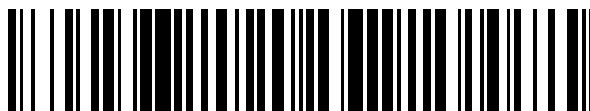


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 618 428**

51 Int. Cl.:

C03B 18/14 (2006.01)

H01L 31/052 (2006.01)

H01L 31/042 (2006.01)

F24J 2/08 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **11.04.2011** **PCT/US2011/000643**

87 Fecha y número de publicación internacional: **10.11.2011** **WO2011139324**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **11.04.2011** **E 11716093 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **07.12.2016** **EP 2563730**

54 Título: **Método de elaboración de conjuntos de lentes cilíndricas de vidrio impreso para sistemas fotovoltaicos de concentración**

30 Prioridad:

26.04.2010 US 662628

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

21.06.2017

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

KRASNOV, ALEXEY y
DEN BOER, WILLEM

74 Agente/Representante:

RIZZO, Sergio

ES 2 618 428 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

Método de elaboración de conjuntos de lentes cilíndricas de vidrio impreso para sistemas fotovoltaicos de concentración

CAMPO DE LA INVENCION

- 5 **[0001]** Determinados ejemplos de modos de realización de la presente invención se refieren a sistemas fotovoltaicos solares mejorados, y/o métodos de elaboración de los mismos. Más concretamente, determinados ejemplos de modos de realización de la presente invención se refieren a vidrio impreso que puede utilizarse como un conjunto de lentes cilíndricas en una aplicación fotovoltaica concentrada, y/o métodos de elaboración de los mismos. En determinados ejemplos de modos de realización, los conjuntos de lentes pueden utilizarse en combinación con tiras de células solares y/o sistemas de seguimiento en un eje. Dichas técnicas pueden ayudar de forma ventajosa a reducir el coste por vatio relacionado, en parte, con la cantidad potencialmente reducida de material semiconductor utilizado para dichos ejemplos de modos de realización.

ANTECEDENTES Y SUMARIO DE LOS EJEMPLOS DE MODOS DE REALIZACIÓN DE LA INVENCION

- 15 **[0002]** Los dispositivos fotovoltaicos son conocidos en el ámbito de especialización (p. ej., véase las patentes de los Estados Unidos con número 6,784,361, 6,288,325, 6,613,603 y 6,123,824). Algunos módulos fotovoltaicos convencionales utilizan un gran número de obleas de silicio cristalino (c-Si). La inclusión de un gran número de obleas de c-Si tiende a dominar el coste del módulo fotovoltaico en su conjunto. De hecho, aproximadamente el 60 % de los costes derivados de la producción de módulos fotovoltaicos convencionales se atribuye a las células solares de c-Si. Para resolver este problema, se han propuesto sistemas fotovoltaicos de concentración (CPV, por sus siglas en inglés), en los que la luz del sol se enfoca con factores de concentración de 100x a 1000x. Los cálculos sugieren que un factor de concentración de aproximadamente 10x debería permitir la producción de un sistema fotovoltaico que utiliza al menos un 90 % menos de material de silicio.

- 20 **[0003]** No obstante, desafortunadamente, los sistemas fotovoltaicos de concentración actuales utilizan costosas células solares multiunión de alta eficiencia, costosos sistemas de seguimiento en dos ejes, y/u ópticas de concentración relativamente costosas. En consecuencia, estos sistemas tienen dificultades para competir con otras soluciones fotovoltaicas debido al coste por vatio.

- 25 **[0004]** El documento WO 2009/020778 A2 se refiere a la fabricación de un vidrio concentrador para un módulo solar. Se sugiere proporcionar un material de vidrio en estado fundido, procesar el material de vidrio en estado fundido para formar una cinta de vidrio que incluye una primera superficie y una segunda superficie, y someter la primera superficie a uno o más elementos de tambor para formar una pluralidad de estructuras de concentración.

- 30 **[0005]** La referencia WO 2009/137816 A2 se refiere a la captación de energía solar mediante una célula solar fotovoltaica y trata de la mejora de la captación de energía solar, la reducción de los costes asociados con la fabricación de la captación de energía solar, y la mejora de la versatilidad y la simplicidad de los dispositivos colectores solares. Un dispositivo colector solar expuesto comprende un conjunto de lentes de barra dispuestas una al lado de otra, y una tira fotovoltaica dispuesta sobre cada una de las lentes de barra.

35 **[0006]** La presente invención proporciona una solución de acuerdo con el objeto de las reivindicaciones independientes.

- 40 **[0007]** En consecuencia, se apreciará que en este ámbito de especialización se necesita un sistema CPV sencillo de bajo coste, junto con células solares de bajo coste y ópticas de concentración de bajo coste, y/o métodos de elaboración de los mismos.

[0008] Un aspecto de determinados ejemplos de modos de realización se refiere a un conjunto de lentes cilíndricas de vidrio impreso, y/o métodos de elaboración del mismo.

[0009] Otro aspecto de determinados ejemplos de modos de realización se refiere al uso de dicho conjunto de lentes cilíndricas para enfocar luz sobre células solares sustancialmente elongadas o tiras de células solares.

- 45 **[0010]** Otro aspecto de determinados ejemplos de modos de realización se refiere a sistemas de seguimiento en un eje, y/o métodos de elaboración y/o utilización de los mismos.

[0011] En determinados ejemplos de modos de realización de la presente invención, se proporciona un método de elaboración de un conjunto de lentes para su utilización en un módulo fotovoltaico solar. El vidrio se elabora utilizando un proceso de flotación que incluye una línea de vidrio flotado. El vidrio se imprime utilizando una

pluralidad de rodillos dispuestos a lo largo de la línea de vidrio flotado para formar una pluralidad de primeras lentes orientadas a lo largo de un eje común. Cada rodillo tiene unos perfiles tales que se imprime cada dicha primera lente para que tenga al menos una superficie principal convexa cuando se la observa en sección transversal lateral.

- 5 **[0012]** En determinados ejemplos de modos de realización de la presente invención, se proporciona un método de elaboración de un módulo fotovoltaico solar. Se proporciona un conjunto de lentes que comprende una pluralidad de lentes orientadas a lo largo de un eje común, imprimiéndose las lentes mediante rodillos dispuestos a lo largo de una línea de vidrio flotado, y teniendo cada lente al menos una superficie principal convexa cuando se la observa en sección transversal lateral. Se proporciona una pluralidad de células solares elongadas, comprendiendo cada dicha célula solar c-Si. El conjunto de lentes se orienta en relación con las células solares de forma que cada dicha lente está dispuesta para concentrar la luz incidente sobre la misma sustancialmente en una dimensión sobre las células solares elongadas. En determinados ejemplos, se elabora un módulo fotovoltaico solar de esta forma, y el módulo fotovoltaico se conecta a un sistema de seguimiento en un eje con una inclinación fija, pudiendo moverse el sistema de seguimiento en un eje con el fin de coincidir con el movimiento de este a oeste del sol.

- 20 **[0013]** En determinados ejemplos de modos de realización de la presente invención, se proporciona un método de elaboración de un sistema fotovoltaico solar. Se proporciona al menos un conjunto de lentes que comprende una pluralidad de lentes orientadas a lo largo de un eje común, imprimiéndose las lentes mediante rodillos dispuestos a lo largo de una línea de vidrio flotado, y teniendo cada lente al menos una superficie principal convexa cuando se la observa en sección transversal lateral. El menos un conjunto de lentes se orienta en relación con una pluralidad de células solares elongadas que comprenden c-Si de forma que cada dicha lente está dispuesta para concentrar la luz incidente sustancialmente en una dimensión sobre las células solares elongadas. El al menos un conjunto de lentes y la pluralidad de células solares elongadas se integran en un sistema de seguimiento en un eje que puede moverse con el fin de coincidir con el movimiento de este a oeste del sol.

- 30 **[0014]** En determinados ejemplos de modos de realización de la presente invención, se proporciona un método de elaboración de un sistema fotovoltaico solar. Se proporciona al menos un conjunto de lentes que comprende una pluralidad de lentes orientadas a lo largo de un eje común, imprimiéndose las lentes mediante rodillos dispuestos a lo largo de una línea de vidrio flotado, y teniendo cada lente al menos una superficie principal convexa cuando se la observa en sección transversal lateral. Se proporciona una tubería en un lado donde no incide la luz del al menos un conjunto de lentes, siendo adecuada la tubería para conducir líquido a través de sí misma y teniendo al menos una célula solar elongada que comprende c-Si dispuesta sobre la misma cerca de una ubicación de entrada de líquido o sobre la misma. El al menos un conjunto de lentes se orienta en relación con la tubería de forma que cada dicha lente está dispuesta para concentrar la luz incidente sobre la misma sustancialmente en una dimensión sobre la tubería de forma que, en funcionamiento, se genera electricidad por medio de la al menos una célula solar elongada y de forma que se caliente el líquido desde una temperatura inicial en la ubicación de entrada de líquido hasta una temperatura elevada a medida que el líquido se mueve a través de la tubería hacia una ubicación de salida de líquido.

- 40 **[0015]** En determinados ejemplos de modos de realización de la presente invención, se proporciona un sistema fotovoltaico. Se proporciona una pluralidad de células solares elongadas, comprendiendo cada dicha célula solar c-Si. Se proporciona un conjunto de lentes que comprende una pluralidad de lentes orientadas a lo largo de un eje común, estando configurada cada dicha lente para concentrar la luz incidente sustancialmente en una dimensión sobre las células solares elongadas, y teniendo cada dicha lente un factor de concentración de 3x-30x.

- 45 **[0016]** En determinados ejemplos de modos de realización de la presente invención, se proporciona un sistema fotovoltaico. Se proporciona una pluralidad de células solares elongadas. Se proporciona un conjunto de lentes que comprende una pluralidad de lentes orientadas a lo largo de un eje común, estando configurada cada dicha lente para concentrar la luz incidente sustancialmente en una dimensión sobre las células solares elongadas. Se proporciona un sistema de seguimiento en un eje, estando configurado el sistema de seguimiento en un eje para mover el conjunto de lentes y/o la pluralidad de células solares elongadas con el fin de coincidir sustancialmente con el movimiento de este a oeste del sol. Cada dicha lente tiene una superficie superior e/o inferior convexa cuando se la observa en sección transversal lateral. El conjunto de lentes se imprime a partir de un solo sustrato de vidrio de bajo contenido en hierro.

- 55 **[0017]** En determinados ejemplos de modos de realización de la presente invención, se proporciona un sistema fotovoltaico. Se proporciona al menos un conjunto de lentes que comprende una pluralidad de lentes orientadas a lo largo de un eje común, imprimiéndose las lentes a partir de vidrio flotado de bajo contenido en hierro a lo largo de una línea de vidrio flotado, y teniendo cada lente al menos una superficie principal convexa cuando se la observa en sección transversal lateral. Se proporciona una tubería en un lado donde no incide la luz del al menos

un conjunto de lentes, siendo adecuada la tubería para conducir líquido a través de sí misma y teniendo al menos una célula solar elongada que comprende c-Si dispuesta sobre la misma cerca de una ubicación de entrada de líquido o sobre la misma. El al menos un conjunto de lentes se orienta en relación con la tubería de forma que cada dicha lente está dispuesta para concentrar la luz incidente sobre la misma sustancialmente en una dimensión sobre la tubería para generar electricidad por medio de la al menos una célula solar elongada y para calentar el líquido desde una temperatura inicial en la ubicación de entrada de líquido hasta una temperatura elevada a medida que el líquido se mueve a través de la tubería hacia una ubicación de salida de líquido.

[0018] En determinados ejemplos de modos de realización de la presente invención, se proporciona un producto de construcción. Una pluralidad de células solares elongadas que comprenden c-Si están soportadas por un sustrato de cubierta de vidrio. Un conjunto de lentes comprende una pluralidad de lentes orientadas a lo largo de un eje común, estando configurada cada dicha lente para concentrar la luz incidente sustancialmente en una dimensión sobre las células solares elongadas, siendo el conjunto de lentes sustancialmente paralelo al sustrato de cubierta de vidrio y estando separado del mismo. Cada dicha lente tiene una superficie superior e/o inferior convexa cuando se la observa en sección transversal lateral. El conjunto de lentes se imprime a partir de un solo sustrato de vidrio de bajo contenido en hierro. En determinados ejemplos, puede diseñarse un marco para mantener el conjunto de lentes y el sustrato de cubierta de vidrio separados y paralelos.

[0019] En determinados ejemplos de modos de realización de la presente invención, se proporciona un método de elaboración de un módulo fotovoltaico solar. Se proporciona un conjunto que comprende una pluralidad de elementos reflectantes orientados a lo largo de un eje común, imprimiéndose el conjunto mediante rodillos dispuestos a lo largo de una línea de vidrio flotado, y teniendo cada elemento reflectante una superficie principal cóncava cuando se la observa en sección transversal lateral. Se proporciona una pluralidad de células solares elongadas sobre un sustrato de vidrio, comprendiendo cada dicha célula solar c-Si. El conjunto se orienta en relación con el sustrato de forma que cada dicho elemento reflectante está dispuesto para concentrar la luz incidente sobre el mismo sustancialmente en una dimensión sobre las células solares elongadas.

[0020] En determinados ejemplos de modos de realización de la presente invención, se proporciona un módulo fotovoltaico solar. Un conjunto comprende una pluralidad de elementos reflectantes orientados a lo largo de un eje común, imprimiéndose el conjunto a partir de vidrio flotado de bajo contenido en hierro, y teniendo cada elemento reflectante al menos una superficie principal cóncava cuando se lo observa en sección transversal lateral. Se proporciona una pluralidad de células solares elongadas sobre un sustrato de vidrio, comprendiendo cada dicha célula solar c-Si. El conjunto se orienta en relación con el sustrato de forma que cada dicho elemento reflectante está dispuesto para concentrar la luz incidente sobre el mismo sustancialmente en una dimensión sobre las células solares elongadas.

[0021] Las características, aspectos, ventajas y ejemplos de modos de realización descritos en el presente documento pueden combinarse para desarrollar todavía más modos de realización.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

[0022] Estas y otras características y ventajas pueden entenderse mejor y de forma más completa en relación con la siguiente descripción detallada de ejemplos de modos de realización ilustrativos junto con los dibujos, en los que:

La FIGURA 1 es un sistema fotovoltaico de concentración de focalización lineal ilustrativo que incluye un conjunto de lentes cilíndricas elaborado a partir de vidrio impreso según un ejemplo de modo de realización.

La FIGURA 2 es una vista esquemática de perfiles de rodillo superior e inferior ilustrativos que pueden utilizarse en una línea de impresión para obtener el conjunto de lentes de determinados ejemplos de modos de realización.

La FIGURA 3 muestra ejemplos de dimensiones de las lentes de un conjunto de lentes según un ejemplo de modo de realización.

La FIGURA 4 es un gráfico que muestra el coste por vatio aproximado frente al factor de concentración (CR, por sus siglas en inglés) de varios sistemas fotovoltaicos de concentración diferentes.

La FIGURA 5 es una vista esquemática de un sistema de seguimiento en un eje ilustrativo que incorpora conjuntos de lentes de concentración según un ejemplo de modo de realización.

La FIGURA 6 es una vista esquemática de dos conjuntos convexoplanos unidos mediante una lámina según un ejemplo de modo de realización.

La FIGURA 7 es una vista esquemática de un conjunto de lentes de tipo Fresnel según un ejemplo de modo de realización.

La FIGURA 8 es un sistema de placa solar térmica híbrida que incorpora un conjunto de lentes y tiras de células solares según un ejemplo de modo de realización.

La FIGURA 9 es un sistema ilustrativo que incorpora un conjunto de espejo impreso y tiras de células solares según un ejemplo de modo de realización.

La FIGURA 10 es un flujograma que muestra un ejemplo de método de elaboración de un sistema fotovoltaico según un ejemplo de modo de realización.

5

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE EJEMPLOS DE MODOS DE REALIZACIÓN DE LA INVENCION

[0023] Los dispositivos fotovoltaicos como las células solares convierten la radiación solar en energía eléctrica utilizable. La conversión de energía ocurre típicamente como resultado del efecto fotovoltaico. La radiación solar (p. ej., la luz del sol) que incide sobre un dispositivo fotovoltaico y es absorbida por una región activa de material semiconductor genera pares electrón-hueco en la región activa.

[0024] Determinados ejemplos de modos de realización de la presente invención se refieren a vidrio impreso que puede utilizarse como un conjunto de lentes cilíndricas en una aplicación fotovoltaica de concentración, y/o métodos de elaboración del mismo. En determinados ejemplos de modos de realización, los conjuntos de lentes pueden utilizarse en combinación con tiras de células solares y/o sistemas de seguimiento en un eje. Esto es, en determinados ejemplos de modos de realización, las lentes del conjunto de lentes pueden estar dispuestas para concentrar la luz incidente sobre respectivas tiras de células solares, y la totalidad del ensamblaje puede estar conectado a un sistema de seguimiento en un eje programado para seguir el movimiento de este a oeste del sol. Puede utilizarse un vidrio de bajo contenido en hierro en relación con determinados ejemplos de modos de realización. Dichas técnicas pueden ayudar de forma ventajosa a reducir el coste por vatio relacionado, en parte, con la cantidad potencialmente reducida de material semiconductor utilizado para dichos ejemplos de modos de realización.

[0025] Como se ha indicado previamente, determinados ejemplos de modos de realización se refieren a conjuntos de lentes cilíndricas de vidrio impreso, y/o métodos de elaboración de los mismos. A este respecto, la Fig. 1 es un sistema fotovoltaico de concentración de focalización lineal ilustrativo que incluye un conjunto de lentes sustancialmente cilíndricas elaborado a partir de vidrio impreso según un ejemplo de modo de realización. Una placa grande y plana de vidrio de bajo contenido en hierro se transforma en un conjunto de lentes 1 modificando de forma periódica su grosor, p. ej., en intervalos regulares. Las lentes 3a-3d del conjunto de lentes 1 enfocan la luz del sol sustancialmente en una dimensión, con un factor de concentración de, por ejemplo, 3x a 30x. La radiación solar puede enfocarse, por ejemplo, sobre células solares de c-Si, con una eficiencia de hasta un 20 %. Dichas células solares de c-Si se comercializan a un coste razonable. La Fig. 1 muestra las células solares de c-Si formadas como tiras 5a-5d. Más abajo, se proporcionan más detalles acerca de estas tiras de células solares 5a-5d. En cualquier caso, las células solares de c-Si pueden proporcionarse sobre uno o más sustratos opacos o transparentes en distintos modos de realización de la presente invención. Las lentes 3a-3d del conjunto de lentes 1 se proporcionan sustancialmente en línea a lo largo de un eje común. Las lentes 3a-3d pueden formarse a partir de una sola pieza de vidrio en determinados ejemplos de modos de realización. En tales casos, las lentes 3a-3d pueden estar conectadas de forma efectiva entre sí al estar formadas a partir de un sustrato de vidrio común. De forma alternativa o adicional, pueden proporcionarse múltiples lentes y/o conjuntos de lentes adyacentes entre sí en distintos ejemplos de modos de realización de la presente invención.

[0026] Puede utilizarse una línea de impresión en una fábrica de vidrio flotado para crear el conjunto de lentes cilíndricas de la zona principal de determinados ejemplos de modos de realización. Esto puede hacerse mediante la utilización de uno o más juegos de rodillos superiores e inferiores con el ejemplo de perfil mostrado en la Fig. 2. Esto es, la Fig. 2 es una vista esquemática de perfiles de rodillo superior e inferior ilustrativos que pueden utilizarse en una línea de impresión para obtener el conjunto de lentes de determinados ejemplos de modos de realización. Cuando se los observa en vista transversal, los rodillos individuales superiores e inferiores 7a-7d y 9a-9d de los conjuntos de rodillos superiores e inferiores 7 y 9 son cóncavos en la parte superior e inferior. En consecuencia, los rodillos de la Fig. 2 darán lugar a un conjunto de lentes biconvexas. Por supuesto, se apreciará que también puede obtenerse un conjunto de lentes convexoplanas cuando uno de los conjuntos de rodillos superiores o inferiores es plano.

[0027] La Fig. 3 muestra ejemplos de dimensiones de las lentes de un conjunto de lentes según un ejemplo de modo de realización. Cada lente del ejemplo de la Fig. 3 tiene una espaciosidad o anchura que varía entre aproximadamente 10-100 mm, una altura o grosor mínimo de aproximadamente 2-4 mm, y una altura o grosor máximo de aproximadamente 4-8 mm. Dependiendo de la espaciosidad, la distancia focal será de aproximadamente 10-200 mm, p. ej., desde el centro de las lentes individuales o cerca de este. Por supuesto, se apreciará que las dimensiones especificadas en la Fig. 3 se proporcionan a modo de ejemplo. De hecho, otros modos de realización distintos de la presente invención pueden incluir lentes de distinto tamaño, de distinta forma y/o de distinta distancia focal. Por ejemplo, la altura o el grosor mínimo de determinados ejemplos de modos de realización puede ser de aproximadamente 2 mm y la altura o el grosor máximo de determinados ejemplos de modos de realización puede ser de aproximadamente 8 mm. En determinados ejemplos de modos de

realización, un módulo de 1 m² puede comprender aproximadamente 10-50 lentes. El ejemplo de la Fig. 3 tiene una anchura de 25 mm, un grosor mínimo (t_{min}) de 3 mm, y un grosor máximo (t_{max}) de 4 mm. Estas dimensiones implican una diferencia de altura de 1 mm y 40 lentes por módulo de 1 m². En algunos ejemplos, la distancia focal será de 150 mm, y la distancia entre la lente y la célula solar puede ser de 135 mm para conseguir un factor de concentración de aproximadamente 10. Posicionar la célula solar más cerca del punto focal puede ser ventajoso en determinados ejemplos para que la luz se concentre en un área más grande de la célula solar.

[0028] Cualquier sustrato transparente adecuado puede utilizarse en relación con determinados ejemplos de modos de realización de la presente invención. Por ejemplo, determinados ejemplos de modos de realización pueden incorporar un sustrato de vidrio de bajo contenido en hierro, p. ej., para asegurar que se transfiere tanta luz roja o casi infrarroja como sea posible a la capa absorbente semiconductor. Se exponen ejemplos de sustrato de vidrio de bajo contenido en hierro en, por ejemplo, las solicitudes en tramitación en relación con la presente y de cesionario común con los números de serie 11/049,292; 11/122,218; 11/373,490; 12/073,562; 12/292,346; 12/385,318 y 12/453,275.

[0029] Por ejemplo, determinados ejemplos de modos de realización pueden incorporar un vidrio de bajo contenido en hierro de alta transmisión, altamente oxidado y elaborado utilizando el proceso de flotación. En determinados ejemplos de modos de realización, la composición de vidrio utilizada para el vidrio se elabora mediante el proceso de flotación utilizando una redox de mezcla extremadamente elevado y positivo con el fin de reducir el % de FeO a un nivel bajo y permitir que el vidrio alcance de forma consistente una combinación de alta transmisión visible (L_{ta} o T_{vis}), alta transmisión infrarroja (IR) y alta transmisión solar total (TS). Más abajo, se proporcionan detalles adicionales de ejemplos de vidrio de bajo contenido en hierro.

[0030] Además, el vidrio de bajo contenido en hierro puede ser templado térmicamente. Dicho temple puede tener lugar en determinados ejemplos de modos de realización al final de la línea de producción, p. ej., después de que el vidrio se haya impreso en determinados ejemplos.

[0031] Típicamente, los sistemas CPV actuales ponen en práctica un seguimiento en dos ejes porque utilizan un enfoque bidimensional. En este sentido, los sistemas CPV actuales suelen estar montados en postes con seguimiento individual para cada sistema. Esta disposición incrementa los costes del sistema. Por contraste, determinados ejemplos de modos de realización que ponen en práctica conjuntos de lentes cilíndricas reducen (y a veces eliminan completamente) la necesidad de un sistema de seguimiento en dos ejes. Esto se debe a que los conjuntos de lentes cilíndricas de determinados ejemplos de modos de realización están configurados para enfocar de forma lineal la luz del sol sobre una tira, o a lo largo de esta, por contraposición a hacerlo sobre un punto o lugar más pequeño. De hecho, cuando las lentes cilíndricas de determinados ejemplos de modos de realización se orientan sustancialmente en sentido vertical, puede ponerse en práctica de forma fácil y eficiente un seguimiento en un eje simple de este a oeste.

[0032] En la tabla 1, se compara la producción energética anual de un sistema eficiente al 20 % en un ejemplo de ubicación (Phoenix, Arizona) para un sistema de inclinación de latitud fija, un sistema de seguimiento en un eje, y un sistema de seguimiento en dos ejes. Más concretamente, las células solares son tiras de células solares con contacto al dorso de alta eficiencia comercializadas por Sunpower. La mejora en la producción de energía de un sistema de orientación fija a un sistema de seguimiento en un eje es de un 30,7 %. Se trata de un aumento muy significativo. No obstante, la mejora de un sistema de seguimiento en un eje a un sistema de seguimiento en dos ejes es de solamente un 5,8 % adicional. Esta mejora energética del 5,8 % se contrarresta normalmente por el gasto del propio sistema de seguimiento en dos ejes. Por tanto, los sistemas de seguimiento en dos ejes actuales no se consideran económicos. En cualquier caso, determinados modos de realización de ejemplo que ponen en práctica un sistema de enfoque lineal son capaces de conseguir al menos las mejoras de eficiencia asociadas con el cambio de un sistema de seguimiento en un eje por un sistema de seguimiento en dos ejes sin tener que incurrir en los gastos asociados con el sistema de seguimiento en dos ejes porque dichos modos de realización pueden ponerse en práctica con sistemas de seguimiento en un solo eje.

Tabla 1: producción anual de energía por m² de luz solar incidente para un sistema de orientación fija, un sistema de seguimiento en un eje y un sistema de seguimiento en dos ejes en Phoenix (según la calculadora PVWatts Calculator de NREL)

			Generación de energía anual (kWh/m ² /año)		
	Tecnología PV	Eficiencia de conversión	Orientación fija (en el tejado) Inc. de lat.	Seguimiento en un eje de este a oeste	Seguimiento en dos ejes

Phoenix	C-Si de alta eficiencia	20 %	386,53	505,52	534,80
33° 43° N			~100 %	~131 %	~138 %

[0033] Se apreciará que determinados ejemplos de modos de realización son ventajosos por un número de razones. Por ejemplo, un seguimiento en un eje puede ponerse en práctica a bajo coste, dado que pueden orientarse muchos módulos con un solo actuador conectando todos los módulos entre sí a través de barras paralelas. El conjunto de lentes se orienta de forma sustancialmente vertical y, en consecuencia, en gran medida se limpia solo, dado que la lluvia fluirá por las muescas del vidrio impreso y reducirá la cantidad de polvo acumulado. Por supuesto, el conjunto puede limpiarse periódicamente de forma adicional. Los sistemas de seguimiento en un eje también pueden estar cerca del suelo, dado que los mecanismos empleados para moverlo son simples en comparación con los mecanismos utilizados para los sistemas de seguimiento en dos ejes.

[0034] Las células solares del ejemplo de sistema de la Fig. 1 pueden fabricarse de manera económica, p. ej., obteniendo tiras a partir de células solares de c-Si. Por ejemplo, puede formarse una oblea más grande (p. ej., de 4 pulgadas a 12 pulgadas, es decir, de 0,10 m a 0,30 m) y después dividirse para producir una pluralidad de tiras. Para factores de concentración de 3x a 30x, solamente se necesita aproximadamente de un 33 % a un 3,3 % de silicio, en comparación con los módulos de c-Si convencionales sin concentración, que pueden requerir cantidades de silicio más elevadas.

[0035] Como se ha mencionado anteriormente y como se ha sugerido mediante el uso del término "tira", las tiras de células solares de determinados ejemplos de modos de realización pueden tener una forma sustancialmente elongada. Por ejemplo, determinados ejemplos de tiras de células solares pueden ser de 2 mm x 150 mm, aunque también son posibles otras dimensiones. En cualquier caso, las tiras de células solares pueden dividirse en la dirección de la orientación del cristal. Opcionalmente, las tiras de células pueden montarse en un segundo sustrato de vidrio u otro tipo de sustrato en determinados ejemplos de modos de realización. En este sentido, el segundo sustrato puede funcionar como un disipador de calor, ayudando así a mantener la temperatura de funcionamiento de las células solares baja y su eficiencia, alta. En lugar de dichas técnicas para disipar el calor, o además de las mismas, en determinados ejemplos de modos de realización puede utilizarse refrigeración activa.

[0036] En relación con ejemplos de modos de realización que ponen en práctica tiras de células solares, pueden utilizarse técnicas de ensamblaje de bajo coste conocidas y utilizadas comúnmente, por ejemplo, en el sector de las pantallas planas. Por ejemplo, dichas técnicas pueden utilizarse fácilmente en relación con tiras de células solares que tienen una anchura de 2-20 mm, y dichas técnicas pueden incluir, por ejemplo, fabricación *chip on glass* (COG, por sus siglas en inglés). Por su parte, estas técnicas de fabricación COG pueden incorporar hilos de interconexión como, por ejemplo, metales impresos proporcionados sobre el cristal, cinta de cobre y/o similares. Determinados ejemplos de modos de realización pueden incorporar células solares con elementos de interconexión que generan poca sombra, o ninguna. En ocasiones se utilizan elementos de interconexión que no generan sombra, por ejemplo, en células solares con contacto al dorso (p. ej., de Sunpower).

[0037] La Fig. 4 es un gráfico que muestra el coste por vatio aproximado frente al factor de concentración (CR, por sus siglas en inglés) de varios sistemas fotovoltaicos de concentración diferentes. El gráfico de la Fig. 4 se basa en los siguientes supuestos. Para factores de concentración mayores que 100, es necesario utilizar costosas células solares de GaAs multiunión con refrigeración activa. Para factores de concentración mayores que 100, es necesaria una concentración bidimensional con seguimiento en dos ejes. Para factores de concentración menores que 100, se utiliza una concentración (p. ej., cilíndrica) unidimensional junto con seguimiento en un eje. El coste por vatio de la célula solar incluye los costes asociados con el embalaje y los elementos de interconexión, y el coste por vatio de las ópticas de concentración incluye los costes asociados con alineamiento. El gráfico de la Fig. 4 permite que la eficiencia supere el 20 %. Como se apreciará en el gráfico de la Fig. 4, desde una perspectiva de coste por vatio es especialmente deseable un factor de concentración de aproximadamente 10-30x.

[0038] Se apreciará que hay un número de ventajas asociadas con determinados ejemplos de modos de realización de la presente invención. Por ejemplo, las ópticas de concentración de 3x a 30x pueden producirse fácilmente y de forma poco costosa utilizando vidrio impreso. Por su parte, esto también puede permitir una zona más pequeña de células solares de c-Si de 3x a 30x. Los conjuntos de lentes cilíndricas pueden limpiarse solos sustancialmente cuando se instalan de forma vertical a una inclinación de latitud en determinados ejemplos de puesta en práctica, dado que se reducirá la cantidad de polvo y/u otros residuos acumulados, puesto que la lluvia limpiará las muescas del conjunto de lentes de vidrio impreso posicionado de forma vertical. Determinados

ejemplos de modos de realización también permiten la utilización de técnicas de ensamblaje fiables, conocidas y de bajo coste del sector de las pantallas planas en relación con tiras de células solares (p. ej., cuando están provistas de una anchura de aproximadamente 2-20 mm). Asimismo, como se ha explicado en detalle anteriormente, el uso de sistemas de seguimiento en un eje de bajo coste puede mejorar, de forma ventajosa, en determinados ejemplos de modos de realización, la producción de energía en aproximadamente un 30 % en comparación con los sistemas de orientación fija. Además, muchos módulos pueden conectarse fácilmente al mismo sistema de seguimiento en un eje. El uso de dichas técnicas de ejemplo en zonas de elevada insolación directa como el sudoeste de los Estados Unidos puede dar lugar a una mayor producción de energía anual.

[0039] La Fig. 5 es una vista esquemática de un sistema de seguimiento en un eje ilustrativo que incorpora conjuntos de lentes de concentración según un ejemplo de modo de realización. El sistema ilustrativo de la Fig. 5 incluye una pluralidad de módulos de conjuntos de lentes de concentración 11. Cada dicho módulo 11 puede ser el mismo que el mostrado en la Fig. 1, o similar a este, por ejemplo. Es decir, cada módulo puede incluir un conjunto de lentes que concentra la luz en tiras de células solares, p. ej., de c-Si. Los módulos individuales 11 pueden conectarse a una fuente de energía común, p. ej., utilizando elementos de interconexión 12. Los módulos 11 también pueden ser controlados de forma que se muevan en una dirección que coincida con el movimiento de este a oeste del sol.

[0040] En determinados ejemplos de modos de realización, pueden proporcionarse revestimientos antirreflectantes (AR, por sus siglas en inglés) a uno o ambos lados del conjunto de lentes para incrementar la transmisión. En determinados ejemplos de modos de realización, puede proporcionarse un revestimiento antirreflectante de banda ancha utilizando cualquier técnica adecuada. En determinados ejemplos, puede proporcionarse un revestimiento de óxido de silicio de bajo índice (p. ej., SiO_2 u otra estequiometría adecuada) que tenga un índice de refracción de aproximadamente 1,3 sobre uno o ambos lados de un conjunto de lentes mediante un proceso de aplicación en húmedo (p. ej., baño, pulverización, rodillo u otro proceso de revestimiento), para un sol, por ejemplo. Dicha técnica puede dar lugar, por ejemplo, a un aumento del 3-6 % en la transmisión del conjunto de lentes y/o la energía del módulo, dependiendo del revestimiento empleado y del número de superficies revestidas.

[0041] En determinados ejemplos de modos de realización, el conjunto de lentes puede ser termoendurecido y/o templado térmicamente. Por supuesto, el temple térmico puede ser difícil de conseguir en relación con vidrio impreso que tenga un grosor variable. En consecuencia, pueden utilizarse temple químico y/o técnicas de endurecimiento en relación con determinados ejemplos de modos de realización.

[0042] De forma alternativa o adicional, los conjuntos de lentes pueden estar unidos mediante una lámina, p. ej., como se muestra en la Fig. 6, que es una vista esquemática de dos conjuntos convexoplanos unidos mediante una lámina según un ejemplo de modo de realización. En la Fig. 6, se proporciona un primer y un segundo conjunto convexoplano 13a y 13b. El primer y el segundo conjunto convexoplano 13a y 13b se unen utilizando cualquier material de lámina 15. Por ejemplo, para unir el primer y el segundo conjunto convexoplano 13a y 13b, puede utilizarse PVB, EVA o similares. Los conjuntos individuales 13 pueden ser endurecidos o templados (térmicamente, químicamente o de otra forma) individualmente en determinados ejemplos, dado que las variaciones de grosor pueden ser menos severas y, en consecuencia, más fáciles de procesar en comparación con conjuntos de lentes de tipo biconvexo. En determinados ejemplos, la propia lámina 15 puede ayudar a endurecer el conjunto en general.

[0043] La Fig. 7 es una vista esquemática de un conjunto de lentes de tipo Fresnel según un ejemplo de modo de realización. Como se sabe, las lentes de Fresnel tienen por lo general grandes aperturas y distancias focales cortas, sin el peso y el volumen de material que debería usarse en una lente de diseño convencional. Además, las lentes de Fresnel tienden a ser más finas, permitiendo así que las atraviese más luz. La menor variación de grosor en comparación puede permitir que las lentes de Fresnel se templen. Aunque la lente de ejemplo de la Fig. 7 está impresa en ambos ejes principales, se apreciará que un lado de la lente puede ser plano o sustancialmente plano y el otro lado puede estar impreso. En determinados ejemplos de modos de realización, dichas lentes que tienen un lado plano y un lado impreso según el diseño de Fresnel pueden unirse mediante una lámina, p. ej., a través de las técnicas y/o los materiales descritos anteriormente.

[0044] La Fig. 8 es un sistema de placa solar térmica híbrida que incorpora un conjunto de lentes y tiras de células solares según un ejemplo de modo de realización. El ejemplo de sistema de la Fig. 8 es similar al ejemplo de sistema de la Fig. 1 en que incluye un conjunto de lentes que tiene una pluralidad de lentes 3a-3d y una pluralidad de tiras de células solares 5a-5b. La luz del sol se enfoca sobre las tiras de células solares 5a-5b para producir electricidad. El ejemplo de sistema híbrido de la Fig. 5 también incluye tuberías 17a y 17b a través de las que puede fluir agua u otro fluido adecuado. Se introduce agua fría en las tuberías 17a y 17b cerca de las tiras de células solares 5a-5b, la cual continúa por un recorrido (que en el ejemplo de modo de realización de la Fig. 8 tiene sustancialmente forma de U) y sale lejos de la tira de célula solar. Proporcionar agua fría cerca de la tira de célula solar es ventajoso porque mejora la eficiencia del c-Si. A este respecto, se sabe que la eficiencia de

las células solares de c-Si desciende de forma significativa a temperaturas elevadas (p. ej., a 60 °C) y mejora a temperaturas bajas (p. ej., a 25 °C). En consecuencia, la provisión de agua fría cerca de las tiras de células solares puede mejorar la eficiencia operativa del sistema.

5 **[0045]** Aunque la presencia de agua de refrigeración puede incrementar la eficiencia de una tira de célula solar individual, la eficiencia global de la célula solar puede disminuir proporcionando menos células solares en total, p. ej., porque puede no proporcionarse una célula solar en el recorrido de vuelta del agua caliente de salida. No obstante, puede mejorarse la eficiencia general gracias al efecto del agua de refrigeración en las tiras de células solares que están presentes y al calentamiento del agua a través del conjunto de lentes a lo largo de todo el recorrido, incluido el recorrido de vuelta (donde no hay células solares). El agua caliente puede utilizarse, por
10 supuesto, como podría utilizarse de otra forma en relación con una aplicación de energía solar térmica. Como se explica en más detalle a continuación, el conjunto de lentes y/o la tubería pueden moverse uno con respecto al otro, p. ej., con el fin de coincidir con el movimiento de este a oeste del sol. Esto puede ser ventajoso, por ejemplo, en aplicaciones fotovoltaicas integradas en edificios (BIPV, según sus siglas en inglés).

15 **[0046]** Además, puede llevarse a cabo un enfoque alternativo o adicional utilizando un conjunto de espejo impreso. La Fig. 9 es un sistema ilustrativo que incorpora un conjunto de espejo impreso y tiras de células solares según un ejemplo de modo de realización. En la Fig. 9, se proporcionan las tiras de células solares 3a-3d, de forma directa o indirecta, en un sustrato de cubierta de vidrio 19. Por ejemplo, el sustrato de cubierta de vidrio 19 puede estar más cerca del sol, y las tiras de células solares 3a-3d pueden proporcionarse en determinados ejemplos en sobre superficie principal del sustrato de cubierta de vidrio 19 opuesta al sol. En
20 determinados ejemplos de modos de realización, el sustrato de cubierta de vidrio puede estar hecho de vidrio flotado de bajo contenido en hierro. En determinados ejemplos de modos de realización, puede aplicarse al mismo un revestimiento antirreflectante. La luz que atraviesa el sustrato de cubierta de vidrio 19 puede reflejarse y concentrarse en las tiras de células solares 3a-3d utilizando un conjunto de espejo 21. El conjunto de espejo 21 puede ser un elemento (o múltiples elementos) de vidrio impreso que ha sido revestido con un revestimiento reflectante. En consecuencia, la luz que incide sobre las depresiones o zonas cóncavas 21 a-21 d en el conjunto
25 de espejo 21 puede reflejarse hacia las tiras de células solares 3a-3d. Como anteriormente, puede provocarse el movimiento relativo del sustrato de cubierta de vidrio 19 y/o el conjunto de espejo 21 con el fin de mejorar la eficiencia (p. ej., siguiendo el movimiento de este a oeste del sol).

30 **[0047]** Aunque se han descrito determinados ejemplos de modos de realización en relación con un módulo de células solares fijo o estacionario y con un conjunto de lentes que se puede mover, determinados otros ejemplos de modos de realización pueden incluir un conjunto de lentes fijo o estacionario y un módulo de células solares que se puede mover. En el último caso, el conjunto de lentes puede ser estacionario en una orientación fija, y el conjunto de células solares puede estar configurado para moverse durante el día para mantener el enfoque de la luz del sol en las tiras de células solares, p. ej., para coincidir con el movimiento de este a oeste del sol. A este
35 respecto, las tiras de células solares pueden proporcionarse sobre un sustrato como se ha descrito anteriormente, y el sustrato puede moverse. Dichos ejemplos de modos de realización pueden utilizarse, por ejemplo, en relación con aplicaciones fotovoltaicas integradas en edificios, de forma similar a las ventanas autorregulables. Las ventanas autorregulables ajustan de forma dinámica la luz que pasa a través de ellas, p. ej., mediante difusores, persianas, o similares. En determinados ejemplos de modos de realización, puede seguirse
40 el movimiento del sol (de forma directa o indirecta, p. ej., según el momento del día y/o el día del año) de forma que el sustrato pueda moverse de forma adecuada para incrementar o maximizar la cantidad de luz del sol que incide sobre las células solares. Se apreciará que en tales casos puede transmitirse luz difusa, y que la luz solar directa puede ser convertida en electricidad por las células fotovoltaicas.

45 **[0048]** Determinados ejemplos de modos de realización pueden utilizarse como ventanas, claraboyas, módulos fotovoltaicos montados en el tejado, o similares, en relación con aplicaciones BIPV. Por ejemplo, en aplicaciones puestas en práctica en tejados, las células solares de gran tamaño pueden ser sustituidas por tiras de células. Puede utilizarse vidrio más fino (p. ej., 1-2 mm de grosor), plano o no impreso como cubierta de vidrio en aplicaciones BIPV. Para proteger las tiras de células solares, puede proporcionarse una capa posterior UV y/o resistente a la intemperie. Por ejemplo, Tedlar, comercializado por Dupont, es una película de polifluoruro de vinilo que puede utilizarse como capa posterior. Por supuesto, se apreciará que pueden utilizarse otros
50 materiales, siempre que desempeñen funciones como, por ejemplo, protección con barrera de vapor, protección física del cableado y/u otros componentes sensibles, aislamiento eléctrico, reducción del calor, etc. En consecuencia, las tiras de células solares se encuentran colocadas entre una capa de cubierta de vidrio y una capa posterior de protección. La capa posterior puede ser transparente u opaca, dependiendo de la aplicación deseada. En cualquier caso, el conjunto de lentes puede proporcionarse de forma sustancialmente paralela y separada con respecto a la tira de célula solar. La tecnología conocida de cajas de unión, almacén y separación
55 de células solares puede utilizarse para proporcionar aplicaciones BIPV.

[0049] Gracias a la descripción anterior se apreciará que determinados ejemplos de aplicaciones pueden estructurarse de forma algo similar a las unidades de acristalamiento aislante. El primer panel o panel exterior

- puede ser el conjunto de lentes cilíndricas, mientras que el segundo panel o panel interior puede tener las tiras de células solares sobre sí. En lugar de espaciadores, unos componentes de marco de ventana pueden ayudar a mantener los paneles sustancialmente paralelos y espaciados entre sí, p. ej., a la distancia focal adecuada. En determinados ejemplos de modos de realización, cuando el conjunto de lentes tiene una superficie plana, este lado puede estar orientado al exterior, p. ej., hacia el sol. Por supuesto, la provisión de vidrio impreso puede verse como una característica estética deseable en determinados ejemplos, y una superficie impresa puede estar orientada hacia el exterior en tales casos.

[0050] La siguiente tabla compara el coste por vatio de varios tipos de tecnologías fotovoltaicas.

Tabla 2: coste por vatio estimado de tecnologías fotovoltaicas tomando Phoenix (Arizona) como ejemplo de ubicación

	Eficiencia	Seguimiento	Producción de energía anual por m ² de zona del módulo	Coste por vatio
Silicio policristalino	15 %	Ninguno	290 kWh	1,40 \$ (aprox. 1,32 €)
Película delgada de CdTe (p. ej., First Solar)	11 %	Ninguno	212 kWh	0,98 \$ (aprox. 0,92 €)
Ejemplo (p. ej., conjunto de lentes)	20 %	Un eje de este a oeste	505 kWh	0,85 \$ (aprox. 0,80 €)

- [0051]** Como puede observarse, el ejemplo de la tabla 2 tiene una producción 2,4x mayor por metro cuadrado en comparación con los sistemas fotovoltaicos de tipo CdTe para luz directa. El ejemplo de la tabla 2 también proporciona un coste por vatio potencialmente más bajo en comparación con los sistemas fotovoltaicos de tipo CdTe.

- [0052]** La Fig. 10 es un flujograma que muestra un ejemplo de método de elaboración de un sistema fotovoltaico según un ejemplo de modo de realización. El vidrio flotado (p. ej., vidrio flotado de bajo contenido en hierro) se imprime utilizando una pluralidad de rodillos superiores e inferiores para formar un conjunto de lentes que comprende una pluralidad de lentes orientadas a lo largo de un eje común en la etapa S101. En la etapa S103, se forma una fina película de c-Si en una oblea y la oblea se divide a lo largo de la orientación del cristal de c-Si en una pluralidad de células solares elongadas en la etapa S105. Las tiras de células solares elongadas se proporcionan de forma sustancialmente paralela y separada entre sí en la etapa S107. En la etapa S109, el conjunto de lentes se orienta en relación con las células solares de forma que cada dicha lente está dispuesta para concentrar la luz incidente sobre la misma sustancialmente en una dimensión sobre la respectiva célula solar elongada. Opcionalmente, en una etapa que no se muestra, el conjunto de lentes y la pluralidad de células solares elongadas pueden estar montadas en un sistema de seguimiento en un eje, estando programado el sistema de seguimiento en un eje para moverse con el fin de coincidir con el movimiento este-oeste del sol, p. ej., para maximizar la cantidad de luz incidente sobre el conjunto de lentes y concentrada sobre las tiras de células solares.

- [0053]** Como se ha indicado anteriormente, determinados ejemplos de modos de realización pueden incluir vidrio de bajo contenido en hierro. La cantidad total de hierro presente se expresa aquí como Fe₂O₃ según la práctica habitual. Sin embargo, normalmente, no todo el hierro se encuentra en forma de Fe₂O₃. En su lugar, el hierro suele estar presente tanto en estado ferroso (Fe²⁺; expresado en el presente documento como FeO, aunque todo el hierro en estado ferroso del vidrio pueda no encontrarse en forma de FeO) y en estado férrico (Fe³⁺). El hierro en estado ferroso (Fe²⁺; FeO) es un colorante azul-verde, mientras que el hierro en estado férrico (Fe³⁺) es un colorante amarillo-verde. El colorante azul-verde del hierro ferroso (Fe²⁺; FeO) es motivo de especial preocupación cuando se desea obtener un vidrio de color neutro o bastante claro, dado que, en tanto que colorante fuerte, introduce un color significativo en el vidrio. Aunque el hierro en estado férrico (Fe³⁺) también es un colorante, es motivo de menor preocupación cuando se desea obtener un vidrio de color bastante claro, dado que el hierro en estado férrico tiende a ser más débil como colorante que su homólogo en estado ferroso.

[0054] En determinados ejemplos de modos de realización de la presente invención, un vidrio está elaborado para transmitir altas cuotas de luz visible, para ser de un color bastante claro o neutro, y para dar lugar de forma consistente a altos % de valores TS. Los altos % de valores TS son especialmente deseables para aplicaciones de dispositivos fotovoltaicos, dado que los altos % de valores TS del sustrato de vidrio del lado en el que incide la

luz permite que dichos dispositivos fotovoltaicos generen más energía eléctrica a partir de la radiación incidente, dado que se permite que una mayor radiación alcance la película absorbente semiconductora del dispositivo. Se ha descubierto que el uso de una redox de mezcla extremadamente elevado en el proceso de fabricación del vidrio permite que los vidrios de bajo contenido en hierro elaborados mediante el proceso de flotación den lugar

5

[0055] En determinados ejemplos de modos de realización de la presente invención, un vidrio de sílice-cal-sosa se elabora utilizando el proceso de flotación con una redox de mezcla extremadamente elevado. Un ejemplo de redox de mezcla que puede utilizarse en la elaboración de vidrios según determinados ejemplos de modos de realización de la presente invención es de aproximadamente +26 a +40, más preferiblemente de aproximadamente +27 a +35, y siendo lo más preferible de +28 a +33 (nótese que estos son valores de redox de mezcla extremadamente elevados que no se usan normalmente en la elaboración de vidrio). En la elaboración de vidrio por medio del proceso de flotación o similares, el valor de redox de mezcla elevado tiende a reducir o eliminar la presencia de hierro ferroso (Fe^{2+} ; FeO) en el vidrio resultante, lo que permite que el vidrio tenga un mayor % de valor de transmisión de TS que puede ser beneficioso en aplicaciones fotovoltaicas. Esto es ventajoso, por ejemplo, porque permite la elaboración de un vidrio con una elevada transmisión, un color neutro, y un elevado % de TS utilizando materias primas que tienen cantidades normales de hierro en determinados ejemplos (p. ej., de aproximadamente 0,04 % a 0,10 % de hierro total). En determinados ejemplos de modos de realización de la presente invención, el vidrio tiene un contenido en hierro total (Fe_2O_3) no mayor que aproximadamente 0,1 %, más preferiblemente de aproximadamente 0 (o 0,04) a 0,1 %, más preferiblemente aún de 0,01 (o 0,04) a 0,08 %, y siendo lo más preferible de 0,03 (o 0,04) a 0,07 %. En determinados ejemplos de modos de realización de la presente invención, el vidrio resultante puede tener un % de FeO (hierro ferroso) de 0 a 0,0050 %, más preferiblemente de 0 a 0,0040, más preferiblemente aún de 0 a 0,0030, todavía más preferiblemente de 0 a 0,0020, y siendo lo más preferible de 0 a 0,0010, y posiblemente de 0,0005 a 0,0010 en determinados ejemplos. En determinados ejemplos de modos de realización, el vidrio resultante tiene una redox de vidrio (distinto a la redox de mezcla) no superior a 0,08, más preferiblemente no superior a 0,06, todavía más preferiblemente no superior a 0,04, e incluso más preferiblemente aún no superior a 0,03 o 0,02.

10

15

20

25

30

35

[0056] En determinados ejemplos de modos de realización, el sustrato de vidrio puede tener un color bastante claro que puede ser ligeramente amarillento (un valor b^* positivo indica un color amarillento), además de una alta transmisión visible y alto % de TS. Por ejemplo, en determinados ejemplos de modos de realización, el sustrato de vidrio puede caracterizarse por una transmisión visible de al menos aproximadamente un 90 % (más preferiblemente al menos aproximadamente un 91 %), un valor solar total (% de TS) de al menos aproximadamente un 90 % (más preferiblemente al menos aproximadamente un 91 %), un valor de color a^* transmisivo de -1,0 a +1,0 (más preferiblemente de -0,5 a +0,5, aún más preferiblemente de -0,35 a 0), y un valor de color b^* transmisivo de -0,5 a +1,5 (más preferiblemente de 0 a +1,0, y siendo lo más preferible de +0,2 a +0,8). Estas propiedades pueden darse en un ejemplo de referencia no limitativo de grosor de vidrio de aproximadamente 4 mm.

40

[0057] En determinados ejemplos de modos de realización de la presente invención, se proporciona un método de elaboración de vidrio que comprende:

Componente	% en peso
SiO_2	67 - 75 %
Na_2O	10 - 20 %
CaO	5 - 15 %
hierro total (expresado como Fe_2O_3)	0,001 a 0,1 %
% de FeO	0 a 0,005

donde el vidrio tiene una transmisión visible de al menos aproximadamente un 90 %, un valor de color a^* transmisivo de -1,0 a +1,0, un valor de color b^* transmisivo de -0,50 a +1,5, un % de TS de al menos un 89,5 %, y donde el método comprende la utilización de una redox de mezcla de +26 a +40 en la elaboración del vidrio.

45

[0058] En determinados ejemplos de modos de realización de la presente invención, se proporciona un vidrio que comprende:

Componente	% en peso
SiO ₂	67 - 75 %
Na ₂ O	10 - 20 %
CaO	5 - 15 %
hierro total (expresado como Fe ₂ O ₃)	<= 0,1 %
% de FeO	<= 0,005
redox de vidrio	<= 0,08
óxido de antimonio	0 a menos de 0,01 %
óxido de cerio	0 a 0,07 %

donde el vidrio tiene una transmisión visible de al menos un 90 %, una transmisión de TS de al menos un 90 %; un valor de color a* transmisivo de -1,0 a +1,0, un valor de color b* transmisivo de -0,5 a +1,5.

- 5 **[0059]** En otros ejemplos de modos de realización adicionales de la presente invención: se proporciona una célula solar que comprende: una primera y una segunda capa conductora con al menos una película fotoeléctrica situada entre ambas; donde el sustrato de vidrio presenta una composición que comprende:

Componente	% en peso
SiO ₂	67 - 75 %
Na ₂ O	10 - 20 %
CaO	5 - 15 %
hierro total (expresado como Fe ₂ O ₃)	<= 0.1 %
% de FeO	<= 0,005
redox de vidrio	<= 0,08
óxido de antimonio	0 a menos de 0,01 %
óxido de cerio	0 a 0,07 %

donde el sustrato de vidrio tiene una transmisión visible de al menos un 90 %, una transmisión de TS de al menos un 90 %; un valor de color a* transmisivo de -1,0 a +1,0, un valor de color b* transmisivo de -0,5 a +1,5.

- 10 **[0060]** Tal como se utilizan en el presente documento, el significado de los términos "sobre", "soportado/a(s) por", y similares, no debería interpretarse como que dos elementos son directamente adyacentes entre sí a menos que se afirme de forma explícita. En otras palabras, puede decirse que una primera capa se encuentra "sobre" una segunda capa o está "soportada por" la misma, incluso aunque haya una o más capas entre ellas.
- 15 **[0061]** Aunque la invención se ha descrito en relación con lo que en la actualidad se considera el modo de realización más práctico y preferido, ha de entenderse que la invención no se limita al modo de realización expuesto, sino que, por el contrario, tiene por objeto cubrir varias modificaciones y disposiciones equivalentes incluidas dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Un método de elaboración de un conjunto de lentes para su utilización en un módulo fotovoltaico solar, comprendiendo el método:

5 la elaboración de vidrio utilizando un proceso de flotación que incluye una línea de vidrio flotado; y
la impresión del vidrio utilizando una pluralidad de rodillos dispuestos a lo largo de la línea de vidrio
flotado para formar una pluralidad de primeras lentes orientadas a lo largo de un eje común,
donde cada rodillo tiene unos perfiles tales que se imprime cada dicha primera lente para que tenga al
menos una superficie principal convexa cuando se la observa en sección transversal lateral, donde la
pluralidad de rodillos comprende rodillos superiores e inferiores, y donde la impresión se realiza de
10 forma que cada dicha primera lente tiene dos superficies principales convexas cuando se la observa en
sección transversal lateral, y
donde cada dicha lente tiene una distancia focal de 10-200 mm.

2. El método de la reivindicación 1, donde el primer conjunto de lentes es un conjunto de lentes de Fresnel.

3. El método de la reivindicación 1, comprendiendo también el temple térmico de las lentes del conjunto de lentes.

4. El método de la reivindicación 1, comprendiendo también la aplicación en húmedo de un revestimiento antirreflectante a una o ambas superficies principales del conjunto de lentes.

5. El método de la reivindicación 1, donde cada dicha lente tiene una anchura de aproximadamente 10-100 mm, un grosor mínimo de aproximadamente 2-4 mm, y un grosor máximo de aproximadamente 4-8 mm.

6. Un método de elaboración de un módulo fotovoltaico solar, comprendiendo el método:

la provisión de un conjunto de lentes, que comprende las etapas de:

25 elaboración de vidrio utilizando un proceso de flotación que incluye una línea de vidrio flotado; e
impresión del vidrio utilizando una pluralidad de rodillos dispuestos a lo largo de la línea de vidrio
flotado para formar una pluralidad de lentes orientadas a lo largo de un eje común, de forma que
cada lente tiene dos superficies principales convexas cuando se la observa en sección transversal
lateral;

comprendiendo el método también:

30 la provisión de una pluralidad de células solares elongadas, comprendiendo cada célula solar c-Si; y
la orientación del conjunto de lentes en relación con las células solares de forma que cada dicha
lente esté dispuesta para concentrar la luz incidente sobre la misma sustancialmente en una
dimensión sobre las células solares elongadas,
donde cada dicha lente tiene una distancia focal de 10-200 mm.

7. El método de la reivindicación 6, donde las células solares elongadas se proporcionan formando una delgada película de c-Si sobre una oblea y dividiendo la oblea a lo largo de la orientación del cristal de c-Si en las células solares elongadas.

8. Un método de elaboración de un sistema fotovoltaico solar, comprendiendo el método:

la provisión de al menos un conjunto de lentes, que comprende las etapas de:

40 elaboración de vidrio utilizando un proceso de flotación que incluye una línea de vidrio flotado; e
impresión del vidrio utilizando una pluralidad de rodillos dispuestos a lo largo de la línea de vidrio
flotado para formar una pluralidad de lentes orientadas a lo largo de un eje común, de forma que
cada lente tiene dos superficies principales convexas cuando se la observa en sección transversal
lateral;

comprendiendo el método también:

- la orientación del al menos un conjunto de lentes en relación con una pluralidad de células solares elongadas que comprenden c-Si de forma que cada dicha lente esté dispuesta para concentrar la luz incidente sobre la misma sustancialmente en una dimensión sobre las células solares elongadas;
la integración del al menos un conjunto de lentes y la pluralidad de células solares elongadas en un sistema de seguimiento en un eje que puede moverse con el fin de coincidir con el movimiento de este a oeste del sol,
donde cada dicha lente tiene una distancia focal de 10-200 mm.
- 5
9. El método de la reivindicación 8, donde el sistema de seguimiento en un eje está configurado para mover el al menos un conjunto de lentes mientras que la pluralidad de células solares elongadas permanece en una posición fija.
- 10
10. El método de la reivindicación 8, donde el sistema de seguimiento en un eje está configurado para mover la pluralidad de células solares elongadas mientras que el al menos un conjunto de lentes permanece en una posición fija.
- 15
11. Un método de elaboración de un sistema fotovoltaico solar, comprendiendo el método: la provisión de al menos un conjunto de lentes, que comprende las etapas de:
- 20
- elaboración de vidrio utilizando un proceso de flotación que incluye una línea de vidrio flotado; e impresión del vidrio utilizando una pluralidad de rodillos dispuestos a lo largo de la línea de vidrio flotado para formar una pluralidad de lentes orientadas a lo largo de un eje común, de forma que cada lente tiene dos superficies principales convexas cuando se la observa en sección transversal lateral, comprendiendo el método también:
- 25
- la provisión de tubería en un lado donde no incide la luz del al menos un conjunto de lentes, siendo adecuada la tubería para conducir líquido a través de sí misma y teniendo al menos una célula solar elongada que comprende c-Si dispuesta sobre sí misma cerca de una ubicación de entrada de líquido o sobre la misma; y
- 30
- la orientación del al menos un conjunto de lentes en relación con la tubería de forma que cada dicha lente esté dispuesta para concentrar la luz incidente sobre la misma sustancialmente en una dimensión sobre la tubería de forma que, en funcionamiento, se genera electricidad por medio de la al menos una célula solar elongada y de forma que se caliente el líquido desde una temperatura inicial en la ubicación de entrada de líquido hasta una temperatura elevada a medida que el líquido se mueve a través de la tubería hacia una ubicación de salida de líquido, donde cada dicha lente tiene una distancia focal de 10-200 mm.

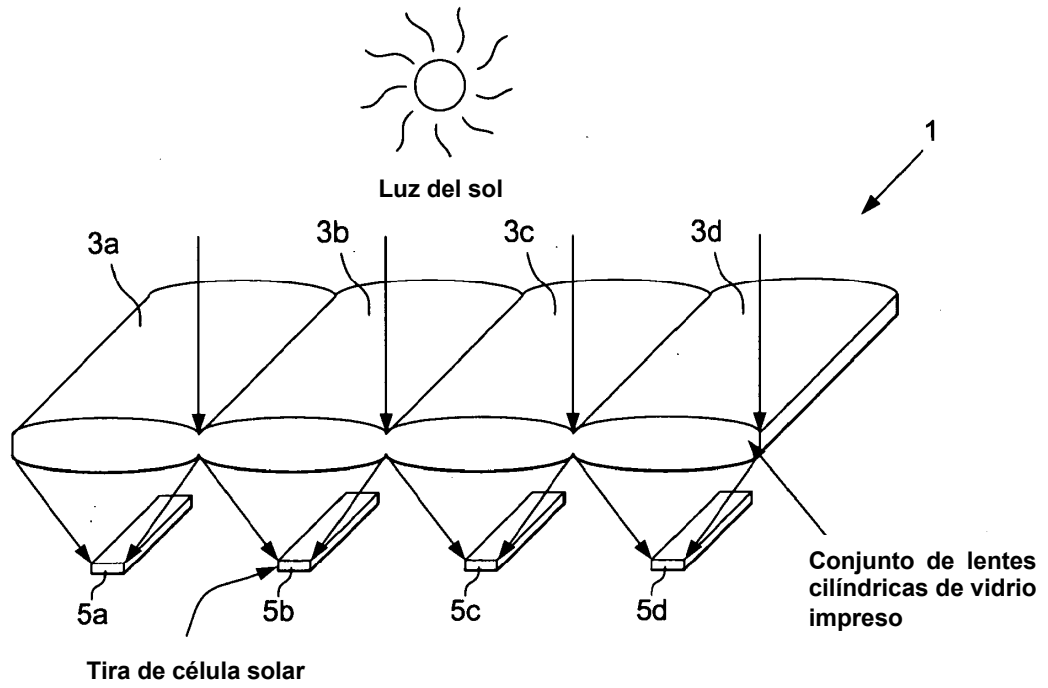


FIG. 1

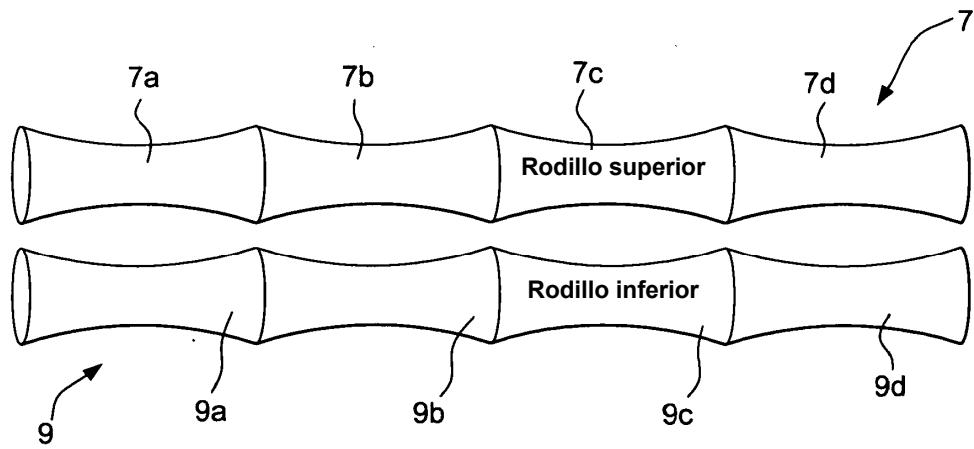


FIG. 2

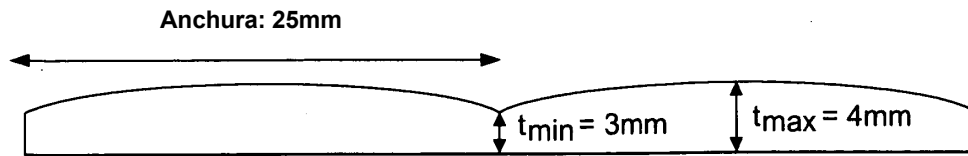


FIG. 3

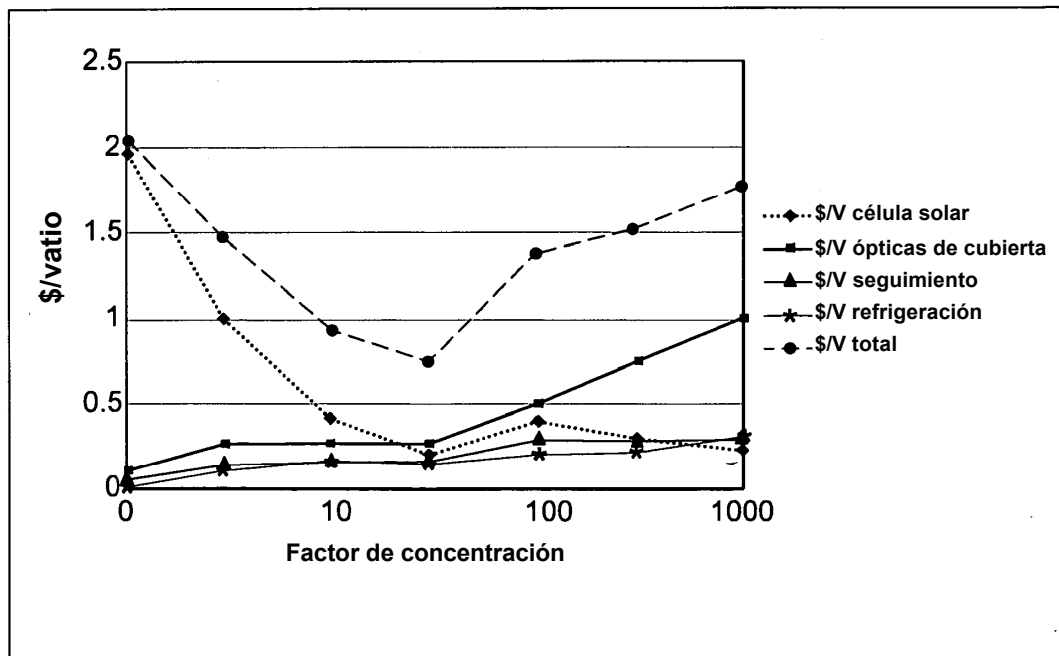


FIG. 4

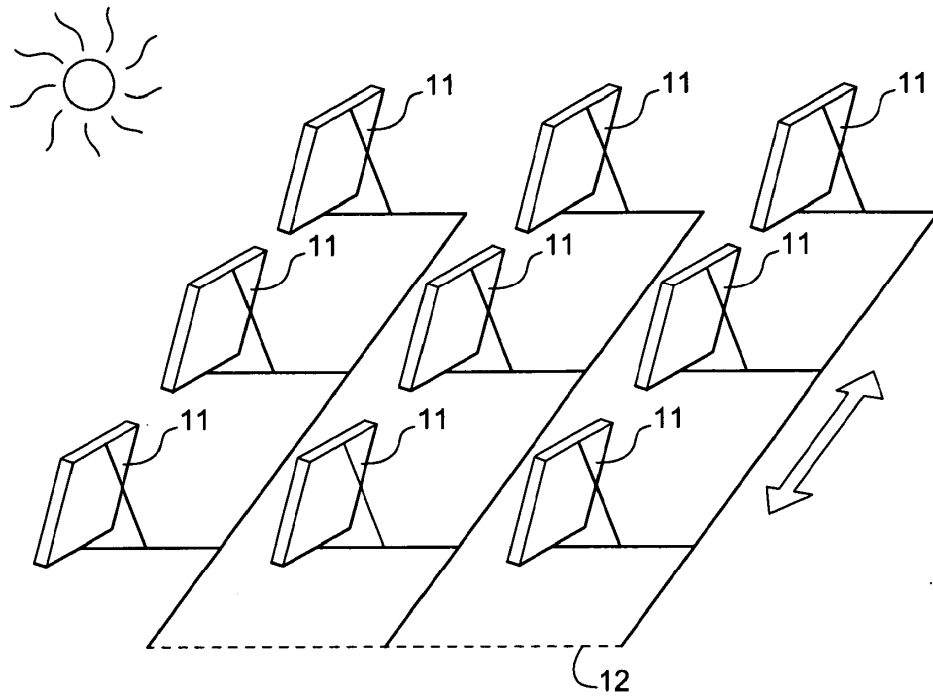


FIG. 5

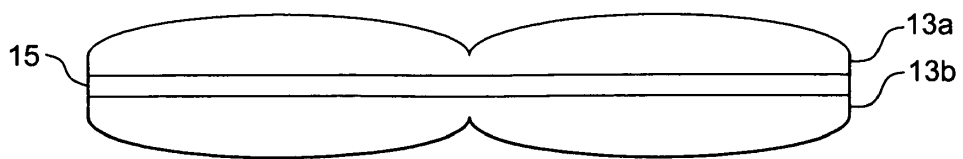


FIG. 6

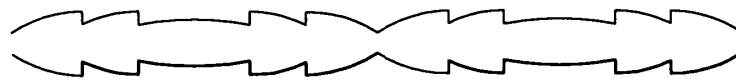


FIG. 7

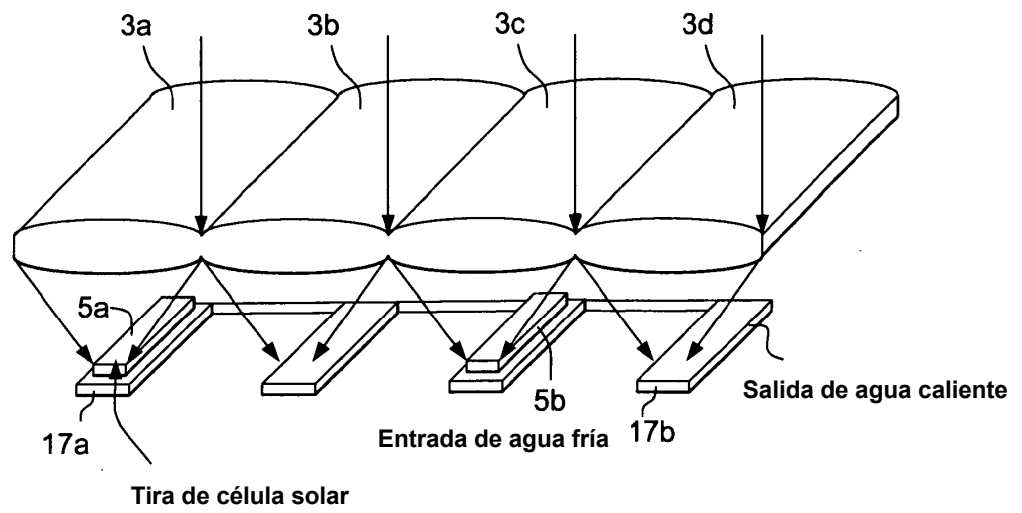


FIG. 8

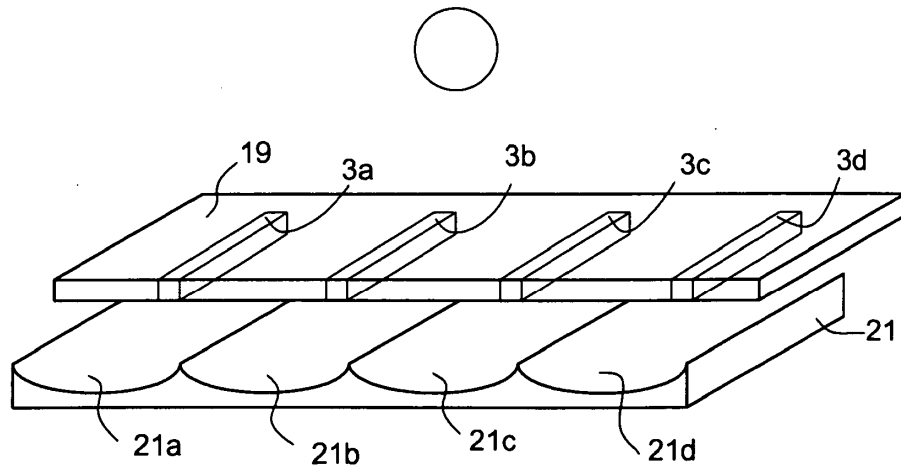


FIG. 9

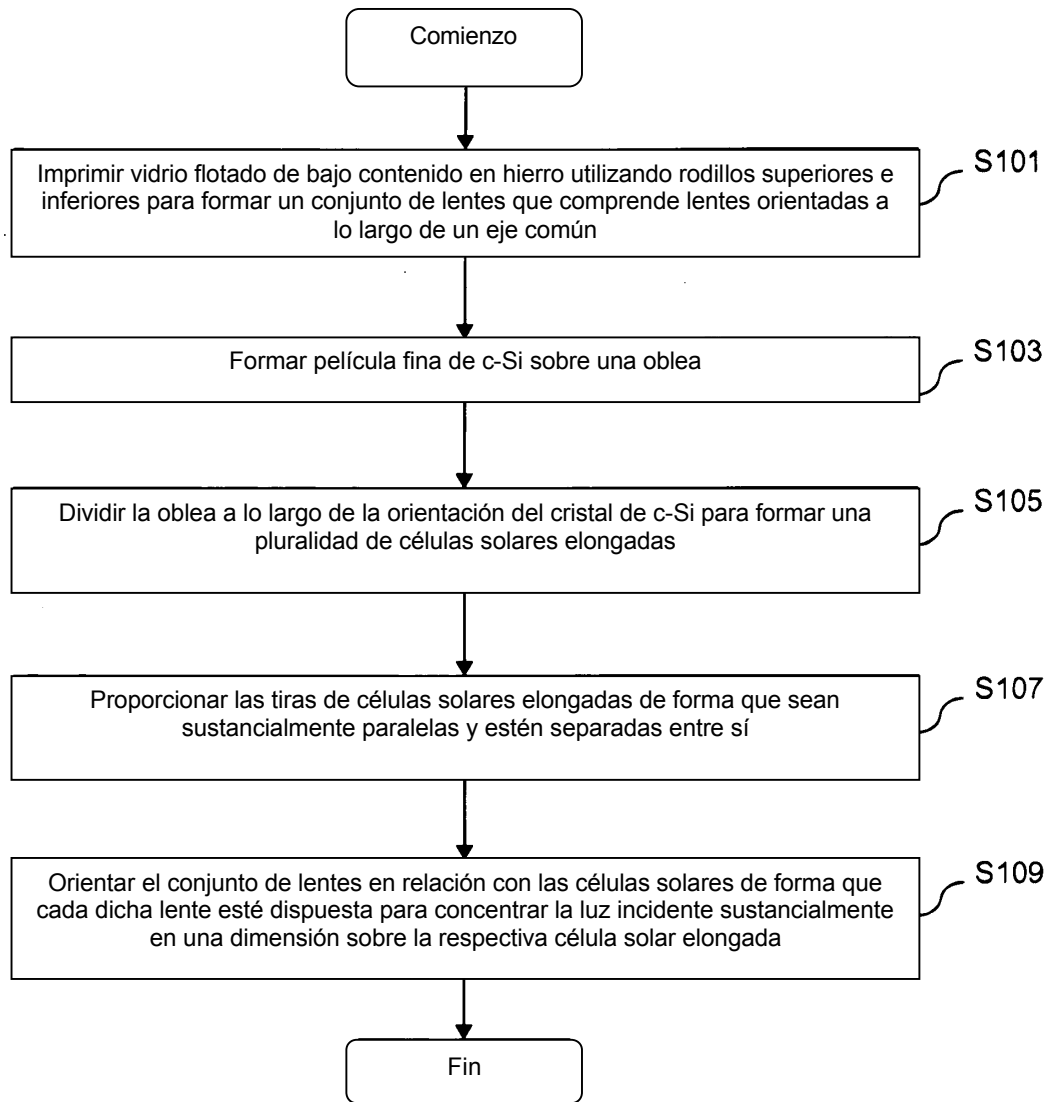


Fig. 10