

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 992 035**

51 Int. Cl.:

**H01L 31/068** (2012.01)

**H01L 31/18** (2006.01)

12

## TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **15.11.2016** **PCT/JP2016/083811**

87 Fecha y número de publicación internacional: **24.05.2018** **WO18092189**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **15.11.2016** **E 16886820 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **07.08.2024** **EP 3355364**

54 Título: **Procedimientos de fabricación de una célula solar de conversión fotoeléctrica de alta eficiencia**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**05.12.2024**

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**MITTA RYO;**  
**WATABE TAKENORI y**  
**OHTSUKA HIROYUKI**

74 Agente/Representante:

**GONZÁLEZ PECES, Gustavo Adolfo**

ES 2 992 035 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

Procedimientos de fabricación de una célula solar de conversión fotoeléctrica de alta eficiencia

**Campo técnico**

- 5 La presente invención se refiere a una célula solar de tipo contacto en la superficie trasera con alta eficiencia de conversión fotovoltaica, un procedimiento para fabricar la misma, un módulo de célula solar y un sistema de generación de energía fotovoltaica.

**Técnica antecedente**

- 10 Una célula solar está hecha típicamente de silicio multicristalino, silicio monocristalino, o similares, en forma de placa con un tamaño de 100 a 150 mm cuadrados y un espesor de 0,1 a 0,3 mm, y un material principal para la célula solar es un sustrato semiconductor de tipo p dopado con impurezas de tipo p como el boro. En esta célula solar, se forman una capa de difusión de tipo n (capa emisora) y una película antirreflectante en una superficie receptora de luz que recibe luz solar, y se forma un electrodo que penetra en la película antirreflectante para estar en contacto con la capa emisora.

- 15 En la célula solar, el electrodo es esencial para sacar una corriente obtenida por conversión fotovoltaica. Sin embargo, dado que la luz solar no puede entrar en la célula por debajo de las regiones del electrodo en la superficie receptora de luz debido al apantallamiento por el electrodo, cuanto mayor sea el área del electrodo, más se degrada la eficiencia de conversión y más disminuye la corriente. Dicha pérdida de corriente debida al electrodo formado en la superficie receptora de luz se denomina pérdida de sombra.

- 20 Por el contrario, una célula solar del tipo de contacto en la superficie trasera no tiene pérdida de sombra, ya que no se forma ningún electrodo en la superficie receptora de luz y, por lo tanto, puede absorber en ella casi el 100% de la luz solar incidente, excepto una pequeña cantidad de luz reflejada que la película antirreflectante no consiguió evitar que se reflejara. Por tanto, en principio es posible lograr una elevada eficiencia de conversión.

- 25 Típicamente, una célula solar 100 del tipo de contacto en la superficie trasera tiene una estructura seccional como la ilustrada en la Fig. 1. La célula solar 100 del tipo de contacto en la superficie trasera incluye un sustrato semiconductor 101, una capa emisora 104, una capa BSF (Back Surface Field) 106, películas antirreflectantes con propiedades de pasivación 107, 108, y electrodos 109, 110.

- 30 El sustrato semiconductor 101 es un material principal para la célula solar 100 de tipo contacto en la superficie trasera, y está hecho de silicio monocristalino, silicio multicristalino o similar. Aunque puede utilizarse un sustrato de tipo p o de tipo n, a menudo se utiliza un sustrato de silicio de tipo n dopado con impurezas de tipo n, como el fósforo. En lo sucesivo, se describirá tomando como ejemplo el caso de utilización del sustrato de silicio de tipo n. Para el sustrato semiconductor 101, se prefiere un sustrato en forma de placa con un tamaño de 100 a 150 mm cuadrados y un grosor de 0,1 a 0,3 mm, y una superficie principal se utiliza como superficie receptora de luz, y la otra superficie principal se utiliza como superficie no receptora de luz (superficie trasera).

- 35 En la superficie receptora de luz se forma una estructura cóncavo-convexa para el confinamiento óptico. La estructura cóncavo-convexa se obtiene sumergiendo el sustrato semiconductor 101 en una solución ácida o alcalina durante cierto tiempo. Normalmente, esta estructura cóncavo-convexa se denomina textura.

La superficie trasera está formada con la capa emisora 104 que es una capa de difusión de tipo p dopada con impurezas de tipo p, como el boro, y la capa BSF 106 que es una capa de difusión de tipo n dopada con impurezas de tipo n, como el fósforo.

- 40 Las películas antirreflectantes con propiedades de pasivación 107, 108, hechas de SiN (nitruro de silicio) o similares se forman además sobre la superficie receptora de luz formada con la textura y la superficie trasera formada con la capa emisora 104 y la capa BSF 106, respectivamente.

- 45 A continuación, el electrodo 109 se forma de modo que esté en contacto con la capa emisora 104, y el electrodo 110 se forma de modo que esté en contacto con la capa BSF 106. Estos electrodos pueden formarse por pulverización catódica o similar después de abrir los contactos utilizando la pasta de grabado o similar, o pueden formarse utilizando el procedimiento de serigrafía. Cuando se utiliza el procedimiento de serigrafía, se imprime pasta de plata conductora con partículas de vidrio o similar sobre las películas antirreflectantes con propiedades de pasivación 108 y se seca para que esté en contacto con la capa emisora 104 y la capa BSF 106, respectivamente, después de la cocción. Mediante la cocción de la pasta de plata conductora, el electrodo 109 en contacto con la capa emisora 104 y el electrodo 110 en contacto con la capa BSF 106 se forman respectivamente penetrando las películas antirreflectantes con propiedades de pasivación 107, 108. Los electrodos 109, 110 están formados cada uno por un electrodo de barra colectora para tomar externamente una corriente de fotogeneración generada en la célula solar 100 de tipo contacto en la superficie trasera, y un electrodo de dedo colector de corriente en contacto con el electrodo de barra colectora (se omite la ilustración).

En la célula solar de tipo contacto en la superficie trasera con la estructura ilustrada en la Fig. 1, si las regiones adyacentes entre la capa emisora como capa de difusión de tipo p y la capa BSF como capa de difusión de tipo n son largas en total dentro de la superficie trasera, en una condición de funcionamiento, a saber, cuando se aplica polarización hacia delante, fluye fácilmente una corriente de fuga debido a un efecto túnel o a través de estados de impureza, dificultando así la mejora de la eficiencia de conversión.

Además, en caso de que la capa emisora y la capa BSF sean adyacentes, cuando los electrodos se forman en una capa, la posición formada puede desplazarse para hacer que el electrodo esté también en contacto con la otra capa, reduciendo así la resistencia paralela. Este problema es particularmente significativo cuando los electrodos se forman sobre la capa BSF, típicamente formada con una anchura pequeña en comparación con la anchura de la capa emisora.

Estos problemas pueden evitarse formando la capa emisora y la capa BSF con un cierto espacio formado entre ellas en toda la superficie trasera. En este momento, la separación entre la capa emisora y la capa BSF es preferiblemente estrecha con moderación. Sin embargo, si se quiere controlar la separación del orden de varias  $\mu\text{m}$  a varias decenas de  $\mu\text{m}$ , el coste de fabricación sería elevado y la productividad se degradaría, por lo que dicho control no es realista. Mientras tanto, cuando la separación se amplía del orden de varios centenares de  $\mu\text{m}$ , no queda más remedio que hacer que el área de la capa emisora sea relativamente pequeña, lo que provoca una degradación de la eficacia de captación de portadores minoritarios y, por tanto, disminuye la corriente. Es decir, la eficiencia de conversión se degrada.

En consecuencia, se ha propuesto un procedimiento para excavar una zanja entre la capa emisora y la capa BSF utilizando un láser o similar para separar espacialmente las dos capas (cf. Documento de Patente 1, Documento de No Patente 1). Sin embargo, dicho procesamiento tiene el riesgo de dañar el cuerpo del sustrato semiconductor y provocar una degradación de la eficiencia de conversión y, además, la adición de la etapa de procesamiento aumenta el coste de fabricación. Cuando la separación de las dos capas es incompleta y quedan algunas regiones no separadas, se concentra una corriente de fuga en las regiones no separadas en el caso de que se aplique una polarización inversa a la célula solar. Por ejemplo, cuando una parte del módulo formado por las células solares está a la sombra, se aplica una polarización inversa a la célula solar situada en el lugar a la sombra, y se concentra en ella una corriente de fuga. El lugar donde se concentra la corriente de fuga así descrita se calienta localmente y, por tanto, tiene riesgo de inflamación.

Para eliminar este riesgo, los fabricantes de células y módulos solares incorporan diodos de derivación en el módulo, y también miden una corriente de fuga de la célula bajo polarización inversa. Cuando la corriente medida del módulo supera un valor estándar, no envían dicho módulo como producto. Sin embargo, en la célula solar del tipo de contacto en la superficie trasera, es difícil cumplir el valor estándar, ya que el límite entre la capa emisora como capa de difusión de tipo p y la capa BSF como capa de difusión de tipo n es muy largo en comparación con el de una célula solar típica. Esto ha provocado un problema, ya que el rendimiento disminuye cuando se aplica estrictamente el valor estándar ponderando el rendimiento y la seguridad, mientras que el rendimiento y la seguridad disminuyen cuando se da prioridad al rendimiento.

El Documento de Patente 2 divulga una célula solar que incluye un sustrato semiconductor, una capa de tunelización en una superficie del sustrato semiconductor, una área de primer tipo de conductividad en la capa de tunelización, una área de segundo tipo de conductividad en la capa de tunelización y separada del área de segundo tipo de conductividad por un área de barrera que incluye un semiconductor intrínseco.

## Referencias del estado de la técnica

### Documentos de patente

Documento de patente 1: JP 2013-521645 T  
Documento de patente 2: Biol., 2014, 311567, A1.

### Documentos no de patente

Documento no patente 1: Ngwe Zin et al., "LASER-ASSISTED SHUNT REMOVAL ON HIGH-EFFICIENCY SILICON SOLAR CELLS, "27th European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition, September 2012

## Sumario de la invención

### Problemas a resolver mediante la invención

La presente invención se realizó con el fin de resolver el problema anterior, y es un objeto de la presente invención proporcionar procedimientos para fabricar una célula solar de tipo de contacto en la superficie trasera con alta eficiencia de conversión fotovoltaica.

La presente invención se expone en el juego de reivindicaciones adjunto.

### Medios para resolver los problemas

- (1) Una célula solar de alta eficiencia de conversión fotovoltaica resultante de los procedimientos según la presente invención incluye en una superficie trasera, como superficie no receptora de luz, un sustrato semiconductor de primer tipo de conductividad; una capa de difusión de primer tipo de conductividad en la que se difunden impurezas de primer tipo de conductividad; una capa de difusión de segundo tipo de conductividad en la que se difunden impurezas de segundo tipo de conductividad; y una capa de alta resistividad formada entre la capa de difusión de primer tipo de conductividad y la capa de difusión de segundo tipo de conductividad.
- (2) En este momento, cualquiera de un primer electrodo en contacto con la capa de difusión de primer tipo de conductividad y un segundo electrodo en contacto con la capa de difusión de segundo tipo de conductividad también pueden estar en contacto con la capa de alta resistividad.
- Tal como se ha descrito, dado que esta célula solar obtenida tiene una estructura sencilla en la que la capa de difusión de primer tipo de conductividad y la capa de difusión de segundo tipo de conductividad correspondientes a la capa BSF y a la capa emisora están separadas entre sí por la capa de alta resistividad, es posible fabricar fácilmente la célula solar con un buen rendimiento a bajo coste. Con la capa emisora y la capa BSF separadas entre sí por la capa de alta resistividad, en una condición de funcionamiento, a saber, cuando se aplica polarización hacia delante, se interrumpe una corriente de fuga para evitar la reducción de la resistencia en paralelo, lo que permite obtener una célula solar del tipo de contacto en la superficie trasera con una buena eficiencia de conversión. Cuando se aplica la polarización inversa, la corriente se filtra uniformemente por toda la superficie de la célula, lo que evita que la célula se caliente localmente y sufra daños críticos por ignición o similares, mejorando así la fiabilidad. Además, en el momento de formar el electrodo sobre la capa emisora o la capa BSF, aunque la posición formada esté desplazada, el electrodo está justo en contacto con la capa de alta resistividad, lo que permite evitar la reducción de la resistencia en paralelo.
- (3) Se proporciona una diferencia de nivel en la superficie trasera del sustrato semiconductor. Cuando la superficie trasera se ve desde arriba, cualquiera de la capa de difusión de primer tipo de conductividad y la capa de difusión de segundo tipo de conductividad se proporciona en un nivel superior y la otra se proporciona en un nivel inferior, y la capa de alta resistividad puede proporcionarse en el nivel superior. En consecuencia, en el momento de formar el electrodo, especialmente en el momento de formar el electrodo sobre una capa de difusión de tipo conductor en el nivel inferior mediante la técnica de cocción a través, el electrodo apenas está en contacto con el nivel superior, y además, la capa de alta resistividad se forma cerca del extremo del nivel superior, con lo que es más improbable que el electrodo esté en contacto con la otra capa de difusión de tipo conductor.
- (4) Cuando la superficie trasera se ve desde arriba, la capa de alta resistividad puede, por ejemplo, formarse teniendo una anchura para hacer un hueco no inferior a 1  $\mu\text{m}$  ni superior a 100  $\mu\text{m}$  entre la capa de difusión de primer tipo de conductividad y la capa de difusión de segundo tipo de conductividad. De este modo es posible obtener con mayor fiabilidad un efecto de mejora de la eficiencia de conversión debido al corte de la corriente de fuga.
- (5) Por ejemplo, la capa de alta resistividad puede formarse más fácilmente mediante la difusión tanto de las impurezas del primer tipo de conductividad como de las impurezas del segundo tipo de conductividad.
- (6) Un procedimiento para fabricar una célula solar de alta eficiencia de conversión fotovoltaica según la presente invención es un procedimiento para fabricar una célula solar, en el que una capa de difusión de segundo tipo de conductividad, en la que se difunden impurezas de segundo tipo de conductividad, se forma en una primera región de una superficie trasera, como superficie no receptora de luz, de un sustrato semiconductor de primer tipo de conductividad provisto de la primera región, una segunda región, y una tercera región, una capa de difusión de primer tipo de conductividad, donde se difunden impurezas de tipo conductor, se forma en la segunda región, y una capa de alta resistividad, donde se difunden las impurezas de tipo conductor y las impurezas de tipo conductor, se forma en la tercera región entre la primera región y la segunda región, comprendiendo el procedimiento: una segunda etapa de difusión de impurezas que consiste en difundir las impurezas de segundo tipo de conductividad en toda la superficie trasera del sustrato semiconductor para formar la capa de difusión de segundo tipo de conductividad; una etapa de formación de una capa protectora que consiste en formar una capa protectora sobre la capa de difusión de segundo tipo de conductividad; una primera etapa de eliminación de la capa protectora que consiste en eliminar una porción de la capa protectora que cubre la segunda región al tiempo que se reduce el espesor de una porción de la capa protectora que cubre la tercera región desde un espesor original de la capa protectora hasta casi 0, desde un límite con una porción que cubre la primera región hasta un límite con la porción que cubre la segunda región; una etapa de eliminación de la capa de difusión de segundo tipo de conductividad que consiste en eliminar la capa de difusión de segundo tipo de conductividad que queda expuesta tras la eliminación de la capa protectora, para exponer la segunda región; una primera etapa de difusión de impurezas que consiste en difundir las impurezas de primer tipo de conductividad en la segunda región y la tercera región a través de la porción en la que se estrecha la capa protectora, para formar respectivamente la capa de difusión de primer tipo de conductividad y la capa de alta resistividad; y una segunda etapa de eliminación de la capa protectora que consiste en eliminar la capa protectora restante.
- (7) Otro procedimiento para fabricar una célula solar de alta eficiencia de conversión fotovoltaica según la presente invención es un procedimiento para fabricar una célula solar, en el que una capa de difusión de segundo tipo de conductividad, en la que se difunden impurezas de segundo tipo de conductividad, se forma en una primera región de una superficie trasera, como superficie no receptora de luz, de un sustrato semiconductor de primer tipo de

conductividad provisto de la primera región, una segunda región, y una tercera región, una capa de difusión de primer tipo de conductividad, donde se difunden las impurezas de primer tipo de conductividad, se forma en la segunda región, y una capa de alta resistividad, donde se difunden las impurezas de primer tipo de conductividad y las impurezas de segundo tipo de conductividad, se forma en la tercera región entre la primera región y la segunda región, comprendiendo el procedimiento: una primera etapa de difusión de impurezas que consiste en difundir las impurezas de primer tipo de conductividad en toda la superficie trasera del sustrato semiconductor para formar la capa de difusión de primer tipo de conductividad; una etapa de formación de una capa protectora que consiste en formar una capa protectora sobre la capa de difusión de primer tipo de conductividad; una primera etapa de eliminación de la capa protectora que consiste en eliminar una porción de la capa protectora que cubre la primera región al tiempo que se reduce el espesor de una porción de la capa protectora que cubre la tercera región desde un espesor original de la capa protectora hasta casi 0, desde un límite con una porción que cubre la segunda región hasta un límite con la porción que cubre la primera región; una etapa de eliminación de la capa de difusión de primer tipo de conductividad que consiste en eliminar la capa de difusión de primer tipo de conductividad que queda expuesta tras la eliminación de la capa protectora, para exponer la primera región; una segunda etapa de difusión de impurezas que consiste en difundir las impurezas de segundo tipo de conductividad en la primera región y la tercera región a través de la porción donde se estrecha la capa protectora, para formar respectivamente la capa de difusión de segundo tipo de conductividad y la capa de alta resistividad; y una segunda etapa de eliminación de la capa protectora que consiste en eliminar la capa protectora restante.

En las células solares fabricadas mediante estos procedimientos de fabricación, la capa de difusión de segundo tipo de conductividad como capa emisora y la capa de difusión de primer tipo de conductividad como capa BSF están separadas entre sí por la capa de alta resistividad que puede formarse fácilmente con un buen rendimiento. Por lo tanto, en el caso de una condición de funcionamiento, es decir, cuando se aplica polarización hacia delante, se interrumpe una corriente de fuga para evitar la reducción de la resistencia en paralelo, lo que permite obtener una célula solar con una alta eficiencia de conversión. Cuando se aplica la polarización inversa, se filtra uniformemente una corriente en el plano de la célula, lo que evita que la célula se caliente localmente y se dañe de forma crítica por ignición o similares, mejorando así la fiabilidad. Además, en el momento de formar el electrodo sobre la capa emisora o la capa BSF, aunque la posición formada esté desplazada, el electrodo está justo en contacto con la capa de alta resistividad, lo que permite evitar la reducción de la resistencia en paralelo.

(8) La capa protectora puede eliminarse y hacerse más fina en la primera etapa de eliminación de la capa protectora, por ejemplo, aplicando pasta de grabado a la porción de la capa protectora que cubre la segunda región o irradiando la misma porción con láser. Aplicando pasta de grabado a la porción que cubre la segunda región o irradiando la misma porción con láser, una solución de grabado que fluye de la pasta de grabado o la energía del láser se propaga a la porción que cubre la tercera región adyacente a la segunda región, y la energía aumenta continuamente desde la posición más alejada propagada hasta el límite entre la tercera región y la segunda región. Por consiguiente, no sólo se puede eliminar la capa protectora de la segunda región, sino que también se puede eliminar parcialmente la capa protectora de la tercera región, de forma que su grosor se reduzca desde el grosor original de la capa protectora hasta casi 0.

(9) La capa protectora puede ser una capa de óxido de silicio, una capa de nitruro de silicio, una capa de vidrio con impurezas o un laminado formado por la laminación de dos o más de estas capas. Así, por ejemplo, dejando tal cual la capa de vidrio formada en el momento de la difusión de impurezas y utilizándola como capa protectora, la célula solar puede fabricarse más fácil y económicamente omitiendo la etapa de eliminación de la capa de vidrio.

(10) Una pluralidad de células solares de alta eficiencia de conversión fotovoltaica fabricadas por los procedimientos de la presente invención pueden conectarse para constituir un módulo de células solares.

(11) Puede constituirse un sistema de generación de energía fotovoltaica utilizando los módulos de células solares formados mediante la conexión de dicha pluralidad de células solares.

#### Breve descripción de los dibujos

La Fig. 1 es una vista que ilustra un ejemplo de configuración de una célula solar convencional de tipo contacto en la superficie trasera.

Las Fig. 2(a) y 2(b) son vistas que ilustran una configuración de una célula solar de tipo contacto en la superficie trasera que no forma parte de la presente invención.

La Fig. 3 es un diagrama de flujo que ilustra un procedimiento de fabricación de la célula solar de tipo contacto en la superficie trasera, sin que dicho procedimiento forme parte de la presente invención.

Las Fig. 4(a) y 4(b) son otras vistas que ilustran la configuración de la célula solar de tipo contacto en la superficie trasera resultante de los procedimientos de la presente invención.

La Fig. 5 es otro diagrama de flujo que ilustra el procedimiento de fabricación de la célula solar de tipo contacto en la superficie trasera de la presente invención.

La Fig. 6 es una vista esquemática que ilustra un ejemplo de configuración de un módulo de células solares configurado utilizando las células solares de tipo contacto en la superficie trasera de la presente invención.

La Fig. 7 es una vista esquemática que ilustra un ejemplo de configuración de una superficie trasera del módulo de células solares ilustrado en la Fig. 6.

La Fig. 8 es una vista esquemática que ilustra un ejemplo de configuración de una sección transversal del módulo de células solares ilustrado en la Fig. 6.

La Fig. 9 es una vista esquemática que ilustra un ejemplo de configuración de un sistema de generación de energía fotovoltaica configurado utilizando los módulos de células solares ilustrados en la Fig. 6.

## 5 Descripción de las realizaciones

Las realizaciones de la presente invención se describirán en detalle a continuación. Un elemento común entre los dibujos, incluido el dibujo utilizado para describir la técnica anterior, se proporciona con el mismo número de referencia.

### [Ejemplo que no forma parte de la presente invención]

La Fig. 2(a) ilustra una configuración de una célula solar 200 de tipo contacto en la superficie trasera. La célula solar 200 de tipo contacto en la superficie trasera incluye un sustrato semiconductor 101, una capa emisora 104, una capa BSF 106, películas antirreflectantes con propiedades de pasivación 107, 108, electrodos 109, 110, y una capa de alta resistividad 202. La célula solar de tipo contacto en la superficie trasera 200 se obtiene formando la capa de alta resistividad 202 entre la capa emisora 104 y la capa BSF 106 de la célula solar de tipo contacto en la superficie trasera convencional 100 ilustrada en la Fig. 1. En lo sucesivo, se describirá un proceso de fabricación de la célula solar 200 del tipo de contacto en la superficie trasera con referencia a la Fig. 3.

El sustrato semiconductor 101 es un material principal para la célula solar 200 de tipo contacto en la superficie trasera, y está hecho de silicio monocristalino, silicio multicristalino o similar. Aunque puede utilizarse tanto un sustrato de tipo p como un sustrato de tipo n, en este texto se hará una descripción tomando como ejemplo el caso de un sustrato de silicio de tipo n que contiene impurezas como el fósforo y tiene una resistividad de 0,1 a 4,0  $\Omega$ -cm. Para el sustrato semiconductor 101, se prefiere un sustrato en forma de placa con un tamaño de 100 a 150 mm cuadrados y un grosor de 0,05 a 0,30 mm, y una superficie principal se utiliza como superficie receptora de luz, y la otra superficie principal se utiliza como superficie no receptora de luz (superficie trasera).

Antes de la fabricación de la célula solar 200 de tipo contacto en la superficie trasera, el sustrato semiconductor 101 se sumerge en una solución ácida o similar para el grabado de daños, con el fin de eliminar los daños en la superficie causados por el corte o similares, y a continuación el sustrato semiconductor 101 se limpia y se seca.

La capa emisora 104 se forma en la superficie trasera del sustrato semiconductor 101 después del grabado de daños (S1). En primer lugar, se forma una capa protectora 102, como una capa de óxido de silicio, en toda la superficie del sustrato semiconductor 101 (S1-1). Específicamente, se forma una capa de óxido de silicio con un grosor de capa de aproximadamente 30 a 300 nm mediante, por ejemplo, un procedimiento de oxidación térmica en el que el sustrato semiconductor 101 se coloca en una atmósfera de oxígeno a una temperatura alta de 800 a 1100°C. Posteriormente, mediante serigrafía, se aplica pasta resistente a las regiones de la capa protectora 102 distintas de las regiones para formar la capa emisora 104 en la superficie trasera del sustrato semiconductor 101, y se cura la pasta resistente (S1-2). A continuación, el sustrato semiconductor 101 se sumerge en una solución acuosa de ácido fluorhídrico para eliminar la capa protectora 102 que cubre la región de formación de la capa emisora 104 (S1-3), y se sumerge en acetona o similar para eliminar la pasta resistente 103 (S1-4). A continuación, las impurezas de tipo p se difunden mediante, por ejemplo, el procedimiento de difusión térmica en la región en la que se ha eliminado la capa protectora 102, para formar la capa emisora 104 como capa de difusión de tipo p y una capa de vidrio 105 (S1-5). Específicamente, por ejemplo colocando este sustrato semiconductor 101 en un gas de alta temperatura de 800 a 1100°C que contiene  $BB_{13}$ , el boro se difunde en las regiones no formadas con la capa protectora 102, para formar la capa de vidrio 105 y la capa emisora 104 con una resistencia de lámina de aproximadamente 20 a 300  $\Omega/\square$ . A continuación, el sustrato semiconductor 101 se sumerge en un producto químico, como una solución diluida de ácido fluorhídrico, para eliminar la capa protectora 102 restante y la capa de vidrio 105, y se limpia con agua desionizada (S1-6). Esto conduce a la formación de la capa emisora 104 donde las impurezas tipo p se difunden en una región deseada de la superficie trasera del sustrato semiconductor 101.

A continuación, la capa BSF 106 y la capa de alta resistividad 202 se forman en la superficie trasera del sustrato semiconductor 101 de la siguiente manera (S2).

La capa protectora 102, tal como una capa de óxido de silicio, se forma en toda la superficie del sustrato semiconductor 101 formado con la capa emisora 104 (S2-1). Específicamente, se forma una capa de óxido de silicio con un espesor de capa de aproximadamente 30 a 300 nm mediante, por ejemplo, un procedimiento de oxidación térmica en el que el sustrato semiconductor 101 se coloca en una atmósfera de oxígeno a una temperatura alta de 800 a 1100°C.

Posteriormente, mediante serigrafía, se aplica pasta de grabado 201 para grabar la capa protectora 102 a una región de la capa protectora 102 que protege una región no formada con la capa emisora 104 en la superficie trasera del sustrato semiconductor 101, y después se calienta la pasta impresa para que se seque (S2-2).

En este caso, justo después de la impresión y durante el calentamiento, una solución de grabado rezuma de la pasta impresa. Por esta razón, cuando se elimina la pasta de grabado 201 sumergiendo el sustrato semiconductor 101 aplicado con la pasta de grabado 201 en una solución acuosa de hidróxido de potasio o por algún otro medio, no sólo el grosor de la capa protectora 102 pasa a ser casi 0 en la región donde se ha impreso la pasta de grabado 201, sino

que también el grosor de la capa protectora 102 sobre la capa emisora 104, adyacente a la zona donde se ha impreso la pasta de grabado 201, se estrecha a partir del grosor de la formación de la capa (S2-3). Es decir, una cantidad de la solución de grabado que ha rezumado de la pasta impresa aumenta gradualmente desde la región más alejada alcanzada en la capa emisora 104 hasta la región aplicada con la pasta de grabado 201. Por lo tanto, es posible formar una porción con estrechamiento desde un grosor original de la capa formada hasta casi 0 en la capa protectora 102.

Posteriormente, en la región de la capa protectora 102 con un espesor de casi 0 y la región de la capa protectora 102 que tiene el espesor decreciente debido a la eliminación de la pasta de grabado 201, las impurezas de tipo n se difunden por el procedimiento de difusión térmica, por ejemplo. Específicamente, este sustrato semiconductor 101 se pone, por ejemplo, en un gas de alta temperatura de 850 a 1100°C que contiene  $\text{POCl}_3$  o similar. En consecuencia, en la región de la capa protectora 102 cuyo espesor es casi 0, se forman la capa de vidrio 105 y la capa BSF 106 como capa de difusión de tipo n con una resistencia de lámina de aproximadamente 30 a 300  $\Omega/\square$ . Simultáneamente, en la región donde la capa protectora 102 se estrecha, la capa de alta resistividad 202 se forma por mezcla de boro previamente difundido para la formación de la capa emisora 104 y fósforo difundido atravesando la capa protectora 102 reducida en espesor (S2-4). La resistencia de lámina de la capa de alta resistividad 202 así formada es difícil de medir con precisión, y se estima que es de varios cientos a varios miles de  $\Omega/\square$  o mayor, aunque dependiendo de la mezcla de las impurezas.

La anchura de la capa de alta resistividad 202 formada entre la capa emisora 104 y la capa BSF 106 puede controlarse cambiando la viscosidad de la pasta de grabado 201 para ajustar una cantidad de rezumado. La anchura de la capa de alta resistividad 202 debe ser de al menos 1  $\mu\text{m}$  desde el punto de vista de la prevención de una corriente de fuga entre la capa emisora 104 y la capa BSF 106 y desde el punto de vista de la flexibilización del desplazamiento de los electrodos formados. Mientras tanto, la anchura de la capa de alta resistividad 202 es preferiblemente no mayor de 100  $\mu\text{m}$  desde el punto de vista de asegurar el área mínima necesaria para la capa emisora 104.

A continuación, el sustrato semiconductor 101 se sumerge en un producto químico, como una solución diluida de ácido fluorhídrico, para eliminar la capa protectora 102 restante y la capa de vidrio 105, y se limpia con agua desionizada (S2-5). De este modo, la capa BSF 106 en la que se difunden las impurezas de tipo n se forma en la región sin la capa emisora 104 en la superficie trasera del sustrato semiconductor 101, y la capa de alta resistencia 202 en la que se difunden tanto las impurezas de tipo n como las impurezas de tipo p se forma entre la capa emisora 104 y la capa BSF 106.

Posteriormente, se forma una estructura cóncavo-convexa, que se denomina textura, en la superficie receptora de luz del sustrato semiconductor 101 (S3). La textura puede formarse sumergiendo el sustrato semiconductor 101 en una solución ácida o alcalina durante un cierto período de tiempo. Por ejemplo, la textura puede formarse aplicando pasta resistente a toda la superficie trasera del sustrato semiconductor 101 mediante serigrafía, curando la pasta resistente y, a continuación, grabando químicamente el sustrato semiconductor 101 mediante el uso de una solución acuosa de hidróxido de potasio o similar, seguido de limpieza y secado. Mediante la formación de la textura, la luz incidente de la superficie receptora de luz se refleja de forma múltiple para ser confinada en el sustrato semiconductor 101, permitiendo así una reducción efectiva de la reflectancia y una mejora de la eficiencia de conversión. A continuación, el sustrato semiconductor 101 se empapa en acetona o similar para eliminar la pasta resistente aplicada a toda la superficie trasera del sustrato semiconductor 101. Obsérvese que la textura puede formarse antes de la formación de la capa emisora 104 y la capa BSF 106. La textura también puede formarse en la superficie trasera del sustrato semiconductor 101. Además, puede formarse una capa FSF (Front Surface Field) en la superficie receptora de luz del sustrato semiconductor 101.

Posteriormente, las películas antirreflectantes con propiedades de pasivación 107, 108 de SiN (nitruro de silicio) o similares se forman respectivamente en ambas superficies del sustrato semiconductor 101 (S4). En el caso de la capa de nitruro de silicio, se forma, por ejemplo, mediante un procedimiento de CVD por plasma en el que un gas mixto de  $\text{SiH}_4$  y  $\text{NH}_3$  se diluye con  $\text{N}_2$  y se gasifica por plasma mediante descomposición por descarga luminosa, o mediante algún otro procedimiento. Cada una de las películas antirreflectantes con propiedades de pasivación 107, 108 están formadas de tal manera que un índice de refracción es de aproximadamente 1,8 a 2,3 y el espesor es de aproximadamente 50 a 100 nm en vista de una diferencia en el índice de refracción del sustrato semiconductor 101. Esta película desempeña la función de evitar la reflexión de la luz en la superficie frontal del sustrato semiconductor 101 y absorber eficazmente la luz en el sustrato semiconductor 101, y también funciona como una capa de pasivación que tiene un efecto de pasivación en la capa de difusión de tipo n, para ejercer el efecto de mejorar las características eléctricas de la célula solar. Obsérvese que las películas antirreflectantes con propiedades de pasivación 107, 108 pueden ser una película de una sola capa de óxido de silicio, carburo de silicio, silicio amorfo, óxido de aluminio, óxido de titanio o similares, o una película laminada formada mediante la combinación de los mismos. Pueden utilizarse diferentes películas para la superficie receptora de luz y la superficie trasera del sustrato semiconductor 101.

Posteriormente, se forman los electrodos 109, 110 (S5). El electrodo puede formarse, por ejemplo, proporcionando aberturas en las películas antirreflectantes con propiedades de pasivación 108 mediante pasta de grabado o similar y realizando pulverización catódica, o puede formarse mediante el procedimiento de serigrafía. En el caso de utilizar el procedimiento de serigrafía, en primer lugar, se serigrafía pasta conductora que contiene, por ejemplo, polvo de plata, frita de vidrio o vanish sobre cada una de las regiones de las películas antirreflectantes con propiedades de pasivación 108 en las que se va a formar el electrodo 109 en contacto con la capa emisora 104 y regiones de las mismas en las

que se va a formar el electrodo 110 en contacto con la capa BSF 106, y a continuación se seca la pasta conductora. A continuación, la pasta conductora impresa se cuece a una temperatura aproximada de 500°C a 950°C durante aproximadamente 1 a 60 segundos para penetrar en las películas antirreflectantes con propiedades de pasivación 108 (cocción a través). Esto hace que el polvo de plata sinterizado se conecte eléctricamente con la capa emisora 104 o la capa BSF 106 para formar los electrodos 109, 110. Obsérvese que la cocción en el momento de formar el electrodo puede realizarse una vez o puede realizarse por separado más de una vez. Además, la pasta conductora a aplicar sobre la capa emisora 104 y la pasta conductora a aplicar sobre la capa BSF 106 pueden ser diferentes.

Cada uno de los electrodos se compone de electrodos de barra colectora para tomar externamente una corriente de foto-generación generada en la célula solar, y electrodos de dedo colectores de corriente en contacto con estos electrodos de barra colectora.

Como se desprende de la descripción anterior, la capa de alta resistividad 202 puede formarse fácilmente con un buen rendimiento a bajo coste. Además, con esta capa que separa la capa emisora 104 y la capa BSF 106 entre sí, en una condición de funcionamiento, concretamente cuando se aplica polarización hacia delante, se interrumpe una corriente de fuga para evitar la reducción de la resistencia en paralelo, lo que permite obtener una célula solar con una alta eficiencia de conversión. Cuando se aplica la polarización inversa, la corriente se filtra uniformemente por toda la superficie de la célula, lo que evita que la célula se caliente localmente y sufra daños críticos por ignición o similares, mejorando así la fiabilidad.

Además, en el momento de formar el electrodo 109 o 110 en la capa emisora 104 o en la capa BSF 106, incluso si la posición formada se desplaza, el electrodo 109 o 110 está justo en contacto con la capa de alta resistividad 202 como se ilustra en la Fig. 2(b), permitiendo así evitar la reducción de la resistencia en paralelo que se produciría debido a la conexión del electrodo 109 o 110 con la otra capa.

Como se ha indicado anteriormente, de acuerdo con la configuración y el procedimiento de fabricación de la célula solar de tipo contacto en la superficie trasera, es posible proporcionar fácilmente una célula solar de tipo contacto en la superficie trasera con buen rendimiento y excelente eficiencia de conversión a bajo coste mediante menos etapas que en el procedimiento de fabricación de la célula solar de tipo contacto en la superficie trasera que tiene la estructura anterior.

Obsérvese que la región en la que la capa protectora se estrecha puede formarse mediante irradiación con láser en lugar del procedimiento de aplicación de la pasta de grabado. Es decir, en la realización anterior, la porción de la capa protectora 102 que cubre la región del sustrato semiconductor 101 donde se va a formar la capa BSF 106 se irradia con láser, por lo que la energía se inyecta en la porción de la capa protectora 102, y la energía también se propaga a partes de la capa protectora 102 que cubre la capa emisora 104 adyacente a la región irradiada con láser. La intensidad de propagación de la energía aumenta continuamente desde la posición más lejana alcanzada por la energía hasta la región irradiada con la energía, permitiendo así la formación de la capa protectora 102 con el espesor decreciente. Nótese que la porción de la capa protectora 102 que cubre la región para formar la capa BSF 106 se irradia con láser a una fluencia alta, y la porción de la capa protectora 102 que cubre la región para formar la capa de alta resistividad 202 se irradia con láser a una fluencia relativamente baja, permitiendo así un control más preciso del espesor de la capa.

La adopción del procedimiento de eliminación de la capa protectora mediante irradiación láser permite omitir la etapa de impresión, calentamiento y secado de la pasta de grabado, que es complicada y tiene un coste elevado. Es decir, en el proceso de fabricación de la Fig. 3, las dos etapas de S2-2 y S2-3 pueden realizarse mediante una etapa de irradiación con láser. Esto puede reducir aún más el coste de fabricación.

#### [Realización de la presente invención]

En el procedimiento de fabricación del ejemplo descrito anteriormente, las capas emisoras se forman en partes de la superficie trasera del sustrato semiconductor y, a continuación, las capas BSF se forman en las regiones no formadas con la capa emisora en la superficie trasera. Sin embargo, la capa emisora puede formarse una vez en toda la superficie trasera del sustrato semiconductor y, a continuación, la capa emisora en las regiones en las que se van a formar las capas BSF puede eliminarse mediante grabado alcalino o similar para formar las capas BSF en las regiones eliminadas. La Fig. 4(a) ilustra una configuración de la célula solar 200 de tipo contacto en la superficie trasera fabricada mediante un procedimiento de fabricación de la realización, y la Fig. 5 ilustra un proceso de fabricación de la misma.

El sustrato semiconductor 101 puede ser un sustrato de tipo p o un sustrato de tipo n como en la primera realización. En este contexto, se hará una descripción tomando como ejemplo el caso del sustrato de silicio de tipo n. En primer lugar, la capa emisora 104 se forma en toda la superficie trasera de la siguiente manera (S6). Las capas protectoras 102 se forman en toda la superficie del sustrato semiconductor 101 después del grabado de daños (S6-1), y se elimina la capa protectora de toda la superficie trasera (S6-2). Posteriormente, las impurezas de tipo p se difunden por toda la superficie trasera, para formar la capa emisora 104 como capa de difusión de tipo p y la capa de vidrio 105 (S6-3), y se eliminan la capa protectora 102 y la capa de vidrio 105 (S6-4). Esto permite la formación de la capa emisora 104 en toda la superficie trasera del sustrato semiconductor 101.



A continuación, la capa BSF 106 y la capa de alta resistividad 202 se forman en la superficie trasera del sustrato semiconductor 101 de la siguiente manera (S7). En primer lugar, las capas protectoras 102 se forman en cada superficie del sustrato semiconductor 101 con toda la superficie trasera formada con la capa emisora 104 (S7-1).

Posteriormente, la pasta de grabado 201 se aplica mediante serigrafía a regiones de la capa protectora 102, que cubre una región para formar la capa BSF 106, y se calienta para su secado (S7-2). En este momento, desde la impresión hasta el calentamiento, una solución de grabado rezuma de la pasta impresa.

Por esta razón, cuando se elimina la pasta de grabado 201 sumergiendo el sustrato semiconductor 101 aplicado con la pasta de grabado 201 en una solución acuosa de hidróxido de potasio o por algún otro medio, no sólo el grosor de la capa protectora 102 pasa a ser casi 0 en la región donde se ha impreso la pasta de grabado 201, sino que también el grosor de la capa protectora 102 en la capa emisora 104, adyacente a la zona donde se ha impreso la pasta de grabado 201, se estrecha a partir del grosor de la formación de la capa (S7-3). Es decir, dado que una cantidad de la solución de grabado que ha rezumado de la pasta impresa y ha alcanzado la capa emisora 104 aumenta gradualmente desde la posición más lejana alcanzada en la capa emisora 104 hasta la posición aplicada con la pasta de grabado 201. Por lo tanto, es posible formar una porción con estrechamiento desde un grosor original de la capa formada hasta casi 0 en la capa protectora 102.

Posteriormente, la capa emisora 104 formada en la región del sustrato semiconductor 101 para formar la capa BSF 106 se elimina mediante grabado alcalino o similar (S7-4). A continuación, en la región donde se ha eliminado la capa emisora 104 del sustrato semiconductor 101 y la región donde la capa protectora 102 se estrecha, las impurezas de tipo n se difunden mediante el procedimiento de difusión térmica, por ejemplo. De este modo, en la región donde se ha eliminado la capa emisora 104, se forman la capa BSF 106 como capa de difusión de tipo n y la capa de vidrio 105. Simultáneamente, la región donde la capa protectora 102 se estrecha se forma con la capa de alta resistividad 202 obtenida por mezcla de boro previamente difundido para la formación de la capa emisora 104 y fósforo difundido pasando a través de la capa protectora 102 reducida en espesor (S7-5). A continuación, se retiran la capa protectora 102 restante y la capa de vidrio 105 (S7-6). De este modo, la capa BSF 106 en la que se difunden las impurezas de tipo n se forma en la región no formada con la capa emisora 104 en la superficie trasera del sustrato semiconductor 101, y la capa de alta resistividad 202 en la que se difunden tanto las impurezas de tipo n como las impurezas de tipo p se forma entre la capa emisora 104 y la capa BSF 106.

De acuerdo con el procedimiento de la segunda realización, puesto que la etapa de modelar la resistencia para formar parcialmente la capa emisora se hace innecesario, la etapa puede eliminarse del procedimiento del ejemplo, para reducir más el coste de fabricación.

En este procedimiento, como la capa emisora se forma una vez en toda la superficie trasera del sustrato semiconductor y luego se retira la capa emisora en la porción para formar la capa BSF, se produce una diferencia de nivel entre la región en la que se ha retirado la capa emisora (es decir, la región en la que se ha formado la capa BSF) y la región en la que no se ha retirado la capa emisora (es decir, la región en la que se ha formado la capa emisora y la capa de alta resistividad), como se ilustra en la Fig. 4 (a). Específicamente, cuando la superficie trasera se ve desde arriba, la capa emisora y la capa de alta resistividad están formadas en el nivel superior y la capa BSF está formada en el nivel inferior, siendo adyacente a la capa de alta resistividad. Con la diferencia de nivel formada como se ha descrito, en el momento de formar el electrodo, especialmente en el momento de formar el electrodo sobre la capa BSF en el nivel inferior mediante la técnica de cocción a través, el electrodo apenas está en contacto con el nivel superior, y además, la capa de alta resistividad se forma cerca del extremo del nivel superior visto desde la capa BSF, con lo que es más improbable que el electrodo esté en contacto con la capa emisora (cf. Fig. 4(b)).

En este contexto, se ha ilustrado el procedimiento en el que la capa emisora se forma una vez en toda la superficie trasera del sustrato semiconductor, y posteriormente se retira la capa emisora en la región en la que se va a formar la capa BSF para formar la capa BSF en el lugar de retirada de la capa emisora. Sin embargo, la capa BSF puede formarse una vez en toda la superficie trasera del sustrato semiconductor y, a continuación, la capa BSF de la región en la que se va a formar la capa emisora puede eliminarse para formar la capa emisora en el lugar de la capa BSF eliminada. En este caso, cuando la superficie trasera se ve desde arriba, la capa BSF y la capa de alta resistividad están formadas en el nivel superior y la capa emisora está formada en el nivel inferior, siendo adyacente a la capa de alta resistividad.

## 50 [Ejemplos modificados]

Aunque el sustrato semiconductor ha sido el sustrato de silicio de tipo n en cada una de las realizaciones anteriores, cuando el sustrato semiconductor es un sustrato de silicio de tipo p, la capa emisora puede estar hecha de la capa de difusión de tipo n y la capa BSF puede estar hecha de la capa de difusión de tipo p.

Aunque en cada una de las realizaciones anteriores se ha ilustrado el caso en que la capa protectora es la capa de óxido de silicio, no es necesariamente la capa de óxido de silicio, sino que puede ser, por ejemplo, una capa de nitruro de silicio, una capa de vidrio que contenga impurezas y se forme en el momento de la difusión por adelantado, o un laminado de aquéllas. En el caso de que la capa protectora sea la capa de nitruro de silicio, cuando la capa protectora se forma mediante, por ejemplo, el procedimiento de CVD por plasma, no es necesario calentarla a alta temperatura,

evitando así la contaminación por un asesino de por vida que se produce en el caso de calentamiento a alta temperatura. Además, el uso de la capa de vidrio, formada en el momento de la difusión de impurezas, ya que es como la capa protectora puede omitir la etapa de formación de la capa protectora, para reducir así el coste de fabricación más.

La célula solar de tipo contacto en la superficie trasera producida de acuerdo con cada una de las realizaciones anteriores puede utilizarse para un módulo de célula solar. La Fig. 6 es una vista esquemática que ilustra un ejemplo de configuración de un módulo de células solares 300. El módulo de células solares 300 tiene una estructura en la que una pluralidad de células solares del tipo de contacto en la superficie trasera 200 están repartidas en forma de tejas. En cuanto a la pluralidad de células solares del tipo de contacto en la superficie trasera 200, cada una de varias a varias decenas de células mutuamente adyacentes están conectadas eléctricamente en serie para constituir un circuito en serie denominado cadena. La Fig. 7 ilustra una vista general de la cadena. La Fig. 7 corresponde a una vista esquemática de la cara interna de la superficie trasera del módulo de células solares 300 que normalmente no se ve. En la Fig. 7 se omiten los dedos y las barras colectoras para aclarar la descripción. Para constituir el circuito en serie, una barra colectora P y una barra colectora N de las células solares 200 de contacto en la superficie trasera mutuamente adyacentes están conectadas mediante cables conductores 320. La Fig. 8 ilustra una vista esquemática seccional del módulo de células solares 300. Como se ha descrito anteriormente, la cadena se configura conectando la pluralidad de células solares 200 de tipo contacto en la superficie trasera mediante la conexión de los hilos conductores 320 a las barras colectoras 310. El cordón está sellado normalmente por una carga translúcida 330 como el EVA (etileno vinil acetato), el lado de la superficie no receptora de luz (superficie trasera) está cubierto por una película de resina resistente a la intemperie 340 como el PET (polietileno tereftalato), y la superficie receptora de luz está cubierta por un material protector de la superficie receptora de luz 350 que tiene translucidez y alta resistencia mecánica, como el vidrio sodocálcico. Como carga 330, puede utilizarse poliolefina, silicona o similares distintos del EVA.

Se puede conectar una pluralidad de módulos de células solares para constituir el sistema de generación de energía fotovoltaica. La Fig. 9 es una vista esquemática que ilustra un ejemplo de configuración de un sistema de generación de energía fotovoltaica 400 formado por el acoplamiento de una pluralidad de módulos de células solares 300 constituidos por una pluralidad de células solares 200 de tipo contacto en la superficie trasera obtenidas de acuerdo con los procedimientos de la presente invención. El sistema de generación de energía fotovoltaica 400 está formado por el acoplamiento de una pluralidad de módulos de células solares 300 en serie mediante el cableado 410 y suministra la energía generada a un circuito de carga externo 430 a través de un inversor 420. Aunque no se ilustra en la Fig. 9, el sistema de generación de energía fotovoltaica puede incluir además una batería secundaria para almacenar la energía generada.

La presente invención no se limita a las realizaciones y ejemplos modificados anteriores. El alcance de la presente invención se define en el juego de reivindicaciones adjunto.

### [Ejemplos]

El efecto de la presente invención se evaluó utilizando productos fabricados por los procedimientos mostrados en los siguientes ejemplos y ejemplos comparativos.

Se preparó un sustrato de silicio de tipo n, dopado con fósforo y producido por corte para tener un espesor de 0,2 mm, y hecho de silicio monocristalino de tipo n con una resistividad de aproximadamente 1  $\Omega$ -cm, y se sometió a un procesamiento de diámetro exterior, para darle forma de placa cuadrada con una longitud lateral de 15 cm. Este sustrato se sumergió en una solución de ácido fluorhídrico durante 15 segundos para someterlo al grabado de daños, y posteriormente se limpió con agua desionizada y se secó.

### <Ejemplo comparativo 1>

En el Ejemplo comparativo 1, se fabricó una célula solar de tipo contacto en la superficie trasera por el procedimiento convencional. En concreto, tras realizar la siguiente etapa, se llevaron a cabo la primera y la segunda etapas comunes descritas más adelante.

El sustrato de silicio de tipo n después del grabado de daños se colocó en una atmósfera de oxígeno y se oxidó térmicamente a una temperatura de 1000°C durante 120 minutos, para formar una capa de óxido de silicio en cada superficie del sustrato con un espesor de 70 nm. A continuación, la pasta resistente se serigrafó en una región en la que se iba a formar la capa BSF de la capa de óxido de silicio formada en la superficie trasera del sustrato, y se calentó a una temperatura de 100°C para su secado. En este contexto, con la capa emisora de una anchura de 800  $\mu$ m y la capa BSF de una anchura de 200  $\mu$ m, se formó una placa de serigrafía con un patrón tal que tuviera la estructura de una célula de contacto en la superficie trasera interdigitada en la que las capas emisoras y las capas BSF estuvieran formadas alternativamente. Como pasta resistente se utilizó la Pasta 185 fabricada por Lektrachem Ltd. El sustrato se sumergió en una solución acuosa de ácido fluorhídrico al 2% para eliminar parcialmente la capa de óxido de silicio dejando la capa en la región en la que se iba a formar la capa BSF, y después se sumergió en acetona para eliminar la pasta de lacca, y a continuación, el sustrato se limpió con agua desionizada y se secó. A continuación, se realizó un tratamiento de difusión térmica en la superficie trasera del sustrato en una atmósfera de gas<sub>BBR3</sub> a una temperatura de

900°C durante 20 minutos, para formar una capa de difusión de tipo p como capa emisora y una capa de vidrio en la superficie trasera del sustrato. La capa de difusión de tipo p formada tenía una resistencia de lámina de unos 70  $\Omega/\square$  y una profundidad de difusión de 0,5  $\mu\text{m}$ . A continuación, este sustrato se sumergió en una solución acuosa de ácido fluorhídrico al 25%, se limpió con agua desionizada y se secó para eliminar la capa de óxido de silicio y la capa de vidrio.

El sustrato formado con la capa emisora descrita anteriormente se colocó en una atmósfera de oxígeno y se oxidó térmicamente a una temperatura de 1000°C durante 120 minutos, para formar una capa de óxido de silicio en cada superficie del sustrato con un espesor de 70 nm. A continuación, la pasta resistente se serigrafió en la capa emisora formada en lugar de la capa de óxido de silicio formada en la superficie trasera del sustrato, y se calentó a una temperatura de 100°C para su secado. En este contexto, como pasta resistente se utilizó la PASTE 185 fabricada por Lektrachem Ltd. El sustrato se sumergió en una solución acuosa de ácido fluorhídrico al 2% para eliminar parcialmente la capa de óxido de silicio, dejando la capa de la capa emisora formada en su lugar, y después se sumergió en acetona para eliminar la pasta resistente.

### Ejemplo 1

En el Ejemplo 1, se fabricó una célula solar de tipo contacto en la superficie trasera por el procedimiento del ejemplo descrito anteriormente que no forma parte de la presente invención. En concreto, tras realizar la siguiente etapa, se llevaron a cabo la primera y la segunda etapa comunes descritas más adelante.

El sustrato formado con la capa emisora como en el Ejemplo comparativo 1 se colocó en una atmósfera de oxígeno y se oxidó térmicamente a una temperatura de 1000°C durante 120 minutos, para formar una capa de óxido de silicio en cada superficie del sustrato con un espesor de 70 nm. A continuación, la pasta de grabado se serigrafió en una región en la que se iba a formar la capa BSF de la capa de óxido de silicio formada en la superficie trasera del sustrato, región que no estaba formada con la capa emisora, y se calentó a una temperatura de 300°C para que se secase. En este contexto, como pasta de grabado se utilizó la pasta SolarEtch (marca registrada) BES Tipo 10, fabricada por Merck Ltd. A continuación, el sustrato se sumergió en una solución que contenía un 1% de hidróxido de potasio, para eliminar la pasta de grabado. Mediante esta técnica, inmediatamente por debajo de la región impresa con pasta de grabado, es decir, en la región en la que se iba a formar la capa BSF no formada con la capa emisora, se eliminó la capa de óxido de silicio y el espesor de la capa pasó a ser de casi 0 nm. Además, debido a que la solución de grabado ha rezumado de la pasta de grabado impresa, la capa de óxido de silicio de la capa emisora ha disminuido su grosor de 70 nm a 0 nm en una longitud de 30  $\mu\text{m}$  desde la parte impresa hasta cada extremo del lugar.

### Ejemplo 2

En el Ejemplo 2, se fabricó una célula solar de tipo contacto en la superficie trasera por el procedimiento de la realización descrita anteriormente de la presente invención. En concreto, tras realizar la siguiente etapa, se llevaron a cabo la primera y la segunda etapa comunes descritas más adelante.

El tratamiento de difusión térmica se realizó en toda la superficie trasera del sustrato de silicio de tipo n después del grabado de daños en una atmósfera de gas  $\text{BB}_{13}$  a una temperatura de 900°C durante 20 minutos, para formar una capa de difusión de tipo p como capa emisora y una capa de vidrio. La capa de difusión de tipo p formada tenía una resistencia de lámina de unos 70  $\Omega/\square$  y una profundidad de difusión de 0,5  $\mu\text{m}$ . Este sustrato se sumergió en una solución acuosa de ácido fluorhídrico al 25% y, a continuación, se limpió con agua desionizada y se secó para eliminar la capa de vidrio. El sustrato en el que se había eliminado la capa de vidrio se colocó en una atmósfera de oxígeno y se oxidó térmicamente a una temperatura de 1000°C durante 120 minutos, para formar una capa de óxido de silicio en cada superficie del sustrato con un espesor de 70 nm. A continuación, la pasta de grabado se serigrafió en una región en la que debía formarse la capa BSF en la capa de óxido de silicio formada en la superficie trasera del sustrato, y se calentó a una temperatura de 300°C para su secado. En este contexto, como pasta de grabado se utilizó la pasta SolarEtch (marca registrada) BES Tipo 10, fabricada por Merck Ltd. A continuación, el sustrato se sumergió en una solución que contenía un 1% de hidróxido de potasio, para eliminar la pasta de grabado. Este sustrato se sumergió en una solución que contenía un 25% de hidróxido de potasio a 70°C durante cinco minutos para eliminar mediante grabado químico la capa de difusión de tipo p que quedaba en la región donde se iba a formar la capa BSF y, a continuación, el sustrato se limpió con agua desionizada y se secó. Mediante esta técnica, inmediatamente por debajo del lugar de impresión de la pasta de grabado, es decir, en la región donde se iba a formar la capa BSF, la capa de óxido de silicio tenía un espesor de 0 nm y era inferior al lugar de formación de la capa emisora, formándose así una diferencia de nivel. Además, debido a que la solución de grabado ha rezumado de la pasta de grabado tras la impresión, la capa de óxido de silicio de la capa emisora ha disminuido su grosor de 70 nm a 0 nm en una longitud de 30  $\mu\text{m}$  desde la parte impresa con pasta de grabado hasta cada extremo del lugar.

### Ejemplo 3

En el Ejemplo 3, en la etapa de eliminación de la capa protectora de la realización, se adoptó un procedimiento de realización de irradiación con láser en lugar del procedimiento de aplicación de la pasta de grabado, para fabricar una célula solar de tipo contacto en la superficie trasera. En concreto, tras realizar la siguiente etapa, se llevaron a cabo la primera y la segunda etapa comunes descritas más adelante.

El tratamiento térmico de difusión se realizó en toda la superficie trasera del sustrato de silicio de tipo n después del grabado de daños en una atmósfera de gas<sub>BBR3</sub> a una temperatura de 900 °C durante 20 minutos, para formar una capa de difusión de tipo p como capa emisora y una capa de vidrio. La capa de difusión de tipo p formada tenía una resistencia de lámina de unos 70  $\Omega/\square$  y una profundidad de difusión de 0,5  $\mu\text{m}$ . Este sustrato se sumergió en una solución acuosa de ácido fluorhídrico al 25% y, a continuación, se limpió con agua desionizada y se secó para eliminar la capa de vidrio. El sustrato en el que se había eliminado la capa de vidrio se colocó en una atmósfera de oxígeno y se oxidó térmicamente a una temperatura de 1000°C durante 120 minutos, para formar una capa de óxido de silicio en cada superficie del sustrato con un espesor de 70 nm. A continuación, una región en la que se iba a formar la capa BSF en la capa de óxido de silicio formada en la superficie trasera del sustrato se irradió con láser a una fluencia de 2 J/cm<sup>2</sup>. En este contexto, como equipo de irradiación láser se utilizó el Powerline E25/SHG fabricado por ROFIN-SIN AR Technologies Inc. Después de la irradiación láser, el sustrato se sumergió en una solución que contenía un 25% de hidróxido de potasio a 70°C durante cinco minutos para eliminar mediante grabado químico la capa de difusión de tipo p que quedaba en la región donde se iba a formar la capa BSF y, a continuación, el sustrato se limpió con agua desionizada y se secó. Mediante esta técnica, inmediatamente por debajo del lugar irradiado con láser, es decir, en la región en la que debía formarse la capa BSF, la capa de óxido de silicio tenía un espesor de 0 nm y era inferior a la capa emisora formada lugar, formándose así una diferencia de nivel. Además, debido a la energía propagada desde el lugar inmediatamente inferior a la porción de irradiación láser, la capa de óxido de silicio de la capa emisora disminuyó de espesor de 70 nm a 0 nm en una longitud de 30  $\mu\text{m}$  desde la porción de irradiación láser hasta cada extremo del lugar.

#### <Ejemplo comparativo 2>

El Ejemplo comparativo 2 es similar al Ejemplo 3 excepto en que la irradiación se realizó con láser a una fluencia de 0,6 J/cm<sup>2</sup>. Como resultado de la irradiación láser, debido a la energía propagada desde el lugar inmediatamente inferior a la porción de irradiación láser, la capa de óxido de silicio de la capa emisora disminuyó su espesor de 70 nm a 0 nm en una longitud de 0,5  $\mu\text{m}$  desde la porción de irradiación láser hasta cada extremo del lugar.

#### Ejemplo 4

El Ejemplo 4 es similar al Ejemplo 3 excepto en que la irradiación se realizó con láser a una fluencia de 0,9 J/cm<sup>2</sup>. Como resultado de la irradiación láser, debido a la energía propagada desde el lugar inmediatamente inferior a la porción de irradiación láser, la capa de óxido de silicio de la capa emisora disminuyó su espesor de 70 nm a 0 nm en una longitud de 1  $\mu\text{m}$  desde la porción de irradiación láser hasta cada extremo del lugar.

#### Ejemplo 5

El Ejemplo 5 es similar al Ejemplo 3 excepto que la irradiación se realizó con láser a una fluencia de 4 J/cm<sup>2</sup>. Como resultado de la irradiación láser, debido a la energía propagada desde el lugar inmediatamente inferior a la porción de irradiación láser, la capa de óxido de silicio de la capa emisora disminuyó de espesor de 70 nm a 0 nm en una longitud de 100  $\mu\text{m}$  desde la porción de irradiación láser hasta cada extremo del lugar.

#### < Ejemplo comparativo 3>

El Ejemplo comparativo 3 es similar al Ejemplo 3 excepto en que la irradiación se realizó con láser a una fluencia de 5,5 J/cm<sup>2</sup>. Como resultado de la irradiación láser, debido a la energía propagada desde el lugar inmediatamente inferior a la porción de irradiación láser, la capa de óxido de silicio de la capa emisora disminuyó de espesor de 70 nm a 0 nm en una longitud de 150  $\mu\text{m}$  desde la porción de irradiación láser hasta cada extremo del lugar.

#### Ejemplo 6

El Ejemplo 6 es similar al Ejemplo 2 excepto en que la capa de óxido de silicio se formó sin eliminar la capa de vidrio tras la formación de la capa emisora. En concreto, tras realizar la siguiente etapa, se llevaron a cabo la primera y la segunda etapa comunes descritas más adelante.

El tratamiento térmico de difusión se realizó en toda la superficie trasera del sustrato de silicio de tipo n después del grabado de daños en una atmósfera de gas<sub>BBR3</sub> a una temperatura de 900 °C durante 20 minutos, para formar una capa de difusión de tipo p como capa emisora y una capa de vidrio en la superficie trasera del sustrato. A continuación, mientras el sustrato se mantenía en un horno, sólo se sustituía el gas para establecer una atmósfera de oxígeno, y el sustrato se oxidaba térmicamente a una temperatura de 1000°C durante 120 minutos, para formar además una capa de óxido de silicio sobre la capa de vidrio. La capa de difusión de tipo p formada tenía una resistencia de lámina de unos 80  $\Omega/\square$  y una profundidad de difusión de 1,0  $\mu\text{m}$ , y una capa de vidrio para servir de capa protectora y la capa de óxido de silicio se formaron como laminado con un espesor total de capa de 100 nm. A continuación, la pasta de grabado se serigrafó en una región en la que se iba a formar la capa BSF en el laminado de la capa de óxido de silicio y la capa de vidrio formada en la superficie trasera del sustrato, y se calentó a una temperatura de 300°C para su secado. En este contexto, como pasta de grabado se utilizó la pasta SolarEtch (marca registrada) BES Tipo 10, fabricada por Merck Ltd. A continuación, el sustrato se sumergió en una solución que contenía un 1% de hidróxido de potasio, para eliminar la pasta de grabado. Este sustrato se sumergió en una solución que contenía un 25% de hidróxido de potasio a 70°C durante cinco minutos para eliminar mediante grabado químico la capa de difusión de tipo

p que quedaba en la región donde se iba a formar la capa BSF y, a continuación, el sustrato se limpió con agua desionizada y se secó. Mediante esta técnica, inmediatamente por debajo del lugar impreso de la pasta de grabado, es decir, en la región donde se iba a formar la capa BSF, el laminado de la capa de vidrio y la capa de óxido de silicio tenía un espesor de 0 nm y era inferior a la región formada por la capa emisora, formando así una diferencia de nivel. Además, debido a que la solución de grabado ha rezumado de la pasta de grabado después de la impresión, el laminado hecho de la capa de vidrio y la capa de óxido de silicio en la capa emisora se estrechó en espesor de 100 nm a 0 nm sobre una longitud de 30 µm de la parte impresa de pasta de grabado a cada extremo del lugar.

#### <Primera etapa común>

En la superficie trasera de cada uno de los sustratos obtenidos mediante las etapas mostradas en los Ejemplos comparativos 1 a 3 y los Ejemplos 1 a 6 descritos anteriormente, se realizó el tratamiento de difusión térmica en una atmósfera de  $\text{gas}_{\text{POCl}_3}$  a una temperatura de 930 °C durante 20 minutos, para difundir fósforo en la región donde se había eliminado la capa de óxido de silicio y formar una capa de vidrio y una capa de difusión de tipo n como capa BSF. La capa de difusión de tipo n formada tenía una resistencia de lámina de unos 30  $\Omega/\square$  y una profundidad de difusión de 0,5 µm. Además, en cada uno de los ejemplos 1 a 6, el fósforo también se difunde a la capa emisora desde la región donde la capa de óxido de silicio se estrecha, formando así una capa de alta resistividad con boro y fósforo mezclados en ella. La resistencia de lámina de esta capa de alta resistividad no pudo medirse con precisión, pero no era inferior a 1000  $\Omega/\square$ . A continuación, estos sustratos se sumergieron en una solución acuosa de ácido fluorhídrico al 25%, se limpiaron con agua desionizada y se secaron para eliminar la capa de óxido de silicio y la capa de vidrio.

#### Ejemplo 7

El Ejemplo 7 se fabricó siguiendo un procedimiento similar al del Ejemplo 3, pero difiere del Ejemplo 3 en que la capa emisora y la capa de alta resistividad se formaron después de la formación de la capa BSF, mientras que en el Ejemplo 3, la capa BSF y la capa de alta resistividad se formaron después de la formación de la capa emisora. Concretamente, tras realizar la siguiente etapa, se llevó a cabo una segunda etapa común descrita más adelante.

El tratamiento térmico de difusión se realizó en toda la superficie trasera del sustrato de silicio de tipo n después del grabado de daños en una atmósfera de  $\text{gas}_{\text{POCl}_3}$  a una temperatura de 930°C durante 20 minutos, para formar una capa de difusión de tipo n como la capa BSF y una capa de vidrio. La capa de difusión de tipo n formada tenía una resistencia de lámina de unos 30  $\Omega/\square$  y una profundidad de difusión de 0,5 µm. A continuación, este sustrato se sumergió en una solución acuosa de ácido fluorhídrico al 25%, se limpió con agua desionizada y se secó para eliminar la capa de óxido de silicio y la capa de vidrio. El sustrato en el que se había eliminado la capa de vidrio se colocó en una atmósfera de oxígeno y se oxidó térmicamente a una temperatura de 1000°C durante 120 minutos, para formar una capa de óxido de silicio en cada superficie del sustrato con un espesor de 70 nm. A continuación, se irradió con láser a una fluencia de 2 J/cm<sup>2</sup> una región en la que se iba a formar la capa emisora en la capa de óxido de silicio formada en la superficie trasera del sustrato. En este contexto, como equipo de irradiación láser se utilizó el Powerline E25/SHG fabricado por ROFIN-SINAR Technologies Inc. Después de la irradiación láser, el sustrato se sumergió en una solución que contenía un 25% de hidróxido de potasio a 70°C durante cinco minutos para eliminar mediante grabado químico la capa de difusión de tipo n que quedaba en la región donde se iba a formar la capa emisora y, a continuación, el sustrato se limpió con agua desionizada y se secó. Mediante esta técnica, inmediatamente por debajo del lugar irradiado con láser, es decir, en la región donde debía formarse la capa emisora, la capa de óxido de silicio tenía un espesor de 0 nm e inferior al de la región formada por la capa BSF, formándose así una diferencia de nivel. Además, debido a la energía propagada desde el lugar inmediatamente inferior a la porción de irradiación láser, la capa de óxido de silicio sobre la capa BSF disminuyó de espesor de 70 nm a 0 nm en una longitud de 30 µm desde la porción de irradiación láser hasta cada extremo del lugar. Posteriormente, se realizó el tratamiento de difusión térmica en la superficie trasera del sustrato en una atmósfera de gas  $\text{BB}_3$  a una temperatura de 930°C durante 20 minutos, para difundir boro en la región donde se había eliminado la capa de óxido de silicio, y formar una capa de difusión de tipo p como capa emisora y una capa de vidrio. La capa de difusión de tipo p formada tenía una resistencia de lámina de unos 80  $\Omega/\square$  y una profundidad de difusión de 1,0 µm. Además, también se difundió boro a la capa BSF desde la región donde la capa de óxido de silicio se estrecha, formando así una capa de alta resistividad con boro y fósforo mezclados en ella. A continuación, este sustrato se sumergió en una solución acuosa de ácido fluorhídrico al 25%, se limpió con agua desionizada y se secó para eliminar la capa de óxido de silicio y la capa de vidrio.

#### <Segunda etapa común>

La pasta resistente se serigrafió en toda la superficie trasera del sustrato formado con la capa emisora, la capa BSF y la capa de alta resistividad mediante las etapas mostradas en cada uno de los Ejemplos comparativos 1 a 3 y los Ejemplos 1 a 7, y el sustrato se calentó a una temperatura de 100°C para ser secado. En este contexto, como pasta resistente se utilizó la PASTE 185 fabricada por Lektrachem Ltd. El sustrato se sumergió en una solución que contenía un 2% de hidróxido de potasio y un 2% de IPA a 70°C durante cinco minutos, y después se limpió con agua desionizada y se secó para formar una estructura de textura en la superficie receptora de luz del sustrato. A continuación, el sustrato se sumergió en acetona para eliminar la pasta de laca.

A continuación, mediante el procedimiento de CVD por plasma utilizando  $\text{SiH}_4$ ,  $\text{NH}_3$  y  $\text{N}_2$ , se formaron películas de nitruro de silicio, que serían las películas antirreflectantes con propiedades de pasivación, con un espesor de 100 nm en la superficie receptora de luz y la superficie trasera del sustrato.

La pasta de plata conductora se imprimió sobre la capa emisora del sustrato, sometida al tratamiento anterior hasta el momento, utilizando el procedimiento de serigrafía y después se secó a 150°C. La pasta de plata conductora se imprimió en la capa BSF del sustrato utilizando el procedimiento de serigrafía y después se secó a 150°C. En este caso, en cada uno de los Ejemplos comparativos 1, 2, se encontró un lugar en el que el electrodo estaba desplazado y sobresalía de la capa BSF hacia la capa emisora. Mientras tanto, en cada uno de los Ejemplos 1 a 7, se encontró un lugar en el que el electrodo estaba desplazado y sobresalía en la capa de alta resistividad entre la capa BSF y la capa emisora. En este contexto, se utilizó como pasta conductora de plata la SOL9383M fabricada por Heraeus Holding. A continuación, la pasta conductora impresa como se ha indicado anteriormente se coció a la temperatura máxima de 800°C durante cinco segundos para producir la célula solar de tipo contacto en la superficie trasera según cada uno de los ejemplos comparativos y ejemplos.

#### <Resultados de la implementación>

La Tabla 1 muestra una eficiencia de conversión media, una densidad de corriente de cortocircuito media, una tensión abierta media, y un factor de llenado medio, de cada 100 células solares de tipo contacto en la superficie trasera producidas por cada uno de los procedimientos de los Ejemplos comparativos 1 a 3 y los Ejemplos 1 a 7 descritos anteriormente.

[Tabla 1]

	Eficacia media de conversión (%)	Densidad media de corriente de cortocircuito ( $\text{mA}/\text{cm}^2$ )	Tensión abierta media (V)	Factor de llenado medio (%)
Ejemplo 1	19,7	38,7	0,645	79,1
Ejemplo 2	19,8	38,7	0,646	79,3
Ejemplo 3	19,8	38,6	0,647	79,2
Ejemplo 4	19,8	38,7	0,647	79,1
Ejemplo 5	19,7	38,5	0,646	79,4
Ejemplo 6	20,0	38,8	0,648	79,5
Ejemplo 7	19,9	38,7	0,648	79,4
Ejemplo comparativo 1	19,1	38,3	0,641	77,9
Ejemplo comparativo 2	19,3	38,4	0,643	78,3
Ejemplo comparativo 3	19,4	38,1	0,642	79,5

Como se muestra en la Tabla 1, cualquiera de los valores característicos fue alto en los ejemplos que tienen la estructura de la presente invención en comparación con el Ejemplo Comparativo 1 de acuerdo con la estructura convencional. En comparación de los valores característicos respectivos de los Ejemplos 3 a 5 y los Ejemplos comparativos 2, 3, en los que la anchura de las capas de alta resistividad son diferentes entre sí, en caso de que la anchura de la capa de alta resistividad sea inferior a 1  $\mu\text{m}$  como en el Ejemplo comparativo 2, no se puede evitar la reducción de la resistencia en paralelo para causar una disminución del factor de llenado, y por el contrario, en caso de que la anchura de la capa de alta resistividad sea superior a 100  $\mu\text{m}$  como en el Ejemplo comparativo 3, disminuye la corriente de cortocircuito debido a una disminución del área de la capa emisora para causar una degradación de la eficiencia de conversión. En consecuencia, para obtener la excelente eficiencia de conversión esperada en la célula solar de contacto en la superficie trasera de la presente invención, la capa de alta resistividad puede diseñarse de modo que tenga una anchura no inferior a 1  $\mu\text{m}$  ni superior a 100  $\mu\text{m}$ .

**Lista de signos de referencia**

	101	Sustrato semiconductor
	102	Capa protectora
	103	Pasta resistente
5	104	Capa emisora
	105	Capa de vidrio
	106	Capa BSF
	107, 108	Películas antirreflectantes con propiedades de pasivación
	109, 110	Electrodo
10	201	Pasta de grabado
	202	Capa de alta resistividad

## REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento para fabricar una célula solar (200) de conversión fotovoltaica de alta eficiencia, en el que una capa de difusión de segundo tipo de conductividad (104), en la que se difunden impurezas de segundo tipo de conductividad, se forma en una primera región de una superficie trasera, como superficie no receptora de luz, de un sustrato semiconductor de primer tipo de conductividad (101) provisto de una primera región, una segunda región y una tercera región, en el que
  - una capa de difusión de primer tipo de conductividad (106), donde se difunden impurezas de primer tipo de conductividad, se forma en la segunda región, y una capa de alta resistividad (202), en la que se difunden las impurezas de primer tipo de conductividad y las impurezas de segundo tipo de conductividad, se forma en la tercera región entre la primera región y la segunda región, comprendiendo el procedimiento:
    - una segunda etapa de difusión de impurezas que consiste en difundir las impurezas de segundo tipo de conductividad en toda la superficie trasera del sustrato semiconductor para formar la capa de difusión de segundo tipo de conductividad;
    - una etapa de formación de una capa protectora (102) sobre la capa de difusión de segundo tipo de conductividad;
    - una primera etapa de eliminación de la capa protectora consistente en eliminar una porción de la capa protectora que cubre la segunda región, al tiempo que se reduce el grosor de una porción de la capa protectora que cubre la tercera región desde un grosor original de la capa protectora hasta casi 0, desde un límite con una porción que cubre la primera región hasta un límite con la porción que cubre la segunda región;
    - una etapa de eliminación de la capa de difusión de segundo tipo de conductividad que consiste en eliminar la capa de difusión de segundo tipo de conductividad que queda expuesta tras la eliminación de la capa protectora, para exponer la segunda región;
    - una primera etapa de difusión de impurezas, consistente en difundir las impurezas del primer tipo de conductividad en la segunda región y en la tercera región a través de la porción en la que se estrecha la capa protectora, para formar respectivamente la capa de difusión del primer tipo de conductividad y la capa de alta resistividad; y
    - una segunda etapa de eliminación de la capa protectora, consistente en eliminar la capa protectora restante.
2. Un procedimiento para fabricar una célula solar (200) de conversión fotovoltaica de alta eficiencia, en el que una capa de difusión de segundo tipo de conductividad (104), en la que se difunden impurezas de segundo tipo de conductividad, se forma en una primera región de una superficie trasera, como superficie no receptora de luz, de un sustrato semiconductor de primer tipo de conductividad (101) provisto de una primera región, una segunda región y una tercera región, en el que
  - una capa de difusión de primer tipo de conductividad (106), en la que se difunden impurezas de primer tipo de conductividad, se forma en la segunda región, y una capa de alta resistividad (202), en la que se difunden las impurezas de primer tipo de conductividad y las impurezas de segundo tipo de conductividad, se forma en la tercera región entre la primera región y la segunda región, comprendiendo el procedimiento:
    - una primera etapa de difusión de impurezas que consiste en difundir las impurezas de primer tipo de conductividad en toda la superficie trasera del sustrato semiconductor para formar la capa de difusión de primer tipo de conductividad;
    - una etapa de formación de capa protectora consistente en formar una capa protectora (102) sobre la capa de difusión de primer tipo de conductividad;
    - una primera etapa de eliminación de la capa protectora, consistente en eliminar una porción de la capa protectora que cubre la primera región, al tiempo que se reduce el grosor de una porción de la capa protectora que cubre la tercera región desde el grosor original de la capa protectora hasta casi 0, desde un límite con una porción que cubre la segunda región hasta un límite con la porción que cubre la primera región;
    - una etapa de eliminación de la capa de difusión de primer tipo de conductividad que consiste en eliminar la capa de difusión de primer tipo de conductividad que queda expuesta tras la eliminación de la capa protectora, para exponer la primera región;
    - una segunda etapa de difusión de impurezas para difundir las impurezas de segundo tipo de conductividad en la primera región y en la tercera región a través de la porción en la que la capa protectora se estrecha, para formar respectivamente la capa de difusión de segundo tipo de conductividad y la capa de alta resistividad; y
    - una segunda etapa de eliminación de la capa protectora, consistente en eliminar la capa protectora restante.
3. El procedimiento para fabricar una célula solar de conversión fotovoltaica de alta eficiencia, según la reivindicación 1 o 2, en el que la capa protectora se elimina y se hace más fina en la primera etapa de eliminación de la capa protectora aplicando pasta de grabado a la porción de la capa protectora que cubre la segunda región o irradiando la misma porción con láser.
4. El procedimiento para fabricar una célula solar de conversión fotovoltaica de alta eficiencia, según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en el que la capa protectora es una capa de óxido de silicio, una capa de nitruro de silicio, una capa de vidrio que contiene impurezas, o un laminado formado laminando dos o más de éstas.



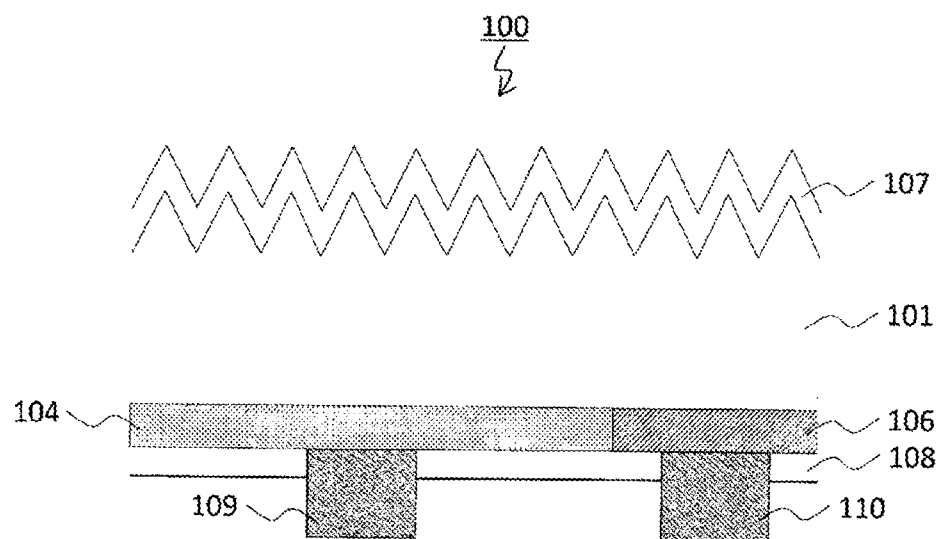


FIG. 1

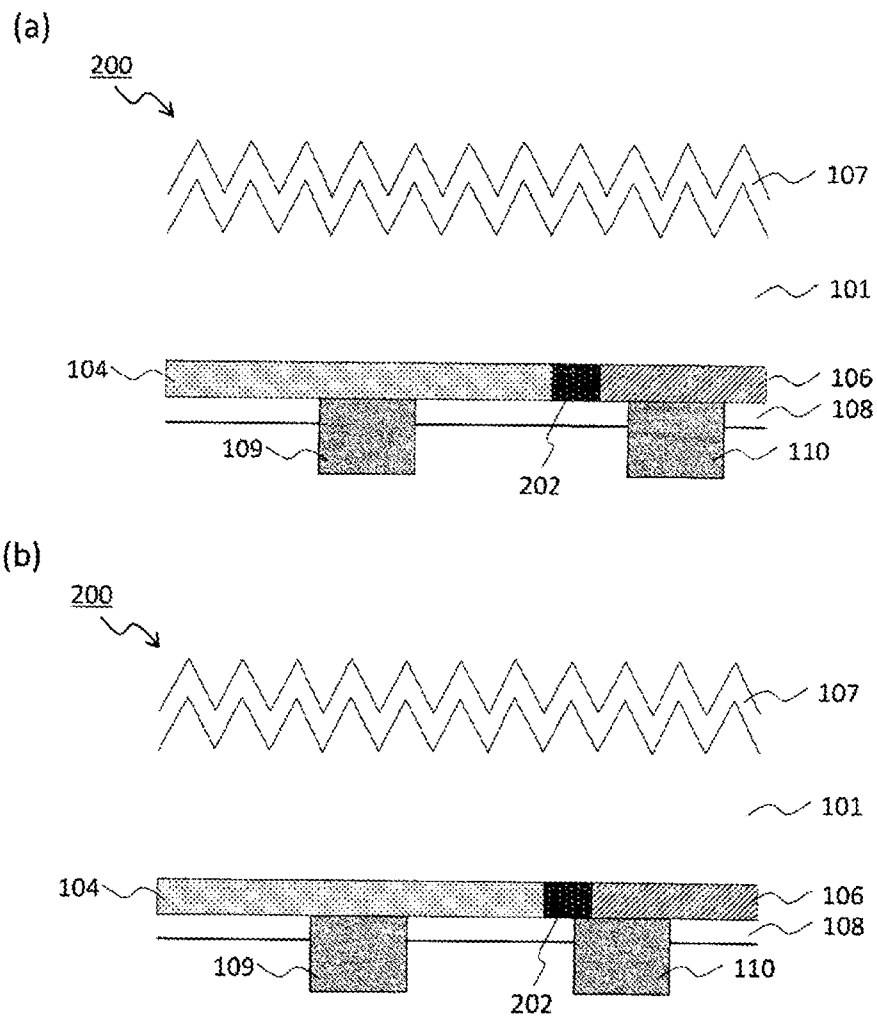


FIG. 2

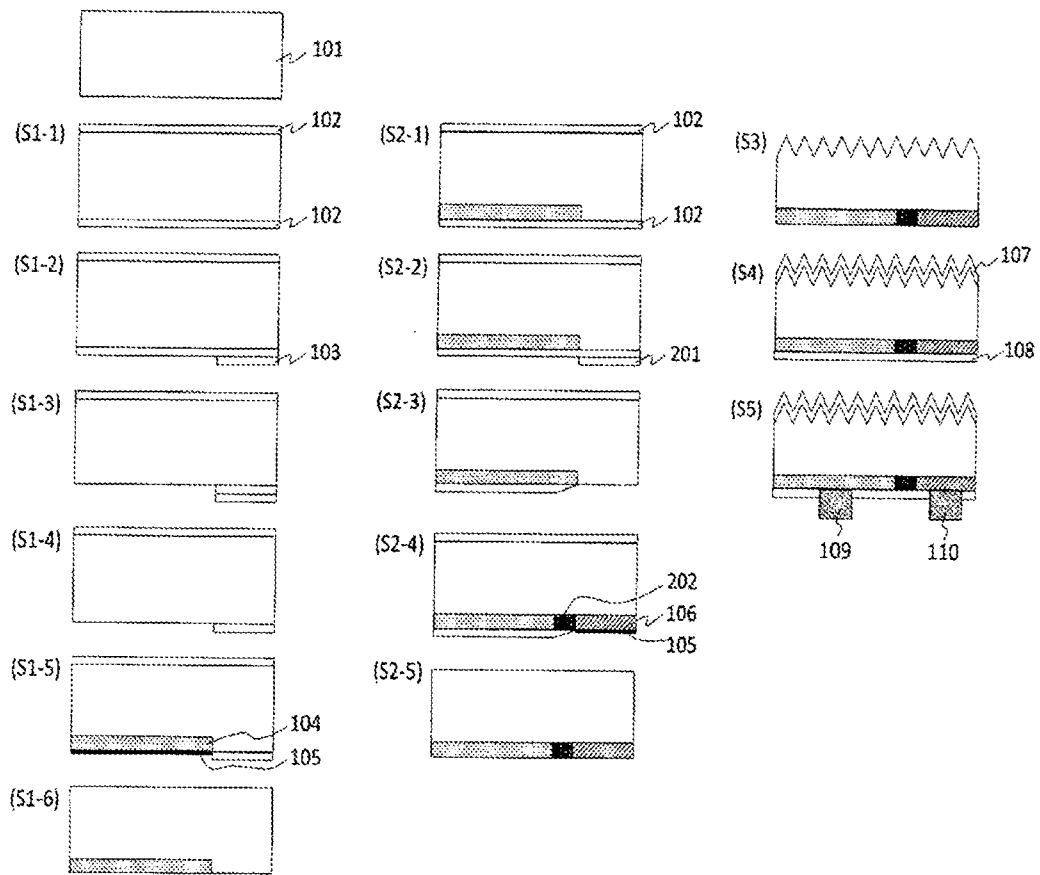


FIG.3

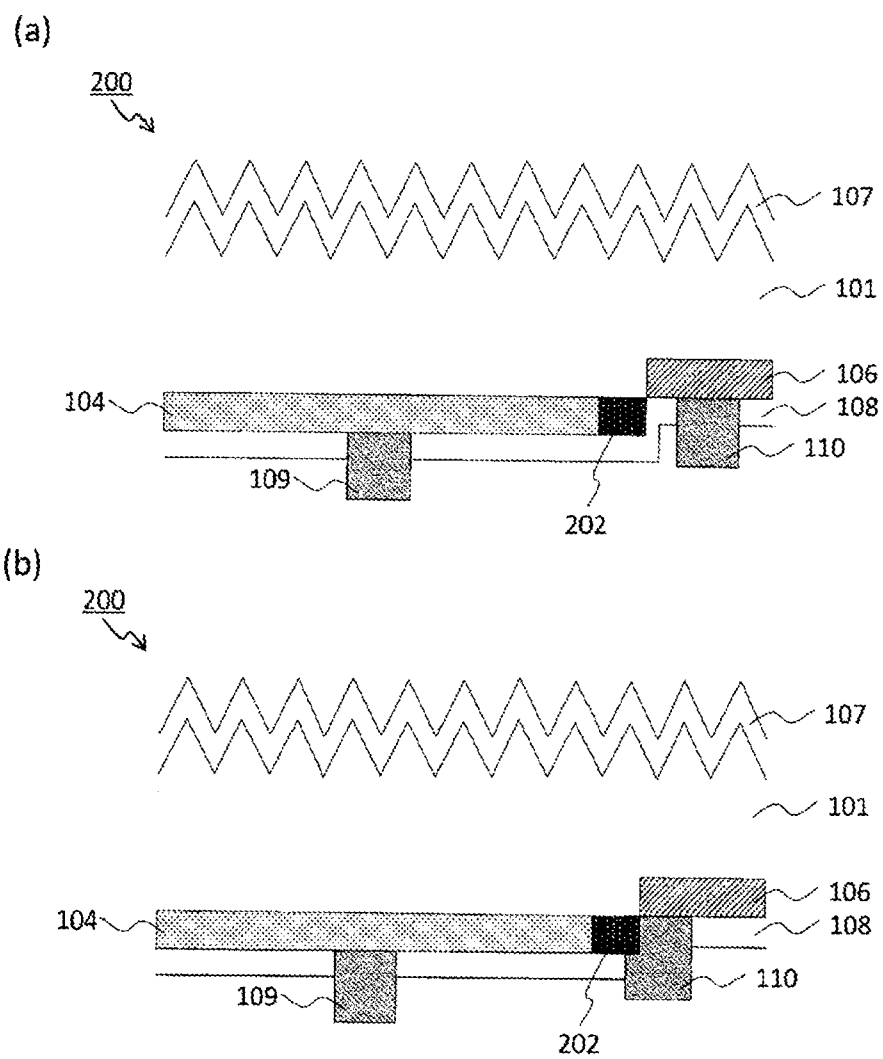


FIG. 4

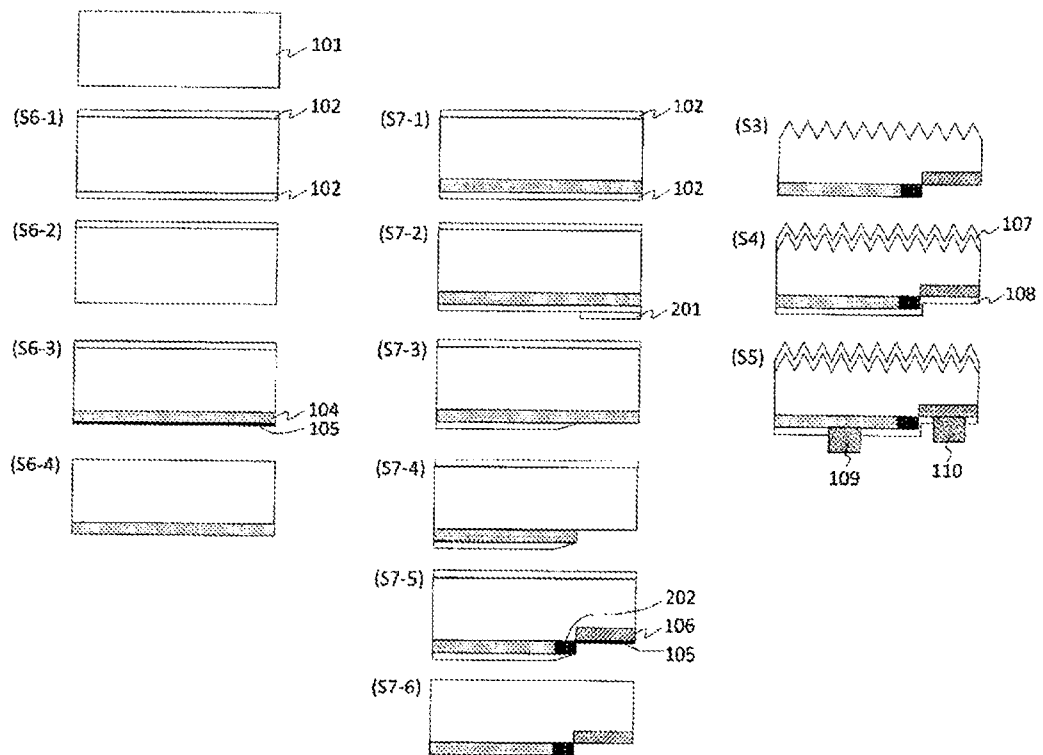


FIG. 5

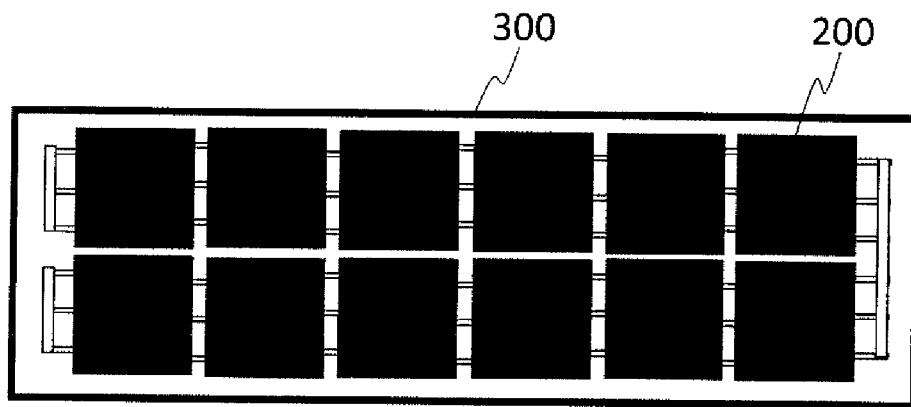


FIG. 6

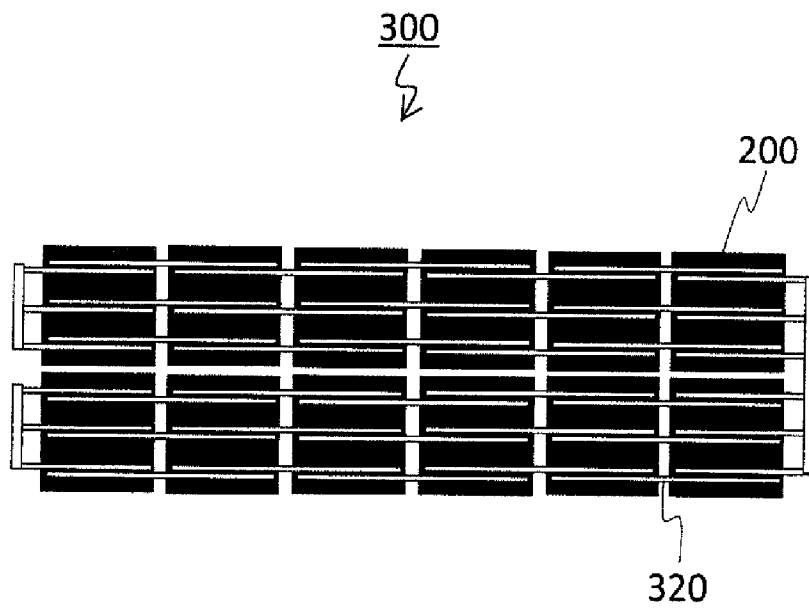


FIG. 7

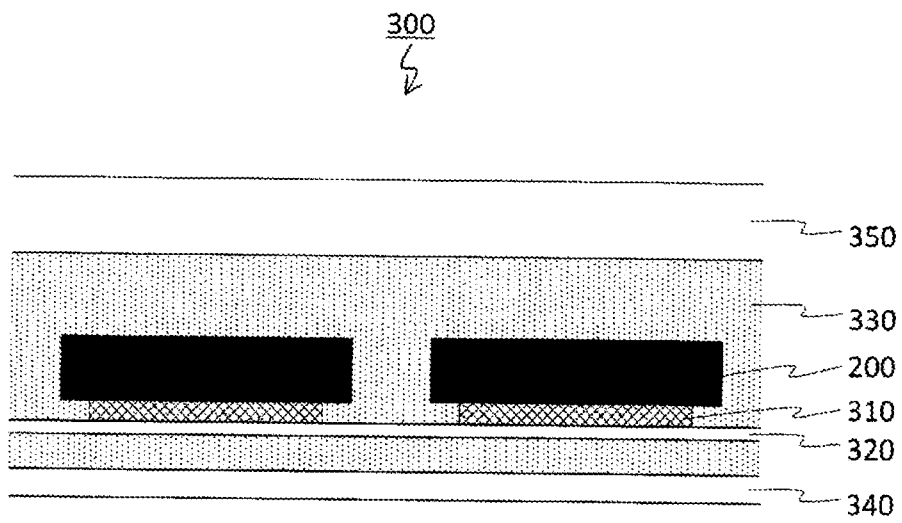


FIG. 8

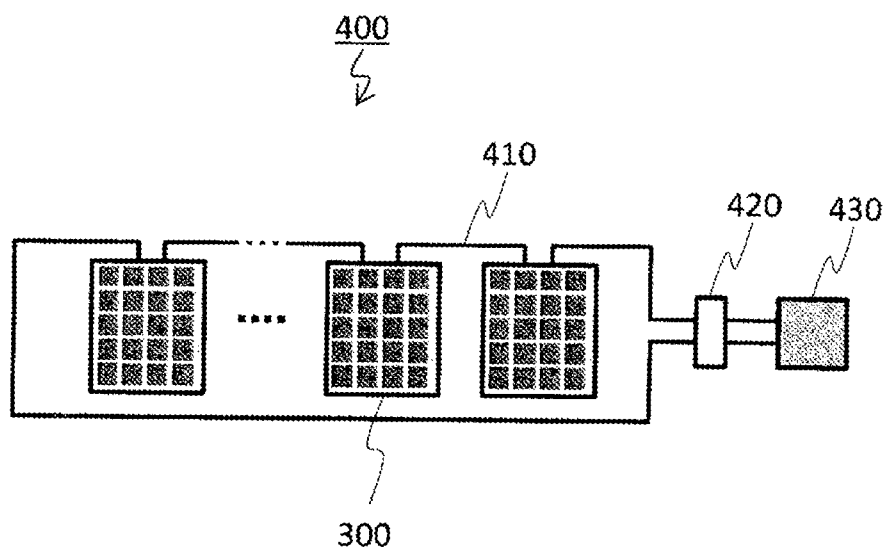


FIG. 9