

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 385 720**

51 Int. Cl.:
H01L 31/0224 (2006.01)
H01L 31/0352 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 96 Número de solicitud europea: **06250987 .2**
- 96 Fecha de presentación: **24.02.2006**
- 97 Número de publicación de la solicitud: **1696492**
- 97 Fecha de publicación de la solicitud: **30.08.2006**

54 Título: **Célula fotovoltaica**

30 Prioridad:
25.02.2005 JP 2005051174
28.02.2005 JP 2005052741

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
30.07.2012

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
30.07.2012

73 Titular/es:
SANYO ELECTRIC CO., LTD.
2-5-5, KEIHANHONDORI
MORIGUCHI-SHI, OSAKA 570-8677, JP

72 Inventor/es:
Terakawa, Akira y
Asaumi, Toshio

74 Agente/Representante:
Zea Checa, Bernabé

ES 2 385 720 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Célula fotovoltaica

5 **Antecedentes de la invención**

Campo de la invención

La presente invención se refiere a una célula fotovoltaica que utiliza una unión semiconductor.

10

Descripción de la técnica anterior

En los últimos años se han desarrollado células fotovoltaicas que tienen uniones pn entre sustratos de silicio monocristalino de tipo n y películas de silicio amorfo de tipo p. En tales células fotovoltaicas, deben mejorarse los factores de llenado FF manteniendo, al mismo tiempo, elevadas corrientes de cortocircuito I_{sc} y tensiones de

15

abertura Voc para mejorar las eficiencias de conversión fotoeléctrica.

Sin embargo, en las uniones entre sustratos de silicio monocristalino de tipo n y películas de silicio amorfo tipo p existen un gran número de estados de interfaz. Por lo tanto, se produce una recombinación de portadores, de modo que las tensiones de apertura Voc se reducen.

20

Por lo tanto, se ha propuesto una célula fotovoltaica que tiene una estructura HIT (heterounión con capa intrínseca delgada) en la cual se inserta una película de silicio amorfo sustancialmente intrínseca (una película de silicio amorfo de tipo i) entre un solo sustrato de silicio cristalino de tipo n y una película de silicio amorfo de tipo p con el fin de limitar la recombinación de portadores en una unión entre el sustrato de silicio monocristalino de tipo n y la película de silicio amorfo de tipo p (véase JP 2001-345463 A, por ejemplo).

25

Alternativamente, también es conocida una célula fotovoltaica que tiene una estructura BSF (campo posterior retrodifusor) en la cual se forma una película de silicio amorfo de tipo i y una película de silicio amorfo de tipo n sobre una superficie posterior de un sustrato de silicio mono cristalino de tipo n para limitar la recombinación de portadores en la superficie posterior del sustrato de silicio monocristalino de tipo n.

30

Con el fin de mejorar más el rendimiento de conversión fotoeléctrica de la célula fotovoltaica, el área de la película de silicio amorfo formada en la superficie principal y la superficie posterior del sustrato silicio mono cristalino de tipo n puede hacerse tan grande como sea posible para mejorar el factor de captación de portadores de fotoproducción. Es decir, la película de silicio amorfo puede formarse sobre las respectivas áreas enteras de la superficie principal y la superficie posterior del sustrato de silicio monocristalino de tipo n.

35

En la formación de la película de silicio amorfo antes mencionada, generalmente se utiliza un procedimiento CVD (deposición química en fase de vapor) de plasma. Aquí, un intento de formar una película de silicio amorfo de tipo i y una película de silicio amorfo de tipo p mediante el procedimiento CVD de plasma en todo el área de la superficie principal del sustrato de silicio monocristalino de tipo n puede provocar que las películas de silicio amorfo de tipo i y de tipo p se desvíen alrededor de la superficie lateral y la superficie posterior del sustrato de silicio monocristalino de tipo n. Del mismo modo, un intento de formar la película de silicio amorfo de tipo i y la película de silicio amorfo de tipo n mediante el procedimiento CVD de plasma en todo el área de la superficie posterior del sustrato de silicio monocristalino de tipo n puede provocar que las películas de silicio amorfo de tipo i y tipo n se desvíen alrededor de la superficie lateral y la superficie principal del sustrato de silicio monocristalino de tipo n. En este caso, la película de silicio amorfo de tipo p sobre la superficie principal del sustrato de silicio monocristalino de tipo n y la película de silicio amorfo de tipo n sobre su superficie posterior entran en contacto entre sí en la superficie lateral del sustrato de silicio monocristalino de tipo n, de manera que se evita que se genere una corriente de fuga. De este modo, la eficiencia de conversión fotoeléctrica de la célula fotovoltaica se reduce.

45

50

Con el fin de resolver tal problema, por lo tanto, se ha propuesto una célula fotovoltaica en la cual se impide que una película de silicio amorfo de tipo p sobre una superficie principal de un sustrato de silicio monocristalino de tipo n y una película de silicio amorfo de tipo n sobre una superficie posterior del mismo entren en contacto entre sí reduciendo las respectivas áreas de una película de silicio amorfo de tipo i y la película de silicio amorfo de tipo n que se forman en la superficie posterior del sustrato de silicio monocristalino de tipo n (véase JP 2001-44461 A, por ejemplo).

55

En la célula fotovoltaica en la cual se reduce el área de la película de silicio amorfo formada en la superficie posterior del sustrato de silicio monocristalino de tipo n, tal como se ha descrito anteriormente, sin embargo, no se captan fotoportadores generados en una parte que no tiene película de silicio amorfo formada en los mismos sobre la superficie posterior del sustrato de silicio monocristalino de tipo n, de modo que los fotoportadores pueden

60

recombinarse en estados superficiales. Particularmente en un caso en el que una superficie, en el lado de la película de silicio amorfo de tipo n, de la célula fotovoltaica es una superficie de incidencia de luz, la corriente de salida de la célula fotovoltaica se reduce.

5 **Descripción de la invención**

Un objetivo de la presente invención es disponer una célula fotovoltaica cuyas características de salida se mejoren.

10 En la memoria, un semiconductor a base de cristal incluirá un semiconductor monocristalino y un semiconductor policristalino, y un semiconductor a base de amorfos incluirá un semiconductor amorfo y un semiconductor microcristalino.

15 Un semiconductor a base de amorfos intrínseco es una película semiconductor a base de amorfos en la que las impurezas no están dopadas intencionadamente, y también incluye una película semiconductor a base de amorfos que incluye impurezas contenidas inherentemente en un material semiconductor de partida e impurezas contenidas naturalmente en el proceso de fabricación.

(1)

20 Una célula fotovoltaica de acuerdo con un aspecto de la presente invención es tal como se define en la redacción de la reivindicación 1 o la reivindicación 2 y comprende un semiconductor a base de cristal de un tipo de conductividad; una primera película semiconductor a base de amorfos sustancialmente intrínseca; una segunda película semiconductor a base de amorfos de un tipo de conductividad idéntica u opuesta a la del semiconductor base de cristales; y una primera capa de electrodo transparente, estando provista la primera película semiconductor a base de amorfos, la segunda película semiconductor a base de amorfos, y la primera capa de electrodo en este orden
25 sobre una primera superficie del semiconductor a base de cristal, estando formada la segunda película semiconductor en una primera zona excluyendo una periferia exterior con una anchura predeterminada en el semiconductor a base de cristal o la primera película semiconductor a base de amorfos, y estando formada la primera capa de electrodo de manera que cubre una zona que se extiende hacia la periferia exterior sobre el semiconductor a base de cristal o la primera película semiconductor a base de amorfos desde la parte superior de la segunda película semiconductor a base de amorfos.

30 En la célula fotovoltaica, la primera y la segunda película semiconductor a base de amorfos están formadas en la primera superficie del semiconductor a base de cristal, y la primera capa de electrodo se forma de manera que cubre la zona que se extiende hacia la periferia exterior sobre el semiconductor base de cristal o la primera película semiconductor a base de amorfos de la parte superior de la segunda película semiconductor a base de amorfos.

35 En este caso, la primera capa de electrodo está formada en la periferia exterior sobre el semiconductor a base de cristal o la primera película semiconductor a base de amorfos, de modo que fotoportadores generados en la periferia exterior sobre el semiconductor a base de cristal o la primera película semiconductor a base de amorfos pueden moverse hacia la primera capa de electrodo. De este modo, los fotoportadores que se recombinan en estados superficiales en la periferia exterior en el semiconductor a base de cristal o la primera película semiconductor a base de amorfos puede reducirse. En consecuencia, se mejoran las características de salida de la célula fotovoltaica.

(2)

45 Una superficie, sobre el lado de la primera capa de electrodo, de la célula fotovoltaica puede ser una superficie de incidencia de luz principal. En este caso, la primera y la segunda película semiconductor a base de amorfos y la primera capa de electrodo se forman sobre el lado de la superficie de incidencia de luz del semiconductor a base de cristal, de modo que los fotoportadores que tienen una alta concentración generada sobre el lado de la superficie de incidencia de luz del semiconductor a base de cristal pueden captarse eficientemente. De este modo se mejoran más las características de salida de la célula fotovoltaica.

(3)

50 La primera película semiconductor a base de amorfos puede estar formada en la primera zona, y la primera capa de electrodo puede estar formada de manera que cubra una zona que se extienda hacia la periferia exterior sobre semiconductor a base de cristal desde la parte superior de la segunda película semiconductor a base de amorfos.

55 En este caso, la primera capa de electrodo está formada en la periferia exterior del semiconductor a base de cristal, de modo que los fotoportadores generados en la periferia exterior del semiconductor a base de cristal pueden moverse hacia la primera capa de electrodo. De este modo, los fotoportadores que se recombinan en estados superficiales en la periferia exterior del semiconductor a base de cristal pueden reducirse. En consecuencia, se mejoran las características de salida de la célula fotovoltaica.

(4)

60 La primera película semiconductor a base de amorfos puede formarse sobre todo el área de la primera superficie del semiconductor a base de cristal, y la primera capa de electrodo puede estar formada de manera que cubra una

zona que se extienda hacia la periferia exterior de la primera película semiconductor a base de amorfos desde la parte superior de la segunda película semiconductor a base de amorfos.

En este caso, la primera película semiconductor a base de amorfos está formada sobre todo el área de la primera superficie del semiconductor a base de cristal, de modo que puede evitarse que los fotoportadores se recombinen en la primera superficie del semiconductor a base de cristal. Puesto que la primera capa de electrodo está formada en la periferia exterior sobre la primera película semiconductor a base de amorfos, los fotoportadores en la periferia exterior de la primera película semiconductor a base de amorfos pueden moverse hacia la primera capa de electrodo. De este modo, los fotoportadores que se recombinan en estados superficiales en la periferia exterior sobre la primera película semiconductor a base de amorfos puede reducirse. Como resultado de estos, se mejoran más las características de salida de la célula fotovoltaica.

(5)

La célula fotovoltaica comprende, además, una tercera película semiconductor a base de amorfos sustancialmente intrínseca, y una cuarta película semiconductor a base de amorfos de un tipo de conductividad opuesta a la segunda película semiconductor a base de amorfos, y disponiéndose en este orden una segunda capa de electrodo, la tercera película semiconductores base de amorfos, la cuarta película semiconductor a base de amorfos, y la segunda capa de electrodo sobre una segunda superficie del semiconductor a base de cristal.

En este caso, la tercera película semiconductor a base de amorfos está formada sobre la segunda superficie del semiconductor a base de cristal, de manera que puede evitarse que los fotoportadores se recombinen en estados superficiales sobre la segunda superficie. Dado que la cuarta película semiconductor a base de amorfos está formada sobre la tercera película semiconductor a base de amorfos, la eficacia de extracción de portadores se mejora. Como resultado de estos, se mejoran más las características de salida de la célula fotovoltaica.

(6)

El semiconductor a base de cristal y la segunda película semiconductor a base de amorfos pueden ser de idéntico tipo de conductividad. En este caso, el semiconductor a base de cristal y la cuarta película semiconductor a base de amorfos pueden ser de tipos de conductividad opuestos. Los fotoportadores se generan principalmente en el lado de la segunda superficie del semiconductor a base de cristal. Aquí, en un caso en el que la luz es incidente desde el lado de la primera superficie del semiconductor a base de cristal, la cantidad de luz incidente sobre el semiconductor a base de cristal no se reduce incluso si el grosor de la cuarta película semiconductor a base de amorfos aumenta. En consecuencia, el grosor de la cuarta película semiconductor a base de amorfos puede aumentarse sin reducir la cantidad de luz recibida por el semiconductor a base de cristal. Por lo tanto, la eficacia de la extracción de portadores por el semiconductor a base de cristal y la cuarta película semiconductor a base de amorfos puede mejorarse. Como resultado, pueden mejorarse las características de salida de la célula fotovoltaica.

(7)

La segunda capa de electrodo puede estar formada en una zona excluyendo una periferia exterior con una anchura predeterminada sobre la cuarta película semiconductor a base de amorfos. En este caso, puede evitarse que la segunda capa de electrodo se forme hasta las superficies laterales respectivas del semiconductor a base de cristal y la tercera y la cuarta película semiconductor a base de amorfos. Esto impide que la primera capa de electrodo y la segunda capa de electrodo entren en contacto entre si, de modo que puede evitarse la generación de corriente de fuga. En consecuencia, se mejoran más las características de salida de la célula fotovoltaica.

(8)

Una zona donde se forma la segunda capa de electrodo puede ser más pequeña que una zona donde se forma la primera capa de electrodo. En este caso, puede impedirse que la segunda capa de electrodo se forme hasta las superficies laterales respectivas del semiconductor a base de cristal y la tercera y la cuarta película semiconductor a base de amorfos. Esto evita de manera fiable que la primera capa de electrodo y la segunda capa de electrodo entren en contacto entre sí, de modo que puede evitarse que se genere una corriente de fuga. De este modo, las características de salida de la célula fotovoltaica se mejoran de manera fiable.

(9)

Las zonas donde se forman respectivamente la tercera y la cuarta película semiconductor a base de amorfos pueden ser mayores que la zona donde forma la primera capa de electrodo. En este caso, puede impedirse de manera fiable que los fotoportadores se recombinen en estados superficiales sobre la segunda superficie semiconductor a base de cristal. De este modo, se mejoran más las características de salida de la célula fotovoltaica.

(Otras disposiciones)

(10)

Es preferible que el grosor de la cuarta película semiconductor a base de amorfos no sea menor de 6 nm ni mayor de 80 nm.

Dado que la primera capa de electrodo transparente se forma sobre el lado de la primera superficie del semiconductor a base de cristal, y la cuarta película semiconductor a base de amorfos se forma sobre el lado de la segunda superficie semiconductor a base de cristal, la cantidad de luz incidente sobre el semiconductor a base de cristal desde el lado de la primera capa de electrodo no se reduce incluso si el grosor de la cuarta película semiconductor a base de amorfos aumenta. Incluso si se establece que el grosor de la cuarta película semiconductor a base de amorfos no sea menor de 6 nm, por lo tanto, se evita que la cantidad de luz recibida por el semiconductor a base de cristal se reduzca. De este modo, la eficacia de la extracción de portadores en el semiconductor a base de cristal puede mejorarse evitando al mismo tiempo que se reduzca la eficiencia de generación de fotoportadores. Incluso si la superficie de la cuarta película semiconductor a base de amorfos se degrada al formar la segunda capa de electrodo, la cuarta película semiconductor a base de amorfos tiene un grosor suficiente, de modo que puede reducirse su efecto.

Si el grosor de la cuarta película semiconductor a base de amorfos no es mayor de 80 nm, la pérdida de absorción de luz por la cuarta película semiconductor a base de amorfos puede reducirse. Por lo tanto, puede evitarse que se reduzcan las cantidades respectivas de luz incidente sobre el semiconductor a base de cristal desde el lado de la segunda capa de electrodo y la luz incidente sobre el semiconductor a base de cristal al reflejarse sobre la segunda capa de electrodo después de incidir desde el lado de la primera capa de electrodo. Como resultado de estos, las características de salida de la célula fotovoltaica se mejoran de manera fiable.

(11)

Es preferible que el grosor de la cuarta película semiconductor a base de amorfos no sea mayor de 40 nm. En este caso, la pérdida de absorción de luz por la cuarta película semiconductor a base de amorfos puede reducirse de manera fiable. Por lo tanto, puede evitarse que se reduzcan las respectivas cantidades de luz incidente sobre el semiconductor a base de cristal desde el lado de la segunda capa de electrodo y la luz incidente sobre el semiconductor a base de cristal al reflejarse sobre la segunda capa de electrodo tras incidir desde el lado de la primera capa de electrodo. Como resultado, se mejoran de manera fiable las características de salida de la célula fotovoltaica.

(12)

El tipo de conductividad del semiconductor a base de cristal puede ser de tipo n. En este caso, la fabricación es sencilla, de modo que el coste de fabricación se reduce.

(13)

Es preferible que el grosor de la segunda película semiconductor a base de amorfos no sea menor de 2 nm ni mayor de 8 nm. En este caso, incluso si la segunda película semiconductor a base de amorfos se degrada al formar la primera capa de electrodo, su efecto puede reducirse, y puede reducirse la pérdida de absorción de luz por la segunda película semiconductor a base de amorfos. De este modo se mejoran más las características de salida de la célula fotovoltaica.

(14)

Es preferible que el grosor de la segunda película semiconductor a base de amorfos no sea menor de 4 nm. En este caso, el efecto de la degradación de la primera capa de electrodo puede reducirse de manera fiable. De este modo, las características de salida de la célula fotovoltaica se mejoran de manera fiable.

(15)

Es preferible que el grosor de la primera película semiconductor a base de amorfos no sea mayor de 8 nm. En este caso, puede evitarse que se reduzca la corriente de cortocircuito de la célula fotovoltaica.

(16)

Es preferible que el grosor de la primera película semiconductor a base de amorfos no sea menor de 3,5 nm. En este caso, puede evitarse de manera fiable que los fotoportadores se recombinen en estados superficiales del semiconductor a base de cristal. De este modo se mejoran las características de salida de la célula fotovoltaica.

(17)

Es preferible que el grosor de la tercera película semiconductor a base de amorfos no sea menor de 10 nm. En este caso puede evitarse de manera fiable que los fotoportadores se recombinen en estados superficiales del semiconductor a base de cristal. De este modo se mejoran las características de salida de la célula fotovoltaica.

(18)

Es preferible que el grosor de la tercera película semiconductor a base de amorfos no sea mayor de 20 nm. En este caso, puede evitarse que se reduzca la corriente de corto-circuito de la célula fotovoltaica.

Otros aspectos, elementos, características y ventajas de la presente invención serán más claras a partir de la siguiente descripción de realizaciones preferidas de la presente invención con referencia a los dibujos adjuntos.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

- 5 La figura 1 es una vista superior de una célula fotovoltaica de acuerdo con una primera realización de la presente invención;
- La figura 2 es una vista inferior de la célula fotovoltaica de acuerdo con la primera realización de la presente invención;
- La figura 3 es una vista en sección transversal según línea A - A de la célula fotovoltaica que se muestra en la figura 1;
- 10 La figura 4 es una vista esquemática en sección que muestra la configuración de una célula fotovoltaica de acuerdo con una segunda realización de la presente invención;
- La figura 5 es una vista esquemática en sección que muestra la configuración de una célula fotovoltaica en un ejemplo comparativo 1;
- 15 La figura 6 es una vista esquemática en sección que muestra la configuración de una célula fotovoltaica en un ejemplo comparativo 3;
- La figura 7 es una vista esquemática en sección que muestra la configuración de una célula fotovoltaica en un ejemplo comparativo 5;
- La figura 8 es una vista esquemática en sección que muestra la configuración de una célula fotovoltaica en un ejemplo comparativo 6;
- 20 La figura 9 es un diagrama que muestra la relación entre el grosor de una película de silicio amorfo de tipo p, y la potencia máxima Pmax;
- La figura 10 es un diagrama que muestra la relación entre el grosor de una película de silicio amorfo tipo n, y la potencia máxima, Pmax;
- 25 La figura 11 es un diagrama que muestra la relación entre el grosor de una película de silicio amorfo de tipo i en el lado de una superficie de incidencia de luz y la potencia máxima Pmax, y
- La figura 12 es un diagrama que muestra la relación entre el grosor de una película de silicio amorfo de tipo i en el lado opuesto de una superficie de incidencia de luz y la potencia máxima Pmax.

Descripción de las realizaciones preferidas

- 30 Se describirán realizaciones de la presente invención.
- (Primera realización)
- 35 Las figuras 1 y 2 son, respectivamente, una vista superior y una vista inferior de una célula fotovoltaica de acuerdo con una primera realización de la presente invención.
- Tal como se muestra en la figura 1, una célula fotovoltaica 100 comprende un sustrato de silicio monocristalino de tipo n 11 que tiene una forma sustancialmente cuadrada. Un electrodo frontal 12 está formado a través de una
- 40 película de silicio amorfo, que se describe más adelante, sobre una superficie principal (una superficie receptora de luz) del sustrato de silicio monocristalino de tipo n 11. Una pluralidad de electrodos de barras conductoras de bandas 13 están formados paralelos entre sí sobre el electrodo frontal 12, y una pluralidad de electrodos de dedos de bandas 14 están formados paralelos entre sí para quedar respectivamente perpendiculares a los electrodos de barras conductoras 13. Los electrodos de barras conductoras 13 y los electrodos de dedos 14 constituyen un
- 45 electrodo de captación. La anchura del electrodo de barras conductoras 13 es de 1,5 mm, por ejemplo, y la anchura del electrodo de dedos 14 es de 100 pm, por ejemplo. La separación entre los electrodos de dedos 14 es de 2 mm, por ejemplo.
- Tal como se muestra en la figura 2, un electrodo posterior 16 está formado sobre una superficie posterior del sustrato de silicio monocristalino de tipo n 11 a través de una película de silicio amorfo, que se describe más adelante. Una pluralidad de electrodos de barras conductoras de bandas 17 están formados paralelos entre sí sobre el electrodo posterior 16, y una pluralidad de electrodos de dedos de bandas 18 están formados paralelos entre sí para quedar respectivamente perpendiculares a los electrodos de barras conductoras 17. Los electrodos de barras conductoras 17 y los electrodos de dedos 18 constituyen un electrodo de captación 19. La anchura del electrodo de
- 50 barras conductoras 17 es de 3 mm, por ejemplo, y la anchura del electrodo de dedos 18 es de 200 m, por ejemplo. La separación entre los electrodos de dedos 18 es de 1 mm, por ejemplo.
- El electrodo frontal 12 y el electrodo posterior 16 son electrodos transparentes compuestos de ITO (óxido de indio y estaño), SiO₂ (óxido de estaño), ZnO (óxido de zinc), o similares, por ejemplo, y los electrodos de captación 15 y 19
- 60 están formados de una pasta conductora que incluye partículas conductoras tales como Ag (plata), por ejemplo. En un caso en el que la luz es incidente sólo desde el lado del electrodo frontal 12, puede ser utilizarse un electrodo metálico que no sea transparente como electrodo posterior 16.

La figura 3 es una vista en sección transversal según una línea A - A de la célula fotovoltaica 100 mostrada en la figura 1.

5 Tal como se muestra en la figura 3, una película de silicio amorfo de tipo i 21 (una película de silicio amorfo no dopado) y una película de silicio amorfo de tipo n 22 están formados en este orden en una zona excluyendo una anchura predeterminada de una periferia exterior en una superficie principal del sustrato de silicio monocristalino de tipo n 11. Además, el electrodo frontal 12 está formado de manera que cubre la película de silicio amorfo de tipo i 21 y la película de silicio amorfo de tipo n 22 en la superficie principal del sustrato de silicio monocristalino de tipo n 11, y el electrodo de captación 15 está formado sobre el electrodo frontal 12. En la figura 3, los electrodos de barras conductoras 13 (véase figura 1) en el electrodo de captación 15 no se ilustran, y solamente se muestran los electrodos de dedos 14 en el electrodo de captación 15.

15 Una película de silicio amorfo de tipo i 23 y una película de silicio amorfo de tipo p 24 están formadas sobre todo el área de una superficie posterior del sustrato de silicio monocristalino de tipo n 11. Además, el electrodo posterior 16 está formado en una zona excluyendo una anchura predeterminada de una periferia exterior de la película de silicio amorfo de tipo p 24, y el electrodo de captación 19 está formado en el electrodo posterior 16. En la figura 3, los electrodos de barras conductoras 17 (véase figura 2) en el electrodo de captación 19 no se ilustran, y solamente se muestran los electrodos de dedos 18 en los electrodos de captación 19. En la célula fotovoltaica 100, el sustrato de silicio monocristalino de tipo n 11 sirve de capa principal de generación de energía.

20 Aquí, en la célula fotovoltaica 100 de acuerdo con la presente realización, los electrones generados en el sustrato de silicio monocristalino de tipo n 11 son captados por dos zonas que son el sustrato de silicio monocristalino de tipo n 11 y la película de silicio amorfo de tipo n 22 dopados en una alta concentración. En este caso, la eficiencia de captación de electrones por el sustrato de silicio monocristalino de tipo n 11 y la película de silicio amorfo de tipo n 22 se vuelve mayor, en comparación con la eficiencia de captación de orificios mediante la película de silicio amorfo de tipo p 24. Incluso si el volumen del electrodo de captación 15 se hace menor que el del electrodo de captación 19, por lo tanto, puede evitarse que la eficiencia de captación de electrones sea menor que la eficiencia de captación de orificios. De este modo, el electrodo de barras conductoras 13 y el electrodo de dedos 14 pueden hacerse más delgados, en comparación con el electrodo de barras conductoras 17 y el electrodo de dedos 18, y el número de electrodos de dedos 14 puede reducirse, tal como se ha descrito anteriormente. En consecuencia, la cantidad de luz protegida por el electrodo de captación 15 puede reducirse, de manera que la luz puede incidir eficientemente sobre el sustrato de silicio monocristalino de tipo n 11 a través del electrodo frontal 12. En consecuencia, la eficiencia de generación de fotoportadores en el sustrato de silicio monocristalino de tipo n 11 puede mejorarse tomando una superficie en el lado del electrodo frontal 12, de la célula fotovoltaica 100 como superficie de incidencia de luz principal.

35 A continuación se describe un procedimiento de fabricación de una célula fotovoltaica 100. En primer lugar se calienta un sustrato de silicio monocristalino de tipo n 11 limpio en el interior de una cámara de vacío. De este modo se elimina el agua que se adhiere a una superficie del sustrato de silicio monocristalino de tipo n 11.

40 Después se introduce gas SiH_4 (silano) en la cámara de vacío y se forma una película de silicio amorfo de tipo i 23 sobre toda el área de una superficie posterior del sustrato de silicio monocristalino de tipo n 11 mediante un procedimiento CVD (deposición química en fase de vapor) de plasma. Después se introduce gas SiH_4 , gas H_2 y gas B_2H_6 (diborano) en la cámara de vacío, y se forma una película de silicio amorfo de tipo p 24 sobre la película de silicio amorfo tipo i 23 mediante el procedimiento CVD de plasma.

45 Después se introduce gas SiH_4 en la cámara de vacío y se forma una película de silicio amorfo de tipo i 21 sobre una superficie principal del sustrato de silicio monocristalino de tipo n 11 mediante el procedimiento CVD de plasma. Después se introduce gas SiH_4 , gas H_2 y gas PH_3 (fosfina) en la cámara de vacío, y se forma una película de silicio amorfo de tipo n 22 sobre la película de silicio amorfo de tipo i 21 mediante el procedimiento CVD de plasma. Aquí, la película de silicio amorfo de tipo i 21 y la película de silicio amorfo de tipo n 22 se forman en una zona excluyendo una anchura predeterminada de una periferia exterior en la superficie principal del sustrato de silicio monocristalino de tipo n 11 disponiendo una máscara metálica en una zona con la anchura predeterminada de la periferia exterior del sustrato de silicio monocristalino de tipo n 11. De este modo, puede evitarse que las partes respectivas de la película de silicio amorfo de tipo i 21 y la película de silicio amorfo de tipo p 22 se desvíen alrededor de una superficie lateral del sustrato de silicio monocristalino de tipo n 11. En la presente realización, la película de silicio amorfo de tipo i 21 y la película de silicio amorfo de tipo n 22 están formadas respectivamente en las zonas excluyendo una anchura de 2 mm en la periferia exterior del sustrato de silicio monocristalino de tipo n 11, por ejemplo.

60 A continuación se forma un electrodo posterior 16 sobre la película de silicio amorfo de tipo p 24 mediante un procedimiento de bombardeo de iones, y se forma un electrodo frontal 12 de manera que cubre la película de silicio amorfo de tipo i 21 y la película de silicio amorfo de tipo n 22 sobre la superficie principal del sustrato de silicio

monocristalino de tipo n 11.

El electrodo frontal 12 se forma hasta las proximidades de un extremo de la superficie principal del sustrato de silicio monocristalino de tipo n 11 utilizando una máscara metálica. Aquí, el procedimiento de bombardeo de iones controla más fácilmente una zona de formación de película en el momento de la formación de la película, en comparación con el procedimiento CVD de plasma. Incluso si el electrodo frontal 12 se forma hasta las proximidades del extremo de la superficie principal del sustrato de silicio monocristalino de tipo n 11, tal como ha descrito anteriormente, puede evitarse que el electrodo frontal 12 se forme hasta la superficie lateral del sustrato de silicio monocristalino de tipo n 11.

El electrodo posterior 16 está formado en una zona excluyendo una anchura predeterminada de una periferia exterior de la película de silicio amorfo de tipo p 24 disponiendo una máscara metálica en una zona con la anchura predeterminada de la periferia exterior de la película de silicio amorfo de tipo p 24. En la presente realización, el electrodo posterior 16 está formado en una zona más pequeña que una zona donde se forma el electrodo frontal 12 sobre el sustrato de silicio monocristalino de tipo n 11. En este caso, puede evitarse de manera fiable que el electrodo posterior 16 se forme hasta la superficie lateral del sustrato de silicio monocristalino de tipo n 11 cuando se forma.

Finalmente, un electrodo de captación 15 y un electrodo de captación 19 se forman respectivamente sobre el electrodo frontal 12 y el electrodo posterior 16 mediante un procedimiento de impresión por serigrafía.

Tal como se ha descrito anteriormente, en la célula fotovoltaica 100 de acuerdo con la presente realización, la película de silicio amorfo de tipo i 21 y la película de silicio amorfo de tipo n 22 están formadas respectivamente en las zonas excluyendo la anchura predeterminada de la periferia exterior sobre el sustrato de silicio monocristalino de tipo n 11. Incluso si respectivas partes de la película de silicio amorfo de tipo i 23 y la película de silicio amorfo de tipo p 24 se desvían alrededor de la superficie lateral del sustrato de silicio monocristalino de tipo n 11 en el momento de la formación de la película, por lo tanto, puede evitarse que la película de silicio amorfo de tipo n 22 y la película de silicio amorfo de tipo p 24 entren en contacto entre sí. De este modo, puede evitarse que se genere una corriente de fuga.

El electrodo frontal 12 se forma mediante el procedimiento de bombardeo iónico, de manera que se evita que el electrodo frontal 12 se forme hasta la superficie lateral del sustrato de silicio monocristalino de tipo n 11. De este modo se evita que el electrodo frontal 12 y la película de silicio amorfo de tipo p 24 entren en contacto entre sí, de modo que se evita que se genere una corriente de fuga.

El electrodo posterior 16 está formado en una zona más pequeña que el electrodo frontal 12, de modo que puede evitarse que el electrodo posterior 16 se forme en la superficie lateral del sustrato de silicio monocristalino de tipo n 11 cuando se forma. Incluso si el electrodo frontal 12 se forma en la superficie lateral de sustrato de silicio monocristalino de tipo n 11 cuando se forma, por lo tanto, puede evitarse que el electrodo frontal 12 y el electrodo posterior 16 entren en contacto entre sí. De este modo, puede evitarse que se genere una corriente de fuga.

El electrodo frontal 12 está formado en una zona que no tiene película de silicio amorfo formado en la misma sobre la superficie principal del sustrato de silicio monocristalino de tipo n 11. En este caso, los fotoportadores generados en la zona que no tiene película de silicio amorfo formado en la misma sobre el sustrato de silicio monocristalino de tipo n 11 pueden moverse hacia el electrodo frontal 12. De este modo, pueden reducirse los fotoportadores que se recombinan para desaparecer en la zona que no tiene película de silicio amorfo formado en la misma en el sustrato de silicio monocristalino de tipo n 11. En consecuencia, se mejora una corriente de salida de la célula fotovoltaica 100.

Como que el área del electrodo de captación 15 es pequeña, el electrodo frontal 12 puede recibir la luz de manera eficiente. En esta realización, se utiliza una superficie en el lado del electrodo frontal 12 como superficie de incidencia de luz principal, de manera que la eficiencia de la generación de fotoportadores puede mejorarse más.

Es preferible que el grosor de la película de silicio amorfo de tipo i 21 no sea mayor de 8 nm. De este modo, puede evitarse que se reduzca la corriente de cortocircuito de la célula fotovoltaica 100. Es preferible que el grosor de la película de silicio amorfo tipo i 21 no sea menor que 3,5 nm. De este modo, puede evitarse que los fotoportadores se recombinen en estados superficiales del sustrato de silicio monocristalino de tipo n 11. Por lo tanto, es preferible que el grosor de la película de silicio amorfo de tipo i 21 no sea menor que 3,5 nm ni mayor que 8 nm.

Es preferible que el grosor de la película de silicio amorfo de tipo n 22 no sea mayor de 8 nm. De este modo puede reducirse la pérdida de absorción de luz por la película de silicio amorfo de tipo n 22. Es preferible que el grosor de la película de silicio amorfo de tipo n 22 no sea menor que 2 nm. En este caso, incluso si la superficie de la película de silicio amorfo tipo n 22 se degrada en la formación del electrodo frontal 12 por el procedimiento de bombardeo

por iones, la película de silicio amorfo de tipo n 22 tiene un grosor suficiente, de modo que el efecto de la degradación puede reducirse. Es más preferible que el grosor de la película de silicio amorfo de tipo n 22 no sea inferior a 4 nm. De este modo, el efecto de la degradación en la superficie de la película de silicio amorfo de tipo n 22 puede reducirse de manera fiable. Por lo tanto, el grosor de la película de silicio amorfo de tipo n 22 es preferiblemente no menor de 2 nm ni mayor de 8 nm, y más preferiblemente no menor de 4 nm ni mayor de 8 nm.

Es preferible que el grosor de la película de silicio amorfo de tipo i 23 no sea menor de 10 nm. De este modo puede evitarse que los fotoportadores se recombinen en estados superficiales del sustrato de silicio monocristalino de tipo n 11. Es preferible que el grosor de la película de silicio amorfo de tipo i 23 no sea mayor de 20 nm. De este modo, puede evitarse que se reduzca la corriente de cortocircuito de la célula fotovoltaica 100. Por lo tanto, es preferible que el grosor de la película de silicio amorfo de tipo i 23 no sea menor de 10 nm ni mayor de 20 nm.

Es preferible que el grosor de la película de silicio amorfo de tipo p 24 no sea menor de 6 nm. Aquí, en la célula fotovoltaica 100 de acuerdo con la presente realización, la superficie en el lado del electrodo frontal 12 se utiliza como superficie de incidencia de luz principal. En este caso, incluso si el grosor de la película de silicio amorfo de tipo p 24 aumenta, la cantidad de luz incidente sobre el sustrato de silicio monocristalino de tipo n 11 desde el lado del electrodo frontal 12 no se reduce. Incluso si se establece que el grosor de la película de silicio amorfo de tipo p 24 sea no menor de 6 nm, por lo tanto, puede evitar que se reduzca la cantidad de luz recibida por el sustrato de silicio monocristalino de tipo n 11. Por lo tanto, la eficacia de la extracción de portadores puede mejorarse a la vez que se evita que se reduzca la eficiencia de la generación de fotoportadores en el sustrato de silicio monocristalino de tipo n 11. Incluso si la superficie de la película de silicio amorfo de tipo p 24 se degrada al formar el electrodo posterior 16 por bombardeo de iones, la película de silicio amorfo de tipo p 24 tiene un grosor suficiente, de modo que puede reducirse su efecto.

Es preferible que el grosor de la película de silicio amorfo de tipo p 24 no sea inferior a 15 nm. En este caso, el efecto de la degradación sobre la superficie de la película de silicio amorfo de tipo p 24 puede reducirse de manera fiable.

Es preferible que el grosor de la película de silicio amorfo de tipo p 24 no sea mayor de 80 nm. En este caso, la pérdida de absorción de luz por la película de silicio amorfo de tipo p 24 puede reducirse. Por lo tanto, puede evitarse que se reduzcan las cantidades respectivas de luz incidente sobre el sustrato de silicio monocristalino de tipo n 11 desde el lado del electrodo posterior 16 y la luz incidente sobre el sustrato de silicio monocristalino de tipo n 11 al ser reflejada en el electrodo posterior 16 después de incidir desde el lado del electrodo frontal 12.

Es más preferible que el grosor de la película de silicio amorfo de tipo p 24 no sea mayor de 40 nm. En este caso, la pérdida de absorción de luz por la película de silicio amorfo de tipo p 24 puede reducirse de manera fiable. De este modo, puede evitarse que se reduzcan las cantidades respectivas de luz incidente sobre el sustrato de silicio monocristalino de tipo n 11 desde el lado del electrodo posterior 16 y la luz incidente sobre el sustrato de silicio monocristalino de tipo n 11 al ser reflejada sobre el electrodo posterior 16 después de incidir desde el lado del electrodo frontal 12. En consecuencia, el grosor de la película de silicio amorfo de tipo p 24 es preferiblemente no menor de 6 nm ni mayor de 80 nm, y más preferiblemente no menor de 15 nm ni mayor de 40 nm.

Como resultado de estos, las características de salida de la célula fotovoltaica 100 pueden mejorarse.

(Segunda realización)

La figura 4 es una vista esquemática en sección que muestra la configuración de una célula fotovoltaica de acuerdo con una segunda realización de la presente invención.

En la figura 4 se muestra un dispositivo fotovoltaico 101 que es igual a la célula fotovoltaica 100 que se muestra en la figura 3, excepto en lo siguiente.

Tal como se muestra en la figura 4, en la célula fotovoltaica 101, una película de silicio amorfo de tipo i 21a está formada sobre toda el área de una superficie principal de un sustrato de silicio monocristalino de tipo n 11, y una película de silicio amorfo de tipo n 22 está formada en una zona excluyendo una anchura predeterminada de una periferia exterior de la película de silicio amorfo de tipo i 21a, como en la célula fotovoltaica 100 mostrada en la figura 3. Además, un electrodo frontal 12a está formado de manera que cubre la película de silicio amorfo de tipo n 22 en la película de silicio amorfo de tipo i 21a.

El electrodo frontal 12a está formado mediante un procedimiento de bombardeo de iones utilizando una máscara de metálica, de manera similar al electrodo frontal 12 que se muestra en la figura 3, de modo que se evita que el electrodo frontal 12a se forme hasta una superficie lateral del sustrato de silicio monocristalino de tipo n 11. Esto evita que el electrodo frontal 12a y una película de silicio amorfo de tipo p 24 queden en contacto entre sí, de modo

que puede evitarse que se genere una corriente de fuga.

En la presente realización, la película de silicio amorfo de tipo i 21a se forma sobre toda el área de la superficie principal de la película de silicio monocristalino de tipo n 11. Esto evita que los fotoportadores se recombinen en un extremo sobre la superficie principal del sustrato de silicio monocristalino de tipo n 11.

Además, el electrodo frontal 12a está formado de manera que cubre la película de silicio amorfo de tipo n 22 en la película de silicio amorfo de tipo 21a. En este caso, los fotoportadores en el extremo de la película de silicio amorfo de tipo i 21a pueden moverse hacia el electrodo frontal 12a. De este modo, pueden reducirse los fotoportadores que se recombinan para desaparecer en el extremo de la película de silicio amorfo de tipo i 21a.

Como resultado de estos, las características de salida de la célula fotovoltaica 101 pueden mejorarse más.

(Otra realización)

Aunque en las realizaciones mencionadas anteriormente, el sustrato de silicio monocristalino de tipo n 11 se utiliza como sustrato semiconductor a base de cristal, la presente invención no se limita al mismo. Por ejemplo, el sustrato de silicio monocristalino de tipo n 11 puede sustituirse por un sustrato de silicio policristalino de tipo n, un sustrato de silicio monocristalino de tipo p, o un sustrato de silicio policristalino de tipo p.

En un caso en el que se utilice el sustrato de silicio monocristalino de tipo p o el sustrato de silicio microcristalino de tipo p, se dispone una película de silicio amorfo de tipo p y una película de silicio amorfo de tipo n respectivamente en lugar de la película de silicio amorfo de tipo n 22 y la película de silicio amorfo de tipo p 24 que se muestran en las figuras 3 y 4. De este modo puede obtenerse el mismo efecto que los de las realizaciones mencionadas anteriormente.

Las películas de silicio amorfo de tipo i 21 y 21a, la película de silicio amorfo de tipo n 22, y la película de silicio amorfo de tipo p 24 pueden incluir silicio microcristalino.

Aunque en las realizaciones mencionadas anteriormente, el silicio se utiliza como material para el semiconductor a base de cristal y la película semiconductor a base de amorfos, la presente invención no se limita a los mismos. Por ejemplo, puede utilizarse otros elementos del Grupo IV tales como SiC (carburo de silicio), SiGe (silicio germanio), y Ge (germanio).

(Correspondencias entre elementos de las reivindicaciones y las unidades de las realizaciones)

En los párrafos siguientes, se dan ejemplos no limitativos de correspondencias entre los distintos elementos de las reivindicaciones siguientes y los descritos anteriormente respecto a varias realizaciones preferidas de la presente invención. En la realización descrita anteriormente, el sustrato de silicio monocristalino de tipo n 11 corresponde a un semiconductor a base de cristal de un tipo de conductividad, las películas de silicio amorfo de tipo i 21 y 21a corresponden a una primera película semiconductor a base de amorfos, la película de silicio amorfo de tipo n 22 corresponde a una segunda película semiconductor a base de amorfos, los electrodos frontales 12 y 12a corresponden a una primera capa de electrodo, la película de silicio amorfo de tipo i 23 corresponde a una tercera película semiconductor a base de amorfos, la película de silicio amorfo de tipo p 24 corresponde a una cuarta película semiconductor a base de amorfos, y el electrodo posterior 16 corresponde a una segunda capa de electrodo.

<Ejemplos>

Se formaron células fotovoltaicas en ejemplos inventivos y ejemplos comparativos de la invención para medir las características de salida de cada una de las células fotovoltaicas formadas. Se evaluó el efecto de la forma y el grosor de una película de silicio amorfo sobre las características de salida.

(1) Efecto de la forma de la película de silicio amorfo sobre las características de salida

En primer lugar, se evaluó el efecto de la forma de una película de silicio amorfo sobre las características de salida.

(Ejemplo inventivo 1)

En un ejemplo inventivo 1, la célula fotovoltaica 100 mostrada en la figura 3 se formó mediante el procedimiento de acuerdo con la primera realización. La Tabla 1 muestra las condiciones de formación de la célula fotovoltaica 100 en el ejemplo de la invención 1. Las respectivas condiciones de formación de una película de silicio amorfo de tipo i, una película de silicio amorfo de tipo n, y una película de silicio amorfo de tipo p en un ejemplo inventivo 2 y

ejemplos comparativos 1 a 6, que se describen más adelante, son los mismos.

[Tabla 1]

Procesamiento		Condiciones de formación			
		Temperatura del sustrato [°C]	Gas utilizado [sccm]	Presión [Pa]	Densidad del polvo [mW/cm ²]
Superficie principal	Película de silicio amorfo de tipo i	170	SiH ₄ :40 H ₂ :0~100	40	8,33
	Película de silicio amorfo de tipo n	170	SiH ₄ :40 PH ₃ (1%):40	40	8,33
Superficie posterior	Película de silicio amorfo de tipo i	170	SiH ₄ :40 H ₂ :0~100	40	8,33
	Película de silicio amorfo de tipo p	170	SiH ₄ :40 B ₂ H ₆ (2%):40	40	8,33

5 La luz incidió desde el lado de un electrodo frontal 12 en la célula fotovoltaica formada 100, para medir sus características de salida. Como resultado, una tensión de abertura Voc fue 0,703V, una corriente de cortocircuito Isc fue 3,679A, un factor de relleno FF fue 0,809, y la potencia máxima Pmax fue 2,092.

10 (Ejemplo inventivo 2)

En un ejemplo inventivo 2, la célula fotovoltaica 101 mostrada en la figura 4 se formó mediante el procedimiento de acuerdo con la segunda realización.

15 La luz incidente desde el lado de un electrodo frontal 12a en la célula fotovoltaica formada 101, para medir sus características de salida. Como resultado, una tensión de abertura Voc fue 0,705V, una corriente de cortocircuito Isc fue 3,701A, un factor de relleno FF fue 0,815, y la potencia máxima Pmax fue 2,127.

20 (Ejemplo comparativo 1)

La figura 5 es una vista esquemática en sección que muestra la configuración de una célula fotovoltaica en un ejemplo comparativo 1.

25 La célula fotovoltaica 102 que se muestra en la figura 5 es la misma que la célula fotovoltaica 100 que se muestra en la figura 1 excepto en lo siguiente.

30 Tal como se muestra en la figura 5, en la célula fotovoltaica 102, una película de silicio amorfo de tipo i 21 y una película de silicio amorfo de tipo n 22 no estaban cubiertas con un electrodo frontal, y un electrodo frontal 12b se formó en una zona excluyendo una anchura predeterminada de una periferia exterior de la película de silicio amorfo de tipo n 22.

35 La luz incidió desde el lado del electrodo frontal 12b en la célula fotovoltaica formada 102, para medir sus características de salida. Como resultado, una tensión de abertura Voc fue 0,703V, una corriente de cortocircuito Isc fue 3.596A, un factor de relleno FF fue 0.796, y la potencia máxima Pmax fue 2,012.

(Ejemplo comparativo 2)

40 En un ejemplo comparativo 2, la luz incidió desde el lado de un electrodo posterior 16 en una célula fotovoltaica 102 que tiene la misma configuración que en el ejemplo comparativo 1, para medir sus características de salida. Como resultado, una tensión de abertura Voc fue 0.704V, una corriente de cortocircuito Isc fue 3,752A, un factor de relleno FF fue 0,771, y la potencia máxima Pmax fue 2,037. En el ejemplo comparativo 2, cada una de las películas de silicio amorfo en la célula fotovoltaica 102 se formó con un grosor más adecuado para la incidencia de la luz desde el lado del electrodo posterior 16.

45 (Ejemplo comparativo 3)

La figura 6 es una vista esquemática en sección que muestra la configuración de una célula fotovoltaica en un ejemplo comparativo 3.

Una célula fotovoltaica 103 mostrada en la figura 6 es la misma que la célula fotovoltaica 102 mostrada en la figura 5 a excepción de lo siguiente.

5 Tal como se muestra en la figura 6, en la célula fotovoltaica 103, una película de silicio amorfo de tipo i 23a y una película de silicio amorfo de tipo p 24a se formaron sobre una superficie posterior de un sustrato de silicio monocristalino de tipo n 11 en la misma zona que una zona donde se formó una película de silicio amorfo de tipo i 21 y una película de silicio amorfo de tipo n 22, y un electrodo posterior 16a se formó en la película de silicio amorfo de tipo p 24a.

10 La luz incidió desde el lado de un electrodo frontal 12b en la célula fotovoltaica formada 103 para medir sus características de salida. Como resultado, una tensión de abertura Voc fue 0,704V, una corriente de cortocircuito Isc fue 3,601A, un factor de relleno FF fue 0,811, y la potencia máxima Pmax fue 2,056.

15 (Ejemplo comparativo 4)

En un ejemplo comparativo 4, la luz incidió desde el lado de un electrodo posterior 16a en una célula fotovoltaica 103 que tiene la misma configuración que en el ejemplo comparativo 3, para medir sus características de salida. Como resultado, una tensión de abertura Voc era 0,704V, una corriente de cortocircuito Isc era 3,642A, un factor de relleno FF era 0,774, y la potencia máxima Pmax era 1,985. En el ejemplo comparativo 4, cada una de las películas de silicio amorfo en la célula fotovoltaica 103 se formó con un grosor más adecuado para incidencia de la luz desde el lado del electrodo posterior 16a.

25 (Ejemplo comparativo 5)

La figura 7 es una vista esquemática en sección que muestra la configuración de una célula fotovoltaica en un ejemplo comparativo 5.

30 Una célula fotovoltaica 104 que se muestra en la figura 7 es la misma que la célula fotovoltaica 103 que se muestra en la figura 6 a excepción de lo siguiente.

35 Tal como se muestra en la figura 7, en la célula fotovoltaica 104, una película de silicio amorfo de tipo i 21a y una película de silicio amorfo de tipo n 22a se formaron sobre todo el área de una superficie principal de un sustrato de silicio monocristalino de tipo n 11, y un electrodo frontal 12c se formó sobre la película de silicio amorfo de tipo n 22a.

40 La luz incidió desde el lado del electrodo frontal 12c en la célula fotovoltaica formada 104 para medir sus características de salida. Como resultado, una tensión de abertura Voc era 0,701V, una corriente de cortocircuito Isc era 3,580A, un factor de relleno FF era 0,801, y la potencia máxima Pmax era 2,010.

(Ejemplo comparativo 6)

45 La figura 8 es una vista esquemática en sección que muestra la configuración de una célula fotovoltaica en un ejemplo comparativo 6.

La célula fotovoltaica 105 que se muestra en la figura 8 es la misma que la célula fotovoltaica 100 que se muestra en la figura 3, excepto en lo siguiente.

50 Tal como se muestra en la figura 8, en la célula fotovoltaica 105, una película de silicio amorfo de tipo i 21a y una película de silicio amorfo de tipo n 22a se formaron en todo el área de una superficie principal de un sustrato de silicio monocristalino de tipo n 11, y un electrodo frontal 12c se formó sobre la película de silicio amorfo de tipo n 22a.

55 La luz incidió desde el lado del electrodo frontal 12c en la célula fotovoltaica formada 105 para medir sus características de salida. Como resultado, una tensión de abertura Voc era 0,695V, una corriente de cortocircuito Isc era 3,728A, un factor de relleno FF era 0,626, y la potencia máxima Pmax era 1,621.

(Evaluación de los resultados de la medición)

60 La Tabla 2 muestra los resultados de la medición de las características de salida de las células fotovoltaicas en los ejemplos inventivos 1 y 2 y los ejemplos comparativos 1 a 6.

	Voc [V]	Isc [A]	FF	Pmax [W]
Ejemplo inventivo 1	0,703	3,679	0,809	2,092
Ejemplo inventivo 2	0,705	3,701	0,815	2,127
Ejemplo comparativo 1	0,703	3,596	0,796	2,012
Ejemplo comparativo 2	0,704	3,752	0,771	2,037
Ejemplo comparativo 3	0,704	3,601	0,811	2,056
Ejemplo comparativo 4	0,704	3,642	0,774	1,985
Ejemplo comparativo 5	0,701	3,580	0,801	2,010
Ejemplo comparativo 6	0,695	3,728	0,626	1,621

(a) Evaluación del ejemplo inventivo 1 y el ejemplo comparativo 1

5 Tal como se muestra en la Tabla 2, la corriente de cortocircuito Isc, el factor de llenado FF, y la potencia máxima Pmax de la célula fotovoltaica 100 en el ejemplo inventivo 1 se han mejorado, en comparación con los de la célula fotovoltaica 102 del ejemplo comparativo 1.

10 En la célula fotovoltaica 100 en el ejemplo 1 de la invención, el electrodo frontal 12 está formado en la superficie principal del sustrato de silicio monocristalino de tipo n 11 de manera que cubre casi la película de silicio amorfo de tipo i 21 y la película de silicio amorfo de tipo n 22 y la periferia exterior en la superficie principal del sustrato de silicio monocristalino de tipo n 11, tal como se muestra en la figura 3. En este caso, los fotoportadores generados en la zona que no tiene película de silicio amorfo formada en la misma sobre el sustrato de silicio monocristalino de tipo n 11 pueden moverse hacia el electrodo frontal 12. De este modo pueden reducirse los fotoportadores que se recombinan para desaparecer en la zona que no tiene película de silicio amorfo formada en la misma sobre el sustrato de silicio monocristalino de tipo n 11. En consecuencia, se considera que se mejoraron las características de salida de la célula fotovoltaica 100 en el ejemplo inventivo 1.

20 Por otra parte, en la célula fotovoltaica 102 del ejemplo comparativo 1, el electrodo 12b frontal no está formado en la parte que no tiene película de silicio amorfo formada en la misma en el extremo de la superficie principal del silicio sustrato monocristalino de tipo n 11, tal como se muestra en la figura 5. En este caso, los fotoportadores generados en la parte que no tiene película de silicio amorfo formada en la misma en el extremo en la superficie principal del sustrato de silicio monocristalino de tipo n 11 desaparecen por recombinación. De este modo, se considera que las características de salida de la célula fotovoltaica 102 del ejemplo comparativo 1 se deterioraron en comparación con las de la célula fotovoltaica 100 del ejemplo inventivo 1.

(b) Evaluación del ejemplo inventivo 2

30 Tal como se muestra en la Tabla 2, las características de salida de la célula fotovoltaica 101 del ejemplo inventivo 2 se mejoran en comparación con las de la célula fotovoltaica 100 del ejemplo inventivo 1.

35 En el ejemplo de inventivo 2, la película de silicio amorfo de tipo i 21a se forma sobre todo el área de la superficie principal del sustrato de silicio monocristalino de tipo n 11, y el electrodo frontal 12a está formado de manera que cubre casi la película de silicio amorfo de tipo n 22 y la periferia exterior de la película de silicio amorfo de tipo i 21a sobre la película de silicio amorfo de tipo i 21a, tal como se muestra en la figura 4.

En este caso, los fotoportadores en el extremo de la película de silicio amorfo de tipo i 21a pueden moverse hacia los electrodos frontales 12a. De este modo pueden reducirse los fotoportadores que se recombinan para desaparecer en el extremo de la película de silicio amorfo de tipo i 21a.

40 Como que la película de silicio amorfo de tipo i 21a se forma sobre todo el área de la superficie principal de la película de sustrato silicio monocristalino de tipo n 11, se evita que los fotoportadores se recombinen en el extremo sobre la superficie principal del sustrato silicio monocristalino de tipo n 11.

45 Como resultado de estos, se considera que se mejoraron más las características de salida de la célula fotovoltaica 101 del ejemplo inventivo 2.

(c) Evaluación del ejemplo comparativo 2

5 Tal como se muestra en la Tabla 2, se hace disminuir el factor de llenado FF y la potencia máxima Pmax en el ejemplo comparativo 2, en comparación con los de los ejemplos inventivos 1 y 2, como en el ejemplo comparativo 1. Esto ha demostrado que, de acuerdo con la configuración de la célula fotovoltaica 102 que se muestra en la figura 5, incluso si la luz incide desde el lado del electrodo frontal 12b o incide desde el lado del electrodo posterior 16, el factor de llenado FF y la potencia máxima Pmax se deterioran, en comparación con los de los ejemplos inventivos 1 y 2.

10 En particular, se hace disminuir el factor de llenado FF en el ejemplo comparativo 2, en comparación con los de los ejemplos inventivos 1 y 2 y el ejemplo comparativo 1. Esto ha demostrado que el factor de llenado FF se mejora tomando una superficie sobre el lado de la película amorfa de silicio de tipo n 22, de la célula fotovoltaica como superficie de incidencia de la luz.

15 (d) Evaluación del ejemplo comparativo 3 y el ejemplo comparativo 4

Tal como se muestra en la Tabla 2, se hace disminuir la corriente de cortocircuito Isc y la potencia máxima Pmax en los ejemplos comparativos 3 y 4, en comparación con las de los ejemplos inventivos 1 y 2.

20 En los ejemplos comparativos 3 y 4, el electrodo frontal 12b y el electrodo posterior 16a no se forman en la parte que no tiene película de silicio amorfo formada en la misma en los respectivos extremos de ambas superficies del sustrato de silicio monocristalino de tipo n 11, tal como se muestra en la figura 6. En este caso, los fotoportadores generados en la zona que no tiene película de silicio amorfo formada en la misma en los extremos del sustrato de silicio monocristalino de tipo n 11 desaparecen por recombinación. En consecuencia, se considera que las características de salida se deterioraron.

25 En particular, se hace disminuir el factor de llenado FF en el ejemplo comparativo 4, en comparación con los de los ejemplos inventivos 1 y 2 y el ejemplo comparativo 3. Esto ha demostrado que el factor de llenado FF se mejora tomando una superficie, sobre el lado de la película amorfa de silicio de tipo n 22, de la célula fotovoltaica como superficie de incidencia de la luz.

(e) Evaluación de ejemplo comparativo 5

35 Tal como se muestra en la Tabla 2, las características de salida en el ejemplo comparativo 5 se deterioraron en comparación con las de los ejemplos inventivos 1 y 2.

40 Aunque en el ejemplo comparativo 5, la película de silicio amorfo está formada sobre casi todo el área de la superficie principal del sustrato de silicio monocristalino de tipo n 11, tal como se muestra en la figura 7, la zona de la película de silicio amorfo formada en la superficie posterior del sustrato de silicio monocristalino de tipo n 11 es más pequeña en comparación con las células fotovoltaicas 100 y 101 que se muestran en las figuras 3 y 4. En este caso, el área de la unión pin se reduce, de modo que la cantidad de generación de los fotoportadores se reduce. En consecuencia, se considera que las características de salida de la célula fotovoltaica 104 en el ejemplo comparativo 5 se deterioraron.

45 (f) Evaluación del ejemplo comparativo 6

Tal como se muestra en la Tabla 2, se hace disminuir la tensión de abertura Voc, el factor de llenado FF y la potencia máxima Pmax en el ejemplo comparativo 6, en comparación con las de los ejemplos inventivos 1 y 2.

50 En el ejemplo comparativo 6, las películas de silicio amorfo están formadas respectivamente sobre casi toda el área de ambas superficies del sustrato de silicio monocristalino de tipo n 11, tal como se muestra en la figura 8. En este caso, puede evitarse que los fotoportadores se recombinen en el extremo en la superficie del sustrato de silicio monocristalino de tipo n 11, mientras que una parte de la película de silicio amorfo tipo n 22a y una parte de la película de silicio amorfo de tipo p 24 son desviadas alrededor de la superficie lateral del sustrato de silicio monocristalino de tipo n 11 para quedar en contacto con la misma. De este modo, se genera una corriente de fuga, de modo que se considera que las características de salida se deterioraron.

(2) Efecto del grosor de la película de silicio amorfo sobre las características de salida

60 Se evalúa después el efecto del grosor de la película de silicio amorfo sobre las características de salida. Aquí, en la siguiente evaluación, varios tipos de células fotovoltaicas, que comprenden respectivamente películas de silicio amorfo que difieren en grosor se formaron en la misma configuración que la de la célula fotovoltaica 105 que se muestra en la figura 8. La luz incidió desde el lado de los electrodos frontales 12c y el lado del electrodo posterior 16

en cada una de las células fotovoltaicas para medir su potencia máxima P_{max} .

(Evaluación)

5 (a) Relación entre el grosor de la película de silicio amorfo de tipo p y la potencia máxima P_{max}

Se formaron varios tipos de células fotovoltaicas comprenden respectivamente películas de silicio amorfo de tipo p 24 que difieren en grosor para medir la potencia máxima P_{max} de cada una de las células fotovoltaicas. La figura 9 muestra los resultados de la medición. En la figura 9, el eje horizontal indica el grosor de la película de silicio amorfo de tipo p 24, y el eje vertical indica la potencia máxima P_{max} . Una línea de un punto y rayas indica los resultados de la medición de la célula fotovoltaica que comprende el electrodo frontal 12c que actúa de superficie de incidencia de luz (una superficie receptora de luz), y una línea continua indica los resultados de la medición de la célula fotovoltaica que comprende el electrodo posterior 16 que actúa de superficie de incidencia de luz.

15 El valor de la potencia máxima P_{max} es un valor normalizado, haciendo que sea uno el valor máximo de la potencia máxima P_{max} de la célula fotovoltaica que comprende el electrodo posterior 16 que actúa de superficie de incidencia de luz. El grosor de la película de silicio amorfo de tipo i 21a en la célula fotovoltaica que comprende el electrodo frontal 12c que actúa de superficie de incidencia de luz es de 5 nm, el grosor de la película de silicio amorfo de tipo n 22a es de 5 nm, y el grosor de la película de silicio amorfo de tipo i 23 es de 15 nm. Además, el grosor de la película de silicio amorfo de tipo i 21a en la célula fotovoltaica que comprende el electrodo posterior 16 que actúa de superficie de incidencia de luz es de 15 nm, el grosor de la película de silicio amorfo de tipo n 22a es de 14 nm, y el grosor de la película de silicio amorfo de tipo i 23 es de 8 nm.

25 Tal como se muestra en la figura 9, en la célula fotovoltaica que comprende el electrodo frontal 12c actúa de superficie de incidencia de luz, cuando el grosor de la película de silicio amorfo de tipo p 24 es de 6 a 80 nm, el valor de la potencia máxima P_{max} supera el valor máximo de la potencia máxima P_{max} de la superficie de la célula fotovoltaica que comprende el electrodo posterior 16 que actúa de superficie de incidencia de luz.

30 Aquí, en la célula fotovoltaica que comprende el electrodo posterior 16 que actúa de superficie de incidencia de luz, la película de silicio amorfo de tipo p 24 está formada en el lado de la superficie de incidencia de luz. En este caso, cuando aumenta el grosor de la película de silicio amorfo de tipo p 24, la pérdida de absorción de luz por la película de silicio amorfo de tipo p 24 aumenta, de manera que la cantidad de luz incidente sobre el sustrato de silicio monocristalino de tipo n 11 se reduce. De este modo, la eficiencia de la generación de fotoportadores en el sustrato de silicio monocristalino de tipo n 11 se reduce.

35 Cuando se reduce el grosor de la película de silicio amorfo de tipo p 24, el efecto de la superficie de la película de silicio amorfo de tipo p 24 degradado en el momento de la formación del electrodo posterior 16 no puede reducirse, y la eficiencia de extracción de portadores se reduce.

40 Por otra parte, en la célula fotovoltaica que comprende el electrodo frontal 12c que actúa de superficie de incidencia de luz, la película de silicio amorfo de tipo p 24 está formada sobre el lado de la superficie posterior del sustrato de silicio monocristalino 11. Es decir, la película de silicio amorfo de tipo p 24 se forma sobre el lado opuesto de la superficie de incidencia de luz. En este caso, incluso si el grosor de la película de silicio amorfo de tipo p 24 aumenta hasta no menos de 6 nm, la cantidad de luz incidente sobre el sustrato de silicio monocristalino de tipo n 11 desde el lado de la superficie de incidencia de luz no se reduce. De este modo, el grosor de la película de silicio amorfo de tipo p 24 puede mejorarse a la vez que se evita que se reduzca la cantidad de luz recibida por el sustrato de silicio monocristalino de tipo n 11. En consecuencia, puede mejorarse la eficacia de la extracción de portadores a la vez que se evita que se reduzca la eficiencia de la generación de fotoportadores en el sustrato de silicio monocristalino de tipo n 11 aumentando el grosor de la película de silicio amorfo de tipo p 24.

50 Incluso si la superficie de la película de silicio amorfo de tipo p 24 se degrada en el momento de la formación del electrodo posterior 16, su efecto puede reducirse aumentando el grosor de la película de silicio amorfo de tipo p 24.

55 En un caso en el que el grosor de la película de silicio amorfo de tipo p 24 no es mayor de 80 nm, la pérdida de absorción de luz por la película de silicio amorfo 24 puede reducirse. Esto puede evitar que se reduzca la cantidad de luz que incide de nuevo sobre el sustrato de silicio monocristalino de tipo n 11 al reflejarse en el electrodo posterior 16 después de pasar por el sustrato de silicio monocristalino de tipo n 11.

60 Como resultado de estos, se considera que se mejora la potencia máxima P_{max} de la célula fotovoltaica que comprende el electrodo frontal 12c que actúa de superficie de incidencia de luz.

Aunque el valor de la potencia máxima P_{max} de la célula fotovoltaica que comprende el electrodo posterior 16 que actúa de superficie de incidencia de luz varía bruscamente en función de la variación de grosor de la película de

silicio amorfo de tipo p 24, el valor de la potencia máxima P_{max} de la célula fotovoltaica que comprende el electrodo frontal 12c que actúa de superficie de incidencia de luz varía suavemente en un intervalo en el que el grosor de la película de silicio amorfo de tipo p 24 no es menor de 6 nm. Es decir, en la célula fotovoltaica que comprende el electrodo frontal 12c que actúa de superficie de incidencia de luz, el rango del grosor de la película de silicio amorfo de tipo p 24 es tal que la máxima potencia P_{max} que puede obtenerse es elevada. En consecuencia, la precisión necesaria para controlar el grosor se alivia.

(b) Relación entre el grosor de la película de silicio amorfo de tipo n y la potencia máxima P_{max} .

Se formaron varios tipos de células fotovoltaicas que comprenden respectivamente películas de silicio amorfo de tipo n 22a que difieren en grosor para medir la potencia máxima P_{max} de cada una de las células fotovoltaicas. La figura 10 muestra los resultados de la medición. En la figura 10, el eje horizontal indica el grosor de la película de silicio amorfo de tipo n 22a, y el eje vertical indica la potencia máxima P_{max} . Una línea de un punto y rayas indica los resultados de la medición de la célula fotovoltaica que comprende el electrodo frontal 12c que actúa de superficie de incidencia de luz, y una línea continua indica los resultados de la medición de la célula fotovoltaica que comprende el electrodo posterior 16 que actúa de superficie de incidencia de luz.

El valor de la potencia máxima P_{max} es un valor normalizado, haciendo que sea uno el valor máximo de la potencia máxima P_{max} de la célula fotovoltaica que comprende el electrodo posterior 16 que actúa de superficie de incidencia de luz. El grosor de la película de silicio amorfo de tipo i 21a en la célula fotovoltaica que comprende el electrodo frontal 12c que actúa de superficie de incidencia de luz es de 5 nm, el grosor de la película de silicio amorfo de tipo i 23 es de 15 nm, y el grosor de la película de silicio amorfo de tipo p 24 es de 20 nm. El grosor de la película de silicio amorfo de tipo i 21a en la célula fotovoltaica que comprende el electrodo posterior 16 que actúa de superficie de incidencia de luz es de 15 nm, el grosor de la película de silicio amorfo de tipo i 23 es de 8 nm, y el grosor de la película de silicio amorfo de tipo p 24 es de 5 nm.

Tal como se muestra en la figura 10, en la célula fotovoltaica que comprende el electrodo frontal 12c que actúa de superficie de incidencia de luz, cuando el grosor de la película de silicio amorfo de tipo n 22a es de 4 a 8 nm, el valor de la potencia máxima, P_{max} supera el valor máximo de la potencia máxima P_{max} de la célula fotovoltaica que comprende el electrodo posterior 16 que actúa de superficie de incidencia de luz. Es decir, en la célula fotovoltaica que comprende el electrodo frontal 12c que actúa de superficie de incidencia de luz, puede obtenerse una potencia máxima P_{max} elevada controlando el grosor de la película de silicio amorfo de tipo n 22a en un rango de 4 a 8 nm.

Aquí, en la célula fotovoltaica que comprende el electrodo frontal 12c que actúa de superficie de incidencia de luz, la película de silicio amorfo de tipo n 22a se forma sobre el lado de la superficie de incidencia de luz. En este caso, se considera que es posible reducir el efecto de la superficie de la película de silicio amorfo de tipo n 22a degradada en el momento de la formación del electrodo frontal 12c así como reducir suficientemente la pérdida de absorción de la luz por la película de silicio amorfo de tipo n 22a estableciendo el grosor de la película de silicio amorfo de tipo n 22a en no menos de 4 nm ni mayor de 8 nm. En consecuencia, se considera que se mejora la potencia máxima P_{max} de la célula fotovoltaica que comprende el electrodo frontal 12c que actúa de superficie de incidencia de luz.

(c) Relación entre el grosor de la película de silicio amorfo de tipo i sobre el lado de la superficie de incidencia de luz y la potencia máxima P_{max}

Se formaron varios tipos de células fotovoltaicas que comprenden respectivamente películas de silicio amorfo de tipo i 21a que difieren en grosor sobre el lado de los electrodos frontales 12c que actúan de superficies de incidencia de luz y células fotovoltaicas respectivamente que comprenden películas de silicio amorfo de tipo i 23 que difieren en grosor sobre el lado de los electrodos posteriores 16 que sirven de superficie de incidencia de la luz, para medir la potencia máxima P_{max} de cada una de las células fotovoltaicas. Es decir, en esta evaluación se formaron varios tipos de células fotovoltaicas que comprenden respectivamente películas de silicio amorfo de tipo i que difieren en grosor sobre el lado de las superficies de incidencia de luz para medir la potencia máxima P_{max} de cada una de las células fotovoltaicas.

La figura 11 muestra los resultados de la medición. En la figura 11, el eje horizontal indica el grosor de la película de silicio amorfo de tipo i 21a en la célula fotovoltaica que comprende el electrodo frontal 12c que actúa de superficie de incidencia de luz, o el grosor de la película de silicio amorfo de tipo i 23 en la célula fotovoltaica que comprende el electrodo posterior 16 que sirve de superficie de incidencia de luz, es decir, el grosor de la película de silicio amorfo de tipo i en el lado de la superficie de incidencia de luz, y el eje vertical indica la potencia máxima P_{max} . Una línea de un punto y rayas indica los resultados de la medición de la célula fotovoltaica que comprende el electrodo frontal 12c que actúa de superficie de incidencia de luz, y una línea continua indica los resultados de la medición de la célula fotovoltaica que comprende el electrodo posterior 16 que actúa de superficie de incidencia de la luz.

El valor de la potencia máxima P_{max} es un valor normalizado, haciendo que sea uno el valor máximo de la potencia

máxima P_{max} de la célula fotovoltaica que comprende el electrodo posterior 16 que actúa de superficie de incidencia de luz. El grosor de la película de silicio amorfo de tipo n 22a en la célula fotovoltaica que comprende el electrodo frontal 12c que actúa de superficie de incidencia de luz es de 5 nm, el grosor de la película de silicio amorfo tipo i 23 es de 15 nm, y el grosor de la película de silicio amorfo de tipo p 24 es de 20 nm. El grosor de la película de silicio amorfo de tipo i 21a en la célula fotovoltaica que comprende el electrodo posterior 16 que sirve de superficie de incidencia de luz es de 15 nm, el grosor de la película de silicio amorfo de tipo n 22a es de 14 nm, y el grosor de la película de silicio amorfo de tipo p 24 es de 15 nm.

Tal como se muestra en la figura 11, en la célula fotovoltaica que comprende el electrodo frontal 12c que actúa de superficie de incidencia de luz, cuando el grosor de la película de silicio amorfo de tipo i 21a es de aproximadamente 3,5 a 8 nm, el valor de la potencia máxima P_{max} supera el valor máximo de la potencia máxima P_{max} de la célula fotovoltaica que comprende el electrodo posterior 16 que actúa de superficie de incidencia de luz. Es decir, en la célula fotovoltaica que comprende el electrodo frontal 12c que actúa de superficie de incidencia de luz, puede obtenerse una potencia máxima P_{max} elevada controlando el grosor de la película de silicio amorfo de tipo i 21a en un rango de 3,5 a 8 nm.

(d) Relación entre el grosor de la película de silicio amorfo de tipo i sobre un lado de la superficie posterior y la potencia máxima P_{max}

Se formaron varios tipos de células fotovoltaicas que comprenden respectivamente películas de silicio amorfo de tipo i 23 que difieren en grosor sobre el lado de los electrodos frontales 12c que sirven de superficies de incidencia de la luz y células fotovoltaicas que comprenden respectivamente películas de silicio amorfo de tipo i 21a que difieren en grosor en el lado de los electrodos posteriores 16 que sirven de superficies de incidencia de la luz, para medir la potencia máxima P_{max} de cada una de las células fotovoltaicas. Es decir, en esta evaluación, se formaron varios tipos de células fotovoltaicas que comprenden respectivamente películas de silicio amorfo de tipo i que difieren en grosor en el lado opuesto de las superficies de incidencia de la luz, para medir la potencia máxima P_{max} de cada una de las células fotovoltaicas.

La figura 12 muestra los resultados de la medición. En la figura 12, el eje horizontal indica el grosor de la película de silicio amorfo de tipo i 23 en la célula fotovoltaica que comprende el electrodo frontal 12c que actúa de superficie de incidencia de luz, o el grosor de la película de silicio amorfo de tipo i 21a en la célula fotovoltaica que comprende el electrodo posterior 16 que actúa de superficie de incidencia de luz, es decir, el grosor de la película de silicio amorfo de tipo i en el lado opuesto de la superficie de incidencia de luz, y el eje vertical indica la potencia máxima P_{max} . Una línea de un punto y rayas indica los resultados de la medición de la célula fotovoltaica que comprende el electrodo frontal 12c que actúa de superficie de incidencia de luz, y una línea continua indica los resultados de la medición de la célula fotovoltaica que comprende el electrodo posterior 16 que actúa de superficie de incidencia de luz.

El valor de la potencia máxima P_{max} es un valor normalizado, haciendo que sea uno el valor máximo de la potencia máxima P_{max} de la célula fotovoltaica que comprende el electrodo posterior 16 que actúa de superficie de incidencia de luz. El grosor de la película de silicio amorfo de tipo i 21a en la célula fotovoltaica que comprende el electrodo frontal 12c que actúa de superficie de incidencia de luz es de 5 nm, el grosor de la película de silicio amorfo de tipo n 22a es de 5 nm, y el grosor de la película de silicio amorfo de tipo p 24 es de 20 nm. El grosor de la película de silicio amorfo de tipo n 22a en la célula fotovoltaica que comprende el electrodo posterior 16 que actúa de superficie de incidencia de luz es de 14 nm, el grosor de la película de silicio amorfo de tipo i 23 es de 8 nm, y el grosor de la película de silicio amorfo de tipo p 24 es de 5 nm.

Tal como se muestra en la figura 12, en la célula fotovoltaica que comprende el electrodo frontal 12c que actúa de superficie de incidencia de luz, cuando el grosor de la película de silicio amorfo tipo i 23 es de aproximadamente 10 a 20 nm, el valor de la potencia máxima P_{max} supera el valor máximo de la potencia máxima P_{max} de la célula fotovoltaica que comprende el electrodo posterior 16 que actúa de superficie de incidencia de luz. Es decir, en la célula fotovoltaica que comprende el electrodo frontal 12c que actúa de superficie de incidencia de luz, puede obtenerse una potencia máxima P_{max} elevada controlando el grosor de la película de silicio amorfo de tipo i 23 en un intervalo de 10 a 20 nm.

Aunque se han descrito anteriormente realizaciones preferidas de la presente invención, se entiende que para los expertos en la materia serán evidentes variaciones y modificaciones sin apartarse del alcance de la presente invención, tal como se determina por las siguientes reivindicaciones con referencia a la descripción y los dibujos.

REIVINDICACIONES

1. Célula fotovoltaica que comprende:

- 5 un semiconductor a base de cristal de un tipo de conductividad;
una primera película semiconductor a base de amorfos sustancialmente intrínseca;
una segunda película semiconductor a base de amorfos de un tipo n;
una tercera película semiconductor a base de amorfos sustancialmente intrínseca;
una cuarta película semiconductor a base de amorfos de un tipo p;
10 una primera capa de electrodo transparente, y
una segunda capa de electrodo,
- estando provista dicha primera película semiconductor a base de amorfos, dicha segunda película semiconductor a base de amorfos, y dicha primera capa de electrodo en este orden sobre una primera superficie de dicho semiconductor a base de cristal,
15 estando provista dicha tercera película semiconductor a base de amorfos, dicha cuarta película semiconductor a base de amorfos, y dicha segunda capa de electrodo en este orden sobre una segunda superficie de dicho semiconductor a base de cristal,
estando formada dicha primera película semiconductor a base de amorfos y dicha segunda película semiconductor a base de amorfos sobre una primera zona excluyendo una periferia exterior con una anchura predeterminada sobre el citado semiconductor a base de cristal,
20 estando formada dicha primera capa electrodo de manera que cubre una zona que se extiende hacia dicha periferia exterior sobre el citado semiconductor a base de cristal desde la parte superior de dicha segunda película semiconductor a base de amorfos, y
estando formada dicha segunda capa de electrodo en una zona menor que la zona en la que está formada dicha primera capa de electrodo.

2. Célula fotovoltaica según la reivindicación 1, que comprende:

- 30 un semiconductor a base de cristal de un tipo de conductividad;
una primera película semiconductor a base de amorfos sustancialmente intrínseca;
una segunda película semiconductor a base de amorfos de un tipo n;
una tercera película semiconductor a base de amorfos sustancialmente intrínseca;
una cuarta película semiconductor a base de amorfos de un tipo p;
35 una primera capa de electrodo transparente, y
una segunda capa de electrodo,
- estando provista dicha primera película semiconductor a base de amorfos, dicha segunda película semiconductor a base de amorfos, y dicha primera capa de electrodo en este orden sobre una primera superficie de dicho semiconductor a base de cristal,
40 estando provista dicha tercera película semiconductor a base de amorfos, dicha cuarta película semiconductor a base de amorfos, y dicha segunda capa de electrodo en este orden sobre una segunda superficie de dicho semiconductor a base de cristal,
estando formada dicha segunda película semiconductor a base de amorfos sobre una primera zona excluyendo una periferia exterior con una anchura predeterminada sobre dicha primera película semiconductor a base de amorfos, y
45 estando formada dicha primera capa electrodo de manera que cubre una zona que se extiende hacia dicha periferia exterior sobre dicha primera película semiconductor a base de amorfos desde la parte superior de dicha segunda película semiconductor a base de amorfos.

3. Célula fotovoltaica según la reivindicación 1 o 2, caracterizada por el hecho de que su superficie sobre el lado de dicha primera capa de electrodo es una superficie de incidencia de luz principal.

4. Célula fotovoltaica según la reivindicación 2, caracterizada por el hecho de que dicha primera película semiconductor a base de amorfos está formada sobre todo el área de dicha primera superficie del citado semiconductor a base de cristal.

5. Célula fotovoltaica según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, caracterizada por el hecho de que el citado semiconductor a base de cristal y dicha segunda película semiconductor a base de amorfos son del mismo tipo de conductividad.

6. Célula fotovoltaica según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, caracterizada por el hecho de que dicha segunda capa de electrodo está formada en una zona excluyendo una periferia exterior con una anchura

predeterminada sobre dicha cuarta película semiconductor a base de amorfos.

5 7. Célula fotovoltaica según cualquiera de las reivindicaciones 2 a 6, caracterizada por el hecho de que una zona donde está formada dicha segunda capa de electrodo es menor que una zona donde está formada dicha primera capa de electrodo.

10 8. Célula fotovoltaica según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, caracterizada por el hecho de que zonas donde están formadas respectivamente dicha tercera y cuarta película semiconductor a base de amorfos son mayores que la zona donde está formada dicha primera capa de electrodo.

FIG. 1

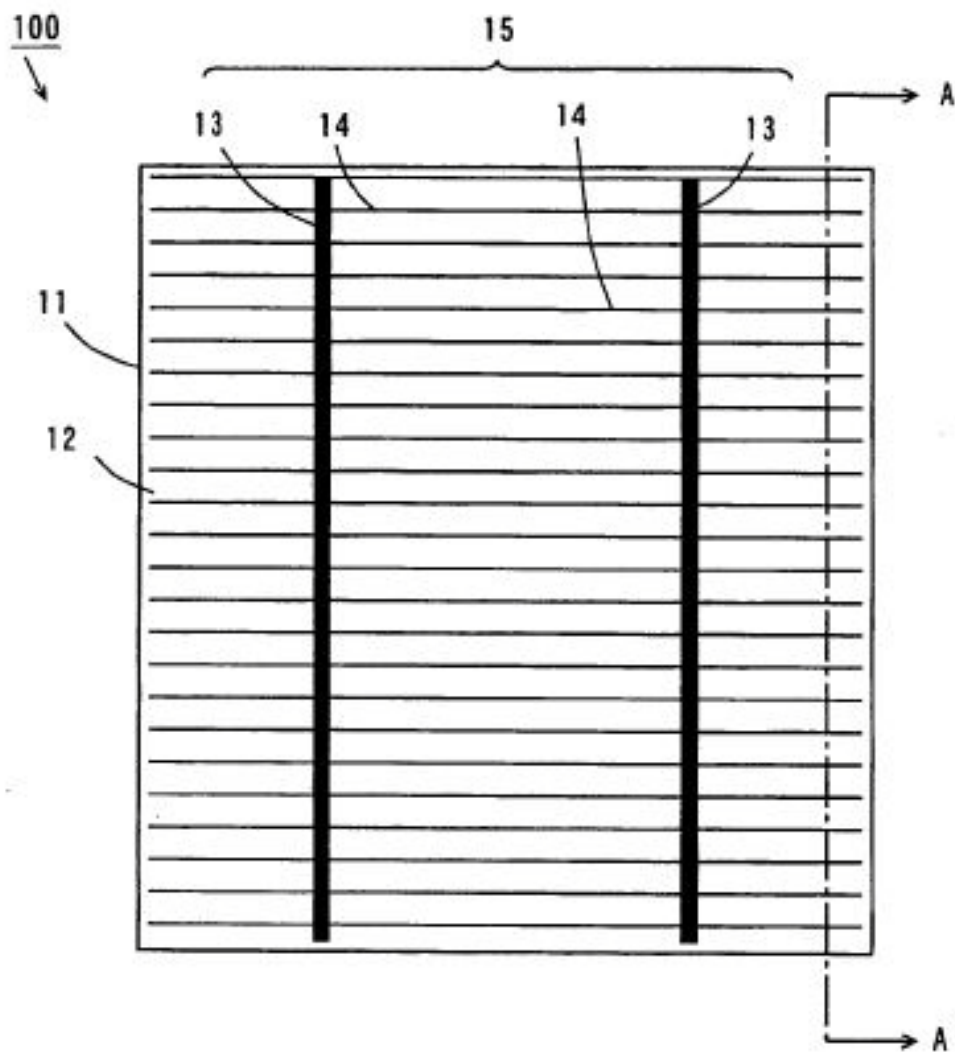


FIG. 2

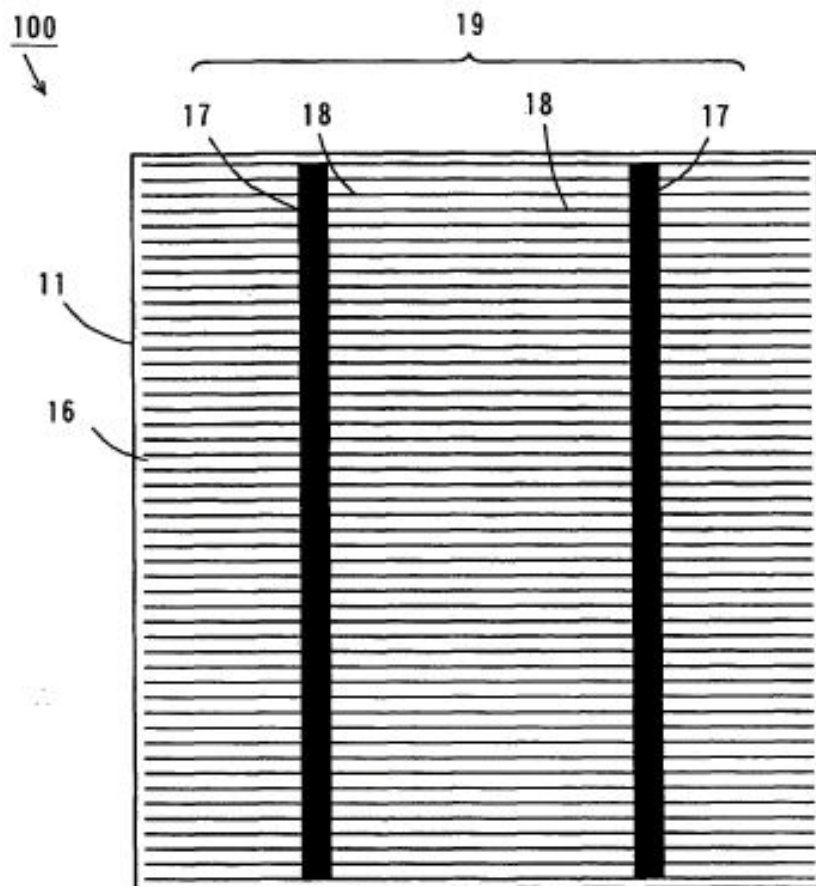


FIG. 3

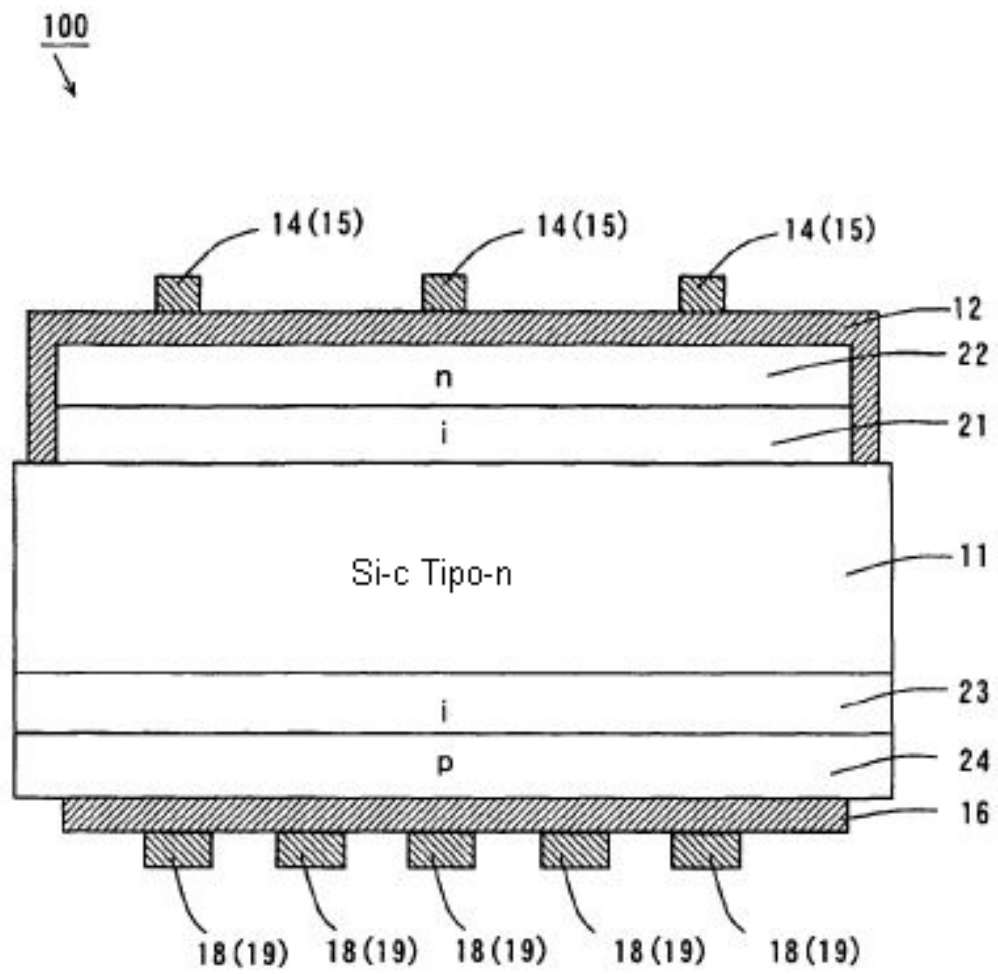


FIG. 4

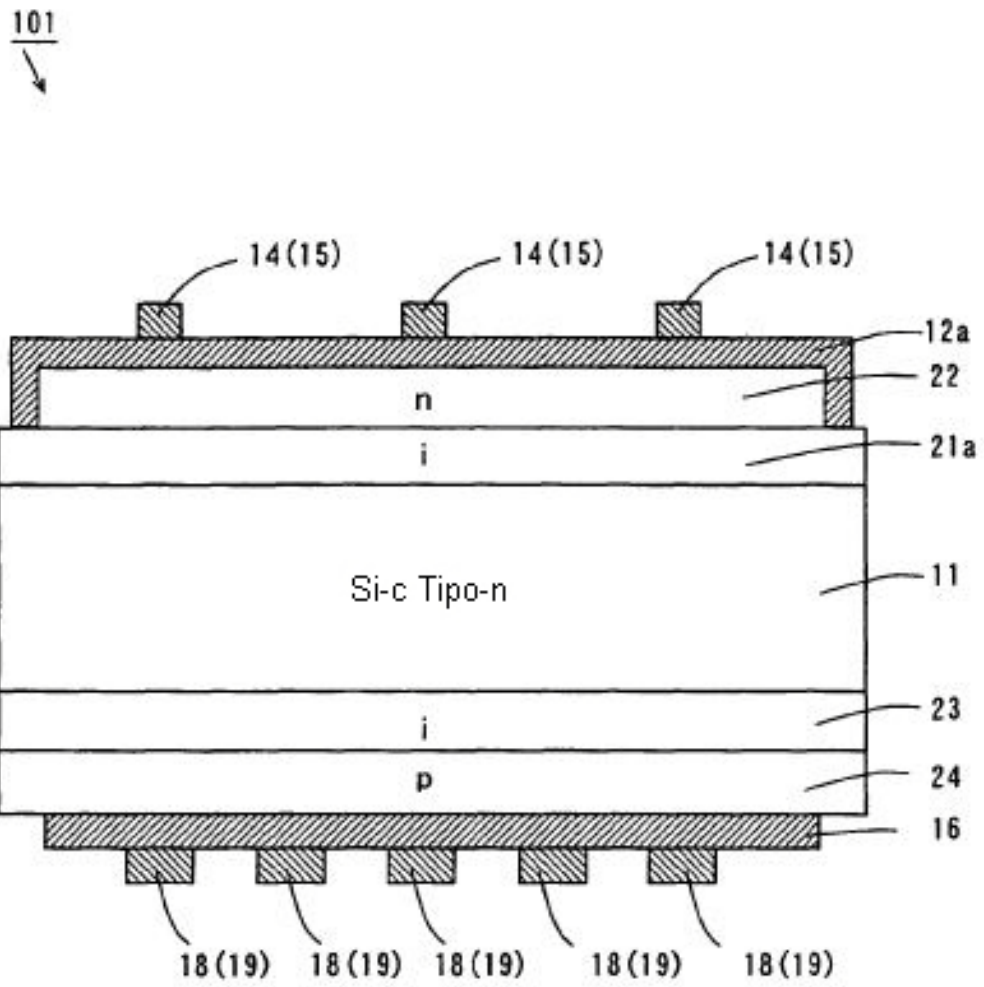


FIG. 5

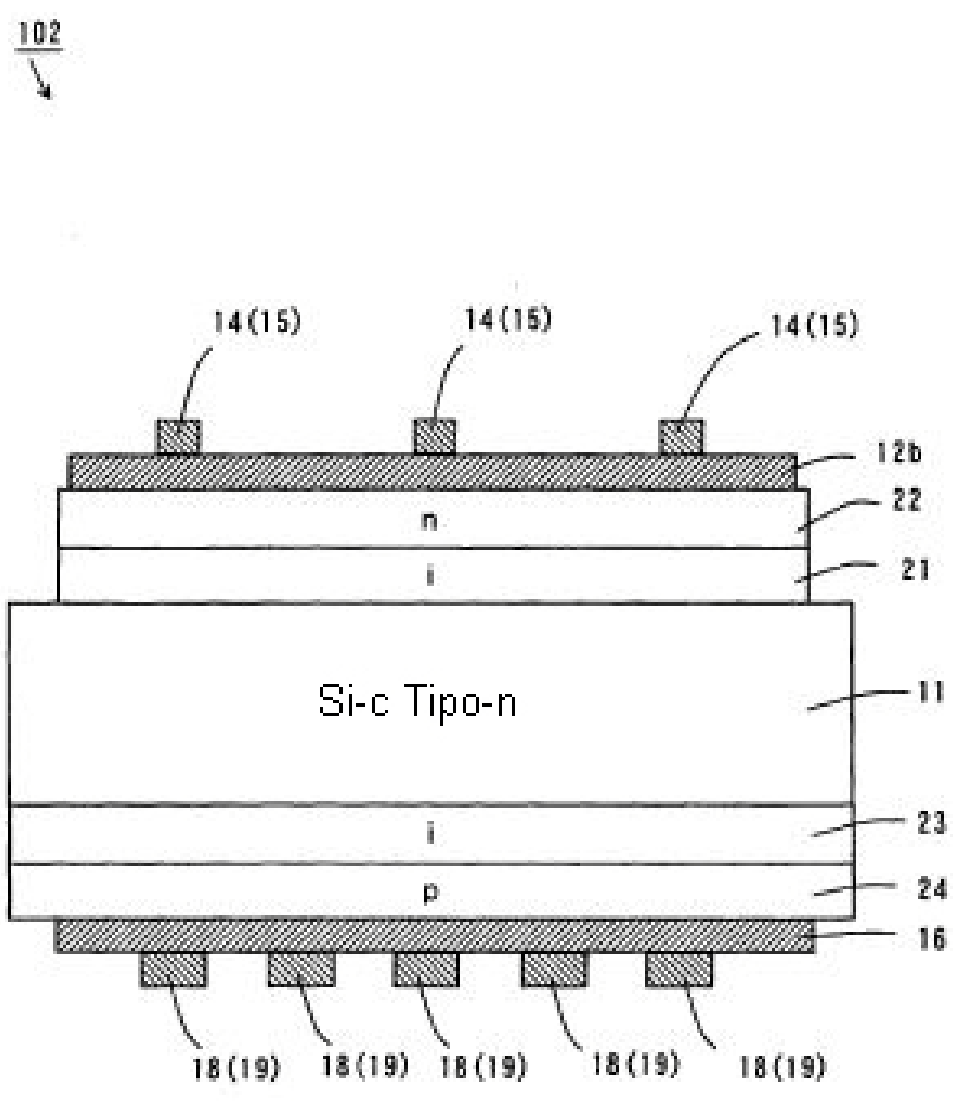


FIG. 6

103
↙

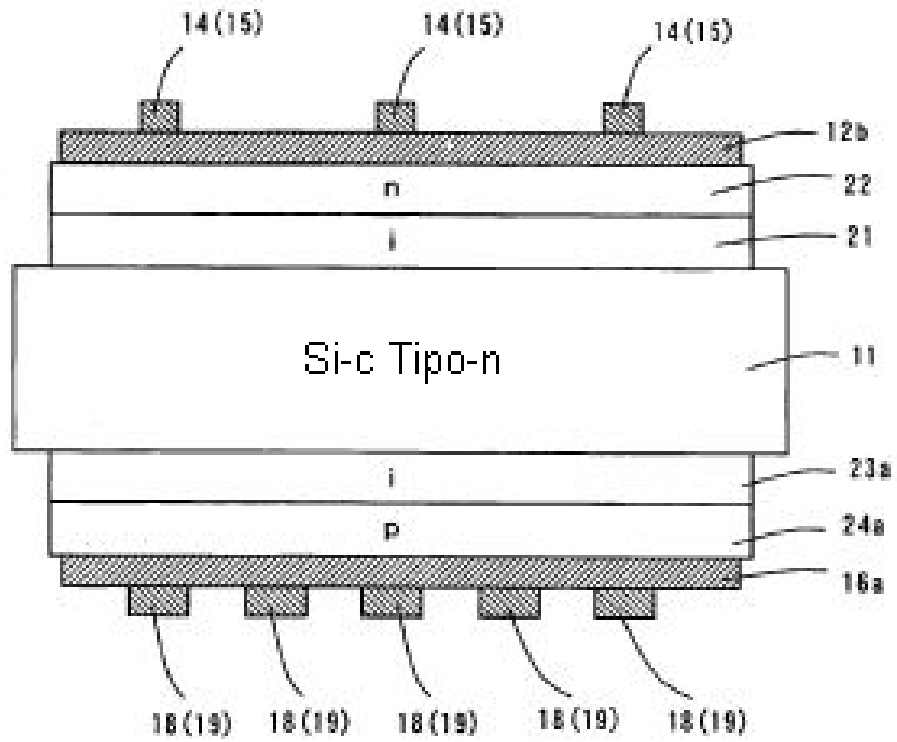


FIG. 7

104
↓

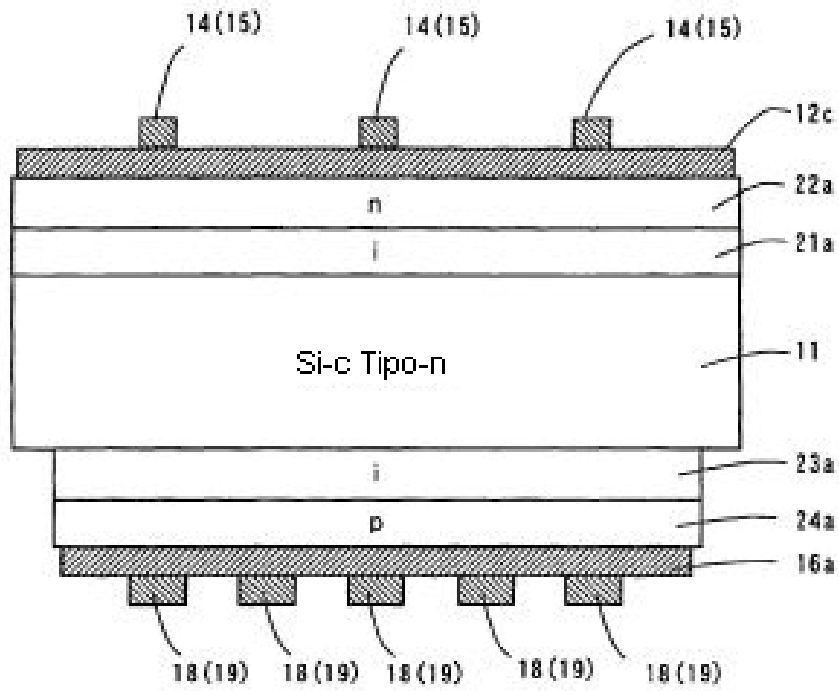


FIG. 8

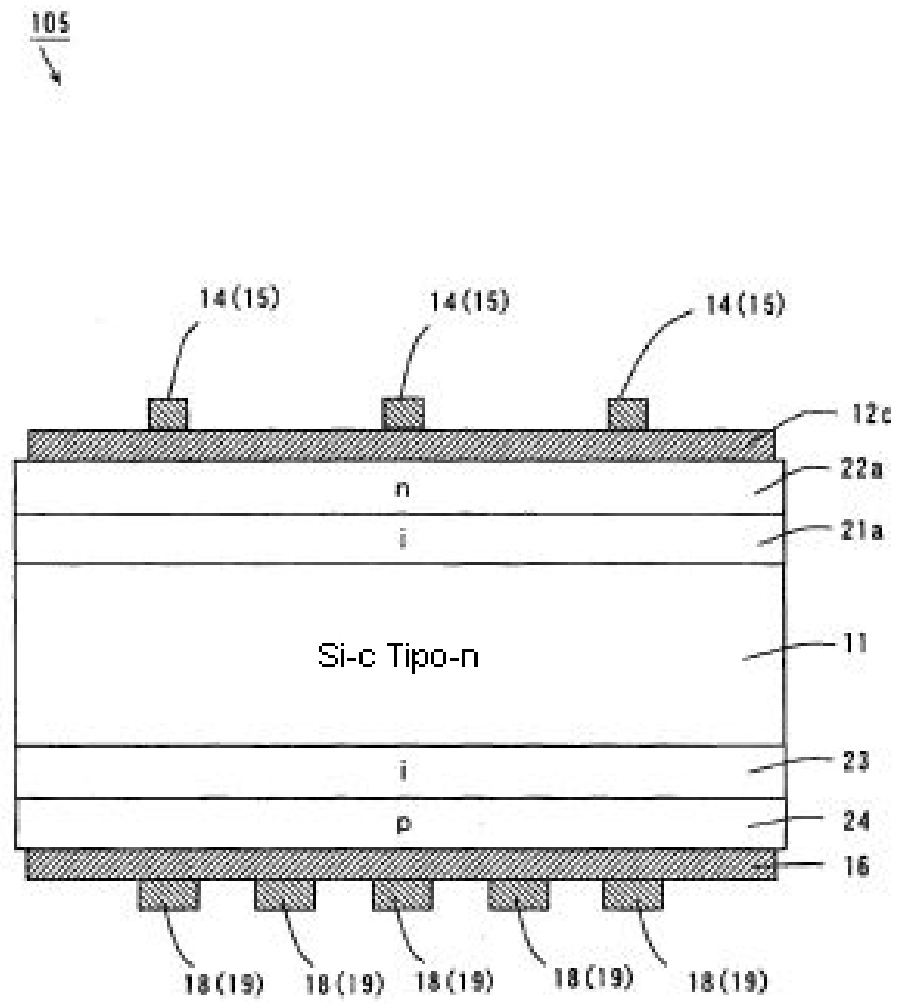


FIG. 9

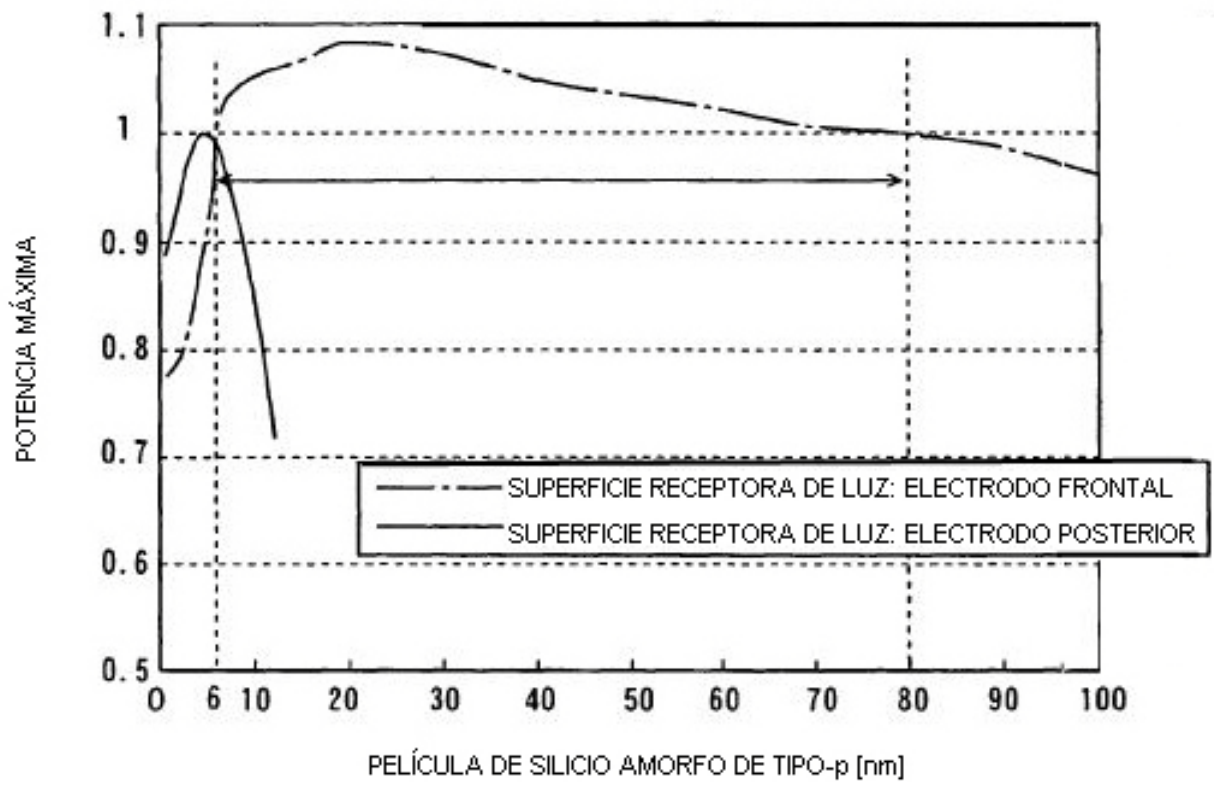


FIG. 10

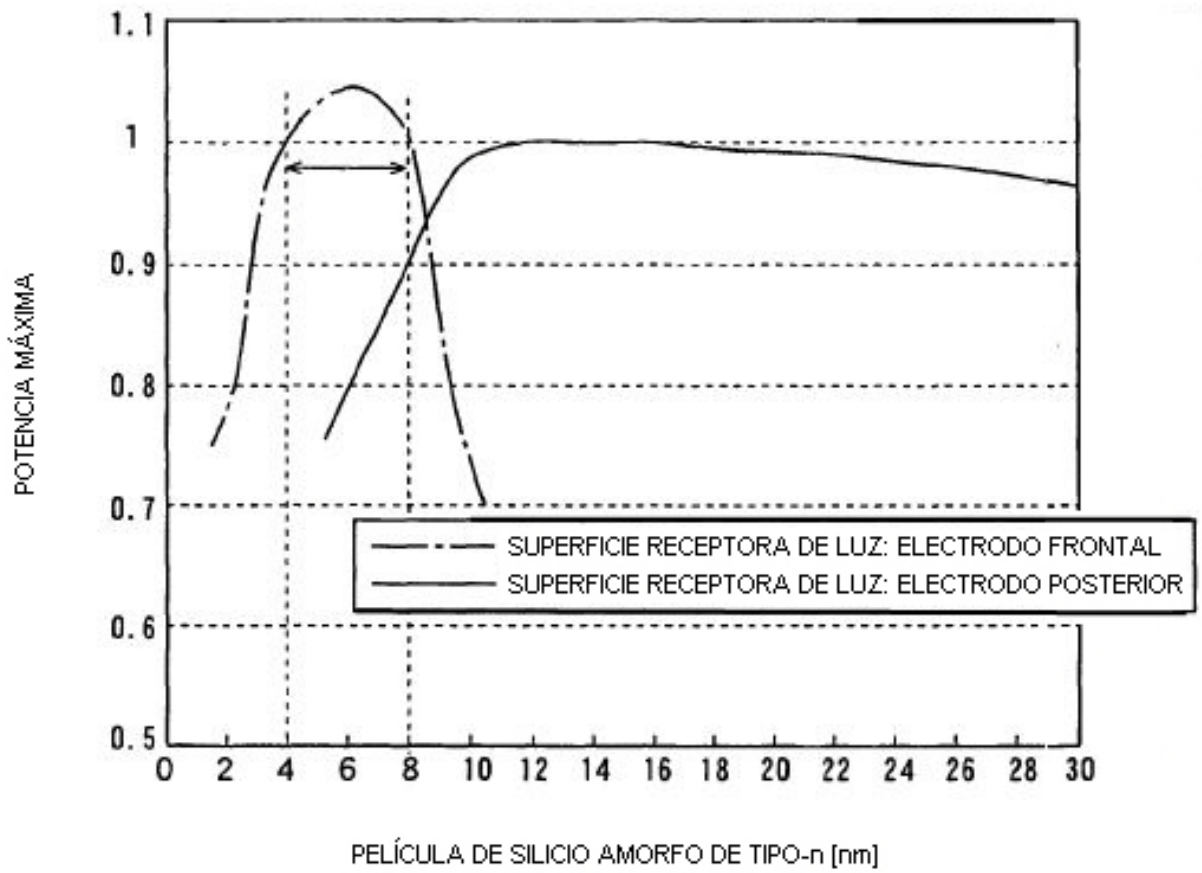


FIG. 11

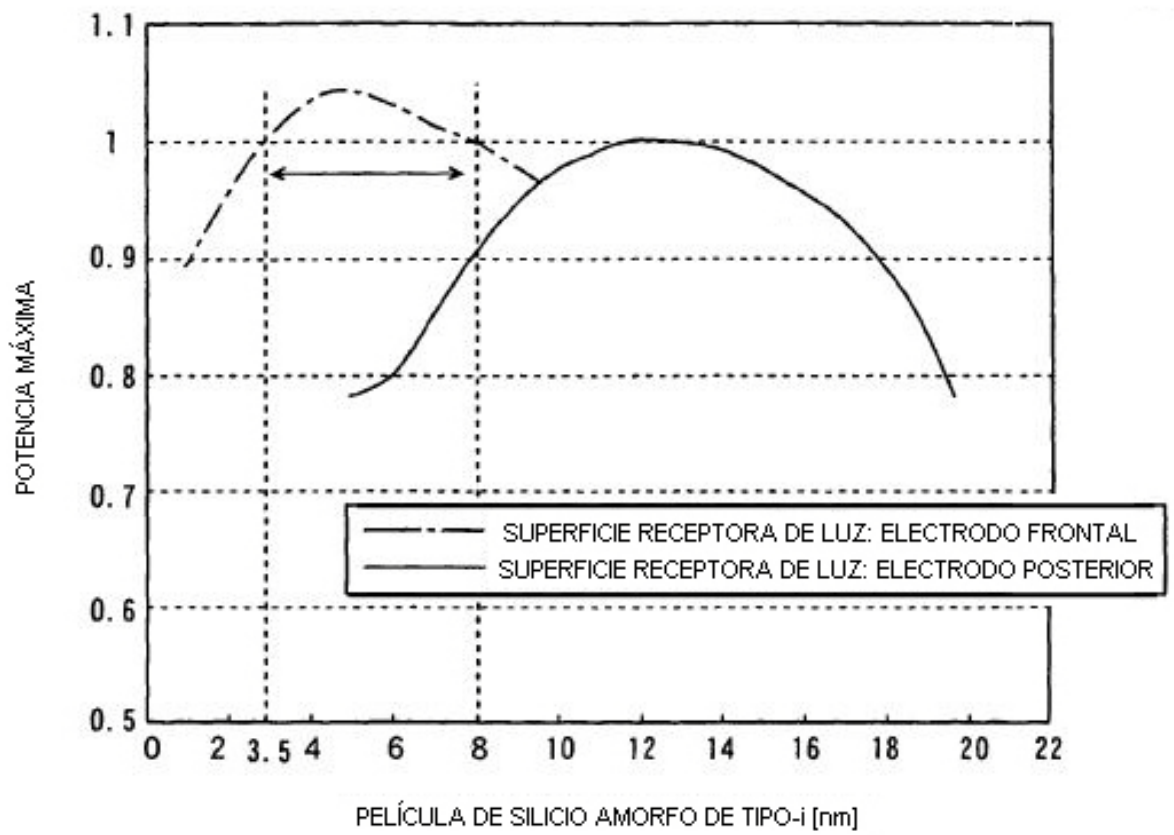
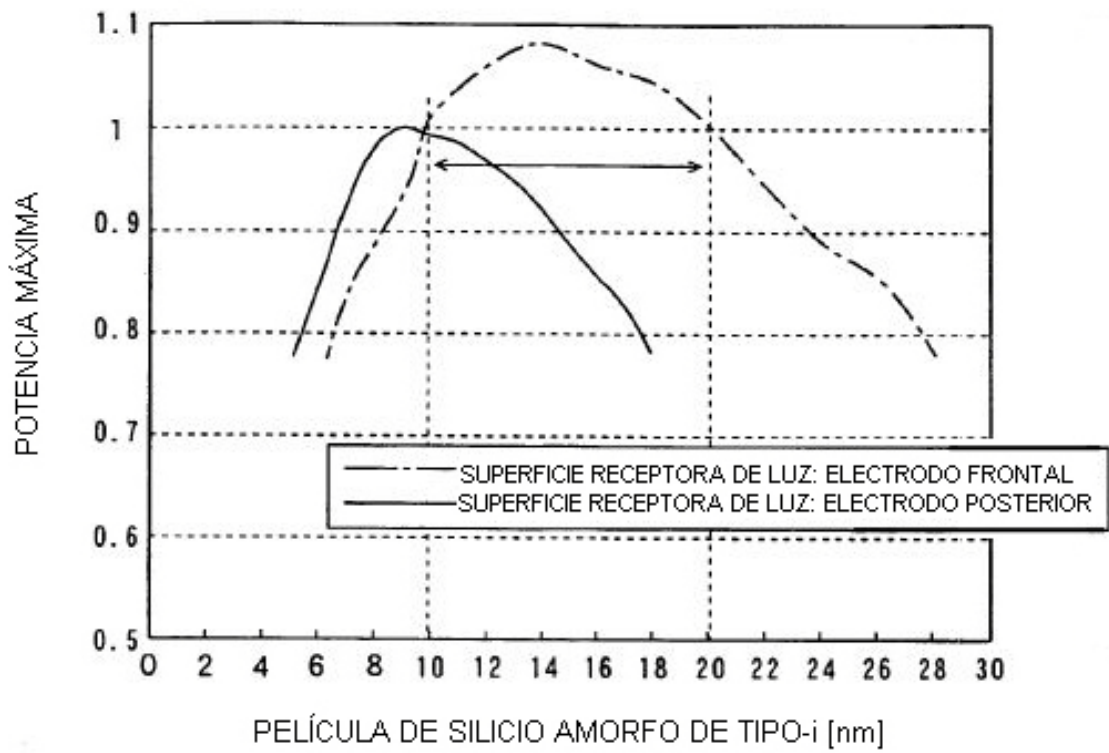


FIG. 12



REFERENCIAS CITADAS EN LA DESCRIPCIÓN

5 *Esta lista de referencias citadas por el solicitante es únicamente para la comodidad del lector. No forma parte del documento de la patente europea. A pesar del cuidado tenido en la recopilación de las referencias, no se pueden excluir errores u omisiones y la EPO niega toda responsabilidad en este sentido.*

Documentos de patentes citados en la descripción

10

- JP 2001345463 A
- JP 2001044461 A