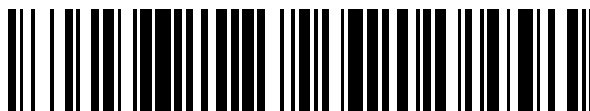


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 375 542**

51 Int. Cl.:
H01B 1/22 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 96 Número de solicitud europea: **09715172 .4**
96 Fecha de presentación: **25.02.2009**
97 Número de publicación de la solicitud: **2269195**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **05.01.2011**

54 Título: **PASTA CONDUCTORA Y ELECTRODO DE REJILLA PARA CÉLULAS SOLARES DE SILICIO.**

30 Prioridad:
26.02.2008 US 72543

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
01.03.2012

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
01.03.2012

73 Titular/es:
**E. I. du Pont de Nemours and Company
1007 Market Street
Wilmington, DE 19898, US**

72 Inventor/es:
AKIMOTO, Hideki

74 Agente: **de Elzaburu Márquez, Alberto**

ES 2 375 542 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

Pasta conductora y electrodo de rejilla para células solares de silicio

Campo de la invención

5 La presente invención de refiere a una pasta conductora para una celda solar, y más concretamente, a una pasta eléctricamente conductora usada para formar electrodos de rejilla para celdas solares de Si.

Fundamento técnico

Se usa ampliamente pasta de plata en la pasta para electrodos usados en las celdas solares de silicio, ya que se requieren que las pastas para electrodos de las celdas solares tengan baja resistencia eléctrica para facilitar una eficacia mejorada.

10 En el caso de las celdas solares de silicio en las que los electrodos están formados sobre ambos lados, la pasta del lado que recibe la luz contiene, como componentes básicos, partículas eléctricamente conductoras en forma de Ag, aglomerante, frita de vidrio y un disolvente (véase, por ejemplo, la Solicitud de Patente Japonesa, abierta a inspección pública, N° 2006-295197). La plata se usa generalmente como el polvo metálico para los electrodos de rejilla en las celdas solares. En la Solicitud de Patente Japonesa, abierta a inspección pública, N° 2006-295197, los ejemplos de partículas eléctricamente conductoras incluyen partículas metálicas seleccionadas del grupo consistente en Cu, 15 Au, Ag, Pd, Pt, aleaciones de Cu, Au, Ag, Pd y Pt, y sus mezclas.

Los documentos EP1713093 y EP1713094 describen una pasta conductora de la electricidad para celdas solares que comprende un metal conductor de la electricidad que puede ser plata. Sin embargo, se pueden usar otros metales tales como Cu, Au, Ag, Pt, y Pd. Además, también se consideran útiles aleaciones y mezclas de los metales 20 precedentes. Por ejemplo, se puede usar Cu, Au, Ag-Pd, Pt-Au.

El documento US 2003/227008 describe una pasta conductora de la electricidad con un polvo metálico que se selecciona del grupo consistente en plata, plata y paladio y una aleación de plata-paladio. Se puede usar un polvo de una aleación de plata y un metal distinto del paladio, o una mezcla de polvo de plata y un polvo metálico distinto del polvo de paladio.

25 El documento EP 1009201 describe una pasta conductora preparada mezclando y dispersando polvos de aleación de plata-paladio, un aglomerante compuesto por un material de resina orgánica, un disolvente y, opcionalmente, otro aditivo.

El documento US 5645767 describe una pasta conductora que comprende una frita de vidrio con un aglomerante y un metal con un contenido de plata en el polvo de aleación de Ag-Pd de aproximadamente el 80% en peso.

30 Un método típico para producir electrodos de celdas solares es a) imprimir una pasta para celdas solares en ciertos lugares de un sustrato, y b) cocer la pasta de la celda solar en un horno de cocción. Cuando se usa un procedimiento de serigrafía, los electrodos para celdas solares en los que el sustrato es silicio cristalino se cuecen, con frecuencia, a temperaturas pico de 750 a 800°C, usando un horno de IR del tipo de cinta.

35 Será deseable, en el interés de mejorar la eficacia de la producción de las celdas solares, cocer varias celdas solares al mismo tiempo, en un horno de cocción a gran escala. Sin embargo, en los hornos de cocción puede tener lugar un cierto grado de variación de la temperatura, que pueden afectar negativamente a la eficacia de la conversión de las celdas solares. Cuando se usa pasta para electrodos de sustratos cerámicos, el grado de variación de la temperatura de cocción afecta solo ligeramente a la resistencia de línea. En las celdas solares, sin embargo, la variación es un elemento directamente relacionado con la eficacia de la conversión, que es un factor clave relacionado con la calidad de las celdas solares, e incluso una pequeña reducción será bien venida. 40

Cuando se usa una pasta para electrodos actualmente disponible, hay aproximadamente 30°C de variación en las condiciones de cocción que se consideran adecuadas en términos de eficacia de la conversión. Fuera de este intervalo de temperatura, la eficacia de la conversión disminuye rápidamente. Una razón de que la eficacia de la conversión de las celdas solares sea dependiente del intervalo de la temperatura de cocción es que se produce una buena conexión eléctrica entre los electrodos y el sustrato de la celda solar dentro de un intervalo concreto de temperaturas y no se obtiene esta buena conexión cuando la cocción tiene lugar fuera del intervalo de temperatura de cocción adecuado. Cuando se usan hornos de cocción a gran escala, que requieren un estrecho intervalo de temperatura, se producen rendimientos más bajos. Será deseable un intervalo adecuado más amplio para las temperaturas de cocción tanto para disposiciones de cocción a gran escala como donde se usen hornos de cocción a pequeña escala. 45

Sumario de la invención

50 La presente invención amplía el intervalo de la temperatura de cocción para los electrodos de rejilla en celdas solares de silicio cristalino. En la presente invención, además del uso de la plata, se añaden metales específicos como

metales conductores. Estos metales específicos se pueden usar en forma de partículas metálicas, partículas de aleación, o como revestimiento para chapado o similares.

5 En la presente invención, la adición de metales específicos hace posible que se amplíen los intervalos de la temperatura de cocción, dentro de los cuales se puede obtener una buena conexión eléctrica entre los electrodos y el sustrato de las celdas solares. Se pueden obtener así, celdas solares con alta eficacia de conversión dentro de un intervalo de temperaturas de cocción más al límite de lo que era posible en el pasado.

10 Específicamente, la presente invención es una pasta conductora para electrodos de rejilla en celdas solares, que comprende un componente conductor, frita de vidrio, y un aglomerante de resina, en la que el componente conductor se selecciona del grupo consistente en (i) partículas de plata y partículas metálicas seleccionadas del grupo consistente en Pd, Ir, Pt, Ru, Ti y Co, (ii) partículas de aleación que comprenden plata y un metal seleccionado del grupo consistente en Pd, Ir, Pt, Ru, Ti y Co, y (iii) partículas de plata y partículas de tipo núcleo-envuelta en la que un metal seleccionado del grupo consistente en Pd, Ir, Pt, Ru, Ti, y Co, se aplica sobre la superficie de plata o de cobre.

La presente invención se refiere también a un método para producir electrodos de celdas solares que usan la anterior pasta, y a electrodos de celdas solares formados usando la pasta.

15 La pasta de la invención se puede usar en un amplio intervalo de temperaturas y es adecuada para la producción en masa en hornos de cocción a gran escala.

Breve descripción de los dibujos

La Figura 1 ilustra la estructura en corte transversal de elementos de la celda solar en la invención;

20 la Figura 2 ilustra un ejemplo de la configuración de la capa del electrodo que refiere la invención, donde la Figura 2(a) es el lado (superficie) que recibe la luz, y la Figura 2(b) es el lado que no recibe la luz (reverso); y

la Figura 3 ilustra esquemáticamente la configuración de un electrodo de Al, 7, en el reverso y un electrodo de rejilla, 8, sobre la superficie preparada en un ejemplo.

Descripción detallada de la invención

25 La presente invención es una pasta conductora para electrodos de rejilla en celdas solares, que comprende (A) un componente conductor, (B) frita de vidrio, y (C) un aglomerante de resina, según se describe a continuación.

(A) Componente conductor

En la presente invención, se puede usar lo siguiente como el componente conductor: (i) una mezcla de partículas de plata y partículas de un metal específico, (ii) partículas de aleación de plata y un metal específico, o (iii) partículas metálicas revestidas superficialmente con plata y un metal específico.

30 La forma que se deberá usar se determinará en función de su conductividad, disponibilidad, estabilidad, coste, y similares. La plata es un metal con una resistencia eléctrica inferior entre los metales, y la cantidad absoluta de polvo metálico añadido es preferiblemente inferior debido a la inferior resistencia del conductor. Se puede esperar que la adición de polvos de la aleación o de polvos de revestimiento, a la pasta, de cómo resultado una inferior resistencia y un mejor contacto eléctrico.

35 A continuación se describe una realización del uso combinado de partículas de plata y de partículas de un metal específico.

40 Se usan partículas de plata (Ag) como metal eléctricamente conductor. La partícula de plata puede estar en forma de escamas, esferas, o puede ser amorfa. Aunque no hay limitaciones concretas sobre el diámetro de partícula de las partículas de plata, desde el punto de vista de los efectos técnicos en el caso ser usadas como pasta corriente eléctricamente conductora, el diámetro de partícula tiene un efecto sobre las características de cocción de la plata (por ejemplo, las partículas de plata que tienen un gran diámetro de partícula se cuecen a una velocidad inferior a las partículas de plata que tienen un diámetro de partícula pequeño). Por eso, aunque el diámetro de partícula (d50) está, preferiblemente, dentro del intervalo de 0,1 a 10,0 μm , el diámetro de partícula de la partícula de plata realmente usada se determina según el perfil de cocción. Además, es necesario que la partícula de plata tenga un diámetro de partícula adecuado para los métodos que aplica una pasta eléctricamente conductora (por ejemplo, serigrafía).
45 En la presente invención, se pueden usar, como una mezcla, dos o más tipos de partículas de plata que tengan diferentes diámetros de partícula.

Preferiblemente, la plata tiene una alta pureza (superior al 99%). Sin embargo, se pueden usar sustancias de pureza más baja dependiendo de los requisitos eléctricos del diseño del electrodo.

Aunque no hay limitaciones concretas sobre el contenido de plata, con tal que sea una cantidad que permita que se consiga el objeto de la presente invención, en el caso de partículas de plata, el contenido de plata es, preferiblemente, del 40 al 90% en peso, basado en el peso de la pasta.

5 Los metales adicionales que se van a añadir se seleccionan del grupo consistente en Pd (paladio), Ir (iridio), Pt (platino), Ru (rutenio), Ti (titanio) y Co (cobalto). Se pueden usar en combinación dos o más de estos metales. Preferiblemente, se usa Pd en términos de la alta eficacia requerida en la celda solar.

10 La adición de partículas de los anteriores metales específicos permitirá que los intervalos de la temperatura de cocción se amplíen. Es decir, se pueden obtener celdas solares que tengan una alta eficacia de conversión a pesar de que haya alguna variación de la temperatura en los hornos de cocción. Se pueden obtener también celdas solares que tengan una alta eficacia de conversión a pesar de la desviación de la temperatura de la temperatura de cocción, puesta como objetivo, como resultado del control imperfecto del horno de cocción. Dado el progreso constante en la producción en masa de celdas solares, unos efectos tales como los anteriores se pueden considerar extremadamente significativos en el procedimiento real de fabricación.

15 Cuando se añade un metal, como por ejemplo el paladio, se espera que reaccione el metal añadido y el silicio presente en el sustrato, formando una capa de aleación, denominada siliciuro, en la interfase entre el electrodo y el sustrato de silicio. Esta capa de aleación puede tener un efecto en la disminución de la resistencia al contacto.

20 Además, a temperaturas de cocción que dan como resultado el intercambio de conversión más grande, la aleación del Al (material del electrodo en el lado del reverso) y el Si (material del sustrato) tienden a dar como resultado protuberancias en forma de gránulos sobre el lado del reverso de las celdas solares. Era convencionalmente necesario cocer materiales a temperaturas más bajas, que es menos probable que den como resultado protuberancias en forma de gránulos, con el fin de controlar la formación de estos gránulos. Este problema puede superarse en la presente invención.

25 La cantidad de metal específico está, preferiblemente, en el intervalo de 0,01 al 10% en peso y cualquier intervalo contenido en él, y más preferiblemente de 0,05 a 5% en peso, basado en el peso de la pasta. Si la cantidad de metal específico es excesivamente baja, la ventaja de la presente invención se hace pequeña. Además, si la cantidad de metal específico es excesivamente alta, la resistencia del conductor aumenta, la capacidad de cocción disminuye y los costes aumentan. Sin embargo, los metales específicos que se van a añadir son baratos, y se pueden añadir grandes cantidades si la resistencia del cableado conductor es suficientemente baja.

El diámetro medio de partícula (PSD D50) de las partículas del metal específico es, preferiblemente, de 0,1 a 20 μm .

30 La plata se puede alea con partículas del metal específico según se describe a continuación.

Un metal específico se selecciona del grupo consistente en Pd (paladio), Ir (iridio), Pt (platino), Ru (rutenio), Ti (titanio) y Co (cobalto). Se pueden usar, en combinación, dos o más metales. Preferiblemente, se usa Pd en términos de alta eficacia de la celda solar obtenida.

35 Las proporciones de la aleación no están particularmente limitadas en la aleación. Las cantidades de los diferentes metales en la aleación están determinadas por un número de factores. Por ejemplo, la plata y el paladio tienden a estar aleados sin importar cuál es la proporción en la que se mezclan. Ya que el paladio es más caro que la plata, es preferible un contenido más bajo de paladio desde el punto de vista del coste. Se puede usar una aleación Ag:Pd con un % en peso de Pd preferiblemente entre el 1 y el 30%, más preferiblemente entre el 5 y el 20%.

40 Las aleaciones de la presente invención se pueden producir mediante métodos conocidos en la técnica. También se pueden usar aleaciones que se pueden conseguir comercialmente.

Se prefiere que el contenido de la aleación sea del 0,01 a 20% en peso, preferiblemente del 0,05 a 10% en peso, basado en la cantidad total del peso de la pasta. Si la cantidad de metal específico es excesivamente baja, la ventaja de la presente invención se hace pequeña. Además, si la cantidad de metal específico es excesivamente alta, la resistencia del conductor aumenta, la capacidad de cocción disminuye y los costes aumentan.

45 El diámetro medio de partícula (PSD D50) de la aleación es, preferiblemente, de 0,1 a 20 μm .

50 La difracción de rayos-X hará posible determinar si un polvo conductor es una aleación o una mezcla de más dos o metales. Por ejemplo, en el caso de Ag/Pd, cuando la Ag y el Pd no están aleados, se observa cada uno de los picos, el pico característico de la Ag y el pico característico del Pd. Cuando están aleados, por otro lado, se observa un pico de la aleación entre donde estaría el pico de la Ag y donde estaría el pico del Pd, dependiendo de la proporción de Ag y de Pd.

En una realización, se usan partículas del tipo núcleo-envuelta además de partículas de plata. Las partículas de tipo núcleo-envuelta son partículas en las que un metal específico, seleccionado del grupo consistente en Pd, Ir, Pt, Ru, Ti, y Co, se aplica sobre la superficie de la plata o del cobre.

La proporción de la estructura núcleo-envoltura no está limitada. En términos del efecto suficiente originado por esta realización, el metal de la superficie puede ser bajo, por ejemplo tan bajo como el 1% en volumen de polvo conductor. No tiene límite superior, pero se prefiere que se mantenga al mínimo para reducir el coste del material originado por el metal de la superficie.

- 5 El polvo conductor de la presente invención se puede elaborar mediante un método convencional para materiales del tipo núcleo-envoltura.

Se puede usar polvo que se puede conseguir comercialmente.

La forma del polvo conductor está particularmente limitado, y puede estar en forma de partículas esféricas o en escamas (varillas, conos, placas).

- 10 Se prefiere que el contenido de partículas de tipo núcleo-envuelta sea del 0,01 al 20% en peso, preferiblemente del 0,05 al 10% en peso, basado en la cantidad total del peso de la pasta. Si la cantidad de las partículas de tipo núcleo-envuelta es excesivamente baja, la ventaja de la presente invención se hace pequeña. Además, si la cantidad de partículas de tipo núcleo-envuelta es excesivamente alta, la resistencia del conductor aumenta, la capacidad de cocción disminuye, y los costes aumentan. Sin embargo, se pueden añadir mayores cantidades si el metal específico es barato.

- 15 El diámetro medio de partícula (PSD D50) de la partícula de tipo núcleo-envuelta es, preferiblemente, de 0,1 a 20 µm. Aquí el diámetro medio de partícula (PSD D50) significa el diámetro de partícula que corresponde al 50% del valor integrado del número de partículas cuando se prepara la distribución de los tamaños de partículas. La distribución de los tamaños de partículas se puede preparar usando un dispositivo de medida que se puede conseguir comercialmente, como por ejemplo el X100 de Microtrac.

- 20 Como se mencionó aquí anteriormente, la presente invención se caracteriza porque se usan, juntos, tanto la plata como otros metales específicos. No se excluye la adición de una tercera partícula conductora que no está incluida en el concepto de plata ni en la lista de metales específicos. Sin embargo, el contenido de las terceras partículas conductoras es, preferiblemente, inferior al 2% en peso, basado en el peso de la pasta.

25 **(B) Frita de vidrio**

La pasta eléctricamente conductora de la presente invención contiene, preferiblemente, un aglomerante inorgánico en forma de frita de vidrio.

- 30 Ya que la composición química de la frita de vidrio no es importante en la presente invención, se puede usar cualquier frita de vidrio con tal que sea una frita de vidrio usada en las pastas eléctricamente conductoras para materiales electrónicos. Por ejemplo, se usa preferiblemente vidrio de borosilicato de plomo. El vidrio de borosilicato de plomo es un material de primera calidad en la presente invención tanto desde el punto de vista del intervalo del punto de reblandecimiento como de la adherencia del vidrio. Además, también se puede usar un vidrio exento de plomo, como por ejemplo un vidrio de silicato de bismuto exento de plomo.

- 35 Aunque no hay limitaciones concretas sobre el contenido del aglomerante inorgánico, en forma de frita de vidrio, con tal que sea una cantidad que permita que se consiga el objeto de la presente invención, el contenido es de 0,5 a 15,0% en peso y, preferiblemente, de 1,0 a 10,0% en peso, basado en el peso de la pasta. Si la cantidad del aglomerante inorgánico es inferior al 0,5% en peso, la fuerza adhesiva puede llegar a ser inadecuada. Si la cantidad de aglomerante inorgánico excede el 15,0% en peso, se pueden originar problemas en la posterior etapa de soldeo debido al vidrio flotante, etcétera. Además, el valor de la resistencia como conductor también aumenta.

40 **(C) Aglomerante de resina**

- 45 La pasta eléctricamente conductora de la presente invención contiene un aglomerante de resina. En la presente descripción, el concepto de "aglomerante de resina" incluye una mezcla de un polímero y un diluyente. Por eso, en el aglomerante de resina puede haber contenido un líquido orgánico (también referido como diluyente). En la presente invención, es preferible un aglomerante de resina que contenga un líquido orgánico, y en el caso de alta viscosidad, se puede añadir, por separado, cuando sea necesario, un líquido orgánico como un agente ajustador de la viscosidad.

- 50 En la presente invención, se puede usar cualquier aglomerante de resina. Los ejemplos de estos aglomerantes de resina incluyen una solución de aceite de pino, una solución en monoacetato de etilenglicol-monobutil-éter, o una solución en etilcelulosa y terpineol, de una resina (como por ejemplo un polimetacrilato) o etilcelulosa. En la presente invención, se usa preferiblemente una solución en terpineol de etilcelulosa (contenido de etilcelulosa; 5 a 50% en peso) como aglomerante. Además, en la presente invención, se puede usar un disolvente que no contenga un polímero, como por ejemplo agua o un líquido orgánico, como agente ajustador de la viscosidad. Ejemplos de líquidos que se pueden usar incluyen alcoholes, ésteres de alcoholes (como por ejemplo acetatos o propionatos), y terpenos (como por ejemplo aceite de pino o terpineol).

El contenido de aglomerante de resina es, preferiblemente, del 10 al 50% en peso, basado en el peso de la pasta.

(D) Aditivos

5 A la pasta eléctricamente conductora de la presente invención se le puede añadir, o no, un espesante y/o un estabilizante y/o otros aditivos típicos. Los ejemplos de otros aditivos típicos que se pueden añadir incluyen agentes dispersantes y agentes ajustadores de la viscosidad. La cantidad de aditivo se determina dependiendo de las características de la pasta eléctricamente conductora finalmente requerida. La cantidad de aditivo se puede determinar adecuadamente por una persona experta en la técnica. Además, también se puede añadir una pluralidad de tipos de aditivos.

10 Como se explica a continuación, la pasta eléctricamente conductora de la presente invención tiene una viscosidad que está dentro de un intervalo predeterminado. Se puede añadir un agente ajustador de la viscosidad según sea necesario para impartir una viscosidad adecuada a la pasta eléctricamente conductora. Aunque la cantidad de agente ajustador de la viscosidad añadida cambia, dependiendo de la viscosidad de la pasta eléctricamente conductora final, se puede determinar adecuadamente por parte de una persona con una experiencia normal en la técnica.

15 La pasta eléctricamente conductora de la presente invención se puede producir, según se desee, mezclando cada uno de los componentes anteriormente mencionados, en un molino de mezcla de rodillos o en un mezclador giratorio, y similares. La viscosidad de la pasta eléctricamente conductora de la presente invención es, preferiblemente, de 50 a 350 Pa·s, en el caso de usar un husillo del N° 14 con un viscosímetro Brookfield HBT y medir, usando un vaso de uso general, a 10 rpm y 25°C.

(E) Disolvente

20 Los ejemplos de disolventes orgánicos que se pueden usar incluyen alcoholes tales como el terpineol (α -terpineol, β -terpineol, etc.), y ésteres tales como ésteres que contienen el grupo hidroxilo (monoisobutirato de 2,2,4-trimetil-1,3-pentanodiol, acetato de butil-carbitol, etc.).

(F) Procedimiento de fabricación de la celda solar

La fabricación de los elementos de la celda solar de la invención se describe a continuación.

25 La Figura 1 ilustra la estructura en corte transversal de los elementos de la celda solar en la invención. La Figura 2 ilustra también un ejemplo de la configuración de la capa del electrodo al que se refiere la invención, donde la Figura 2(a) es el lado (superficie) que recibe la luz, y la Figura 2(b) es el lado que no recibe la luz (reverso).

30 El sustrato semiconductor 1 está compuesto de silicio monocristalino o policristalino, o similares. El sustrato 1 de silicio contiene dopantes tipo p, como por ejemplo el boro (B), con una resistencia de, por ejemplo, aproximadamente 0,2 a 2,0 Ω -cm. Los sustratos de silicio monocristalino se forman mediante el método Czochralski o similares, y los sustratos de silicio policristalino se forman por colada o similares. Los lingotes formados por el método Czochralski, o por colada, se cortan a un tamaño de aproximadamente 10 cm \times 10 cm a 20 cm \times 20 cm, y se hacen láminas de un espesor de no más de 500 μ m, y preferiblemente no más de 250 μ m, dando el sustrato semiconductor 1.

35 Para limpiar la superficie del semiconductor 1, hecho láminas, se somete la superficie a un ataque químico con cantidades traza de NaOH o de KOH, o ácido fluorhídrico, o similares.

Luego se forma, preferiblemente, una estructura texturizada (superficie rugosa) que tiene la función de disminuir la reflectancia óptica usando un ataque químico en seco, un ataque químico en mojado, o similares, sobre la superficie del sustrato semiconductor que servirá como lado de la luz incidente (lado que recibe la luz).

40 Luego se forma una capa 2 de difusión de tipo n. Se usa preferiblemente fósforo (P) como elemento dopante para producir el tipo n, que da un tipo n+ con una resistencia de lámina, por ejemplo, de aproximadamente 30 a 300 Ω/\square . Esto da como resultado la formación de una unión pn con un área bruta de tipo p.

45 La capa 2 de difusión se puede formar sobre el lado del sustrato semiconductor que recibe la luz, o similares, y se puede formar, por ejemplo, mediante un método de aplicación y difusión térmica, en el que se aplica P_2O_5 en forma de una pasta y se difunde térmicamente, un método de difusión térmica en fase gaseosa en el que se usa POC13 (oxiclورو de fósforo) en forma de gas como la fuente de la difusión, un método de implantación de iones en el que se difunden directamente iones p+, o similares. La capa 2 de difusión se forma a una profundidad de aproximadamente 0,2 a 0,5 μ m.

50 Además, las áreas de difusión formadas en lugares donde no se espera que haya difusión se pueden eliminar posteriormente mediante ataque químico. Se pueden quitar partes de la capa 2 de difusión distintas a las del lado del sustrato semiconductor 1 que recibe la luz, aplicando una película protectora sobre el lado del sustrato semiconductor 1 que recibe la luz, atacando químicamente la capa con ácido fluorhídrico o una mezcla de ácido fluorhídrico y ácido nítrico, y retirando luego la película protectora. Además, cuando se forma un área 4 del BSF (campo superficial posterior; del inglés back surface field) con pasta de aluminio sobre el lado del reverso (el lado que no es el que

recibe la luz) como se describe a continuación, el aluminio, que es un agente dopante de tipo p, se puede difundir a una profundidad adecuada en una concentración adecuada, haciendo así despreciables los efectos de las capas superficiales de difusión tipo n que ya se han difundido y que evitan cualquier necesidad de quitar las capas de difusión de tipo n formada sobre el lado del reverso.

5 Luego se forma una capa 3 anti-reflexión. Se puede usar como material de la capa 3 anti-reflexión una película de SiN_x (hay alguna tolerancia en la relación (x) de la composición, basada en la estequiometría del Si_3N_4), una película de TiO_2 , una película de SiO_2 , una película de MgO , una película de ITO , una película de SnO_2 , una película de ZnO , y similares. El espesor se puede seleccionar según el material del semiconductor, para provocar unas condiciones adecuadas no reflectantes en relación a la luz incidente. Un sustrato semiconductor 1, que es un sustrato de silicio, puede ser de 500 a 1200 Å, con un índice de reflexión de aproximadamente 1,8 a 2,3.

10 La capa 3 anti-reflexión se puede producir mediante PECVD, deposición, pulverización catódica, o similares. La capa anti-reflexión está diseñada con un diseño predeterminado para formar un electrodo superficial 5 cuando se forma un electrodo no superficial 4 mediante el método por cocción descrito más adelante. Ejemplos de métodos de diseño que se pueden usar incluyen el ataque químico (en seco o en mojado) usando una máscara como un protector, y métodos en los que se preconforma una máscara a la vez que se forma la película 3 anti-reflexión y se quita después de que la película 3 anti-reflexión se haya formado. Por otro lado, no se necesita un diseño cuando se usa un método que es denominado de cocción, en el que una pasta conductora para el electrodo superficial 5 se aplica y se cuece sobre la película 3 anti-reflexión para proporcionar contacto eléctrico entre el electrodo superficial 4 y la capa 2 de difusión (Figura 2A).

20 La capa 4 del BSF se forma preferiblemente luego. Aquí, la capa 4 del BSF se refiere a un área que comprende un dopante de tipo p difundido en alta concentración sobre el lado del reverso del sustrato semiconductor 1, y tiene la función de evitar que disminuya en eficacia, originada por la recombinación del soporte. Se puede usar B (boro) y Al (aluminio) como elementos de impurezas, y la concentración de los elementos de impuras se puede aumentar a una alta concentración para producir el tipo p+, permitiendo con ello el contacto óhmico que se va a obtener con el electrodo 6 del lado del reverso descrito más adelante.

25 Luego se forma el electrodo superficial 5 y el electrodo 6 del lado del reverso sobre la superficie y el reverso del sustrato semiconductor 1. Los electrodos se forman aplicando la pasta conductora para elementos de celdas solares de la invención haciendo uso de un método de aplicación común sobre la superficie del sustrato semiconductor 1 y cocinando la pasta durante docenas de segundos a docenas de minutos a una temperatura pico de 700 a 850°C para formar los electrodos. La pasta conductora se basa también, preferiblemente, en la plata que tiene baja resistencia.

30 La presente invención es particularmente significativa cuando la pasta del electrodo se cuece en un horno de cocción a gran escala. Cuando se usa la pasta de la invención, habrá menos disminución del rendimiento durante la producción, a pesar de la variación de la temperatura en los hornos de cocción a gran escala. Específicamente, la presente invención es eficaz en hornos de cocción con una anchura de la cinta transportadora de al menos 20 cm, y más eficaz en hornos de cocción con una anchura de la cinta transportadora de al menos 30 cm. Para mejorar la productividad en el procedimiento de cocción, se dispone a veces de varias hileras de celdas orientadas en la dirección en la que se transporta la cinta y se cuecen. En tales casos, la anchura necesaria de la cinta es más ancha que para una hilera, mientras que también da como resultado una mayor variación de temperatura en el horno de cocción. La pasta de la presente invención es particularmente eficaz para procedimientos de cocción con tan sustancial variación de temperatura.

Ejemplos

1) Se añadieron 10 partes de resina de etilcelulosa a 90 partes de terpineol, se agitó la mezcla y se disolvió durante aproximadamente 2 horas mientras se calentaba a 80°C, y luego se dejó reposar la solución hasta que volvió a temperatura ambiente, dando una solución aglomerante.

45 2) Se mezclaron 50 partes de polvo de Pd con 50 partes de la solución de resina de etilcelulosa de 1), y la mezcla se amasó con 3 rodillos, dando una pasta de Pd.

3-1) Se añadieron 3 partes de la pasta de Pd de 2) a 100 partes de pasta para celdas solares PV145 (pasta de Ag) de DuPont, y la mezcla se agitó hasta homogeneidad en un agitador desespumante, dando una pasta A.

50 3-2) Se añadieron 50 partes de PV145 a 50 partes de la pasta A, y la mezcla se agitó hasta homogeneidad en un agitador desespumante, dando la pasta B.

3-3) Se añadieron 50 partes de PV145 a 50 partes de la pasta B, y la mezcla se agitó hasta homogeneidad en un agitador desespumante, dando la pasta C.

3-4) Se añadieron 50 partes de PV145 a 50 partes de la pasta C, y la mezcla se agitó hasta homogeneidad en un agitador desespumante, dando la pasta D.

55

Tabla 1

	Pasta A	Pasta B	Pasta C	Pasta D	Pasta E
PV145 (pasta de Ag)	100	100	100	100	100
Cantidad de Pd añadido	1,5	0,75	0,375	0,1875	0
Solución aglomerante	1,5	0,75	0,375	0,1875	0

La pasta para electrodos resultante se usó para producir una celda solar de la siguiente manera, y luego se evaluó la eficacia de la conversión. Los resultados se dan en la Tabla 2.

Preparación de la muestra

5 Se preparó una película anti-reflexión y una oblea de Si monocristalino texturizado de 9,7 centímetros cuadrados, para una celda solar. Se aplicó mediante serigrafía PV381 de DuPont sobre el lado del reverso de la oblea de Si y se secó en un horno a 150°C/5 minutos, formando un electrodo de Al sobre el lado del reverso.

10 Se aplicaron las pastas de los ejemplos y de los ejemplos comparativos mediante serigrafía en el lado de las obleas que recibe la luz y se secaron a 150°C/5 minutos, en hornos para formar electrodos de rejilla sobre la superficie. La configuración del electrodo de Al del lado del reverso y el electrodo superficial de rejilla se dan en la Figura 3 como referencia.

Condiciones de cocción

Para la cocción se usaron hornos de cinta calentados por IR, bajo las siguientes condiciones.

Determinaciones de las temperaturas máximas: 770°C, 750°C, 740°C, 730°C

15 Velocidad de la cinta: 270 cm/minuto Condiciones para medir la eficacia de la conversión

Comprobador IV: NTC-M-150A, de NPC

Condiciones: AM 1,5, temperatura: 25°C, intensidad de la radiación: 1000 W/m²

Tabla 2

	Ejemplo 1	Ejemplo 2	Ejemplo 3	Ejemplo 4	Ejemplo comparativo 1
Pasta	Pasta A	Pasta B	Pasta C	Pasta D	Pasta E
Cantidad de Pd añadido	1,5	0,75	0,375	0,1875	0
770°C	15,1	15,1	15,0	15,0	15,2
750°C	14,7	14,7	14,4	14,8	14,9
740°C	14,2	14,2	13,6	13,8	12,9
730°C	11,9	11,6	11,7	10,2	10,8

20 Las tablas muestran que la pasta de la invención dio una mejor eficacia de la conversión en un amplio intervalo de las condiciones de la temperatura de cocción. Es decir, se pueden obtener celdas solares con alta eficacia de conversión a pesar de que haya alguna variación de temperatura en el horno de cocción. También se obtienen celdas solares que tienen una alta eficacia de conversión a pesar de la desviación de la temperatura de cocción que se pretende, como resultado del control imperfecto del horno de cocción.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Una pasta conductora para electrodos de rejilla de celdas solares, pasta conductora que comprende un componente conductor, frita de vidrio, y aglomerante de resina, en la que el componente conductor se selecciona del grupo consistente en: (i) partículas de plata y partículas metálicas seleccionadas del grupo consisten en Pd, Ir, Pt, Ru, Ti, y Co; (ii) partículas de aleación que comprenden plata y metal seleccionado del grupo consistente en Pd, Ir, Pt, Ru, Ti, y Co, y (iii) partículas de plata y partículas del tipo núcleo-envuelta en las que aplica un metal específico seleccionado del grupo seleccionado de Pd, Ir, Pt, Ru, Ti, y Co, sobre una superficie de plata o de cobre, y en las que el contenido de partículas metálicas es de 0,01 a 10% en peso, basado en la cantidad total de la pasta.
- 10 2. Una pasta conductora para electrodos de rejilla de celdas solares, según la reivindicación 1, en la que el componente conductor son partículas de plata y las partículas metálicas se seleccionan del grupo consistente en Pd, Ir, Pt, Ru, Ti, y Co.
3. Una pasta conductora para electrodos de rejilla de celdas solares, según la reivindicación 2, en la que las partículas metálicas son partículas de paladio.
- 15 4. Una pasta conductora para electrodos de rejilla de celdas solares, según la reivindicación 1, en la que el componente conductor contiene partículas de aleación que comprende plata y metal seleccionado del grupo consistente en Pd, Ir, Pt, Ru, Ti, y Co.
5. Una pasta conductora para electrodos de rejilla de celdas solares, según la reivindicación 4, en la que las partículas de aleación son partículas de Ag-Pd.
- 20 6. Una pasta conductora para electrodos de rejilla de celdas solares, según la reivindicación 4, en la que el contenido de partículas de aleación es de 0,01 a 20% en peso, basado en la cantidad total de la pasta.
7. Una pasta conductora para electrodos de rejilla de celdas solares, según la reivindicación 1, en la que el componente conductor son partículas de plata y partículas de tipo núcleo-envuelta en las que se aplica un metal seleccionado del grupo consistente en Pd, Ir, Pt, Ru, Ti, y Co sobre una superficie de plata o de cobre.
- 25 8. Una pasta conductora para electrodos de rejilla de celdas solares, según la reivindicación 7, en la que las partículas de tipo núcleo-envuelta son partículas en las que se aplica paladio sobre una superficie de plata.
9. Una pasta conductora para electrodos de rejilla de celdas solares, según la reivindicación 7, en la que el contenido de las partículas de tipo núcleo-envuelta es de 0,01 a 20% en peso, basado en la cantidad total de pasta.
- 30 10. Un método para producir un electrodo de una celda solar, que comprende las etapas de: aplicar una pasta según la reivindicación 1 sobre al menos parte de la superficie de un sustrato semiconductor que recibe la luz, y cocer la pasta del electrodo.
11. Un método para producir un electrodo de una celda solar según la reivindicación 10, en el que la etapa de cocción se lleva a cabo en un horno de cocción en el que la anchura de la cinta que se mueve en el horno de cocción es de al menos 20 cm.