus formada tenía una anchura de 1,5 mm y un espesor de 40 µm.

EJEMPLO 4

35 **[0076]** Un dispositivo fotovoltaico de acuerdo con un ejemplo 4 se ha configurado de manera similar al lado de la superficie superior del dispositivo fotovoltaico de acuerdo con la cuarta realización anterior. En concreto, una capa de silicio amorfo de tipo i se formó con el fin de cubrir un sustrato de silicio cristalino simple de tipo n de 10 cm cuadrados, y una capa de silicio amorfo de tipo p se formó con el fin de cubrir toda la superficie superior de la capa de silicio amorfo de tipo i. Posteriormente, una película transparente conductora de 9 cm cuadrados se formó en la superficie superior de la capa de silicio amorfo de tipo p. Después de eso, dos capas de silicio amorfo se formaron en las regiones prescritas en la superficie superior de la película conductora transparente con el fin de estar separadas entre sí en un intervalo fijo. Las dos capas de silicio amorfo formadas tenían una anchura de 0,5 mm y un espesor de 1,5 nm. Entonces, un colector se formó de manera que cubra las regiones prescritas en la superficie superior de la película conductora transparente y las dos capas de silicio amorfo. En este caso, la porción de electrodo de la barra de bus del colector se formó con el fin de estar en contacto con las superficies de cada una de las dos capas de silicio amorfo en toda su longitud en la dirección longitudinal y para cubrir las superficies superiores y laterales de cada una de las dos capas de silicio amorfo. La porción de electrodo de la barra de bus se formó con el fin de estar también en contacto con las regiones de ambos lados de la región, donde se formó la capa de silicio amorfo, de la superficie superior de la película conductora transparente. La parte configurada, que se compone de la capa de silicio amorfo y la porción de electrodo de la barra de bus, con una anchura de 1,5 mm y un espesor de 40 µm en el estado que la porción de electrodo de la barra de bus se formó en la capa de silicio amorfo.

50

EJEMPLO 5

[0077] Un dispositivo fotovoltaico de acuerdo con un ejemplo 5 se ha configurado de manera similar al lado de la superficie superior del dispositivo fotovoltaico de acuerdo con la quinta realización anterior. En concreto, una capa de silicio amorfo de tipo i, una capa de silicio amorfo de tipo p, y una película transparente conductora de 9 cm cuadrados fueron depositadas sucesivamente en la superficie superior de un sustrato de silicio cristalino simple de tipo n de 10 cm cuadrados. Por lo tanto, una región que no está cubierta por la película conductora transparente, la capa de silicio amorfo de tipo p y la capa silicio amorfo de tipo i, con una anchura de 5 mm se formó en la superficie superior en las inmediaciones de la periferia del sustrato de silicio cristalino simple de tipo n. Un colector, que tenía una porción de electrodo de la barra de bus más larga que el lado de la película conductora transparente, se formó en la superficie superior de la película conductora transparente. El colector se ha configurado para que las partes de la porción de electrodo de la barra de bus, que se extendió 2 mm desde los dos bordes, estuvieran en contacto con el sustrato de silicio cristalino simple de tipo n, respectivamente. La porción de electrodo de la barra de bus estaba formada con una anchura de 1,5 mm y un espesor de 40 µm.

EJEMPLO 6

[0078] En un dispositivo fotovoltaico de acuerdo con un ejemplo 6, una película conductora transparente se formó mediante el uso de ZnO dopado con un 3% en peso de Al₂O₃. Excepto esta constitución, el dispositivo fotovoltaico según el ejemplo 6 se preparó de manera similar al ejemplo anterior 1.

EJEMPLO COMPARATIVO 1

[0079] Un dispositivo fotovoltaico de un ejemplo comparativo 1 se ha configurado de manera similar al lado de la superficie superior del dispositivo fotovoltaico convencional de ejemplo (ver la figura 24) ante mencionado. En concreto, una capa de silicio amorfo de tipo i se formó con el fin de cubrir un sustrato de silicio cristalino simple de tipo n de 10 cm cuadrados, y una capa de silicio amorfo de tipo p se formó con el fin de cubrir toda la superficie superior de la capa de silicio amorfo de tipo i. Posteriormente, una película transparente conductora de 9 cm cuadrados se formó en la superficie superior de la capa de silicio amorfo de tipo p. Por lo tanto, una región, que no estaba cubierta con la película conductora transparente, con una anchura de 5 mm se formó en la superficie superior en las inmediaciones de la periferia de la capa de silicio amorfo de tipo p. Entonces, un colector se formó en la superficie superior de la película conductora transparente. En este caso, el colector se formó con el fin de estar en contacto sólo con la superficie superior de la película conductora transparente. La porción de electrodo de la barra de bus formada del colector tenía una anchura de 1,5 mm, un espesor de 40 µm, y una longitud de 8,8 mm.

[0080] Las fuerzas adhesivas de los colectores se midieron en los dispositivos fotovoltaicos de los ejemplos anteriores 1 a 4 y un ejemplo comparativo. La fuerza de adhesión se midió dos veces antes y después de una prueba de resistencia a la humedad (humedad del 85%, y temperatura de 85°C, durante 2 horas). En esta medida, las fuerzas adhesivas se midieron en las muestras de 100 hojas para cada uno de los ejemplos 1 a 4 y el ejemplo comparativo 1, a continuación, se calculó el valor promedio de los fuerzas de adherencia medidas de 100 hojas para cada ejemplo, por lo tanto, el valor de la fuerza de adhesión se normaliza sobre la base de la fuerza adhesiva calculada del ejemplo comparativo 1. La siguiente tabla 1 muestra el resultado.

TABLA 1

	Ej. Comp. 1 (Ej. Conv.)	Ejemplo 1	Ejemplo 2	Ejemplo 3	Ejemplo 4
Fuerza de adherencia normalizada antes de la prueba de resistencia a la humedad	1	5,3	5,1	2,1	2,7
Fuerza de adherencia normalizada después de la prueba de resistencia a la humedad	1	18,3	18,7	6,3	9,3

[0081] El resultado de la tabla 1 anterior mostró que la fuerza adhesiva de los ejemplos 1 a 3 se ha mejorado mucho, tanto antes como después de la prueba de resistencia a la humedad, en comparación con el ejemplo comparativo 1. La razón se consideró que, en cada uno de los ejemplos 1 a 3, la porción de electrodo de la barra de bus

del colector estaba en contacto parcial con la capa de silicio amorfo de tipo p, cuya fuerza adhesiva para el colector es grande en comparación con la de la película conductora transparente para el colector. A partir de este resultado, con el fin de evitar el desprendimiento del colector bajo control, se encontró que la porción de electrodo de la barra de bus del colector estaba preferentemente en contacto parcial con la capa de silicio amorfo de tipo p. La tabla anterior muestra que las fuerzas adhesivas normalizadas del ejemplo 3 (antes de la prueba de resistencia a la humedad: 2,1, después de la prueba de resistencia a la humedad: 6,3) fueron pequeñas en comparación con la fuerza adhesiva normalizada del ejemplo 1 (antes de la prueba de resistencia a la humedad: 5,3, después de la prueba de resistencia a la humedad: 18,3), y la fuerza adhesiva normalizada del ejemplo 2 (antes de la prueba de resistencia a la humedad: 5,1, después de la prueba de resistencia a la humedad: 18,7). Es decir, en el ejemplo 3, se encontró que el efecto de mantener despegado del colector bajo control era pequeño en comparación con los ejemplos 1 y 2. La razón se consideró que, en el ejemplo 3, en la porción de electrodo de la barra de bus en contacto con la capa de silicio amorfo de tipo p a través de la ranura, ya que el área de contacto de la parte de la porción de electrodo de la barra de bus en las inmediaciones de su extremo, que a menudo se convirtió en el punto de partida del desprendimiento con el colector, era pequeño en comparación con los ejemplos 1 y 2, el efecto de mantener despegado el colector bajo control se ha hecho pequeño en comparación con los ejemplos 1 y 2.

[0082] El resultado de la tabla 1 también mostró que la fuerza adhesiva del ejemplo 4 se han mejorado mucho, tanto antes como después de la prueba de resistencia a la humedad, en comparación con el ejemplo comparativo 1. La razón se consideró que, en el ejemplo 4, la porción de electrodo de la barra de bus del colector se formó con el fin de cubrir la capa de silicio amorfo, cuya fuerza adhesiva para el colector es grande en comparación con la de la película conductora transparente para el colector. A partir de este resultado, con el fin de evitar que se separe del colector bajo control, se descubrió que la capa de silicio amorfo se forma preferentemente en la región prescrita en la película conductora transparente, y la porción de electrodo de la barra de bus del colector se formó como para cubrir el silicio amorfo. La tabla anterior muestra que la fuerza adhesiva normalizada del ejemplo 4 (antes de la prueba de resistencia a la humedad: 2,7, después de la prueba de resistencia a la humedad: 9,3) era pequeña en comparación con la fuerza adhesiva normalizada del ejemplo 1 (antes de la prueba de resistencia a la humedad: 5,3, después de la prueba de resistencia a la humedad: 18,3), y la fuerza adhesiva normalizada del ejemplo 2 (antes de la prueba de resistencia a la humedad: 5,1, después de la prueba de resistencia a la humedad: 18,7). Es decir, en el ejemplo 4 se encontró que el efecto de mantener despegado el colector bajo control era pequeño en comparación con los ejemplos 1 y 2. La razón se consideró que, en el ejemplo 4, ya que el área de contacto de la parte de la porción de electrodo de la barra de bus en las inmediaciones de su extremo, que a menudo se convirtió en el punto de partida de la separación con el colector, era pequeño en comparación con las áreas de contacto de las partes de las porciones de electrodo de la barra de bus de los ejemplos 1 y 2 en las inmediaciones de su extremo, el efecto de mantener despegado del colector bajo control era pequeño en comparación con los ejemplos 1 y 2.

[0083] A continuación, se midieron los rendimientos de fijación de la lengüeta en 12 hojas de dispositivos fotovoltaicos conectados en serie con una lengüeta mediante el uso de los dispositivos fotovoltaicos de los ejemplos anteriores 1 a 4 y un ejemplo comparativo. El rendimiento se midió mediante el uso de 12000 hojas (1000 series) de dispositivos fotovoltaicos para cada uno de los ejemplos 1 a 4 y un ejemplo comparativo. La tabla 2 adjunta muestra el resultado.

TABLA 2

	Ej. Comp. 1 (Ej. Conv.)	Ejemplo 1	Ejemplo 2	Ejemplo 3	Ejemplo 4
Rendimiento de fijación de la lengüeta (%)	98,7	99,9	99,7	99,8	99,8

[0084] El resultado de la tabla 2 anterior muestra que los rendimientos (por ejemplo 1: 99,9%, ejemplo 2: 99,7%, ejemplo 3: 99,8%, ejemplo 4: 99,8%) de los ejemplos 1 a 4 fueron altos en comparación con el rendimiento (98,7%) del ejemplo comparativo 1, respectivamente. La razón se consideró que, en el dispositivo fotovoltaico de los ejemplos 1 a 4, ya que las fuerzas de adherencia de los colectores son grandes en comparación con el dispositivo fotovoltaico del ejemplo comparativo 1, la separación del colector se mantiene bajo control. A partir de este resultado, se encontró que cuando la porción de electrodo de la barra de bus del colector estaba en contacto parcial con la capa de silicio amorfo, se podría mejorar el rendimiento en la modularización de una pluralidad de dispositivos fotovoltaicos.

[0085] A continuación, en los dispositivos fotovoltaicos de acuerdo con los ejemplos 5 y 6, y el ejemplo comparativo 1, la fuerza de adherencia de los colectores antes y después de la prueba de resistencia a la humedad se midieron de manera similar a los ejemplos anteriores 1 a 4. La siguiente tabla 3 muestra el resultado.

TABLA 3

	Ej. Comp. 1 (Ej. Conv.)	Ejemplo 5	Ejemplo 6
Fuerza de adherencia normalizada antes de la prueba de resistencia a la humedad	1	6,3	6,1
Fuerza de adherencia normalizada después de la prueba de resistencia a la humedad	1	28,1	18,8

[0086] El resultado de la tabla 3 muestra que la fuerza adhesiva del ejemplo 5 se ha mejorado mucho, tanto antes como después de la prueba de resistencia a la humedad, en comparación con el ejemplo comparativo 1. La razón se consideró que, en el ejemplo 5, la parte de la porción de electrodo de la barra de bus del colector en las inmediaciones de su extremo estaba en contacto con el sustrato de silicio cristalino simple de tipo n cuya fuerza adhesiva para el colector era más grande que la de la película conductora transparente para el colector. A partir de este resultado, se encontró que la parte de la porción de electrodo de la barra de bus del colector en las inmediaciones de su extremo estaba preferentemente en contacto con el sustrato de silicio cristalino simple de tipo n tal como se menciona en el ejemplo 5, a fin de mejorar la fuerza de adherencia del colector. Además, cuando la parte de la porción de electrodo de la barra de bus del colector en las inmediaciones de su extremo estaba en contacto con el sustrato de silicio cristalino simple de tipo n tal como se mencionó anteriormente, aunque la fuerza de adherencia del colector se podría mejorar, el rendimiento característico del dispositivo fotovoltaico se ha reducido, ya que la recombinación de muchas carreras que se produjeron en la frontera entre el colector y el sustrato de silicio cristalino simple de tipo n, que era una capa de generación de energía.

[0087] A partir de los resultados de las tablas 1 y 3 anterior, se encontró que, en el dispositivo fotovoltaico del ejemplo 6, se podría obtener fuerzas adhesivas (antes de la prueba de resistencia a la humedad: 6,1, después de la prueba de resistencia a la humedad: 18,8) tan grandes como las fuerzas adhesivas (antes de la prueba de resistencia a la humedad: 5,3, después de la prueba de resistencia a la humedad: 18,3) de los dispositivos fotovoltaicos del ejemplo 1. A partir de este resultado, se encontró que, también en el caso de que la película conductora transparente consistiera en un material tal como ZnO dopado con Al₂O₃ diferente de ITO, cuando la parte de la porción de electrodo de la barra de bus del colector en las proximidades de su extremo estaba en contacto con la capa de silicio amorfo de tipo p, la separación del colector podría ser mantenida bajo control. Se consideró que, en el dispositivo fotovoltaico de cada uno de los ejemplos 5 y 6, como la separación del colector se mantiene bajo control, el rendimiento de la unión de la lengüeta en la modularización de los dispositivos fotovoltaicos puede mejorarse fácilmente de manera similar a los ejemplos anteriores 1 a 3.

[0088] Debe tenerse en cuenta, sin embargo, que las realizaciones y los ejemplos descritos anteriormente son ilustrativos, y que la invención no se limita específicamente a la descripción anterior. La invención no se define por la descripción anterior de las realizaciones y ejemplos, sino por las reivindicaciones adjuntas, sus equivalentes, y las diversas modificaciones que se pueden hacer sin apartarse del alcance de la invención tal como se define en las reivindicaciones adjuntas.

[0089] Por ejemplo, aunque el dispositivo fotovoltaico que tiene la estructura donde la capa de silicio amorfo de tipo i y la capa de silicio amorfo de tipo p se forman sobre el sustrato de silicio cristalino simple de tipo n se describe en la realización anterior, la invención no se limita a esta estructura, sino que la invención es aplicable a otros dispositivos fotovoltaicos con otras estructuras.

[0090] Aunque la fuerza de adherencia del colector se mide en el caso de que el colector estuviera en contacto parcial con la capa de silicio amorfo de tipo p en la prueba para evaluar el efecto de las realizaciones anteriores, la invención no se limita a esto, sino que efectos similares se pueden obtener en el caso de que un colector se encuentre en contacto parcial con una capa de silicio amorfo de tipo n. Esto ha sido evaluado por los inventores de la presente invención.

[0091] Aunque el silicio (Si) se utiliza como material semiconductor en las realizaciones anteriores, la presente invención no se limita a esto, sino que cualquier semiconductor SiGe, SiGeC, SiC, SiN, SiGEN, SiSn, SiSnN, SiSnO, SiO, Ge, GEC y GEN se puede utilizar. En este caso, estos semiconductores pueden ser semiconductores cristalinos, o semiconductores amorfos o semiconductores microcristalinos que contiene al menos uno de hidrógeno y

fluoruro.

- 5 **[0092]** Aunque el óxido de indio (ITO) dopado con Sn se utiliza en las realizaciones anteriores, como material que compone la película conductora transparente, la presente invención no se limita a este material, sino que se puede utilizar una película transparente conductora que consista en un material que no sea película de ITO. Por ejemplo, una película conductora transparente formada mediante el uso de un objetivo, que es producida por el encendido de polvo de óxido de indio (In_2O_3), mezclado con una cierta cantidad de al menos uno de Zn, As, Ca, Cu, F, Ge, Mg, S, Si, y Te en polvo compuesto, se puede utilizar.
- 10 **[0093]** Aunque la capa de silicio amorfo se forma mediante un proceso CVD de plasma RF en las realizaciones anteriores, la presente invención no se limita a este proceso, sino que una capa de silicio amorfo se puede formar por otro proceso, tales como la evaporación, pulverización, CVD de plasma de microondas, ECR, CVD térmica o LPCVD (CVD a baja presión).
- 15 **[0094]** A pesar de que se utiliza gas argón para la pulverización de la película de ITO, que constituye la película conductora transparente en las realizaciones anteriores, la presente invención no se limita a esto, sino que otro gas inerte tal como He, Ne, Kr o Xe, o una mezcla de gases de los mismos se pueden utilizar.
- 20 **[0095]** A pesar de energía eléctrica de corriente continua se utiliza en las operaciones de descarga para la pulverización de las realizaciones anteriores, la presente invención no se limita a esto, sino que descarga de corriente continua de modulación por pulsos, descarga de RF, descarga VHF, descarga de microondas, o similares, pueden utilizarse.
- 25 **[0096]** Aunque la anchura de la abertura de la película conductora transparente es mayor que la anchura de la porción de electrodo de la barra de bus en la segunda realización anterior, la presente invención no se limita a esto, sino que la anchura de la abertura de la película conductora transparente puede ser más pequeña que la anchura de una porción de electrodo de la barra de bus.
- 30 **[0097]** A pesar de la abertura está rebajada en un forma rectangular en la película conductora transparente en la segunda realización anterior, la presente invención no se limita a esta figura, sino que una abertura puede ser rebajada en una forma triangular, una forma circular, y similares, en una película conductora transparente. Aunque una porción de electrodo de la barra de bus de un colector puede estar en contacto con la capa semiconductor formada en el lado inferior de la película conductora transparente, cualquier forma de abertura puede lograr efectos similares a la segunda realización anterior.
- 35 **[0098]** A pesar de que la ranura se forma en la película conductora transparente con el fin de extenderse linealmente en la tercera forma de realización anterior, la presente invención no se limita a esto, sino que una ranura se pueden formar en una película conductora transparente en cualquier otra forma, tal como una línea discontinua. En este caso, efectos similares a la tercera realización anterior se pueden obtener.
- 40 **[0099]** Aunque la capa de silicio amorfo se forma como la capa de tipo i en la película conductora transparente en la cuarta realización anterior, la presente invención no se limita a esto, sino que una capa de silicio amorfo puede ser una capa de tipo n. Cuando una capa de silicio amorfo se forma como una capa de tipo n, la resistencia de la capa de silicio amorfo puede ser pequeña, por lo tanto, una gran reducción de la característica de salida debido a la resistencia de la capa de silicio amorfo se puede mantener bajo control. En el caso de que una película conductora transparente sea una capa de tipo n, cuando una capa de silicio amorfo se forma como una capa de tipo n mediante la introducción de una impureza de tipo n en la capa de silicio amorfo, la resistencia de contacto entre la capa de silicio amorfo y la película conductora transparente se puede reducir, por lo tanto, la reducción de la característica de salida también se puede mantener bajo control.
- 45 **[0100]** Aunque la capa de silicio amorfo se forma de manera que se extienda de forma lineal, y está compuesta de una capa continua, en la cuarta realización anterior, la presente invención no se limita a esto, sino que una capa de silicio amorfo que se forma en una película transparente conductora se puede formar en cualquiera de los diferentes tipos de formas distintas a la forma anterior. Por ejemplo, se pueden formar en una forma discontinua, como una forma de puntos, una forma de línea discontinua.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Dispositivo fotovoltaico que comprende una capa semiconductor (2, 602), una película conductora transparente (5, 9, 15, 19, 25, 29, 45, 49) que se forma en la superficie superior o la superficie inferior de dicha capa semiconductor, y un colector (6, 10, 16, 20, 26, 30, 36, 40, 46, 50), que se forma sobre la superficie superior de dicha película conductora transparente formada en la superficie superior de dicha capa semiconductor o en la superficie inferior de dicha película transparente conductora formada en la superficie inferior de dicha capa semiconductor en la que se forma dicha película conductora transparente de manera que la superficie superior o la superficie inferior de dicha capa semiconductor está parcialmente expuesta,
- 10 caracterizado por el hecho de que:
- 10 dicho colector se forma con el fin de estar en contacto con la superficie superior expuesta o la superficie inferior expuesta de dicha capa semiconductor, y la capa semiconductor (2, 602) incluye un sustrato de silicio.
- 15 2. Dispositivo fotovoltaico según la reivindicación 1, en el que dicha capa semiconductor incluye una primera capa semiconductor (2, 3, 4, 7, 8, 43, 44, 47, 48) formada bajo dicha película conductora transparente como una capa semiconductor no cristalina simple, y dicho colector (6, 10, 16, 20, 26, 30, 46, 50) está en contacto parcial con dicha capa semiconductor no cristalina simple.
3. Dispositivo fotovoltaico según la reivindicación 2, en el que la primera capa semiconductor incluye una capa de silicio amorfo.
- 20 4. Dispositivo fotovoltaico según la reivindicación 2, en el que la primera capa semiconductor incluye un primer sustrato de silicio de tipo de conductividad (2), una primera capa semiconductor no cristalina simple sustancialmente intrínseca (3) formada en la superficie superior o en la superficie inferior de dicho sustrato de silicio, y una segunda capa semiconductor no cristalina simple de tipo de conductividad (4) formada en la superficie superior o en la superficie inferior de dicha primera capa semiconductor no cristalina simple, y dicho colector está en contacto parcial con la superficie superior o la superficie inferior de dicha segunda capa semiconductor no cristalina simple.
- 25 5. Dispositivo fotovoltaico según la reivindicación 4, en el que la primera capa semiconductor no cristalina simple y dicha segunda capa semiconductor no cristalina simple incluyen capas de silicio amorfo.
- 30 6. Dispositivo fotovoltaico según la reivindicación 2, en el que dicho colector incluye primeras porciones de electrodo (6a, 10a, 16a, 26a, 46a) para recoger las corrientes, y una segunda porción de electrodo (6b, 10b, 16b, 20b, 26b, 30b, 46b, 50b) para la agregación de dichas corrientes recogidas por dichas primeras porciones de electrodo, y dicha segunda porción de electrodo está en contacto parcial con dicha primera capa semiconductor.
7. Dispositivo fotovoltaico según la reivindicación 6, en el que una parte de dicha segunda porción de electrodo (6b, 10b, 16b, 20b) en las cercanías de su extremo en la dirección longitudinal de la misma está en contacto con dicha primera capa semiconductor.
- 35 8. Dispositivo fotovoltaico según la reivindicación 7, en el que las partes de dicha segunda porción de electrodo en las proximidades de sus dos extremos en la dirección longitudinal de la misma están en contacto con dicha primera capa semiconductor.
- 40 9. Dispositivo fotovoltaico según la reivindicación 2, en el que la película conductora transparente incluye una abertura (15a, 19a), que está rebajada en una vista en planta, en una parte de la superficie lateral exterior de dicha película conductora transparente, y dicho colector (16, 20) está en contacto con dicha primera capa semiconductor (4, 8) a través de la abertura de dicha película conductora transparente.
10. Dispositivo fotovoltaico según la reivindicación 9, en el que al menos una parte de dicha abertura está formada en una región sombreada mediante dicho colector.
- 45 11. Dispositivo fotovoltaico según la reivindicación 2, en el que dicha película conductora transparente incluye una ranura (25a, 29a), y una parte de dicho colector (26, 30) está en contacto con dicho primer semiconductor expuesto en dicha ranura a lo largo de la ranura de dicha película conductora transparente.
12. Dispositivo fotovoltaico según la reivindicación 11, en el que al menos una parte de dicha ranura está formada en una región sombreada mediante dicho colector.
13. Dispositivo fotovoltaico según la reivindicación 1, en el que la capa semiconductor incluye un

primer sustrato de silicio de tipo de conductividad, una primera capa semiconductor no cristalina simple sustancialmente intrínseca formada en la superficie de dicho sustrato de silicio, y una segunda capa semiconductor no cristalina simple de tipo de conductividad formada en la superficie de dicha primera capa semiconductor no cristalina simple, en el que dicho colector está en contacto parcial con dicho sustrato de silicio.

5

FIG.1

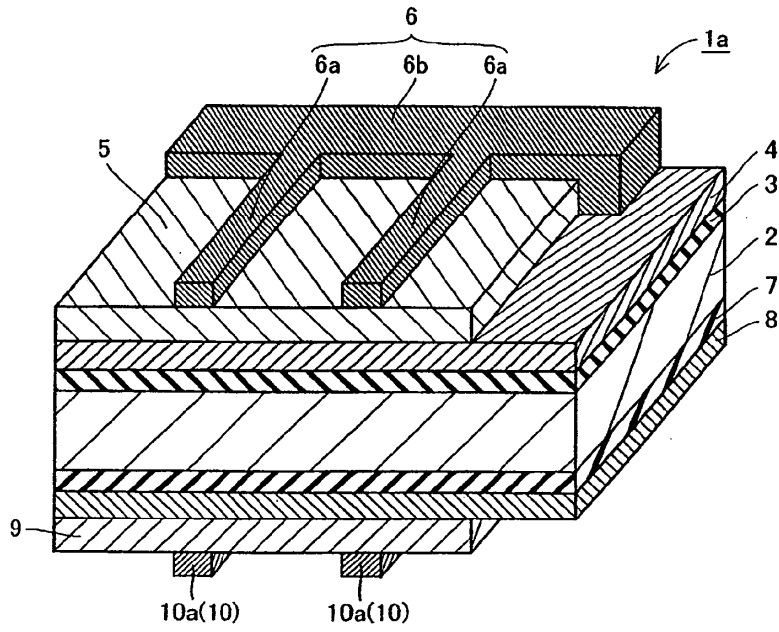


FIG.2

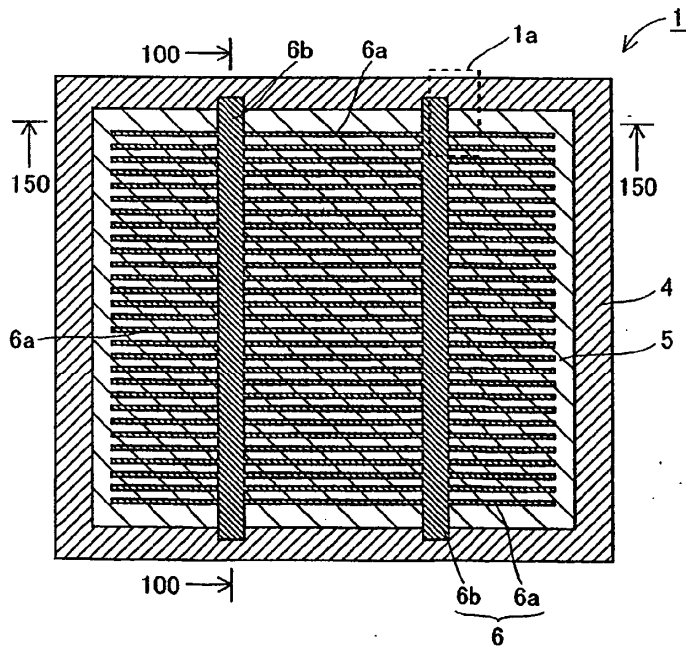


FIG.3

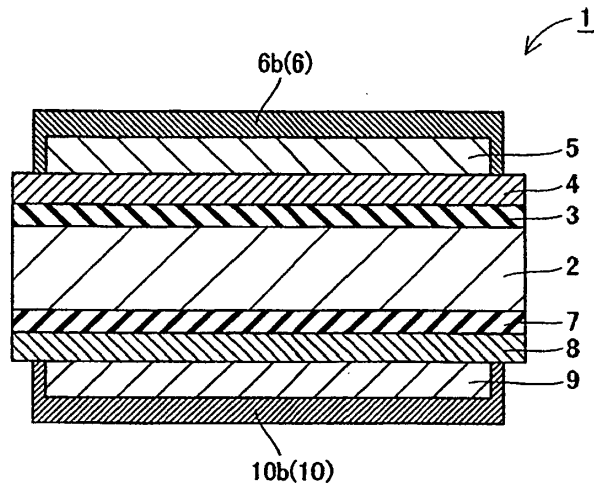


FIG.4

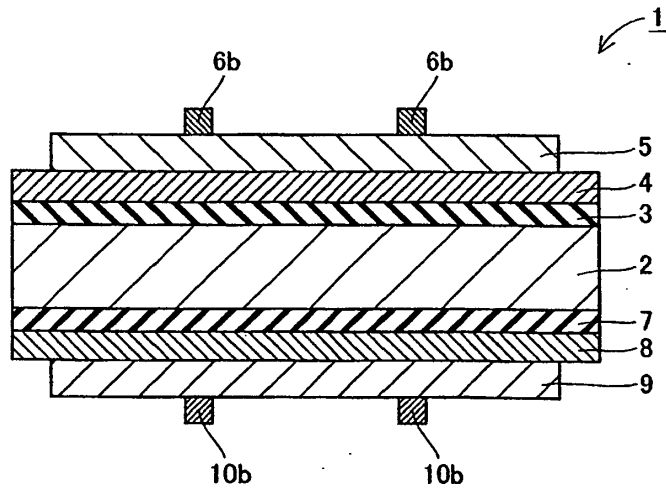


FIG.5

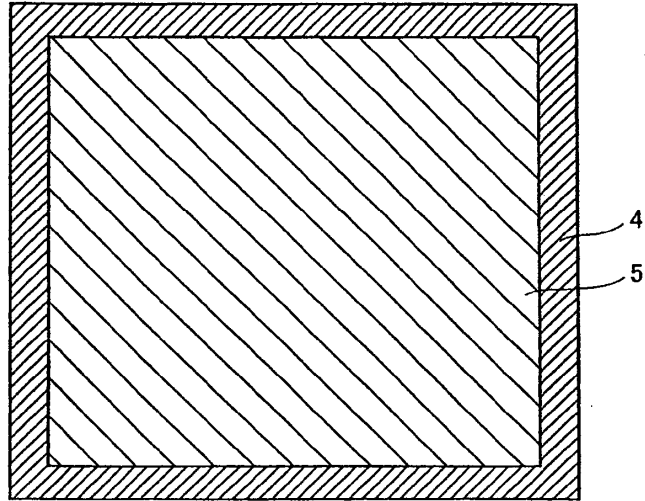


FIG.6

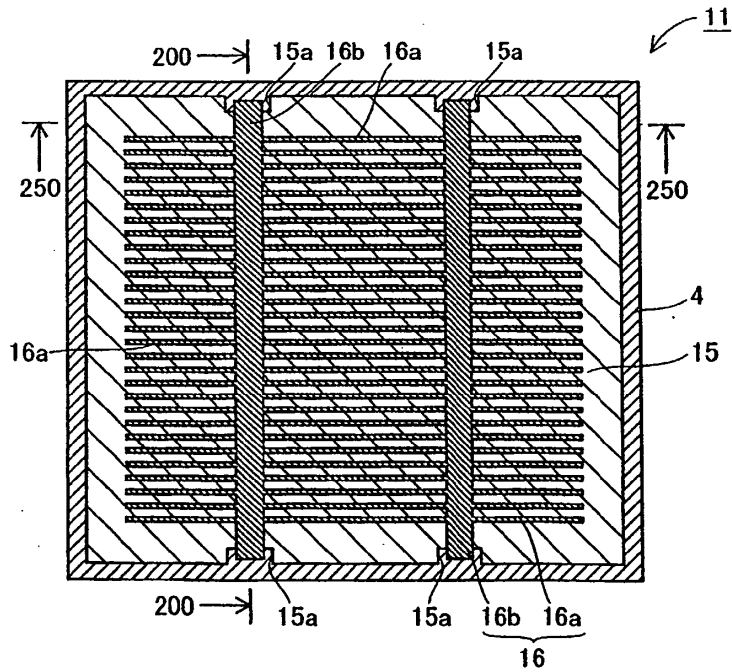


FIG.7

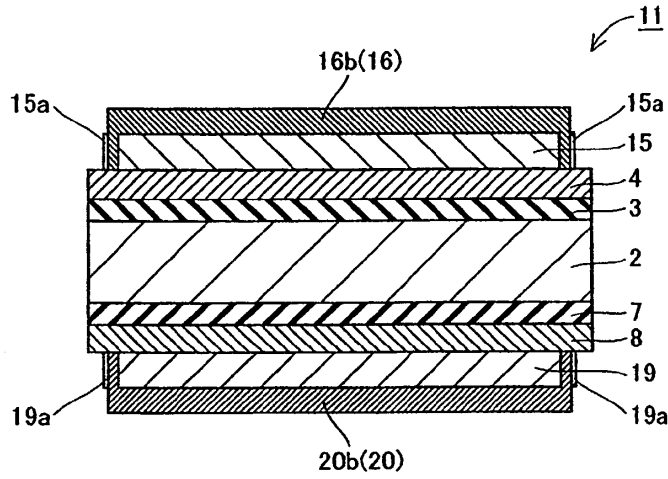


FIG.8

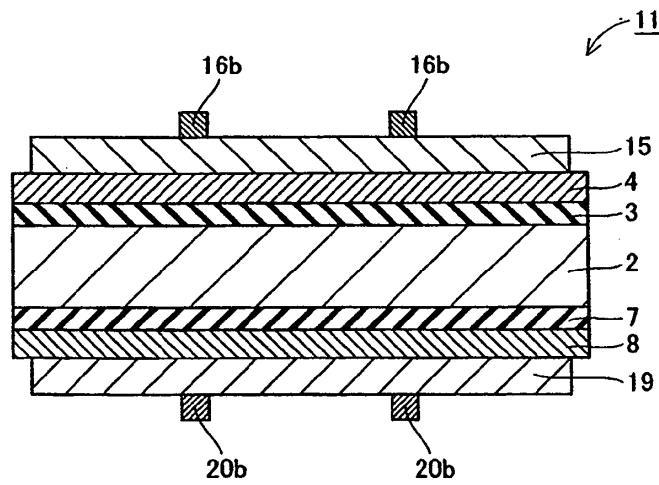


FIG.9

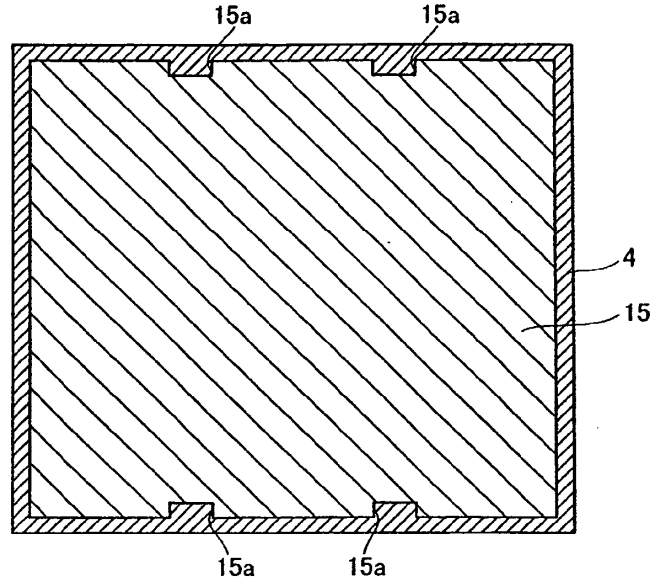


FIG.10

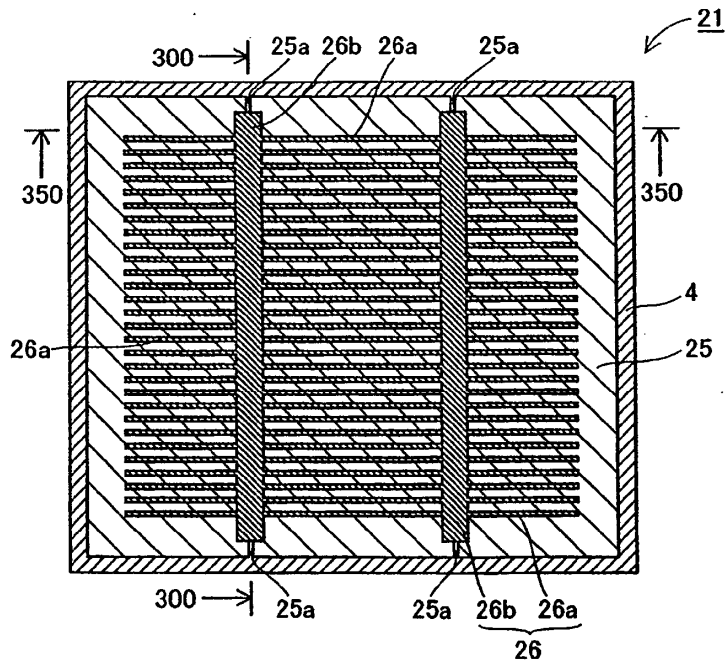


FIG.11

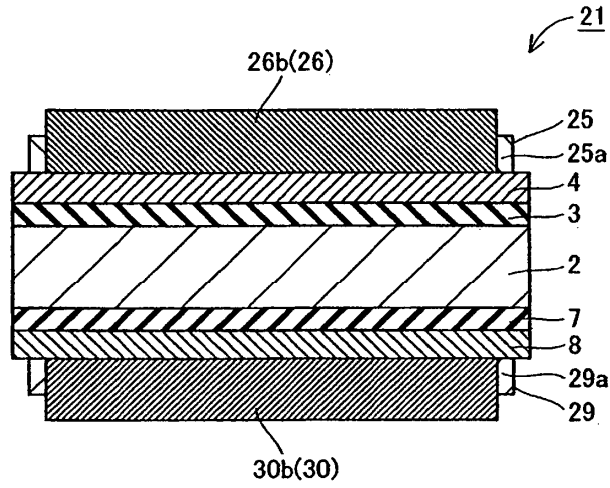


FIG.12

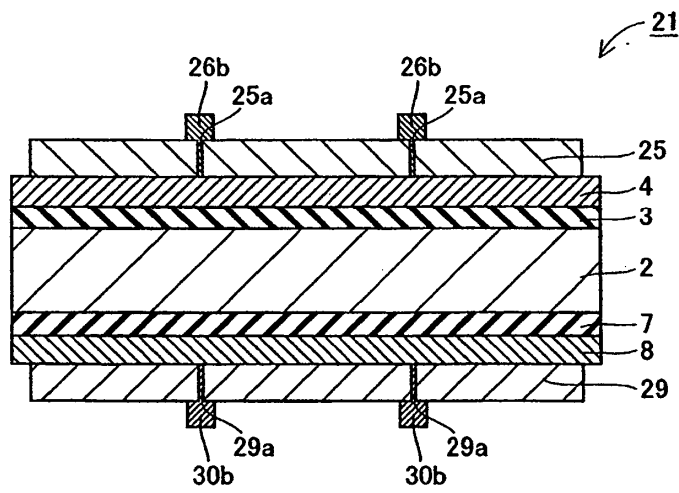


FIG.13

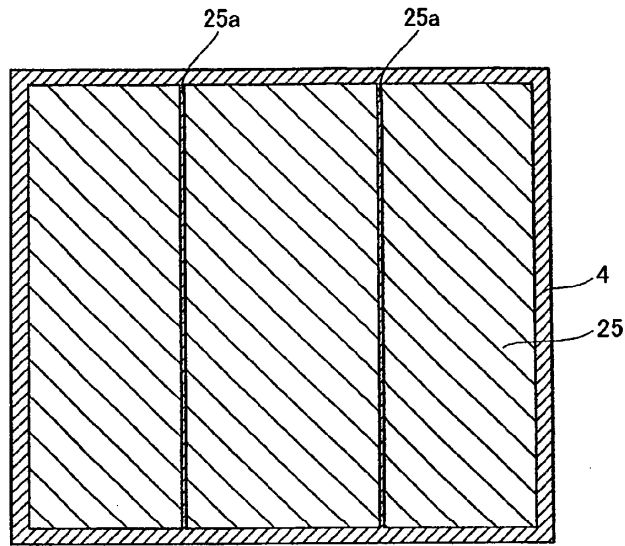


FIG.14

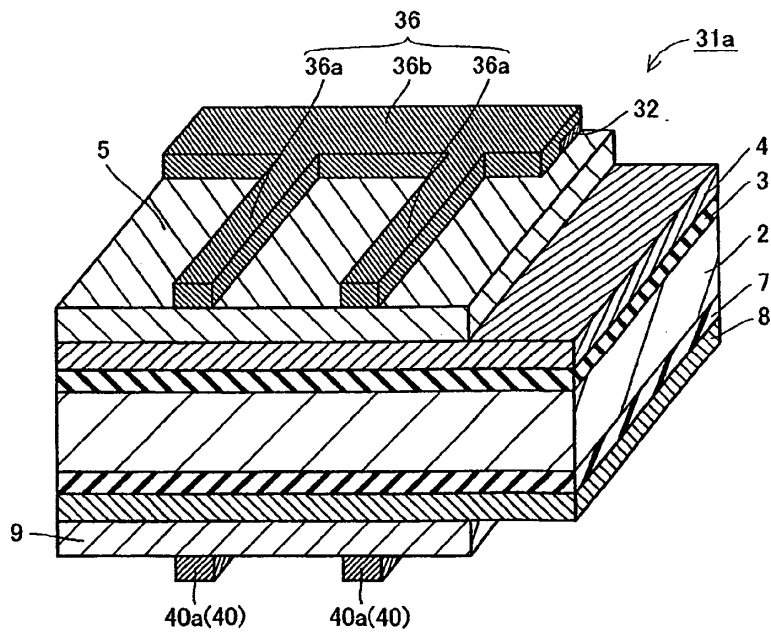


FIG.15

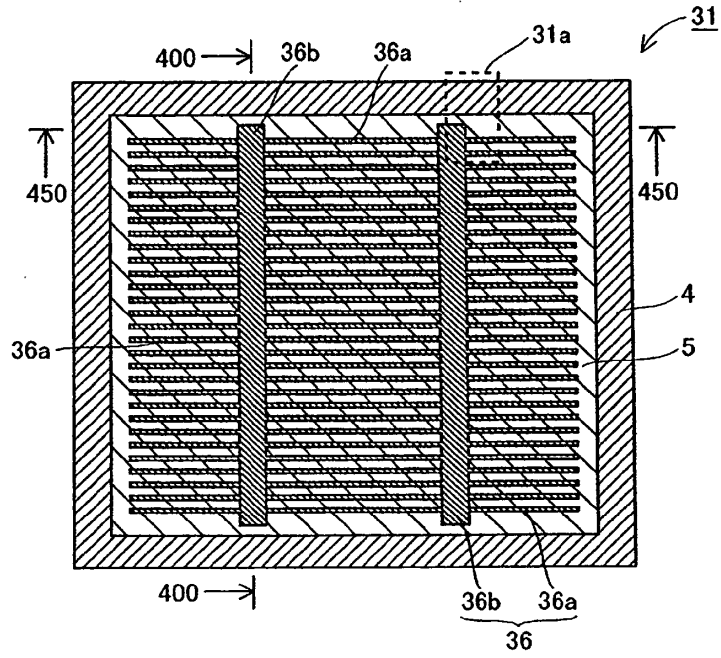


FIG.16

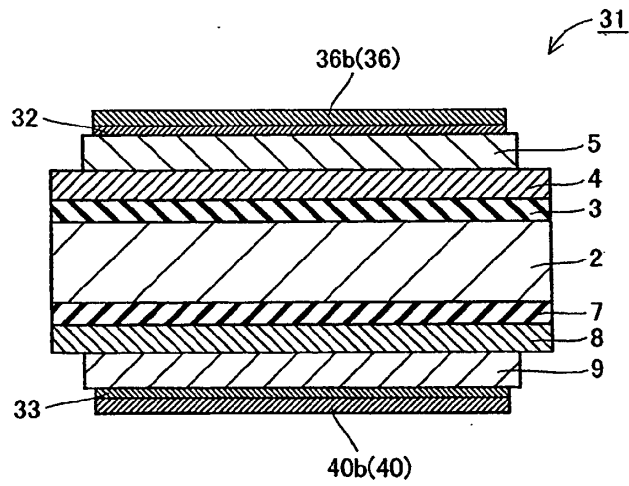


FIG.17

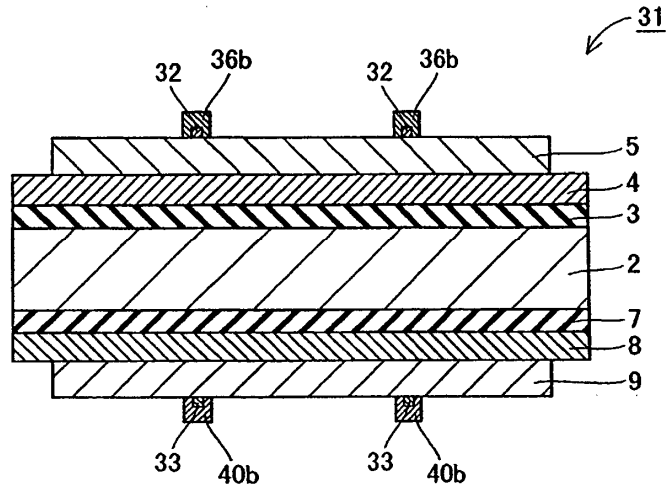


FIG.18

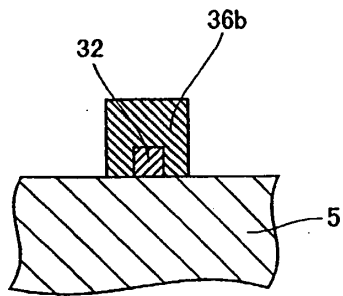


FIG.19

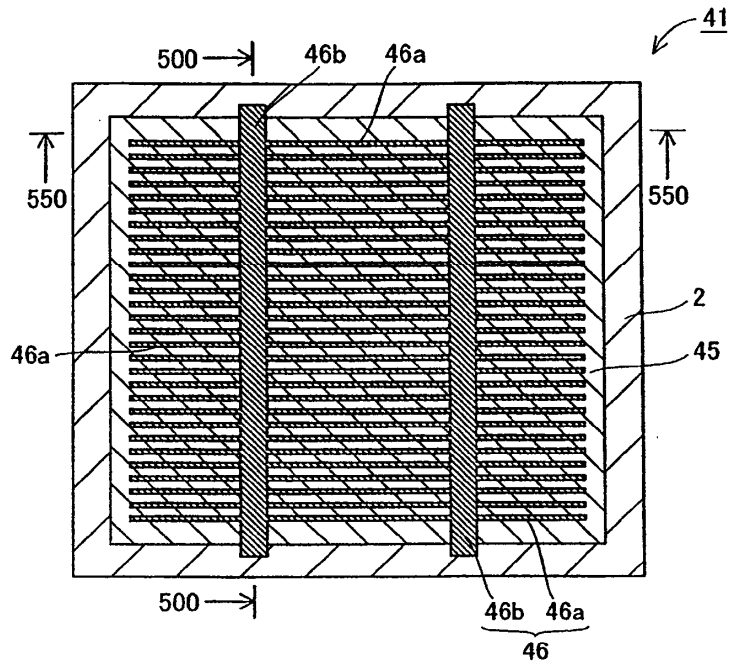


FIG.20

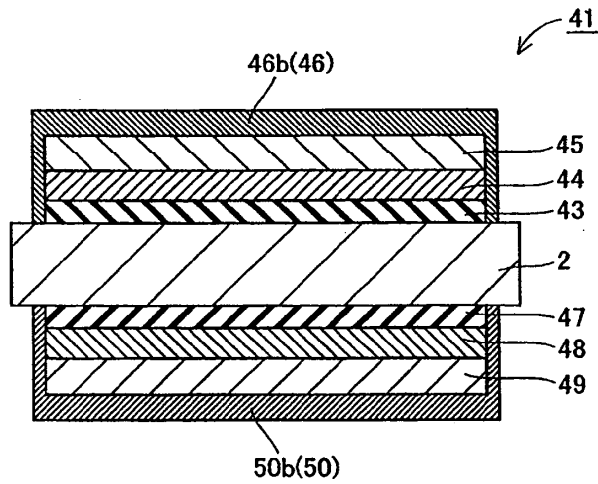


FIG.21

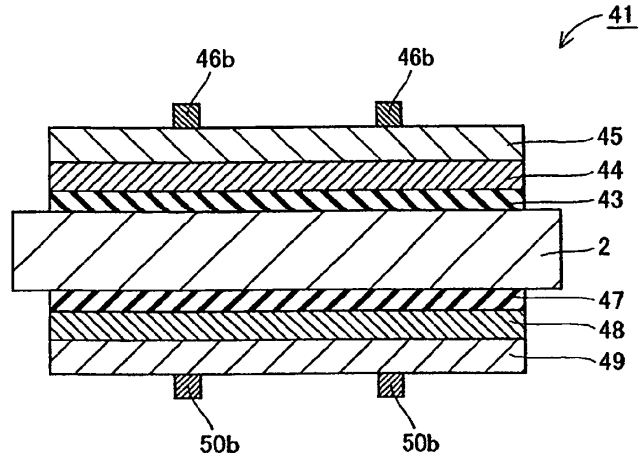


FIG.22

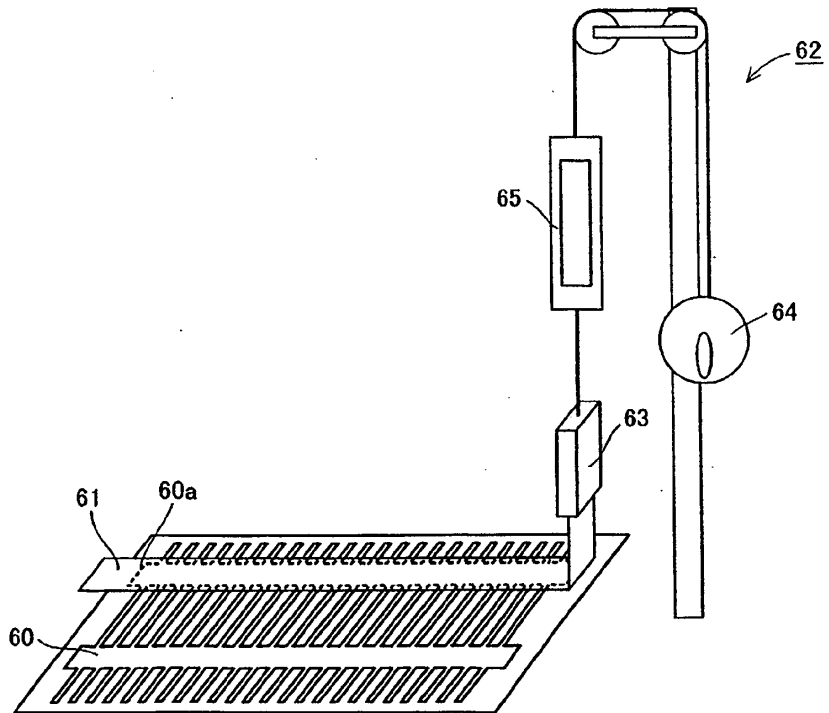


FIG.23

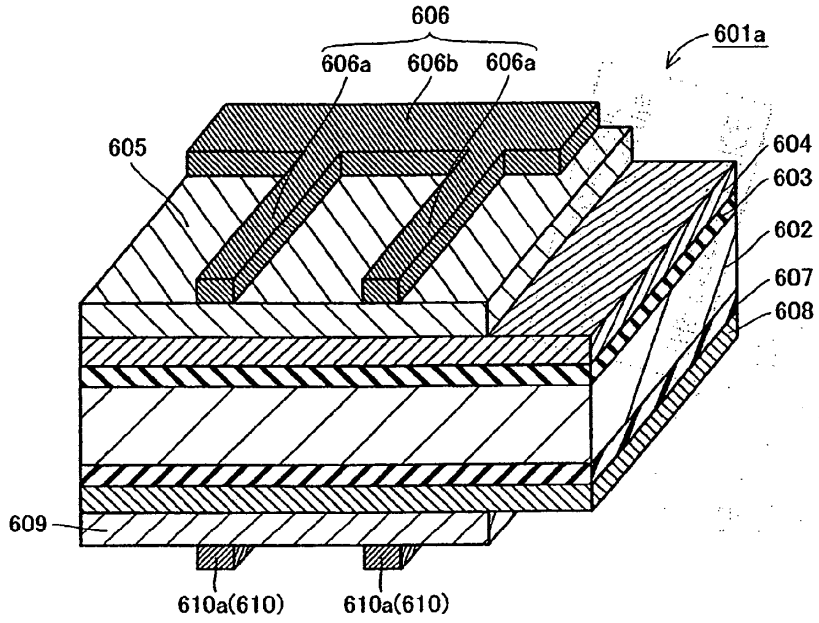


FIG.24

