

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 764 073**

51 Int. Cl.:

H01L 31/0224 (2006.01)

H01L 31/04 (2014.01)

H01L 21/225 (2006.01)

H01L 31/18 (2006.01)

H01L 31/06 (2012.01)

H01L 31/068 (2012.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **11.04.2006** **PCT/JP2006/307595**

87 Fecha y número de publicación internacional: **09.11.2006** **WO06117980**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **11.04.2006** **E 06731542 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **13.11.2019** **EP 1876651**

54 Título: **Método de fabricación de célula solar**

30 Prioridad:

26.04.2005 JP 2005127950

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

02.06.2020

73 Titular/es:

SHIN-ETSU HANDOTAI CO., LTD. (33.3%)
2-1, Ohtemachi 2-chome, Chiyoda-ku
Tokyo, JP;

NAOETSU ELECTRONICS CO., LTD. (33.3%) y
SHIN-ETSU CHEMICAL CO., LTD. (33.3%)

72 Inventor/es:

OHTSUKA, HIROYUKI;
TAKAHASHI, MASATOSHI;
ISHIKAWA, NAOKI;
SAISU, SHIGENORI;
UEGURI, TOYOHIRO;
OJIMA, SATOYUKI;
WATABE, TAKENORI;
AKATSUKA, TAKESHI y
ONISHI, TSUTOMU

74 Agente/Representante:

ARIAS SANZ, Juan

ES 2 764 073 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 de fabricación de célula solar

5 Campo técnico

La presente invención se refiere a un método de fabricación de una célula solar según la reivindicación 1.

10 Antecedentes de la técnica

Actualmente, la reducción de costes es un asunto importante para un método que se usa para fabricar células solares para uso del consumidor, y comúnmente se usa un método en el que se combinan un método de difusión térmica y un método de serigrafía. Los detalles de los mismos son los siguientes.

En primer lugar, se prepara un sustrato de silicio tipo p, que se obtiene de tal manera que un lingote de silicio monocristalino extraído por el método Czochralski (CZ) o un lingote de silicio policristalino fabricado por el método de colada se rebana por el método de múltiples alambres. A continuación, después de eliminar el daño de rebanado en una superficie del sustrato con una solución alcalina, se forman en la superficie irregularidades finas (textura) con una altura máxima de aproximadamente 10 micrómetros, y se forma una capa de difusión tipo n por un método de difusión térmica. A continuación, se deposita TiO_2 o SiN , por ejemplo, aproximadamente 70 nm de grosor de película sobre una superficie de recepción de luz para formar de ese modo una película antirreflectante. Entonces, se forma un electrodo de lado posterior mediante impresión y cocción de un material compuesto principalmente por aluminio sobre toda la superficie posterior de la superficie de recepción de luz. Mientras tanto, un electrodo de la superficie de recepción de luz se forma mediante impresión y cocción de un material compuesto principalmente por plata en forma de peine con una anchura de aproximadamente 100 a 200 micrómetros, por ejemplo.

Los puntos superiores de esta técnica son que se incluyen diversos efectos para mejorar las características, aunque tiene un número mínimo necesario de procesos para componer el dispositivo. Por ejemplo, la difusión térmica sirve para mejorar una longitud de difusión de un portador minoritario dentro de un volumen debido a una acción de adsorción. Adicionalmente, la cocción de la capa de aluminio impresa en el lado posterior forma una capa de alta concentración de p^+ utilizada como capa de campo eléctrica (BSF: Back Surface Field, por sus siglas en inglés (campo de superficie posterior)), así como forma el electrodo. Además, la película antirreflectante reduce la velocidad de recombinación de portadores generados cerca de una superficie de silicio, así como proporciona un efecto óptico (reducción de reflectancia).

La reducción de costes de la célula solar para uso del consumidor se ha logrado más que antes por el número mínimo necesario de procesos mencionado anteriormente y varios efectos útiles.

Según esta técnica, sin embargo, ya no puede esperarse una mejora significativa en eficiencia de conversión. Por ejemplo, en la célula solar que usa el sustrato de silicio monocristalino, la eficiencia de conversión alcanza un techo de aproximadamente el 16 %. El motivo es que, para reducir suficientemente la resistencia de contacto del electrodo de la superficie de recepción de luz, una concentración de superficie de un dopante, tal como fósforo o similar, en una capa de difusión debe ser de aproximadamente $2,0$ a $3,0 \times 10^{20} \text{ cm}^{-2}$. Cuando hay una alta concentración en la superficie como esta, un nivel de superficie se volverá extremadamente alto. Por tanto, se facilita la recombinación de portador cerca de la superficie de recepción de luz, y se limitan una corriente de cortocircuito y una tensión de circuito abierto, de modo que la eficiencia de conversión alcanza un techo.

Por este motivo, se ha propuesto un método para mejorar la eficiencia de conversión reduciendo la concentración de superficie de la capa de difusión en la superficie de recepción de luz, al tiempo que se utiliza el método en el que se combinan el método de difusión térmica y el método de serigrafía mencionados anteriormente. Por ejemplo, una invención en conexión con este método se conoce en el documento de patente U.S. n.º 6.180.869. Según este documento, incluso cuando la concentración de superficie de la capa de difusión es de aproximadamente $1,0 \times 10^{20} \text{ cm}^{-2}$ o menos, es posible formar un contacto óhmico bajo. El motivo es que se añade un compuesto que incluye un dopante alrededor de un relleno de plata incluido en una pasta de electrodo. Como resultado de esto, el dopante forma una capa de alta concentración directamente por debajo del electrodo tras cocer el electrodo.

Sin embargo, con el método para añadir el compuesto que incluye el dopante alrededor del relleno de plata incluido en la pasta de electrodo tal como se describió anteriormente, dado que el contacto no puede formarse de manera estable, existen problemas de que un factor de llenado es bajo y la fiabilidad también es baja.

Adicionalmente, como método para mejorar la eficiencia de conversión mediante la formación de una capa de difusión de alta concentración (capa de emisor) que incluye un dopante en alta concentración solo directamente por debajo del electrodo para reducir de ese modo la concentración de superficie de la capa de difusión en otro área de la superficie de recepción de luz, en concreto mediante la formación de un emisor de dos etapas, por ejemplo, en la solicitud de patente japonesa abierta a consulta por el público (Kokai) n.º 2004-273826 se conoce un "dispositivo de conversión fotoeléctrica y método de fabricación para el mismo". Este método cambia un método de formación de electrodos para

una célula solar con un electrodo de tipo incrustado, que se conoce en la solicitud de patente japonesa abierta a consulta por el público (Kokai) n.º 8-37318 y la solicitud de patente japonesa abierta a consulta por el público (Kokai) n.º 8-191152, desde un método de chapado electrolítico hasta un método de serigrafía. Se describe que esto facilita el control de la fabricación y logra una reducción en los costes de fabricación.

Sin embargo, con el método de fabricación de la célula solar con el electrodo de tipo incrustado como este, es necesario realizar el proceso de difusión al menos dos veces, de modo que es complicado y lleva a un aumento en el coste.

Mientras tanto, como otro método para mejorar la eficiencia de conversión mediante la formación del emisor de dos etapas, por ejemplo, se conoce un "método para la fabricación de células solares" (solicitud de patente japonesa abierta a consulta por el público (Kokai) n.º 2004-221149). Se propone en este documento que se realicen simultáneamente diferentes recubrimientos de una pluralidad de tipos de materiales de recubrimiento por un método de chorro de tinta y que se formen áreas que difieren en concentración de dopante y tipo de dopante por un proceso simple.

En la fabricación de la célula solar, usando de este modo el recubrimiento de dopante por el método de chorro de tinta, sin embargo, cuando se utiliza un ácido fosfórico o similar como el dopante, se requieren medidas contra la corrosión, de modo que será complicado un aparato para la misma y su mantenimiento también será complicado. Mientras tanto, incluso cuando los materiales de recubrimiento que difieren en la concentración de dopante y el tipo de dopante están recubiertos de manera diferente por el método de chorro de tinta, ya no se obtiene una diferencia de concentración deseada debido al autodopaje cuando se difunden en un tratamiento térmico.

Además, como otro método para mejorar la eficiencia de conversión mediante la formación de una capa de difusión de alta concentración solo directamente por debajo del electrodo para reducir de ese modo la concentración de superficie de la capa de difusión en otra área de la superficie de recepción de luz, por ejemplo, se conoce un "método para fabricar una célula solar" (solicitud de patente japonesa abierta a consulta por el público (Kokai) n.º 2004-281569).

Con este método, sin embargo, es necesario realizar un tratamiento térmico dos veces según la memoria descriptiva de la solicitud de patente japonesa abierta a consulta por el público (Kokai) n.º 2004-281569, que lleva a un proceso complicado. Cuando el tratamiento térmico se reduce a una vez porque el proceso es complicado, también se aumenta una concentración de dopante en porciones distintas de una porción directamente por debajo del electrodo de la superficie de recepción de luz debido al autodopaje, deja de indicar una alta eficiencia de conversión.

El documento JP 2004 221149 A da a conocer un método de fabricación económico de una célula solar con mayor eficiencia de conversión fotoeléctrica capaz de elevar la concentración de dopante solo para una porción en contacto con un electrodo sin usar muchos procesos como en la fotolitografía cuando se recubre un agente de aplicación y se difunde un dopante a alta temperatura. El método de fabricación de la célula solar se adapta de manera que en la célula solar que incluye una unión pn se forma con la ayuda de un método de aplicación/difusión que usa un sustrato de silicio cristalino individualmente o un sustrato de silicio policristalino como sustrato, en el que los agentes de aplicación se aplican de manera independiente sobre el sustrato haciendo uso de un método de chorro de tinta que toma el agente de aplicación como tinta.

El documento WO 00/54341 A1 da a conocer una pasta dopante para la impresión selectiva sobre obleas de silicio, por ejemplo, mediante serigrafía.

El documento US 6.777.729 B1 da a conocer un fotodiodo semiconductor que comprende un sustrato semiconductor en el que se forma una unión p-n y la energía de gradación incidente puede generar portadores de carga separables por un campo eléctrico generado por dicha unión p-n y dichos portadores pueden conducirse por contactos eléctricamente conductores primero y segundo.

El documento US 6.552.414 B1 da a conocer un dispositivo semiconductor que comprende un sustrato semiconductor en forma de rebanada, una primera y una segunda región dopada en una superficie principal del sustrato semiconductor, teniendo la primera región de dopado una concentración de dopante de superficie más alta que la segunda región dopada; y un patrón de contacto metálico sustancialmente en alineación con dicha primera región dopada, donde la concentración de dopante de superficie de dicha segunda región dopada aumenta con la distancia desde dentro de dicha segunda región dopada hacia primera región dopada el gradiente creciente en la concentración de superficie del dopante que facilita el transporte del portador hacia el patrón de contacto metálico sustancialmente a lo largo de la longitud de la segunda región dopada.

El documento US 4.152.824 A da a conocer un método de fabricación de una célula solar de semiconductor fotovoltaico que comprende las etapas de (1) proporcionar un cuerpo semiconductor de un primer tipo de conductividad y que tiene superficies opuestas primera y segunda; (2) formar en dicha primera superficie una capa continua de un material que contiene un dopante capaz, en la difusión al interior de dicho cuerpo, de formación de una región de un segundo tipo de conductividad opuesto en dicho cuerpo; (3) retirar dicha capa de porciones seleccionadas de dicha superficie para formar un patrón de tipo rejilla de aberturas definidas mediante secciones no retiradas intermedias de dicha capa; (4)

calentar dicho cuerpo en una atmósfera que contiene dicho dopante a una temperatura a la que dicho dopante se difundirá al interior de dicho cuerpo desde dicha capa y dicha atmósfera para formar en dicho cuerpo regiones difundidas relativamente profundas o tipo de conductividad opuesto en línea con dichas aberturas y regiones difundidas relativamente poco profundas de dicho tipo de conductividad opuesto en línea con dichas secciones de capas intermedias, estableciendo dichas regiones una unión dentro de dicho cuerpo; y (5) formar contactos conductores en dichas superficies con los contactos de dicha primera superficie consolidando y superponiendo dichas regiones difundidas profundas.

El documento WO 96/28851 A1 da a conocer un método de producción de una célula solar que comprende las etapas de aplicar un dopante de boro, tratar la oblea en una atmósfera que contiene oxígeno, retirar una capa de hinchamiento de difusión y una capa de óxido, introducir fósforo y aplicar un contacto posterior que contiene aluminio.

La presente invención proporciona un método para la fabricación de una célula solar según la reivindicación 1.

Tal como se describió anteriormente, después de recubrir el primer material de recubrimiento que contiene un dopante y un agente para impedir que un dopante se disperse, y el segundo material de recubrimiento que contiene un dopante, están recubiertos en el sustrato semiconductor que tiene el primer tipo de conductividad de modo que el segundo material de recubrimiento puede entrar en contacto con al menos el primer material de recubrimiento, la primera capa de difusión y la segunda capa de difusión, teniendo la segunda capa de difusión una conductividad que es inferior a la de la primera capa de difusión se forman simultáneamente por tratamiento térmico de difusión. Como resultado de esto, la formación de un emisor de dos etapas compuesta por una capa de difusión de alta concentración y una capa de difusión de baja concentración, lo que ha sido complicado, por ejemplo, en la formación de máscaras de difusión o similares, hasta ahora será extremadamente simple, dando como resultado una reducción en el coste de fabricación. Adicionalmente, dado que se mantiene una concentración de superficie suficiente en la primera capa de difusión que será el área de capa de alta concentración, puede formarse fácilmente un contacto óhmico bajo. Y, dado que la difusión hacia fuera del dopante desde el primer material de recubrimiento se impide por el agente para impedir que se disperse un dopante, una diferencia de concentración de superficie entre la capa de difusión de alta concentración y la capa de difusión de baja concentración que tiene el emisor de dos etapas se forma sin duda. Por tanto, puede fabricarse una célula solar altamente eficiente que mantiene el rendimiento de producción en un alto nivel.

En este caso, preferiblemente, el segundo material de recubrimiento incluye un agente para impedir autodopaje.

Tal como se describió anteriormente, si el segundo material de recubrimiento incluye un agente para impedir autodopaje, el autodopaje a la segunda capa de difusión se evita además en cooperación con el agente para impedir que un dopante se disperse desde el primer material de recubrimiento. Y, por tanto, se forma sin duda la diferencia de concentración de superficie entre la capa de difusión de alta concentración y la capa de difusión de baja concentración del emisor de dos etapas.

Además, un ejemplo comparativo que no forma parte de la presente invención proporciona un método para fabricar una célula solar formando una unión p-n en un sustrato semiconductor que tiene un primer tipo de conductividad, en el que, al menos: se forma una ranura en el sustrato semiconductor del primer tipo de conductividad; un primer material de recubrimiento, que contiene un dopante y un agente para impedir que un dopante se disperse, está recubierto en toda la superficie del sustrato; y, una primera capa de difusión formada en una parte inferior de la ranura sobre el sustrato semiconductor, y una segunda capa de difusión formada en una porción distinta de la parte inferior de la ranura, teniendo la segunda capa de difusión una conductividad es inferior a la de la primera capa de difusión se forman simultáneamente mediante tratamiento térmico de difusión.

Tal como se describió anteriormente, después de que se forme la ranura sobre el sustrato semiconductor que tiene el primer tipo de conductividad, el primer material de recubrimiento que contiene un dopante y un agente para impedir que un dopante se disperse, se recubre en toda la superficie del sustrato; y luego, la primera capa de difusión formada en la parte inferior de la ranura sobre el sustrato semiconductor, y la segunda capa de difusión formada en la porción distinta de la parte inferior de la ranura, teniendo la segunda capa de difusión una conductividad que es inferior a la de la primera difusión, se forman simultáneamente por tratamiento térmico de difusión. Como resultado de esto, la formación del emisor de dos etapas compuesto por una capa de difusión de alta concentración y una capa de difusión de baja concentración mediante un recubrimiento del material de recubrimiento será extremadamente simple, dando como resultado una reducción del coste de fabricación. Además, dado que una concentración de superficie suficiente se mantiene en la primera capa de difusión que se forma en la parte inferior de la ranura y es el área de capa de alta concentración, el contacto óhmico bajo puede formarse fácilmente. Y, dado que la difusión y el autodopaje del dopante se impiden por el agente para impedir que un dopante se disperse, una diferencia de concentración de superficie entre la capa de difusión de alta concentración y la capa de difusión de baja concentración que tiene el emisor de dos etapas se forma sin duda. Por tanto, puede fabricarse una célula solar altamente eficiente manteniendo el rendimiento de producción en un alto nivel.

En este caso, preferiblemente, el tratamiento térmico de difusión se realiza bajo una atmósfera de una fuente de difusión en fase de vapor.

Tal como se describió anteriormente, si el tratamiento térmico de difusión se realiza bajo la atmósfera de la fuente de difusión en fase de vapor, una distribución de concentración dopante dentro de la superficie en la capa de difusión de baja concentración será uniforme, permitiendo de este modo la fabricación de la célula solar sin variación en el rendimiento.

5 Además, el agente para impedir que un dopante se disperse o el agente para impedir autodopaje incluye un compuesto de silicio.

10 Tal como se describió anteriormente, si el agente para impedir que un dopante se disperse o el agente para impedir autodopaje incluye un compuesto de silicio, la difusión hacia fuera y el autodopaje del dopante pueden impedirse de manera efectiva. Por tanto, una diferencia de concentración de superficie entre la capa de difusión de alta concentración y la capa de difusión de baja concentración en el emisor de dos etapas puede formarse con absoluta certeza. Además, si es el compuesto de silicio, tampoco se vuelve una impureza.

15 Adicionalmente, el primer material de recubrimiento y el segundo material de recubrimiento se diferencian entre sí en cualquiera de al menos el porcentaje de un contenido de dopante, una viscosidad, el contenido del agente para impedir que un dopante se disperse y el agente para impedir autodopaje, y un tipo de dopante; y/o grosores de película de recubrimiento del primer material de recubrimiento y el segundo material de recubrimiento durante el recubrimiento se diferencian entre sí.

20 Tal como se describió anteriormente, el primer material de recubrimiento y el segundo material de recubrimiento se diferencian entre sí en cualquiera de al menos el porcentaje de un contenido de dopante, una viscosidad, el contenido del agente para impedir que un dopante se disperse y el agente para impedir autodopaje, y un tipo de dopante, o grosores de película de recubrimiento del primer material de recubrimiento y el segundo material de recubrimiento durante el recubrimiento se diferencian entre sí, o se combinan entre sí, haciendo posible de ese modo formar con absoluta certeza la diferencia de concentración de superficie entre la capa de difusión de alta concentración y la capa de difusión de baja concentración en el emisor de dos etapas.

25 Además, preferiblemente, el porcentaje del contenido de dopante del primer material de recubrimiento es superior al porcentaje del contenido de dopante del segundo material de recubrimiento en 4 veces o más.

30 Tal como se describió anteriormente, si el porcentaje del contenido de dopante del primer material de recubrimiento es superior al porcentaje del contenido de dopante del segundo material de recubrimiento en 4 veces o más, es posible formar sin duda la diferencia de concentración de superficie entre la capa de difusión de alta concentración y la capa de difusión de baja concentración en el emisor de dos etapas.

35 Además, preferiblemente, el compuesto de silicio incluido en el agente para impedir que un dopante se disperse es SiO_2 , y el compuesto de silicio incluido en el agente para impedir autodopaje es un precursor de un óxido de silicio.

40 Tal como se describió anteriormente, si el compuesto de silicio incluido en el agente para impedir que un dopante se disperse es SiO_2 , particularmente es un gel de sílice, y el compuesto de silicio incluido en el agente para impedir autodopaje es el precursor del óxido de silicio, mientras que la viscosidad de dopante del material de recubrimiento puede controlarse de manera efectiva según aplicaciones respectivas, puede impedirse la difusión hacia fuera y el autodopaje del dopante, haciendo posible de este modo formar, con absoluta certeza, la diferencia de concentración de superficie entre la capa de difusión de alta concentración y la capa de difusión de baja concentración en el emisor de dos etapas.

45 Además, preferiblemente, un tercer material de recubrimiento que contiene un compuesto de silicio se recubre de manera que cubre una porción superior del primer material de recubrimiento y/o el segundo material de recubrimiento, y el tratamiento térmico de difusión se realiza a partir de ahí.

50 Tal como se describió anteriormente, si el tercer material de recubrimiento que contiene un compuesto de silicio se recubre de manera que cubre la porción superior del primer material de recubrimiento y/o el segundo material de recubrimiento, y el tratamiento térmico de difusión se realiza a partir de ahí, pueden impedirse adicionalmente la difusión hacia fuera y el autodopaje, haciendo posible de ese modo formar, con absoluta certeza, una diferencia de concentración de superficie entre la capa de difusión de alta concentración y la capa de difusión de baja concentración que tiene el emisor de dos etapas por un tratamiento térmico.

55 Además, preferiblemente, una superficie de la capa de difusión formada por el tratamiento térmico de difusión se somete de nuevo a ataque químico.

60 Tal como se describió anteriormente, si la superficie de la capa de difusión formada por el tratamiento térmico de difusión se somete de nuevo a ataque químico, un área donde un nivel superficial de la capa de difusión de baja concentración sobra particularmente se retira y, por tanto, hace posible mejorar el rendimiento de la célula solar.

65 Además, preferiblemente, la superficie de la capa de difusión formada por el tratamiento térmico de difusión está

oxidada.

Tal como se describió anteriormente, incluso cuando la superficie de la capa de difusión formada por el tratamiento térmico de difusión está oxidada, el área donde los niveles de superficie son altos se retira durante un último proceso de ataque químico de vidrio, y por tanto hace posible mejorar el rendimiento de la célula solar.

Además, la primera capa de difusión y la segunda capa de difusión pueden formarse en al menos a ambos lados de una superficie de recepción de luz y un lado posterior de la superficie de recepción de luz del sustrato semiconductor.

Tal como se describió anteriormente, la primera capa de difusión y la segunda capa de difusión se forman en al menos a cada lado de la superficie de recepción de luz y el lado posterior de la superficie de recepción de luz del sustrato semiconductor, de modo que la célula solar con la estructura convencional puede fabricarse fácilmente y, además de eso, es posible formar fácilmente una capa de BSF en todo el lado posterior o en una parte del mismo, y fabricar fácilmente una célula solar de tipo de contacto de lado posterior en la que electrodos positivos/negativos que se han formado a través de procesos complicados hasta ahora se juntan en un lado.

Además, una célula solar fabricada por cualquiera de los métodos de fabricación mencionados anteriormente se presenta como un ejemplo útil para entender la presente invención, en la que, la primera capa de difusión que tiene un tipo de conductividad opuesto al primer tipo de conductividad que tiene el sustrato semiconductor, y la segunda capa de difusión, una conductividad de la segunda capa de difusión es inferior a la de la primera capa de difusión que tiene el tipo de conductividad opuesto, se forman en la superficie de recepción de luz del sustrato semiconductor.

Tal como se describió anteriormente, si es un producto en el que la primera capa de difusión que tiene el tipo de conductividad opuesto al primer tipo de conductividad que tiene el sustrato semiconductor, y la segunda capa de difusión, una conductividad de la segunda capa de difusión es inferior a la de la primera capa de difusión que tiene el tipo de conductividad opuesto, se forman en la superficie de recepción de luz del sustrato semiconductor, será una célula solar de alto rendimiento que tiene el emisor de dos etapas con una estructura similar a la convencional, a bajo coste y con alto rendimiento de fabricación.

En este caso, preferiblemente, al menos una capa de difusión que tiene el mismo tipo de conductividad que la del primer tipo de conductividad se forma adicionalmente en el lado posterior de la superficie de recepción de luz.

Tal como se describió anteriormente, si es un producto en el que al menos la capa de difusión que tiene el mismo tipo de conductividad que la del primer tipo de conductividad se forma además en el lado posterior de la superficie de recepción de luz, será una célula solar en la que la capa de BSF se forma en todo el lado posterior o una parte del mismo.

Además, una célula solar fabricada por cualquiera de las fabricaciones mencionadas anteriormente se presenta como un ejemplo útil para entender la invención, en la que: la primera capa de difusión tiene un tipo de conductividad opuesto al primer tipo de conductividad que tiene el sustrato semiconductor; la segunda capa de difusión que tiene el tipo de conductividad opuesto; una conductividad de la segunda capa de difusión es inferior a la de la primera capa de difusión que tiene el tipo de conductividad opuesto; y, la primera capa de difusión, la segunda capa de difusión, y una capa de difusión que tiene el mismo tipo de conductividad que la del primer tipo de conductividad se forman en el lado posterior de la superficie de recepción de luz del sustrato semiconductor.

Tal como se describió anteriormente, si es un producto en el que la primera capa de difusión que tiene el tipo de conductividad opuesto al primer tipo de conductividad que tiene el sustrato semiconductor, la segunda capa de difusión que tiene el tipo de conductividad opuesto, la segunda capa de difusión que tiene una conductividad es inferior a la de la primera capa de difusión que tiene el tipo de conductividad opuesto, y la capa de difusión que tiene el mismo tipo de conductividad que la del primer tipo de conductividad, se forman en el lado posterior de la superficie de recepción de luz del sustrato semiconductor, será una célula solar de tipo de contacto de lado posterior de alto rendimiento a bajo coste y con alto rendimiento de fabricación.

Además, se presenta un método para la fabricación de un dispositivo semiconductor como un ejemplo útil para el entendimiento de la invención, en la que, al menos: un primer material de recubrimiento que contiene un dopante y un agente para impedir que un dopante se disperse, y un segundo material de recubrimiento que contiene un dopante, están recubiertos sobre un sustrato semiconductor que tiene un primer tipo de conductividad; y, una primera capa de difusión formada recubriendo el primer material de recubrimiento, y una segunda capa de difusión formada recubriendo el segundo material de recubrimiento, teniendo la segunda capa de difusión una conductividad que es diferente de la de la primera capa de difusión, se forman simultáneamente por un tratamiento térmico de difusión.

Tal como se describió anteriormente, si después del recubrimiento, el primer material de recubrimiento que contiene el dopante y el agente para impedir que un dopante se disperse, y el segundo material de recubrimiento que contiene el dopante, se recubren sobre el sustrato semiconductor que tiene el primer tipo de conductividad, la primera capa de difusión formada recubriendo el primer material de recubrimiento, y la segunda capa de difusión formada recubriendo el segundo material de recubrimiento, teniendo la segunda capa de difusión una conductividad que es diferente de la

de la primera capa de difusión, se forman simultáneamente por tratamiento térmico de difusión, puede impedirse la difusión hacia fuera del dopante. Por tanto, el dispositivo semiconductor que tiene las capas de difusión que difieren en concentración de superficie del dopante puede fabricarse dentro de la superficie a bajo coste y con alto rendimiento de fabricación.

Además, se presenta un ejemplo de material de recubrimiento útil para entender la presente invención, que está recubierto sobre un sustrato semiconductor para dopar un dopante al interior del sustrato semiconductor por difusión térmica, en el que el material de recubrimiento incluye al menos un dopante y un agente para impedir que un dopante se disperse.

Tal como se describió anteriormente, si es el material de recubrimiento que incluye al menos un dopante y un agente para impedir que un dopante se disperse, será un material de recubrimiento que puede impedir la difusión hacia fuera del dopante cuando este se recubre en el sustrato semiconductor para realizar la difusión térmica del dopante.

En este caso, preferiblemente, el agente para impedir que un dopante se disperse incluye un compuesto de silicio.

Tal como se describió anteriormente, si el agente para impedir que un dopante se disperse incluye un compuesto de silicio, la difusión hacia fuera del dopante puede impedirse de manera efectiva, y será un material de recubrimiento, que no es una impureza para la oblea de silicio.

Además, preferiblemente, el compuesto de silicio es SiO_2 .

Tal como se describió anteriormente, si el compuesto de silicio es SiO_2 , particularmente es un gel de sílice, mientras que la viscosidad de dopante del material de recubrimiento se controla de manera efectiva, será un material de recubrimiento que puede impedir de manera efectiva la difusión hacia fuera del dopante.

Además, preferiblemente, el material de recubrimiento incluye adicionalmente un espesante.

Tal como se describió anteriormente, si el material de recubrimiento incluye, además, un espesante, será un material de recubrimiento en el que la viscosidad se controla de manera efectiva. Como este espesante, por ejemplo, es preferible alcohol polivinílico, polivinilpirrolidona, polivinilmetil éter, polivinilbutiral, acetato de polivinilo y copolímeros de estos, derivados de celulosa o resina acrílica.

Además, el material de recubrimiento es un material de recubrimiento para serigrafía.

Tal como se describió anteriormente, si el material de recubrimiento es el material de recubrimiento para serigrafía, puede recubrirse fácilmente por una impresora de serigrafía, de modo que será un material de recubrimiento, que puede realizar fácilmente la difusión térmica del dopante.

Según el método de fabricación de la célula solar de la presente invención, la formación del emisor de dos etapas compuesto por la capa de difusión de alta concentración y la capa de difusión de baja concentración, que ha sido complicada, por ejemplo, en la formación de máscaras de difusión o similares, hasta ahora será extremadamente simple, dando como resultado una reducción en los costes de fabricación. Mientras tanto, dado que se mantiene una concentración de superficie suficiente en la primera capa de difusión que será el área de capa de alta concentración, puede formarse fácilmente un contacto óhmico bajo. Y, la difusión hacia fuera del dopante se impide por el agente para impedir que un dopante se disperse. Por tanto, una diferencia de concentración de superficie entre la capa de difusión de alta concentración y la capa de difusión de baja concentración que tiene el emisor de dos etapas se forma sin duda. Por tanto, la célula solar de alto rendimiento puede fabricarse manteniendo un rendimiento de fabricación a alto nivel.

Además, la célula solar será una célula solar de tipo de contacto de lado posterior o una célula solar de alto rendimiento que tiene el emisor de dos etapas, a bajo coste y con alto rendimiento de fabricación.

Además, según el método de fabricación del dispositivo semiconductor, un dispositivo semiconductor que tiene capas de difusión que difieren en concentración de superficie del dopante dentro de la superficie puede fabricarse a bajo coste y con alto rendimiento de fabricación.

Aún, además, si es el material de recubrimiento de la presente invención, será un material de recubrimiento, que puede impedir la difusión hacia fuera del dopante cuando este se recubre sobre el sustrato semiconductor para realizar la difusión térmica del dopante.

Breve descripción de los dibujos

La figura 1 ilustra una estructura en sección transversal de un ejemplo de célula solar útil para entender la invención;

la figura 2(a) es un diagrama de flujo que ilustra un ejemplo de una realización de un método de fabricación de la

célula solar según la presente invención, y la figura 2(b) es un diagrama de flujo que ilustra un ejemplo de un método convencional de fabricación de la célula solar que forma un emisor de dos etapas que usa una máscara;

5 la figura 3 ilustra un diagrama explicativo para explicar el método de fabricación de la célula solar mostrado en la figura 2(a);

la figura 4 es un diagrama que ilustra una estructura antirreflectante (textura aleatoria) de una célula solar monocristalina;

10 la figura 5 ilustra un diagrama explicativo para explicar otra realización del método de fabricación de la célula solar según la presente invención;

15 la figura 6 ilustra un diagrama explicativo para explicar un método de formación de capa de difusión durante un proceso de tratamiento térmico de difusión según otra realización del método de fabricación de la célula solar según la presente invención;

la figura 7 ilustra una estructura en sección transversal de una célula solar de tipo de contacto de lado posterior, que es otro ejemplo de la célula solar de la presente invención;

20 la figura 8(a) es un diagrama que ilustra una situación de un electrodo y una conexión vista desde un lado posterior del módulo de célula solar de tipo de contacto de lado posterior, la figura 8(b) es un diagrama que ilustra una situación de una conexión vista desde un lado del módulo de célula solar de tipo de contacto de lado posterior, y la figura 8(c) es un diagrama que ilustra una situación de una conexión vista desde un lado de un módulo de célula solar común;

25 la figura 9 ilustra una estructura en sección transversal de aún otro ejemplo de la célula solar útil para entender la invención;

la figura 10 es un diagrama que ilustra una eficiencia cuántica externa en el ejemplo 1 y el ejemplo 3; y

30 la figura 11 ilustra un diagrama explicativo para explicar otro ejemplo de un método útil para entender el método de fabricación de la célula solar según la presente invención.

Mejor(es) modo(s) para llevar a cabo la invención

35 En adelante en el presente documento, se describirán concretamente realizaciones de la presente invención, pero la presente invención no se limita a las mismas.

La figura 1 ilustra una estructura en sección transversal de un ejemplo de célula solar útil para entender la invención.

40 Esta es una célula solar 100 en la que una capa de emisor de alta concentración 2 que es una primera capa de difusión que tiene un tipo de conductividad opuesto al primer tipo de conductividad que tiene un sustrato semiconductor 1, y una capa de emisor de baja concentración 3 que es una segunda capa de difusión, teniendo la segunda capa de difusión una conductividad que es menor que la de la capa de emisión de alta concentración 2, se forman en una superficie de recepción de luz 1a del sustrato semiconductor. Y, una capa de BSF 5, que es una capa de difusión y
45 tiene al menos el mismo tipo de conductividad que el primer tipo de conductividad, se forma preferiblemente en un lado posterior 1b de la superficie de recepción de luz.

50 A continuación, en el presente documento, se explicará un flujo de fabricación de la célula solar que se muestra en la figura 1. La figura 2(a) es un diagrama de flujo que ilustra un ejemplo de una realización de un método de fabricación de la célula solar según la presente invención, y la figura 2(b) es un diagrama de flujo que ilustra un ejemplo de un método convencional de fabricación de la célula solar que forma un emisor de dos etapas que usa una máscara. Además, la figura 3 ilustra un diagrama explicativo para explicar el método de fabricación de la célula solar que se muestra en la figura 2(a).

55 En primer lugar, se prepara el sustrato semiconductor 1 del primer tipo de conductividad. Aunque las características del sustrato semiconductor 1 no están limitadas en particular, puede usarse un sustrato de silicio monocristalino que tiene tales características como, por ejemplo, la orientación del plano cristalino es (100), el tamaño es de 15 cm cuadrados y 250 micrómetros de grosor, la resistividad en rodajas es de 2 ohm-cm (la concentración de dopante es de $7,2 \times 10^{15} \text{ cm}^{-3}$), se dopa el galio, y el primer tipo de conductividad es un tipo p. Esto se sumerge en, por ejemplo,
60 una solución de hidróxido de sodio acuoso del 40 por ciento de peso, y una capa de daño de la misma se elimina mediante ataque químico. El sustrato 1 puede fabricarse mediante cualquiera de los métodos del método CZ y el método de zona de flotación (FZ). La resistividad de sustrato es preferiblemente de 0,1 a 20 ohm-cm. Y la resistividad del sustrato es de 0,5 a 2,0 ohm-cm es adecuada para la fabricación de la célula solar con alto rendimiento en particular. Adicionalmente, aunque la solución de hidróxido de sodio acuoso se utiliza para retirar los daños del sustrato
65 1 en la descripción anterior, puede usarse una solución alcalina fuerte, tal como hidróxido de potasio. Además, soluciones ácidas, como el ácido nítrico hidrofluorhídrico, también pueden lograr el objeto similar.

Normalmente, para la célula solar, es preferible formar una forma desigual en la superficie de la misma. El motivo es que, para reducir la reflectancia de una región de luz visible, la luz debe reflectarse en la superficie de recepción de luz al menos dos veces o más. Por este motivo, el sustrato que se haya sometido al ataque químico de daño se sumerge en una solución en la que se añade un alcohol isopropílico, por ejemplo, un hidróxido de sodio del 3 por ciento en peso, y se somete a ataque químico húmedo, de modo que las texturas aleatorias tal como se muestra en la figura 4 se forman en ambos lados. El tamaño de cada una de estas elevaciones es aproximadamente de 1 a 20 micrómetros. Otras estructuras desiguales de superficie a modo de ejemplo incluyen una ranura en V y una ranura en U. Estas pueden formarse utilizando una máquina de rectificado. Mientras tanto, con el fin de formar una estructura desigual aleatoria, ataque químico con ácido, ataque químico con ion reactivo, o similar puede utilizarse como método alternativo. Por otro lado, dado que las estructuras de textura formadas en ambos lados (superficie receptora de luz 1a, lado posterior 1b) del sustrato en la figura 1 son finas, se omite la descripción de las mismas en el dibujo.

Posteriormente, después de limpiar el sustrato, se imprime y recubre, como primer material de recubrimiento, una pasta de difusión 8 que contiene un dopante, tal como un ácido fosfórico o similar, y un agente antidispersión para este dopante en la superficie de recepción de luz 1a del sustrato mediante un aparato de serigrafía. Si la pasta de difusión 8 es para serigrafía en este momento, puede recubrirse fácilmente por el aparato de serigrafía. Además, si se trata de una pasta de difusión que contiene un dopante y un agente para impedir que un dopante se disperse de esta manera, puede impedirse la difusión hacia fuera del dopante cuando este se recubre sobre el sustrato semiconductor y se realiza la difusión térmica del dopante. La impresión en este momento puede formarse en un patrón de línea de forma de raya, o un patrón de puntos, y el patrón de impresión en el caso del patrón de línea puede formarse de líneas con paso de 2 mm y 150 micrómetros de ancho, por ejemplo. El agente para impedir que un dopante se disperse puede incluir un compuesto de silicio. Y, más preferiblemente, cuando el compuesto de silicio es SiO_2 , por ejemplo, un gel de sílice, que va a mezclarse en el mismo, la viscosidad de la pasta de difusión puede controlarse de manera efectiva para formar la capa de difusión de alta concentración. Concretamente, dado que la viscosidad es alta, el dopante puede mantenerse a alta concentración, haciendo posible de ese modo impedir con certeza la difusión hacia fuera.

Posteriormente, el sustrato sobre el que se imprime la pasta de difusión 8 se hornea a 700 grados C, durante 30 minutos, y posteriormente un material de recubrimiento 9 que contiene un dopante, tal como un pentóxido de fósforo o similar como segundo material de recubrimiento, y un compuesto de silicio que incluye preferiblemente un precursor de un compuesto de silicio, tal como un alcoxisilano o similar como agente para impedir autodopaje, está recubierto en la misma superficie de modo que entra en contacto con la pasta de difusión 8. Aunque tal recubrimiento puede implementarse por recubrimiento por centrifugación en condiciones de, por ejemplo, 3000 rpm y 15 segundos, el recubrimiento puede realizarse por serigrafía. Después de eso, el sustrato de la muestra fabricado tal como se describió anteriormente se introduce en un horno de tratamiento térmico para someterse al tratamiento térmico de difusión mientras se mantiene a 880 grados C, durante 30 minutos, y luego se extrae. Como resultado de esto, una primera capa de difusión 2 (también denominada capa de difusión de alta concentración o capa de emisor de alta concentración), y una segunda capa de difusión 3 (también denominada capa de difusión de baja concentración o capa de emisor de baja concentración), la segunda capa de difusión que tiene una conductividad que es menor que la de la primera capa de difusión se puede formar simultáneamente, dando como resultado una formación de una unión p-n. Una resistencia laminar de una porción distinta de una porción de impresión de pasta difusa, que es la capa de emisor de baja concentración, concretamente, una porción donde solamente el material de recubrimiento 9 está recubierto, puede ajustarse de 80 a 110 ohmios por cuadrado. Mientras tanto, una concentración de superficie del dopante de la porción donde se imprime la pasta de difusión 8 puede ajustarse a unos $2 \times 10^{20} \text{ cm}^{-2}$.

En la descripción anterior, dado que el primer material de recubrimiento es una pasta de alta viscosidad recubierta por serigrafía, puede contener un dopante de alta concentración y el grosor de recubrimiento puede engrosarse, permitiendo, por tanto, una formación de la capa de difusión de alta concentración. Además, dado que el agente para impedir que un dopante se disperse se mezcla en este momento, la viscosidad del mismo se incrementa adicionalmente, y también puede impedirse la difusión hacia fuera. Mientras tanto, el segundo material de recubrimiento es un material de baja viscosidad, que está recubierto por recubrimiento por centrifugación, dando como resultado un grosor de recubrimiento delgado. Por tanto, puede formarse la capa de difusión de baja concentración. Si el agente para impedir el autodopaje se mezcla con la misma en este momento, se formará una película en la superficie y se impedirá el autodopaje.

A continuación, el aislamiento de unión se realiza usando un dispositivo de ataque químico por plasma. En este proceso, se apila una pluralidad de sustratos de muestra para que un plasma y un radical no entren en la superficie de recepción de luz 1a y el lado posterior 1b, y por tanto se retiran varios micrómetros de una superficie de extremo de sustrato de la misma.

Posteriormente, después de someter a ataque químico un vidrio de fósforo formado en la superficie mediante un ácido fluorhídrico, se deposita una película de nitruro como una película de protección de superficie (película de pasivación) y una película antirreflectante 4 en la capa de emisor que usa un aparato CVD de plasma directo con una frecuencia de 13,56 MHz. Dado que esta película de pasivación y la película antirreflectante 4 sirven también como película antirreflectante, es adecuado un grosor de película de 70 a 100 nm. Hay una película de óxido, una película de dióxido

de titanio, una película de óxido de zinc, una película de óxido de estaño, y similares, como otras películas antirreflectantes, y pueden ser alternativas. Además, mientras que el método de formación incluye también un método de CVD de plasma remoto, un método de recubrimiento, un método de deposición al vacío, o similares, además del método anterior, es adecuado formar la película de nitruro mediante el método de CVD de plasma tal como se mencionó anteriormente desde un punto de vista económico. Además, si una película cuyo índice de refracción es de 1 a 2, por ejemplo, película de fluoruro de magnesio, que reduce una reflectancia total a la más pequeña, se forma sobre la película antirreflectante mencionada anteriormente, la reflectancia se reduce adicionalmente, aumentando de ese modo una densidad de corriente de generación.

A continuación, una pasta compuesta por, por ejemplo aluminio, se recubre sobre el lado posterior 1b usando un aparato de serigrafía o similar, y luego se seca. Además, en el lado de superficie de recepción de luz 1a se imprime también un electrodo Ag con, por ejemplo, una anchura de 80 micrómetros, con el uso de una placa de impresión de patrón de electrodos de tipo peine que usa un aparato de serigrafía o similar, y luego se seca. En este caso, se imprime utilizando un mecanismo de alineación de modo que el electrodo de tipo peine puede colocarse en una porción donde la pasta de difusión se imprime en forma de rayas. El método de alineación incluye un método para determinar directamente la posición del electrodo a partir de un color de la capa de difusión de alta concentración, o un método en el que el sustrato se marca de antemano y la pasta de difusión y el electrodo se imprimen usando la marca.

Después de eso, la cocción se realiza según un perfil de calor predeterminado para formar un electrodo de lado posterior 6 y un electrodo de tipo peine de superficie frontal 7. Estos electrodos pueden formarse mediante un método de deposición al vacío, un método de pulverización, o similar que no se basa únicamente en el método de impresión mencionado anteriormente. Por tanto, se fabrica la célula solar que se muestra en la figura 1.

Mientras tanto, el flujo de fabricación de otra célula solar convencional para formar el emisor de dos etapas usando una máscara se describirá usando la figura 2(b).

En primer lugar, un sustrato semiconductor, tal como un sustrato de silicio monocristalino de tipo p o similar, por ejemplo, de 15 cm cuadrados, como rebanada, y dopado con galio, se prepara de una manera similar a la primera realización de la presente invención, y se realizan el ataque químico de daño y la formación de texturas aleatorias.

Después de limpiar el sustrato, se forma por oxidación una película de óxido que va a ser una máscara de difusión en la superficie. Como máscara de difusión, se requieren al menos 100 nm de grosor para esta película de óxido.

Posteriormente, para formar una capa de difusión de alta concentración en forma de línea a un paso de 2 mm, es necesario abrir la máscara de difusión en forma de línea. Tal como el método, existe un método para cubrir una porción que no debe abrirse por la impresión de resistencia, y someter a ataque químico una porción que va a abrirse usando un ácido fluorhídrico. En el presente ejemplo, la abertura se realiza desbastando la película de óxido en forma de línea utilizando una sierra troceadora. En este caso, aunque el sustrato semiconductor está parcialmente desbastado con la película de óxido, esto no afecta a las características dado que la abertura está cerca del contacto.

Después de la abertura parcial de la máscara, se realiza la limpieza, y se realiza la difusión en fase de vapor de POCl_3 , de modo que una resistencia laminar de la porción de difusión puede ser, por ejemplo, 40 ohmios por cuadrado o menos, para formar de ese modo una capa de difusión de alta concentración (por ejemplo, capa n^{++}). Posteriormente, se realiza el ataque químico de la máscara, y la difusión en fase de vapor de POCl_3 se realiza entonces a toda la superficie de recepción de luz, de modo que la resistencia laminar de la porción de difusión puede ser de 100 ohmios por cuadrado, para formar de ese modo una capa de difusión de baja concentración (por ejemplo, capa n^+). El emisor de dos etapas se forma de esta manera.

Un proceso de aislamiento de unión que va a ser el siguiente proceso y los procesos posteriores del mismo pueden realizarse de una manera similar a los procesos del primer ejemplo mencionado anteriormente tal como se muestra en la figura 2(a).

El método de fabricación de la célula solar que tiene el emisor de dos etapas según el ejemplo convencional mencionado anteriormente es un método extremadamente ortodoxo. Sin embargo, al comparar la figura 2(a) y la figura 2(b), un coste de fabricación del método de fabricación según la presente invención, tal como se muestra en la figura 2(a), que tiene abrumadoramente pocas etapas de proceso, es muy inferior al mostrado en la figura 2(b), por lo que puede decirse que es superior. Por consiguiente, es posible producir productos competitivos en el mercado de células solares con el método de fabricación según la presente invención.

Por otro lado, aunque la célula solar que es uno de los dispositivos semiconductores se ha descrito con todo detalle, huelga decir que la presente invención no se limita solamente a la célula solar, y que la presente invención puede aplicarse también a otros dispositivos semiconductores que tienen capas de difusión que difieren en concentración de superficie dentro de la superficie.

Concretamente, si es el método para la fabricación del dispositivo semiconductor en el que después de recubrir el primer material de recubrimiento que contiene el dopante y el agente para impedir que un dopante se disperse, y el

segundo material de recubrimiento que contiene el dopante, están recubiertos en el sustrato semiconductor que tiene el primer tipo de conductividad, la primera capa de difusión formada recubriendo el primer material de recubrimiento, y la segunda capa de difusión formada recubriendo el segundo material de recubrimiento, la segunda capa de difusión que tiene una conductividad es diferente de la primera capa de difusión, se forman simultáneamente por el tratamiento térmico de difusión, puede impedirse la difusión hacia fuera del dopante. Por tanto, el dispositivo semiconductor que tiene las capas de difusión que difieren en concentración de superficie del dopante dentro de la superficie puede fabricarse con alto rendimiento de fabricación y a bajo coste.

A continuación, se describirán adicionalmente detalles del método para formar la capa de difusión de alta concentración y la capa de difusión de baja concentración según el método de fabricación para la presente invención. Concretamente, es un método en el que con el fin de formar las capas de difusión con dos concentraciones dentro de la misma superficie por el método de difusión de recubrimiento, materiales que difieren en cualquiera de al menos el porcentaje de un contenido de dopante, una viscosidad, contenido del agente para impedir que un dopante se disperse y el agente para impedir autodopaje, un tipo de dopante, o más, se utilizan como primer material de recubrimiento y segundo material de recubrimiento y/o grosores de película de recubrimiento del primer material de recubrimiento y el segundo material de recubrimiento se diferencian entre sí durante el recubrimiento. Además, tal como se muestra en la figura 11, también existe un método útil para entender la invención en el que, después de formar una ranura 16 en el sustrato semiconductor para recubrir el primer material de recubrimiento que contiene el dopante y el agente para impedir que un dopante se disperse, se recubre en toda la superficie del sustrato; y, la primera capa de difusión formada en la parte inferior de la ranura sobre el sustrato semiconductor, y la segunda capa de difusión formada en la porción distinta de la parte inferior de la ranura, teniendo la segunda capa de difusión una conductividad que es inferior a la de la primera capa de difusión, se forman simultáneamente por el tratamiento térmico de difusión. Tal como se describió anteriormente, la concentración de difusión puede cambiarse mediante un método para usar el material de recubrimiento que difiere en concentración y viscosidad, y un método para cambiar los grosores de película de recubrimiento de los materiales de recubrimiento, o formar la ranura. En adelante en el presente documento, se describirá específicamente.

Se requieren enfoques inventivos para formar simultáneamente las capas de difusión de alta concentración y baja concentración dentro de la misma superficie, tal como se muestra en la figura 1 usando el material de recubrimiento que contiene el mismo tipo de dopante y realiza un tratamiento térmico de difusión. El motivo es que si los dopantes que tienen el mismo coeficiente de difusión se someten simultáneamente al tratamiento térmico a la misma temperatura, se produce la difusión hacia fuera y el autodopaje de los dopantes, de modo que no se crea la diferencia de concentración entre las concentraciones de superficie. En comparación con esto, la presente invención logra la formación simultánea de las capas de difusión de alta concentración y baja concentración mediante un tratamiento térmico de difusión usando el primer material de recubrimiento que contiene al menos el dopante y el agente para impedir que un dopante se disperse, tal como se mencionó anteriormente.

Además, con el fin de lograr el método para la presente invención de manera más efectiva, existe un método para cambiar una cantidad de dopante de cada material de recubrimiento recubierto sobre la superficie de sustrato. Lo que se necesita simplemente es cambiar directamente el porcentaje del contenido de dopante contenido en el material de recubrimiento, o simplemente cambiar el grosor de la película de recubrimiento, con el fin de cambiar la cantidad de dopante en el material de recubrimiento. Cuando se cambia el porcentaje del contenido de dopante, el porcentaje del contenido de dopante del primer material de recubrimiento es superior al porcentaje del contenido de dopante del segundo material de recubrimiento en 4 veces o más.

Cuando se usa el material de recubrimiento con alta viscosidad, es posible cambiar el grosor de película de recubrimiento cambiando el recuento de malla de una placa de pantalla. En este caso, lo que es necesario es simplemente cambiar un contenido de un metoxietanol del material de recubrimiento, por ejemplo, para controlar la viscosidad. Mientras tanto, el método para formar la ranura cambia estructuralmente el grosor de película.

Existe un método para cambiar la viscosidad de dopante del material de recubrimiento como método para cambiar en gran medida el grosor de película de recubrimiento. Además, existe un método para cambiar una inclusión del material de recubrimiento como método para cambiar en gran medida la viscosidad de dopante del material de recubrimiento. Por ejemplo, añadir un espesante al metoxietanol como aglutinante del material de recubrimiento preferiblemente aumenta la viscosidad. Como este espesante, por ejemplo, es preferible el alcohol polivinílico, polivinilpirrolidona, polivinil metil éter, polivinilbutiral, acetato de polivinilo y copolímeros de los mismos, derivados de celulosa o resina acrílica. Sin embargo, no se limita a estos en particular. En este caso, con el fin de controlar la viscosidad de dopante del material de recubrimiento y controlar la difusión hacia fuera del dopante, es particularmente preferible añadir granos de SiO_2 , por ejemplo, el gel de sílice. Esto hará posible aumentar el grosor de película de recubrimiento y será adecuado para que el material de recubrimiento forme la capa de difusión de alta concentración. Obsérvese en el presente documento que, dado que este aglutinante es innecesario durante el tratamiento térmico de difusión, es necesario hornearlo a 400 grados C o más y evaporarlo en la atmósfera.

Mientras tanto, con el fin de reducir extremadamente la viscosidad y para controlar el autodopaje del dopante, es preferible mezclar el dopante en los alcóxidos, y para evitar que se mezcle un reductor de vida, es preferible mezclar el dopante en los alcóxidos que contienen silicio, que es un precursor de un óxido de silicio. Como resultado de esto,

será adecuado para el material de recubrimiento formar la capa de difusión de baja concentración. En este caso, cuando se aplica calor a aproximadamente 150 grados C, el alcóxido se hidrolizará y se condensará parcialmente, de modo que se genera SiO_2 , en concreto, vidrio, para evitar el autodopaje del dopante. Dado que el material de recubrimiento no puede formarse de manera gruesa y también se propaga fácilmente, no es adecuado para el primer material de recubrimiento.

Además, la viscosidad o similar cambia incluso cuando se cambia un contenido del agente para impedir que un dopante se disperse y el agente para impedir autodopaje, que son para suprimir la difusión hacia fuera del dopante del material de recubrimiento y el autodopaje. Como resultado de esto, es posible producir la diferencia de concentración entre las capas de difusión dentro de la misma superficie y bajo el mismo tratamiento térmico.

El método para provocar la diferencia de concentración usando el mismo tipo de dopante se ha descrito hasta ahora. Como otros métodos, si los elementos que difieren en el coeficiente de difusión se utilizan como el dopante, es posible producir sin duda la diferencia de concentración incluso por los tratamientos térmicos a la misma temperatura. Por ejemplo, el coeficiente de difusión del fósforo a unos 900 grados C es mayor que el del antimonio en dos órdenes. Ambos son dopantes tipo n y se convierten en donadores al sustrato de tipo p, y por tanto es posible fabricar fácilmente el emisor de dos etapas preparando el material de recubrimiento cuyo dopante es fósforo y el material de recubrimiento cuyo dopante es antimonio.

Por otro lado, cuando un tercer material de recubrimiento que contiene compuestos de silicio, como un gel de sílice, se recubre de modo que cubra la porción superior del primer material de recubrimiento y/o el segundo material de recubrimiento, y el tratamiento térmico de difusión mencionado anteriormente se realiza a partir de entonces, la difusión hacia fuera y el autodopaje pueden impedirse adicionalmente. Por tanto, la diferencia de concentración de superficie entre la capa de difusión de alta concentración y la capa de difusión de baja concentración en el emisor de dos etapas puede formarse con absoluta certeza.

La figura 5 ilustra un diagrama explicativo para explicar otra realización del método de fabricación de la célula solar según la presente invención.

En un proceso A mostrado en la figura 5(a), además del tratamiento térmico de difusión en el flujo de fabricación mostrado en la figura 2(a), una porción donde una densidad de estado de entrecara de la capa emisora de la superficie se considera alta, concretamente una porción de aproximadamente varios nanómetros de grosor se somete a ataque químico cuando se sumerge en una solución mixta de amoníaco y una solución de peróxido de hidrógeno después del tratamiento térmico de difusión. En cuanto a un proceso de formación de película antirreflectante y, posteriormente, se realizan los mismos procesos que los que se muestran en la figura 2(a), de modo que el nivel superficial de la capa de difusión de baja concentración se reduce particularmente. Y, por tanto, puede mejorarse el rendimiento de la célula solar.

Ha de observarse en el presente documento que se obtendrá un efecto similar cuando la superficie se someta a ataque químico usando no solo una solución mixta de amoníaco y una solución de peróxido de hidrógeno, sino también usando un ácido fluorhídrico-nítrico o un alcalino débil.

Adicionalmente, en un proceso B mostrado en la figura 5(b), siguiendo el tratamiento térmico de difusión en el flujo de fabricación mostrado en la figura 2(a), se mantiene durante 10 minutos dentro del horno mientras que solamente se hace fluir oxígeno seco sin disminuir la temperatura. De este modo, se oxida un área donde la densidad de estado de entrecara en la superficie superior es alta, y pasa a ser posible someterla a ataque químico fácilmente mediante un ataque químico de vidrio usando un ácido fluorhídrico diluido después del aislamiento de unión. También en este caso, en cuanto al proceso de formación de película antirreflectante y, posteriormente, se realizan correspondientemente los mismos procesos que aquellos mostrados en la figura 2(a), de modo que el nivel superficial de la capa de difusión de baja concentración se reduce particularmente. Y, por tanto, puede mejorarse el rendimiento de la célula solar.

La figura 6 ilustra un diagrama explicativo para explicar un método de formación de capas de difusión durante el proceso de tratamiento térmico de difusión de acuerdo con otra realización del método de fabricación de la célula solar según la presente invención.

En la realización mostrada en la figura 6, el tratamiento térmico de difusión se realiza bajo una atmósfera de una fuente de difusión en fase de vapor.

Cuando la pasta de difusión se hace para contener un gel de sílice o similares, por ejemplo, la difusión hacia fuera del dopante puede suprimirse tal como se describió anteriormente, pero la supresión del 100 % es realmente imposible. Como resultado de esto, dado que se vuelve a difundir el dopante difuso, se produce una distribución de la concentración de la capa de difusión dentro de la superficie. Dado que esto forma una diferencia individual, concretamente variaciones en el rendimiento, es necesario reducir esto tanto como sea posible. Por consiguiente, suponiendo que la célula solar se fabrica mientras se redifunde el dopante en cierta medida, si la muestra se dispone bajo la atmósfera de la fuente de difusión en fase de vapor donde el dopante está completamente lleno durante el tratamiento térmico de difusión, es posible realizar la distribución de concentración dentro de la superficie de la capa

de difusión uniforme. Al hacer esto, es posible fabricar la célula solar con poca variación en el rendimiento.

La figura 7 ilustra una estructura en sección transversal de una célula solar de tipo contacto de lado posterior, útil para entender la presente invención.

La célula solar de tipo de contacto de lado posterior 101 se caracteriza porque la capa de emisor de alta concentración 2 que es una primera capa de difusión que tiene el tipo de conductividad opuesto al primer tipo de conductividad que tiene un sustrato semiconductor 1, la capa de emisores de baja concentración 3 que es una segunda capa de difusión que tiene el tipo opuesto de conductor, teniendo la segunda capa de difusión una conductividad que es inferior a la de la capa del emisor de alta concentración 2, y una capa de BSF local 10 que es una capa de difusión que tiene el mismo tipo de conductividad que la del primer tipo de conductividad se forman en el lado posterior de la superficie de recepción de luz del sustrato semiconductor.

Dado que la célula solar de tipo de contacto de lado posterior no tiene el electrodo en la superficie de recepción de luz, hay una característica de que la apariencia es muy buena. Mientras tanto, cuando la célula solar es modularizada, los electrodos que se ubican uno junto a otro en la superficie de recepción de luz y el lado posterior de la célula solar están normalmente conectados por una línea de lengüeta 13 con un grosor de 100 a 200 micrómetros tal como se muestra en la figura 8(c), y por tanto existe una desventaja de que provocan grietas de la célula solar. En la célula solar de tipo de contacto de lado posterior, sin embargo, dado que lo que se necesita es conectarlos tal como se muestra en las figuras 8(a) y 8(b), también tiene una característica de que las grietas pueden reducirse extremadamente.

Aunque la estructura de célula solar tiene muchas ventajas, tal como se describió anteriormente, las capas de difusión de alta concentración con los tipos de conductor opuestos entre sí, tal como la capa de difusión de tipo p de alta concentración y la capa de difusión de tipo n de alta concentración, deben formarse en la misma superficie, provocando de ese modo que el proceso sea extremadamente complicado.

Según un método descrito a continuación, sin embargo, tres tipos de capa de difusión o más del mismo tipo de conductividad que la del sustrato o del tipo de conductividad opuesto pueden formarse en la misma superficie sin ninguna máscara de difusión. Dado que las etapas básicas del proceso son casi las mismas que las del método de fabricación convencional, así como las descritos anteriormente, pueden fabricarse fácilmente.

Más adelante en el presente documento, se describirá otro ejemplo de un método para la fabricación de la célula solar.

En primer lugar, un sustrato de silicio monocristalino en el que, por ejemplo, la orientación del plano cristalino es (100), el tamaño es de 15 cm cuadrados y 200 micrómetros de grosor, la resistividad como rebanada es de 0,5 ohm-cm, (la concentración de dopante es de $1,01 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$), el fósforo se dopó, y el tipo de conductividad es tipo n se prepara como el sustrato semiconductor 1, el ataque químico de daño se realiza durante aproximadamente 30 micrómetros en total de ambos lados usando un método similar al mostrado en la figura 2(a), y una textura que es la estructura antirreflectante se forma además en la superficie.

Posteriormente, después de limpiar el sustrato, el aparato de serigrafía imprime una pasta de difusión que contiene, por ejemplo, óxido de boro de 15 g/100 ml y el agente para impedir que un dopante se disperse descrito anteriormente (gel de sílice) con el fin de formar la capa del emisor de alta concentración 2 de un tipo de conductividad opuesto al del sustrato 1. El patrón de impresión en este caso puede formarse por líneas con paso de 2 mm y 200 micrómetros de anchura. Además, se imprime una pasta de difusión que contiene, por ejemplo, óxido de boro de 4 g/100 ml y el agente para impedir autopape descrito anteriormente (precursor del óxido de silicio) con el fin de formar la capa del emisor de baja concentración 3 de un tipo de conductividad opuesto a la del sustrato 1. Este patrón de impresión puede formarse por líneas con un paso de 2 mm y 1600 micrómetros de anchura, y está impreso de manera que un centro de la misma puede superponerse con el del primer patrón de impresión. Además, una pasta de difusión que contiene, por ejemplo, un ácido fosfórico similar al utilizado en la descripción de la figura 2(a) se imprime en un área donde la pasta de difusión de boro mencionada anteriormente no se imprime con el fin de formar la capa de BSF local 10 del mismo tipo de conductividad que el del sustrato 1. Este patrón de impresión puede formarse por líneas con paso de 2 mm y 200 micrómetros de anchura.

Después de la impresión, se hornea a 700 grados C, durante 30 minutos, un material de recubrimiento que contiene, por ejemplo, un gel de sílice que se recubre por centrifugación posteriormente sobre la misma superficie en condiciones de 3000 rpm y 15 segundos, y este sustrato de muestra se coloca en un horno de tratamiento térmico ya que va a someterse a tratamiento térmico de difusión. Este tratamiento térmico de difusión puede realizarse a condición de mantenerlo a 1000 grados C, durante 20 minutos. A continuación, después de realizar el aislamiento de unión usando un dispositivo de ataque químico por plasma, vidrios de fósforo y boro formados en la superficie se someten a ataque químico por un ácido fluorhídrico como el proceso mostrado en la figura 2(a).

Posteriormente, una película de pasivación y una película antirreflectante 4, tal como una película de nitrato o similar, se depositan 85 nm de grosor sobre la superficie de recepción de luz usando, por ejemplo, un aparato de CVD de plasma directo. Además, una película de pasivación de lado posterior 11, tal como una película de nitrato o similar, se

depositan 55 nm de grosor sobre el lado posterior usando el mismo aparato de CVD de plasma directo con el fin de protección de superficie. Si el grosor de la película de nitruro en la parte posterior se deposita de 70 a 110 nm, está disponible como una célula receptora de luz de dos lados.

5 A continuación, se imprime un patrón de electrodos de tipo peine tal como se muestra en la figura 8(a) con una pasta de electrodo compuesta por Ag en línea con las capas de difusión de alta concentración de boro y fósforo usando un aparato de serigrafía con un mecanismo de alineación.

10 Posteriormente, después del secado de la pasta del electrodo, se cuece según un perfil de calor predeterminado para formar el electrodo de tipo peine de lado posterior 12, y se logra la célula solar de tipo contacto de lado posterior 101.

15 La célula solar de tipo de contacto de lado posterior fabricada tal como se ha descrito anteriormente y la fabricada por el método convencional no difieren en estructura, y tampoco hay diferencia de rendimiento entre las mismas. Por tanto, si la célula solar se fabrica utilizando el método de fabricación actual, es posible disfrutar de méritos que la célula solar de contacto de lado posterior de muy buen aspecto y muy pocas grietas pueda fabricarse simplemente sin ninguna máscara de difusión.

20 La figura 9 ilustra una estructura en sección transversal de aún otro ejemplo de la realización de la célula solar de la presente invención. La célula solar basada en la tecnología de serigrafía general tiene una estructura en la que toda la superficie de lado posterior está cubierta con la capa de BSF 5 mediante Al, tal como se muestra en la figura 1. Se conoce que cuando el área de esta capa de BSF se reduce y el área restante en la parte posterior está cubierta con una película de pasivación de alta calidad, se incrementará una tensión de circuito abierto, dando como resultado un aumento de la producción.

25 La célula solar mostrada en la figura 9 es la célula solar en la que el área de la capa de BSF se reduce de esta manera; una realización mostrada en la figura 9(a) (más adelante en el presente documento, denominada muestra (A)) es una célula solar en la que la capa de BSF local 10 del mismo tipo de conductividad que la del sustrato 1 se forma solo en una porción cercana directamente debajo del contacto con el electrodo de tipo peine de lado posterior 12; y una realización mostrada en la figura 9(b) (más adelante en el presente documento denominada muestra (B)) es una célula solar en la que se forma una capa de BSF de alta concentración 14 del mismo tipo de conductividad que la del sustrato 1 en solo una porción cercana directamente debajo del contacto con el electrodo de tipo peine de lado posterior 12, y una capa de BSF de baja concentración 15 del mismo tipo de conductividad que la del sustrato 1 se forma además en todo el lado posterior.

35 Aunque se ha requerido la máscara de difusión para formar la capa de difusión en una porción determinada dentro de la superficie según el método de fabricación convencional descrito anteriormente, no se requiere la máscara según el método de fabricación para la presente invención, permitiendo que se forme una estructura deseada de manera sencilla.

40 Más adelante en el presente documento, se describirá la realización del método de fabricación de la célula solar según la presente invención en la fabricación de la célula solar mostrada en la figura 9.

45 En primer lugar, un sustrato de silicio monocristalino en el que, por ejemplo, la orientación del plano cristalino es (100), el tamaño es de 15 cm cuadrados y 250 micrómetros de grosor, la resistividad como rebanada es de 0,5 ohm-cm (la concentración de dopante es de $3,26 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$), el galio se dopó, y el tipo de conductividad que es tipo p se prepara como el sustrato semiconductor 1, el ataque químico de daño se realiza por aproximadamente 30 micrómetros en total de ambos lados usando un método similar al del proceso mostrado en la figura 2(a), y una textura que es la estructura antirreflectante se forma además en la superficie usando un método similar al del proceso mostrado en la figura 2(a).

50 Posteriormente, después de la limpieza del sustrato, la pasta de difusión se imprime en un área donde se forma la capa de difusión de alta concentración en condiciones similares descritas en la figura 2(a), y el material de recubrimiento se recubre en otras áreas, con el fin de formar el emisor de dos etapas en el lado de superficie de recepción de luz.

55 A continuación, una pasta que contiene un óxido de boro que es un dopante del mismo tipo de conductividad que la del sustrato 1 y un agente para impedir que un dopante se disperse, tal como un gel de sílice, en una proporción de 0,1 g/ml, se imprime en un patrón de línea con, por ejemplo, un paso de 2 mm y 200 micrómetros de anchura en el lado de superficie posterior. Entre las muestras que se han hecho pasar a través de los procesos hasta el momento, las muestras que se hornean a 700 grados C, durante 30 minutos tal como están, y en el lado posterior del cual un material de recubrimiento 30 que contiene alcoxisilano se recubre por centrifugación posteriormente bajo la condición de 3000 rpm y 15 segundos se definen como muestra (A). Mientras tanto, de entre las muestras que se han hecho pasar a través de los procesos mencionados anteriormente, muestras, sobre toda la superficie de las cuales se imprime posteriormente una pasta que contiene un óxido de boro y un agente para impedir autodopaje tal como sílice o similares, y las cuales se hornean a 700 grados C, durante 30 minutos se definen como muestra (B).

65 Posteriormente, estas muestras se colocan en un horno de tratamiento térmico, se mantienen a 980 grados C, durante

10 minutos y luego se sacan.

A continuación, después de realizar el aislamiento de unión usando el dispositivo de ataque químico por plasma, los vidrios de fósforo y boro formados en la superficie se someten a ataque químico por un ácido fluorhídrico como el proceso mostrado en la figura 2(a).

Posteriormente, la película de pasivación y la película antirreflectante 4, tal como una película de nitruro o similar, se deposita, por ejemplo, de 85 nm en grosor en ambos lados usando un aparato de CVD de plasma directo.

A continuación, se imprime un patrón de electrodos de tipo peine con una pasta de electrodos compuesta por Ag en línea con las capas de difusión de alta concentración en ambos lados usando un aparato de serigrafía con un mecanismo de alineación. Después de secar la pasta de electrodo, la cocción se realiza según un perfil de calor predeterminado, y se fabrica la célula solar tal como se muestra en la figura 9.

En la presente realización, el área de BSF se limita solamente a la porción cercana directamente en contacto con toda la superficie, de modo que la tensión del circuito abierto se mejora considerablemente en comparación con la de la célula solar mostrada en la figura 1. Mientras tanto, dado que se reduce la absorción de luz cerca del lado posterior, se incrementa una corriente de cortocircuito. Adicionalmente, dado que el electrodo de red se utiliza en el lado posterior, se reduce la deformación del sustrato. Esto significa que el afinamiento pasará a ser fácil.

Aunque la capa de BSF de baja concentración de la muestra (B) se forma ajustando la cantidad de dopante de la pasta de difusión en la realización mencionada anteriormente, el dopante, que se ha difundido hacia fuera de la pasta de difusión para formar la capa de BSF de alta concentración reduciendo el contenido de un gel de sílice o similares sin poner el dopante, se redifunde y de ese modo también permite formar una estructura similar a la de la muestra (B).

Además, si la película de óxido con una película de grosor de 5 a 30 nm se forma por oxidación antes de depositar la película antirreflectante y la película de pasivación, tal como una película de nitruro o similar, la tensión de circuito abierto se aumenta adicionalmente, dando como resultado por tanto un aumento de la generación de eficiencia.

A continuación en el presente documento, se explicará la presente invención específicamente con referencia a los siguientes ejemplos de la presente invención y el ejemplo comparativo. Sin embargo, la presente invención no se limita a estos.

(Ejemplo 1 y ejemplo comparativo 1)

Como ejemplo 1, se preparó un sustrato de silicio monocristalino fabricado por el método CZ según el proceso mostrado en la figura 2(a), en el que la orientación del plano cristalino fue (100), el tamaño fue de 15 cm cuadrados y 250 micrómetros de grosor, la resistividad en rodajas fue de 2 ohm-cm (la concentración de dopante fue de $7,2 \times 10^{15} \text{ cm}^{-3}$), se dopó el galio, y el primer tipo de conductividad fue un tipo p. A continuación, este se sumergió en una solución acuosa de hidróxido de sodio al 40 por ciento en peso, y se eliminó una capa de daño de la misma mediante ataque químico. A continuación, este sustrato se sumergió en una solución en la que se añadió un alcohol isopropílico a un hidróxido de sodio al 3 por ciento en peso para someterse a ataque químico húmedo, de modo que se formó una textura aleatoria en una superficie.

Posteriormente, después de limpiar el sustrato, se imprimió una pasta de difusión que contiene un ácido fosfórico y un gel de sílice en una superficie de recepción de luz del sustrato mediante una impresora de serigrafía. En ese momento, se formó un patrón de impresión de un patrón de línea con paso de 2 mm y línea de anchura de 150 micrómetros. El sustrato impreso se horneó a 700 grados C, durante 30 minutos, y un material de recubrimiento que contenía un pentóxido de fósforo y un alcoxisilano se recubrió posteriormente sobre la misma superficie para entrar en contacto con la pasta de difusión. Este recubrimiento se realizó mediante recubrimiento por centrifugación en las condiciones de 3000 rpm y 15 segundos. Después de eso, el sustrato de muestra fabricado tal como se describió anteriormente se colocó en un horno de tratamiento térmico para someterse al tratamiento térmico de difusión mientras se mantenía a 880 grados C, durante 30 minutos, y luego se sacó. Cuando se midió la resistencia laminar de una porción en la que solamente se recubría el material de recubrimiento (porción donde no se imprimió la pasta de difusión), la resistencia laminar fue de 80 a 110 ohmios por cuadrado. Mientras tanto, cuando se verificó un perfil de difusión mediante un método de resistencia a la propagación (RP), se obtuvo un valor de $2 \times 10^{20} \text{ cm}^{-2}$ como concentración de superficie del dopante en una porción donde la pasta de difusión se imprimió en forma de banda.

A continuación, el aislamiento de unión se realizó usando un dispositivo de ataque químico por plasma. A continuación, después de someter posteriormente a ataque químico un vidrio de fósforo formado en la superficie por un ácido fluorhídrico, se depositó una película de nitruro con una película de grosor de 70 nm sobre una capa emisora usando un aparato de CVD de plasma directo con una frecuencia de 13,56 MHz.

A continuación, una pasta compuesta por aluminio se recubrió sobre el lado posterior usando un aparato de serigrafía y así sucesivamente, y luego se secó. Además, en el lado de superficie de recepción de luz se imprimió también un electrodo de Ag con una anchura de 80 micrómetros con el uso de una placa de impresión de patrón de electrodos de

tipo peine usando un aparato de serigrafía y así sucesivamente, y luego se secó. En este caso, se imprimió utilizando un mecanismo de alineación para que el electrodo de tipo peine pueda colocarse en una porción donde la pasta de difusión se imprimió en forma de rayas. Después de eso, la cocción se realizó según un perfil de calor predeterminado para formar un electrodo de lado posterior y un electrodo de tipo peine de superficie frontal, de modo que se fabricó la célula solar.

Mientras tanto, como el ejemplo comparativo 1, se preparó un sustrato de silicio monocristalino que fue de 15 cm cuadrados, en rodajas, dopado con galio y de tipo p, similar al del ejemplo 1, y se fabricó una célula solar según el proceso mostrado en la figura 2(b).

Las características de tensión de corriente de las células solares con 15 cm cuadrados, que se fabricaron respectivamente, se midieron bajo un simulador solar (intensidad luminosa: 1 kW/m², espectro: AM1.5 global) en una atmósfera a 25 grados C. El resultado se mostrará en la tabla 1.

[Tabla 1]

	Tensión de circuito abierto (V)	Densidad de corriente de cortocircuito (mA/cm ²)	Eficiencia de conversión (%)	Factor de llenado
Ejemplo 1	0,632	36,5	18,2	0,791
Ejemplo comparativo 1	0,638	36,2	18,2	0,789

Tal como se muestra en la tabla 1, aunque la célula solar del ejemplo 1 tiene abrumadoramente menos etapas de proceso en comparación con la célula solar del ejemplo comparativo 1 según el método de fabricación convencional y tiene bajo coste de fabricación, no puede observarse una diferencia en el rendimiento entre ellos. Por consiguiente, utilizar el método de fabricación según la presente invención hace posible producir un producto competitivo en el mercado de células solares.

(Ejemplo 2)

Como ejemplo 2, las células solares se fabricaron por diversos métodos de fabricación del emisor de dos etapas de la presente invención. Las resistencias laminares de la capa de alta concentración y la capa de baja concentración formadas en ese momento se mostraron en la tabla 2. Las características de la célula solar se mostraron en la tabla 3 junto con las mismas.

En el presente ejemplo, para formar las capas de difusión con dos concentraciones dentro de la misma superficie mediante el método de difusión de recubrimiento, se utilizaron cambios en contenido de dopante contenido en el material de recubrimiento, grosor de película de recubrimiento, contenido de vidrio (contenido de compuesto de silicio), elementos o similares, tal como se muestra en la tabla 2. En particular, con respecto al cambio en el grosor de película de recubrimiento, se utilizó el cambio en la viscosidad, o se utilizó la ranura, que es un ejemplo que no forma parte de la invención.

Más adelante en el presente documento, el método de fabricación para el emisor de dos etapas se describirá brevemente. Por otro lado, una serie de procesos desde la formación de texturas y la difusión hasta la formación de electrodos fueron similares a los del ejemplo 1.

En primer lugar, para las muestras A, C, D y E, la capa de alta concentración y la capa de baja concentración se formaron cambiando los elementos mostrados en la tabla 2. Por ejemplo, en la muestra A, se prepararon dos tipos de materiales de recubrimiento en los que se cambió el contenido de dopante, y, por ejemplo, al formar la capa de alta concentración, se usó una pasta de difusión que contenía un ácido fosfórico de 10g en 100 ml. Mientras tanto, en la muestra C, la viscosidad se modificó cambiando el contenido de un metoxietanol en el material de recubrimiento. Los compuestos de silicio contenidos fueron un gel de sílice y un alcoxisilano en la muestra D, y el contenido de cristal se modificó en la muestra E. Además, en el presente proceso, la capa de alta concentración tenía líneas con 200 micrómetros de anchura y un paso de 2,0 mm, y el material de recubrimiento se imprimió en el mismo mediante serigrafía, mientras que la capa de baja concentración se formó mediante recubrimiento por centrifugación con el material de recubrimiento. Mientras tanto, para las muestras B y F que no forman parte de la presente invención, se utilizó serigrafía tanto para la capa de alta concentración como para la capa de baja concentración, y se cubrió sobre la misma el material de recubrimiento. Adicionalmente, en la muestra B, se añadió un alcohol polivinílico al material de recubrimiento para formar la capa de alta concentración, y en la muestra F, los dopantes contenidos en los respectivos materiales de recubrimiento se fijaron en fósforo y antimonio que difieren en el coeficiente de difusión. En ese momento, la capa de alta concentración tenía líneas con 200 micrómetros de anchura y un paso de 2,0 mm. Mientras tanto, en el caso de la muestra G que no forma parte de la presente invención, solamente se recubrió por centrifugación un tipo de material de recubrimiento usado en el ejemplo 1. Una mitad de estas muestras de A hasta G se sometieron a tratamiento térmico a 880 grados C, durante 30 minutos hasta completar de ese modo la difusión. En

cuanto a la mitad de las muestras restante, se recubrió un material de recubrimiento, que incluye un gel de sílice, en la misma superficie del mismo en condiciones de 3000 rpm y 15 segundos antes del tratamiento térmico, y el tratamiento térmico de difusión se completó en condiciones similares a las descritas anteriormente. El símbolo "cubierta" indica esta película dentro de la tabla 2. Por otro lado, la medición de la resistencia laminar se realizó con un método de probeta de cuatro puntos después del ataque químico de vidrio. Incidentalmente, diversas características de la célula solar mostradas en la tabla 3 se indican sobre esta "cubierta".

[Tabla 2]

	Elemento de cambio	Cubierta	Detalles de cambio	Resistencia laminar (Ω /h)	N.º de muestra de célula
A	Cambio de contenido de dopante Alta concentración: Baja concentración de ácido fosfórico: Pentóxido de fósforo	No (sin)	10 g/100 ml.	15	A1
			2,0 g/100 ml.	80	
		Sí (con)	10 g/100 ml.	15	
			2,0 g/100 ml.	100	
B	Cambio de grosor de película de recubrimiento	No (sin)	20 μ m	25	B1
			0,2 μ m	60	
		Sí (con)	20 μ m	25	
			0,2 μ m	80	
C	Cambio de viscosidad	No (sin)	300 CP	25	C1
			1,1 CP	70	
		Sí (con)	300 CP	25	
			1,1 CP	90	
D	Cambio de inclusión	No (sin)	Gel de sílice	20	D1
			Alcoxisilano	70	
		Sí (con)	Gel de sílice	20	
			Alcoxisilano	90	
E	Cambio de contenido de vidrio	No (sin)	10 % en peso	20	E1
			6 % en peso	60	
		Sí (con)	10 % en peso	20	
			6 % en peso	80	
F	Cambio de elemento	No (sin)	Fósforo	10	F1
			Antimonio	90	
		Sí (con)	Fósforo	10	
			Antimonio	110	
G	Formación de ranura Recubrimiento solamente una vez	No (sin)	En el interior de la ranura	40	G1
			Fuera de la ranura	70	
		Sí (con)	En el interior de la ranura	40	
			fuera de la ranura	80	

[Tabla 3]

N.º de muestra	Tensión de circuito abierto (V)	Densidad corriente cortocircuito (mA/cm ²)	de de	Eficiencia de conversión (%)	de	Factor de llenado
A1	0,633	36,6		18,3		0,792
B1, C1, D1	0,630	36,3		18,1		0,790
E1	0,635	36,8		18,4		0,787
F1	0,627	36,0		17,7		0,785
G1	0,629	36,2		17,8		0,781

Tal como se muestra en la Tabla 3, aunque se observaron algunas diferencias, la célula solar con alta eficiencia de conversión se obtuvo de todas las muestras a pesar de las pocas etapas del proceso y un bajo coste de fabricación, en comparación con la célula solar de tipo serigrafía común cuya eficiencia de conversión fue de aproximadamente del 12 al 16 %, resultante de los efectos de la estructura del emisor de dos etapas.

(Ejemplo 3)

La célula solar se fabricó usando el proceso según los procesos A y B mostrados en la figura 5. Las condiciones de fabricación fueron similares a las del ejemplo 1, aparte del ataque químico posterior de la superficie de la capa de difusión, y la oxidación superficial. En este caso, el ataque químico posterior se realizó sumergiendo el sustrato en una solución mixta de amoníaco y una solución de peróxido de hidrógeno después de tratamiento térmico para someter a ataque químico la superficie por varios nanómetros. Mientras tanto, la oxidación superficial se realizó haciendo que solo fluyera oxígeno seco sin disminuir la temperatura posterior a tratamiento térmico para mantener el sustrato en un horno de tratamiento térmico durante 10 minutos. Diversas características de la célula solar obtenida por el presente ejemplo se mostraron en la tabla 4. Por otro lado, también se mostraron diversas características de la célula solar del ejemplo 1 para su comparación. Adicionalmente, las características de sensibilidad espectral (eficiencia cuántica externa) se mostraron en la figura 10.

[Tabla 4]

	Tensión de circuito abierto (V)	Densidad corriente cortocircuito (mA/cm ²)	de de	Eficiencia conversión (%)	de	Factor de llenado
Ejemplo 3 (proceso A)	0,634	36,9		18,5		0,789
Ejemplo 3 (proceso B)	0,635	37,2		18,4		0,778
Ejemplo 1	0,632	36,5		18,2		0,791

Tanto la corriente de cortocircuito como la tensión de circuito abierto de ambas muestras sometidas al proceso A y el proceso B según el presente ejemplo indican valores altos en comparación con el presente ejemplo 1 en el que el emisor de ataque químico posterior y la oxidación superficial no se realizaron después de tratamiento térmico. Sin embargo, dado que la concentración de superficie de la porción de contacto también se redujo un poco, se redujo el factor de llenado.

El motivo por el que se incrementó la corriente de cortocircuito fue que la eficiencia cuántica de una región de longitud de onda corta se incrementó después de que el emisor se sometiera de nuevo a ataque químico y la oxidación superficial como se muestra en la figura 10. La densidad de estado de entrecara se redujo mejorando la calidad de la porción de superficie de la capa de difusión como el presente ejemplo, haciendo posible por tanto mejorar adicionalmente el rendimiento de la célula solar.

(Ejemplo 4)

El tratamiento térmico por difusión se realizó a 900 grados C bajo una atmósfera de una fuente de difusión en fase de vapor de POCl₃ según el método mostrado en la figura 6. En cuanto a otras condiciones, se utilizó una pasta de difusión y un material de recubrimiento similar a los del ejemplo 1.

Los promedios y desviaciones estándar que indican el grado de variación de diversas características de la célula solar fabricada por el método mencionado anteriormente se muestran en la tabla 5.

Cuando se observó la desviación estándar dentro de un paréntesis, resulta que la desviación estándar se redujo mediante el método de fabricación para el presente ejemplo, en comparación con el caso del ejemplo 1. Concretamente, puede decirse que la variación de rendimiento se mejoró por el método de fabricación para el presente ejemplo.

[Tabla 5]

	Tensión de circuito abierto (V)	Densidad corriente cortocircuito (mA/cm ²)	de de	Eficiencia conversión (%)	de	Factor de llenado
Ejemplo 4	0,634 (0,55)	36,6 (0,11)		18,3 (0,13)		0,790 (0,45)
Ejemplo 1	0,632 (0,88)	36,5 (0,45)		18,2 (0,31)		0,791 (0,66)

En la tabla, en el interior de () (paréntesis) se indica la desviación estándar.

(Ejemplo 5)

Se fabricó la célula solar de tipo de contacto de lado posterior tal como se muestra en la figura 7.

Específicamente, se preparó un sustrato de silicio monocristalino, en el que la orientación de plano cristalino fue (100), el tamaño fue de 15 cm cuadrados y 200 micrómetros de grosor, la resistividad en rodajas fue de 0,5 ohm-cm (la concentración de dopante fue de $1,01 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$), el fósforo se dopó y el tipo de conductividad fue de tipo n, el ataque químico de daño se realizó por aproximadamente 30 micrómetros en total de ambos lados usando un método similar al mostrado en la figura 2(a), y una textura que era la estructura antireflectante se formó además en la superficie.

Posteriormente, tras la limpieza del sustrato, un aparato de serigrafía imprimió una pasta de difusión que contenía óxido de boro de 15 g/100 ml y un gel de sílice con el fin de formar una capa emisora de alta concentración. En este momento se formó un patrón de impresión de líneas con paso de 2 mm y de 200 micrómetros de anchura. Además, se imprimió una pasta de difusión que contenía un óxido de boro de 4 g/100 ml y un alcoxisilano con el fin de formar una capa emisora de baja concentración. Este patrón de impresión se conformó de líneas con paso de 2 mm y 1600 micrómetros de anchura, y se imprimió de manera que un centro del mismo pudiera superponerse con el del primer patrón de impresión. Además, se imprimió una pasta de difusión que contiene un ácido fosfórico similar al utilizado en la descripción de la figura 2(a) en un área donde la pasta de difusión de boro mencionada anteriormente no se imprimió con el fin de formar una capa de BSF local. Este patrón de impresión se conformó de líneas con paso de 2 mm y 200 micrómetros de anchura.

Después de la impresión, se horneó a 700 grados C, durante 30 minutos, un material de recubrimiento que contenía un gel de sílice se recubrió posteriormente por centrifugación en la misma superficie bajo la condición de 3000 rpm y 15 segundos, y este sustrato de muestra se colocó en un horno de tratamiento térmico tal como está. Este tratamiento térmico se realizó a condición de mantenerlo a 1000 grados C, durante 20 minutos. A continuación, después de realizar el aislamiento de unión usando un dispositivo de ataque químico por plasma, los vidrios de fósforo y boro formados en la superficie se sometieron a ataque químico por un ácido fluorhídrico como la figura 2(a).

Posteriormente, se depositó una película de nitruro de 85 nm de grosor sobre la superficie de recepción de luz usando un aparato de CVD de plasma directo. Mientras tanto, se depositó una película de nitruro de 55 nm de grosor sobre el lado posterior usando el mismo aparato de CVD de plasma directo.

A continuación, se imprimió un patrón de electrodos de tipo peine tal como se muestra en la figura 8(a) con una pasta de electrodo compuesta por Ag en línea con las capas de difusión de alta concentración de boro y fósforo usando un aparato de serigrafía con un mecanismo de alineación. Después de secar la pasta de electrodo, se coció según un perfil de calor predeterminado para formar un electrodo de tipo peine de lado posterior, y se fabricó la célula solar de tipo de contacto de lado posterior.

Las características de tensión de corriente de las células solares fabricadas con 15 cm cuadrados se midieron bajo un simulador solar (intensidad luminosa: 1 kW/m^2 , espectro: AM1.5 global) en una atmósfera a 25 grados C. Diversas características de la célula solar según el ejemplo 5 y el ejemplo 1 se mostraron en la tabla 6.

Como resultado de esto, aunque se redujo la corriente de cortocircuito, la tensión de circuito abierto y el factor de llenado se incrementaron en comparación con la célula solar que tiene la estructura general según el ejemplo 1, la eficiencia de conversión casi similar a la que se obtuvo también en la célula solar de tipo de contacto de lado posterior según el ejemplo 5.

[Tabla 6]

	Tensión de circuito abierto (V)	Densidad corriente cortocircuito (mA/cm ²)	de de	Eficiencia conversión (%)	de	Factor de llenado
Ejemplo 5	0,640	36,0		18,3		0,795
Ejemplo 1	0,632	36,5		18,2		0,791

(Ejemplo 6)

Se fabricó la célula solar tal como se muestra en las figuras 9(a) y (b).

Específicamente, un sustrato de silicio monocristalino en el que, por ejemplo, la orientación del plano cristalino fue (100), el tamaño fue de 15 cm cuadrados y 250 micrómetros de grosor, la resistividad como rebanada fue de 0,5 ohm-cm (la concentración de dopante fue de $3,26 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$), el galio se dopó, y el tipo de conductividad fue de tipo p se preparó, se realizó un ataque químico de daño por aproximadamente 30 micrómetros en total de ambos lados usando un método similar al mostrado en la figura 2(a), y se formó una textura que era la estructura antirreflectante además en la superficie usando un método similar al mostrado en la figura 2(a).

Posteriormente, después de limpiar el sustrato, se imprimió la pasta de difusión en un área donde se formó la capa de difusión de alta concentración en condiciones similares a las del ejemplo 1 y el ejemplo 2 con el fin de formar el emisor de dos etapas en el lado de superficie de recepción de luz, y el material de recubrimiento se recubrió sobre otras áreas.

A continuación, se imprimió una pasta que contenía un óxido de boro y un gel de sílice a una proporción de 0,1 g/ml en el lado de superficie posterior en un patrón de línea de 2 mm de paso y 200 micrómetros de anchura. Una mitad de las muestras se hacen pasar a través de los procesos hasta la fecha se hornearon a 700 grados C, durante 30 minutos tal como están, y un material de recubrimiento que contenía alcoxisilano se recubrió posteriormente por centrifugación en el lado posterior en las condiciones de 3000 rpm y 15 segundos (muestra (A)). Mientras tanto, en cuanto a las muestras restantes, se imprimió una pasta que contenía un óxido de boro y una sílice en toda la superficie de la misma, y el horneado a las mismas se realizó a 700 grados C, durante 30 minutos (muestra (B)).

Posteriormente, estas muestras se colocaron en un horno de tratamiento térmico, se mantuvieron a 980 grados C, durante 10 minutos, y luego se sacaron; el aislamiento de unión se realizó entonces usando un dispositivo de ataque químico por plasma de una manera similar a la de la figura 2(a); y posteriormente los vidrios de fósforo y boro formados en la superficie se sometieron a ataque químico por un ácido fluorhídrico.

Posteriormente, se depositó una película de nitruro de 85 nm de grosor en ambos lados usando un aparato de CVD de plasma directo, y luego se imprimió un patrón de electrodo de tipo peine con una pasta de electrodo compuesta por Ag en línea con las capas de difusión de alta concentración en ambos lados usando un aparato de serigrafía con un mecanismo de alineación. Después de secar la pasta del electrodo, la cocción se realizó según un perfil de calor predeterminado, por lo que se fabricó la célula solar tal como se muestra en las figuras 9(a) y (b).

Las características de tensión de corriente de las células solares fabricadas con 15 cm cuadrados se midieron bajo un simulador solar (intensidad luminosa: 1 kW/m², espectro: AM1.5 global) en una atmósfera a 25 grados C. Diversas características de la célula solar según el ejemplo 6 y el ejemplo 1 se mostraron en la tabla 7.

[Tabla 7]

	Tensión de circuito abierto (V)	Densidad corriente cortocircuito (mA/cm ²)	de de	de Eficiencia conversión (%)	de Factor de llenado
Ejemplo 6 (muestra A)	0,644	37,3		18,9	0,786
Ejemplo 6 (muestra B)	0,641	37,8		19,2	0,793
Ejemplo 1	0,632	36,5		18,2	0,791

En el presente ejemplo, la capa de BSF de alta concentración se limitó a solo una porción cercana directamente bajo el contacto de toda la superficie, de modo que la tensión de circuito abierto mejoró considerablemente en comparación con el resultado del ejemplo 1. Mientras tanto, dado que se redujo la absorción de luz cerca del lado posterior, se incrementó la corriente de cortocircuito. Adicionalmente, dado que se usó el electrodo de red en el lado posterior, se redujo la deformación del sustrato. Esto significa que el adelgazamiento pasará a ser fácil.

REIVINDICACIONES

1. Un método de fabricación de una célula solar (100) formando una unión p-n en un sustrato semiconductor (1) que tiene un primer tipo de conductividad, en el que, al menos: un primer material de recubrimiento (8) que contiene un dopante del segundo tipo de conductividad y un agente para impedir que se disperse un dopante, incluyendo dicho agente un compuesto de silicio, está recubierto sobre el sustrato semiconductor que tiene el primer tipo de conductividad mediante serigrafía, y un segundo material de recubrimiento (9) que contiene un dopante del segundo tipo de conductividad está recubierto sobre el sustrato semiconductor que tiene el primer tipo de conductividad y el primer material de recubrimiento mediante recubrimiento por centrifugación, de modo que el segundo material de recubrimiento puede entrar en contacto con al menos el primer material de recubrimiento; y, una primera capa de difusión (2) formada recubriendo el primer material de recubrimiento, y una segunda capa de difusión (3) formada recubriendo el segundo material de recubrimiento, teniendo la segunda capa de difusión una conductividad inferior a la de la primera capa de difusión, se forman simultáneamente mediante un tratamiento térmico de difusión que da como resultado la formación de dicha unión p-n, en el que, además: el primer material de recubrimiento y el segundo material de recubrimiento difieren entre sí en cualquiera de al menos, el porcentaje de un contenido de dopante, una viscosidad, el contenido del agente para impedir que se disperse un dopante y un agente para impedir autodopaje, incluyendo dicho agente un compuesto de silicio, un tipo de dopante y/o grosores de película de recubrimiento del primer material de recubrimiento y el segundo material de recubrimiento durante el recubrimiento; y en el que el porcentaje del contenido de dopante del primer material de recubrimiento es 4 o más veces mayor que el porcentaje del contenido de dopante del segundo material de recubrimiento.
2. El método de fabricación de una célula solar según la reivindicación 1, en el que el segundo material de recubrimiento incluye un agente para impedir autodopaje, incluyendo dicho agente un compuesto de silicio.
3. El método de fabricación de una célula solar según la reivindicación 1 o 2, en el que el tratamiento térmico de difusión se realiza bajo una atmósfera de fuente de difusión en fase de vapor.
4. El método de fabricación de una célula solar según la reivindicación 2 o la reivindicación 3 cuando depende de la reivindicación 2, en el que el compuesto de silicio incluido en el agente para impedir que un dopante se disperse es SiO_2 , y el compuesto de silicio incluido en el agente para impedir autodopaje es un precursor de un óxido de silicio.
5. El método de fabricación de una célula solar según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en el que se recubre un tercer material de recubrimiento que contiene un compuesto de silicio para cubrir una porción superior del primer material de recubrimiento y/o el segundo material de recubrimiento, y se realiza el tratamiento térmico de difusión a partir del mismo.
6. El método de fabricación de una célula solar según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en el que las superficies de las capas de difusión formadas por el tratamiento térmico de difusión se someten a ataque químico de nuevo.
7. El método de fabricación de una célula solar según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en el que se oxidan las superficies de las capas de difusión formadas por el tratamiento térmico de difusión.
8. El método de fabricación de una célula solar según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, en el que la primera capa de difusión y la segunda capa de difusión se forman en al menos a cada lado de una superficie de recepción de luz (1a) y el lado posterior (1b) de la superficie de recepción de luz del sustrato semiconductor.

FIG. 1

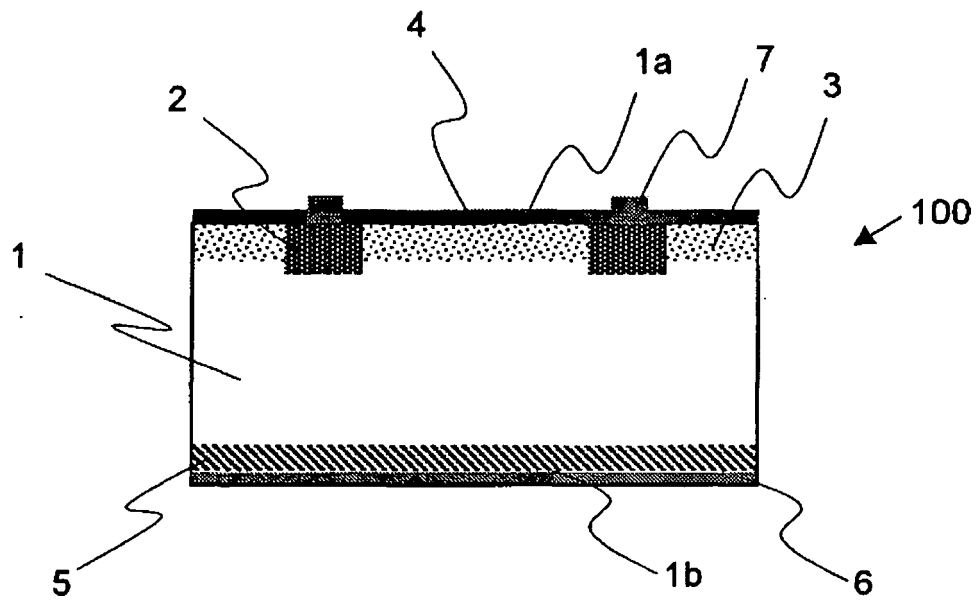


FIG. 2.

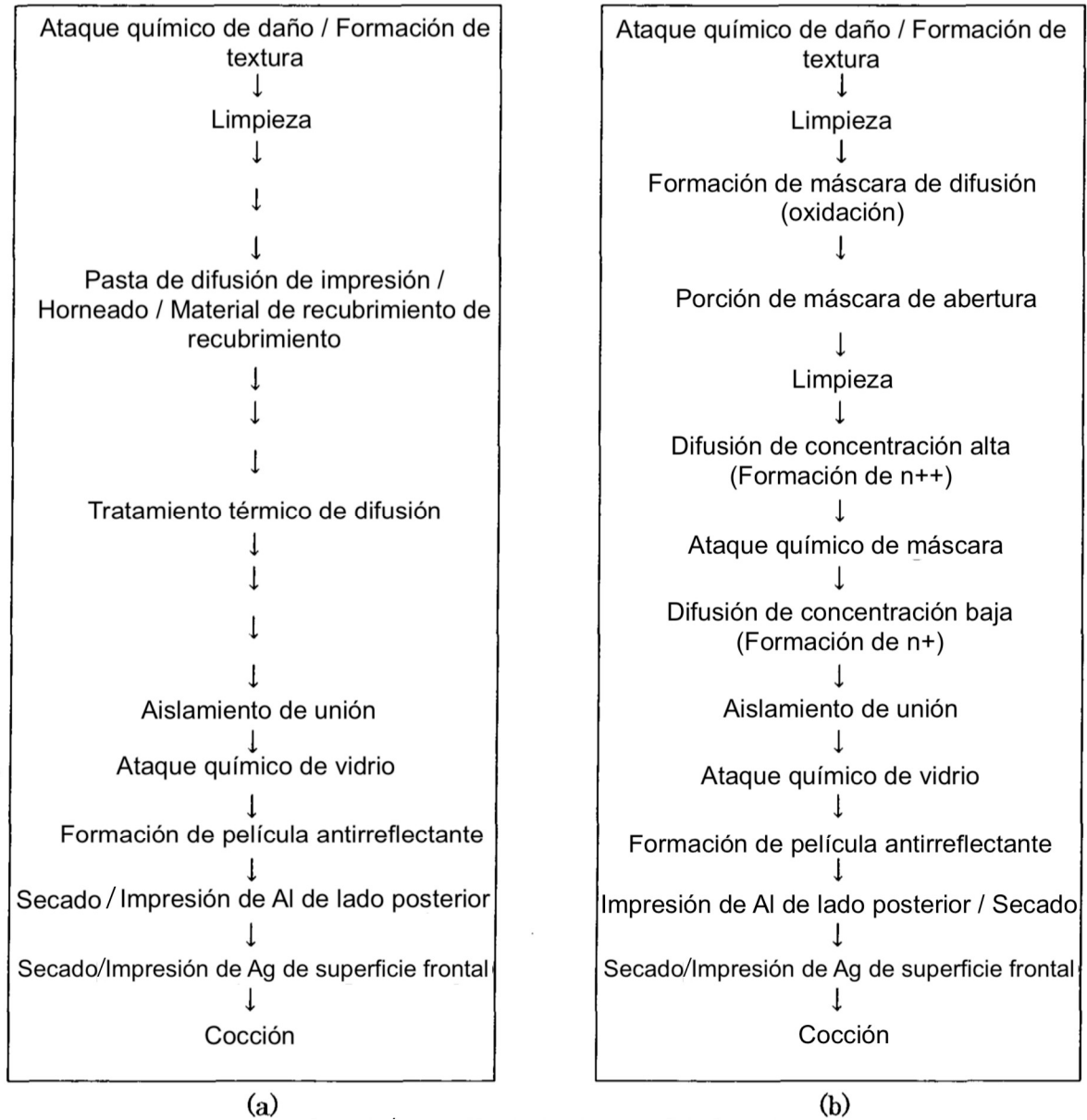


FIG. 3

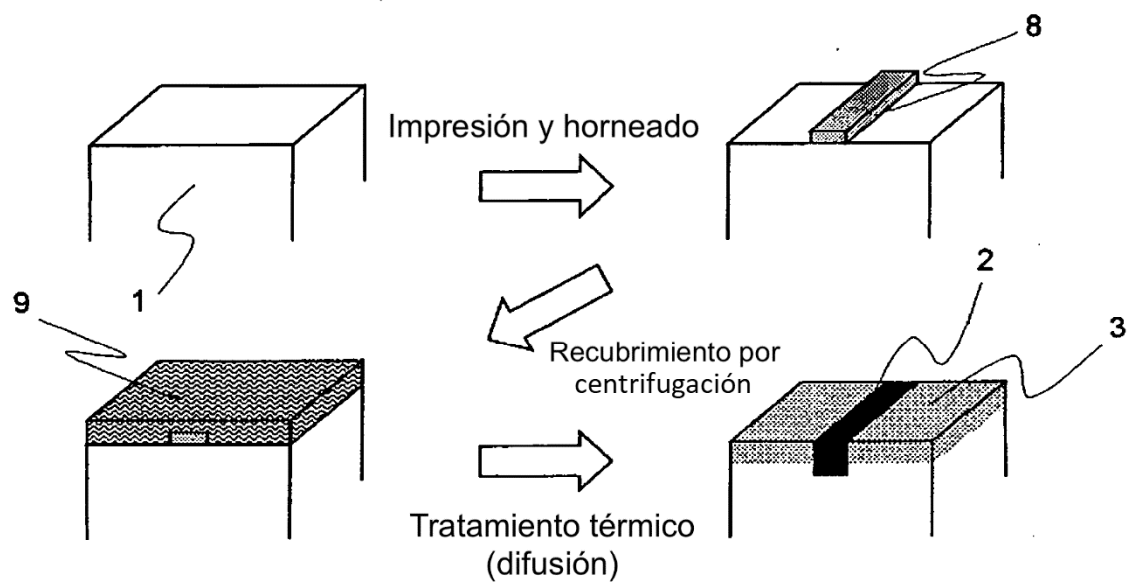


FIG. 4

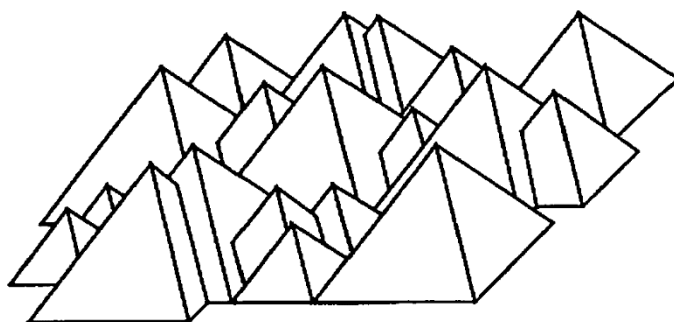


FIG. 5

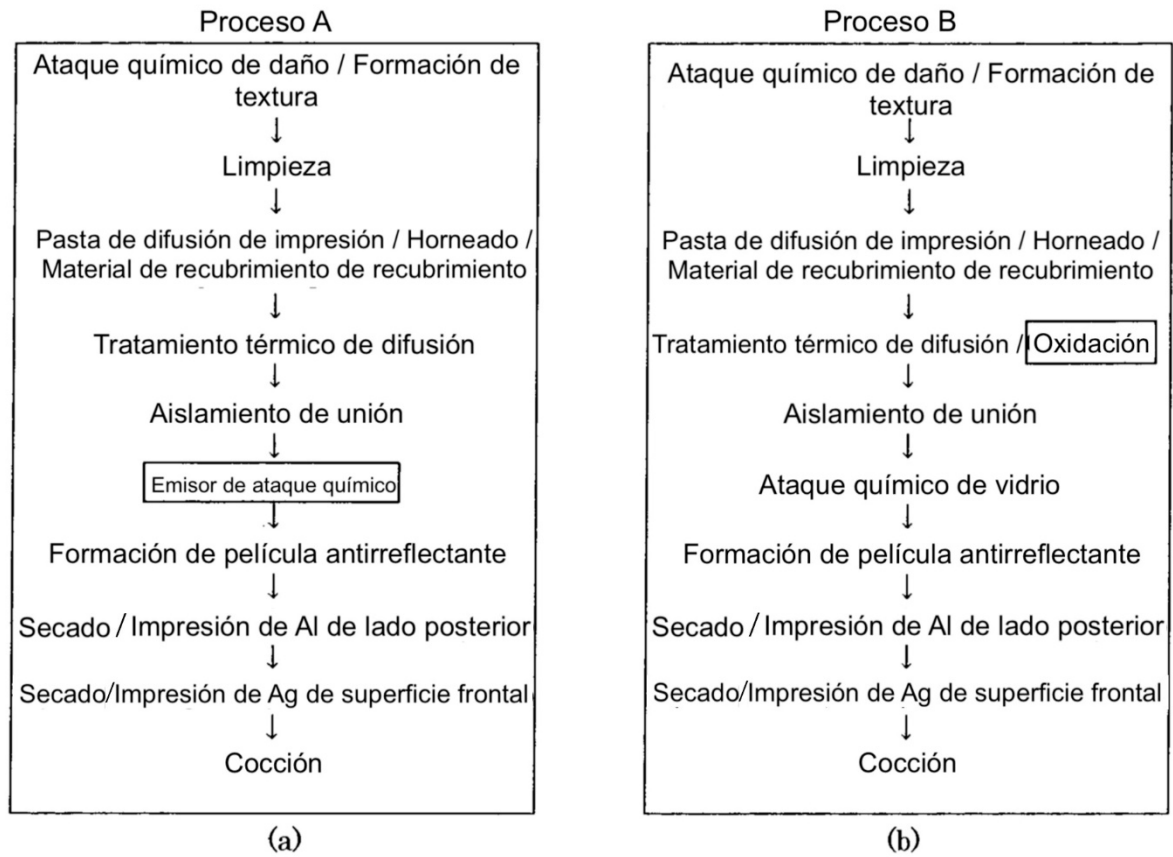


FIG. 6

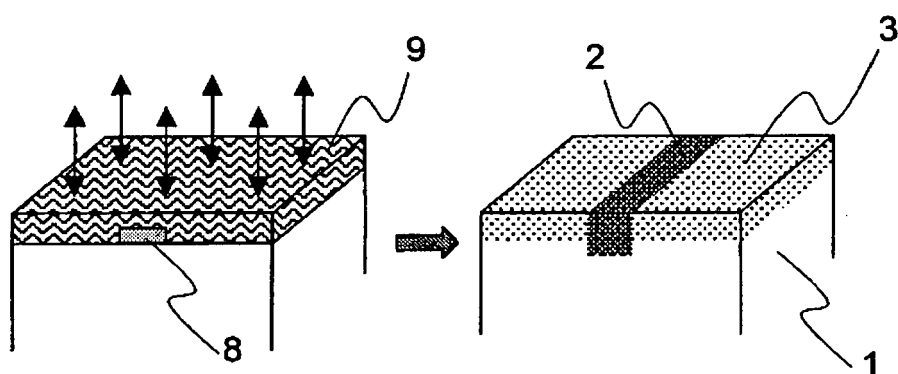


FIG. 7

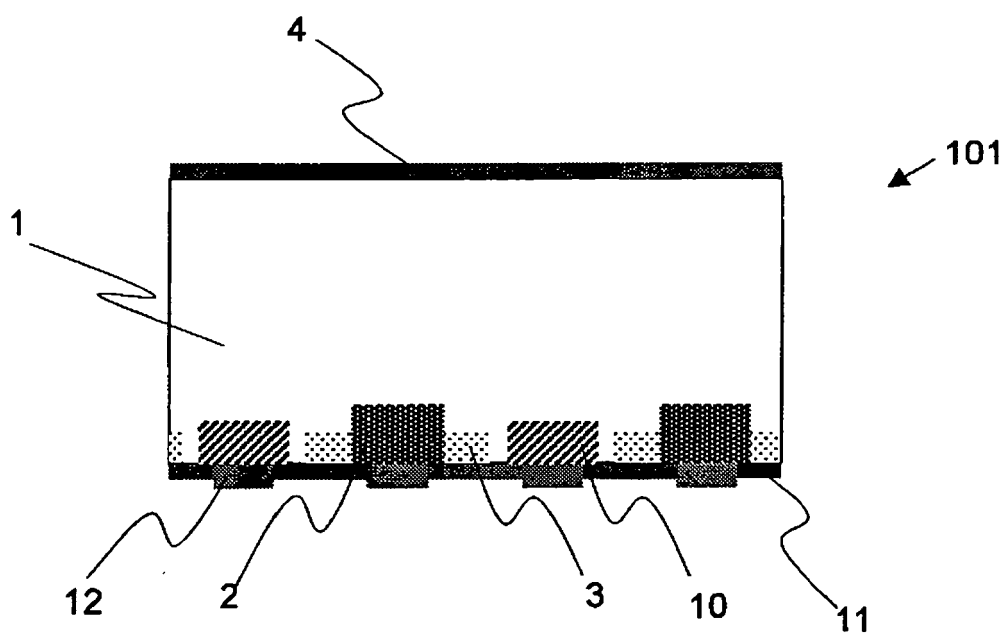


FIG. 8

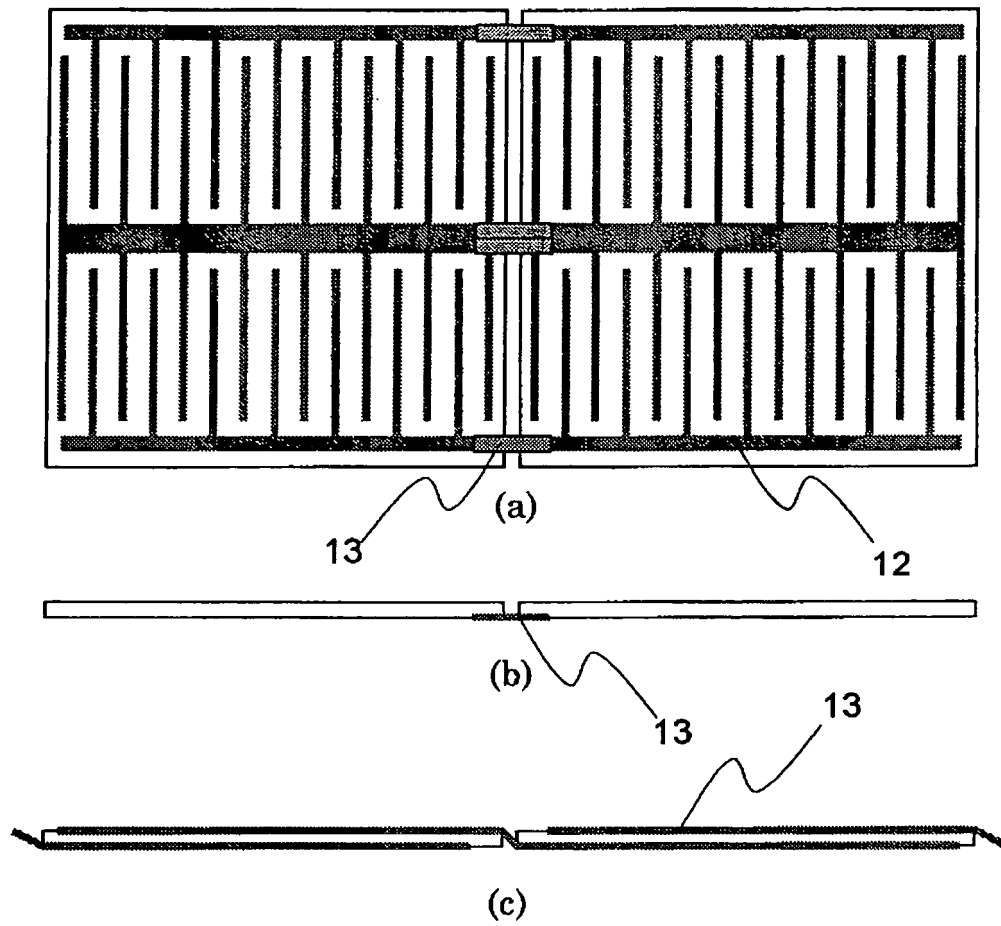
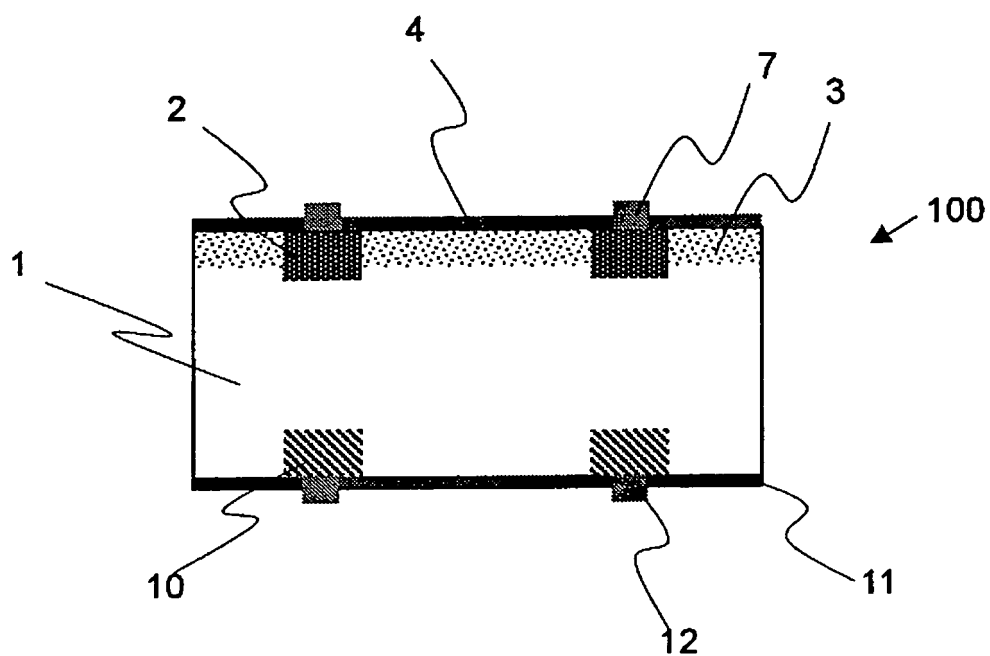
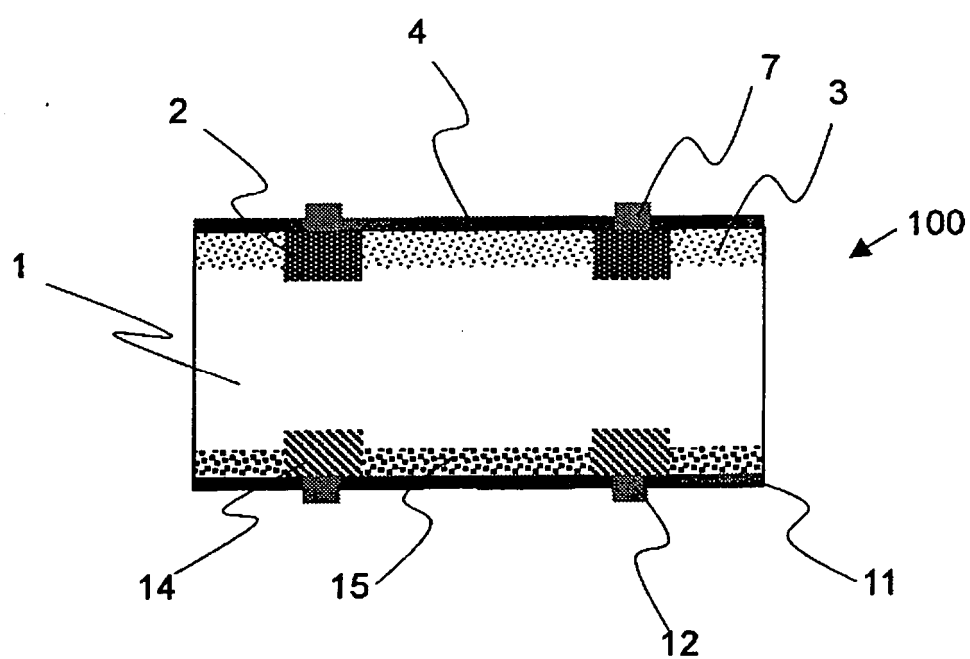


FIG. 9



(a)



(b)

Fig. 10

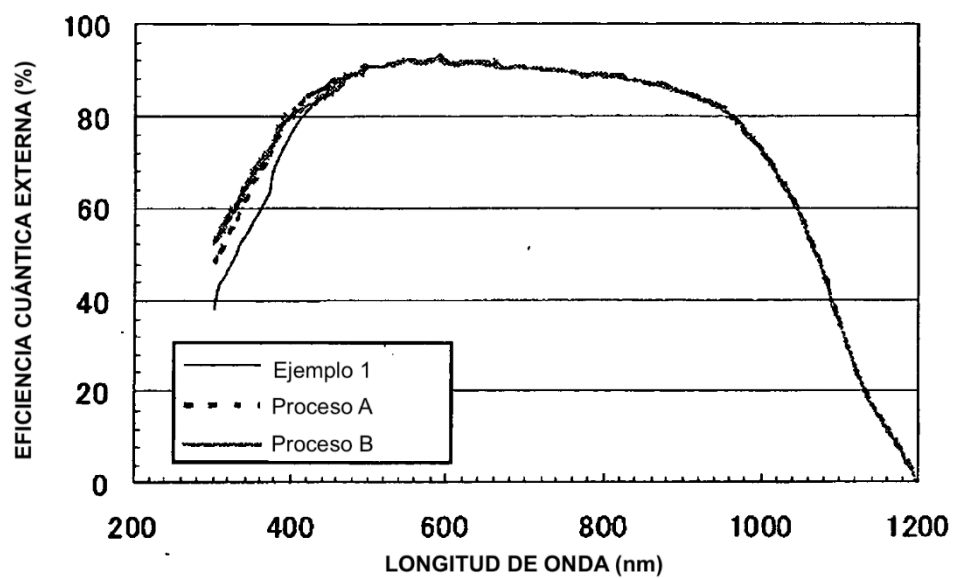


Fig. 11

