

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 426 261**

51 Int. Cl.:

H01B 1/22 (2006.01)
C03C 8/02 (2006.01)
C03C 8/04 (2006.01)
C03C 8/10 (2006.01)
C03C 8/18 (2006.01)
H01L 31/0224 (2006.01)
H01L 31/068 (2012.01)
C03C 14/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **07.04.2008 E 08739954 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **24.07.2013 EP 2157618**

54 Título: **Composición de pasta y elemento de célula solar**

30 Prioridad:

08.06.2007 JP 2007152469

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

22.10.2013

73 Titular/es:

**TOYO ALUMINIUM KABUSHIKI KAISHA (100.0%)
6-8, Kyutaro-machi 3-chome Chuo-ku Osaka-shi
Osaka 541-0056, JP**

72 Inventor/es:

**LAI, GAOCHAO;
OCHI, YUTAKA;
MIYAZAWA, YOSHITERU;
WATSUJI, TAKASHI y
KATOH, HARUZO**

74 Agente/Representante:

MILTENYI, Peter

ES 2 426 261 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 de pasta y elemento de célula solar.

Campo técnico

5 La presente invención se refiere en general a composiciones de pasta y a elementos de célula solar y, más particularmente, a una composición de pasta usada cuando se forma un electrodo en una superficie trasera de un sustrato semiconductor de silicio que constituye una célula solar de silicio cristalino, y a un elemento de célula solar en el que se forma un electrodo de superficie trasera usando la composición de pasta.

Antecedentes de la técnica

10 Como componente electrónico que tiene un electrodo formado en un sustrato semiconductor de silicio, se conocen los elementos de célula solar dados a conocer en la publicación abierta a consulta por el público de solicitud de patente japonesa n.º 2000-90734 (documento de patente 1) y la publicación abierta a consulta por el público de solicitud de patente japonesa n.º 2004-134775 (documento de patente 2).

La figura 1 es una vista esquemática que muestra una estructura en sección general de un elemento de célula solar.

15 Tal como se muestra en la figura 1, el elemento de célula solar se estructura usando un sustrato semiconductor de silicio de tipo p 1 cuyo grosor es de 200 a 300 μm . En un lado de una superficie de recepción de luz del sustrato semiconductor de silicio de tipo p 1 se forman una capa de impurezas de tipo n 2 cuyo grosor es de 0,3 a 0,6 μm y una película antirreflectante 3 y electrodos de rejilla 4, que están en la capa de impurezas de tipo n 2.

20 En un lado de una superficie trasera del sustrato semiconductor de silicio de tipo p 1 se forma una capa de electrodo de aluminio 5. La formación de la capa de electrodo de aluminio 5 se lleva a cabo a través de la aplicación de una composición de pasta que contiene polvo de aluminio, una fritada de vidrio y un vehículo orgánico, empleando serigrafía o similar; secado; y después de eso, cocción del producto resultante durante un corto periodo de tiempo a una temperatura mayor que o igual a 660°C (punto de fusión del aluminio). Durante la cocción, el aluminio difunde al interior del sustrato semiconductor de silicio de tipo p 1, mediante lo cual se forma una capa de aleación de Al-Si 6 entre la capa de electrodo de aluminio 5 y el sustrato semiconductor de silicio de tipo p 1 y de manera concurrente, se forma una capa p+ 7 como una capa de impurezas que resulta de la difusión de átomos de aluminio. La presencia de la capa p+ 7 impide la recombinación de electrones, y por tanto, puede obtenerse un efecto BSF (*Back Surface Field*, campo retrodifusor) que potencia la eficiencia de acumulación de los portadores generados.

25 Por ejemplo, tal como se da a conocer en la publicación abierta a consulta por el público de solicitud de patente japonesa n.º 5-129640 (documento de patente 3), se ha puesto en uso práctico un elemento de célula solar en el que se elimina un electrodo de superficie trasera 8 que incluye una capa de electrodo de aluminio 5 y una capa de aleación de Al-Si 6 usando ácido o similar y se forma de manera nueva una capa de electrodo colector usando una pasta de plata o similar. Sin embargo, puesto que se requiere desechar el ácido usado para la eliminación del electrodo de superficie trasera 8, por ejemplo, surge el problema de que el desecho hace que el procedimiento sea complicado. En los últimos años, con el fin de evitar un problema de este tipo, se han estructurado muchos
30 elementos de célula solar con el electrodo de superficie trasera 8 que se deja tal cual y se utiliza como electrodo colector.

35 Mientras tanto, aunque en un elemento de célula solar en el que se forma un electrodo de superficie trasera a través de la aplicación de una composición de pasta convencional que contiene polvo de aluminio sobre una superficie trasera de un sustrato semiconductor de silicio de tipo p y a través de la cocción del producto resultante se ha obtenido una determinada eficiencia de acumulación de los portadores generados, se ha requerido potenciar adicionalmente el efecto BSF deseado con el fin de aumentar la eficiencia de conversión.

40 Con el fin de potenciar la eficiencia de conversión, se ha propuesto en la publicación abierta a consulta por el público de solicitud de patente japonesa n.º 2001-202822 (documento de patente 4) que se limiten un tamaño de partícula del polvo de aluminio en la composición de pasta usada para formar un electrodo de superficie trasera y un grosor de una película de óxido. Sin embargo, incluso usando una composición de pasta de este tipo, es imposible potenciar suficientemente el efecto BSF de modo que se permita que se logre una mayor eficiencia de conversión.

45 Existe un método para potenciar el efecto BSF, en el que se fomenta la difusión de aluminio aumentando la cantidad de aplicación de la composición de pasta. Por otra parte, con el fin de solucionar un problema de escasez de un material de silicio y reducir los costes en la fabricación de células solares, se ha examinado hoy en día hacer que el sustrato semiconductor de silicio de tipo p sea más delgado. Sin embargo, cuando el sustrato semiconductor de silicio de tipo p se hace que sea más fino, tras la cocción de la composición de pasta, un lado de una superficie trasera que tiene una capa de electrodo formada en la misma se deforma de manera cóncava debido a una diferencia entre los coeficientes de dilatación térmica del silicio y el aluminio, deformando y curvando de ese modo el sustrato semiconductor de silicio de tipo p. Por consiguiente, se provocan fracturas o similares en un proceso de
50 fabricación de las células solares, dando como resultado de ese modo el problema de que se reducen los rendimientos de fabricación de las células solares.

5 Existe un método para solucionar este problema, en el que se disminuye la cantidad de aplicación de la composición de pasta y se hace que una capa de electrodo de superficie trasera sea más delgada. Sin embargo, cuando se disminuye la cantidad de aplicación de la composición de pasta, la cantidad del aluminio difundido desde la superficie trasera del sustrato semiconductor de silicio de tipo p hasta el interior del mismo se vuelve fácilmente insuficiente y como resultado, no puede lograrse el efecto BSF deseado, incurriendo de ese modo en el problema de que se reducen las propiedades de la célula solar.

10 Una composición de una pasta eléctricamente conductora que permite que se garanticen las propiedades deseadas de la célula solar y que se haga que la capa de electrodo de superficie trasera sea más delgada se da a conocer en, por ejemplo, la publicación abierta a consulta por el público de solicitud de patente japonesa n.º 2000-90734 (documento de patente 1). Además de polvo de aluminio, una frita de vidrio y un vehículo orgánico, esta pasta eléctricamente conductora contiene además un compuesto orgánico que contiene aluminio. Sin embargo, aunque la técnica convencional mencionada anteriormente puede reducir la cantidad de curvatura del sustrato semiconductor de silicio de tipo p haciendo que la capa de electrodo de superficie trasera sea más delgada, la técnica convencional mencionada anteriormente no puede potenciar suficientemente el efecto BSF de modo que se permita que se logre una mayor eficiencia de conversión.

15 Documento de patente 1: publicación abierta a consulta por el público de solicitud de patente japonesa n.º 2000-90734

Documento de patente 2: publicación abierta a consulta por el público de solicitud de patente japonesa n.º 2004-134775

20 Documento de patente 3: publicación abierta a consulta por el público de solicitud de patente japonesa n.º 5-129640

Documento de patente 4: publicación abierta a consulta por el público de solicitud de patente japonesa n.º 2001-202822

El documento CN 1 877 864 A da a conocer un componente de suspensión espesa conductora de aluminio para una batería solar de silicio y su método de producción.

25 **Descripción de la invención**

Problemas que han de resolverse mediante la invención

30 Así, los objetos de la presente invención son resolver los problemas mencionados anteriormente y proporcionar una composición de pasta que pueda lograr suficientemente al menos un efecto BSF equivalente a o mayor que el efecto BSF logrado de manera convencional incluso cuando la composición de pasta se usa en un caso o bien en el que se forma una capa de electrodo de superficie trasera gruesa en un sustrato semiconductor de silicio relativamente grueso o bien en el que se forma una capa de electrodo de superficie trasera delgada en un sustrato semiconductor de silicio relativamente delgado, y que puede no sólo lograr un efecto BSF equivalente a o mayor que el efecto BSF logrado de manera convencional sino también suprimir la deformación del sustrato semiconductor de silicio tras cocerse cuando la composición de pasta se usa en el caso en el que se forma que la capa de electrodo de superficie trasera delgada en el sustrato semiconductor de silicio relativamente delgado; y un elemento de célula solar que comprenda un electrodo formado usando la composición mencionada anteriormente.

Medios para resolver los problemas

40 Con el fin de resolver los problemas de la técnica convencional, los presentes inventores han repetido ambiciosas investigaciones. Como resultado, los presentes inventores hallaron que los objetos mencionados anteriormente pueden lograrse usando una composición de pasta en la que se limita el contenido de elementos metálicos específicos, entre otros los elementos de impurezas inevitables. Basándose en los hallazgos, la composición de pasta según la presente invención tiene las siguientes características.

45 Se usa una composición de pasta según la presente invención para formar un electrodo en una superficie trasera de un sustrato semiconductor de silicio que constituye una célula solar de silicio cristalino y comprende las características de la reivindicación 1.

Se definen realizaciones preferibles en las reivindicaciones dependientes 2-10.

Un elemento de célula solar según la presente invención comprende un electrodo formado mediante la aplicación de una composición de pasta según la reivindicación 1 sobre una superficie trasera de un sustrato semiconductor de silicio y después de eso, la cocción del producto resultante.

50 **Efecto de la invención**

Tal como se describió anteriormente, según la presente invención, incluso cuando se usa una composición de pasta cuyo contenido total de hierro y titanio contenidos en la misma como elementos de impurezas inevitables se limita para que sea menor que o igual al 0,07% en masa en el caso o bien en el que se forma una capa de electrodo de

superficie trasera gruesa en un sustrato semiconductor de silicio relativamente grueso o bien en el que se forma una capa de electrodo de superficie trasera delgada en un sustrato semiconductor de silicio relativamente delgado, puede lograrse suficientemente al menos un efecto BSF equivalente a o mayor que el efecto BSF logrado de manera convencional; y cuando se usa la composición de pasta mencionada anteriormente en el caso en el que se forma la
 5 capa de electrodo de superficie trasera delgada en el sustrato semiconductor de silicio relativamente delgado, no sólo puede lograrse un efecto BSF equivalente a o mayor que el efecto BSF logrado de manera convencional sino que también puede suprimirse la deformación del sustrato semiconductor de silicio tras cocerse.

Breve descripción de los dibujos

La figura 1 es una vista esquemática que muestra una estructura en sección general de un elemento de célula solar al que se aplica la presente invención como una realización.
 10

La figura 2 es una vista esquemática que muestra un método para medir cantidades de curvatura de sustratos semiconductores de silicio de tipo p de los ejemplos y ejemplos de comparación, cada uno de los cuales tiene una capa de electrodo de aluminio formada en los mismos como capa de electrodo de superficie trasera y se ha cocido.

Explicación de los números de referencia

15 1: sustrato semiconductor de silicio de tipo p, 2: capa de impurezas de tipo n, 3: película antirreflectante, 4: electrodo de rejilla, 5: capa de electrodo de aluminio, 6: capa de aleación de Al-Si, 7: capa p⁺, 8: electrodo de superficie trasera.

Mejor modo de llevar a cabo la invención

Los presentes inventores centraron su atención en una relación entre las propiedades de un elemento de célula solar y el contenido de elementos de metales de transición, particularmente los elementos hierro (Fe) y titanio (Ti), contenidos en una composición de pasta como impurezas inevitables debido al polvo de aluminio y descubrieron que pueden potenciarse las propiedades del elemento de célula solar reduciendo el contenido de los elementos Fe y Ti en la composición de pasta. Tales hallazgos por parte de los inventores son tal como se describen a continuación.
 20

Cuando se forma una capa de electrodo de superficie trasera a través de la aplicación de una composición de pasta convencional sobre una superficie trasera de un sustrato semiconductor de silicio y a través de la cocción del producto resultante, el aluminio como componente eléctricamente conductor contenido en la composición de pasta difunde al interior del sustrato semiconductor de silicio y de manera concurrente, el elemento Fe y el elemento Ti contenidos en la composición de pasta como impurezas inevitables también difunden al interior del sustrato semiconductor de silicio. Debido a esto, el elemento Fe y el elemento Ti dificultan la difusión del aluminio.
 25

A diferencia de esto, en la presente invención, el aluminio difunde fácilmente al interior del sustrato semiconductor de silicio reduciendo el contenido total de los elementos Fe y Ti en la composición de pasta de modo que sea menor que o igual a un valor predeterminado.
 30

Por otra parte, cuando se forma una capa de electrodo de superficie trasera mediante la aplicación de la composición de pasta convencional sobre la superficie trasera del sustrato semiconductor de silicio y a través de la cocción del producto resultante, el elemento Fe y el elemento Ti, difundidos al interior del sustrato semiconductor de silicio, entran al interior o pasan al exterior de una red cristalina de silicio, formando de ese modo un defecto de la red cristalina y reduciendo el efecto BSF.
 35

A diferencia de esto, en la presente invención, el contenido total de los elementos Fe y Ti en la composición de pasta se reduce de modo que sea menor que o igual al valor predeterminado, permitiendo de ese modo que se reduzca la cantidad de los elementos Fe y Ti difundidos al interior del sustrato semiconductor de silicio y permitiendo que se potencie el efecto BSF. Como resultado, pueden mejorarse las propiedades del elemento de célula solar.
 40

Basándose en los hallazgos descritos anteriormente por parte de los inventores, en la composición de pasta de la presente invención, el contenido total del hierro y el titanio contenidos en la composición de pasta como elementos de impurezas inevitables es menor que o igual al 0,07% en masa y preferiblemente, el contenido de hierro es menor que o igual al 0,07% en masa.
 45

Es preferible que la composición de pasta de la presente invención contenga además un vehículo orgánico. Los componentes del vehículo orgánico contenido no están limitados particularmente, y pueden usarse una resina tal como una resina a base de etilcelulosa y una resina de base alquídica y un disolvente tal como un disolvente a base de éter de glicol y un disolvente a base de terpineol. Es preferible que el contenido del vehículo orgánico sea mayor que o igual al 18% en masa y menor que o igual al 38% en masa. Si el contenido del vehículo orgánico es menor que 18% en masa o supera el 38% en masa, se degrada el rendimiento de impresión de la pasta.
 50

Es preferible que el contenido de polvo de aluminio contenido en la composición de pasta de la presente invención sea mayor que o igual al 58% en masa y menor que o igual al 78% en masa. Si el contenido del polvo de aluminio es menor que 58% en masa, se aumenta la resistencia de la capa de electrodo de aluminio tras cocerse, mediante lo

cual es probable que se provoque una reducción en la eficiencia de conversión energética de una célula solar. Si el contenido del polvo de aluminio supera el 78% en masa, se reduce el rendimiento de aplicación de la pasta en serigrafía o similar. Además, como polvo de aluminio, considerando que se garantice la reactividad con el sustrato semiconductor de silicio, el rendimiento de aplicación y la uniformidad de las películas de recubrimiento, es preferible usar polvo de aluminio que tiene un tamaño de partícula promedio de 1 a 20 μm y es más preferible usar polvo de aluminio que tiene un tamaño de partícula promedio de 2 a 8 μm . Aunque la forma de cada partícula del polvo de aluminio no está limitada particularmente, es mejor usar un polvo del que cada partícula tenga una forma esférica o una forma casi esférica. Con el fin de satisfacer las condiciones de la composición de la presente invención, es preferible usar polvo de aluminio cuyo contenido de Fe y Ti es pequeño. Sólo se requiere que el polvo de aluminio tenga el pequeño contenido de Fe y Ti y que el contenido total de Fe y Ti en la composición de pasta de la presente invención sea menor que o igual a la cantidad predeterminada. Aunque aparte de esto el polvo de aluminio usado en la presente invención no está limitado particularmente, es preferible usar, por ejemplo, polvo de aluminio de alta pureza que contiene Fe y Ti cuyo contenido total es menor que o igual al 0,09% en masa. Si el contenido total de Fe y Ti en la composición de pasta es menor que o igual al 0,07% en masa, se usan en combinación polvo de aluminio cuyo contenido total de Fe y Ti es mayor que o igual al 0,09% en masa y polvo de aluminio de alta pureza cuyo contenido total de Fe y Ti es menor que o igual al 0,09% en masa.

Además, la composición de pasta de la presente invención puede contener una frita de vidrio. Es preferible que el contenido de la frita de vidrio sea menor que o igual al 8% en masa. La frita de vidrio también tiene un efecto de potenciación del rendimiento de adhesión de la capa de electrodo de aluminio tras cocerse. Sin embargo, si el contenido de la frita de vidrio supera el 8% en masa, se produce segregación en el vidrio, mediante lo cual es probable que se aumente la resistencia de la capa de electrodo de aluminio como capa de electrodo de superficie trasera. Aunque sólo se requiere un tamaño de partícula promedio de la frita de vidrio que no afecte adversamente al efecto de la presente invención y el tamaño de partícula promedio de la frita de vidrio no está limitado particularmente, puede usarse favorablemente una frita de vidrio cuyo tamaño de partícula promedio sea aproximadamente de 1 a 4 μm . Con el fin de satisfacer las condiciones de la composición de la presente invención, sólo se requiere usar una frita de vidrio que tenga una pequeña cantidad de Fe y Ti.

La frita de vidrio contenida en la composición de pasta de la presente invención y en particular, la composición y el contenido de los componentes de la misma no están limitados, y habitualmente, se usa una frita de vidrio cuyo punto de reblandecimiento es menor que o igual a la temperatura de cocción. Habitualmente, como frita de vidrio, puede usarse una frita de vidrio a base de $\text{B}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2\text{-Bi}_2\text{O}_3$, una frita de vidrio a base de $\text{B}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2\text{-ZnO}$, una frita de vidrio a base de $\text{B}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2\text{-PbO}$, o similar además de una frita de vidrio a base de $\text{SiO}_2\text{-Bi}_2\text{O}_3\text{-PbO}$.

Ejemplos

A continuación en el presente documento, se describirán ejemplos de la presente invención.

Se prepararon las clases de polvo de aluminio A y B mostradas en la tabla 1 y las fritas de vidrio a, b y c mostradas en la tabla 2, y éstos se usaron como materias primas en polvo de los ejemplos 1 a 9 y ejemplos de comparación 1 a 6. Los tamaños de partícula promedio de las clases respectivas del polvo de aluminio y las fritas de vidrio fueron valores medidos empleando difracción láser.

A continuación, se prepararon diversas composiciones de pasta (contenido total del 100% en masa) tal como se muestra en la tabla 3 de manera que cada composición de pasta contenía un contenido total del 74% en masa o el 76% en masa, en cada proporción predeterminada, del polvo de aluminio A y el polvo de aluminio B mostrados en la tabla 1; cada una de dichas composiciones de pasta contenía el 2% en masa de cada una de las fritas de vidrio a, b y c mostradas en la tabla 2 o no tenía frita de vidrio añadida a la misma; y como el resto, cada una de dichas composiciones de pasta contenía un vehículo orgánico en el que se disolvió etilcelulosa cuyo contenido con respecto a cada una de dichas composiciones de pasta era del 2% en masa, en un disolvente orgánico a base de éter de glicol.

Específicamente, añadiendo las clases respectivas del polvo de aluminio y la frita de vidrio al vehículo orgánico en el que se disolvió la etilcelulosa en el disolvente orgánico a base de éter de glicol y combinándolas con una mezcladora bien conocida, se prepararon las composiciones de pasta (ejemplos 1 a 9) cuyo contenido total de Fe y Ti en las composiciones de pasta estaba en un intervalo especificado en la presente invención. Además, empleando el mismo método tal como se describió anteriormente, tal como se muestra en la tabla 3, se prepararon las composiciones de pasta (ejemplos de comparación 1 a 6) cuyo contenido total de Fe y Ti estaba fuera del intervalo especificado en la presente invención.

Se analizó el contenido total de Fe y Ti en las composiciones de pasta mostradas en la tabla 3 empleando el siguiente método. Se tomaron cinco gramos de cada una de las composiciones de pasta y se pusieron en un tubo de ensayo, se añadieron al mismo 30 gramos de cloroformo y se realizó una limpieza ultrasónica. Se sometieron estos productos resultantes procesados a separación centrífuga, después de eso se retiró el líquido sobrenadante y se secaron las materias sólidas con un secador durante una hora a una temperatura de 80°C. Se usaron las materias sólidas obtenidas como muestras de prueba y se sometieron a disolución en ácido y después de eso se llevó a cabo un análisis cuantitativo empleando espectrometría de emisión atómica con plasma acoplado inductivamente (ICP-

AES, fabricado por Thermo Electron Corporation, modelo: i-CAP6500).

5 A continuación, tal como se muestra en la figura 1, se preparó una oblea de silicio como sustrato semiconductor de silicio de tipo p 1 que tenía un grosor de una unión pn formada de 180 μm o 250 μm y dimensiones de 125 mm X 125 mm, se formó un electrodo de rejilla 4 hecho de Ag en una superficie de recepción de luz de la oblea de silicio y se usó el producto resultante para evaluar la composición de pasta de la presente invención.

10 Empleando un método de serigrafía, se aplicó una composición de pasta de cada uno de los ejemplos 1 a 9 y cada uno de los ejemplos de comparación 1 a 6 en una superficie trasera de la oblea de silicio mencionada anteriormente con una presión de impresión de 0,2 kg/cm^2 y se ajustó la cantidad de aplicación para que fuese tras el secado de 0,7 a 0,8 g/oblea (usando una placa de serigrafía de 325 de malla) o de 0,95 a 1,05 g/oblea (usando una placa de serigrafía de 200 de malla), preparando de ese modo capas de aplicación de las composiciones de pasta respectivas.

15 Se secaron las capas de aplicación formadas tal como se describió anteriormente a una temperatura de 100°C y, después de eso, se cocieron en un horno de cocción de infrarrojos a una temperatura máxima de 830°C y, de ese modo, se formaron capas de electrodo de superficie trasera, preparando así muestras de prueba de los ejemplos 1 a 9 y los ejemplos de comparación 1 a 6.

20 En este caso, en las muestras de prueba de los ejemplos 7 y 8, se usaron las composiciones de pasta de los ejemplos 4 y 6 y las cantidades de aplicación de las composiciones de pasta usadas en los mismos y los grosores de las obleas de silicio fueron diferentes de los de las muestras de prueba de los ejemplos 4 y 6. En las muestras de prueba de los ejemplos de comparación 5 y 6, se usó la composición de pasta del ejemplo de comparación 2 y las cantidades de aplicación de la composición de pasta usada en el mismo y los grosores de las obleas de silicio eran diferentes de los de la muestra de prueba del ejemplo 2.

Se midió la cantidad de curvatura (deformación) de cada una de las muestras de prueba preparadas tal como se describió anteriormente mediante un medidor de desplazamiento láser (una unidad de visualización: LK-GD500 y un sensor: LK-G85, fabricados por KEYENCE Corporation). Un método de medición de la curvatura es tal como sigue.

25 En primer lugar, se puso cada una de las obleas de silicio en una superficie plana de manera que la superficie trasera (superficie cóncava) de cada una de las muestras de prueba, es decir, una superficie de cada una de las obleas de silicio, a la que se aplicó cada una de las composiciones de pasta, está orientada hacia abajo. Tal como se muestra en la figura 2, un lado que se extiende entre P1 y P4 de cada una de las obleas de silicio, situado en la superficie plana, y un lado que se extiende entre P2 y P3 del mismo están en contacto con la superficie plana mientras que un lado que se extiende entre P1 y P2 del mismo y un lado que se extiende entre P3 y P4 del mismo están sobresaliendo hacia arriba por encima de la superficie plana debido a la deformación provocada por la curvatura.

35 Basándose en esto, se llevó a cabo la medición mientras que el medidor de desplazamiento láser estaba moviéndose en el lado que se extiende entre P1 y P2. Como valores medidos usando el medidor de desplazamiento láser, el valor de desplazamiento mínimo (X1) indica el grosor de cada una de las obleas de silicio (incluyendo el grosor de la capa de electrodo de superficie trasera) puesto que una posición de P2 (o P1) está en contacto con la superficie plana, y el valor de desplazamiento máximo (X2) indica el valor total del grosor de cada una de las obleas de silicio y la cantidad de curvatura (deformación). Basándose en esto, se calculó la cantidad de curvatura de cada una de las muestras de prueba a partir del valor de desplazamiento máximo (X2) y el valor de desplazamiento mínimo (X1) de los valores medidos con el medidor de desplazamiento láser usando la siguiente ecuación.

Cantidad de curvatura (mm) = valor de desplazamiento máximo (X2) - valor de desplazamiento mínimo (X1)

45 A continuación, de la misma manera que se describió anteriormente, se llevó a cabo la medición mientras que el medidor de desplazamiento láser estaba moviéndose en el lado que se extiende entre P3 y P4, opuesto al lado que se extiende entre P1 y P2 y de ese modo, se calculó la cantidad de curvatura de cada una de las muestras de prueba usando la ecuación mencionada anteriormente.

Tal como se describió anteriormente, se calculó el valor promedio del valor de la cantidad de curvatura, obtenido mediante la medición en el lado que se extiende entre P1 y P2, y el valor de la cantidad de curvatura, obtenido mediante la medición en el lado que se extiende entre P3 y P4, como valor de la cantidad de curvatura de cada una de las muestras de prueba.

50 Además, se midieron respectivamente las eficiencias de conversión (Eff) de los elementos de célula solar de las muestras de prueba de los ejemplos 1 a 9 y los ejemplos de comparación 1 a 6, preparados tal como se describió anteriormente, usando un simulador solar (WXS-155S-10, fabricado por WACOM ELECTRIC CO., LTD.) en condiciones de una temperatura de 25°C y espectro AM1,5G.

Se muestra el resultado de la medición mencionada anteriormente en la tabla 3.

55 En la columna de la "cantidad de aplicación" en la tabla 3, "pequeña" muestra la cantidad de aplicación tras el

secado es de 0,7 a 0,8 g/oblea y “grande” muestra que la cantidad de aplicación tras el secado es de 0,95 a 1,05 g/oblea. En columna de la “curvatura” en la misma, “o” muestra que el valor de la cantidad de curvatura es menor que o igual a 1,0 mm y “x” muestra que el valor de la cantidad de curvatura es mayor que o igual a 1,0 mm.

[Tabla 1]

Polvo de aluminio	Tamaño de partícula promedio [µm]	Contenido total de Fe y Ti [% en masa]
A	5	0,005
B	5	0,2

5 [Tabla 2]

Frita de vidrio	Componentes	Tamaño de partícula promedio [µm]
a	a base de B ₂ O ₃ -SiO ₂ -PbO	3
b	a base de B ₂ O ₃ -SiO ₂ -ZnO	2
c	a base de B ₂ O ₃ -SiO ₂ -Bi ₂ O ₃	2

[Tabla 3]

Ejemplo	Polvo de aluminio		Frita de vidrio	Contenido total de Fe y Ti en composición de pasta [% en masa]	Contenido de Fe en composición de pasta [% en masa]	Contenido de Ti en composición de pasta [% en masa]	Cantidad de aplicación	Grosor de oblea [µm]	Curvatura	Eficiencia de conversión [%]
	A [% en masa]	B [% en masa]								
Ejemplo 1	72	4	No añadida	0,011	0,01	0,001	Pequeña	180	o	15,4
Ejemplo 2	70	4	a	0,011	0,01	0,001	Pequeña	180	o	15,6
Ejemplo 3	70	4	b	0,011	0,01	0,001	Pequeña	180	o	15,5
Ejemplo 4	70	4	c	0,011	0,01	0,001	Pequeña	180	o	15,5
Ejemplo 5	48	28	No añadida	0,063	0,06	0,003	Pequeña	180	o	15,1
Ejemplo 6	46	28	c	0,063	0,06	0,003	Pequeña	180	o	15,2
Ejemplo 7	70	4	c	0,011	0,01	0,001	Grande	250	o	15,9
Ejemplo 8	46	28	c	0,063	0,06	0,003	Grande	250	o	15,6
Ejemplo 9	60	14	c	0,032	0,03	0,002	Pequeña	180	o	15,4
Ejemplo de compar. 1	38	38	No añadida	0,084	0,08	0,004	Pequeña	180	o	14,7
Ejemplo de compar. 2	36	38	c	0,084	0,08	0,004	Pequeña	180	o	14,9
Ejemplo de compar. 3	24	50	c	0,095	0,09	0,005	Pequeña	180	o	14,3
Ejemplo de compar. 4	0	74	c	0,158	0,15	0,008	Pequeña	180	o	13,9
Ejemplo de compar. 5	36	38	c	0,084	0,08	0,004	Grande	250	o	15,2
Ejemplo de compar. 6	36	38	c	0,084	0,08	0,004	Grande	180	x	15,0

Se observa a partir del resultado mostrado en la tabla 3 que excepto para el ejemplo de comparación 6 en el que el valor de la curvatura era mayor que o igual a 1,0 mm (rechazable), el valor de cada una de las curvaturas de todas las demás muestras de prueba era menor que o igual a 1,0 mm (nivel aceptable).

- 10 Además, se entiende a partir del resultado mostrado en la tabla 3 que usando cada una de las composiciones de pasta (ejemplos 1 a 9) de la presente invención, en un caso en el que se usó el sustrato semiconductor de silicio relativamente grueso (que tiene un grosor de 250 µm) que se había usado de manera convencional, se hizo posible potenciar adicionalmente la eficiencia de conversión del elemento de célula solar, y en un caso en el que se usó el sustrato semiconductor de silicio relativamente delgado (que tiene un grosor de 180 µm), se hizo posible no sólo
- 15 suprimir la deformación del sustrato sino también lograr la eficiencia de conversión del elemento de célula solar, que era equivalente a o mayor que la del elemento de célula solar convencional, disminuyendo la cantidad de aplicación de la composición de pasta.

- La realización y los ejemplos descritos han de considerarse en todos los aspectos únicamente como ilustrativos y no restrictivos. Se pretende que el alcance de la invención esté indicado, por tanto, por las reivindicaciones adjuntas más que por la anterior descripción de la realización y los ejemplos y que todas las modificaciones y variaciones que se encuentren dentro del significado y rango de equivalencia de las reivindicaciones adjuntas estén abarcadas dentro de su alcance.
- 20

Aplicabilidad industrial

Según la presente invención, incluso cuando se usa una composición de pasta cuyo contenido total de hierro y titanio contenidos en la misma como elementos de impurezas inevitables se limita para que sea menor que o igual al 0,07% en masa en el caso o bien en el que se forma una capa de electrodo de superficie trasera gruesa en un sustrato semiconductor de silicio relativamente grueso o bien en el que se forma una capa de electrodo de superficie trasera delgada en un sustrato semiconductor de silicio relativamente delgado, puede lograrse suficientemente al menos un efecto BSF equivalente a o mayor que el efecto BSF logrado de manera convencional; y cuando se usa la composición de pasta mencionada anteriormente en el caso en el que se forma la capa de electrodo de superficie trasera delgada en el sustrato semiconductor de silicio relativamente delgado, no sólo puede lograrse un efecto BSF equivalente a o mayor que el efecto BSF logrado de manera convencional sino que también puede suprimirse la deformación del sustrato semiconductor de silicio tras cocerse.

REIVINDICACIONES

1. Composición de pasta usada para formar un electrodo (8) en una superficie trasera de un sustrato semiconductor de silicio (1) que constituye una célula solar de silicio cristalino, comprendiendo la composición de pasta polvo de aluminio como polvo eléctricamente conductor,
5 caracterizada por que
el contenido total de hierro y titanio contenidos en la composición de pasta como elementos de impurezas inevitables es menor que o igual al 0,07% en masa, y
en la que se usan en combinación polvo de aluminio cuyo contenido total de hierro y titanio es mayor que o igual al 0,09% en masa y polvo de aluminio de alta pureza cuyo contenido total de hierro y titanio es menor
10 que o igual al 0,09% en masa.
2. Composición de pasta según la reivindicación 1, en la que el contenido de hierro es menor que o igual al 0,07% en masa.
3. Composición de pasta según la reivindicación 1, que comprende además un vehículo orgánico.
4. Composición de pasta según la reivindicación 3, en la que el contenido del vehículo orgánico es mayor que
15 o igual al 18% en masa y menor que o igual al 38% en masa.
5. Composición de pasta según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en la que el contenido de polvo de aluminio es mayor que o igual al 58% en masa y menor que o igual al 78% en masa.
6. Composición de pasta según una cualquiera de las reivindicaciones 5, en la que el tamaño de partícula promedio del polvo de aluminio está en el intervalo de 1 a 20 μm .
- 20 7. Composición de pasta según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en la que se usan en combinación polvo de aluminio cuyo contenido total de hierro y titanio es del 0,005% en masa y polvo de aluminio de alta pureza cuyo contenido total de hierro y titanio es del 0,2% en masa.
8. Composición de pasta según la reivindicación 1, que comprende además una frita de vidrio.
9. Composición de pasta según la reivindicación 8, en la que el contenido de la frita de vidrio es menor que o
25 igual al 8% en masa.
10. Composición de pasta según la reivindicación 8 ó 9, en la que un tamaño de partícula promedio de la frita de vidrio está en el intervalo de 1 a 4 μm .
11. Elemento de célula solar que comprende un electrodo (8) formado mediante la aplicación de una
30 composición de pasta según la reivindicación 1 sobre una superficie trasera de un sustrato semiconductor de silicio (1) y después de eso, la cocción de un producto resultante.

FIG.1

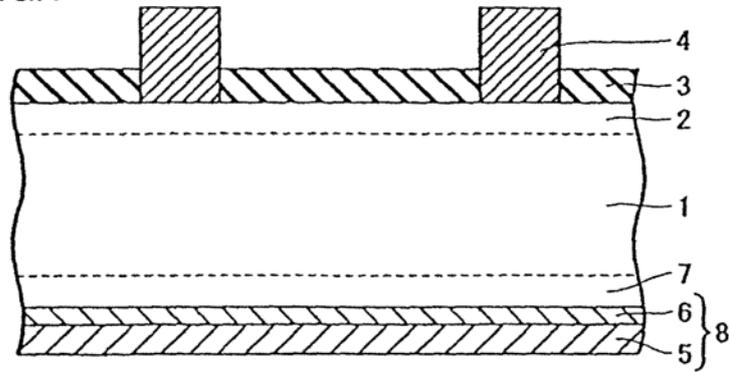


FIG.2

