

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 673 329**

51 Int. Cl.:

**C23C 18/14** (2006.01)

**C23C 18/16** (2006.01)

**C23C 18/44** (2006.01)

**H01L 31/0224** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **04.06.2010 PCT/US2010/037456**

87 Fecha y número de publicación internacional: **03.03.2011 WO11025568**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **04.06.2010 E 10812449 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **04.04.2018 EP 2470692**

54 Título: **Deposición no electrolítica inducida por luz**

30 Prioridad:

**28.08.2009 US 549547**

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

**21.06.2018**

73 Titular/es:

**MACDERMID ACUMEN, INC. (100.0%)  
245 Freight Street  
Waterbury, CT 06702, US**

72 Inventor/es:

**MINSEK, DAVID**

74 Agente/Representante:

**UNGRÍA LÓPEZ, Javier**

ES 2 673 329 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**

Deposición no electrolítica inducida por luz

**5 Campo de la invención**

La presente invención se refiere en general a un método de deposición no electrolítica de contactos metálicos sobre células fotovoltaicas, incluyendo células solares de silicio.

**10 Antecedentes de la invención**

Las células solares son células o módulos fotovoltaicos que convierten la luz solar directamente en electricidad. Las células fotovoltaicas (PV) están hechas de materiales semiconductores, más frecuentemente de silicio. Cuando la luz (radiación ultravioleta, visible e infrarroja) incide sobre la célula, una parte de ella se absorbe dentro del material semiconductor, de modo que la energía de la luz absorbida se transfiere al semiconductor y se produce una corriente eléctrica. Al colocar contactos metálicos en las partes superior e inferior de la célula PV, se puede extraer la corriente para usar externamente. La corriente, junto con la tensión de la célula, define la potencia que puede producir la célula solar.

Una célula fotovoltaica semiconductora comprende una unión p-n de área grande, donde la absorción de luz da como resultado la creación de pares electrón-agujero. Los electrones y agujeros migran a lados opuestos de la unión; de manera que el exceso de carga negativa se acumula en el lado n dopado y el exceso de carga positiva se acumula en el lado p dopado. Para que la corriente sea recolectada para la generación de energía, se debe hacer contacto eléctrico de ambos lados de la unión pn a un circuito externo. Los contactos típicamente consisten en un patrón metálico en contacto óhmico con el dispositivo. El patrón de contacto ideal tendrá una alta conductividad para minimizar las pérdidas resistivas, un buen contacto eléctrico con el sustrato para recoger eficientemente la corriente y una alta adhesión para garantizar la estabilidad mecánica. El patrón metálico está diseñado para proporcionar un camino de baja resistencia para recoger la corriente generada en cualquier ubicación en la superficie de la célula y, al mismo tiempo, minimizar la cantidad de radiación incidente interceptada por el metal y, por lo tanto, perderse para fines de generación de corriente.

El silicio, especialmente en su forma cristalina, es un material habitual utilizado para producir células solares. La mayoría de las células solares están hechas de silicio cristalino, dopado con boro y fósforo para producir una unión tipo p / n. El silicio policristalino se puede usar en la fabricación de células solares para reducir los costes de fabricación, aunque las células resultantes pueden no ser tan eficientes como las células de silicio monocristalinas. También se puede usar silicio amorfo, que no tiene estructura cristalina, de nuevo en un intento por reducir los costes de producción. Otros materiales utilizados en las células solares fabricadas incluyen arseniuro de galio, diseleniuro de cobre e indio y telururo de cadmio.

Una disposición típica de una célula solar de silicio es la siguiente:

(a) un contacto posterior;

(b) un Si de tipo P;

(c) un Si de tipo N;

(d) un recubrimiento antirreflectante;

(e) una rejilla de contacto; y

(f) una cubierta de vidrio.

Debido a que el silicio es extremadamente reflectante, típicamente se aplica un recubrimiento antirreflectante en la parte superior de la célula para reducir las pérdidas por reflexión. A continuación, se aplica una placa de cubierta de vidrio sobre la capa antirreflectante para proteger la célula de los elementos.

Las células solares convencionales se pueden hacer usando obleas de silicio cristalino. La oblea de Si (+4) comienza como un tipo p con un dopante de boro (+3). Para captar mejor la luz, la oblea se puede texturizar con hidróxido o ácidos nítrico / fluorhídrico para que la luz se refleje oblicuamente en el silicio. La unión p-n se forma mediante difusión usando deposición de vapor y se aplica una capa de pasivación superficial, nuevamente en un equipo de vacío, para impartir la película de nitruro de silicio.

En un proceso estándar de fabricación de células solares de silicio, el lado frontal de la oblea de silicio está recubierto con una capa de pasivación antirreflectante, que típicamente comprende nitruro de silicio. Esta capa de nitruro de silicio tiene el doble propósito de maximizar el porcentaje de luz absorbida por la célula (no reflejada), así

como pasivar la superficie, lo que evita la recombinación de electrones en la superficie y, por lo tanto, aumenta la eficiencia de la célula.

Los contactos de la célula solar deben formarse, de modo que se efectúe un contacto metálico de área completa en la superficie posterior y un contacto metálico similar a una rejilla formado por "dedos" finos y "barras de contacto" más grandes en la superficie frontal. Una vez formados los conductores de la célula solar, varias células solares se interconectan en serie (y / o en paralelo) mediante cables planos o cintas metálicas, y se ensamblan en módulos o "paneles solares". El producto del panel solar terminado generalmente tiene una hoja de vidrio templado en la parte frontal y una encapsulación de polímero en la parte posterior para protegerlo del medio ambiente.

El silicio es el material más utilizado para la fabricación de paneles de células solares. La figura 1 muestra el lado frontal 10 que tiene barras de contacto metálicas 12 del lado frontal y líneas metálicas 14 y el lado posterior 20 que tiene barras de contacto metálicas 22 del lado posterior de una célula solar de silicio típica. La figura 2 muestra una vista en sección transversal de una célula solar de silicio típica que tiene una capa de recubrimiento antirreflectante 32, una capa de silicio dopado con n 34 y una capa de silicio dopado con p 36. El silicio puede ser silicio monocristalino o multicristalino a modo de ejemplo y sin limitaciones. Las líneas metálicas 14 en el lado frontal 10 recogen la corriente inducida por la luz. Las barras de contacto 12 del lado frontal recogen la corriente de las múltiples líneas metálicas 14 o "dedos". El lado posterior 20 de la célula tiene típicamente un conjunto de barras de contacto 22 similar al lado frontal; sin embargo, no es necesario que el lado posterior 20 permita la transmisión de luz. Las barras de contacto 12 del lado frontal y las barras de contacto 22 del lado posterior permiten la conexión de células en serie para módulos.

Se deben tener en cuenta los factores que compiten en el diseño del patrón de metal del lado frontal. El lado frontal del dispositivo debe permitir la transmisión de luz para que las huellas metálicas cubran el área más pequeña posible a fin de minimizar las pérdidas por sombra. Por otro lado, la recolección eficiente de corriente favorece la cobertura de la mayor superficie posible, ya que la resistencia de la hoja del lado frontal puede ser relativamente alta (de aproximadamente 50 a 100  $\Omega$  por cuadrado), lo que conduce a pérdidas por resistencia si la cobertura es demasiado baja.

Se pueden usar diversos métodos para formar el patrón metálico, incluida la impresión de pantalla de la pasta conductora, inyección de tinta y galvanoplastia sobre una capa de semilla. Un procedimiento de uso habitual es la impresión serigráfica de una pasta de plata que contiene una fritada de vidrio, seguida de una etapa de cocción a aproximadamente 800 °C durante la cual la pasta se quema a través del recubrimiento antirreflectante, si está presente. Si bien este método proporciona patrones conductores con un contacto eléctrico, conductividad y adhesión razonablemente buenos, el rendimiento podría mejorarse aún más mediante la deposición de metal adicional en los patrones de conducción.

En otro método usado para formar un patrón conductor del lado frontal, se deposita metal a partir de una solución de iones metálicos solubles en un patrón de líneas y barras de contacto formadas en el recubrimiento antirreflectante. Se pueden usar diversos métodos para formar el patrón, tal como fotolitografía, seguida de grabado, trazado mecánico o imágenes por láser. Tal método se describe en la publicación internacional N.º WO 2005/083799.

La deposición de un metal a partir de una solución de iones metálicos solubles se produce mediante un mecanismo electroquímico, donde tienen lugar reacciones de oxidación y reducción. Definido en términos amplios, hay tres mecanismos diferentes para depositar metal en un sustrato de la solución.

(1) El desplazamiento, también conocido como deposición galvánica, es cuando la deposición de un metal sobre un sustrato de metal menos noble se acompaña de transferencia de electrones desde el metal menos noble al más noble, lo que provoca la deposición del metal más noble y la disolución del sustrato de metal menos noble. Sin embargo, este método está limitado porque la deposición tendrá un espesor limitado, ya que la deposición se detendrá cuando el sustrato menos noble esté completamente cubierto. También se consumirá una porción del sustrato.

(2) La galvanoplastia electrolítica es donde se inducen la oxidación y la reducción por medio de una fuente externa de corriente eléctrica. Este método proporciona tasas de deposición rápidas que no están limitadas en grosor. Sin embargo, se debe hacer una conexión eléctrica al sustrato.

(3) La deposición autocatalítica, también conocida como deposición no electrolítica, es donde la reducción de los iones metálicos se logra químicamente mediante la inclusión de un agente reductor en solución, donde la deposición solo tiene lugar en superficies catalíticamente activas. Este método elimina la necesidad de una fuente de alimentación externa. Sin embargo, en la práctica, este método adolece de varios inconvenientes. En primer lugar, el proceso puede ser difícil de controlar, ya que la solución es intrínsecamente termodinámicamente inestable; se puede producir descomposición espontánea con precipitación de metal a menos que se tenga mucho cuidado para optimizar el sistema. Esto a su vez limita las velocidades de deposición que pueden ser muy lentas. En particular, en la materia se sabe que las soluciones de deposición autocatalítica de plata son altamente inestables.

Para resolver algunos de estos problemas, la técnica anterior ha sugerido varios métodos de electrodeposición en dispositivos fotovoltaicos que utilizan, por ejemplo, tensión inducida por la luz para efectuar la deposición del metal.

5 La patente de Estados Unidos n.º 4.144.139 de Durkee describe un método para depositar contactos eléctricos en la superficie de una célula solar mediante inmersión de la célula en una solución electrolítica que contiene iones metálicos y exponer la superficie de la célula solar a la luz de manera que se produce la deposición de metal en la superficie del ánodo del dispositivo. El lado posterior (anódico) está cubierto por una gruesa capa de sacrificio de plata, de modo que la plata se disuelve desde el lado posterior anódico y se deposita en el lado frontal catódico cuando se irradia el dispositivo. Se describe una solución de deposición de plata que contiene cianuro. Aunque es bien conocido que los electrolitos de plata que contienen cianuro producen excelentes resultados de deposición, no se prefiere el uso de cianuro debido a consideraciones tanto de seguridad como ambientales.

15 La patente de Estados Unidos 4.251.327 de Grenon describe un método para la deposición similar a la descrita en la patente de Estados Unidos 4.144.139. Además, esta patente describe una disposición donde el lado posterior catódico del dispositivo se fija al terminal negativo de una fuente de alimentación de CC y el terminal positivo se fija a un electrodo de plata en la solución, de modo que cuando la corriente se ajusta apropiadamente, no se produce ni deposición ni corrosión en el lado posterior. De nuevo, se usa una solución de deposición de plata que contiene cianuro. Esta disposición se muestra en la Figura 3.

20 La patente de Estados Unidos n.º 5.882.435 de Holdermann describe un proceso en el que un patrón impreso metálico del lado frontal sobre una célula fotovoltaica se refuerza mediante deposición fotoinducida de un metal, tal como cobre o plata. El lado posterior (anódico) incluye una pasta de metal de sacrificio impreso de modo que la neutralidad de carga se mantiene disolviendo el metal desde el lado posterior simultáneamente con la deposición en el lado frontal cuando se irradia el dispositivo.

25 La publicación de patente de Estados Unidos n.º 2008/0035489 de Allardyce describe un método de deposición de contactos eléctricos en dispositivos fotovoltaicos donde el dispositivo se expone a la luz mientras está inmerso en una solución de deposición de plata que comprende iones plata, al menos uno de un compuesto que contiene nitro, un tensioactivo, un compuesto amino y al menos uno de un aminoácido o ácido sulfónico. Sin embargo, este "método de deposición inducido por luz" para metalizar dispositivos fotovoltaicos es el mismo o similar al método descrito en las patentes 4.144.139 y 4.21.327 descritas anteriormente y sufre las mismas deficiencias.

30 La publicación de patente de Estados Unidos 2007/0151863 de Morrissey describe una composición de electrodeposición de plata sin cianuro que comprende plata en forma de un complejo con hidantoína o hidantoína sustituida, un electrolito y 2,2'-dipiridilo.

La patente de Estados Unidos n.º 5.601.696 de Asakawa describe un baño de electrodeposición de plata sin cianuro que contiene plata en forma de un complejo con hidantoína o hidantoína sustituida.

40 La patente de Estados Unidos n.º 4.126.524 de Hradil et al desvela soluciones de electrodeposición de plata sin cianuro que contienen plata en complejo con imidas de ácidos dicarboxílicos orgánicos, tales como succinimida.

45 La patente de Estados Unidos n.º 4.246.077 de Hradil et al describe soluciones de electrodeposición de plata sin cianuro que contienen plata en complejo con pirrolidina-2,5-diona (succinimida) o 3-pirrolina-2,5-diona (maleimida).

La patente de Estados Unidos n.º 5.322.553 de Mandich et al. describe una solución de deposición de plata sin cianuro que comprende un catión de plata, tiosulfato y sulfito. Esta patente reivindica una velocidad de deposición y una estabilidad de la solución superior a las soluciones de deposición de plata convencionales.

50 La deposición de plata no electrolítica también adolece de varias deficiencias. Por ejemplo, es bien sabido que los baños son altamente inestables y la descomposición se produce con facilidad, causando la pérdida de plata debido a la precipitación y la vida útil limitada del baño. Además, las velocidades de deposición son generalmente muy lentas en las condiciones necesarias para una estabilidad adecuada.

55 Se pueden obtener velocidades de deposición más rápidas por galvanoplastia, incluyendo deposición inducida por luz como se describe en la técnica anterior, en la que una fuente de alimentación externa proporciona corriente a los dispositivos. Sin embargo, la fijación de una conexión eléctrica puede ser problemática, ya que puede provocar la rotura de células solares de silicio frágiles.

60 Por lo tanto, sería deseable proporcionar un método de deposición que sea capaz de obtener las velocidades de deposición más rápidas sin que se produzca la rotura de las células solares de silicio de la fijación de una conexión eléctrica y que también minimice las deficiencias observadas de la deposición de plata no electrolítica.

65 La presente invención aborda estas deficiencias usando una solución y método de deposición no electrolítica que incluye un reductor químico. La solución de deposición no electrolítica mejorada de la invención se activa con luz cuando se utiliza para depositar metal en células fotovoltaicas. No es necesario el contacto eléctrico con el

dispositivo.

### Sumario de la invención

5 Es un objeto de la presente invención proporcionar un método y composiciones para depositar conductores metálicos sobre dispositivos fotovoltaicos mediante un proceso autocatalítico que incluye un reductor químico.

Es otro objeto de la presente invención proporcionar un método y composiciones para depositar conductores metálicos sobre dispositivos fotovoltaicos mediante un proceso autocatalítico que está activado por luz.

10 En una realización, la presente invención se refiere en general a un método de metalizar una célula solar fotovoltaica para depositar sobre ella una capa gruesa de metal, teniendo dicha célula solar fotovoltaica un lado frontal y un lado posterior y teniendo dicho lado frontal un patrón metálico, comprendiendo el método las etapas de:

15 a) poner en contacto la célula solar fotovoltaica con una composición de deposición no electrolítica que comprende:

i) una fuente de iones de plata solubles;

20 ii) un agente de formación de complejos, para los iones de plata seleccionados entre el grupo que consiste en cianuro, succinimida o succinimida sustituida, hidantoína o hidantoína sustituida, uracilo, tiosulfato, aminas y combinaciones de uno o más de los anteriores; y

25 iii) agente reductor seleccionado entre el grupo que consiste en formaldehído, glucosa, dextrosa, glioxal, azúcar invertido por ácido nítrico, hidrazina o sulfato de hidrazina, ácidos aldónicos, lactonas aldónicas, sales de Rochelle, iones de cobalto, sales de sulfuro, sales de sulfito, sales de tiosulfato, sales de hipofosfito, sales de borohidruro, alquilamina borano, hidrazinaborano, sales de cianoborohidruro y combinaciones de uno o más de los anteriores; y posteriormente

b) iluminar la célula solar fotovoltaica con energía radiante de una fuente de luz,

30 donde el lado frontal y el lado posterior de la célula solar se cargan de manera opuesta y los iones metálicos de la solución de deposición no electrolítica se depositan sobre el patrón metálico en el lado frontal de la célula solar, de modo que se deposita una capa gruesa de metal no electrolítico.

35 Usando este método, se puede depositar cualquier metal sobre el lado frontal de la célula solar a partir de una solución acuosa de sus iones, siempre que el potencial reductor del metal sea mayor que el del agua. Los metales preferidos incluyen cobre y plata, especialmente plata, debido a su alta conductividad.

### Breve descripción de los dibujos

40 La figura 1 muestra un lado frontal y un lado posterior de una célula solar de silicio.

La figura 2 muestra una vista en sección transversal de una célula solar de silicio.

La figura 3 muestra una realización de un proceso de deposición electrolítica inducida por luz.

La figura 4 muestra una realización de un proceso de deposición no electrolítica inducida por luz de acuerdo con la presente invención.

45

### Descripción detallada de las realizaciones preferidas

50 La presente invención se refiere en general a un método para depositar conductores metálicos sobre dispositivos fotovoltaicos mediante un proceso autocatalítico que se activa con luz. La presente invención incluye un reductor químico, que elimina la necesidad de un contacto eléctrico o una capa de sacrificio para depositar los conductores metálicos y elimina al menos sustancialmente la corrosión anódica desde el lado posterior del dispositivo fotovoltaico.

55 Casi cualquier compuesto que contenga plata (I) puede usarse en la composición del método de la invención. La fuente de iones de plata solubles puede ser óxido de plata, nitrato de plata, metanosulfonato de plata, acetato de plata, sulfato de plata o cualquier otra sal de plata, a modo de ejemplo y no de limitación. En una realización, la fuente de iones de plata solubles es, preferiblemente, acetato de plata o metanosulfonato de plata. En una realización preferida, la fuente de iones de plata solubles está presente en la composición de deposición de la invención a una concentración de 15 a 35 gramos / litro.

60

65 El al menos un agente reductor puede incluir formaldehído, glucosa, dextrosa, glioxal, azúcar invertido por ácido nítrico, hidrazina o sulfato de hidrazina, ácidos aldónicos, lactonas aldónicas, sales de tartrato (también conocidas como "sales de Rochelle"), iones de cobalto, sales de sulfuro, sales de sulfito, sales de tiosulfato, sales de hipofosfito, sales de borohidruro, dimetilamina u otras alquilaminas borano, hidracinaborano, sales de cianoborohidruro. Otros agentes reductores conocidos en la técnica también serían utilizables en la presente invención. En una realización, el agente reductor es una sal de Rochelle o un glioxal o una sal del mismo. En una

realización preferida, el al menos un agente reductor está presente en la composición de deposición de la invención a una concentración de 15 a 60 gramos / litro.

Se agrega un agente de formación de complejo para solubilizar y estabilizar el catión de plata y secuestrar las impurezas metálicas que pueden presentarse. Los agentes de formación de complejos conocidos incluyen cianuro, succinimida o succinimidias sustituidas, hidantoína o hidantoínas sustituidas, uracilo, tiosulfatos y aminas. En una realización, el agente de formación de complejos es hidantoína o hidantoína sustituida. El agente de formación de complejos puede estar presente en la composición de deposición no electrolítica a una concentración de 40 a 80 gramos / litro.

Finalmente, la composición de la invención también puede incluir diversos agentes tensioactivos, refinadores de grano y tensioactivos. Por ejemplo, se pueden añadir polietilenimina, polietilenglicol, 2,2'-dipiridilo y tiourea a la composición de la invención a modo de ejemplo y no de limitación.

El pH de la solución se ajusta, preferiblemente, entre aproximadamente 7,5 y 9,5 usando un ajustador de pH adecuado. El hidróxido de potasio o el hidróxido de sodio, a modo de ejemplo y sin limitación, pueden usarse para ajustar el pH de la solución.

Como se ilustra en la figura 4, la presente invención se refiere en general a un método de metalizar una célula solar fotovoltaica para depositar sobre ella una capa de metal, teniendo dicha célula solar fotovoltaica un lado frontal y un lado posterior y teniendo dicho lado frontal un patrón metálico, comprendiendo el método las etapas de:

a) poner en contacto la célula solar fotovoltaica con una composición de deposición no electrolítica que comprende:

- i) una fuente de iones de plata solubles;
- ii) un agente de formación de complejos, para los iones de plata seleccionados entre el grupo que consiste en cianuro, succinimida o succinimida sustituida, hidantoína o hidantoína sustituida, uracilo, tiosulfato, aminas y combinaciones de uno o más de los anteriores; y
- iii) agente reductor seleccionado entre el grupo que consiste en formaldehído, glucosa, dextrosa, glioxal, azúcar invertido por ácido nítrico, hidrazina o sulfato de hidrazina, ácidos aldónicos, lactonas aldónicas, sales de Rochelle, iones de cobalto, sales de sulfuro, sales de sulfito, sales de tiosulfato, sales de hipofosfito, sales de borohidruro, alquilamina borano, hidrazinaborano, sales de cianoborohidruro y combinaciones de uno o más de los anteriores; y posteriormente

b) iluminar la célula solar fotovoltaica con energía radiante de una fuente de luz,

donde el lado frontal y el lado posterior de la célula solar se cargan de manera opuesta y los iones metálicos de la solución de deposición no electrolítica se depositan sobre el patrón metálico en el lado frontal de la célula solar, de modo que se deposita una capa de metal no electrolítico.

Como se ha tratado anteriormente, el patrón metálico en el lado frontal de la célula solar generalmente comprende una pluralidad de líneas de recogida de corriente y barras de contacto.

La fuente de luz de la invención está posicionada para iluminar la célula solar fotovoltaica con energía radiante. Se pueden usar diversas fuentes de luz en la práctica de la invención, incluyendo, por ejemplo, lámparas halógenas de cuarzo, lámparas incandescentes y lámparas de mercurio.

La etapa de poner en contacto de la célula fotovoltaica con la composición de deposición no electrolítica comprende típicamente sumergir la célula fotovoltaica en la composición de deposición no electrolítica. En la práctica de la presente invención, no se requiere contacto eléctrico con una fuente de alimentación externa. Tampoco se requiere una disolución de sacrificio adicional del metal del dispositivo.

Sin quedar ligado a teoría alguna, los inventores creen que hay dos mecanismos posibles para la reducción activada por la luz de un ion metálico en el cátodo. En primer lugar, se puede donar un electrón a un catión metálico directamente desde el cátodo, lo que provoca la deposición del átomo de metal en el cátodo. La carga positiva residual permanece en el ánodo que es el lado posterior de la célula, donde puede reaccionar con el reductor. Como alternativo, el cátodo cataliza la donación de un electrón del reductor químico al metal, dando como resultado la deposición del ion metálico sobre el cátodo. También se puede producir una combinación de estos dos mecanismos. El resultado de cualquiera de los mecanismos es el mismo, a saber, la deposición de metal inducida por luz se produce selectivamente sobre un cátodo de metal, sin conexión de los contactos eléctricos externos y sin corrosión anódica en el lado posterior.

**Ejemplos:**

**Ejemplo 1:**

Se preparó una solución de la siguiente manera:

72,6 gramos/litro	5,5–dimetilhidantoína
20,2 gramos/litro	Acetato de plata
14,0 gramos/litro	Metanosulfonato de potasio
30,0 gramos/litro	Tartrato de sodio potasio (“sal de Rochelle”)

Se añadió KOH para llegar a pH=9,1

5

**Ejemplo 2:**

Se preparó una solución de la siguiente manera:

72,6 gramos/litro	5,5–dimetilhidantoína
20,2 gramos/litro	Acetato de plata
18,2 gramos/litro	Ácido glioxílico hidratado
72,7 gramos/litro	Sulfonato de metano potasio

10

Se añadió NaOH para llegar a pH=9,2

**Ejemplo 3:**

15 Se preparó una solución de la siguiente manera:

48,0 gramos/litro	Hidantoína
10,3 gramos/litro	Ácido metanosulfónico
32,0 gramos/litro	Ácido bórico
28,7 gramos/litro	Metanosulfonato de plata
54,0 gramos/litro	Ácido glioxílico hidratado

Se añadió KOH para llegar a pH=8,8

20 Ejemplo comparativo 1:

Para comparación, se preparó una solución sin un reductor de la siguiente manera:

72,6 gramos/litro	5,5'–dimetilhidantoína
20,2 gramos/litro	Acetato de plata

25 Se añadió NaOH para llegar a pH=9,1

Las células solares como se ilustra en las Figuras 1 y 2 se recubrieron con estas soluciones. Las líneas en el lado frontal consistían en pasta de plata impresa y tenían un promedio de aproximadamente 82 micrómetros de anchura medida por un microscopio óptico de arriba hacia abajo. Las barras de contacto en el lado posterior consistían en pasta de plata impresa y tenían un grosor de aproximadamente 4.5 micrómetros, medido por fluorescencia de rayos X (XRF).

30

Las soluciones se calentaron a 45 °C en un vaso de precipitados transparente. Las piezas de las células solares se sumergieron durante 8 minutos mientras se irradiaba el lado frontal con una lámpara de 250W desde una distancia de aproximadamente 5 pulgadas. A continuación, las células se aclararon con agua desionizada y se secaron. Las anchuras de las líneas de posprocesamiento se midieron con un microscopio óptico de arriba hacia abajo y los espesores de la barra de contacto del lado posterior se midieron con XRF.

35

Se puede ver que se produjo un gran aumento de la anchura de la línea para los Ejemplos 1 y 2, mientras que no hay aumento de la anchura de la línea para el Ejemplo Comparativo 1.

40

La Tabla 1 muestra los resultados de las mediciones de anchura de la línea frontal y del espesor de la barra de contacto utilizando microscopía óptica y XRF, respectivamente.

45

Tabla 1

	Anchura de la línea lateral frontal (micrómetros)	Espesor de la barra de contacto del lado posterior (micrómetros)
Control	82	4,5
Ejemplo 1	117	5,1
Ejemplo 2	98	5,6

	<b>Anchura de la línea lateral frontal (micrómetros)</b>	<b>Espesor de la barra de contacto del lado posterior (micrómetros)</b>
Ejemplo 3	92	3,8
Ejemplo comparativo 1	81	2,8

5 Se observa que hay grandes aumentos de las anchuras de la línea del lado frontal para los Ejemplos 1-3, mientras que el Ejemplo Comparativo 1 no muestra aumento. Además, hay un aumento neto en el espesor de la barra de contacto de plata en el lado posterior para los Ejemplos 1-3, mientras que el Ejemplo Comparativo 1 muestra una disminución neta, que indica que la corrosión anódica de la barra de contacto se produce cuando no hay un reductor presente en la solución.



**REIVINDICACIONES**

1. Un método para metalizar una célula solar fotovoltaica para depositar una capa de metal sobre la misma, teniendo dicha célula solar fotovoltaica un lado frontal y un lado posterior y teniendo dicho lado frontal un patrón que comprende metal sobre el mismo, comprendiendo el método las etapas de:
- 5
- a) poner en contacto la célula solar fotovoltaica con una composición de deposición no electrolítica que comprende:
- 10
- i) una fuente de iones de plata solubles;
- ii) un agente de formación de complejos, para los iones de plata seleccionados entre el grupo que consiste en cianuro, succinimida o succinimida sustituida, hidantoína o hidantoína sustituida, uracilo, tiosulfato, aminas y combinaciones de uno o más de los anteriores; y
- 15
- iii) agente reductor seleccionado entre el grupo que consiste en formaldehído, glucosa, dextrosa, glioxal, azúcar invertido por ácido nítrico, hidrazina o sulfato de hidrazina, ácidos aldónicos, lactonas aldónicas, sales de Rochelle, iones de cobalto, sales de sulfuro, sales de sulfito, sales de tiosulfato, sales de hipofosfito, sales de borohidruro, alquilamina borano, hidrazinaborano, sales de cianoborohidruro y combinaciones de uno o más de los anteriores; y posteriormente
- 20
- b) iluminar la célula solar fotovoltaica con energía radiante de una fuente de luz,
- donde el lado frontal y el lado posterior de la célula solar se cargan de manera opuesta y los iones metálicos de la solución de deposición no electrolítica se depositan sobre el patrón metálico en el lado frontal de la célula solar, y donde la célula solar no está conectada eléctricamente a una fuente de alimentación externa durante la deposición.
- 25
2. El método según la reivindicación 1, donde la fuente de iones de plata solubles se selecciona entre el grupo que consiste en óxido de plata, nitrato de plata, metanosulfonato de plata, acetato de plata, sulfato de plata y combinaciones de uno o más de los anteriores.
- 30
3. El método según la reivindicación 2, donde la fuente de iones de plata solubles es acetato de plata.
4. El método según la reivindicación 2, donde la fuente de iones de plata solubles es metanosulfonato de plata.
5. El método según la reivindicación 1, donde la concentración de la fuente de iones de plata solubles está entre 15 y 35 gramos / litro.
- 35
6. El método según la reivindicación 1, donde el agente reductor es una sal de Rochelle.
7. El método según la reivindicación 1, donde el agente reductor es glioxal o una sal del mismo.
- 40
8. El método según la reivindicación 1, donde la concentración del agente reductor está entre 15 y 60 gramos / litro.
9. El método según la reivindicación 1, donde el agente de formación de complejos es hidantoína o hidantoína sustituida.
- 45
10. El método según la reivindicación 1, donde la concentración del agente de formación de complejos está entre 40 y 80 gramos / litro.
11. El método de según la reivindicación 1, donde el patrón que comprende metal en el lado frontal de la célula solar comprende líneas de recogida de corriente y barras de contacto impresas sobre el mismo.
- 50
12. El método según la reivindicación 11, en el que el patrón que comprende metal comprende pasta de plata impresa.
13. El método según la reivindicación 1, en el que la fuente de luz se selecciona entre el grupo que consiste en lámparas halógenas de cuarzo, lámparas incandescentes y lámparas de mercurio.
- 55
14. El método según la reivindicación 1, donde la etapa de poner en contacto la célula fotovoltaica con la composición de deposición no electrolítica comprende sumergir la célula fotovoltaica en la composición de deposición no electrolítica.
- 60

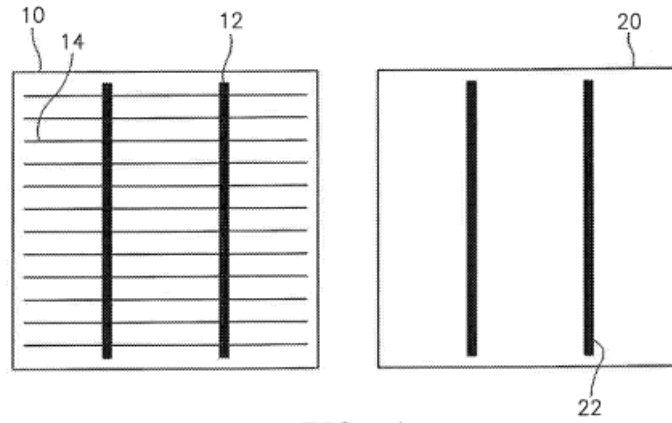


FIG. 1

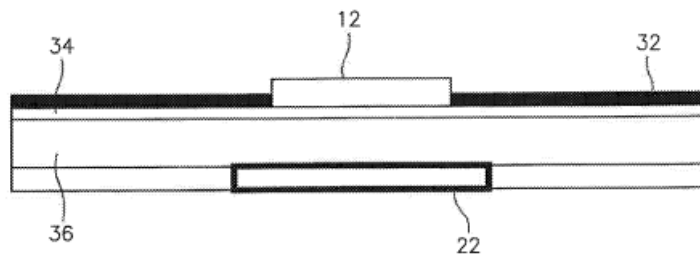
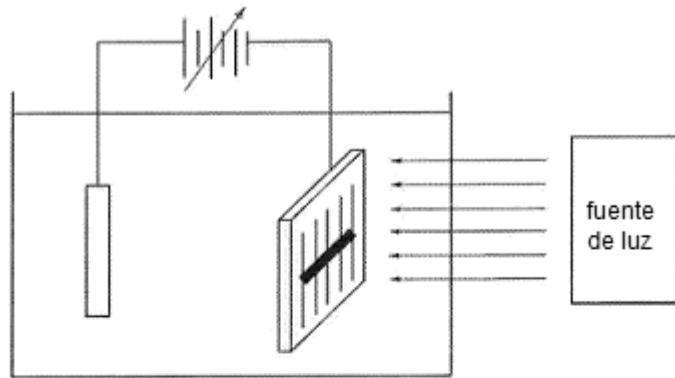
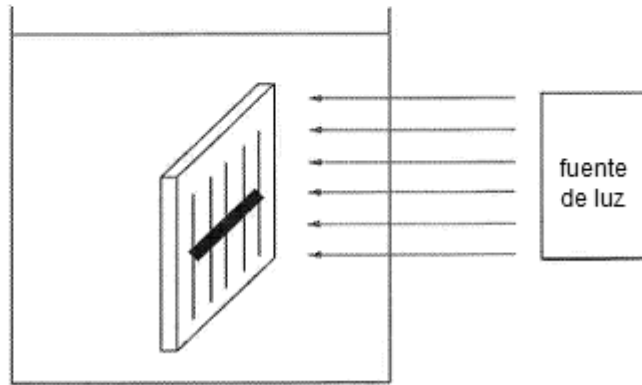


FIG. 2



**FIG. 3**  
(TÉCNICA ANTERIOR)



**FIG. 4**