

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 637 754**

51 Int. Cl.:

C03C 3/087 (2006.01)

C03B 13/08 (2006.01)

H01L 31/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **25.04.2006 PCT/US2006/015476**

87 Fecha y número de publicación internacional: **16.11.2006 WO06121601**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **25.04.2006 E 06751259 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **05.07.2017 EP 1917219**

54 Título: **Célula solar que utiliza vidrio de alta transmisión pobre en hierro con antimonio y método correspondiente**

30 Prioridad:

05.05.2005 US 122218

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

16.10.2017

73 Titular/es:

**GUARDIAN INDUSTRIES CORP. (100.0%)
2300 HARMON ROAD
AUBURN HILLS, MI 48326-1714, US**

72 Inventor/es:

**THOMSEN, SCOTT, V.;
LANDA, KSENIA, A.;
HULME, RICHARD;
LONGOBARDO, ANTHONY;
LANDA, LEONID y
BROUGHTON, ANNA**

74 Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 2 637 754 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

Célula solar que utiliza vidrio de alta transmisión pobre en hierro con antimonio y método correspondiente

5 Esta invención se refiere a un vidrio de bajo contenido de hierro de alta transmisión, que incluye antimonio, para uso en células solares o similares. También se proporciona un método. En ciertas realizaciones de ejemplo, la composición de vidrio usada para el vidrio es una composición de vidrio de bajo contenido de hierro que incluye antimonio. El sustrato de vidrio usado en una célula solar puede estar estampado en ciertas realizaciones de ejemplo de esta invención.

10

Antecedentes y sumario de ejemplos de realización de la invención

15 Las células solares son conocidas en la técnica. Una célula solar puede incluir, por ejemplo, una película de transferencia fotoeléctrica formada por una o más capas situadas entre un par de sustrato. Estas capas pueden estar soportadas por un sustrato de vidrio. Ejemplo de células solares se describen en las patentes US 4510344, 4806436, 6506622, 5977477 y JP 07-122764. También se conocen composiciones de vidrio a partir de los documentos EP 1116699 y JP 01239037.

20 Todavía existe una necesidad de una composición de vidrio más eficiente en aplicaciones de células solares, como se desprende de las siguientes explicaciones más adelante.

La presente invención proporciona una solución de acuerdo con el objeto de las reivindicaciones independientes. Las características opcionales de las reivindicaciones dependientes proporcionan mejoras adicionales.

25 El(los) sustrato(s), a veces llamados superestrato(s), en una célula solar a veces están hechos de vidrio. A veces es deseable un vidrio de color bastante claro y altamente transmisible a la luz visible. Las materias primas de vidrio (por ejemplo, arena de sílice, carbonato de sodio, dolomita y/o piedra caliza) normalmente incluyen ciertas impurezas tales como hierro, que es un colorante. La cantidad total de hierro presente se expresa aquí en términos de Fe_2O_3 de acuerdo con la práctica habitual. Sin embargo, normalmente, no todo el hierro está en el de Fe_2O_3 . En su lugar, el hierro suele estar presente tanto en el estado ferroso (Fe^{2+} ; expresado aquí como FeO , aunque todo el hierro en estado ferroso en el vidrio puede no estar en forma de FeO) y el estado férrico (Fe^{3+}). El hierro en estado ferroso (Fe^{2+} ; FeO) es un colorante azul-verde, mientras que el hierro en estado férrico (Fe^{3+}) es un colorante amarillo-verde. El colorante azul-verde del hierro ferroso (Fe^{2+} ; FeO) es particularmente preocupante cuando se trata de conseguir un vidrio de color bastante claro o neutro, ya que como colorante fuerte introduce un color significativo en el vidrio. Mientras que el hierro en el estado férrico (Fe^{3+}) es también un colorante, es menos preocupante cuando se busca conseguir un vidrio bastante claro en color ya que el hierro en el estado férrico tiende a ser más débil como colorante que su homólogo del estado ferroso.

40 Se ha encontrado que el uso de un vidrio de bajo contenido de hierro altamente transparente (opcionalmente estampado) es ventajoso para las aplicaciones de células solares. Se ha encontrado que el uso de la composición baja en hierro en combinación con la superficie(s) estampada del sustrato o sustratos de vidrio es ventajoso con respecto a las propiedades ópticas, lo que conduce a una mayor eficiencia solar de una célula solar.

45 El sustrato de vidrio de célula solar tiene una transmisión visible de al menos aproximadamente 90 %. Para fabricar dicho vidrio, un lote para el mismo incluye un vidrio de base (por ejemplo, vidrio de sílice de sosa y sílice) y además comprende (o consiste esencialmente en ciertas otras realizaciones) una cantidad muy pequeña de hierro total.

50 En el pasado, algunos han tratado de utilizar óxido de cerio en vidrio para aplicaciones de células solares como oxidante. Sin embargo, se ha encontrado que el uso de cantidades significativas de óxido de cerio en el vidrio de células solares puede dar lugar a una pérdida de transmisión solar después de la exposición a los rayos ultravioletas (UV), que por supuesto no es deseable. Por lo tanto, en ciertas realizaciones de ejemplo de esta invención, el uso de óxido de cerio es sustancialmente evitado.

55 A este respecto, se ha encontrado sorprendentemente que el uso de antimonio (por ejemplo, en forma de un óxido de antimonio (Sb)) en un vidrio de bajo contenido de hierro de baja emisión para células solares o similares da como resultado un vidrio que no necesita sufrir del problema antes mencionado asociado con el óxido de cerio. Por consiguiente, en ciertos ejemplos de realización de esta invención, se proporciona antimonio (Sb) en vidrio de alta transmisión de bajo hierro. Por lo tanto, el vidrio resultante puede incluir antimonio (Sb) y estar sustancialmente libre de óxido de cerio para conseguir una buena estabilidad del rendimiento solar (por ejemplo, pérdida total o no de la transmisión solar total después de la exposición UV o solar).

60 En ciertas realizaciones de ejemplo, el sustrato de vidrio estampado puede tener un color bastante claro que puede ser ligeramente amarillento (un valor b^* positivo es indicativo de color amarillento). El sustrato de vidrio estampado se caracteriza por una transmisión visible de al menos 90 %, un valor solar/energético total de al menos 90 %, un valor de color a^* transmisor de -1,0 a +1,0 (más preferiblemente de -0,5 a +0,5, y lo más preferiblemente de -0,2 a 0), y un valor de color b^* transmisor de 0 a +1,5 (más preferiblemente de +0,1 a +1,0 y lo más preferiblemente de

65

+0,2 a +0,7). Estas propiedades pueden realizarse con un ejemplo de grosor de cristal de referencia no limitativo de aproximadamente 3-4 mm.

En combinación con el uso de antimonio (Sb), el vidrio no tiene más de 0 o 0,01 % de óxido de cerio.

En los dibujos

La figura 1 es una vista en sección transversal de una célula solar de acuerdo con un ejemplo de realización de esta invención.

Descripción detallada de ciertos ejemplos de realización de esta invención

Un ejemplo de célula solar se ilustra en sección transversal en la figura 1. La célula solar incluye, por ejemplo y sin limitación, un sustrato de vidrio de alta transmisión 1, una película conductora 2 que puede ser transparente, una película de transferencia fotoeléctrica 3 que puede incluir una o más capas, un electrodo de superficie trasera 4 y un reflector opcional 5. En ciertas realizaciones de ejemplo, la película de transferencia fotoeléctrica 3 puede incluir una capa inclusiva de silicio tipo p, una capa inclusiva de silicio tipo i y una capa inclusiva de silicio de tipo n. Estas capas inclusivas de silicio pueden estar compuestas de silicio amorfo o cualquier otro tipo adecuado de semiconductor con dopantes adecuados en ciertas realizaciones de ejemplo de esta invención. Los electrodos 2, 4 pueden ser de un conductor transparente tal como óxido de zinc, o cualquier otro material adecuado en ciertas realizaciones de ejemplo de esta invención, y el reflector 5 puede ser de aluminio, plata o similar.

En ciertas realizaciones de ejemplo de esta invención, una o ambas superficies principales (por ejemplo, solo la superficie interior) del sustrato de vidrio 1 pueden estar estampadas. La luz tiende a ser refractada a la(s) interfaz(es) resultante de la formación de estampado del sustrato de vidrio (1), provocando así que la luz continúe a través de la(s) capa(s) semiconductor en un ángulo o ángulos tal que la trayectoria sea más larga. Como resultado, se puede absorber más luz por la célula solar y se puede mejorar/aumentar la corriente de salida y/o la eficiencia. La(s) superficie(s) estampada(s) del sustrato de vidrio (1) tienen una rugosidad superficial (entre picos de valles) de aproximadamente 0,1 a 1,5 µm, más preferiblemente de aproximadamente 0,5 a 1,5 µm. En ciertas realizaciones de ejemplo de esta invención, el sustrato de vidrio 1 tiene una o más superficies que están estampadas para tener una característica de ondulación definida en ellas. En la figura 1, solo una superficie del sustrato de vidrio 1 es estampada, aunque en otras realizaciones de ejemplo ambas superficies del sustrato de vidrio pueden estar estampadas.

El estampado opcional se define preferiblemente en el sustrato de vidrio 1 durante el proceso de fabricación del vidrio. Un ejemplo de técnica para fabricar este vidrio con motivos es el siguiente. Se proporciona un horno o un fusor, al igual que un primer y un segundo rodillos opuestos que definen un estrechamiento entre ellos. Al menos uno de los rodillos tiene un estampado definido en una superficie del mismo, donde el estampado está constituido por una pluralidad de picos y valles. Una cinta de vidrio que sale del horno o del fusor es introducida en el estrechamiento entre los rodillos de formación de estampados y alcanza el estrechamiento a una temperatura de aproximadamente 1038 a 1316 grados C (1900 a 2400 grados F). En el estrechamiento, el estampado(s) del rodillo(s) se transfiere a la cinta de vidrio y, a continuación, la cinta de vidrio estampado sale de la línea de contacto a una temperatura de aproximadamente 593 a 871 grados C (1100 a 1600 grados F). Después de dejar el estrechamiento, la cinta de vidrio estampada es recocida y, a continuación, se puede cortar en una pluralidad de láminas. Estas láminas de vidrio pueden o no pueden ser tratadas térmicamente (por ejemplo, templadas térmicamente), y pueden usarse en aplicaciones de células solares tales como las mostradas en la figura 1. Ejemplos de técnicas para fabricar el sustrato de vidrio estampado 1 se ilustran y describen en las patentes US 6.796.146 y/o 6.372.327 (excepto que se utilizan diferentes tipos de estampados).

Ciertos vidrios para el sustrato estampado 1 de acuerdo con ejemplos de realización de esta invención utilizan vidrio plano de sosa-cal-sílice como su composición base/vidrio. Además de la composición de base/vidrio, se puede proporcionar una porción de colorante para conseguir un vidrio que sea bastante claro en color y/o tenga una transmisión visible alta. Un ejemplo de vidrio base sosa-cal-sílice de acuerdo con ciertas realizaciones de esta invención, sobre una base de porcentaje en peso, incluye los siguientes ingredientes básicos:

TABLA 1: EJEMPLO DE VIDRIO BASE

Ingrediente	Peso %
SiO ₂	67 - 75 %
Na ₂ O	10 - 20 %
CaO	5 - 15 %
MgO	0 - 7 %

ES 2 637 754 T3

Ingrediente	Peso %
Al ₂ O ₃	0 - 5 %
K ₂ O	0 - 5 %

Otros ingredientes secundarios, incluidos varios auxiliares de refinado convencionales, tales como SO₃, Carbono, y similares, también se pueden incluir en el vidrio de base. En ciertas realizaciones, por ejemplo, el vidrio de la presente invención se puede fabricar a partir de materias primas discontinuas, arena de sílice, carbonato de sodio, dolomita, piedra caliza, con el uso de sales de sulfato tales como escoria salina (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 ciertas realizaciones a modo de ejemplo, los cristales a base de sosa-cal-sílice incluyen en peso de aproximadamente 10-15 % de Na₂O y de aproximadamente 6-12 % de CaO.

Además del vidrio de base (por ejemplo, véase la Tabla 1 anterior), al preparar vidrio de acuerdo con ciertas realizaciones a modo de ejemplo de la presente invención, el lote de vidrio incluye materiales (incluyendo colorantes y/u oxidantes) que hacen que el vidrio resultante sea bastante neutro en color (ligeramente amarillo en ciertas realizaciones de ejemplo, indicado por un valor positivo de b*) y/o tienen una transmisión de luz visible elevada. Estos materiales pueden estar presentes en las materias primas (por ejemplo, pequeñas cantidades de hierro), o pueden añadirse a los materiales de vidrio base en el lote (por ejemplo, antimonio y/o similares). El vidrio resultante tiene una transmisión visible de al menos aproximadamente 90 % (a veces al menos 91 %) (Lt D65). En ciertos ejemplos no limitativos, tales altas transmisiones pueden alcanzarse con un espesor de cristal de referencia de aproximadamente 3 a 4 mm.

En ciertas realizaciones de esta invención, además del vidrio de base, el lote de vidrio y/o vidrio comprende o consiste esencialmente en materiales como se expone en la Tabla 2 siguiente (en términos de porcentaje en peso de las composiciones totales de vidrio):

TABLA 2: EJEMPLO DE MATERIALES ADICIONALES EN VIDRIO

Ingrediente	Más preferidos
Hierro total (expresado como Fe ₂ O ₃):	0,01 - 0,03 %
% FeO:	0,001 - 0,0025 %
Redox de vidrio (FeO/hierro total):	<= 0,04
Óxido de cerio:	0 - 0,01 %
Óxido de antimonio:	0,1 - 0,3 %
SO ₃ :	0,25 - 0,5 %
TiO ₂	0,01 - 0,04 %

En ciertas realizaciones de ejemplo, el antimonio puede añadirse al lote de vidrio en forma de uno o más de Sb₂O₃ y/o NaSbO₃. Observe también Sb(Sb₂O₅). El uso del término óxido de antimonio en la presente memoria significa antimonio en cualquier estado de oxidación posible, y no pretende limitarse a ninguna estequiometría particular.

En ciertas realizaciones preferidas, no hay óxido de cerio en el vidrio. En particular, la presencia de óxido de cerio puede tener un efecto perjudicial sobre la transmisión del vidrio después de la exposición a UV y/o luz solar. Esto se ha observado en 0,01 y 0,02 % en peso. Así, en ciertas realizaciones de ejemplo, el vidrio no contiene óxido de cerio. El vidrio resultante contiene de 0 a 0,01 % en peso de óxido de cerio.

El bajo redox de vidrio evidencia la naturaleza altamente oxidada del vidrio. Debido al antimonio (Sb), el vidrio se oxida a un contenido ferroso muy bajo (% FeO) mediante oxidación combinada con antimonio en forma de trióxido de antimonio (Sb₂O₃), antimoniito de sodio (NaSbO₃), piroantimonato de sodio (Sb (Sb₂O₅)), nitrato de sodio o potasio y/o sulfato sódico. En ciertas realizaciones de ejemplo, la composición del sustrato de vidrio 1 incluye al menos el doble de óxido de antimonio que el óxido de hierro total, en peso, más preferiblemente al menos aproximadamente tres veces más y lo más preferiblemente al menos aproximadamente cuatro veces más óxido de antimonio como óxido de hierro total.

En ciertas realizaciones de ejemplo de esta invención, la porción de colorante está sustancialmente libre de otros colorantes (distintos de las cantidades potencialmente traza). Sin embargo, debe apreciarse que pueden estar presentes en el vidrio otras cantidades de otros materiales (por ejemplo, auxiliares de refinado, coadyuvantes de fusión, colorantes y/o impurezas) en algunas otras realizaciones de esta invención sin apartarse del propósito(s) y/u objetivo(s) de la presente invención. Por ejemplo, en ciertas realizaciones de ejemplo de esta invención, la

composición de vidrio está sustancialmente libre de, o libre de, uno, dos, tres, cuatro o todos de: óxido de erbio, óxido de níquel, óxido de cobalto, óxido de neodimio, óxido de cromo y selenio. La frase "sustancialmente libre" significa no más de 2 ppm y posiblemente tan bajo como 0 ppm del elemento o material.

5 La cantidad total de hierro presente en el lote de vidrio y en el vidrio resultante, es decir, en la porción de colorante del mismo, se expresa aquí en términos de Fe_2O_3 de acuerdo con la práctica habitual. Esto, sin embargo, no implica que todo el hierro está realmente en forma de Fe_2O_3 (véase la discusión anterior a este respecto). Asimismo, la cantidad de hierro en el estado ferroso (Fe^{2+}) se denomina aquí FeO, aunque todo el hierro ferroso del estado en el lote de vidrio o vidrio puede no estar en forma de FeO. Como se mencionó anteriormente, el hierro en estado ferroso (10 Fe^{2+} ; FeO) es un colorante azul-verde, mientras que el hierro en estado férrico (Fe^{3+}) es un colorante amarillo-verde; y el colorante azul-verde del hierro ferroso es de particular preocupación, ya que como colorante fuerte introduce un color significativo en el vidrio que a veces puede ser indeseable cuando se trata de conseguir un color neutro o claro.

15 El uso de antimonio (por ejemplo, en forma de óxido de antimonio) como oxidante en el lote de vidrio actúa como decolorante puesto que durante la fusión del lote de vidrio provoca que el hierro se encuentre en estado ferroso (Fe^{2+} ; FeO) para oxidarse al estado férrico (Fe^{3+}). Este papel del antimonio como oxidante disminuye la cantidad de hierro del estado ferroso que queda en el vidrio resultante. La presencia de óxido de antimonio en el lote de vidrio causa que una cantidad de colorante azul-verde fuerte de hierro ferroso (Fe^{2+} ; FeO) se oxide en el colorante de 20 hierro férrico amarillo-verde más débil (Fe^{3+}) durante el derretimiento del vidrio (nota: algunos estados de hierro ferroso normalmente permanecerán en el vidrio resultante). La oxidación del hierro antes mencionada tiende a reducir la coloración del vidrio y también hace que la transmisión visible aumente. Cualquier color amarillento causado por la oxidación del hierro en el hierro en estado férrico (Fe^{3+}) (es decir, b^* positivo) es aceptable en aplicaciones de células solares y no necesita ser compensado por la adición de otros colorantes ahorrando así el 25 coste en ciertas realizaciones de ejemplo de esta invención.

Los expertos en la técnica apreciarán que la adición de óxido de antimonio da como resultado un vidrio con un valor "redox" más bajo (es decir, menos hierro en el estado ferroso FeO). En este sentido, la proporción del hierro total en el estado ferroso (FeO) se utiliza para determinar el estado redox del vidrio, y el redox se expresa como la relación 30 $\text{FeO}/\text{Fe}_2\text{O}_3$, que es el porcentaje en peso (%) de hierro en el estado ferroso (FeO) dividido por el porcentaje en peso (%) de hierro total (expresado como Fe_2O_3) en el vidrio resultante. Debido al menos a la presencia del óxido de antimonio, el redox de vidrio de acuerdo con ciertas realizaciones a modo de ejemplo de esta invención es muy bajo como se mencionó anteriormente, y la cantidad de hierro en el estado ferroso (FeO) también será baja como se ha discutido anteriormente.

35 Se observa que el vidrio de acuerdo con ciertas realizaciones a modo de ejemplo de esta invención se realiza a menudo a través del conocido proceso de flotación en el que se utiliza un baño de estaño. Por lo tanto, los expertos en la técnica apreciarán que como resultado de la formación del vidrio sobre estaño fundido en ciertas realizaciones a modo de ejemplo, pequeñas cantidades de óxido de estaño o estaño pueden migrar en las áreas superficiales del 40 vidrio en el lado que estaba en contacto con el baño de estaño durante la fabricación (es decir, normalmente, el vidrio flotado puede tener una concentración de óxido de estaño de 0,05 % o más (en peso) en los primeros micrómetros por debajo de la superficie que estaba en contacto con el baño de estaño).

45 En vista de lo anterior, los cristales de acuerdo con ciertas realizaciones de ejemplo de esta invención logran un color neutro o sustancialmente claro y/o una transmisión visible alta. En ciertas realizaciones, los vidrios resultantes de acuerdo con ciertas realizaciones a modo de ejemplo de esta invención pueden caracterizarse por una o más de las siguientes características ópticas o de color transmisivas cuando se miden con un espesor de aproximadamente 1 mm a 6 mm (lo más preferiblemente un espesor de aproximadamente 3 - 4 mm, que es un grosor no limitativo utilizado solo como referencia) (L_{ta} es el % de transmisión visible). Se observa que en la tabla siguiente los valores 50 de color a^* y b^* se determinan por III. D65, 10 grados Obs.

TABLA 3: CARACTERÍSTICAS DE VIDRIO DEL EJEMPLO DE REALIZACIONES

Característica	Más preferido	Más preferido
L_{ta} (Lt D65):	≥ 90 %	≥ 91 %
% Te (ISO 9050):	≥ 90 %	≥ 91 %
% FeO (p. %):	$\leq 0,003$ %	$\leq 0,0020$ %
L^* (III. D65, 10 grados):	n/A	n/A
a^* (III. D65, 10 grados):	-0,5 a +0,5	-0,2 a 0,0
b^* (III. D65, 10 grados):	+0,1 a +1,0	+0,2 a +0,7

55 Las características antes mencionadas del sustrato de vidrio 1 son para el sustrato de vidrio solo, no para el módulo

de células solares o celdas solares globales.

Como puede verse en la Tabla 3 anterior, los cristales para el sustrato 1 de ciertas realizaciones de esta invención alcanzan características deseadas de color bastante claro y/o transmisión visible alta, con un color b* ligeramente positivo en ciertas realizaciones, mientras que no se requiere eliminar el hierro de la composición de vidrio. Esto se puede lograr proporcionando las combinaciones de materiales únicas descritas en la presente memoria.

Ejemplos 1-2

Ejemplos de cristales para los sustratos 1 se prepararon y ensayaron de acuerdo con ejemplos de realización de esta invención. Los vidrios de esta invención pueden fabricarse a partir de ingredientes discontinuos utilizando técnicas de fusión y refinado de vidrio bien conocidas. Las composiciones de las gafas de acuerdo con los ejemplos se exponen a continuación. Todas las cantidades de ingredientes son en términos de porcentaje en peso.

TABLA 4: EJEMPLOS

Compuesto	Ej. 1	Ej. 2
SiO ₂ :	71,78	71,21
Na ₂ O:	13,59	13,71
CaO:	9,23	9,69
MgO	4,07	4,06
Al ₂ O ₃ :	0,59	0,8
K ₂ O:	0,28	0,03
SO ₃ :	0,416	0,437
TiO ₂ :	0,012	0,012
Fe ₂ O ₃ (Hierro total):	0,027	0,024
Óxido de cerio:	0	0
Cr ₂ O ₃ :	0,0008	0,0008
Sb ₂ O ₃ :	0,2	0,2
Vidrio Redox:	0,04	0,025

Las características solares para los vidrios de ejemplo resultantes fueron las siguientes en la tabla siguiente, con las medidas siguientes tomadas después de la fusión y formación del vidrio. Se observa que Lta (% de transmisión visible) se mide de acuerdo con Ill. D65, % te (energía total o total solar) se midió de acuerdo con la norma ISO 9050 (incorporada aquí como referencia), y se midieron las coordenadas de color L*, a* y b* transmisibles usando Ill. D65, observador de 10 grados. Todas las muestras eran de 3 - 4 mm de espesor.

CARACTERÍSTICAS DE LOS EJEMPLOS 1-2

Característica	Ej. 1	Ej. 2
% Lta	91,48	91,65
% te	91,35	91,53
Fe ₂ O ₃ (% Total de hierro):	0,027	0,024
FeO (% en peso)	0,0011	0,0006
L*	96,67	96,72
a*	-0,08	-0,04
b*	+0,41	+0,38
Vidrio Redox:	0,04	0,025

Una vez dada la descripción anterior, muchas otras características, modificaciones y mejoras serán evidentes para el experto en la técnica. Tales características, modificaciones y mejoras se consideran, por tanto, como parte de esta invención, cuyo alcance debe determinarse mediante las siguientes reivindicaciones:

REIVINDICACIONES

1. Una célula solar que comprende:

- 5 un sustrato de vidrio;
una película fotoeléctrica soportada al menos por el sustrato de vidrio;
en la que el sustrato de vidrio es de una composición que comprende:

Ingrediente	% en peso
Hierro total (expresado como Fe ₂ O ₃)	0,01 al 0,06 %
Óxido de antimonio	0,01 al 0,5 %

10 en la que el sustrato de vidrio tiene una transmisión de luz visible de al menos el 90 %, un valor de color a* transmisivo de -1,0 a +1,0 y un valor de color b* transmisivo positivo,

15 en la que el sustrato de vidrio es un sustrato de vidrio estampado, en donde al menos una superficie del sustrato de vidrio estampado tiene una rugosidad superficial de aproximadamente 0,1 a 1,5 µm; en donde la película fotoeléctrica está dispuesta entre las capas conductora primera y segunda;

en la que el sustrato de vidrio es de una composición que comprende:

Ingrediente	% en peso
SiO ₂	67 - 75 %
Na ₂ O	10 - 20 %
CaO	5 - 15 %
Hierro total (expresado como Fe ₂ O ₃)	0,01 a 0,03 %
Óxido de cerio	0 a 0,01 %
Óxido de antimonio	0,1 a 0,3 %
Redox de vidrio	<= 0,10

20 en la que el sustrato de vidrio tiene un valor de color b* transmisivo por debajo de +1,5.

2. La célula solar de la reivindicación 1, en la que el sustrato de vidrio tiene un valor redox (FeO/Fe₂O₃) no mayor de 0,06.

25 3. La célula solar de la reivindicación 1, en la que el sustrato de vidrio tiene un valor redox (FeO/Fe₂O₃) no mayor de 0,04.

30 4. La célula solar de la reivindicación 1, en la que el sustrato de vidrio tiene un valor total de energía solar y/o total (te) de al menos el 90 %.

5. La célula solar de la reivindicación 1, en la que el sustrato de vidrio comprende menos del o igual al 0,003 % de FeO.

35 6. La célula solar de la reivindicación 1, en la que el sustrato de vidrio comprende menos del 0,002 % de FeO.

7. La célula solar de la reivindicación 1, en la que el sustrato de vidrio comprende no más de 2 ppm de dos o más de óxido de erbio, óxido de níquel, óxido de cobalto, óxido de neodimio, óxido de cromo, óxido de cerio y selenio.

40 8. La célula solar de la reivindicación 1, en la que el sustrato de vidrio está sustancialmente libre de cada uno de óxido de erbio, óxido de níquel, óxido de cerio, óxido de cobalto, óxido de neodimio, óxido de cromo y selenio.

9. La célula solar de la reivindicación 2, en la que el sustrato de vidrio comprende no más de 2 ppm de óxido de erbio, óxido de cerio y óxido de níquel.

45 10. La célula solar de la reivindicación 1, en la que al menos una superficie del sustrato de vidrio estampado está modelada de manera que tiene una rugosidad superficial de aproximadamente 0,5 a 1,5 µm.

11. La célula solar de la reivindicación 1, en la que el sustrato de vidrio tiene un valor de color a* transmisivo de -0,5

a +0,5 y un valor de color b* transmisivo de +0,1 a +1,0.

5 12. La célula solar de la reivindicación 1, en la que la composición del sustrato de vidrio tiene un contenido total de hierro del 0,01 al 0,045 %.

13. La célula solar de la reivindicación 1, en la que la composición del sustrato de vidrio incluye más óxido de antimonio que óxido de hierro total.

10 14. La célula solar de la reivindicación 1, en la que la composición del sustrato de vidrio incluye al menos el doble de óxido de antimonio que de óxido de hierro total, en peso.

15 15. Un método para fabricar vidrio estampado para una célula solar, comprendiendo el método:
 proporcionar un lote de vidrio fundido en un horno o fusor que comprende el 67 - 75 % de SiO₂, del 0,01 al 0,06 % de hierro total y óxido de antimonio;
 enviar una cinta de vidrio desde el horno o fusor a un estrechamiento entre el primer y el segundo rodillos, teniendo al menos uno de los rodillos un estampado definido en una superficie del mismo, en donde la cinta de vidrio alcanza el estrechamiento a una temperatura de aproximadamente 1038 a 1316 grados C (1900 a 2400 grados F);
 20 en el estrechamiento, transferir el estampado del rodillo(s) a la cinta de vidrio;
 estando la cinta de vidrio a una temperatura de aproximadamente 593 a 871 grados C (1100 a 1600 grados F) al salir del estrechamiento;
 recocer la cinta de vidrio al menos después de que la cinta salga del estrechamiento, proporcionando de este modo un vidrio estampado que tiene una transmisión visible de al menos el 90 %, de del 0,01 al 0,06 % de hierro total y del 0,01 al 0,5 % de óxido de antimonio,

25 en el que el vidrio estampado tiene no más del 0,04 % de óxido de cerio, un valor de color a* transmisivo de -0,5 a +0,5 y un valor de color b* transmisivo de +0,1 a +1,0, y

30 en donde el vidrio estampado es de una composición que comprende:

Ingrediente	% en peso
SiO ₂	67 - 75 %
Na ₂ O	10 - 20 %
CaO	5 - 15 %
Hierro total (expresado como Fe ₂ O ₃)	0,01 al 0,03 %
Óxido de cerio	0 a 0,01 %
Óxido de antimonio	0,1 a 0,3 %
Redox de vidrio	<= 0,10

35 16. La célula solar de la reivindicación 1, en la que el sustrato de vidrio está libre de óxido de erbio, óxido de cerio y óxido de níquel.

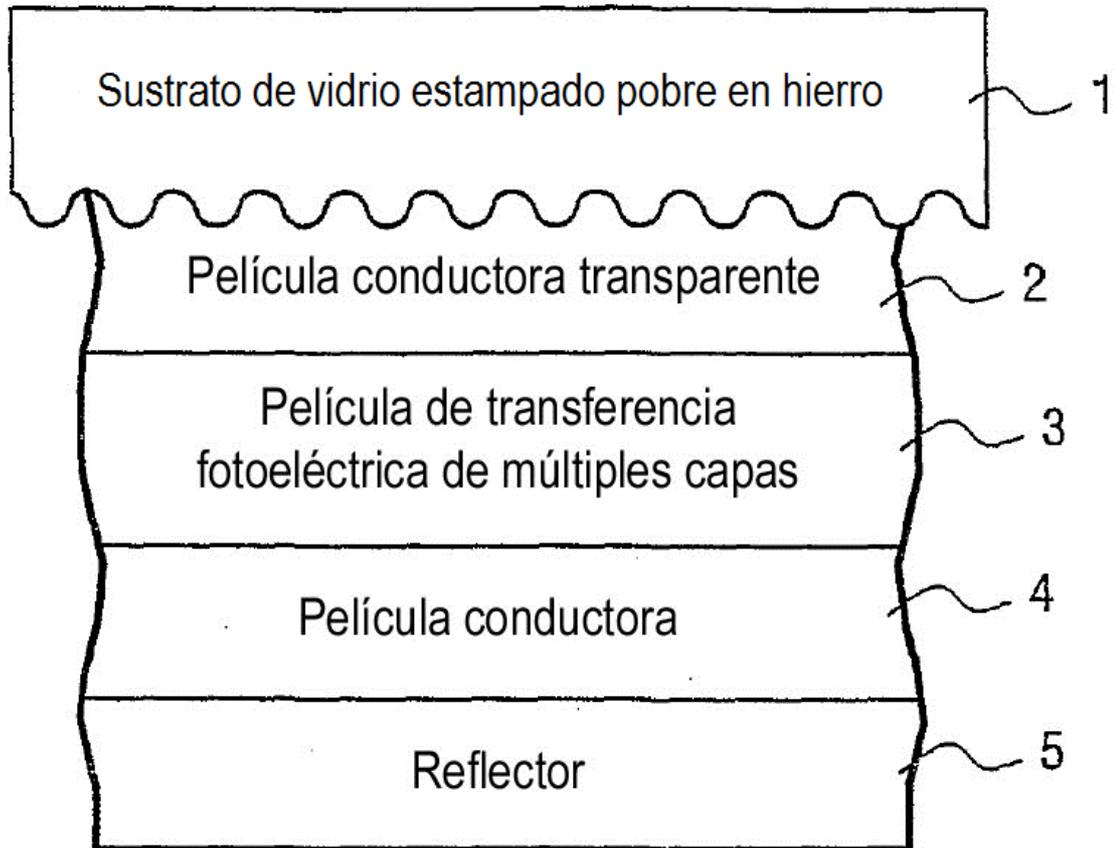


Fig. 1