

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 571 653**

21 Número de solicitud: 201431438

51 Int. Cl.:

H01L 31/054 (2014.01)

12

SOLICITUD DE PATENTE

A2

22 Fecha de presentación:

30.09.2014

43 Fecha de publicación de la solicitud:

26.05.2016

71 Solicitantes:

PONCE ALCÁNTARA, Salvador (50.0%)
Calle Serpis nº 66, piso 7, puerta 39
46022 Valencia ES y
SÁNCHEZ PLAZA, Guillermo (50.0%)

72 Inventor/es:

PONCE ALCÁNTARA, Salvador y
SÁNCHEZ PLAZA, Guillermo

54 Título: **Lámina transparente fotovoltaica con bandas reflectantes y módulo solar que incluye tal lámina**

57 Resumen:

La invención presenta una lámina transparente ópticamente optimizada para módulos solares fotovoltaicos y un módulo solar fotovoltaico que incluye tal lámina. Utilizada como capa frontal del módulo, la lámina transparente incluye unas bandas reflectantes que se sitúan en el espaciado existente entre las células solares que integran el módulo, en la superficie presente entre los bordes de las células solares y los bordes del módulo, y/o quedan dispuestas sobre las células solares, y en la misma posición en el que se encuentra su malla de metalización. Debido a la alta reflectividad de las bandas reflectantes y a que la luz se refleja en las mismas de forma difusa, se aumenta el porcentaje de la luz dirigida hacia la malla de metalización que es enviada de vuelta hacia las células solares presentes en el módulo. De este modo se aumenta la corriente, la potencia y la eficiencia del módulo fotovoltaico.

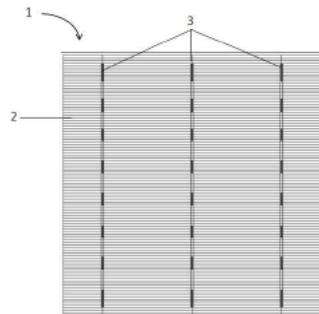


FIG. 1

DESCRIPCIÓN

**LÁMINA TRANSPARENTE FOTOVOLTAICA CON BANDAS REFLECTANTES Y
MÓDULO SOLAR QUE INCLUYE TAL LÁMINA**

Campo de la invención

5 La presente invención se refiere de manera general al campo de la energía solar, y más concretamente a los módulos solares fotovoltaicos. Más específicamente, la presente invención se refiere a una lámina transparente optimizada para su uso con módulos solares fotovoltaicos.

10

Antecedentes de la invención

 La energía solar fotovoltaica (FV) está considerada una de las fuentes de energía renovables a tener en cuenta de cara a la reducción de la dependencia en el uso de combustibles fósiles, ayudando de este modo en la lucha
15 contra el cambio climático. Posee numerosas ventajas. Por ejemplo, es inagotable, distribuida en todo el planeta, modulable, posee un bajo mantenimiento, no produce ruidos ni necesita del agua para su funcionamiento. Además, posee
20 un bajo o incluso agradable impacto visual. En este sentido, en la actualidad hay un incremento en el uso de módulos fotovoltaicos para su integración arquitectónica. Por otro lado, el precio de producción de electricidad por parte de la fotovoltaica está aún por encima del obtenido
25 con otras fuentes de energía.

 El elemento utilizado para captar la energía solar y convertirla en electricidad es el módulo FV. Está formado por una lámina frontal transparente, normalmente de vidrio o de polímero termoplástico, la cual recibe la luz; células
30 solares interconectadas, las cuales producen electricidad cuando incide luz sobre su área activa (superficie no metalizada de la célula solar); unas tiras metálicas, para conectar y permitir la asociación en paralelo y/o en serie

las células solares que forman el módulo FV consiguiendo de este modo la corriente y la tensión deseadas; un encapsulante transparente de naturaleza polimérica, en general etileno vinil acetato (EVA) o silicona, en el cual
5 quedan embebidas todas las células solares y conexiones del módulo; y una lámina trasera generalmente formada por capas de material polimérico, por ejemplo de Tedlar® (polivinilo fluorizado), Kynar® (fluoruro de polivilideno), poliéster, PET (politereftalato de etileno), EVA (etil vinil acetato)
10 o similar, la cual protege las células solares, sus conexiones y el encapsulante frente a su degradación principalmente debida a las inclemencias ambientales, a la humedad y a la radiación ultravioleta. Además la lámina trasera ha de poseer una adhesión duradera con el
15 encapsulante, una estabilidad dimensional y proporcionar aislamiento eléctrico al módulo FV. También cabe señalar que, de cara a su integración arquitectónica, la lámina frontal del módulo fotovoltaico puede ser semitransparente y de colores. Finalmente, el módulo FV posee una caja de
20 conexiones fijada en su cara trasera, y puede tener un marco generalmente de aluminio, que le da estabilidad y rigidez frente a torsiones.

La potencia de un módulo FV es directamente proporcional a la luz que incide sobre el área activa de
25 las células solares que lo forman. Entre un 4% y un 8% de la luz incidente sobre la lámina frontal transparente es reflejada, por lo que no contribuirá a la generación de electricidad por parte de las células solares. Con el fin de disminuir estas pérdidas por reflectividad, existen
30 varios documentos de patentes (US8445309 B2; US7767253 B2; US20110017282 A1) basados en el uso de distintas capas anti reflectantes depositadas sobre una o ambas caras principales de la lámina frontal transparente. Con ellas se

consigue reducir la reflectividad a valores por debajo del 2%, aumentando la transmisión de luz hacia las células solares presentes en el módulo fotovoltaico, y con ello, mejorando su eficiencia.

5 Otra vía para incrementar la transmisión de la luz hacia las células solares presentes en el módulo FV, sustitutiva o complementaria a la expuesta en el párrafo anterior, se basa en el uso de texturas superficiales en una o en ambas caras de la lámina frontal transparente. En
10 este sentido se presentan los documentos US20120045867 A1 y US2013/0344642 A1. Con ellas se consigue aumentar la transmisión de la luz hasta en un 3.2%.

La luz transmitida a través de la lámina frontal transparente y del encapsulante incide sobre las células
15 solares. Entre un 6% y un 9% de la cara frontal de las células solares está cubierta por una malla de metalización encargada de recolectar la corriente fotogenerada. La conexión entre las distintas células solares que forman el
20 módulo FV se realiza principalmente con unas tiras planas de cobre recubiertas con estaño y plata. Éstas se sueldan a unos contactos (buses) definidos para ello en las células solares. Debido a la alta componente especular de la luz reflejada en las conexiones y en la malla de metalización, la mayoría de la luz que incide sobre ellas se escapa del
25 módulo, y no puede ser aprovechada por la célula solar. Esta pérdida no está considerada en la técnica anterior.

Por lo tanto, existe en la técnica la necesidad de reducir las pérdidas de luz anteriormente mencionadas para mejorar la eficiencia de un módulo FV. Concretamente se
30 pretende aumentar el porcentaje de la luz dirigida hacia los contactos metálicos de las células solares que puede ser reutilizado. Además, es deseable que la solución presentada sea eficaz, fácil y/o económica de obtener, y

compatible con la técnica anterior.

Sumario de la invención

Existe por lo tanto la necesidad de superar las
5 comentadas limitaciones de la técnica anterior, con el fin
de aprovechar un alto porcentaje de la luz incidente sobre
la malla de metalización de las células solares presentes
en el interior de un módulo fotovoltaico. Para ello, la
presente invención presenta una lámina transparente
10 fotovoltaica con bandas reflectantes, optimizada para su
uso en un módulo solar fotovoltaico. También se muestra un
módulo solar fotovoltaico que incluye tal lámina.

Según un primer aspecto de la invención, se da a
conocer una lámina frontal optimizada para un módulo solar
15 fotovoltaico, que posee unas bandas reflectantes situadas
en la misma posición que ocupa la malla de metalización de
las células solares que integran el módulo fotovoltaico.
Gracias a ellas, se aumenta el porcentaje de luz dirigida
hacia la malla de metalización que sufre reflexión total
20 interna en la interfase existente entre la lámina frontal
transparente del módulo FV y el aire, dirigiéndose a
continuación dicha luz hacia la zona activa, no metalizada,
de las células solares. Este efecto se describirá a
continuación en el presente documento.

25 Según una primera característica preferida del primer
aspecto de la invención, las bandas reflectantes se definen
con pintura de color, preferiblemente blanco.

Según una segunda característica preferida del primer
aspecto de la invención, las bandas reflectantes pueden
30 poseer, además, una capa de pintura luminiscente.

Según una tercera característica preferida del primer
aspecto de la invención, las bandas reflectantes pueden
estar formadas por tiras de plástico de colores,

preferiblemente blanco.

Según un segundo aspecto de la invención, se da a conocer una lámina frontal optimizada para un módulo solar fotovoltaico, que posee bandas reflectantes tanto en la
5 posición que ocupa la malla de metalización de las células solares que integran el módulo fotovoltaico como en el espaciado existente entre las células solares, y entre los bordes de las misma y los extremos del módulo. Gracias a ello se consigue disminuir el porcentaje de la luz
10 incidente sobre el módulo que es absorbida por el encapsulante.

Según un tercer aspecto de la invención, se da a conocer un módulo solar fotovoltaico que comprende: una lámina frontal destinada a quedar expuesta al sol y formada
15 por un material transparente, según el primer y/o segundo aspecto de la invención; una pluralidad de células solares conectadas entre sí; un material encapsulante situado bajo la lámina frontal y en el que quedan embebidas las células solares; y una lámina trasera fotovoltaica adherida al
20 material encapsulante.

Según un cuarto aspecto de la invención, se da a conocer una lámina de vidrio o plástico con pintura de color, preferiblemente blanco, dispuesta en una de sus caras principales y ocupando toda su superficie. Esta
25 lámina sustituirá a la lámina trasera fotovoltaica estándar, formada ésta por capas de material polimérico entre los que se encuentran por ejemplo Tedlar®, Kynar®, PET, EVA o similar, o cualquier agrupación de ellas. Se puede utilizar un único color o una mezcla de ellos, según
30 el lugar donde vaya a ser instalado el módulo y/o si debe de cumplir ciertas condiciones de cara a su integración arquitectónica. Además, este aspecto de la invención es indicado especialmente para módulos fotovoltaicos que van a

ser instalados en regiones con climas extremos, con humedad, clima salino, y/o con altas temperaturas. En dichos climas, una lámina trasera estándar se degrada con facilidad, reduciendo la potencia y la vida útil del módulo
5 fotovoltaico. Así mismo, el uso de una lámina de vidrio a modo de lámina trasera del módulo FV permite un mejor reciclado de los componentes del módulo al finalizar su vida útil.

10 Breve descripción de las figuras

La presente invención se entenderá mejor con referencia a los siguientes esquemas que ilustran realizaciones preferidas de la misma, proporcionadas a modo de ejemplo, y que no deben interpretarse como limitativas
15 de la invención de ninguna manera. Las figuras no se han realizado a escala con objeto de representar de manera más clara los elementos más importantes para la comprensión de la invención.

La figura 1 muestra un esquema de la malla de metalización situada en la cara frontal, iluminada, de una
20 célula solar estándar.

La figura 2 presenta una vista frontal de un módulo fotovoltaico convencional.

La figura 3 representa cómo se conectan entre sí las
25 células solares dentro de un módulo FV estándar.

La figura 4 muestra de forma esquemática los pasos seguidos para fabricar un módulo fotovoltaico convencional.

La figura 5 expone un corte transversal de los distintos componentes que forman un módulo FV estándar, y
30 la posición que ocupan dentro del mismo.

La figura 6 representa el camino seguido por los rayos de luz reflejados en una tira metálica utilizada para conectar entre sí las células solares situadas dentro del

módulo fotovoltaico estándar, cuando la luz incide de forma normal al módulo.

La figura 7 presenta un trazado de rayos similar al de la figura 6, considerando una lámina frontal con bandas
5 reflectantes según la una realización preferida de la presente invención.

En las figuras 8 y 9 aparecen, respectivamente y ante una incidencia normal de la luz sobre el módulo fotovoltaico, el camino seguido por los fotones dirigidos
10 hacia la lámina trasera fotovoltaica presente entre las células solares y entre éstas y los bordes del módulo fotovoltaico, según si no presenta o si dispone la lámina frontal de las bandas reflectantes.

La figura 10 presenta una secuencia de pasos asociada
15 a una posible realización de la lámina frontal expuesta en esta invención.

La figura 11 completa la posible realización de la invención presentada en la figura 10, incluyendo una capa de pintura fluorescente.

20 La figura 12 muestra una posible secuencia de los pasos necesarios para una realización de la invención en la que las bandas reflectantes se sitúan en toda la lámina frontal, menos en el área activa de las células solares.

En la figura 13 aparece una secuencia de pasos
25 asociada a una posible realización de la invención a modo de lámina trasera fotovoltaica.

En la figura 14 se muestra una secuencia de pasos asociada a la fabricación de un módulo FV utilizando la lámina presentada en la figura 13 a modo de lámina trasera
30 fotovoltaica.

Descripción detallada de la invención

Antes de pasar a describir realizaciones de la

presente invención, se presenta a continuación una descripción del funcionamiento general de un módulo solar fotovoltaico. También se expone la importancia de la luz reflejada en las conexiones metálicas y de su dependencia angular, con objeto de facilitar la comprensión de la presente invención y de las ventajas proporcionadas por la misma.

Así, la figura 1 muestra la vista frontal de una célula solar estándar de silicio cristalino (1). En ella se distingue la malla de metalización, encargada de extraer la electricidad generada en la célula solar. Consta de unas líneas longitudinales y anchas (3), denominadas buses, cuya función es facilitar la interconexión entre las células solares dentro del módulo. Su número y anchura pueden variar según el tamaño de la célula solar y el fabricante. En general se sitúa entre dos y ocho, y su anchura entre 0,5 y 2,0 mm. Además, la malla de metalización está formada por una serie de líneas finas (2), denominadas dedos, situadas de forma transversal a los buses (3). Su anchura y número también pueden variar según sea el fabricante y las características de las células solares. Su función es conducir los portadores fotogenerados recolectados a lo largo de toda la superficie de la célula solar hacia los buses (3).

Entre las células solares de silicio cristalino pueden distinguirse las mono faciales y las bifaciales. Las mono faciales sólo aprovechan la luz incidente sobre una de sus caras principales, la cual es expuesta al sol. Por ello, los dedos metálicos están presentes solo en dicha cara, mientras que la cara trasera está totalmente cubierta por metal. En cambio, las bifaciales permiten aprovechar la luz que incide sobre sus dos caras principales. En este caso, ambas caras de la célula solar tendrá una malla de

metalización similar a la presentada en la figura 1.

La figura 2 muestra de forma esquemática la vista frontal de un módulo fotovoltaico (10). En él se aprecia la situación de distintas células solares (1), conectadas en serie. Las conexiones entre las células solares tienen lugar gracias a unas tiras metálicas (4) soldadas o fijadas sobre los buses (3) de las células solares (1). También se utilizan tiras metálicas de mayor anchura (9), para interconectar las distintas series de células solares que forman el módulo fotovoltaico.

A la hora de diseñar la malla de metalización hay que tener en cuenta las pérdidas resistivas. Una malla de metalización con mayor superficie dará lugar a células solares con una menor resistencia serie. Por otro lado, la superficie ocupada por la malla de metalización de la célula solar no es activa. Se considera que es una superficie sombreada. Por ello no contribuye a la generación de corriente eléctrica. Así, una malla con una mayor superficie dará lugar a células solares con menores corrientes. En este sentido, la malla de metalización se optimiza llegando a un compromiso entre las dos pérdidas comentadas.

En la actualidad, las altas corrientes que son capaces de proporcionar las células solares hacen necesario el uso de un mayor número de buses en las mismas. Los buses se sitúan de forma simétrica al eje central de la célula solar. A medida que aumenta su número, su anchura y la separación entre ellos disminuyen, y aumenta la superficie total ocupada por los mismos. Como se ha comentado con anterioridad, este efecto repercute de forma negativa en la corriente de la célula solar. Por otro lado, con un mayor número de buses se disminuyen las pérdidas asociadas a la conexión entre distintas células solares dentro del módulo,

compensando en parte las pérdidas asociadas a la sombra generada por los mismos. En este sentido, la presente invención tiene como finalidad hacer más útil ópticamente la superficie ocupada por los buses, reduciendo de este modo el efecto de la sombra generada por los mismos en la célula solar.

En condiciones reales de operación, una célula solar de silicio cristalino estándar puede suministrar tensiones superiores a los 0,5 voltios, y densidades de corriente superiores a los 35 miliamperios por cada centímetro cuadrado de su superficie. Teniendo en cuenta la baja tensión y alta corriente que proporciona la célula solar, en general se asocian en serie para formar el módulo fotovoltaico.

La figura 3 muestra dos células solares (1) conectadas en serie. Los buses (3) están situados en las caras principales de las células solares. Tiras metálicas (4), principalmente de cobre recubiertas con estaño y plata, se utilizan para conectar las distintas células solares (1) que forman el módulo FV. Éstas se sueldan a los buses (3) definidos para ello en las células solares (1). Las conexiones entre células solares también pueden realizarse por ejemplo mediante conductores adhesivos.

Para células solares con un número de buses determinado, la posición y dimensiones de los mismos esta estandarizada. De este modo y con independencia de su procedencia, se facilita el paso de la soldadura y conexión de las series de células solares.

La conexión entre las células solares constituye un paso de vital importancia en el proceso de fabricación del módulo fotovoltaico. La optimización de este paso influye de una forma directa en las pérdidas asociadas a la resistencia serie del módulo FV. En este sentido, la

invención presentada permite el uso de cualquier tipo de conexiones entre las células solares, así como la optimización del paso de conexión de forma independiente.

A grandes rasgos, la figura 4 muestra unos posibles
5 pasos de fabricación de un módulo fotovoltaico estándar realizado con células solares de silicio cristalino. En primer lugar (a) se parte una lámina frontal transparente (6). Ésta es generalmente de vidrio o de algún polímero termoplástico transparente, y cuya superficie se elige
10 según el número de células solares que vaya a poseer el módulo fotovoltaico y su disposición dentro del mismo. La lámina frontal transparente sirve de soporte para el resto de componentes del módulo FV. Continuando con el proceso de fabricación estándar de un módulo FV, en el siguiente paso
15 (b) se sitúa una lámina de encapsulante transparente (5), generalmente EVA, silicona o similar, sobre la lámina frontal (6). Seguidamente (c) se sitúan las series de células solares (1) previamente interconectadas con tiras metálicas (4). Otras tiras metálicas (9) son utilizadas
20 para conectar las distintas series de células solares que forman el módulo fotovoltaico. El siguiente paso (d) consiste en situar otra lámina de encapsulante (5) sobre las series de células solares (1). A continuación (e) se sitúa una lámina polimérica (7) cuya función es proteger al
25 módulo FV frente a la radiación UV que pudiese incidir en el mismo de forma indirecta, y frente a las condiciones ambientales. Además, proporciona un aislamiento eléctrico al módulo fotovoltaico. El siguiente paso (f) consiste en un ciclo de laminado, en el que el encapsulante fluye
30 rellenando todos los huecos presentes en el módulo, y adhiriéndose de forma duradera a todos los componentes del mismo. De éste modo, el conjunto queda formando una única unidad.

La figura 5 muestra una vista lateral de un módulo fotovoltaico estándar (10). Como se ha adelantado, está formado por una lámina frontal transparente (6), generalmente de vidrio o de polímero termoplástico. Las células solares (1) se encuentran interconectadas por ejemplo gracias a unas tiras metálicas (4) previamente soldadas a los buses (3), o a unos contactos adhesivos. El conjunto queda embebido entre dos láminas de encapsulante transparente (5). En la otra cara del módulo se sitúa la ya mencionada lámina trasera (7).

La figura 6 muestra de forma esquemática y ante una incidencia normal de luz (12) procedente por ejemplo del sol (11), el camino que siguen los rayos reflejados (13,14) en la tira metálica (4) utilizada para conectar las células solares (1) dentro de un módulo FV (10). Para calcular el ángulo de refracción de la luz al atravesar la superficie de separación entre dos medios con índice de refracción distintos se utiliza la ley de Snell. Esta ley se basa en que el producto del índice de refracción (n_i) por el seno del ángulo de incidencia (θ_i) es constante para cualquier rayo de luz incidente sobre la superficie que separa dos medios.

$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2 \quad (E1)$$

Si la luz se propaga de un medio de mayor a otro de menor índice de refracción, puede reflejarse totalmente hacia el interior del medio con mayor índice de refracción. Este fenómeno se conoce como reflexión total interna (RTI). Teniendo en cuenta los índices de refracción del aire, de la lámina frontal transparente (6) y del encapsulante (5), y de acuerdo con la ley de Snell, se tendrá RTI para todo rayo reflejado que incida en la interfase existente entre la lámina frontal y el aire con un ángulo mayor que:

$$\theta_{RTI} = \arcsin [n_{\text{aire}} / n_{\text{lámina frontal - encapsulante}}] \quad (E2)$$

Si se utiliza un vidrio como lámina frontal (6) y EVA como encapsulante (5), se tendrá RTI para los rayos reflejados (14) con ángulos mayores de 42° con respecto a la normal a la célula solar (1). Estos rayos (14) contribuirán a mejorar la corriente de la célula solar (1). Por el contrario, si dicho ángulo es menor, la luz se escapa del módulo FV hacia el aire (13), y no contribuirá a mejorar la corriente de la célula solar (1) ni, por lo tanto, su potencia.

Según el metal y el recubrimiento utilizado en las tiras metálicas (4) para realizar las conexiones entre las células solares que integran el módulo fotovoltaico, la reflectividad media entre 350 y 1200 nm, se sitúa por debajo del 85%. La alta importancia asociada a la componente especular de la luz reflejada hace que, de acuerdo con la ecuación (E2), experimentalmente se haya obtenido que el aprovechamiento de la luz incidente en las conexiones se sitúe en torno al 10%.

Para aumentar el porcentaje de luz que puede reutilizarse, la figura 7 muestra una de las propuestas de la presente invención. Se basa en situar bandas reflectantes (8) en la lámina frontal (6), en la cara dirigida hacia el interior del módulo FV, en la zona correspondiente a las tiras metálicas (4) utilizadas para conectar las células solares (1), y alineadas con las mismas. En la figura 7 también se aprecia un rayo de luz (12) procedente por ejemplo del sol (11), que incide sobre una banda reflectante (8), preferiblemente de color blanco, situada sobre las tiras metálicas (4) que conectan la célula solar (1). Según el espesor de la banda reflectante, la luz incidente sobre la misma es transmitida a través de ella y/o principalmente reflejada. Con el fin de aumentar el porcentaje de luz que se refleja o transmite de forma

difusa, es aconsejable que la banda reflectante contenga distribuidas en su volumen partículas inorgánicas, como dióxido de titanio, óxido de zinc, óxido de magnesio, sulfato de bario, carbonato de bario, o cualquier
5 combinación de estas u otras partículas similares.

La luz reflejada en dicha banda reflectante posee una alta componente difusa, situada por encima del 80%, lo que favorecerá el reaprovechamiento de los fotones incidentes en la misma debido a su reflexión total interna (14) en la
10 interfase lámina frontal (6) - aire.

Igualmente, la luz transmitida a través de la banda reflectante (16) se distribuye en el interior del módulo FV de forma difusa. De este modo también se favorece la incidencia de los fotones, que inicialmente iban dirigidos
15 a la malla de metalización, hacia la zona activa de las células solares (1) que integran el módulo FV (10).

El aumento del flujo de fotones incidentes sobre la célula solar hará que ésta proporcione una mayor corriente, y por lo tanto, el módulo FV poseerá una mayor potencia y
20 eficiencia.

Junto con lo ya comentado, la reflectividad de la banda reflectante posee un comportamiento próximo al Lambertiano (reflector ideal). Esto significa que el comentado porcentaje de luz incidente sobre la banda
25 reflectante que podrá reutilizarse se mantiene aproximadamente constante con independencia del ángulo de incidencia de la luz. Dicho efecto constituye una nueva ventaja con respecto al comportamiento óptico de una conexión estándar, para la cual la componente especular de
30 la luz reflejada posee la mayor importancia.

En la figura 8 se presenta el camino seguido por un rayo de luz (12), procedente por ejemplo del sol (11), e incidente en la superficie existente entre dos células

solares. Los fotones (12) han de atravesar la lámina frontal (6) en primer lugar. A continuación cruzan el encapsulante (5) hasta incidir sobre la lámina trasera (7). Nuevamente, la luz reflejada en dicha lámina ha de
5 atravesar por segunda vez el encapsulante (5) y la lámina frontal (6). Según el ángulo con el que incidan los fotones en la interfase existente entre la lámina frontal (6) y el aire, estos fotones pueden escapar del módulo (13) o sufrir reflexión total interna (14). En este caso la luz se
10 dirigirá hacia las células solares. Dependiendo del tipo de encapsulante (5) utilizado así como de su espesor, la pérdida en la eficiencia del módulo fotovoltaico debida a la absorción de la luz incidente sobre el mismo se sitúa en torno al 0,33% absoluto. Para paliar dicho efecto, esta
15 invención propone incluir bandas reflectantes (8) en toda la superficie de la lámina frontal fotovoltaica (6), menos en la zona ocupada por el área activa de las células solares (1). Esta alternativa aparece expuesta en la figura 9. En este caso, la luz (12) incidente en el módulo (10) y
20 dirigida hacia la superficie existente entre las células solares que lo integran, o entre éstas y los bordes del módulo (27), solo atraviesan la lámina frontal (6) antes de reflejarse. Por lo tanto, se evita de este modo la absorción debida al cruce del encapsulante (5) en dos
25 ocasiones.

La presente invención es compatible con cualquier tipo de lámina frontal fotovoltaica utilizada en la actualidad, tanto si sus caras son pulidas, como si posee algún tipo de textura en una o en ambas de sus caras principales, así
30 como si la lámina es coloreada o si dispone de alguna capa anti reflectante.

En la actualidad la gran mayoría de empresas dedicadas a la fabricación de módulos fotovoltaicos poseen líneas de

producción automatizadas. Por ello, las conexiones entre las células solares y su colocación sobre la lámina frontal del módulo se realizan de forma automática y previamente programada. Para un mismo número de buses, éstos poseen en
5 las células solares unas posiciones determinadas y constantes. Teniendo esto en cuenta, la interconexión entre las células y la colocación de éstas en el módulo también son constantes. Por ello, no se hace necesaria la introducción de ningún nuevo paso de fabricación asociado a
10 la alineación entre las tiras metálicas utilizadas para conectar las células solares y la lámina frontal con bandas reflectantes.

La presente invención es aún más beneficiosa en el caso de realizar módulos fotovoltaicos utilizando células
15 solares bifaciales. Estas células pueden producir electricidad a partir de la luz que incide sobre sus dos caras principales. Por lo tanto, el efecto del factor de sombra asociado a la malla de metalización se multiplica por dos. Este tipo de módulo fotovoltaico posee dos láminas
20 transparentes, una en su cara frontal dirigida hacia el sol, y otra en la posterior. Por ello, el uso de láminas transparentes con bandas reflectantes en ambas caras del módulo proporciona un mayor incremento en la eficiencia que el obtenido con células solares mono faciales.

25 La lámina transparente de la presente invención puede realizarse mediante cualquier método adecuado. En la figura 10 se presenta una posible secuencia de pasos a seguir para alcanzar el objetivo deseado. En primer lugar, (a), se parte de una lámina frontal fotovoltaica transparente (6),
30 por ejemplo de vidrio, la cuál ha de estar limpia. Dicha lámina puede poseer o no textura en cualquiera de sus caras principales. A continuación, (b), se fija en la superficie una máscara (20) con líneas abiertas (21) solo en las zonas

correspondientes a las tiras metálicas utilizadas para conectar las células solares. El siguiente paso, (c), consiste en el pintado de las bandas teniendo en cuenta las longitudes, anchuras y separaciones entre las conexiones, el número de células solares que forman el módulo fotovoltaico y la separación entre ellas. Existen distintas formas de llevarlo a cabo. La propuesta en esta invención es mediante pintura en espray (22). El siguiente paso, (d), consiste en el secado de la pintura. Ésta puede hacerse por ejemplo mediante paneles radiantes y/o ventilación forzada (23). Finalmente, (e), se procede a retirar la máscara, quedando la lámina frontal (6) con las bandas pintadas definidas (8), y preparada para realizar un módulo fotovoltaico siguiendo por ejemplo la secuencia de pasos indicada en la figura 3.

De acuerdo con la figura 11, la presente invención también propone el uso de una capa de pintura fluorescente (25). En este caso, la aplicación de la pintura se realiza en dos pasos. En primer lugar (c) se aplica la comentada pintura fluorescente. Ésta se dispondrá en contacto con la lámina frontal FV. A continuación (d), tras un breve periodo de secado y sin la necesidad de sustituir la máscara (20), se aplica una segunda capa de pintura de color, preferiblemente blanca. La pintura fluorescente transforma fotones de la región ultravioleta del espectro solar, para los cuales la eficiencia de la célula es reducida, a otras longitudes de onda más altas (en general rojo - infrarrojo cercano), para las que las células poseen un mejor comportamiento. Por otro lado, la pintura blanca se utiliza para reflejar de forma Lambertiana tanto los fotones emitidos por la pintura fluorescente como el resto de fotones procedentes de la luz solar.

Junto en la superficie ocupada por las tiras metálicas

(4) utilizadas para conectar las células solares (1) del módulo fotovoltaico (10), también existe la posibilidad de aplicar la pintura sobre la lámina frontal fotovoltaica (6) para cubrir la superficie asociada a los dedos (2) de la malla de metalización de la célula solar (1) mostrada en la figura 1. Con ello se consigue reducir aún más el factor de sombra asociado a la comentada malla de metalización.

La figura 12 presenta el uso de una nueva máscara (24) para definir las bandas reflectantes. Ésta se sitúa solo en la superficie que ocupará la zona activa, no metalizada, de las células solares (1) en el interior del módulo fotovoltaico (10), impidiendo que se deposite pintura sobre ella. La máscara (24) posee aperturas (21) en la posición correspondiente a las conexiones entre las células solares, y en la superficie existente entre las células solares así como entre éstas y los bordes del módulo FV (27). Salvo por el uso de la nueva máscara (24), todos los pasos de realización de la invención son iguales a los ya expuestos para las figuras 10 y 11.

Sustituyendo a la pintura, también cabe la posibilidad de incluir unas tiras de material polimérico, por ejemplo de Tedlar® (polivinilo fluorizado), Kynar® (fluoruro de polivilideno), PET (politereftalato de etileno), EVA (etil vinil acetato), o cualquier agrupación de ellas. Su color será preferiblemente blanco, y serán adheridas a una de las caras principales (la dirigida hacia las células solares) de la lámina frontal.

Tanto si son pintadas como si son de material polimérico, las bandas reflectantes (8) poseerán una anchura comprendida entre el 50% y el 100% de la anchura de los dedos (2), de los buses (3) y/o de las tiras metálicas (4) utilizadas para conectar las células solares. Dicha anchura se situará preferiblemente entre el 80% y el 100%.

La banda reflectante ha de poseer una alta reflectividad, preferiblemente por encima del 85% entre 350 y 1200 nm.

Así mismo, si las bandas se sitúan en los bordes de las células (27), se dejará una separación entre las bandas
5 y las células comprendida entre 10 μm y 500 μm . El espesor alcanzado por la pintura o por la tira polimérica se sitúa entre 1 y 100 μm , y preferiblemente entre 5 y 40 μm .

La figura 13 muestra una posible realización de la invención a modo de lámina trasera de un módulo FV
10 fabricado con células solares mono faciales. En este caso, se parte de una lámina por ejemplo de vidrio o plástico (15). La pintura se distribuye gracias a un spray (22) en una de las caras principales de un vidrio, y a lo largo de toda su superficie. Podrá utilizarse cualquier color o
15 combinación de ellos, aunque preferiblemente ha de ser blanco. Tras un paso de secado (23), la lámina (15) con una capa de pintura en una de sus caras principales (26) estará preparada para su uso a modo de lámina trasera de un módulo FV.

20 La figura 14 presenta una posible secuencia de pasos de fabricación del módulo fotovoltaico utilizando una lámina (15) con pintura distribuida en toda su superficie. Dichos pasos son similares a los expuestos en la figura 4. Tan solo se introduce el cambio de la lámina trasera
25 estándar (7) por la introducida en esta invención (15). La cara con la pintura se situará preferiblemente hacia el interior del módulo fotovoltaico.

Por lo tanto, el uso de las láminas con bandas reflectantes no requiere de ningún paso añadido en el
30 proceso de fabricación del módulo fotovoltaico. Únicamente es necesario sustituir la lámina trasera y/o la lámina transparente convencional por la de la presente invención. Con ello, la aplicación de la presente invención resulta

sencilla y no ocasiona ningún coste adicional con respecto a los métodos de fabricación convencionales de módulos solares FV.

Por último, la presente invención también da a conocer
5 un módulo solar fotovoltaico que comprende

- una lámina frontal transparente que queda expuesta al sol, objeto de esta invención, según aparece en las figuras 10, 11 o 12;
- una serie de células solares mono faciales
10 conectadas entre sí gracias por ejemplo a unas tiras metálicas;
- un material encapsulante situado bajo la lámina frontal, y en el que quedan embebidas las células solares;
- 15 - una lámina trasera fotovoltaica destinada a proteger el encapsulante, las células solares y las conexiones frente a las inclemencias ambientales, así como de proporcionar aislamiento eléctrico al módulo fotovoltaico.

20 La presente invención también comprende un módulo solar fotovoltaico que posee:

- una lámina frontal transparente que queda expuesta al sol, objeto de esta invención, según se detalla en las figuras 10, 11 o 12 de este documento;
- 25 - una serie de células solares bifaciales conectadas entre sí;
- un material encapsulante situado entre la lámina frontal y la trasera, y en el que quedan embebidas las células solares;
- 30 - una lámina trasera transparente, expuesta en las figuras 10, 11 o 12 de la presente invención, que permitirá la incidencia de luz difusa sobre la cara del módulo fotovoltaico no expuesta directamente al

sol.

La presente invención también incluye un módulo solar fotovoltaico que comprende:

- 5 - una lámina frontal transparente que queda expuesta al sol;
- una serie de células solares conectadas entre sí;
- un material encapsulante situado bajo la lámina frontal, y en el que quedan embebidas las células solares;
- 10 - una lámina trasera fotovoltaica según la figura 14, adherida al material encapsulante.

Esta invención también presenta un módulo solar fotovoltaico que comprende:

- 15 - una lámina frontal transparente que queda expuesta al sol, según las figuras 10, 11 o 12;
- una serie de células solares conectadas entre sí;
- un material encapsulante situado bajo la lámina frontal, y en el que quedan embebidas las células solares;
- 20 - una lámina trasera fotovoltaica según la figura 14, adherida al material encapsulante.

Ejemplos de realización

25 Para demostrar la mejora en la corriente y por lo tanto en la potencia del módulo por el uso de la lámina frontal con bandas reflectantes objeto de esta invención, se han realizado distintos módulos fotovoltaicos utilizando como lámina frontal vidrios templados de 3.2 mm de espesor, un material encapsulante (EVA), y células solares de
30 silicio multicristalino de 156 x 156 x 0.18 mm con características eléctricas similares. Cada módulo FV está formado por una única célula solar. Atendiendo a la presencia o no de textura y a la posición de ésta en la

lámina frontal, se han realizado tres pruebas diferentes las cuales pasan a detallarse a continuación. Para cada una de ellas se han fabricado dos módulos fotovoltaicos distintos.

5 También se han llevado a cabo dos módulos fotovoltaicos en los que se ha incluido pintura blanca en el vidrio, y solo en la zona correspondiente al contorno de la célula solar.

Tras la laminación y el enfriamiento de los módulos,
10 se analizaron las características eléctricas en condiciones estándares de medida (1000 W/m^2 de irradiancia, 25°C de temperatura) utilizando un simulador solar clase A.

Ejemplo 1

15 En este ejemplo, la lámina frontal elegida fue un vidrio pulido por ambas caras. El tamaño del vidrio era tal que permitía incluir de forma holgada dos células solares. Ambas se situaron de forma independiente, y sin estar conectadas entre ellas. Las bandas reflectantes se situaron
20 solo en la zona correspondiente a las tiras metálicas utilizadas a modo de conexión de una de las dos células solares.

Para pintar las bandas sobre su superficie se utilizó la técnica presentada en la figura 11. La pintura elegida
25 fue de color blanco. Así mismo, los pasos de fabricación del módulo FV han sido los expuestos en la figura 4.

Tras la caracterización del módulo en condiciones estándares de medida, la ganancia en la potencia media alcanzada se sitúa en el $1.11\% \pm 0.10\%$ absoluto por el
30 hecho de utilizar las bandas reflectantes.

Ejemplo 2

En este caso, la lámina frontal elegida fue un vidrio

pulido por su cara situada hacia el exterior del módulo, y texturado en su otra cara. Como en el ejemplo anterior, el tamaño del vidrio era tal que permitía incluir de forma holgada dos células solares, no conectadas entre sí. De este modo se pretende comparar el efecto de las bandas reflectantes situadas sobre las tiras metálicas utilizadas a modo de conexión de una de las células solares sobre su corriente tras la fabricación del módulo.

Para pintar las bandas sobre su superficie se utilizó la técnica presentada en la figura 11. La pintura elegida fue de color blanco. Así mismo, los pasos de fabricación del módulo FV han sido los expuestos en la figura 4.

Tras la caracterización del módulo en condiciones estándares de medida, la ganancia en la potencia media alcanzada se sitúa en el $1.16\% \pm 0.10\%$ absoluto por el hecho de utilizar las bandas reflectantes.

Ejemplo 3

La lámina frontal elegida en este caso fue un vidrio texturado por su cara situada hacia el exterior del módulo, y pulido en su cara interna. Como en los ejemplos anteriores, el tamaño del vidrio era tal que permitía incluir de forma holgada dos células solares. Ambas se situaron de forma independiente, y sin estar conectadas entre ellas. De este modo se pretende conocer la variación en la corriente debida a la presencia de las bandas reflectantes situadas sobre las tiras metálicas utilizadas a modo de conexión de una de las células solares.

Para pintar las bandas sobre su superficie se utilizó la técnica presentada en la figura 11. La pintura elegida fue de color blanco. Así mismo, los pasos de fabricación del módulo FV han sido los expuestos en la figura 4.

Tras la caracterización del módulo en condiciones

estándares de medida, la ganancia en la potencia media alcanzada se sitúa en el $1.21\% \pm 0.10\%$ absoluto por el hecho de utilizar las bandas reflectantes.

Por lo tanto, con independencia de la presencia o no de la textura y de la posición de la misma en la lámina frontal transparente del módulo fotovoltaico, se tiene una ganancia en la potencia por el hecho de disponer de las bandas reflectantes. Esta ganancia será tanto mayor cuanto mayor sea el número de buses presentes en las células solares que integran el módulo FV y/o mayor sea la superficie ocupada por los mismos.

Ejemplo 4

Para esta prueba, la lámina frontal elegida tenía textura en su cara expuesta al aire, y era pulida en la cara situada hacia la célula solar. Como en los ejemplos anteriores, las dimensiones del vidrio eran tales que permitían incluir de forma holgada dos células solares. Ambas se situaron de forma independiente, y sin estar conectadas entre sí. De este modo se pretende conocer la variación en la corriente debida a la presencia de las bandas reflectantes situadas paralelas a los bordes de una de las células solares, y definiendo su contorno.

Para pintar las bandas sobre su superficie se utilizó la técnica presentada en la figura 13. La pintura elegida fue de color blanco. Así mismo, los pasos de fabricación del módulo FV han sido los expuestos en la figura 4.

Tras la caracterización del módulo en condiciones estándares de medida, la ganancia en la potencia media alcanzada se sitúa en el $0.15\% \pm 0.10\%$ absoluto por el hecho de utilizar las bandas reflectantes en los bordes de la célula solar. De este modo se minimiza el efecto de la absorción de la luz en el encapsulante, al reducir la

distancia recorrida por los fotones en el interior del módulo fotovoltaico. Esta ganancia es complementaria a la alcanzada en los ejemplos anteriores, dando lugar a una mejora total del $1.36\% \pm 0.20\%$ absoluto en la corriente de
5 la célula solar presente en el módulo fotovoltaico.

REIVINDICACIONES

1. Lámina transparente fotovoltaica con bandas reflectantes, que comprende una plancha de vidrio o plástico transparente, con una superficie igual a la del módulo fotovoltaico;
5
caracterizada por poseer bandas reflectantes (8) en una de sus caras principales, la dispuesta hacia las células solares (1) que forman el módulo fotovoltaico (10), situadas en una posición tal que coincidan y estén
10 alineadas con las tiras metálicas (4) utilizadas para conectar entre sí las células solares (1).
2. Lámina transparente fotovoltaica según la reivindicación 1, caracterizada porque las bandas reflectantes (8) se distribuyen también a lo largo de toda la malla de metalización de las células solares (1), incluyendo los
15 dedos metálicos (2).
3. Lámina transparente fotovoltaica según la reivindicación 1, caracterizada porque las bandas reflectantes (8) también se sitúan en una posición tal que coincidan con
20 las tiras metálicas (9) utilizadas para conectar las distintas series de células solares que forman el módulo fotovoltaico (10).
4. Lámina transparente fotovoltaica según la reivindicación 1, caracterizada por poseer bandas reflectantes (8) en
25 toda la superficie (27) no ocupada por las células solares (1) que integran el módulo fotovoltaico (10).
5. Lámina transparente fotovoltaica según las reivindicaciones 1 a 4, caracterizada porque las bandas reflectantes (8) están situadas en la posición que
30 ocupan las tiras metálicas (4) utilizadas para conectar las células solares, en los dedos metálicos (2), en las tiras metálicas empleadas para conectar las distintas series de células solares (9), en la superficie no

ocupada por las células solares (27), o cualquier combinación de ellas.

- 5 6. Lámina transparente fotovoltaica según las reivindicaciones 1 a 5, caracterizada porque las bandas reflectantes (8) están realizadas con pintura de color.
- 10 7. Lámina transparente fotovoltaica según las reivindicaciones 1 a 5, caracterizada porque las bandas reflectantes (8) están realizadas con tiras de material polimérico (fluoropoliméricas, no fluoropoliméricas, poliéster, o etileno vinil acetato).
8. Lámina transparente fotovoltaica según las reivindicaciones 6 y 7, caracterizada porque las bandas reflectantes son de color blanco.
- 15 9. Lámina transparente fotovoltaica según las reivindicaciones 1 a 8, caracterizada porque las bandas reflectantes (8) están formadas por dos capas; una primera de pintura fluorescente (25) en contacto con la lámina fotovoltaica (6), y otra capa superpuesta de pintura (22) o de material polimérico.
- 20 10. Lámina transparente fotovoltaica según las reivindicaciones 1 a 9, caracterizada porque la banda reflectante posee distribuidas en su volumen partículas inorgánicas, como dióxido de titanio, óxido de zinc, óxido de magnesio, sulfato de bario o carbonato de bario.
- 25 11. Lámina transparente fotovoltaica según las reivindicaciones 8 a 10, caracterizada porque las bandas reflectantes poseen una reflectividad global superior al 85% medida para fotones con longitud de onda comprendida entre 350 y 1200 nm.
- 30 12. Lámina transparente fotovoltaica según las reivindicaciones 1 a 11, caracterizada porque con independencia de si son de material polimérico o si han

sido pintadas, el espesor de las bandas reflectantes (8) se sitúa entre 1 y 100 μm .

- 5 13. Lámina transparente fotovoltaica según las reivindicaciones 1, 2 y 5 a 12, caracterizada porque las bandas reflectantes (8), tanto si se realizan con pintura como si son de material polimérico, poseen una anchura situada entre el 50% y el 100% de la anchura de la malla de metalización de las células solares (2,3).
- 10 14. Lámina transparente fotovoltaica según las reivindicaciones 1, 2 y 5 a 13, caracterizada porque las bandas reflectantes (8) tienen una longitud menor o igual a la del módulo fotovoltaico (10).
- 15 15. Lámina transparente fotovoltaica según las reivindicaciones 1, 2 y 5 a 13, caracterizada porque las bandas reflectantes (8) tienen una longitud igual a la de una serie de células solares que forman el módulo fotovoltaico (10).
- 20 16. Lámina transparente fotovoltaica según las reivindicaciones 1, 3 y 5 a 12, caracterizada porque la anchura de la banda reflectante (8) es igual o mayor que la anchura de la tira metálica (9) utilizada para conectar las distintas series de células solares que forman el módulo fotovoltaico.
- 25 17. Lámina transparente fotovoltaica según las reivindicaciones 1 y 4 a 12, caracterizada porque la separación entre las bandas reflectantes presentes en la zona no activa del módulo (27) y los bordes de las células solares (1) está comprendida entre 10 μm y 500 μm .
- 30 18. Lámina transparente fotovoltaica según las reivindicaciones 1 a 17, caracterizada porque la lámina (6) es de color y semitransparente.
19. Lámina transparente fotovoltaica según las

- reivindicaciones 1 a 18, caracterizada porque la lámina (6) posee capas anti reflectantes.
20. Lámina transparente fotovoltaica según la reivindicaciones 1 a 19, caracterizada porque la lámina (6) tiene pulidas sus dos caras principales.
- 5 21. Lámina transparente fotovoltaica según las reivindicaciones 1 a 19, caracterizada porque la lámina (6) tiene textura en una de sus dos caras principales.
22. Lámina transparente fotovoltaica según las 10 reivindicaciones 1 a 19, caracterizada porque la lámina (6) tiene textura en sus dos caras principales.
23. Lámina transparente fotovoltaica según la reivindicaciones 1 a 21, caracterizada porque las bandas reflectantes (8) se sitúan en la cara pulida.
- 15 24. Lámina transparente fotovoltaica según las reivindicaciones 1 a 19 y 21 a 22, caracterizada porque las bandas reflectantes (8) se sitúan en la cara con textura.
25. Lámina transparente fotovoltaica según las 20 reivindicaciones 6 a 8, caracterizada porque tanto si es pintada como realizada con un material polimérico, la banda reflectante ocupa toda la superficie (26) de una de sus caras principales.
26. Módulo solar fotovoltaico que comprende:
- 25 - una lámina frontal transparente (6) que queda expuesta al sol, según las reivindicaciones 1 a 24;
- una serie de células solares mono faciales (1) conectadas entre sí mediante unas tiras metálicas (4);
- 30 - un material encapsulante (5) situado bajo la lámina frontal;
- una lámina trasera fotovoltaica (7).
27. Módulo solar fotovoltaico que comprende:

- una lámina frontal transparente (6) que queda expuesta al sol, según las reivindicaciones 1 a 24;
 - una serie de células solares bifaciales (1) conectadas entre sí mediante unas tiras metálicas (4);
- 5
- un material encapsulante (5) situado bajo la lámina frontal;
 - una lámina trasera (6), según las reivindicaciones 1 a 24.
- 10 28. Módulo solar fotovoltaico que comprende:
- una lámina frontal transparente (6) que queda expuesta al sol;
 - una serie de células solares (1) conectadas entre sí gracias a unas tiras metálicas (4);
- 15
- un material encapsulante (5) situado bajo la lámina frontal;
 - una lámina trasera fotovoltaica (7) según la reivindicación 25, adherida al material encapsulante.
- 20 29. Módulo solar fotovoltaico que comprende:
- una lámina frontal transparente (6) que queda expuesta al sol, según las reivindicaciones 1 a 24;
 - una serie de células solares (1) conectadas entre sí gracias a unas tiras metálicas (4);
- 25
- un material encapsulante (5) situado bajo la lámina frontal;
 - una lámina trasera fotovoltaica (7) según la reivindicación 25, adherida al material encapsulante.

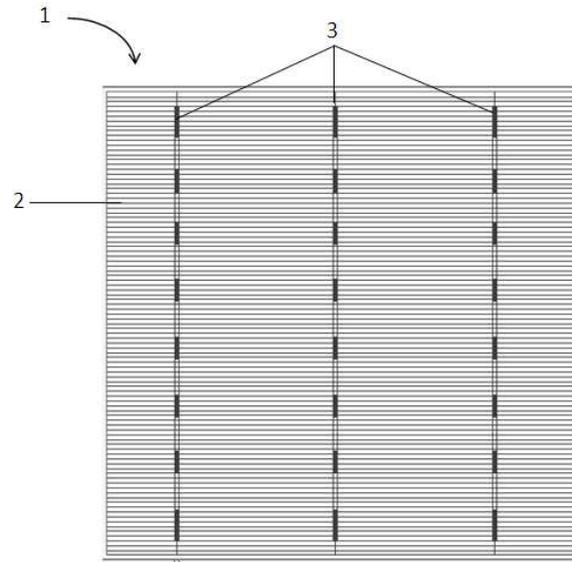


FIG. 1

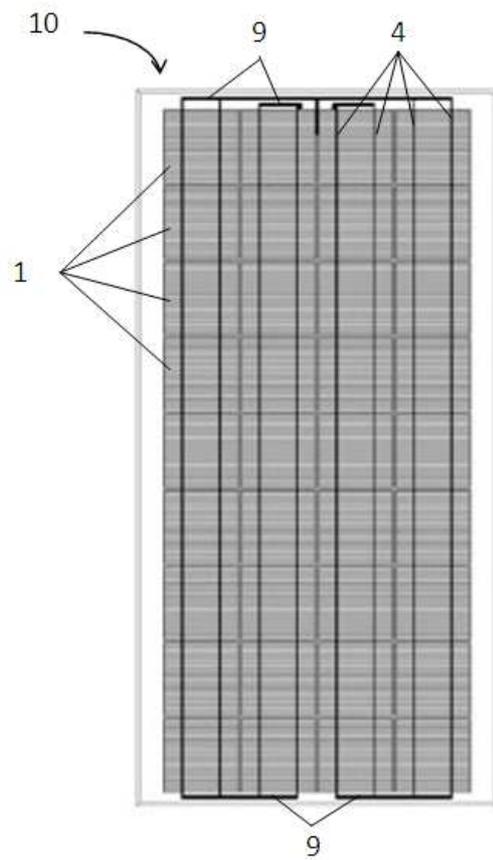


FIG. 2

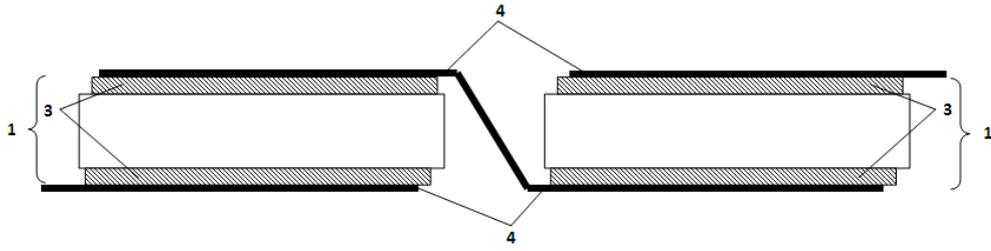


FIG. 3

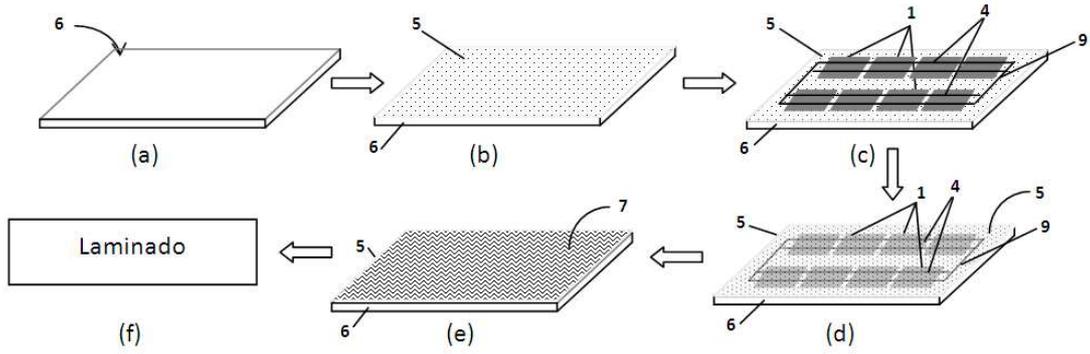


FIG. 4

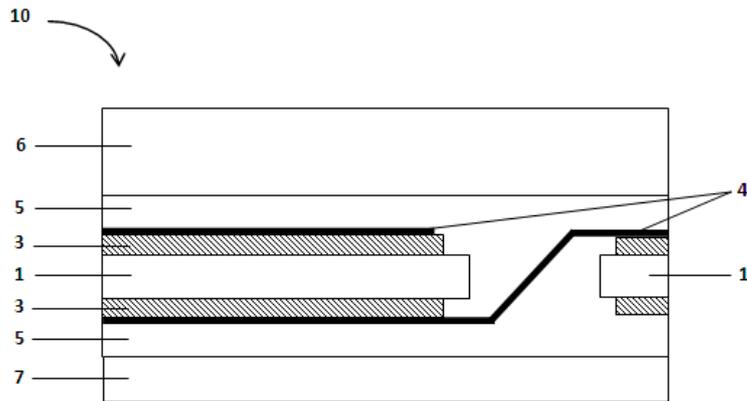


FIG. 5

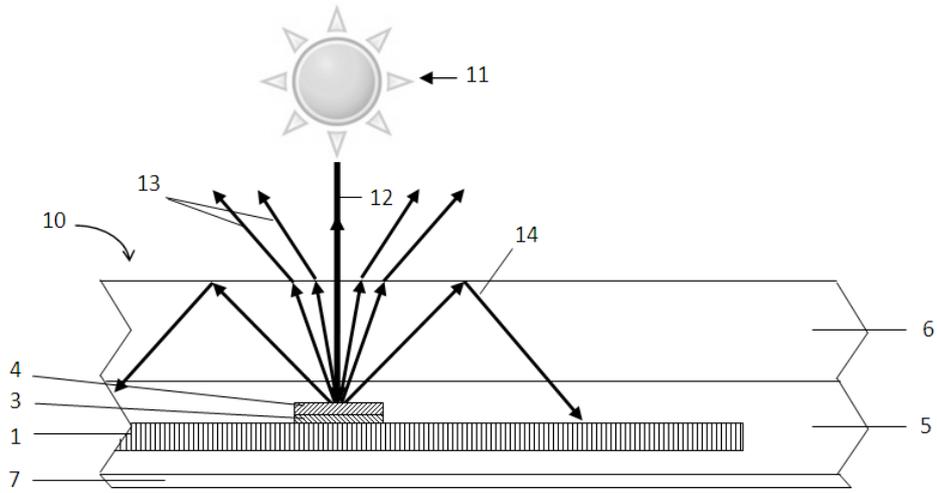


FIG. 6

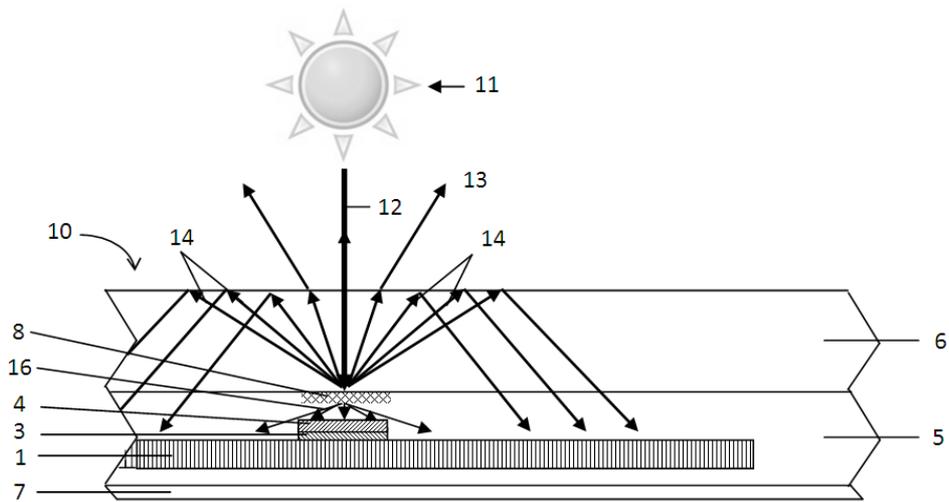


FIG. 7

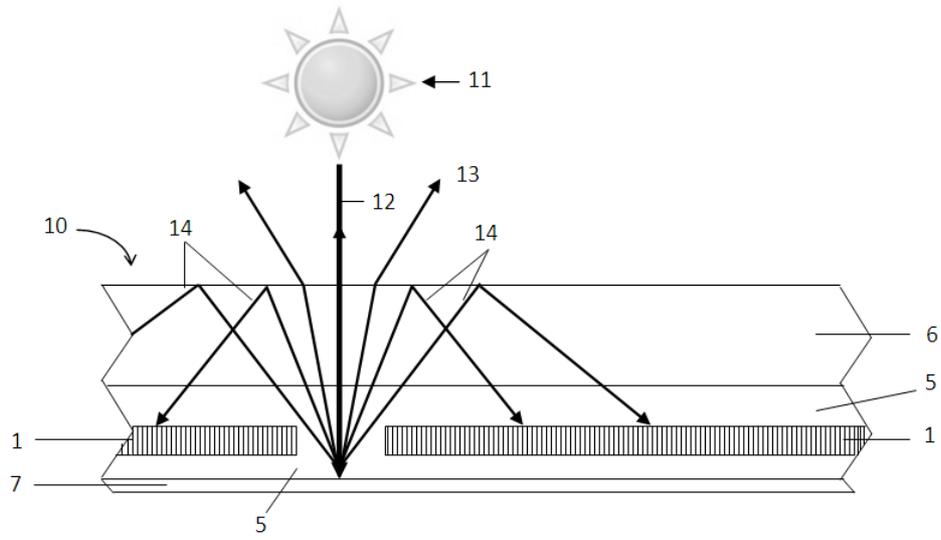


FIG. 8

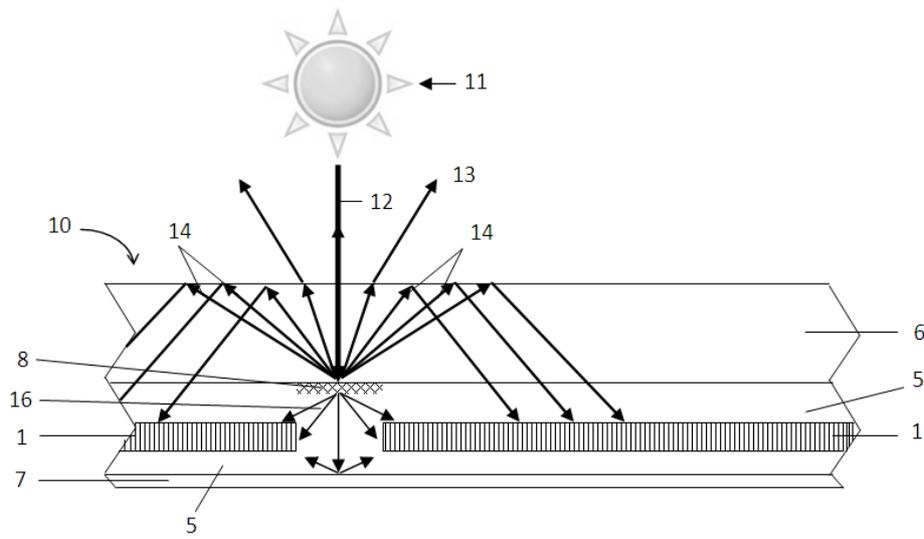


FIG. 9

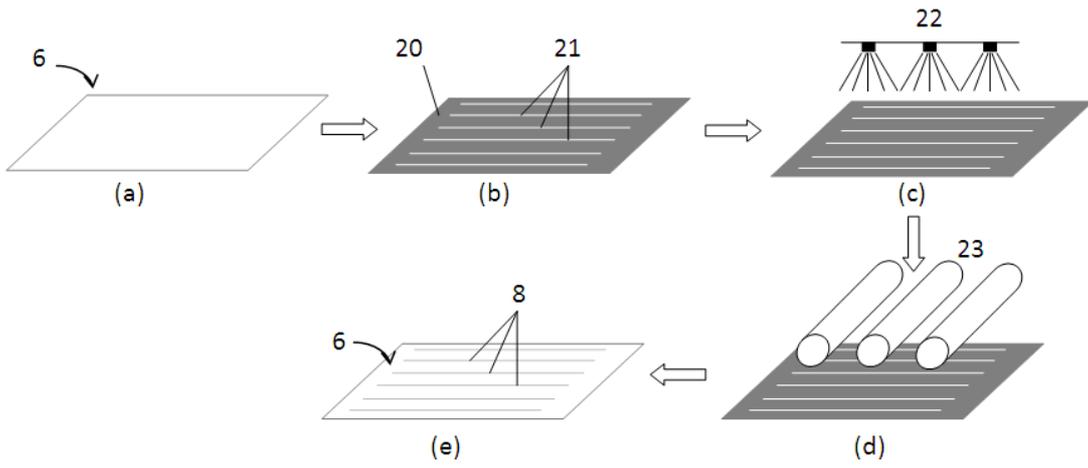


FIG. 10

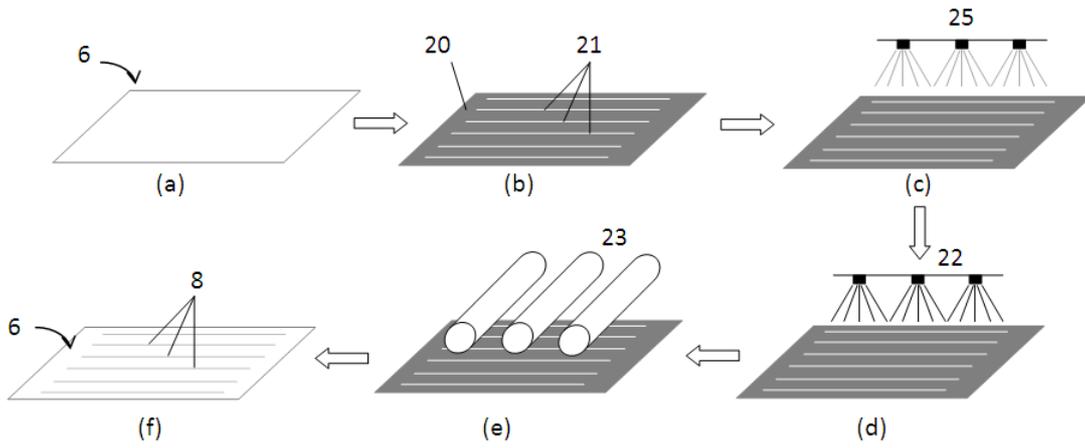


FIG. 11

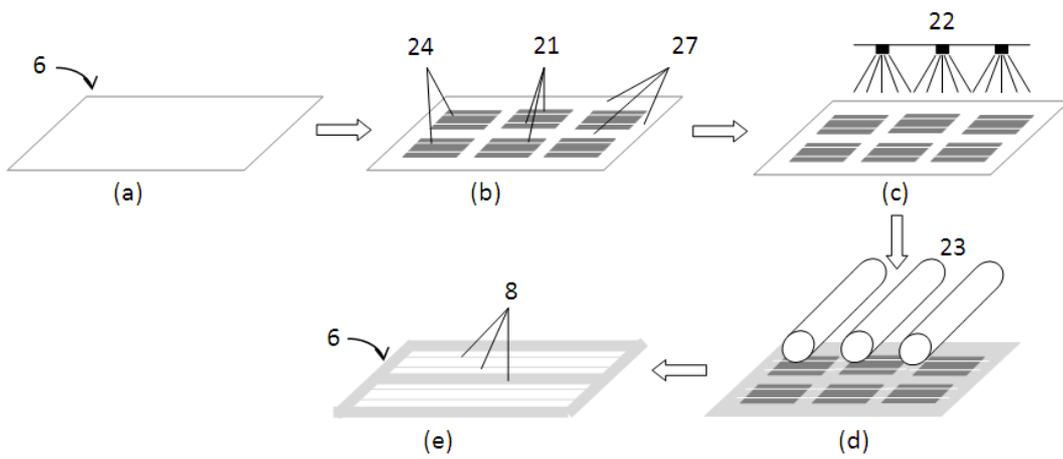


FIG. 12

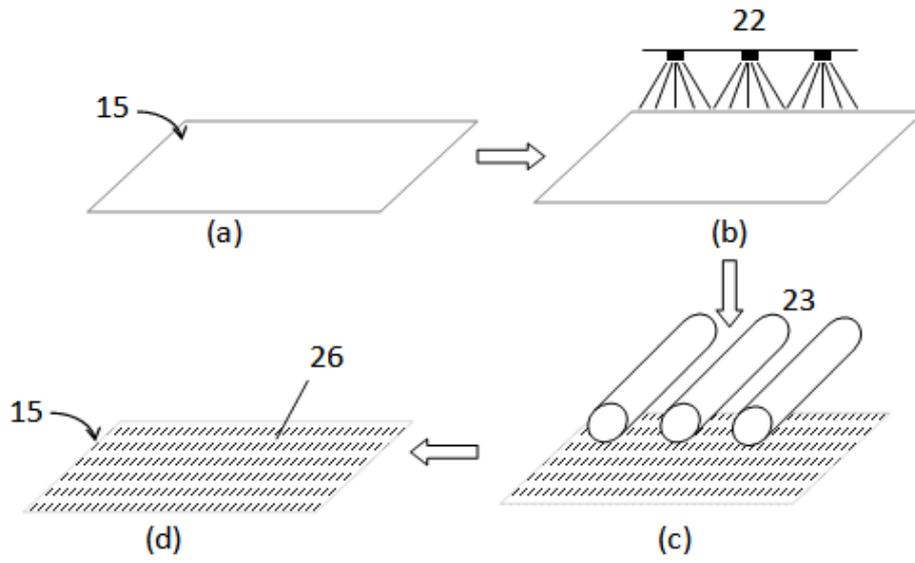


FIG. 13

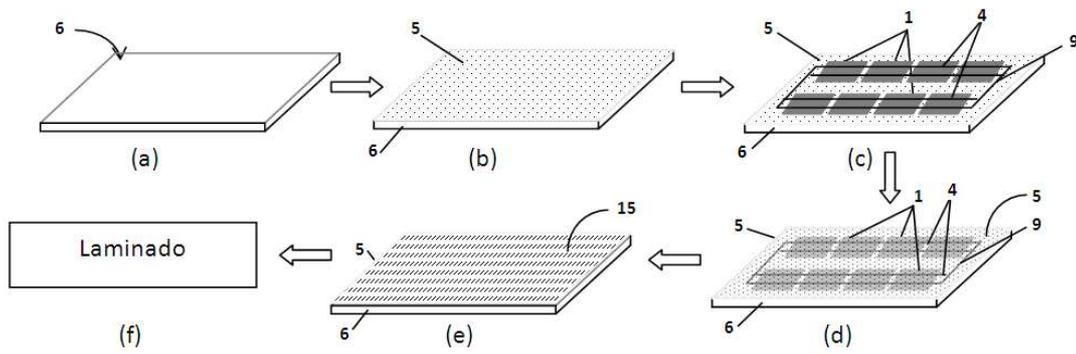


FIG. 14