

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 732 356**

51 Int. Cl.:

**H01L 31/0216** (2014.01)

**H01L 31/0224** (2006.01)

**H01L 31/068** (2012.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **12.07.2011 PCT/JP2011/065861**

87 Fecha y número de publicación internacional: **19.01.2012 WO12008436**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **12.07.2011 E 11806766 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **08.05.2019 EP 2595197**

54 Título: **Método para fabricar una célula solar y dispositivo de fabricación de película**

30 Prioridad:

**15.07.2010 JP 2010160394**

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

**22.11.2019**

73 Titular/es:

**SHIN-ETSU CHEMICAL CO., LTD. (100.0%)  
6-1, Ohtemachi 2-chome Chiyoda-ku  
Tokyo 100-0004, JP**

72 Inventor/es:

**MITTA, RYO;  
TAKAHASHI, MITSUHITO;  
HASHIGAMI, HIROSHI;  
MURAKAMI, TAKASHI;  
TSUKIGATA, SHINTAROU;  
WATABE, TAKENORI y  
OTSUKA, HIROYUKI**

74 Agente/Representante:

**VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro**

ES 2 732 356 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

Método para fabricar una célula solar y dispositivo de fabricación de película

### 5 Campo técnico

La presente invención se refiere a un método para fabricar células solares y a un aparato formador de película.

### Estado de la técnica

10 En general, la célula solar tiene la estructura mostrada en la Fig. 1. En la Fig. 1, un sustrato semiconductor 1 de tipo p tiene forma de placa con unas dimensiones de 100 a 150 mm<sup>2</sup> y un espesor de 0,1 a 0,3 mm, hecho de silicio policristalino o monocristalino o similar, y dopado con una impureza de tipo p tal como boro. Se forma una capa de difusión 2 de tipo n en el sustrato dopándolo con una impureza de tipo n tal como fósforo, y se forma un revestimiento antirreflectante 3 de nitruro de silicio (SiN) o similar sobre la misma. Se imprime sobre la superficie posterior una pasta conductora de aluminio mediante una técnica de impresión serigráfica, antes de secar y cocer la pasta para formar un electrodo posterior 6 y una capa de campo retrodifusor (BSF) 4 al mismo tiempo. Sobre la superficie anterior se imprime una pasta conductora de plata, antes de secarla y cocerla para formar un electrodo colector 5. De este modo se fabrica la célula solar. Cabe señalar que una superficie de un sustrato que llega a ser la superficie receptora de luz de la célula solar resultante se denomina superficie "anterior" y la otra superficie del sustrato opuesta a la superficie receptora de luz se denomina superficie "posterior".

25 Tal como se ha mencionado previamente, con el fin de reducir cualquier pérdida de luz incidente sobre la superficie anterior, la célula solar incluye una película fina de SiN o similar que se forma como capa antirreflectante para suprimir la reflexión en la superficie. Se sabe que esta etapa de formación de la película fina sirve para formar una película fina que suprima la reflexión de la luz y es eficaz para pasivar el sustrato de silicio al mismo tiempo. Se sabe que esta pasivación capaz de reducir la densidad del estado de la interfaz del sustrato de silicio es eficaz para potenciar las propiedades eléctricas de la célula solar. Una película fina formada sobre la superficie de la célula solar para tal fin se denomina película "de pasivación", en adelante en el presente documento.

30 Con el fin de promover el efecto de pasivación de la película antirreflectante en la célula solar, se han hecho esfuerzos destinados a desarrollar un aparato de CVD para formar una película antirreflectante de SiN en una célula solar de silicio policristalino, que comprende una cámara de CVD en la que se forma una película antirreflectante de SiN sobre un sustrato de silicio policristalino, y una cámara de calentamiento para mantener el sustrato a la temperatura del proceso de CVD o para calentar el sustrato a una temperatura igual o superior a la temperatura del proceso de CVD (véanse, por ejemplo, el documento de patente 1: JP-A 2008-306141 y el documento de patente 2: US 2010/0032012 A1). El efecto de pasivación promovido por el calentamiento mediante tal método, sin embargo, se considera eficaz para los enlaces no saturados y las impurezas en borde de grano en la masa de la célula solar de silicio policristalino. Por tanto, se desea potenciar más el efecto de pasivación.

### 40 Lista de documentos citados

#### Documentos de patente

45 Documento de patente 1: JP-A 2008-306141 y  
Documento de patente 2: US 2010/0032012 A1.

### Sumario de la invención

#### 50 Problema técnico

Por tanto, un objetivo de la invención es proporcionar un método para fabricar una célula solar que tenga mejores propiedades eléctricas sin detrimento de la fiabilidad y el aspecto externo, así como un aparato formador de película.

#### 55 Solución al problema

60 Efectuando investigaciones exhaustivas para conseguir el objetivo anterior, los inventores han descubierto que, mediante la formación de una película de pasivación y el recocido posterior de la misma, el efecto de pasivación de la película de pasivación se puede extender a una reducción de la densidad del estado de la interfaz sobre la superficie y a una reducción de los sitios de recombinación en la masa de la célula solar de silicio monocristalino y, además, a una reducción de la resistencia en serie de la célula solar. De este modo mejoran las propiedades eléctricas de la célula solar. La invención se basa en este descubrimiento. La materia objeto de la presente invención se define en la reivindicación 1.

65

### Efectos ventajosos de la invención

La etapa de recocido se efectúa en la secuencia anteriormente descrita para mejorar las propiedades eléctricas de la célula solar sin detrimento de la fiabilidad y el aspecto externo. Por tanto, la invención se puede aplicar ampliamente para la fabricación de células solares con mejores propiedades eléctricas y fiabilidad.

### Breve descripción de los dibujos

La Fig. 1 es una vista transversal que muestra una célula solar ilustrativa cuya superficie posterior está revestida completamente con un electrodo.  
La Fig. 2 es una vista transversal de una célula solar ilustrativa de tipo pasivación posterior.

### Descripción de realizaciones

A continuación se describen con detalle realizaciones de la invención. No obstante, el alcance de la invención no se limita a las realizaciones ilustradas ya que la invención tal como se expone en las reivindicaciones puede ser implementada en una amplia variedad de realizaciones además de las realizaciones ilustradas. Los dibujos no se representan a escala. Determinados componentes se representan a escala aumentada a fin de clarificar la descripción y la comprensión de la invención, mientras que otras partes no significativas no están representadas.

Tal como se ha indicado anteriormente, la Fig. 1 es una vista transversal que muestra la estructura de una célula solar general. En la Fig. 1 se ilustran un sustrato semiconductor 1, una región de difusión 2, una película antirreflectante/de pasivación 3, una capa BSF 4, un electrodo anterior 5 y un electrodo posterior 6.

Se describe ahora el método para fabricar la célula solar de la Fig. 1. En primer lugar, se proporciona un sustrato semiconductor 1. El sustrato semiconductor 1 es de silicio monocristalino o policristalino o similar, y puede ser de tipo p o de tipo n. Más frecuentemente, el sustrato semiconductor 1 es un sustrato de silicio de tipo p dopado con una impureza de tipo p tal como boro y que tiene una resistividad de 0,1 a 4,0  $\Omega$ .cm.

A continuación se describe el método para fabricar una célula solar usando un sustrato de silicio de tipo p como una realización característica. El sustrato semiconductor usado tiene preferentemente forma de placa con unas dimensiones de 100 a 150 mm<sup>2</sup> y un espesor de 0,05 a 0,30 mm. A la superficie del sustrato de silicio de tipo p, que se corresponde con la superficie receptora de luz de una célula solar, se le provee de una estructura irregular conocida como textura, por ejemplo, mediante inmersión en una solución ácida para eliminar los daños superficiales causados por el corte o similares, decapado químico en una solución alcalina, limpieza y secado. La estructura irregular induce múltiples reflexiones de luz en la superficie receptora de luz de una célula solar. Así pues, formando una estructura irregular, se reduce la reflectancia efectiva y se mejora la eficacia de conversión.

Después, el sustrato de silicio de tipo p se coloca en un gas caliente que contiene  $\text{POCl}_3$ , por ejemplo, a aproximadamente una temperatura de 850 °C o superior, seguido de un método de difusión térmica para difundir la impureza de tipo n, tal como fósforo, en el sustrato de silicio de tipo p a lo largo de toda su superficie, formando de este modo una capa de difusión 2 de tipo n que tiene una resistencia laminar de aproximadamente 30 a 300 ohmios/cuadrado ( $\Omega/\square$ ) en la superficie anterior. Cabe señalar que cuando la capa de difusión de tipo n se forma mediante difusión térmica, las capas de difusión de tipo n se pueden formar también sobre superficies opuestas y superficies terminales del sustrato de silicio de tipo p. En este caso, se pueden eliminar las capas de difusión de tipo n innecesarias mediante inmersión del sustrato de silicio de tipo p, en el que la superficie de la capa de difusión de tipo n necesaria está revestida con una resina resistente a ácidos, en una solución de ácido fluoronítrico. Tras esto, la capa vítrea formada sobre la superficie del sustrato semiconductor durante la difusión se elimina mediante inmersión en una solución química, tal como una solución de ácido fluorhídrico diluido, seguida de un lavado con agua desionizada.

Posteriormente se forma una película antirreflectante/de pasivación 3 sobre la superficie anterior del sustrato de silicio de tipo p. La película antirreflectante/de pasivación 3 está hecha normalmente de SiN y se forma mediante CVD asistida por plasma, por ejemplo. Se diluye una mezcla gaseosa de  $\text{SiH}_4$  y  $\text{NH}_3$  con  $\text{N}_2$  y se crea un plasma gaseoso mediante descomposición por descarga luminiscente, a partir del cual se deposita el SiN. La película antirreflectante/de pasivación se forma de modo que tenga un índice de refracción de aproximadamente 1,8 a 2,3, teniendo en cuenta la diferencia de índice de refracción del sustrato de silicio de tipo p, y un espesor de aproximadamente 500 a 1000 angstroms (Å) con el fin de prevenir la reflexión de la luz por la superficie del sustrato de silicio de tipo p para que la luz pueda ser absorbida eficazmente en el sustrato de silicio de tipo p. El SiN funciona también como película de pasivación que es eficaz para pasivar la capa de difusión de tipo n durante su formación. El efecto de pasivación combinado con el efecto antirreflejante mejora las propiedades eléctricas de una célula solar.

Seguidamente se imprime mediante serigrafía una pasta conductora que contiene aluminio, fritada de vidrio, barniz y similares, por ejemplo, y se seca sobre la superficie posterior del sustrato. Posteriormente se imprime mediante serigrafía una pasta conductora que contiene plata, fritada de vidrio, barniz y similares, por ejemplo, y se seca sobre la superficie anterior. Después de eso, las pastas para los electrodos respectivos se cuecen a una temperatura de

aproximadamente 500 a 950 °C, mediante lo cual se forma una capa BSF 4, un electrodo anterior 5 y un electrodo posterior 6. Aunque la técnica de impresión serigráfica se describe como una técnica habitual para la formación de electrodos, los electrodos se pueden formar también mediante evaporación, pulverización iónica o similar.

- 5 El método habitual para fabricar una célula solar de silicio cristalino tal como se ha descrito anteriormente no es capaz de fabricar una célula solar con propiedades eléctricas satisfactorias debido a que no se reducen del todo la densidad del estado de la interfaz sobre la superficie anterior y el número de sitios de recombinación en el sustrato semiconductor. Por el contrario, el método para fabricar una célula solar de acuerdo con la invención pretende mejorar las propiedades eléctricas de una célula solar añadiendo una etapa de recocido después de la etapa de formación de la película de SiN basada en una CVD asistida por plasma. La estructura se recuece en una atmósfera de H<sub>2</sub>, N<sub>2</sub> o una mezcla de los mismos, a una temperatura de 500 °C a 850 °C durante un tiempo de 30 segundos a 60 minutos. Las propiedades eléctricas mejoran mediante esta etapa de recocido por la siguiente razón.

15 En el caso de células solares de silicio cristalino normales, el sustrato semiconductor contiene en su masa o sobre su superficie muchos defectos cristalinos, asociados a impurezas de metales pesados (por ejemplo, Cu, Fe) y a impurezas traza tales como oxígeno o carbono, y muchos sitios de recombinación tales como enlaces no saturados. Por consiguiente, los portadores generados por la luz incidente se recombinan, dando como resultado una célula solar de silicio cristalino que tiene una vida útil corta. Como consecuencia, las propiedades eléctricas de la célula solar no mejoran en absoluto. Si la célula solar se recuece en este momento, se promueven entonces el efecto de pasivación, por el que el hidrógeno contenido en la película de SiN elimina enlaces no saturados sobre la superficie para reducir la densidad del estado de la interfaz, y el efecto de captación por el que el fósforo introducido durante la formación de la capa de difusión de tipo n atrapa al metal pesado, dando como resultado la célula solar de silicio cristalino con una vida útil larga. Como consecuencia, mejoran las propiedades eléctricas de la célula solar. Puesto que el hidrógeno en la película de SiN se reduce mediante el recocido, la composición de la película de SiN cambia y, por tanto, la cantidad de cargas positivas en la película de SiN aumenta o la película de SiN se modifica para permitir que el electrodo de plata haga contacto con el Si. Por tanto, la resistencia en serie de la célula solar se puede reducir. Estos fenómenos se dan, no solo en células solares de silicio policristalino, sino también en células solares de silicio monocristalino. Como resultado, se pueden fabricar células solares con mejores propiedades eléctricas sin detrimento de la fiabilidad y el aspecto externo.

30 En el método para fabricar una célula solar de acuerdo con la invención, una temperatura de recocido demasiado elevada permite una nueva liberación de impurezas de los sitios de captación. Una temperatura de recocido demasiado baja puede no ser capaz de producir un efecto de pasivación suficiente del H<sub>2</sub>. Desde el punto de vista de unos mejores efectos de pasivación y captación, la temperatura de recocido es de 500 °C a 850 °C.

35 En el método para fabricar una célula solar de acuerdo con la invención, si el tiempo de recocido es demasiado largo, el efecto de pasivación se ve perjudicado por la nueva liberación de impurezas de los sitios de captación y por la desorción de hidrógeno de los enlaces no saturados ya eliminados. Si el tiempo de recocido es demasiado corto, no se pueden obtener unos efectos de pasivación y captación suficientes. Desde el punto de vista de unos mejores efectos de pasivación y captación, el tiempo de recocido es preferentemente de 10 segundos a 90 minutos, más preferentemente de 20 segundos a 50 minutos y, aún más preferentemente, de 30 segundos a 30 minutos.

45 En el método para fabricar una célula solar de acuerdo con la invención, la atmósfera de recocido no está limitada en particular, aunque es preferente el recocido en una atmósfera reductora. Esto se debe a que puede ser posible prevenir la precipitación del oxígeno en el sustrato de silicio y promover el efecto de pasivación del H<sub>2</sub>. De acuerdo con esto, desde el punto de vista de unos mejores efectos de pasivación y captación, la atmósfera de recocido es de H<sub>2</sub>, N<sub>2</sub> o una mezcla de los mismos.

50 La composición de la película de pasivación no está limitada desde el punto de vista estequiométrico y se puede usar cualquier relación de átomos.

55 En el método para fabricar una célula solar de acuerdo con la invención, el perfil de recocido no está limitado en particular. Un ejemplo de perfil de recocido puede incluir una primera etapa de recocido a una temperatura de 600 a 900 °C, específicamente de 850 °C, durante un periodo de 10 segundos a 5 minutos, específicamente de 30 segundos, y una segunda etapa de recocido a una temperatura de 200 a 600 °C, específicamente de 500 °C, durante un periodo de 30 segundos a 10 minutos, específicamente de 5 minutos. Con este perfil, la primera etapa promueve el efecto de pasivación al eliminar los enlaces no saturados, y la segunda etapa promueve el efecto de captación al suprimir la nueva liberación de impurezas. Adicionalmente, se puede incluir una tercera etapa de recocido o más. Así, se puede fabricar una célula solar con propiedades eléctricas aún mejores.

60 En el método para fabricar una célula solar de acuerdo con la invención, los medios de recocido en la etapa de recocido no están limitados en particular. Se puede usar cualquier medio de recocido, por ejemplo, un horno de recocido continuo que usa calentadores de lámpara o un horno horizontal discontinuo. En el caso de un recocido en múltiples etapas tal como se ha mencionado anteriormente, la etapa de recocido no tiene que ser un proceso único. 65 La etapa de recocido se puede dividir en una primera, una segunda, y posteriores fases de recocido. En etapas diferentes, el aparato puede ser igual o diferente.

La etapa de recocido tras la formación de la capa de difusión es preferente ya que están disponibles más sitios de captación y, por tanto, se promueve más el efecto de captación por recocido. La etapa de recocido tras la formación de la película de pasivación es preferente ya que se promueve más el efecto de pasivación por recocido debido a la eliminación de los enlaces no saturados y, además, se aumenta la cantidad de cargas eléctricas en la película de pasivación, se potencia la capacidad del electrodo de plata para formar un contacto con el sustrato de Si y, por tanto, se puede reducir la resistencia en serie de una célula solar.

En el método para fabricar una célula solar de acuerdo con la invención, después de haber formado la película de pasivación en un aparato formador de la película de pasivación, se puede llevar a cabo consecutivamente la etapa de recocido en el mismo aparato. Esta realización no solo elimina la necesidad de instalar un aparato más separado para la etapa de recocido, sino que también tiene la ventaja de que la etapa de recocido ejerce su efecto al máximo. En esta realización, la etapa de recocido se puede llevar a cabo en una cámara de calentamiento que está dispuesta aguas abajo de una cámara formadora de película del aparato formador de película. De forma alternativa, la etapa de recocido se puede llevar a cabo en la cámara formadora de película posteriormente a la formación de la película. Asimismo, el aparato formador de película usado en el presente documento puede ser de CVD o PVD.

En el método para fabricar una célula solar que no forma parte de la invención, el tipo de conductividad de un sustrato semiconductor puede ser de tipo p o de tipo n. Aunque el método para fabricar una célula solar cuya superficie posterior está revestida completamente con un electrodo es tal como se ha descrito anteriormente, por ejemplo, la invención se puede aplicar también a una célula solar cuya superficie posterior está pasivada. Como ejemplo que no forma parte de la invención se describe a continuación el método para fabricar una célula solar usando un sustrato de silicio de tipo n.

La Fig. 2 es una vista transversal que muestra la estructura de una célula solar general de tipo pasivación posterior. En la Fig. 2 se ilustran un sustrato semiconductor 7, las regiones de difusión 8 y 9, las películas antirreflectantes/de pasivación 10 y 11, un electrodo anterior 12 y un electrodo posterior 13.

Se describe cómo fabricar la célula solar de la Fig. 2. El sustrato semiconductor 7 usado en el presente documento es frecuentemente un sustrato de silicio de tipo n dopado con una impureza de tipo n, tal como fósforo, y que tiene una resistividad de 0,1 a 4,0  $\Omega \cdot \text{cm}$ . El sustrato de silicio de tipo n puede ser de silicio monocristalino o policristalino. El sustrato usado tiene preferentemente forma de placa con unas dimensiones de 100 a 150  $\text{mm}^2$  y un espesor de 0,05 a 0,30 mm. Al sustrato de silicio de tipo n que se corresponde con la superficie receptora de luz de una célula solar, se le provee de una estructura irregular conocida como textura, por ejemplo, mediante inmersión en una solución ácida para eliminar los daños superficiales causados por el corte o similares, decapado químico en una solución alcalina, limpieza y secado.

Seguidamente se forma una máscara de SiN o similar solamente sobre la superficie posterior del sustrato de silicio de tipo n mediante la CVD asistida por plasma mencionada anteriormente. El sustrato de silicio de tipo p se coloca en un gas caliente que contiene  $\text{BBr}_3$ , por ejemplo, a aproximadamente una temperatura de 800 °C o superior, seguido de un método de difusión térmica para difundir un elemento impureza de tipo p, tal como boro, solamente en la superficie anterior del sustrato de silicio de tipo n, formando de este modo una capa de difusión 8 de tipo p que tiene una resistencia laminar de aproximadamente 30 a 300  $\Omega/\square$  en la superficie anterior. Después, el sustrato de silicio de tipo n se sumerge en una solución de ácido fluorhídrico, por ejemplo, para retirar por decapado el SiN y la capa vítrea formada sobre la superficie del sustrato de silicio de tipo n durante la difusión. Tras esto, se forma una máscara de SiN o similar solamente sobre la capa de difusión de tipo p en la cara de la superficie anterior mediante la CVD asistida por plasma mencionada anteriormente. El sustrato de silicio de tipo n se coloca en un gas caliente que contiene  $\text{POCl}_3$ , por ejemplo, a aproximadamente una temperatura de 800 °C o superior, seguido de un método de difusión térmica para difundir un elemento impureza de tipo n, tal como fósforo, solamente en la superficie posterior del sustrato de silicio de tipo n, formando de este modo una capa de difusión 9 de tipo n que tiene una resistencia laminar de aproximadamente 30 a 300  $\Omega/\square$  en la superficie posterior. Después, el sustrato de silicio de tipo n se sumerge en una solución de ácido fluorhídrico, por ejemplo, para retirar por decapado el SiN y la capa vítrea formada sobre la superficie del sustrato de silicio de tipo n durante la difusión.

Posteriormente se forma una película antirreflectante/de pasivación 10 sobre la superficie anterior del sustrato de silicio de tipo n. La película antirreflectante/de pasivación 10 está hecha normalmente de SiN y se forma mediante CVD asistida por plasma, por ejemplo. Se diluye una mezcla gaseosa de  $\text{SiH}_4$  y  $\text{NH}_3$  con  $\text{N}_2$  y se crea un plasma gaseoso mediante descomposición por descarga luminiscente, a partir del cual se deposita el SiN. La película antirreflectante/de pasivación se forma de modo que tenga un índice de refracción de aproximadamente 1,8 a 2,3, teniendo en cuenta la diferencia de índice de refracción del sustrato de silicio de tipo n, y un espesor de aproximadamente 500 a 1000 Å con el fin de prevenir la reflexión de la luz por la superficie del sustrato de silicio de tipo n para que la luz pueda ser absorbida eficazmente en el sustrato de silicio de tipo n. El SiN funciona también como película de pasivación que tiene un efecto de pasivación en la capa de difusión de tipo p durante su formación. El efecto de pasivación combinado con el efecto antirreflejante mejora las propiedades eléctricas de una célula solar. Aunque se describe una película antirreflectante/de pasivación de SiN en el presente documento como ejemplo característico, esta puede ser de cualquiera de los siguientes:  $\text{MgF}_2$ ,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , SiO, SiN,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{Ta}_2\text{O}_5$  y ZnS, o incluso un apilamiento de tales capas, tal como se ha mencionado previamente.

Posteriormente se forma una película antirreflectante/de pasivación 11 sobre la superficie posterior del sustrato de silicio de tipo n. La película antirreflectante/de pasivación 11 está hecha normalmente de SiN y se forma mediante CVD asistida por plasma, por ejemplo. Se diluye una mezcla gaseosa de SiH<sub>4</sub> y NH<sub>3</sub> con N<sub>2</sub> y se crea un plasma gaseoso mediante descomposición por descarga luminiscente, a partir del cual se deposita el SiN. La película antirreflectante/de pasivación se forma de modo que tenga un índice de refracción de aproximadamente 1,7 a 2,4 y un espesor de aproximadamente 500 a 3000 Å, teniendo en cuenta principalmente el efecto de pasivación de la capa de difusión de tipo n. La película funciona principalmente como película de pasivación que tiene un efecto de pasivación en la capa de difusión de tipo n. El efecto de pasivación combinado con el efecto antirreflejante mejora las propiedades eléctricas de una célula solar. Aunque se describe una película antirreflectante/de pasivación de SiN en el presente documento como ejemplo característico, esta puede ser de cualquiera de los siguientes: MgF<sub>2</sub>, SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, SiO, SiN, TiO<sub>2</sub>, Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y ZnS, o incluso un apilamiento de tales capas, tal como se ha mencionado previamente. Aunque la película antirreflectante/de pasivación sobre la superficie anterior se forma en primer lugar y la película antirreflectante/de pasivación sobre la superficie posterior se forma después en la realización ilustrada, el orden de formación de las películas antirreflectantes/de pasivación puede ser primero sobre la superficie posterior y después sobre la superficie anterior.

Una vez que se han formado las películas antirreflectantes/de pasivación sobre las superficies anterior y posterior tal como se ha descrito previamente, se lleva a cabo un tratamiento de recocido mediante el procedimiento descrito anteriormente.

Seguidamente se imprime mediante serigrafía una pasta conductora que contiene plata, fritada de vidrio, barniz y similares, por ejemplo, y se seca sobre la superficie posterior del sustrato. Posteriormente se imprime mediante serigrafía una pasta conductora que contiene plata, fritada de vidrio, barniz y similares, por ejemplo, y se seca sobre la superficie anterior. Después de eso, las pastas para los electrodos respectivos se cuecen a una temperatura de aproximadamente 500 a 950 °C, mediante lo cual se forman un electrodo anterior 12 y un electrodo posterior 13. Aunque la técnica de impresión serigráfica se describe como una técnica habitual para la formación de electrodos, los electrodos se pueden formar también mediante evaporación, pulverización iónica o similar.

En el método para fabricar una célula solar de silicio cristalino que usa un sustrato de silicio de tipo n tal como el descrito previamente, la capa de difusión con una elevada densidad del estado de la interfaz que se ha de pasivar mediante la película de pasivación está sobre la superficie anterior y sobre la superficie posterior. Por tanto, el efecto de mejora de las propiedades eléctricas mediante la aplicación de la etapa de recocido normalmente tras la formación de la película antirreflectante/de pasivación es mayor que el efecto del uso de un sustrato de silicio de tipo p.

### Ejemplos

A continuación se dan ejemplos y ejemplos comparativos para ilustrar adicionalmente la invención, aunque la invención no se limita a los mismos.

#### Ejemplo y Ejemplo comparativo

Un sustrato de silicio de tipo p de silicio monocristalino de tipo p dopado con boro que se había cortado en rebanadas de un espesor de 0,2 mm y que tenía una resistividad de aproximadamente 1 Ω.cm se mecanizó a lo largo de la periferia exterior en una placa cuadrada de 15 cm de lado. El sustrato de silicio de tipo p se sumergió en una solución de ácido fluoronítrico durante 15 segundos para decapar la capa dañada, se decapó químicamente durante 5 minutos en una solución que contenía un 2 % en peso de KOH y un 2 % en peso de alcohol isopropílico (IPA) a 70 °C, se lavó con agua desionizada, y se secó, formando de este modo una textura sobre la superficie del sustrato de silicio de tipo p. Después, el sustrato de silicio de tipo p se colocó en una atmósfera gaseosa de POCl<sub>3</sub>, y se sometió a difusión térmica a una temperatura de 870 °C durante 30 minutos, formándose así una capa de tipo n sobre el sustrato de silicio de tipo p. La capa de tipo n tenía una resistencia laminar de aproximadamente 40 ohmios/cuadrado (Ω/□) y una profundidad de 0,4 μm. Se aplicó como revestimiento una resina resistente a ácidos sobre la capa de tipo n, tras lo cual el sustrato de silicio de tipo p se sumergió en una solución de ácido fluoronítrico durante 10 segundos a fin de eliminar la capa de tipo n donde no había resina resistente a ácidos. Tras esto, el revestimiento de resina resistente a ácidos se retiró, obteniendo un sustrato de silicio de tipo p que tenía una capa de tipo n solamente sobre la superficie anterior. Posteriormente, mediante CVD asistida por plasma usando SiH<sub>4</sub>, NH<sub>3</sub> y N<sub>2</sub>, se depositó una película de SiN como película antirreflectante/de pasivación con un espesor de 1000 Å sobre la superficie del sustrato de silicio de tipo p que soportaba la capa de tipo n.

Seguidamente, el sustrato de silicio de tipo p se recoció en un horno horizontal discontinuo en las siguientes condiciones: una atmósfera de N<sub>2</sub>, una temperatura de 600 °C y un tiempo de 10 minutos. Los sustratos muestran se dividieron en dos grupos, los sustratos de un grupo se recoció (Ejemplo) mientras que los sustratos del otro grupo no se recoció (Ejemplo comparativo). Sobre la superficie posterior de los sustratos de silicio de tipo p de ambos grupos, se imprimió una pasta conductora de aluminio y se secó a 150 °C. Tras esto, sobre la superficie anterior de los sustratos de silicio de tipo p de ambos grupos, se formó un electrodo colector en un horno horizontal discontinuo aplicando una pasta conductora de plata mediante la técnica de impresión serigráfica y se secó a 150 °C.

Posteriormente, los sustratos así tratados se introdujeron en un horno de cocción en el que se cocieron las pastas conductoras a una temperatura máxima de 800 °C para formar electrodos, acabando las células solares. Se midieron las propiedades eléctricas de estas células solares.

- 5 La Tabla 1 muestra los valores promedio de las propiedades eléctricas de diez células solares fabricadas tal como se ha descrito anteriormente en el Ejemplo o en el Ejemplo comparativo.

Tabla 1

	Corriente de cortocircuito (mA/cm <sup>2</sup> )	Tensión en circuito abierto (mV)	Factor de forma (%)	Eficacia de conversión (%)
Ejemplo comparativo	34,2	621	77,4	16,4
Ejemplo	34,9	625	77,6	16,9

- 10 Como se puede observar en la Tabla 1, las propiedades eléctricas de las células solares mejoran por la etapa de recocido de acuerdo con la invención, siendo la mejora de la eficacia de conversión un valor absoluto del 0,5 %.

**Listado de signos de referencia**

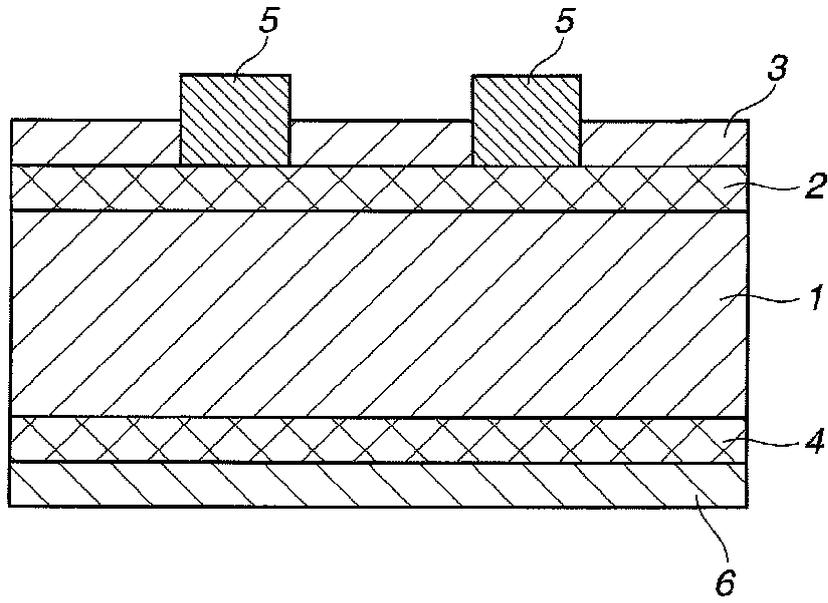
- 1 sustrato semiconductor
- 2 región de difusión
- 3 película antirreflectante/de pasivación
- 4 capa BSF
- 5 electrodo anterior
- 6 electrodo posterior
- 7 sustrato semiconductor
- 8 región de difusión
- 9 región de difusión
- 10 película antirreflectante/de pasivación
- 11 película antirreflectante/de pasivación
- 12 electrodo anterior
- 13 electrodo posterior

15

**REIVINDICACIONES**

1. Un método para fabricar una célula solar que tiene una superficie receptora de luz, que comprende las etapas de:
  - 5 formar una capa de difusión de tipo n en la superficie de un sustrato de silicio de tipo p en la cara receptora de luz,  
formar una película antirreflectante/de pasivación sobre el sustrato sobre dicha capa de difusión, estando hecha la película antirreflectante/de pasivación de SiN y formándose esta mediante CVD asistida por plasma,  
10 recocer después el sustrato, siendo la etapa de recocido a una temperatura de 500 °C a 850 °C en una atmósfera de H<sub>2</sub>, N<sub>2</sub> o una mezcla de los mismos, y después formar electrodos sobre el sustrato y cocer los electrodos.
2. Un método de acuerdo con la reivindicación 1 en el que la etapa de formación de una capa de difusión es un  
15 método de difusión térmica.
3. Un método de acuerdo con la reivindicación 2 en el que la capa de difusión de tipo n se forma sobre toda la superficie receptora de luz del sustrato.
4. Un método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3 en el que la película antirreflectante/de  
20 pasivación tiene un índice de refracción de 1,8 a 2,3.
5. Un método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4 en el que el tiempo de la etapa de recocido es de 10 segundos a 90 minutos.
- 25 6. Un método de acuerdo con la reivindicación 5 en el que el tiempo de la etapa de recocido es de 30 segundos a 30 minutos.
7. Uso de un aparato formador de película para formar una película antirreflectante/de pasivación en un método de  
30 acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, comprendiendo el aparato formador de película medios para formar la película antirreflectante/de pasivación y una cámara de calentamiento en la que se lleva a cabo la etapa de recocido posteriormente a la formación de la película antirreflectante/de pasivación.

**FIG.1**



**FIG.2**

