

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 523 660**

51 Int. Cl.:

H01B 1/16 (2006.01)

H01L 31/0224 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **15.06.2005 E 05751448 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **08.10.2014 EP 1775759**

54 Título: **Composición para un material de electrodo, utilización de la misma y procedimiento para producir una célula solar**

30 Prioridad:

16.07.2004 JP 2004210213

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

28.11.2014

73 Titular/es:

**SHIN-ETSU CHEMICAL COMPANY, LTD. (100.0%)
6-1, OHTEMACHI 2-CHOME, CHIYODA-KU
TOKYO 100-0004, JP**

72 Inventor/es:

**ISHIKAWA, NAOKI;
OJIMA, SATOYUKI;
OHTSUKA, HIROYUKI;
KANO, HARUHIKO y
YANO, MASANOBU**

74 Agente/Representante:

CURELL AGUILÁ, Mireia

ES 2 523 660 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

Composición para un material de electrodo, utilización de la misma y procedimiento para producir una célula solar.

5 **Campo técnico**

La presente invención se refiere a una composición para un material de electrodo tal como se define en las reivindicaciones, que contiene un polvo de plata con dos clases de granos de Ag, para su utilización en un dispositivo semiconductor tal como una célula solar cuyo electrodo se forma utilizando el material de electrodo, y a un procedimiento para producir una célula solar tal como se define en las reivindicaciones.

Antecedentes de la técnica

Para un dispositivo semiconductor en el que se forma un electrodo tal como una célula solar, es necesario formar un electrodo con baja resistencia que presente un área ocupada estrecha sobre una superficie de aceptación de luz para no bloquear la luz. Por tanto, para el fin de alargar el área de sección transversal del electrodo controlando la anchura del electrodo hasta un determinado tamaño, se ha producido una célula solar o similar formando una ranura de electrodo predeterminada sobre una superficie de sustrato y luego formando un electrodo enterrado dentro de la ranura. Como ejemplos del mismo, se han desarrollado y dado a conocer células solares de electrodo de tipo enterrado (células solares de tipo contacto enterrado), por ejemplo, en la solicitud de patente japonesa abierta al público (kokai) n.º H08-37318 y n.º H08-191152, y similares.

En el caso de formar un electrodo de dedo sobre una superficie frontal de una célula solar, por ejemplo, un electrodo de dedo formado mediante un método de serigrafía generalmente presenta aproximadamente una anchura de 120 μm y una altura de 15 μm . Sin embargo, en el caso de formar un electrodo de tipo enterrado dentro de una ranura tal como la invención descrita anteriormente, puede formarse un electrodo de dedo que presenta aproximadamente una anchura de 30 μm y una profundidad de 60 μm combinando un método de metalización.

Formando un electrodo de tipo enterrado (electrodo de dedo) tal como se describió anteriormente, puede producirse una célula solar con una anchura de electrodo estrecha y un área de sección transversal de electrodo que es casi igual a la de un electrodo formado mediante un método de serigrafía. De ese modo, sin pérdida de resistencia creciente en la porción de electrodo de dedo, la pérdida por sombra del dedo se reduce drásticamente y el área de aceptación de luz puede ampliarse. Por tanto, se hace posible que se mejore la potencia de la célula solar.

Sin embargo, en la formación de un electrodo de tipo enterrado utilizando un método de metalización tal como se describió anteriormente, con el fin de mantener la condición de formación de electrodo constante, concretamente, con el fin de mantener la tasa de precipitación o la composición de la película constante, es necesario que los componentes del baño tales como la concentración de una sal de metal del electrodo y la concentración de un agente reductor de la misma se analicen estrictamente y se administren con pH y temperatura, y ha sido difícil formar de manera estable un electrodo que presente una calidad deseada. Además, en el caso de utilizar un método de metalización no eléctrico, el coste de formación del electrodo se reduce. Sin embargo, ha habido una desventaja crucial en que la formación de un área de sección transversal predeterminada requiere tiempo y que la productividad es muy baja. Además, se provoca fácilmente precipitación anómala frente a un defecto menor sobre la superficie del dispositivo. Por tanto, también es difícil perseguir un aspecto físico bonito del mismo.

Con respecto a tales desventajas, en Proceedings of 3rd World Conference on Photovoltaic Conversion, "Buried Contact Solar Cells on Multicrystalline Silicon with Optimized Bulk and Surface Passivation" o la solicitud de patente japonesa abierta al público (kokai) n.º 2001-223372, se han dado a conocer invenciones para formar un electrodo con la anchura de electrodo estrecha enterrando el electrodo en una ranura de electrodo mediante un método de serigrafía. Otro ejemplo se da a conocer en la patente US nº 6.071.437. Sin embargo, por ejemplo, como la solicitud de patente japonesa abierta al público (kokai) n.º 2001-223372 o similar, cuando se forma una ranura que presenta una anchura de aproximadamente 100 μm sobre un sustrato semiconductor y luego se prensa en la ranura una composición para un material de electrodo (pasta de electrodo) para una célula solar que se utiliza generalmente por un método de serigrafía, el componente de aglutinante contenido en la composición para un material de electrodo se quema al calcinar el material de electrodo, y la composición para un material de electrodo se constriñe por la sinterización de los granos de plata. De ese modo, ha habido el problema de que la ranura no se llena suficientemente con la composición para un material de electrodo y simultáneamente se produce deslaminación de la composición para un material de electrodo en la ranura y el área de contacto con el sustrato semiconductor se reduce. Además, también se han producido problemas porque un espacio que aparece en la ranura con la composición para un material de electrodo en la impresión se expande con un estallido en la calcinación, o el gas de descomposición en el momento de la combustión pierde orificios de ventilación y se expande en la ranura, y por tanto, el electrodo en la ranura se rompe parcialmente. Tales problemas han aumentado la resistencia en serie de la célula solar y en consecuencia han producido degradación de la potencia de la célula solar.

Además, al prensar la composición para un material de electrodo en la ranura, se idea disminuir la viscosidad de la composición para un material de electrodo para que sea de aproximadamente 40-100 Pa·s y de ese modo se hace que la composición para un material de electrodo fluya fácilmente en la ranura. Sin embargo, en este caso, la composición para un material de electrodo se sale de la ranura y genera borrosidad (infiltración). Si se genera borrosidad en la formación del electrodo tal como se describió anteriormente, la anchura del electrodo del electrodo de dedo se ensancha. Por tanto, se produce el problema de que la pérdida por sombra se aumenta degradándose la potencia de la célula solar. Por otro lado, si la velocidad de la rasqueta en la serigrafía simplemente se potencia con el fin de reducir la borrosidad del electrodo, existe el problema de que se genera irregularidad en el electrodo en la ranura y por consiguiente el electrodo de dedo se rompe más fácilmente y se degrada la potencia de la célula solar.

Divulgación de la invención

Por consiguiente, se ha concebido la presente invención en vista de los problemas anteriores. Un objetivo de la presente invención es proporcionar una composición para un material de electrodo con la que puede llenarse de manera estable una ranura de electrodo formada sobre un sustrato semiconductor y que pueda formarse así fácilmente un electrodo con anchura de línea estrecha y pérdida de resistencia pequeña, una célula solar con alta potencia que presenta un electrodo formado utilizando el material de electrodo y un procedimiento para producir la célula solar.

Con el fin de alcanzar el objetivo anterior, según la presente invención, se proporciona una composición para un material de electrodo tal como se define en las reivindicaciones que comprende por lo menos un polvo de plata de dos clases de granos de Ag, una frita de vidrio y un vehículo orgánico, en la que la tasa de contenido en Ag de la composición para un material de electrodo es del 75% en peso al 95% en peso, y la razón de contenido de granos de Ag que presentan un diámetro de grano promedio de 0,5 μm a 3 μm y granos de Ag que presentan un diámetro de grano promedio de 4 μm a 8 μm en la composición para un material de electrodo es (los granos de Ag que presentan un diámetro de grano promedio de 0,5 μm a 3 μm) : (los granos de Ag que presentan un diámetro de grano promedio de 4 μm a 8 μm) = el 20-80% en peso : el 80-20% en peso.

Además, el diámetro de grano promedio representa un diámetro de grano por SEM que es un valor promedio calculado midiendo diámetros de granos basándose en una fotografía de SEM.

Cuando la tasa de contenido en Ag de la composición para un material de electrodo es del 75% en peso al 95% en peso, y la razón de contenido de granos de Ag que presentan un diámetro de grano promedio de 0,5 μm a 3 μm y granos de Ag que presentan un diámetro de grano promedio de 4 μm a 8 μm en la composición para un material de electrodo es (los granos de Ag que presentan un diámetro de grano promedio de 0,5 μm a 3 μm) : (los granos de Ag que presentan un diámetro de grano promedio de 4 μm a 8 μm) = el 20-80% en peso : el 80-20% en peso tal como se describió anteriormente, la ranura de electrodo formada sobre un sustrato semiconductor puede llenarse de manera estable con la composición para un material de electrodo. Por tanto, puede proporcionarse una composición para un material de electrodo mediante la cual puede formarse fácilmente el electrodo que presenta una anchura de línea estrecha y no se genera ningún hueco entre el electrodo y el sustrato, y puede formarse de manera estable el electrodo con una pérdida de resistencia pequeña evitando la deslaminación o rotura del electrodo en la ranura.

En el caso anterior, es preferible que la viscosidad de la composición para un material de electrodo sea de 150 Pa·s a 400 Pa·s.

Cuando la viscosidad de la composición para un material de electrodo es de 150 Pa·s a 400 Pa·s, al llenar la ranura de electrodo con la composición para un material de electrodo, puede evitarse la generación de borrosidad por la infiltración de la composición para un material de electrodo de la ranura o la generación de irregularidad en la ranura. Además, la viscosidad en la presente invención representa una viscosidad medida a 25°C mediante un viscosímetro rotacional Brookfield (por ejemplo, SSA 15/6R tipo HB).

Además, es preferible que la tixotropía (valor de TI) en 5 rpm / 50 rpm de la composición para un material de electrodo sea de 0,5 a 2,5, o la tixotropía (valor de TI) en 5 rpm / 20 rpm de la misma sea de 0,5 a 2,0.

Cuando la tixotropía en 5 rpm / 50 rpm de la composición para un material de electrodo o la tixotropía en 5 rpm / 20 rpm de la misma sea el valor predeterminado tal como se describió anteriormente, puede evitarse la generación de borrosidad o irregularidad en la formación del electrodo mediante el material de electrodo. Además, en la presente invención, la tixotropía en 5 rpm / 50 rpm representa un radio de la viscosidad en 5 rpm y la viscosidad en 50 rpm medida mediante el viscosímetro rotacional, y la tixotropía en 5 rpm / 20 rpm representa un radio de la viscosidad en 5 rpm y la viscosidad en 20 rpm medida mediante el viscosímetro rotacional.

Además, es preferible que la temperatura de inicio de la descomposición del vehículo orgánico sea de 170°C a 250°C.

- 5 Cuando la temperatura de inicio de la descomposición del vehículo orgánico es de 170°C a 250°C tal como se describió anteriormente, puede potenciarse la capacidad de resolución del vehículo orgánico en la formación del electrodo. Por tanto, puede evitarse con seguridad la rotura del electrodo debido al gas de descomposición del vehículo orgánico en la calcinación del material de electrodo. Por tanto, puede formarse de manera estable un electrodo con una pérdida de resistencia muy pequeña.
- 10 Además, la temperatura de inicio de la descomposición representa la temperatura a la que una curva de TG se desplaza hacia la disminución tras la volatilización del disolvente en un análisis termogravimétrico (TG).
- 15 Además, utilizando la presente invención, puede proporcionarse un dispositivo semiconductor que comprende un electrodo formado utilizando la composición para un material de electrodo según la presente invención descrita anteriormente tal como se define en las reivindicaciones, y particularmente, el dispositivo semiconductor puede ser una célula solar que funciona como un dispositivo fotovoltaico.
- 20 En un dispositivo semiconductor de este tipo que comprende un electrodo formado utilizando la composición para formar un material de electrodo de la presente invención tal como se define en las reivindicaciones, la anchura de línea en el electrodo es estrecha, y tampoco se producen en el electrodo problemas tales como rotura debida al gas de descomposición y deslaminación debida a constricción de la composición para un material de electrodo en la calcinación, y se impide la generación de borrosidad o irregularidad, y además, puede ser un dispositivo semiconductor de alta calidad en el que se forma un electrodo que presenta una resistividad de electrodo baja. En particular, puede obtenerse una célula solar en la que un dispositivo semiconductor de este tipo que funciona como dispositivo fotovoltaico presenta una anchura de línea estrecha del electrodo y pérdida de resistencia pequeña del mismo, y por tanto puede ser una célula solar de alta calidad mediante la que puede obtenerse una alta potencia.
- 25 Además, según la presente invención, puede proporcionarse una célula solar constituida formando por lo menos, una unión pn, un electrodo de superficie frontal y un electrodo de superficie posterior, en el que el electrodo de superficie frontal se forma utilizando la composición para un material de electrodo según la presente invención.
- 30 En una célula solar de este tipo que presenta un electrodo de superficie frontal formado utilizando la composición para un material de electrodo de la presente invención tal como se define en las reivindicaciones, la anchura de línea en el electrodo es estrecha, y tampoco se producen en el electrodo problemas tales como rotura debida al gas de descomposición y deslaminación debida a la constricción de la composición para un material de electrodo en la calcinación, y se impide la generación de borrosidad e irregularidad, y la pérdida de resistencia es pequeña, y por tanto puede ser una célula solar de alta calidad mediante la que puede obtenerse una alta potencia.
- 35 Además, la presente invención proporciona un procedimiento para producir una célula solar tal como se define en las reivindicaciones, que comprende, por lo menos, una etapa de formación de una capa de impurezas que presenta un segundo tipo de conductividad diferente de un primer tipo de conductividad sobre una superficie frontal de un sustrato de silicio que presenta el primer tipo de conductividad, una etapa de formación de una película antirreflectante sobre la capa de impurezas que presenta el segundo tipo de conductividad, una etapa de formación de una ranura de electrodo sobre el sustrato de silicio y una etapa de formación de un electrodo en la ranura de electrodo formada sobre el sustrato de silicio utilizando la composición para un material de electrodo según la presente invención tal como se define en las reivindicaciones.
- 40 Produciendo una célula solar tal como se describió anteriormente, puede formarse fácilmente un electrodo con anchura de línea estrecha que se llena completamente en la ranura de electrodo sin producir deslaminación o rotura del mismo e impidiendo la generación de borrosidad e irregularidad. Por tanto, puede producirse de manera estable una célula solar de alta calidad en la que se reduce la pérdida de resistencia del electrodo y con la que puede obtenerse alta potencia.
- 50 En el caso anterior, es preferible que la etapa de formación de un electrodo se realice mediante un método de serigrafía.
- 55 Realizando la etapa de formación de un electrodo mediante un método de serigrafía tal como se describió anteriormente, puede producirse una célula solar de alta potencia con alta productividad. Por tanto, puede lograrse una reducción de costes de la célula solar.
- 60 Tal como se describió anteriormente, una ranura de electrodo formada sobre un sustrato semiconductor puede llenarse de manera estable con la composición para un material de electrodo tal como se define en las reivindicaciones. Por tanto, puede formarse de manera fácil y estable un electrodo con anchura de línea estrecha impidiendo la deslaminación y rotura del electrodo en la ranura. De ese modo, se hace posible que se produzca de manera estable una célula solar de alta potencia que presenta un electrodo con anchura de línea estrecha y pérdida de resistencia pequeña mediante un método de serigrafía. Por tanto, puede proporcionarse una célula solar de alta calidad a bajo coste.
- 65

Breve explicación de los dibujos

La figura 1 es una vista de constitución esquemática que muestra esquemáticamente la constitución de una célula solar producida según la presente invención.

La figura 2 es un diagrama de flujo que muestra un ejemplo de un procedimiento para producir una célula solar según la presente invención.

La figura 3 es una vista de explicación esquemática para explicar una sierra de corte de múltiples cuchillas utilizada en la formación de una ranura de electrodo.

La figura 4 es una vista en sección transversal que muestra secciones transversales del electrodo en células solares de los ejemplos y ejemplos comparativos.

Mejor modo de poner en práctica la invención

A continuación en la presente memoria, se explicarán formas de realización según la presente invención. La presente invención no se limita a las mismas.

Los presentes inventores han realizado experimentos y estudiado a conciencia con el fin de hacer posible formar de manera estable un electrodo con anchura de línea estrecha que presenta pérdida de resistencia pequeña como electrodo de un dispositivo semiconductor tal como una célula solar. Como resultado, los presentes inventores han encontrado que como composición para un material de electrodo para formar un electrodo, puede utilizarse por tanto la composición para un material de electrodo tal como se define en las reivindicaciones en la que la tasa de contenido en Ag es del 75% en peso al 95% en peso y en la que la razón de contenido de granos de Ag que presentan un diámetro de grano promedio de 0,5 μm a 3 μm y granos de Ag que presentan un diámetro de grano promedio de 4 μm a 8 μm es (los granos de Ag que presentan un diámetro de grano promedio de 0,5 μm a 3 μm) : (los granos de Ag que presentan un diámetro de grano promedio de 4 μm a 8 μm) = el 20-80% en peso : el 80-20%. Y se ha logrado la presente invención.

En primer lugar, se explica la composición para un material de electrodo de la presente invención tal como se define en las reivindicaciones.

La composición para un material de electrodo de la presente invención tal como se define en las reivindicaciones es una composición para un material de electrodo que comprende por lo menos un polvo de plata con dos clases de granos de Ag que presentan diferentes tamaños de granos de Ag, una frita de vidrio y un vehículo orgánico, en la que la tasa de contenido en Ag de la composición para un material de electrodo es del 75% en peso al 95% en peso, y la razón de contenido de granos de Ag que presentan un diámetro de grano promedio de 0,5 μm a 3 μm y granos de Ag que presentan un diámetro de grano promedio de 4 μm a 8 μm en la composición para un material de electrodo es (los granos de Ag que presentan un diámetro de grano promedio de 0,5 μm a 3 μm) : (los granos de Ag que presentan un diámetro de grano promedio de 4 μm a 8 μm) = el 20-80% en peso : el 80-20% en peso.

Tal como se explica específicamente, la composición para un material de electrodo de la presente invención tal como se define en las reivindicaciones contiene un polvo de plata con dos clases de granos de Ag y una frita de vidrio y un vehículo orgánico como componentes principales, y la tasa de contenido en Ag en la composición para un material de electrodo es del 75% en peso al 95% en peso. Por ejemplo, si la tasa de contenido en Ag de la composición para un material de electrodo es inferior al 75% en peso, la resistividad del electrodo se vuelve alta en el caso de formar el electrodo y la potencia de la célula solar se degrada drásticamente. Por otro lado, si la tasa de contenido en Ag es mayor del 95% en peso, se produce el problema de que la adhesividad del electrodo y el sustrato semiconductor se degrada o la asociatividad del electrodo por sí mismo se degrada y por tanto se vuelve fácil producir deslaminación o rotura del electrodo, o similar. Sin embargo, cuando la tasa de contenido en Ag está en el intervalo descrito anteriormente de la presente invención, se hace posible que pueda formarse de manera estable un electrodo que presenta baja resistividad de electrodo sin producir deslaminación o rotura.

Además, en la composición para un material de electrodo de la presente invención tal como se define en las reivindicaciones, dos clases de granos que presentan diferentes tamaños de granos de Ag que presentan un diámetro de grano promedio de 0,5 μm a 3 μm y granos de Ag que presentan un diámetro de grano promedio de 4 μm a 8 μm están contenidos a una razón de (los granos de Ag que presentan un diámetro de grano promedio de 0,5 μm a 3 μm) : (los granos de Ag que presentan un diámetro de grano promedio de 4 μm a 8 μm) = el 20-80% en peso : el 80-20% en peso.

Por ejemplo, si el diámetro de grano promedio o la razón en contenido de granos de Ag está fuera del intervalo descrito anteriormente, se vuelve fácil producir una reducción del área de contacto debido a constricción del electrodo, deslaminación, rotura, aumento de la resistividad del electrodo, o similares. Por tanto, se vuelve difícil formar una célula solar que presente la potencia deseada. Es decir, en el caso de que los granos que presentan un

diámetro de grano promedio de menos de 0,5 μm estén contenidos como granos de Ag pequeños, se produce ocasionalmente constricción del material de electrodo en la formación del electrodo produciendo la reducción del área de contacto del electrodo o la deslaminación. Por otro lado, si presentan más de 3 μm , la ranura no puede llenarse densamente con granos de Ag, y es fácil que se produzca la rotura del electrodo. Además, si están contenidos granos que presentan un diámetro de grano promedio de menos de 4 μm como granos grandes, todos iguales, se vuelve fácil producir la constricción del material de electrodo y de ese modo producir la reducción del área de contacto del electrodo o la deslaminación. Por otro lado, si presentan más de 8 μm , la resistividad del electrodo se hace grande y se vuelve fácil generar borrosidad del electrodo. Además, si los granos de Ag que presentan cualquiera de los diámetros de grano promedios están contenidos de manera excesiva por encima del 80% en peso, se vuelve fácil que se produzca deslaminación en la formación del electrodo y el área de contacto entre el sustrato y el electrodo se vuelve pequeña y la potencia de la célula solar se degrada.

Por consiguiente, cuando como granos de Ag están contenidos granos que presentan un diámetro de grano promedio de 0,5 μm a 3 μm y que presentan el de 4 μm a 8 μm a la razón descrita anteriormente, la ranura de electrodo formada sobre un sustrato semiconductor puede llenarse de manera estable con el material de electrodo, y puede formarse fácilmente el electrodo estrecho que presenta una anchura de línea de, por ejemplo, aproximadamente 30-100 μm . Además, sin la generación de hueco entre el electrodo y el sustrato, pueden evitarse la deslaminación, rotura del electrodo en la ranura. Además, se evita la generación de borrosidad o irregularidad y, por tanto, se hace posible formar de manera estable un electrodo que presenta pérdida de resistencia pequeña. Además, para fijar las razones de contenido anteriores, por ejemplo, es suficiente que se combinen al radio predeterminado dos clases de polvos de plata que presentan respectivamente los diámetros de grano promedio predeterminados descritos anteriormente.

Además, en la presente invención, la fritada de vidrio y el vehículo orgánico contenidos en la composición para un material de electrodo no están limitados particularmente. Por ejemplo, como fritada de vidrio, puede utilizarse vidrio de borosilicato y tales. Además, como vehículo orgánico, puede utilizarse un vehículo en el que se disuelve resina que presenta función de aglutinante en un disolvente orgánico. Por ejemplo, como resina, puede utilizarse resina de etilcelulosa o resina alquídica o similares. Como disolvente orgánico, puede utilizarse terpineol, monobutil éter de dietilenglicol, acetato de monobutil éter de dietilenglicol, o similares.

En la composición para un material de electrodo de la presente invención tal como se describió anteriormente y tal como se define en las reivindicaciones, es preferible que la viscosidad del material de electrodo sea de 150 Pa·s a 400 Pa·s, por ejemplo, en una medición a 25°C mediante un viscosímetro rotacional Brookfield (SSA 15/6R tipo HB). Además, es preferible que la tixotropía (valor de TI) en 5 rpm / 50 rpm del material de electrodo sea de 0,5 a 2,5, o la tixotropía (valor de TI) en 5 rpm / 20 rpm del mismo sea de 0,5 a 2,0. Cuando la viscosidad del material de electrodo o particularmente la tixotropía en 5 rpm / 50 rpm o en 5 rpm / 20 rpm del material de electrodo presenta un intervalo de este tipo tal como se describió anteriormente, puede evitarse eficazmente la generación de borrosidad por la infiltración del material de electrodo de la ranura de electrodo en el caso de formar el electrodo o la generación de irregularidad.

Un dispositivo semiconductor puede presentar un electrodo formado utilizando la composición descrita anteriormente para un material de electrodo de la presente invención tal como se define en las reivindicaciones. En particular, el dispositivo semiconductor puede ser una célula solar que funciona como dispositivo fotovoltaico.

Es decir, la presente invención tal como se define en las reivindicaciones puede proporcionar una célula solar en la que se forman por lo menos una unión pn y un electrodo de superficie frontal y un electrodo de superficie posterior, y en la que el electrodo de superficie frontal se forma utilizando la composición para un material de electrodo según la presente invención tal como se define en las reivindicaciones.

A continuación en la presente memoria, se explicará específicamente una célula solar preparada según la presente invención tal como se define en las reivindicaciones con referencia a los dibujos. En la presente memoria, la figura 1 es una vista de la constitución esquemática que muestra esquemáticamente la constitución de la célula solar preparada según la presente invención tal como se define en las reivindicaciones.

En una célula solar preparada según la presente invención tal como se define en las reivindicaciones, se constituye una unión pn formando una capa de impurezas 2 de tipo n de baja concentración (también denominada capa de emisor o capa de difusión) en la que se difunde una impureza tal como fósforo a una baja concentración en un lado de superficie frontal de un sustrato 1 de monocristal de silicio de tipo p, y además en la capa de impurezas 2 de tipo n de baja concentración, se forma una película 3 antirreflectante. Como película 3 antirreflectante, por ejemplo, puede formarse una película de nitruro de silicio, una película de óxido de silicio, una película de dióxido de titanio, una película de óxido de zinc, una película de óxido de estaño, o similar.

Por otro lado, sobre la otra superficie (superficie posterior) del sustrato 1 de silicio, se forma una capa de impurezas 7 de tipo p de alta concentración en la que se difunde una impureza tal como boro a una alta concentración, y se forma un electrodo de Al 6 sobre la misma como electrodo de superficie posterior.

Además, sobre el lado de superficie frontal del sustrato sobre el que se forma la película 3 antirreflectante descrita anteriormente, se forma una ranura 4 de electrodo. Se proporciona un electrodo enterrado 8 (electrodo de Ag) en la ranura 4 de electrodo como electrodo de superficie frontal. Además, se forma una capa de impurezas 5 de tipo n de alta concentración en la periferia de la ranura 4 de electrodo.

En la célula 10 solar que presenta una estructura de este tipo, el electrodo enterrado 8 descrito anteriormente se forma mediante la composición descrita anteriormente para un material de electrodo de la presente invención tal como se define en las reivindicaciones. En una célula solar de este tipo que presenta un electrodo enterrado (electrodo de superficie frontal) formado utilizando la composición para un material de electrodo de la presente invención tal como se define en las reivindicaciones, la anchura de línea del electrodo puede ser estrecha, por ejemplo, aproximadamente 30-100 μm , y no se producen en el electrodo problemas de rotura debidos a gas de descomposición y deslaminación debida a la constricción en la calcinación del material de electrodo, y se evita la generación de borrosidad o irregularidad y la pérdida de resistencia es pequeña. Por tanto, puede ser una célula solar de alta calidad mediante la que puede obtenerse una alta potencia.

A continuación, se explicará un procedimiento tal como se define en las reivindicaciones para producir una célula solar según la presente invención con referencia a la figura 2. La figura 2 es un diagrama de flujo que muestra un ejemplo del procedimiento tal como se define en las reivindicaciones para producir una célula solar.

(Preparación de un sustrato de silicio: Etapa a)

En primer lugar, como sustrato de silicio que presenta un primer tipo de conductividad, por ejemplo, se prepara un sustrato de monocristal de silicio de tipo p que presenta una orientación de cristal plana de (100) dopado con boro. El procedimiento para producir el sustrato de monocristal de silicio de tipo p no está limitado particularmente. Sin embargo, el sustrato de monocristal de silicio de tipo p puede producirse fácilmente, por ejemplo, haciendo crecer un lingote de monocristal dopado con boro a una concentración predeterminada mediante el método de Czochralski (método de CZ) o mediante el método de zona flotante (método de FZ) o similar, cortando el lingote de monocristal hecho crecer para dar obleas y sometiendo entonces la oblea a una etapa de procesamiento de la oblea tal como una etapa de grabado que se realiza generalmente de manera convencional. En este caso, es preferible que la resistencia específica del sustrato de monocristal de silicio de tipo p preparado sea, por ejemplo, de 0,1-20 $\Omega\cdot\text{cm}$. En particular, 0,5-2,0 $\Omega\cdot\text{cm}$ es adecuado para producir una célula solar de alto rendimiento.

(Formación de una conformación irregular sobre la superficie frontal del sustrato: Etapa b)

A continuación, según la necesidad, se forma una conformación irregular sobre la superficie frontal del sustrato de monocristal de silicio de tipo p preparado. El motivo por el que se forma una conformación irregular sobre la superficie frontal del sustrato tal como se describió anteriormente es que es necesario hacer posible realizar la reflexión a dos tiempos o más tanto como sea posible sobre la superficie de aceptación de luz con el fin de reducir la reflectancia en la región de la luz visible. Como procedimiento para formar la conformación irregular sobre una superficie de oblea, por ejemplo, se sumerge el sustrato de monocristal de silicio preparado en una disolución acuosa de un hidróxido de sodio al 3% en peso en el que se añade alcohol isopropílico, y se graba en húmedo, y de ese modo, pueden formarse superficies de textura al azar en ambos lados del sustrato. Además, como otras estructuras irregulares de superficies representativas, pueden ejemplificarse una ranura con conformación en V y una ranura con conformación en U. Éstas pueden formarse utilizando un aparato de esmerilado o similar. Además, para formar una conformación irregular al azar sobre la superficie del sustrato, también puede utilizarse grabado con ácido, grabado con iones reactivos, o similar.

(Formación de una capa de impurezas de tipo n de baja concentración: Etapa c)

Tras formar la conformación irregular sobre la superficie del sustrato, se forma una capa de impurezas de tipo n de baja concentración (capa de difusión) para que sea una capa de impurezas que presenta un segundo tipo de conductividad diferente de un primer tipo de conductividad (tipo p) sobre la superficie frontal de la oblea. La capa de impurezas de tipo n de baja concentración puede formarse, por ejemplo, utilizando una fuente líquida de cloruro de oxifósforo y realizando difusión térmica a 820°C. De ese modo, se forma una capa de impurezas de tipo n que presenta una resistencia de lámina de aproximadamente 100 Ω/\square sobre la superficie frontal del sustrato. En este caso, puede utilizarse una denominada difusión adosada que es un método de difusión de superposición de superficies posteriores e inserción de las obleas en la misma rendija de una navicilla de difusión y realización de la difusión de modo que no se difunde el fósforo en la superficie posterior del sustrato tanto como sea posible. En un método de difusión de este tipo, el dopante de difusión ocasionalmente sobresale de un borde del sustrato en aproximadamente varios milímetros. Sin embargo, si se realiza la separación pn mediante grabado con plasma o láser, puede evitarse la derivación. Además, como otros procedimientos para formar una capa de impurezas de tipo n de baja concentración, puede utilizarse uno cualquiera de, por ejemplo, un método de difusión térmica de utilización de una fuente sólida, un método de difusión de recubrimiento de utilización de una fuente de cloruro de oxifósforo, un método de implantación de iones para implantar iones fósforo directamente, y etc.

(Formación de una película antirreflectante: Etapa d)

Tras formar la capa de impurezas de tipo n de baja concentración, se forma una película antirreflectante sobre la capa de impurezas. Por ejemplo, utilizando un aparato de LPCVD (deposición de vapor químico de baja presión: CVD de reducción de presión), se pone el sustrato de monocristal de silicio en el que se forma la capa de impurezas de tipo n de baja concentración en un horno del aparato de LPCVD, se eleva la temperatura dentro del horno hasta 800°C en una atmósfera de gas monosilano y nitrógeno a presión reducida, y de ese modo, puede formarse la película antirreflectante compuesta por una película de nitruro de silicio. En este caso, es preferible que la película antirreflectante se forme a un grosor de aproximadamente 70-90 nm. Además, en este caso, es preferible que el índice de refracción de la película antirreflectante esté en las proximidades de 2,0 porque la absorción de luz es pequeña y se demuestra una característica de reflexión baja.

Además, como otra película antirreflectante, por ejemplo, puede utilizarse una película de óxido de silicio, una película de dióxido de titanio, una película de óxido de zinc, una película de óxido de estaño, o similar, tal como se describió anteriormente. Entre estas películas antirreflectantes, una película de óxido de silicio térmica presenta la densidad de estado de superficie de contacto más pequeña y es adecuada para mejorar la característica de potencia de la célula solar. Sin embargo, el índice de refracción de la misma es de aproximadamente 1,5, y por tanto, por ejemplo, en el caso del sellado de la célula solar bajo un vidrio en el módulo, ocasionalmente es difícil reducir suficientemente la reflectancia.

Además, con respecto al procedimiento para formar una película antirreflectante, puede utilizarse un método de CVD de plasma, un método de recubrimiento, un método de evaporación a vacío, o similar, así como el método de LPCVD descrito anteriormente. Sin embargo, es preferible que la película de nitruro de silicio descrita anteriormente se forme mediante el método de LPCVD a partir de una vista de resistencia térmica. Además, si se forma adicionalmente una película que presenta un índice de refracción de entre 1 y 2 tal como una película de difluoruro de magnesio sobre la película antirreflectante descrita anteriormente de modo que esté bajo la condición de que el total de la reflectancia de la misma sea mínima, la reflectancia se reduce adicionalmente y puede potenciarse la densidad de corriente de generación.

(Formación de una ranura de electrodo: Etapa e)

Tras formar una película antirreflectante de la manera descrita anteriormente, se forma una ranura 4 de electrodo sobre el lado de superficie frontal del sustrato sobre el que se forma la película antirreflectante en el sustrato 1 de monocristal de silicio de tipo p, por ejemplo, utilizando una sierra 9 de corte de múltiples cuchillas tal como se muestra en la figura 3. En este caso, es importante que la dirección de la ranura de la ranura de electrodo no sea paralela a una dirección <110> para mejorar el rendimiento en la serigrafía secuencial. Es preferible que la dirección esté inclinada a 45° con respecto a una dirección <110>. Además, con respecto a la conformación en sección transversal de la ranura de electrodo, es posible una conformación en V. Sin embargo, es preferible una conformación en U o una conformación rectangular porque el área de sección transversal del electrodo puede estar más expandida. Además, para la ranura de electrodo, puede utilizarse no sólo un método de utilización de un método de aparato de esmerilado mecánico tal como se describió anteriormente si no también un método de procesamiento con láser. Además, la ranura de electrodo puede formarse utilizando como máscara la película antirreflectante formada tal como se describió anteriormente y haciendo aberturas parcialmente y luego utilizando un método de grabado en húmedo de realización del grabado con un ácido nítrico-fluorhídrico o una disolución de hidróxido de sodio de alta concentración o un método de grabado en seco según un grabado con iones reactivos o similar.

(Formación de capa de impurezas de tipo n de alta concentración y una capa de impurezas de tipo p: Etapa f)

Tras la formación de la ranura de electrodo, se forma una capa de impurezas de tipo n de alta concentración alrededor de la ranura de electrodo y se forma una capa de impurezas de tipo p sobre la superficie posterior del sustrato. Por ejemplo, realizando difusión térmica de fósforo en la superficie frontal del sustrato a 870°C utilizando una fuente líquida de oxocloruro de fósforo, puede formarse dentro de la ranura la capa de impurezas de tipo n de alta concentración que presenta una resistencia de lámina de aproximadamente 30 Ω/□. Entonces, realizando difusión térmica de boro en la superficie posterior del sustrato, puede formarse la capa de impurezas de tipo p. Al formar las capas de impurezas sobre la superficie frontal y posterior del sustrato tal como se describió anteriormente, por ejemplo, con el fin de evitar que el fósforo difunda en la superficie posterior del sustrato en la formación de la capa de impurezas de tipo n y evitar que el boro difunda en la superficie frontal del sustrato en la formación de la capa de impurezas de tipo p, es preferible que cada una de las difusiones térmicas se realice utilizando tal difusión adosada tal como se explicó anteriormente. Además, como otro procedimiento, puede utilizarse un método de difusión térmica de utilización de una fuente de difusión sólida o un método de implantación de iones. Sin embargo, por ejemplo, una difusión simultánea de dopante de fósforo de recubrimiento por centrifugación y dopante de boro respectivamente sobre la superficie frontal del sustrato de silicio y sobre la superficie posterior del mismo y apilando

luego un gran número de los sustratos y realizando la difusión de una vez es uno de los procedimientos sencillos y económicamente eficaces.

(Formación de un electrodo de superficie frontal y un electrodo de superficie posterior: Etapa g)

5 Entonces, se recubre totalmente pasta compuesta por Al o similar (pasta amasada y dispersada mediante un molino de tres rodillos tras mezclar un polvo de Al, una frita de vidrio, un vehículo orgánico, un disolvente, etc. Existe un caso de utilización de una mezcla de Ag y Al en lugar del polvo de Al. Para el amasado y la dispersión, también puede utilizarse un molino de perlas, una amasadora o similar, así como el molino de tres rodillos) o en una conformación de estructura reticular sobre la superficie posterior del sustrato mediante un método de serigrafía, y se seca, por ejemplo, a 150°C en un horno limpio, y luego se hornea a lo largo de 10 min en un horno de infrarrojo cercano en el que la temperatura máxima se fija a 750°C y, de ese modo, se forma un electrodo de Al (electrodo de superficie posterior) sobre la superficie posterior del sustrato.

15 Además, sobre el lado de superficie frontal del sustrato, se forma un electrodo enterrado (electrodo de superficie frontal) mediante un método de serigrafía utilizando la composición descrita anteriormente para un material de electrodo de la presente invención tal como se define en las reivindicaciones (pasta amasada y dispersada mediante un molino de tres rodillos mezclando un polvo de Ag, una frita de vidrio, un vehículo orgánico, un disolvente y etc.). Por ejemplo, la composición para un material de electrodo de la presente invención tal como se define en las reivindicaciones se imprime en la ranura de electrodo mediante impresión y preparación de placa para un patrón de electrodo con conformación en peine utilizando un método de serigrafía, y se seca a 150°C en un horno limpio, y entonces se hornea durante aproximadamente 5 min en un horno de infrarrojo cercano en el que la temperatura máxima se fija a 700°C y, de ese modo, puede formarse un electrodo enterrado. Además, en la presente invención, el procedimiento tal como se define en las reivindicaciones para formar el electrodo enterrado no está limitado particularmente. Por ejemplo, puede formarse un electrodo enterrado mediante un dispensador. Sin embargo, utilizando un método de serigrafía tal como se describió anteriormente, se hace posible que se produzca una célula solar con alta productividad. Por tanto, se hace posible lograr una reducción de costes de la célula solar.

30 Produciendo una célula solar tal como se describió anteriormente, puede formarse fácilmente un electrodo que presenta anchura de línea estrecha que se llena completamente en la ranura de electrodo. De ese modo, por ejemplo, tal como se muestra en la figura 1, se genera una célula solar de alta calidad que no se rompe y no se deslamina y se impide la generación de borrosidad o irregularidad en la misma y en la que puede obtenerse una alta potencia.

35 A continuación en la presente memoria, la presente invención se explicará más específicamente con referencia a los ejemplos y ejemplos comparativos. Sin embargo, la presente invención no se limita a los mismos.

(Ejemplos 1-11 y ejemplos comparativos 1-7)

40 A continuación en la presente memoria, utilizando 18 clases de materiales de electrodo tal como se muestra en la tabla 1, se realizaron producciones de células solares tal como sigue según el diagrama de flujo mostrado en la figura 2.

45 Además, los materiales de electrodo comprendían tasas de contenido de un polvo de Ag tal como se describe en la tabla, un 2% en peso de frita de vidrio y la cantidad restante de un vehículo orgánico. Además, tal como se muestra en la tabla 1, el valor de TI en 5 rpm / 50 rpm no puede medirse cuando la viscosidad del material está por encima de 200 Pa·s. Por tanto, con respecto a los materiales de electrodo de los ejemplos 6-9, 11 y los ejemplos comparativos 3, 4, los valores de TI no pudieron medirse (no medibles).

50 (Preparación de un sustrato de silicio: Etapa a)

Utilizando el método de CZ, se prepararon una pluralidad de sustratos de monocristal de silicio de tipo p dopados con boro que presentaban una orientación de cristal plana de (100) y 10 cm cuadrados y un grosor de 250 μm y una resistencia específica recién cortados de 2 Ω·cm (una concentración de dopante de $7,2 \times 10^{15} \text{ cm}^{-3}$), y se sumergieron en una disolución acuosa de hidróxido de sodio al 40% en peso y, de ese modo, se eliminaron mediante grabado las capas dañadas generadas sobre los sustratos. Además, en los ejemplos, se utilizó una disolución acuosa de hidróxido de sodio en la eliminación del daño del sustrato. Sin embargo, es posible utilizar una disolución acuosa de álcali fuerte tal como hidróxido de potasio y, también, mediante una disolución acuosa ácida tal como ácido nítrico-fluorhídrico, puede lograrse el mismo objetivo.

60 (Formación de una conformación irregular sobre las superficies frontales de sustratos: Etapa b)

Se realizó un grabado en húmedo sumergiendo los sustratos de monocristal de silicio preparados en una disolución acuosa de hidróxido de sodio al 3% en peso en la que se añade alcohol isopropílico y, de ese modo, se formaron superficies de textura al azar en ambos lados de los sustratos.

(Formación de una capa de impurezas de tipo n de baja concentración: Etapa c)

5 Sometiendo los sustratos de monocristal de silicio a difusión térmica a 820°C utilizando una fuente líquida de cloruro de oxifósforo, se formó una capa de impurezas de tipo n de una resistencia de lámina de aproximadamente 100 Ω/\square sobre la superficie frontal de cada uno de los sustratos. En este caso, se utilizó la difusión adosada de modo que el fósforo no difundía en la superficie posterior tanto como fuese posible.

(Formación de una película antirreflectante: Etapa d)

10 Utilizando un aparato de LPCVD, se calentó cada uno de los sustratos de monocristal de silicio a 800°C en una atmósfera de gas monosilano y gas nitrógeno a presión reducida y, de ese modo, se formó una película antirreflectante compuesta por una película de nitruro de silicio formada a un grosor de película de 80 nm sobre la superficie sobre la que se había formado la capa de impurezas de tipo n.

15 (Formación de una ranura de electrodo: Etapa e)

20 Utilizando una sierra de corte de múltiples cuchillas tal como se muestra en la figura 3, se formaron ranuras de electrodo que presentaban una separación de 2,5 mm y una anchura de 60 μm y una profundidad de 50 μm sobre la superficie frontal de cada uno de los sustratos de monocristal de silicio. En este caso, la dirección de ranura de cada una de las ranuras de electrodo estaba inclinada a 45° con respecto a una orientación de cristal de $\langle 110 \rangle$.

(Formación de una capa de impurezas de tipo n de alta concentración y una capa de impurezas de tipo p: Etapa f)

25 Se recubrió por centrifugación dopante de fósforo sobre el lado de superficie frontal de cada uno de los sustratos de silicio y se recubrió por centrifugación dopante de boro sobre el lado de superficie posterior de los mismos, y entonces se sometió el sustrato a tratamiento térmico. Se formó una capa de impurezas de tipo n de alta concentración alrededor de la ranura de electrodo y se formó una capa de impurezas de tipo p sobre la superficie posterior del sustrato.

30 (Formación de un electrodo de superficie frontal y un electrodo de superficie posterior: Etapa g)

35 Tras grabarse con ácido fluorhídrico y eliminarse el dopante de fósforo y el dopante de boro formados sobre la superficie frontal y la superficie posterior del sustrato, se recubrió totalmente pasta compuesta por Al sobre la superficie posterior del sustrato mediante un método de serigrafía, y se secó a 150°C un horno limpio. Entonces, horneándolo a lo largo de 10 min en un horno de infrarrojo cercano en el que la temperatura máxima se fija a 750°C, se formó un electrodo de Al (electrodo de superficie posterior) sobre la superficie posterior del sustrato. Además, también sobre la superficie frontal del sustrato, se imprimió un material de electrodo mostrado en la siguiente tabla 1 mediante un método de serigrafía, y se secó a 150°C en un horno limpio, y luego se horneó durante aproximadamente 5 min en un horno de infrarrojo cercano en el que la temperatura máxima se fija a 700°C y, de ese modo, se formaron electrodos enterrados (electrodos de superficie frontal) en las ranuras de electrodo.

40

(Tabla 1)

Material de electrodo	Tasa de contenido en Ag (% en peso)	Razón de combinación de un polvo de Ag (porcentaje en peso)							Viscosidad (Pa·s) a 25°C	Valor de TI	
		Granos de Ag de 0,5-3 µm		Granos de Ag de 4-8 µm			Granos de Ag de 8 µm	5 rpm / 20 rpm a 25°C		5 rpm / 50 rpm a 25°C	
		0,5 µm	1,5 µm	3 µm	4 µm	6 µm					8 µm
Ejemplo 1	85	20				80		200	1,5	2,0	
Ejemplo 2	85		20			80		170	1,2	1,6	
Ejemplo 3	85			20		80		150	0,9	1,2	
Ejemplo 4	85		20		80			200	1,2	1,5	
Ejemplo 5	85		20			80		180	0,9	1,2	
Ejemplo 6	85		30			70		210	1,1	No medible	
Ejemplo 7	85		50			50		250	1,3	No medible	
Ejemplo 8	85		70			30		280	1,5	No medible	
Ejemplo 9	85		80			20		300	1,7	No medible	
Ejemplo 10	75			20			80	150	0,5	0,7	
Ejemplo 11	95	80			20			400	1,9	No medible	
Ejemplo comparativo 1	85			10			90	30	0,3	0,4	
Ejemplo comparativo 2	85	10			90			80	0,5	0,9	
Ejemplo comparativo 3	85	90			10			480	2,5	No medible	
Ejemplo comparativo 4	85		90		10			350	2,2	No medible	
Ejemplo comparativo 5	75	90			10			130	1,2	0,9	
Ejemplo comparativo 6	95			10			90	120	0,4	0,7	
Ejemplo comparativo 7	70	80			20			80	0,4	0,5	

Con respecto a las células solares de 10 cm cuadrados preparadas en los ejemplos 1-11 y los ejemplos comparativos 1-7, se midieron las características de corriente y voltaje en una atmósfera a 25°C bajo un simulador solar (intensidad de luz: 1 kW/m², espectro: AM 1,5 global) y se realizó la inspección del aspecto de los electrodos de dedo de las mismas. En la siguiente tabla 2, se muestran características de células solares típicas de las células solares preparadas esta vez. Además, en la tabla 3, se muestran el resultado de la realización de la inspección del aspecto y la observación de la sección transversal, y en la figura 4 (A)-(D), se muestran los estados de electrodos de superficie frontal enterrados en las ranuras de electrodo.

5

(Tabla 2)

10

Material de electrodo	Voltaje de circuito abierto (mV)	Densidad de corriente de cortocircuito (mA/cm ²)	Eficacia de conversión (%)	Factor de relleno
Ejemplo 1	631	35,9	17,9	0,791
Ejemplo 2	630	35,5	17,6	0,785
Ejemplo 3	629	35,4	17,4	0,781
Ejemplo 4	631	35,6	17,7	0,786
Ejemplo 5	629	35,7	17,6	0,782
Ejemplo 6	630	36,1	17,9	0,788
Ejemplo 7	628	34,7	17,0	0,778
Ejemplo 8	629	36,0	17,3	0,765
Ejemplo 9	632	36,2	18,0	0,787
Ejemplo 10	630	35,8	17,4	0,770
Ejemplo 11	628	36,0	17,4	0,771
Ejemplo comparativo 1	623	33,0	15,4	0,750
Ejemplo comparativo 2	625	32,8	15,3	0,745
Ejemplo comparativo 3	628	35,5	15,7	0,705
Ejemplo comparativo 4	631	35,7	15,7	0,699
Ejemplo comparativo 5	629	35,5	15,9	0,710
Ejemplo comparativo 6	623	33,2	15,5	0,751
Ejemplo comparativo 7	628	35,3	15,7	0,707

(Tabla 3)

Material de electrodo	Hueco, deslaminación	Resistividad	Borrosidad	Irregularidad	Conformación en sección transversal
Ejemplo 1	-	-	-	-	Figura 4 (A)
Ejemplo 2	-	-	-	-	Figura 4 (A)
Ejemplo 3	-	-	-	-	Figura 4 (A)
Ejemplo 4	-	-	-	-	Figura 4 (A)
Ejemplo 5	-	-	-	-	Figura 4 (A)
Ejemplo 6	-	-	-	-	Figura 4 (A)
Ejemplo 7	-	-	Generada parcialmente	-	Figura 4 (A) y (D)
Ejemplo 8	-	-	-	Generada parcialmente	Figura 4 (A) y (C)
Ejemplo 9	-	-	-	Generada parcialmente	Figura 4 (A) y (C)
Ejemplo 10	-	-	-	-	Figura 4 (A)
Ejemplo 11	-	-	-	Generada parcialmente	Figura 4 (A) y (C)
Ejemplo comparativo 1	-	Aumento	Generada	-	Figura 4 (D)
Ejemplo comparativo 2	-	Aumento	Generada	-	Figura 4 (D)
Ejemplo comparativo 3	-	-	-	Generada	Figura 4 (C) y Conformación próxima a la figura 4 (A)
Ejemplo comparativo 4	-	-	-	Generada	Figura 4 (C)
Ejemplo comparativo 5	Generación de hueco y	-	-	-	Figura 4 (B)

	deslaminación				
Ejemplo comparativo 6	-	Aumento	Generada	-	Figura 4 (D)
Ejemplo comparativo 7	Generación de hueco	-	-	-	Figura 4 (B)

Tal como se muestra en la tabla 3 descrita anteriormente, se confirmó que una cualquiera de las células solares de los ejemplos 1-11 no generaba deslaminación o rotura y que su electrodo presentaba un área de contacto suficiente con el sustrato y se formaba de manera estable en la ranura de electrodo. Además, en los ejemplos 7-9 y 11, se observó borrosidad o irregularidad en una parte del electrodo. Sin embargo, la parte de generación era extremadamente pequeña. Por tanto, se encontró también que se evitaba la generación de borrosidad o irregularidad.

Por otro lado, en las células solares de los ejemplos comparativos 1, 2 y 6, la resistividad del material de electrodo aumentó, y se observó significativamente borrosidad tal como se muestra en la figura 4 (D). Además, en las células solares de los ejemplos comparativos 3, 4, se observó significativamente irregularidad tal como se muestra en la figura 4 (C). Además, en las células solares de los ejemplos comparativos 5, 7, se generó deslaminación o hueco en la formación del electrodo por la generación de constricción o similar del material de electrodo y, de ese modo, el área de contacto entre el sustrato y el electrodo se degradó drásticamente.

Además, tal como se muestra en la tabla 2, en una cualquiera de las células solares de los ejemplos 1-11, la eficacia de conversión era alta, del 17% o más, y el factor de relleno era más excelente que el de los ejemplos comparativos. Por tanto, se encontró que la célula solar presentaba un rendimiento muy alto. Por otro lado, en una cualquiera de las células solares de los ejemplos comparativos 1-7, la eficacia de conversión indica un valor bajo, inferior al 16%, y se encontró que en las células solares de los ejemplos comparativos 3-5, 7, los factores de relleno se degradaron en gran parte. En la descripción anterior, se explica principalmente el caso de producción de una célula solar. Sin embargo, la composición para un material de electrodo de la presente invención tal como se define en las reivindicaciones no se limita a la misma, y también puede aplicarse de manera similar a un dispositivo semiconductor que presenta un electrodo excepto una célula solar.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Composición para un material de electrodo destinada a ser utilizada en un dispositivo semiconductor, que comprende por lo menos un polvo de plata, una frita de vidrio y un vehículo orgánico, en la que
- una tasa de contenido en Ag del material de electrodo es del 75% en peso al 95% en peso; caracterizada por que
- 10 el polvo de plata es un polvo de plata de dos clases de granos de Ag que presentan diferentes tamaños de granos de Ag, granos de Ag que presentan un diámetro de grano promedio de 0,5 μm a 3 μm y granos de Ag que presentan un diámetro de grano promedio de 4 μm a 8 μm ; y
- 15 una razón de contenido de los granos de Ag que presentan un diámetro de grano promedio de 0,5 μm a 3 μm y los granos de Ag que presentan un diámetro de grano promedio de 4 μm a 8 μm en el material de electrodo es (los granos de Ag que presentan un diámetro de grano promedio de 0,5 μm a 3 μm): (los granos de Ag que presentan un diámetro de grano promedio de 4 μm a 8 mm) = del 20 al 80% en peso : del 80 al 20% en peso.
2. Composición según la reivindicación 1, en la que la viscosidad de la composición es de 150 Pa·s a 400 Pa·s.
- 20 3. Composición según la reivindicación 1 o 2, en la que una tixotropía (valor de TI) en 5 rpm / 50 rpm de la composición es de 0,5 a 2,5, o una tixotropía (valor de TI) en 5 rpm / 20 rpm de la misma es de 0,5 a 2,0.
4. Composición según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en la que una temperatura de inicio de la descomposición del vehículo orgánico está comprendida entre 170°C y 250°C.
- 25 5. Utilización de una composición según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4 para formar un electrodo comprendido en un dispositivo semiconductor.
- 30 6. Utilización según la reivindicación 5, en la que el dispositivo semiconductor es una célula solar.
7. Utilización de una composición según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4 para formar un electrodo de superficie frontal de una célula solar, en la que la célula solar está constituida formando por lo menos una unión pn, un electrodo de superficie frontal y un electrodo de superficie posterior.
- 35 8. Procedimiento para producir una célula solar, que comprende, por lo menos, una etapa de formación de una capa de impurezas que presenta un segundo tipo de conductividad diferente de un primer tipo de conductividad sobre una superficie frontal de un sustrato de silicio que presenta el primer tipo de conductividad, una etapa de formación de una película antirreflectante sobre la capa de impurezas que presenta el segundo tipo de conductividad, una etapa de formación de una ranura de electrodo sobre el sustrato de silicio y una etapa de
- 40 formación de un electrodo en la ranura de electrodo formada sobre el sustrato de silicio utilizando la composición según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4.
9. Procedimiento para producir una célula solar según la reivindicación 8, en el que la etapa de formación de un electrodo está realizado mediante un método de serigrafía.
- 45

FIG. 1

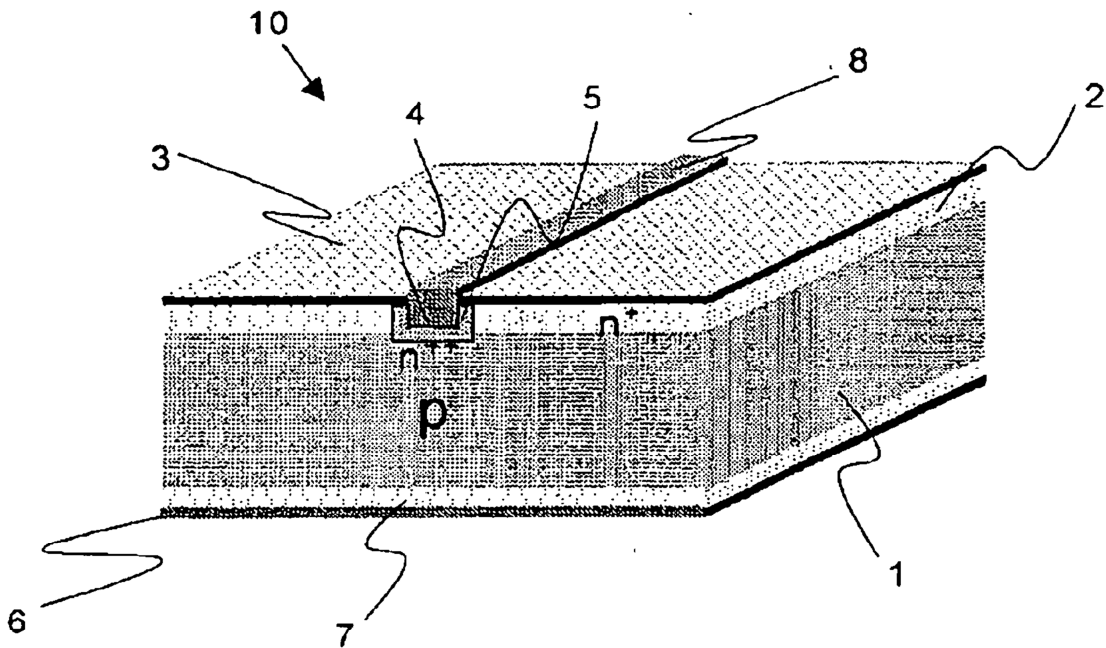


FIG. 2

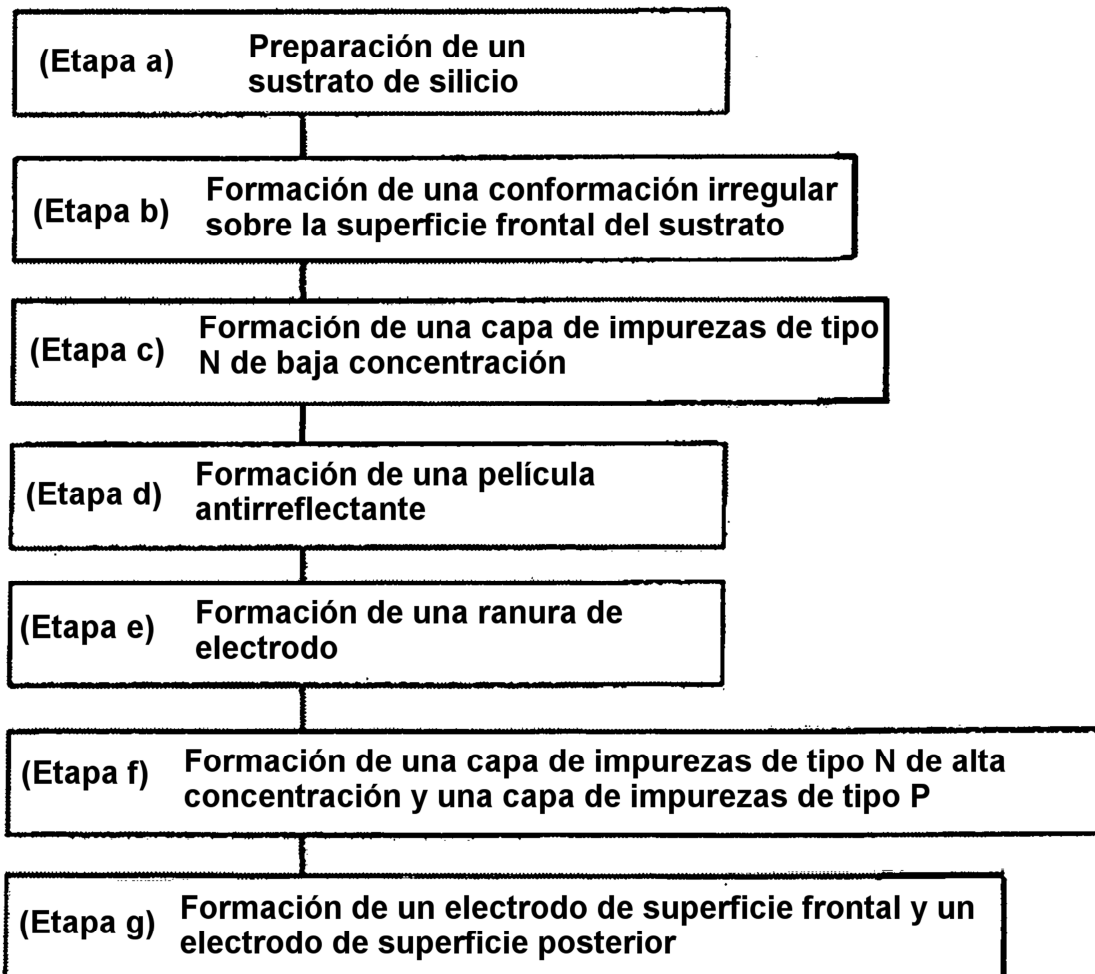


FIG. 3

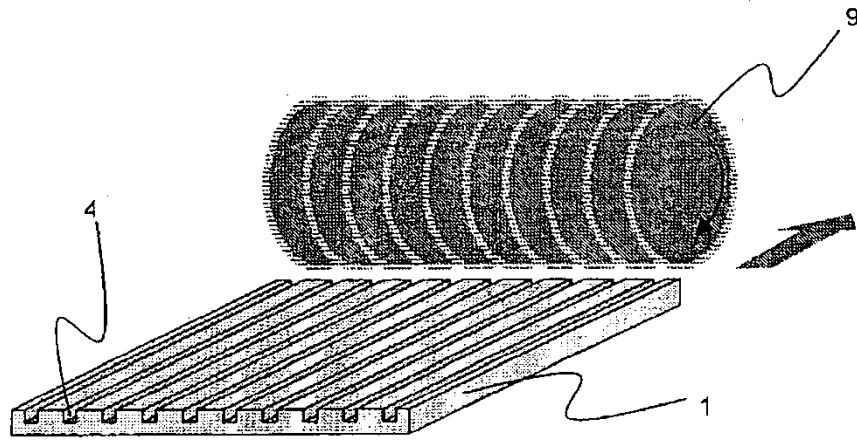


FIG. 4

