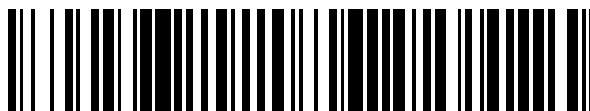


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 418 355**

51 Int. Cl.:

H01L 31/18 (2006.01)

H01L 31/0232 (2006.01)

H01L 31/0236 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **22.04.2008** **E 11162390 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **03.04.2013** **EP 2341555**

54 Título: **Electrodo frontal que incluye un recubrimiento conductor transparente pirolítico sobre un sustrato de vidrio texturizado para su uso en un dispositivo fotovoltaico y método de fabricación correspondiente**

30 Prioridad:

14.06.2007 US 812078

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

13.08.2013

73 Titular/es:

**GUARDIAN INDUSTRIES CORP. (100.0%)
2300 Harmon Road,
Auburn Hills, Michigan 48326-1714, US**

72 Inventor/es:

**KRASNOV, ALEXEY y
THOMSEN, SCOTT V.**

74 Agente/Representante:

RIZZO, Sergio

ES 2 418 355 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).

ELECTRODO FRONTAL QUE INCLUYE UN RECUBRIMIENTO CONDUCTOR TRANSPARENTE PIROLÍTICO SOBRE UN SUSTRATO DE VIDRIO TEXTURIZADO PARA SU USO EN UN DISPOSITIVO FOTOVOLTAICO Y MÉTODO DE FABRICACIÓN CORRESPONDIENTE

Descripción

5 **[0001]** Ciertos modos de realización de ejemplo de esta invención se refieren a un dispositivo fotovoltaico que incluye un electrodo tal como un electrodo frontal / contacto proporcionado sobre un sustrato de vidrio frontal texturizado. En ciertos modos de realización de ejemplo, lo que ha de ser el sustrato de vidrio frontal de un dispositivo fotovoltaico es texturizado mediante rodillo(s) y/o grabado para formar una superficie texturizada. A partir de entonces, un electrodo frontal se forma sobre la
10 superficie texturizada del sustrato de vidrio por medio de pirólisis. El electrodo frontal puede ser de o incluir un óxido conductor transparente (TCO, por sus siglas en inglés) tal como óxido de estaño y/u óxido de estaño fluorado en ciertos modos de realización de ejemplo. En determinados ejemplos ilustrativos, esto es beneficioso porque la eficiencia del dispositivo fotovoltaico se puede mejorar al aumentar la absorción de luz del semiconductor activo por medio tanto del aumento de la intensidad
15 de luz que pasa a través del sustrato de vidrio frontal y del electrodo frontal, como del aumento de la trayectoria de luz en la capa de conversión fotovoltaica semiconductor.

ANTECEDENTES Y BREVE RESUMEN DE LOS MODOS DE REALIZACIÓN DE EJEMPLO DE LA INVENCIÓN

[0002] Los dispositivos fotovoltaicos se conocen en la técnica (por ejemplo, véase los números de
20 patentes estadounidenses 6.784.361, 6.288.325, 6.613.603 y 6.123.824). Los dispositivos fotovoltaicos de silicio amorfo (a-Si), por ejemplo, incluyen un electrodo frontal o contacto. Normalmente, el electrodo frontal transparente está hecho de un óxido conductor transparente pirolítico (TCO) tal como óxido de zinc u óxido de estaño formado sobre un sustrato tal como un sustrato de vidrio. Las células solares de silicio amorfo de película delgada están ganando
25 popularidad debido a los ahorros en material semiconductor y, por lo tanto, en coste; menos de 1 μm de espesor de Si en comparación con alrededor de unos 250 μm del espesor de Si en células solares de Si convencionales de cristal único. Sin embargo, el pequeño espesor del absorbente semiconductor en células solares de a-Si permite que una cantidad sustancial de luz solar pase a través del absorbente sin producir parejas electrón-hueco, reduciendo así la eficiencia del dispositivo
30 fotovoltaico. Existen varias formas de aumentar la eficiencia de una célula solar de a-Si, incluyendo la formación de rugosidad en el electrodo frontal. Además, una mayor transmisión de luz solar y una mayor conductividad del electrodo frontal pueden derivar en una mayor eficiencia del dispositivo.

[0003] En muchos casos, el electrodo frontal transparente está formado por una sola capa por medio de un método de pirólisis química donde se pulverizan precursores sobre el sustrato de vidrio a
35 alrededor de 400 a 600 grados centígrados. Los típicos TCO de óxido de estaño dopados con flúor pirolítico como los electrodos frontales pueden tener aproximadamente 400-800 nm de espesor, lo que proporciona una resistencia laminar (R_s) de aproximadamente 7-15 ohmios/cuadrado. Se sabe que aumenta la trayectoria de luz en dispositivos fotovoltaicos de película delgada al grabar/modelar una superficie de un electrodo frontal de TCO pulverizado después de que se haya depositado sobre
40 el sustrato de vidrio frontal. También se sabe que deposita algunos tipos de TCO sobre un sustrato de

vidrio plano en un entorno de alta presión de proceso con el fin de causar la texturización del electrodo frontal de TCO por medio del crecimiento de estructura de columna en el TCO. Desafortunadamente, estas dos técnicas ponen en peligro con frecuencia las propiedades eléctricas del electrodo frontal de TCO del dispositivo fotovoltaico y/o derivan en un aumento del espesor del TCO pre-grabado.

[0004] Además, es posible depositar por pulverización un TCO de óxido de zinc y aluminio sobre un sustrato de vidrio, y a continuación, grabar la superficie del TCO de óxido de zinc y aluminio para ser utilizado como el electrodo frontal. Sin embargo, para lograr un electrodo frontal de óxido de zinc y aluminio pulverizado texturizado, se necesita un TCO más espeso porque el grabado del TCO elimina una parte significativa del espesor del material. Esta eliminación de una parte significativa del espesor del TCO es un desperdicio y deriva en mayores costes totales del recubrimiento.

[0005] El documento US 2005/016583 A1 describe células solares con un sustrato transparente.

[0006] En vista de lo anterior, se apreciará que existe una necesidad en la técnica de una estructura de electrodo frontal mejorada, y/o método de fabricación correspondiente, para su uso en un dispositivo fotovoltaico o similar.

[0007] Ciertos modos de realización de ejemplo de esta invención se refieren a un dispositivo fotovoltaico que incluye un electrodo tal como un electrodo frontal/contacto proporcionado sobre un sustrato de vidrio frontal texturizado como se indica en la reivindicación 1. El vidrio es un vidrio a base de sílice sodocálcico con bajo contenido en hierro en ciertos modos de realización de ejemplo. En ciertos modos de realización de ejemplo, lo que va a ser el sustrato de vidrio frontal de un dispositivo fotovoltaico se texturiza a través de rodillo(s) y/o grabado para formar una superficie texturizada. A partir de entonces, se forma un electrodo frontal sobre la superficie texturizada del sustrato de vidrio por medio de pirólisis. El electrodo frontal pirolítico puede ser de o incluir un óxido conductor transparente (TCO) tal como óxido de estaño y/u óxido de estaño fluorado en ciertos modos de realización de ejemplo. En modos de realización de ejemplo alternativos, el electrodo frontal puede ser de o incluir óxido de zinc pirolítico que puede o no estar dopado con uno o más de boro, galio u otro dopante de tipo n. En determinados ejemplos ilustrativos, esto es beneficioso ya que la eficiencia del dispositivo fotovoltaico se puede mejorar mediante el aumento de la absorción de luz por medio del semiconductor activo por medio de tanto el aumento de la intensidad de luz que pasa a través del sustrato de vidrio frontal y el electrodo frontal como el aumento de la trayectoria de luz en la capa de conversión fotovoltaica semiconductor.

[0008] En ciertos modos realización ilustrativos, el sustrato de vidrio está texturizado, al proporcionar uno o un par de rodillos en las instalaciones de flotación y utilizar el rodillo(s) de modelado para texturizar al menos una superficie principal del sustrato de vidrio en o justo después del baño de estaño pero antes de que el electrodo frontal de TCO pirolítico se forme sobre el vidrio. Después de que el rodillo(s) texturice el vidrio, el electrodo frontal pirolítico se forma sobre la superficie texturizada del sustrato de vidrio y se puede utilizar en un dispositivo fotovoltaico o similar.

[0009] En ciertos modos de realización de ejemplo, el sustrato de vidrio se texturiza mediante grabado (por ejemplo, por medio de ácido fluorhídrico o similar, por medio de inmersión y/o pulverización con la solución que incluye ácido). El grabado de una o ambas superficies principales

del sustrato de vidrio puede llevarse a cabo después de que se haya fabricado el vidrio, o
 alternativamente en una línea de flotador justo después del baño de estaño pero antes de que se
 forme el electrodo frontal de TCO pirolítico sobre el vidrio. En ciertos modos de realización de
 ejemplo, el grabado puede comprender la inmersión del vidrio a base de sílice sodocálcico en una
 5 solución que incluya ácido tal como ácido fluorhídrico (por ejemplo, HF en solución acuosa) y/o ácido
 fluorhídrico con un tampón, tal como BaysO_4 o similar, con el fin de disolver selectivamente algo del
 vidrio produciendo de ese modo al menos una superficie transparente sustancialmente
 texturizada/modelada del sustrato de vidrio. Se ha descubierto sorprendentemente que con el fin de
 lograr buenas propiedades de turbidez, el ratio de grabado de la composición del vidrio,
 10 concretamente $(\text{Al}_2\text{O}_3/\text{Na}_2\text{O}) \times (\text{MgO} / \text{CaO})$ en el vidrio, es deseable que sea de al menos 0,030
 aproximadamente, más preferiblemente de al menos 0,035 aproximadamente. Además, también se
 ha descubierto sorprendentemente que con el fin de lograr buenas propiedades de turbidez debido al
 grabado, el ratio MgO/CaO en el vidrio es al menos de 0,45 aproximadamente, más preferiblemente
 de al menos 0,47 aproximadamente. Se ha descubierto inesperadamente que estos valores
 15 proporcionan valores de turbidez mucho mejores en comparación con si no se cumplen estos valores.
 Después de que el vidrio se texturice por medio de tal grabado, el electrodo frontal se forma sobre la
 superficie texturizada del sustrato de vidrio y se puede utilizar en un dispositivo fotovoltaico o similar.

[0010] En ciertos modos de realización de ejemplo de esta invención, la rugosidad media de la
 superficie texturizada del sustrato de vidrio frontal es de desde aproximadamente 0,010 a 1000 μm ,
 20 más preferiblemente de desde aproximadamente 1 a 500 μm , y lo más preferible es que sea de
 desde aproximadamente 1 a 200 μm , o desde aproximadamente 1 a 100 μm .

[0011] En ciertos modos de realización de ejemplo, el electrodo frontal pirolítico se puede formar
 mediante pirólisis por pulverización del mismo. En ciertos modos de realización de ejemplo, el
 electrodo se deposita de forma conformal de modo que ambas superficies principales del electrodo
 25 estén conformadas de una manera similar a la de la superficie texturizada del sustrato de vidrio en la
 cual se ha depositado el electrodo. Por lo tanto, la superficie del electrodo frontal más cercana a la
 película absorbente semiconductor del dispositivo fotovoltaico también se texturiza. En ciertos
 modos de realización de ejemplo, no hay necesidad de grabar la superficie del electrodo frontal
 después de que se haya depositado.

[0012] Ciertos modos de realización de ejemplo de esta invención son beneficiosos porque la
 eficiencia del dispositivo fotovoltaico se puede mejorar por medio de (a) el aumento de la retención de
 luz solar dentro del absorbente semiconductor debido a la superficie(s) texturizada(s) de tanto el
 electrodo frontal como el sustrato de vidrio frontal y (b) el aumento de la trayectoria de luz en el
 absorbente semiconductor (o capa de conversión fotovoltaica) debido a la dispersión de luz en
 35 ángulos más grandes, al mismo tiempo que se mantienen unas buenas propiedades eléctricas del
 electrodo frontal.

[0013] En ciertos modos de realización de ejemplo de esta invención, se proporciona un método de
 fabricación de un dispositivo fotovoltaico, el método siendo como se expone en la reivindicación 12.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

[0014] La FIGURA 1 es una vista en sección transversal de un dispositivo fotovoltaico de ejemplo de

acuerdo con un modo de realización de ejemplo de esta invención.

[0015] La FIGURA 2 es un diagrama de flujo que ilustra determinadas etapas llevadas a cabo en la fabricación de un dispositivo fotovoltaico de acuerdo con un modo de realización de ejemplo de esta invención.

5 DESCRIPCIÓN DETALLADA DE MODOS DE REALIZACIÓN DE EJEMPLO DE LA INVENCION

[0016] Se hace referencia ahora más concretamente a las figuras en las cuales números de referencia similares se refieren a partes/capas similares en las varias vistas.

[0017] Los dispositivos fotovoltaicos tales como células solares convierten la radiación solar en energía eléctrica utilizable. La conversión de la energía se produce normalmente como resultado del efecto fotovoltaico. La radiación solar (por ejemplo, la luz del sol) que incide sobre un dispositivo fotovoltaico y es absorbida por una región activa de material semiconductor (por ejemplo, una película semiconductor que incluye una o más capas semiconductoras tales como capas de a-Si, el semiconductor a veces llamándose una capa o película absorbente) genera parejas electrón-hueco en la región activa. Los electrones y los huecos pueden estar separados por un campo eléctrico de una unión en el dispositivo fotovoltaico. La separación de los electrones y los huecos por medio de la unión deriva en la generación de una corriente y tensión eléctrica. En ciertos modos de realización de ejemplo, los electrones fluyen hacia la región del material semiconductor que tiene conductividad de tipo n y los agujeros fluyen hacia la región del semiconductor que tiene conductividad de tipo p. La corriente puede fluir a través de un circuito externo que conecta la región de tipo n con la región de tipo p a medida que la luz continúa generando parejas electrón-hueco en el dispositivo fotovoltaico.

[0018] En ciertos modos de realización de ejemplo, los dispositivos fotovoltaicos de silicio amorfo (a-Si) de unión simple tienen una película semiconductor que incluye tres capas semiconductoras. En particular, una capa p, una capa n y una capa i que es intrínseca. La película de silicio amorfo (que puede incluir una o más capas, tales como capas de tipo *p*, *n* e *i*) puede ser de silicio amorfo hidrogenado en determinados casos, pero también puede ser de o incluir carbono de silicio amorfo hidrogenado o germanio de silicio amorfo hidrogenado, o similares, en ciertos modos de realización de ejemplo de esta invención. Por ejemplo y sin limitación, cuando un fotón de luz es absorbido en la capa i da lugar a una unidad de corriente eléctrica (un par electrón-hueco). Las capas p y n, que contienen iones dopantes cargados, establecen un campo eléctrico a través de la capa i que extrae la carga eléctrica de la capa i y la envía a un circuito externo opcional donde puede proporcionar energía para los componentes eléctricos. Se indica que mientras que ciertos modos de realización de ejemplo de esta invención están dirigidos a dispositivos fotovoltaicos basados en silicio amorfo de película delgada (por ejemplo, de tipos de unión simple o micromorfos), esta invención no está tan limitada y puede ser utilizada junto con otros tipos de dispositivos fotovoltaicos en ciertos casos incluyendo, sin carácter limitativo, dispositivos que incluyen otros tipos de material semiconductor, células solares de película delgada individuales o en tándem, dispositivos fotovoltaicos de CdS y/o CdTe, dispositivos fotovoltaicos de polisilicio y/o Si microcristalino y similares.

[0019] La Fig. 1 es una vista en sección transversal de un dispositivo fotovoltaico de acuerdo con un modo de realización de ejemplo de esta invención. El dispositivo fotovoltaico incluye un sustrato de vidrio frontal transparente 1 que tiene una superficie texturizada 1a más cercana a la película

semiconductora, un electrodo 3 frontal (que puede tener varias capas o una sola capa), una película semiconductora activa y absorbente 5 de o que incluye una o más capas semiconductoras (tales como pilas de capas en tándem pin, pn, pinpin o similares), electrodo/contacto posterior opcional 7 que puede ser de un TCO y/o metal(es), un encapsulante o adhesivo a base de polímero opcional 9 de un material tal como etilvinilacetato (EVA) o similar, y un sustrato trasero opcional 11 de un material tal como vidrio. El sustrato de vidrio frontal 1 está en el lado de incidencia de la luz del dispositivo fotovoltaico. Naturalmente, también se puede proporcionar en el dispositivo otra capa(s) que no se muestra. El sustrato de vidrio frontal 1 y/o el sustrato trasero 11 pueden estar hechos de vidrio a base de sílice sodocálcico en ciertos modos de realización de ejemplo de esta invención; y pueden tener un bajo contenido de hierro y/o un recubrimiento antirreflectante sobre el mismo para optimizar la transmisión en determinados ejemplos ilustrativos. El vidrio 1 y/o 11 puede o no estar templado térmicamente en ciertos modos de realización de ejemplo de esta invención. Además, se apreciará que la palabra “sobre” como se usa en este documento se refiere tanto a una capa que está directamente sobre e indirectamente sobre algo, con otras capas que pueden estar situadas entre ellas. Opcionalmente, una película antirreflectante (que no se muestra) u otra película puede proporcionarse en el lado de incidencia de la luz del sustrato frontal 1 en determinados ejemplos ilustrativos.

[0020] La Fig. 2 es un diagrama de flujo que ilustra un proceso de fabricación de un dispositivo fotovoltaico de acuerdo con un modo de realización de ejemplo de esta invención. En primer lugar, los elementos (por ejemplo, sosa, cal, sílice y colorantes opcionales, tales como el hierro y/o similares) se funden en el horno de la planta de fabricación de vidrio (S1 en la Fig. 2). Como se conoce en la técnica, en el proceso de flotación de fabricación de vidrio, el material fundido sale del horno y el vidrio se forma en forma de una cinta caliente sobre un baño de estaño en la parte del baño de estaño del proceso de flotación (S2 en la Fig. 2). En o poco después del baño de estaño, una o ambas superficies principales del vidrio (para ser el sustrato 1) se texturiza/n (S3 en la Fig. 2). Como se explica en este documento, esta texturización del vidrio puede llevarse a cabo a través de rodillo(s) y/o grabado en diferentes modos de realización de esta invención. En ciertos modos de realización de ejemplo, la texturización (por ejemplo, a través de rodillo(s)) se puede realizar cuando la cinta de vidrio está a una temperatura de desde aproximadamente 570 hasta 750 grados centígrados. Después de que el vidrio haya sido texturizado, un recubrimiento pirolítico (por ejemplo, un TCO de o que incluya óxido de estaño y/o óxido de estaño fluorado) se deposita (por ejemplo, a través de pirólisis por pulverización) sobre la superficie texturizada 1a del vidrio 1 (S4 en la Fig. 2). En ciertos modos de realización de ejemplo, el recubrimiento 3 se puede aplicar por medio de pirólisis por pulverización cuando la cinta de vidrio está a una temperatura de aproximadamente 400-600 grados centígrados, más preferiblemente de aproximadamente 400-570 grados centígrados. Después de que el vidrio se haya enfriado y opcionalmente haya sido cortado, el sustrato de vidrio 1 con el recubrimiento 3 sobre el mismo se utiliza en un dispositivo fotovoltaico de modo que el recubrimiento de TCO 3 se utiliza como un electrodo frontal del dispositivo (S5 en la Fig. 2).

[0021] En ciertos modos de realización de ejemplo, el sustrato de vidrio 1 se texturiza al proporcionar uno o un par de rodillos en la planta de flotación (en el paso S3). El rodillo(s) de modelado se puede

usar para texturizar al menos una superficie principal del sustrato de vidrio 1 en o poco después del baño de estaño pero antes de que el electrodo frontal de TCO pirolítico 3 se forme sobre el cristal. Mientras que el rodillo(s) se puede utilizar para texturizar el vidrio en un proceso de fabricación de vidrio flotado, también es posible utilizar un proceso de vidrio modelado (que no tenga baño de estaño) para fabricar y modelar el sustrato de vidrio 1 en modos de realización de ejemplo alternativos de esta invención. En ciertos modos de realización de ejemplo, la texturización a través de al menos un rodillo provoca un modelado prismático que comprende una densidad característica de al menos cinco caracteres por cm^2 que para que se formen como la superficie texturizada 1a, más preferiblemente de al menos diez o quince caracteres por cm^2 . Después de que el rodillo(s) texturice el vidrio 1, el electrodo frontal pirolítico 3 se forma sobre la superficie una texturizada 1 del sustrato de vidrio y se puede usar en un dispositivo fotovoltaico o similar.

[0022] En otros ciertos modos de realización de ejemplo, el sustrato de vidrio 1 puede ser texturizado por medio de grabado (por ejemplo, a través de ácido fluorhídrico o similar, a través de inmersión y/o pulverización con la solución que incluye ácido). El grabado de una o ambas superficies principales del sustrato de vidrio 1 puede ser realizado después de que se haya fabricado el vidrio, o alternativamente en una línea de flotación poco después del baño de estaño, pero antes de que el electrodo frontal de TCO pirolítico 3 se forme sobre el vidrio. En ciertos modos de realización de ejemplo, el grabado puede comprender la inmersión del vidrio a base de sílice sodocálcico 1 en una solución que incluye ácido tal como ácido fluorhídrico (por ejemplo, HF en solución acuosa) y/o ácido fluorhídrico con un tampón, tal como BaSO_4 del tipo, con el fin de disolver selectivamente algo del vidrio produciendo de ese modo al menos una superficie sustancialmente transparente texturizada/modelada 1a del sustrato de vidrio 1. Se ha descubierto sorprendentemente que con el fin de alcanzar buenas propiedades de turbidez, el ratio de grabado de la composición de vidrio, concretamente $(\text{Al}_2\text{O}_3/\text{Na}_2\text{O}) \times (\text{MgO} / \text{CaO})$ en el vidrio, es recomendable que sea al menos aproximadamente 0,010, más preferiblemente al menos aproximadamente 0,030, y lo más preferible es que sea al menos aproximadamente 0,035. Además, también se ha descubierto sorprendentemente que con el fin de alcanzar buenas propiedades de turbidez debido al grabado, el ratio de MgO/CaO del vidrio es al menos aproximadamente 0,45, más preferiblemente al menos aproximadamente 0,47. Se ha descubierto inesperadamente que estos valores proporcionan valores de turbidez mucho mejores en comparación con si no se cumplen estos valores. Después de que el vidrio se texturice a través de tal grabado, el electrodo frontal 3 se forma sobre la superficie texturizada 1a del sustrato de vidrio y se puede usar en un dispositivo fotovoltaico o similar.

[0023] En ciertos modos de realización de ejemplo, después de la texturización del vidrio 1, el electrodo frontal pirolítico 3 puede formarse mediante pirólisis por pulverización del mismo. En ciertos modos de realización de ejemplo, el electrodo 3 se deposita de una manera conformal de manera que ambas superficies principales del electrodo 3 estén conformadas de una manera similar a la de la superficie texturizada 1a del sustrato de vidrio 1 sobre el que se ha depositado el electrodo. De ese modo, la superficie del electrodo frontal 3 más cercana a la película absorbente semiconductor 5 del dispositivo fotovoltaico también se texturiza. En ciertos modos de realización de ejemplo, no hay necesidad de grabar la superficie del electrodo frontal 3 después de que se haya depositado. En

ciertos modos de realización de ejemplo de esta invención, la rugosidad media en la superficie texturizada 1a del sustrato de vidrio frontal 1 y/o electrodo 3 es de aproximadamente 0,010 a 1000 μm , más preferiblemente de aproximadamente 1 a 500 μm , y lo más preferible es que sea de aproximadamente 1 a 200 μm , incluso más preferiblemente de aproximadamente 1 a 100 μm .

5 **[0024]** Ciertos modos de realización de ejemplo de esta invención son beneficiosos porque la eficiencia del dispositivo fotovoltaico se puede mejorar mediante (a) el aumento de la retención de la luz solar dentro del absorbente semiconductor debido a la superficie(s) texturizada de tanto el electrodo frontal como el sustrato de vidrio frontal y (b) el aumento de la trayectoria de la luz en el absorbente semiconductor (o capa de conversión fotovoltaica) debido a la dispersión de la luz en
10 ángulos más grandes, al mismo tiempo que se mantienen unas buenas propiedades eléctricas del electrodo frontal.

[0025] El electrodo frontal 3 puede ser una capa de óxido de estaño pirolítico (que puede o no puede ser fluorado en ciertos ejemplos ilustrativos) en determinados modos de realización de ejemplo. En su lugar, se pueden utilizar otros materiales. En ciertos modos de realización de ejemplo, dicho un
15 electrodo frontal 3 puede tener aproximadamente de 100 a 1500 μm de espesor, más preferiblemente aproximadamente de 100 a 1100 μm de espesor, y lo más preferible es que tenga aproximadamente 200-800 μm de espesor. El electrodo 3 (por ejemplo, de óxido de estaño) puede contener una concentración desde aproximadamente 1-20% en determinados modos de realización de ejemplo, más preferiblemente desde aproximadamente 3-15%. El electrodo 3 puede ser depositado de manera
20 conformal de modo que ambas superficies principales del electrodo puedan estar conformadas de una manera similar a la de la superficie grabada/texturizada interior 1a del sustrato de vidrio 1 sobre el cual se ha depositado el electrodo 3. En ciertos modos de realización de ejemplo, no hay necesidad de grabar la superficie del electrodo frontal 3 después de que se haya depositado. En modos de realización de ejemplo alternativos, el electrodo frontal 3 puede estar compuesto de
25 múltiples capas.

[0026] En ciertos modos de realización de ejemplo de esta invención, la rugosidad media sobre la superficie grabada/texturizada 1a del sustrato de vidrio frontal 1 y/o la superficie del electrodo 3 más próximo al semiconductor 5 es aproximadamente de 0,010 a 1000 μm , más preferiblemente aproximadamente de 1 a 500 μm , y lo más preferible es que sea aproximadamente de 1 a 200 μm o
30 aproximadamente de 1 a 100 μm (medida como la distancia entre un pico y valle adyacente sobre la superficie texturizada). La superficie texturizada 1a del sustrato de vidrio 1 puede tener una superficie prismática, una superficie en acabado mate, o similares en diferentes modos de realización de ejemplo de esta invención. En ciertos modos de realización de ejemplo, la distancia media de pico a pico entre picos adyacentes sobre la superficie texturizada 1a del vidrio 1 (y/o sobre la superficie del
35 electrodo 3 más próximo al semiconductor) es aproximadamente de 0,010 a 5,000 μm , más preferiblemente aproximadamente de 10 a 2000 μm . Debido a que el electrodo frontal está depositado (por ejemplo, depositado por pulverización) sobre la superficie texturizada 1a del sustrato frontal, una o posiblemente ambas superficies principales del electrodo frontal 3 también pueden ser texturizadas de una manera similar.

40 **[0027]** El sustrato de vidrio frontal 1 utiliza vidrio a base de sílice sodocálcico en determinados modos

de realización de ejemplo. Además de la composición base/vidrio, se puede proporcionar una parte colorante con el fin de lograr un vidrio que tenga un color bastante claro y/o una alta transmisión visible. Un vidrio a base de sílice sodocálcico de ejemplo de acuerdo con ciertos modos de realización de esta invención, en porcentaje en peso, incluye los siguientes ingredientes básicos:

5

TABLA 1: CRISTAL BASE DE EJEMPLO

Ingrediente	% en peso
SiO ₂	67 - 75 %
Na ₂ O	10-20%
CaO	5-15%
MgO	0,1-8%
Al ₂ O ₃	0,1-5%
K ₂ O	0-5%

Además del vidrio base (por ejemplo, véase la Tabla 1 anterior), en la fabricación de vidrio de acuerdo con ciertos modos de realización de ejemplo de la presente invención la carga de vidrio incluye materiales (incluyendo colorantes y/u oxidantes) que provocan que el vidrio resultante tenga un color bastante neutral (ligeramente amarillo en algunos modos de realización de ejemplo, indicado por un valor b* ligeramente positivo) y/o tenga una alta transmisión de luz visible. Estos materiales pueden o bien estar presentes en las materias primas (por ejemplo, pequeñas cantidades de hierro), o ser añadidos a los materiales de vidrio base en el lote (por ejemplo, óxido de cerio).

[0028] Asimismo, además de los ingredientes de la Tabla 1 anterior, otros ingredientes secundarios, incluyendo diversas ayudas al refinado convencionales, tales como SO₃ y similares también pueden incluirse en el vidrio base. En ciertos modos de realización, por ejemplo, el vidrio de este documento puede estar hecho de materias primas en lote arena de sílice, ceniza de sosa, dolomita, piedra caliza, con el uso de sales de sulfato tales como torta de sal (Na₂SO₄) y/o sal de Epsom (MgSO₄ x 7H₂O) y/o yeso (por ejemplo, aproximadamente una combinación 1:1 de cualquiera) como agentes de refinado. En ciertos modos de realización de ejemplo, algunos vidrios a base de sílice sodocálcico del presente documento incluyen en peso desde alrededor del 10-15% de Na₂O y desde alrededor del 6-12% de CaO. Además, desde alrededor del 0,15 al 7% de MgO, más preferiblemente desde alrededor del 1 al 7% de MgO, se proporciona en el vidrio en ciertos modos de realización de ejemplo.

[0029] En ciertos modos de realización de ejemplo de esta invención, el vidrio del sustrato 1 está basado en sílice sodocálcico (véase el vidrio base anterior) y está basado en materias primas de bajo contenido en hierro de manera que el vidrio tiene un contenido total de hierro (Fe₂O₃), en términos de % en peso, de no más de aproximadamente 0,05%. En ciertos modos de realización de ejemplo, el vidrio tiene un contenido total de hierro (Fe₂O₃) aproximadamente de 0,010 a 0,045%, más preferiblemente aproximadamente de 0,010 a 0,035%, y lo más preferible es que tenga aproximadamente de 0,010 hasta 0,029%. Este bajo contenido en hierro puede derivar de la utilización de materias primas de bajo contenido en hierro en la fabricación del vidrio, o, de forma alternativa, puede ser añadido en determinados ejemplos ilustrativos. Además, en ciertos modos de realización de ejemplo de esta invención, el vidrio está muy oxidado para que no sea nada o muy

poco ferroso (Fe^{2+} ; FeO). En ciertos modos de realización de ejemplo de esta invención, el vidrio tiene un % de FeO de no más de aproximadamente 0,0038%, más preferiblemente no más de aproximadamente 0,0030%, aún más preferiblemente no más de aproximadamente 0,0015%, más preferiblemente no más de aproximadamente 0,0010%. Este bajo % de FeO , en combinación con otras características, permite que el vidrio tenga un % superior de transmisión de UV y, por lo tanto, un % mayor de transmisión de TS (transmisión solar), en combinación con un color neutro y una transmisión visible alta, que son beneficiosos en aplicaciones de células solares. Sin embargo, se puede utilizar más hierro que el que se ha enumerado anteriormente en el vidrio 1 en modos de realización alternativos de esta invención.

10 **[0030]** En ciertos modos de realización de ejemplo no limitativos, no hay o hay muy poco óxido de cerio en el vidrio. El óxido de cerio es un absorbente de UV y, por lo tanto, evita que los UV se transmitan a través del vidrio. Por lo tanto, el óxido de cerio no es recomendable en ciertos modos de realización de células solares de esta invención. En consecuencia, en ciertos modos de realización de ejemplo de esta invención, el vidrio tiene no más de aproximadamente 0,01% de óxido de cerio, más preferiblemente no más de aproximadamente 0,001% de óxido de cerio, incluso más preferiblemente no más de aproximadamente 0,0005% de óxido de cerio, y lo más preferible es que tenga 0% de óxido de cerio. Sin embargo, en modos de realización alternativos de esta invención, es posible utilizar una pequeña cantidad de óxido de cerio. Por ejemplo y sin limitación, en ciertos modos de realización de ejemplo de esta invención, el vidrio contiene: aproximadamente de 0 a 0,2% de óxido de cerio, más preferiblemente aproximadamente de 0 a 0,1% de óxido de cerio, y, posiblemente, aproximadamente de 0,001 a 0,09% de óxido de cerio. Al igual que con todos los porcentajes de materiales en este documento, estas cantidades están expresadas en términos de % en peso. El término óxido de cerio como se usa en el presente documento incluye Ce_2O_3 , CeO_2 o similar. En determinados ejemplos ilustrativos, los vidrios que incluyen óxido de cerio en este documento se pueden utilizar en aplicaciones tales como acristalamientos de invernadero donde se recomienda protección UV.

25 **[0031]** En ciertos modos de realización de ejemplo de esta invención, la parte colorante está sustancialmente libre de otros colorantes (que no sean posibles cantidades residuales). Sin embargo, se debe apreciar que las cantidades de otros materiales (por ejemplo, ayudas al refinado, ayudas a la fusión, colorantes y/o impurezas) pueden estar presentes en el cristal en ciertos otros modos de realización de esta invención sin apartarse de la finalidad(es) y/u objetivo(s) de la presente invención. Por ejemplo, en ciertos modos de realización de ejemplo de esta invención, la composición de vidrio está sustancialmente libre de, o libre de, uno, dos, tres, cuatro o todos de los siguientes: óxido de erbio, óxido de níquel, óxido de cobalto, óxido de neodimio, óxido de cromo y selenio. La expresión "sustancialmente libre" significa no más de 2 ppm, más preferiblemente no más de 1 ppm, y posiblemente tan bajo como 0 ppm del elemento o material. Se observa que pequeñas cantidades de óxido de titanio se pueden incluir en ciertos casos.

35 **[0032]** El vidrio 1 de acuerdo con ciertos modos de realización de ejemplo de esta invención alcanza un color neutral o sustancialmente claro, una transmisión visible alta, una transmisión de IR alta, una transmisión de UV alta y una transmisión solar total (TS) alta. En ciertos modos de realización, los

vidrios resultantes de acuerdo con ciertos modos de realización de ejemplo de esta invención se pueden caracterizar por uno o más de las siguientes características con transmisión óptica, de composición o de color (para la óptica, se utiliza un espesor de referencia no limitativo de ejemplo de aproximadamente 4 mm). Se debe tener en cuenta que Lta es % de transmisión visible. Se debe tener en cuenta que en la siguiente tabla los valores de color L*, a* y b* están determinados por III, D65, Obs de 10 grados.

TABLA 2: Características de modos de realización de ejemplo

Característica general	Más preferible	Más preferida	
Lta (Lt D65):	>= 85%	>= 91%	>=91,5%
%TS (ISO 9050):	>= 90%	>= 91%	>=91,5%
%IR	>= 80%	>=85%	>= 90% (o >= 91%)
%UV (300-400 nm):	>= 80%	>= 84%	>= 85% (o 86%)
Hierro total (Fe ₂ O ₃):	<= 0,05%	0,010-0,045%	0,010-0,035%
%FeO (% en peso):	<= 0,0038%	<= 0,0030%	<= 0,0015% (o 0,0010%)
Redox de vidrio:	<= 0,12	<= 0,09	<= 0,08 o 0,06
Redox en lote:	+12 a +30	+15 a +30	+20 a +30
SO ₃	>= 0,25	0,29-0,50	>= 0,30 (o >= 0,31)
L* (III. D65, 10 grad.):	90-99	94-99	95-98
a* (III. D65, 10 grad.):	-1,0 a +1,0	-0,5 a +0,5	-0,25 a 0,0
b* (III. D65, 10 grad.):	0 a + 1,5	+0,1 a +0,8	+0,2 a +0,6

[0033] Las características antes mencionadas del sustrato de vidrio 1 son para el sustrato de vidrio solo, no para el dispositivo fotovoltaico general.

[0034] Como se puede ver en la Tabla 2 anterior, los vidrios para el sustrato 1 de ciertos modos de realización de esta invención alcanzan características deseadas de color bastante claro y/o de transmisión visible alta, con color b* ligeramente positivo en ciertos modos de realización, mientras que no requieren que el hierro sea eliminado de la composición del vidrio. Además, también se alcanzan valores altos de % de TS alto y de % de UV, lo cual es beneficioso para aplicaciones de células solares porque se permite más radiación a través del sustrato de vidrio 1 de modo que se puede convertir en corriente o tensión. Esto puede lograrse a través de la proporción de combinaciones únicas de material descritas en este documento, y/o las características del proceso tratadas en este documento. A efectos de ejemplo y sin carácter limitativo, los vidrios descritos en cualquiera de los números de serie estadounidenses de propiedad común 11/049.292, 11/122.218 y/o 11/373.490 pueden ser utilizados para el sustrato 1 en diferentes modos de realización de ejemplo de esta invención. Mientras estos representan vidrio de ejemplo que se puede utilizar para el sustrato, naturalmente es posible utilizar otras composiciones de vidrio para el sustrato 1 en modos de realización alternativos de esta invención.

[0035] Como se ha mencionado anteriormente, con el fin de lograr buenas propiedades de turbidez, el vidrio a base de sílice sodocálcico 1 preferiblemente tiene un ratio de grabado [(Al₂O₃/Na₂O) x

(MgO/CaO)) de al menos aproximadamente 0,010, más preferiblemente al menos aproximadamente 0,030, y lo más preferible es al menos aproximadamente 0,035 y/o un ratio de MgO/CaO de al menos alrededor de 0,45 (más preferiblemente al menos aproximadamente 0,47). Inesperadamente se ha descubierto que estos valores proporcionan mucho mejores valores de turbidez del electrodo frontal 3 que se deposita sobre la superficie texturizada 1a, en comparación con si no se cumplen estos valores en el vidrio.

[0036] En referencia a S5 de la fig. 2 y la fig. 1, en general, después de que el electrodo 3 se haya formado sobre el sustrato 1, la película semiconductora 5 (y, opcionalmente, el contacto posterior opcional 7) puede formarse sobre el sustrato 1 y el electrodo frontal 3 mediante cualquier técnica adecuada (por ejemplo, CVD o similares), y después el sustrato trasero 11 se puede laminar al electrodo frontal, 1 mediante la película adhesiva 9 para formar el dispositivo fotovoltaico tal como se muestra en la fig. 1 (por ejemplo, véase el paso S3 de la fig. 5). El contacto posterior 7 puede o no puede ser conformado a/con el electrodo 3, porque el semiconductor 5 puede o no puede estar aplanado en diferentes modos de realización de ejemplo de esta invención.

[0037] La región o película semiconductora activa 5 puede incluir una o más capas y puede ser de cualquier material adecuado. Por ejemplo, la película semiconductora activa 5 de un tipo de dispositivo fotovoltaico de silicio amorfo de unión simple (a-Si) incluye tres capas semiconductoras, concretamente, una capa p, una capa n y una capa i. La capa a-Si de tipo p de la película semiconductora 5 puede ser la parte más superior de la película semiconductora 5 en ciertos modos de realización de ejemplo de esta invención y la capa i se encuentra normalmente entre las capas de tipo p y n. Estas capas a base de silicio amorfo de película 5 pueden ser de silicio amorfo hidrogenado en determinados casos, pero también pueden ser de o incluir carbono de silicio amorfo hidrogenado o germanio de silicio amorfo hidrogenado, silicio microcristalino hidrogenado u otro material(es) adecuado en ciertos modos de realización de ejemplo de esta invención. Es posible que la región activa 5 sea de un tipo de unión doble o de unión triple en modos de realización alternativos de esta invención. También se pueden usar CdTe y/o CdS para la película semiconductora 5 en modos de realización alternativos de esta invención.

[0038] El contacto o electrodo posterior opcional 7 puede ser de cualquier material eléctricamente conductor adecuado. Por ejemplo y sin carácter limitativo, el contacto o electrodo posterior 7 puede ser de un TCO y/o un metal en determinados casos. Ejemplos de materiales de TCO para su uso como contacto o electrodo posterior 7 incluyen óxido de zinc e indio, óxido de indio y estaño (ITO), óxido de estaño, y/o óxido de zinc que puede ser dopado con aluminio (que puede o no estar dopado con plata). El TCO del contacto posterior 7 puede ser del tipo de una sola capa o de un tipo de múltiples capas en diferentes casos. Además, el contacto posterior 7 puede incluir tanto una parte de TCO como una parte de metal en determinados casos. Por ejemplo, en un modo de realización de ejemplo de múltiples capas, la parte de TCO del contacto posterior 7 puede incluir una capa de un material tal como óxido de zinc e indio (que puede o no puede estar dopado con aluminio o similar), de óxido de indio y estaño (ITO), óxido de estaño, y/u óxido de zinc más cercano a la región activa 5, y el contacto posterior puede incluir otra capa conductora y posiblemente reflectante de un material tal como plata, molibdeno, platino, acero, hierro, niobio, titanio, cromo, bismuto, antimonio o aluminio

más lejos de la región activa 5 y más cerca del sustrato 11. La parte de metal puede estar más cerca del sustrato 11 en comparación con la parte de TCO del contacto posterior 7.

[0039] El módulo fotovoltaico puede estar encapsulado o parcialmente cubierto con un material de encapsulación tal como el encapsulante 9 en determinados modos de realización de ejemplo. Un ejemplo de encapsulante o adhesivo para la capa 9 es EVA o PVB. Sin embargo, otros materiales como plástico de tipo Tedlar, plástico de tipo Nuvasil, plástico de tipo Tefzel o similares vez pueden ser utilizados en su lugar para la capa 9 en diferentes ejemplos.

[0040] En ciertos modos de realización de ejemplo de esta invención, es posible que el sustrato de vidrio 1 tenga tanto un lado modelado (por ejemplo, modelado a través de rodillos o similares, para formar un lado prismático por ejemplo) y un lado con acabado mate. El lado acabado en mate puede estar formado mediante técnicas de grabado con ácido de modo que el lado acabado en mate del sustrato de vidrio sea un lado grabado con ácido del vidrio. El electrodo 3 puede estar formado sobre el lado mate o grabado con ácido del sustrato de vidrio 1 que está texturizado en cierta medida. Además, en ciertos modos de realización de ejemplo de esta invención, el sustrato de vidrio 1 tiene un valor de turbidez de desde aproximadamente el 8-20%, más preferiblemente desde aproximadamente el 12-18%.

[0041] Aunque la invención se ha descrito en conexión con la que actualmente se considera que es el modo de realización más práctico y preferido, ha de entenderse que la invención no está limitada al modo de realización descrito, sino que, por el contrario, está destinada a cubrir diversas modificaciones y disposiciones equivalentes incluidas dentro del ámbito de aplicación de las reivindicaciones adjuntas.

[0042] En los siguientes modos de realización preferidos adicionales se revelan a modo de ejemplo:

1. Un método de fabricación de un dispositivo fotovoltaico, el método comprendiendo:

La proporción de un sustrato de vidrio a base de sílice sodocálcico que comprende desde aproximadamente 67-75% de SiO_2 , desde aproximadamente 10-20% de Na_2O , desde aproximadamente 5-15% de CaO , desde aproximadamente 0,1 a 8% de MgO y desde aproximadamente 0,1 a 5% de Al_2O_3 ;

la texturización de al menos una superficie principal del sustrato de vidrio para formar una superficie texturizada del sustrato de vidrio;

después de dicha texturización, la formación de forma pirolítica de un recubrimiento basado en óxido conductor transparente que comprende óxido de estaño sobre la superficie texturizada del sustrato de vidrio; y

la utilización del recubrimiento basado en óxido conductor transparente formado de forma pirolítica, formado sobre la superficie texturizada del sustrato de vidrio, como un electrodo frontal en un dispositivo fotovoltaico.

2. El método de 1, en el cual la texturización comprende la utilización de al menos un rodillo a una temperatura de desde aproximadamente 570 a 750 grados centígrados para formar la superficie texturizada del sustrato de vidrio.

3. El método de 2, en el cual dicha texturización que utiliza al menos un rodillo provoca un modelado prismático que comprende una densidad característica de al menos cinco

caracteres por cm^2 para que se forme como la superficie texturizada.

4. El método de 2, en el cual dicha texturización que utiliza al menos un rodillo provoca un modelado prismático que comprende una densidad característica de al menos diez caracteres por cm^2 para que se forme como la superficie texturizada.

5 5. El método de 2, en el cual dicha texturización que utiliza al menos un rodillo provoca un modelado prismático que comprende una densidad característica de al menos quince caracteres por cm^2 para que se forme como la superficie texturizada.

6. El método de 1, en el cual dicha texturización comprende el grabado del sustrato de vidrio utilizando al menos un ácido para formar la superficie texturizada del sustrato de vidrio, en el cual un ratio de grabado $((\text{Al}_2\text{O}_3/\text{Na}_2\text{O}) * (\text{MgO} / \text{CaO}))$ del sustrato de vidrio es al menos aproximadamente 0,010.

7. El método de 6, en el cual el ratio de grabado $((\text{Al}_2\text{O}_3/\text{Na}_2\text{O}) * (\text{MgO} / \text{CaO}))$ es al menos aproximadamente 0,030.

8. El método de 16, en el cual el ratio de grabado $((\text{Al}_2\text{O}_3/\text{Na}_2\text{O}) * (\text{MgO} / \text{CaO}))$ es al menos aproximadamente 0,035.

9. El método de 1, en el cual un ratio de MgO/CaO en el sustrato de vidrio es al menos aproximadamente 0,45.

10. El método de 9, en el cual el ratio de MgO / CaO es al menos aproximadamente 0,47.

11. El método de 16, en el cual la texturización comprende el grabado del sustrato de vidrio utilizando al menos ácido fluorhídrico.

12. El método de 1, que comprende además la formación del electrodo frontal de una forma de manera que la transmisión del electrodo frontal y el sustrato de vidrio tomadas en conjunto sea al menos el 85% de al menos una parte sustancial de un rango de longitud de onda de desde aproximadamente 450-600 nm.

13. El método de 1, en el cual el electrodo frontal comprende óxido de estaño fluorado.

14. El método de 1, en el cual el electrodo frontal tiene un espesor de desde aproximadamente 100 hasta 1500 nm y comprende óxido de estaño y/u óxido de zinc.

15. El método de 1, en el cual dicha texturización comprende el uso de al menos un rodillo en o poco después de un baño de estaño que utiliza en la fabricación del sustrato de vidrio para texturizar la al menos una superficie principal del sustrato de vidrio.

16. El método de 1, en el cual una rugosidad de superficie media en la superficie texturizada del sustrato de vidrio frontal y/o una superficie texturizada del electrodo frontal más cercano a un semiconductor del dispositivo fotovoltaico es de aproximadamente 1 a 500 μm .

17. El método de 1, en el cual una rugosidad de superficie media en la superficie texturizada del sustrato de vidrio frontal y/o una superficie texturizada del electrodo frontal es de aproximadamente 1 a 200 μm .

18. El método de 1, en el cual el dispositivo fotovoltaico es una célula solar de película delgada de silicio amorfo de unión simple o micromorfa.

19. El método de 1, en el cual el sustrato de vidrio tiene un contenido total de hierro (Fe_2O_3),

en términos de % en peso, de no más de alrededor de 0,05%.

20. El método de 1, en el cual el electrodo frontal comprende óxido de cinc dopado con uno o más de Al, B o Ga.

21. Un dispositivo fotovoltaico que comprende:

- 5 un sustrato de vidrio a base de sílice sodocálcico;
 una película semiconductor;
 un electrodo frontal conductor sustancialmente transparente pirolítico que comprende
 óxido de estaño proporcionado entre al menos el sustrato de vidrio y la película
 semiconductor; y
- 10 en el cual una superficie del sustrato de vidrio a base de sílice sodocálcico, sobre la
 cual se proporciona el electrodo frontal pirolítico que comprende óxido de estaño, es
 texturizada de manera que tenga una superficie texturizada con una rugosidad
 superficial media de desde alrededor de 1 a 500 μm .

15 22. El dispositivo fotovoltaico de 21, en el cual el electrodo frontal comprende óxido de cinc
 dopado con uno o más de Al, B o Ga.

23. El dispositivo fotovoltaico de 21, en el cual dicha superficie texturizada comprende un
 modelado prismático que comprende una densidad de característica de al menos diez
 caracteres por cm^2 .

20 24. El dispositivo fotovoltaico de 21, en el cual la rugosidad de superficie media de la
 superficie del sustrato de vidrio es de aproximadamente 1 a 200 μm .

25. El dispositivo fotovoltaico de 21, en el cual un ratio $((\text{Al}_2\text{O}_3/\text{Na}_2\text{O}) * (\text{MgO}/\text{CaO}))$ de una
 composición del sustrato de vidrio es al menos aproximadamente 0,010 y un ratio de
 MgO/CaO de la composición del sustrato de vidrio es al menos aproximadamente 0,45.

25 26. El dispositivo fotovoltaico de 21, en el cual un ratio $((\text{Al}_2\text{O}_3/\text{Na}_2\text{O}) * (\text{MgO}/\text{CaO}))$ del
 sustrato de vidrio es al menos aproximadamente 0,030.

27. El dispositivo fotovoltaico de 21, en el cual el ratio $((\text{Al}_2\text{O}_3/\text{Na}_2\text{O}) * (\text{MgO}/\text{CaO}))$ es al
 menos aproximadamente 0,035.

28. El dispositivo fotovoltaico de 25, en el cual el ratio de MgO/CaO es al menos
 aproximadamente 0,47.

30 29. El dispositivo fotovoltaico de 21, en el cual una transmisión del electrodo frontal y el
 sustrato de vidrio frontal tomados en conjunto, en la película semiconductor, es al menos el
 80% de al menos una parte sustancial de un rango de longitud de onda de desde
 aproximadamente 450-600 nm.

35 30. El dispositivo fotovoltaico de 21, en el cual el sustrato de vidrio y/o el electrodo frontal
 junto con el sustrato de vidrio tiene un valor de turbidez de desde aproximadamente 8-95%,
 más preferiblemente desde aproximadamente 8-30%.

31. El dispositivo fotovoltaico de 21, en el cual el sustrato de vidrio tiene un contenido total de
 hierro (Fe_2O_3), en términos de % en peso, de no más de aproximadamente 0,05%.

32. El dispositivo fotovoltaico de 21, en el cual el dispositivo fotovoltaico es una célula solar

de película delgada de silicio amorfo de unión simple o micromorfa.

33. Un método de fabricación de un dispositivo fotovoltaico, el método comprendiendo:

la proporción de un sustrato de vidrio;

5

la texturización de al menos una superficie principal del sustrato de vidrio utilizando al menos un rodillo, a una temperatura de desde alrededor de 570 a 750 grados centígrados para formar una superficie texturizada del sustrato de vidrio;

después de dicha texturización, la formación de forma pirolítica de un recubrimiento basado en óxido conductor transparente que comprende óxido de estaño sobre la superficie texturizada del sustrato de vidrio; y

10

la utilización del recubrimiento basado en óxido conductor transparente formado de forma pirolítica, formado sobre la superficie texturizada del sustrato de vidrio, como un electrodo frontal en un dispositivo fotovoltaico.

Reivindicaciones

1. Un dispositivo fotovoltaico que comprende:

un sustrato de vidrio a base de sílice sodocálcico (1);

una película semiconductor;

5 un electrodo frontal conductor pirolítico sustancialmente transparente (3) que comprende óxido de estaño proporcionado entre al menos el sustrato de vidrio (1) y la película semiconductor; y

10 donde una superficie del sustrato de vidrio a base de sílice sodocálcico (1), sobre la cual se proporciona el electrodo frontal pirolítico que comprende óxido de estaño, se texturiza para que tenga una superficie texturizada (1a) con una rugosidad media de superficie de aproximadamente 1 a 500 μm , y caracterizado en que dicha texturización se obtiene mediante el uso de al menos un rodillo en o poco después de un baño de estaño utilizado en la fabricación del sustrato de vidrio para texturizar la superficie, para causar un patrón prismático que comprende una densidad característica de al menos diez caracteres por cm^2 .

15 2. El dispositivo fotovoltaico de la reivindicación 1, en el cual el electrodo frontal (3) comprende óxido de cinc dopado con uno o más de Al, B o Ga.

3. El dispositivo fotovoltaico de la reivindicación 1, en el cual la rugosidad media de superficie de la superficie del sustrato de vidrio (1) es de aproximadamente 1 a 200 μm .

20 4. El dispositivo fotovoltaico de la reivindicación 1, en el cual un ratio $((\text{Al}_2\text{O}_3/\text{Na}_2\text{O}) * (\text{MgO}/\text{CaO}))$ de una composición del sustrato de vidrio (1) es al menos aproximadamente 0,010 y un ratio MgO/CaO de la composición del sustrato de vidrio es al menos aproximadamente 0,45.

5. El dispositivo fotovoltaico de la reivindicación 1, en el cual un ratio $((\text{Al}_2\text{O}_3/\text{Na}_2\text{O}) * (\text{MgO} / \text{CaO}))$ del sustrato de vidrio (1) es al menos aproximadamente 0,030.

25 6. El dispositivo fotovoltaico de la reivindicación 1, en el cual el ratio $((\text{Al}_2\text{O}_3/\text{Na}_2\text{O}) * (\text{MgO} / \text{CaO}))$ es de al menos aproximadamente 0,035.

7. El dispositivo fotovoltaico de la reivindicación 4, en el cual el ratio MgO/CaO es al menos aproximadamente 0,47.

30 8. El dispositivo fotovoltaico de la reivindicación 1, en el cual una transmisión del electrodo frontal (3) y el sustrato de vidrio frontal (1) considerados en su conjunto, en la película semiconductor, es al menos el 80% en al menos una parte sustancial de un rango de longitud de onda de aproximadamente 450-600 nm.

9. El dispositivo fotovoltaico de la reivindicación 1, en el cual el sustrato de vidrio y/o el electrodo frontal junto con el sustrato de vidrio (1) tienen un valor de turbidez de aproximadamente 8-95%, más preferiblemente de aproximadamente 8-30%.

35 10. El dispositivo fotovoltaico de la reivindicación 1, en el cual el sustrato de vidrio (1) tiene un contenido total de hierro (Fe_2O_3), en términos de porcentaje en peso, de no más de aproximadamente 0,05%.

11. El dispositivo fotovoltaico de la reivindicación 1, en el cual el dispositivo fotovoltaico es una célula solar de unión simple de silicio amorfo de película delgada o micromorfa.

40 12. Un método de fabricación de un dispositivo fotovoltaico, constando el método en:

ES 2 418 355 T3

proporcionar un sustrato de vidrio;

5 texturizar al menos una superficie principal del sustrato de vidrio utilizando al menos un rodillo, a una temperatura de desde aproximadamente 570 a 750 grados centígrados para formar una superficie texturizada que tiene un patrón prismático que comprende una densidad característica de al menos diez caracteres por cm^2 ;

después de dicho texturizado, formar de forma pirolítica un recubrimiento basado en óxido conductor transparente que comprende óxido de estaño en la superficie texturizada del sustrato de vidrio; y

10 usar el recubrimiento basado en óxido conductor transparente formado de forma pirolítica, formado en la superficie texturizada del sustrato de vidrio, como un electrodo frontal en un dispositivo fotovoltaico.

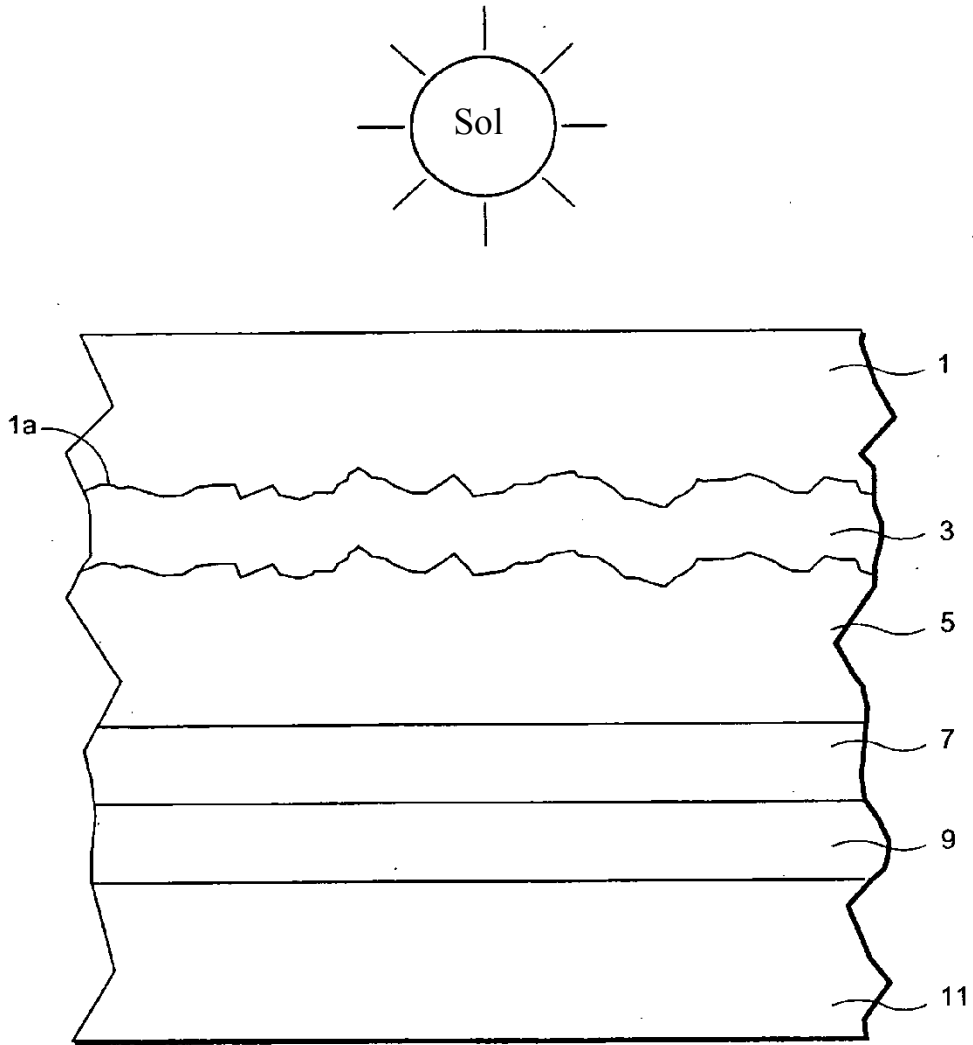


Fig. 1

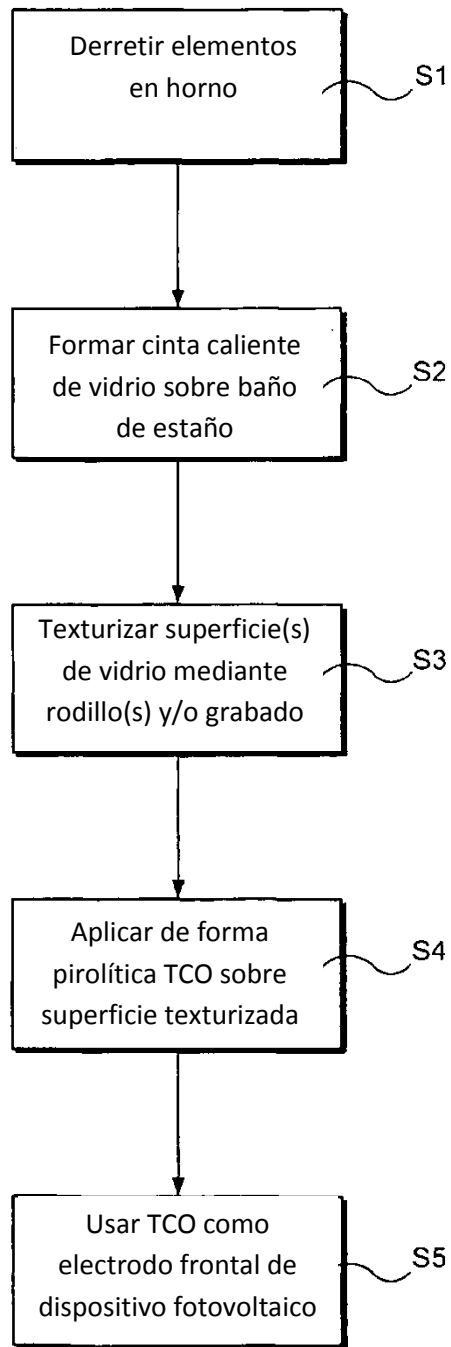


Fig. 2