

(12)

OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



T3

1 Número de publicación: 2 371 720

51 Int. CI.:	
H01L 31/0236	(2006.01)
G02B 5/04	(2006.01)
G02B 5/124	(2006.01)

### TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

- 96 Número de solicitud europea: 08848456 .3
- 96 Fecha de presentación: 05.11.2008

97) Número de publicación de la solicitud: 2208234

97 Fecha de publicación de la solicitud: **21.07.2010** 

# 54 Título: DISPOSITIVO FOTOVOLTAICO.

<ul> <li>Prioridad: 05.11.2007 EP 07021458</li> </ul>	<ul> <li>Titular/es:</li> <li>Solar Excel B.V.</li> <li>Keizersveld 30</li> <li>5803 AN Venray, NL</li> </ul>
<ul> <li>Fecha de publicación de la mención BOPI:</li> <li>09.01.2012</li> </ul>	72 Inventor/es: SLAGER, Ben
<ul> <li>Fecha de la publicación del folleto de la patente:</li> <li>09.01.2012</li> </ul>	Agente: <b>de Elzaburu Márquez, Alberto</b>

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

Dispositivo fotovoltaico.

La invención se refiere a un dispositivo fotovoltaico que comprende al menos una capa activa y una placa de cubierta que contiene, en al menos uno de sus lados o caras, un conjunto geométricamente ordenado de estructuras ópticas y que está en contacto óptico con la superficie de recepción de luz de la(s) capa(s) activas con el fin de reducir las pérdidas por reflexión de dicha superficie. Dicha placa o lámina puede también ser utilizada en combinación con moléculas luminiscentes, las cuales se encuentran en contacto con dicha placa, al objeto de mejorar la respuesta espectral del dispositivo fotovoltaico.

- Los dispositivos fotovoltaicos se utilizan, por lo común, para convertir la energía luminosa en energía eléctrica. Estos dispositivos contienen una capa activa que consiste en un material absorbente de la luz que genera portadores de carga al exponerse a la luz. Una capa activa que es común en la actualidad en los dispositivos fotovoltaicos es el silicio. Sin embargo, pueden encontrase una variedad de materiales como, por ejemplo, el arseniuro de galio (GaAs), el telururo de cadmio (CdTe) o el diseleniuro de cobre, indio y galio (CIGS –"copper indium gallium diselenide"). Las cargas, que se generan en la capa activa, son separadas hacia contactos conductores que transmitirán electricidad.
- 15 Debido a la naturaleza delgada y quebradiza de la capa activa, esta se protege habitualmente de las influencias externas mediante una capa de cubierta transparente, por ejemplo, hecha de vidrio. Se conoce en la técnica que tanto la capa activa como la placa de cubierta reflejan una parte de la luz incidente en el dispositivo fotovoltaico. Especialmente el elevado índice de refracción de la capa activa provoca grandes pérdidas por reflexión que pueden –en el caso del silicio– ser de hasta el 22% de la luz incidente. Puesto que la luz reflejada no puede ser convertida
- 20 en energía eléctrica, estas pérdidas por reflexión provocan una gran reducción de la eficiencia de un dispositivo fotovoltaico.

Otro efecto que reduce la eficiencia de un dispositivo fotovoltaico es la baja eficiencia cuántica de la capa activa para longitudes de onda usualmente cortas, como, por ejemplo, la luz ultravioleta (UV) o azul. Esta baja respuesta es causada por el salto de banda del material. El salto de banda hace referencia a la diferencia de energías entre la

- 25 parte superior de la banda de valencia y la parte inferior de la banda de conducción, de manera que los electrones son capaces de saltar de una banda a otra. Debido al salto de banda, la capa activa tiene una longitud de onda óptima en torno a la cual la energía luminosa es convertida de la manera más eficiente en energía eléctrica. La luz con una longitud de onda que es más alta o más baja que la longitud de onda óptima, es convertida de un modo menos eficiente en energía eléctrica. Un segundo efecto que puede reducir la respuesta espectral de un dispositivo
- 30 fotovoltaico en el intervalo de longitudes de onda cortas es la absorción de luz por la placa de cubierta. Aunque la placa de cubierta es, por lo común, transparente a la luz visible, absorbe a menudo en el intervalo UV. Como resultado de ello, esta luz no puede llegar a la capa activa del dispositivo fotovoltaico y no puede ser convertida en energía eléctrica.
- A fin de reducir estas pérdidas por reflexión, puede aplicarse un revestimiento antirreflectante en la parte superior del material absorbente de luz o la denominada capa activa. Un revestimiento antirreflectante consiste en una única capa de cuarto de onda de un material transparente con un índice de refracción que está comprendido entre el índice de refracción de la capa activa y el de la placa de cubierta. Si bien esta proporciona, teóricamente, una reflectancia nula en la longitud de onda central y una reflectancia reducida para las longitudes de onda comprendidas en una amplia banda en torno al centro, los costes de procesamiento y de material de estas capas son relativamente elevados. También, las técnicas de procesamiento o tratamiento para crear los revestimientos (por
- 40 son relativamente elevados. También, las techicas de procesamiento o tratamiento para crear los revestimientos (por ejemplo, la deposición de vapor química) son exhaustivas y consumen tiempo. Además de ello, el revestimiento antirreflectante únicamente trabaja sobre la superficie en la que se aplica. No es posible, por lo tanto, reducir ni la reflexión de la capa activa ni la de la placa de cubierta mediante el uso de un único revestimiento antirreflectante en una de estas superficies.
- 45 Otro método para reducir estas pérdidas por reflexión es dotar de una cierta estructura la superficie de la capa activa. Esto puede realizarse tanto confiriendo una cierta estructura directamente al propio material, como confiriendo una cierta estructura superficial al sustrato sobre el que se deposita dicho material. Al dotar de una cierta estructura a la capa activa, con estructuras, por lo común, de pirámide o con forma de V, se obtiene una reducción de las pérdidas por reflexión en la capa activa por reflexiones múltiples en la superficie, lo que ofrece a la luz una
- 50 mayor oportunidad para entrar en el panel. Este efecto reduce las pérdidas por reflexión en la superficie de la capa activa y se hace referencia, por tanto, a menudo a él como efecto antirreflectante. En segundo lugar, las estructuras pueden, en algunos casos, atrapar parcialmente la luz que no es absorbida por la capa activa y es reflejada por la superficie del sustrato. Como resultado de ello, la probabilidad de absorción de la luz por la capa activa se ve aumentada. Si bien la dotación de una cierta estructura de la capa activa puede mejorar significativamente la
- 55 eficiencia de una célula fotovoltaica, los métodos de producción son muy complicados y extremadamente caros. A menudo procedimientos como el ataque químico superficial en mojado, el ataque mecánico superficial o el ataque superficial con iones reactivos, se utilizan para realizar el efecto deseado. También la dotación de una cierta estructura de la capa activa no reduce las pérdidas por reflexión de la placa de cubierta.

Se conoce en la técnica que el mismo concepto que se describe en el párrafo previo puede ser utilizado para

meiorar la transmisión de la luz de una placa de vidrio, esto es, la placa de cubierta. En ella, estructuras con forma de V (G. A. Landis, 21ª Conferencia de especialistas fotovoltaicos del IEEE [Instituto de Ingeniería Eléctrica y Electrónica -- "Institute of Electrical and Electronics Engineering"], 1304-1307 (1990)) o piramidales según se divulga en el documento WO 03/046617, se aplican a una placa de vidrio con el fin de reducir las pérdidas por reflexión de

- 5 dicha placa y, por tanto, aumentar su transmisión. Las estructuras pueden ser aplicadas a la placa de vidrio mediante, por ejemplo, colada o presión. Sin embargo, a la hora de utilizar la placa como una placa de cubierta de un dispositivo fotovoltaico, la eficiencia máxima de dicho dispositivo puede aumentarse tan solo en un 6%, lo que representa una reducción de aproximadamente el 30% de las pérdidas por reflexión, de acuerdo con un estudio sobre un modelo (U. Blieske et al., 3ª Conferencia mundial sobre conversión fotovoltaica de energía, 188-191
- 10 (2003)). En la práctica, los resultados son incluso menores y tan solo puede obtenerse el 3%. Si bien las estructuras reducen algunas de las pérdidas por reflexión de la capa activa, esta reduce, predominantemente, las pérdidas por reflexión de la placa de cubierta. En consecuencia, la reducción total de las pérdidas por reflexión, y el incremento en la eficiencia del dispositivo fotovoltaico, son bajos. El documento US 4.576.850 divulga una superficie de microestructuras para células solares.
- 15 Es, por tanto, un propósito de la presente invención mejorar la eficiencia de un dispositivo fotovoltaico y proporcionar un dispositivo fotovoltaico en el que las pérdidas por reflexión, especialmente las pérdidas por reflexión de la capa activa, son adicionalmente reducidas.

Este propósito se consigue mediante un dispositivo fotovoltaico según se expone en la reivindicación 1.

- Si bien la placa de cubierta transparente puede contener tan solo una única estructura geométrica óptica de relieve 20 individual, se prefiere que la placa de cubierta transparente contenga un conjunto geométricamente ordenado de estructuras geométricas ópticas de relieve. Debe entenderse un conjunto geométricamente ordenado como una colección o grupo de elementos, en este caso, estructuras ópticas de relieve individuales, situadas adyacentes entre sí o dispuestas en filas y columnas sobre un único sustrato. Preferiblemente, el conjunto geométricamente ordenado contiene al menos 4 estructuras geométricas ópticas de relieve.
- 25 Sorprendentemente, puede demostrarse que la placa de cubierta que comprende las estructuras ópticas de relieve reduce las pérdidas por reflexión de la superficie de recepción de la luz de la capa activa de un dispositivo fotovoltaico, a condición de que dicha placa de cubierta se coloque en contacto óptico con el lado o cara de recepción de la luz de dicha capa activa. Si este requisito no es satisfecho, la transmisión a través de dicha placa a dicha capa activa se ve reducida, de manera que es igual o inferior en comparación con una superficie desprovista 30
- de cierta estructura.

Estos requisitos dados para una estructura óptica de relieve de acuerdo con la presente invención no son satisfechas en el caso de estructuras con forma de V o de cualquier forma piramidal. En la Figura 3 se proporciona un ejemplo de estructura geométrica óptica de relieve individual de acuerdo con la invención. Este ejemplo de ningún modo significa una limitación de la invención. En él, la estructura geométrica óptica de relieve claramente

- 35 contiene 3 superficies cuadradas que conectan directamente la base hexagonal a una única cima o cúspide, y la estructura contiene 9 superficies en total. Esta estructura es diferente de cualquier estructura con forma de V o de cualquier pirámide conocida en la técnica anterior. Una estructura con forma de V repetitiva contiene, por definición, únicamente superficies paralelas. Una estructura de pirámide contiene, por definición, n triángulos que conectan la base n-poligonal, o poligonal de n lados, a la cúspide. La estructura representada en la Figura 3 no cumple ninguno 40 de estos requisitos.

La estructura geométrica óptica de relieve de acuerdo con la invención tiene dos funciones principales:

- 1. La luz que entra en la estructura a través de la base poligonal de n lados, es al menos parcialmente reflejada hacia su dirección de origen por las superficies de dicha estructura.
- 2. La luz que entra en la estructura a través de las superficies de dicha estructura es al menos parcialmente 45 transmitida.

En una realización preferida de la invención, una estructura geométrica óptica única o individual deberá converger en todas las superficies de que se compone la estructura. Preferiblemente, el ángulo comprendido entre la base y cualquiera de las superficies deberá ser de 90° o menos.

En otra realización preferida de la invención, la placa de cubierta transparente contiene un conjunto 50 geométricamente ordenado de estructuras geométricas ópticas de relieve, con las estructuras adyacentes en contacto a tope unas con otras. Las estructuras pueden ser colocadas de tal manera que la orientación de todas las estructuras sea la misma, alterna o aleatoria unas con respecto a otras.

Se conoce que las pérdidas por reflexión para una superficie plana dependen del ángulo de incidencia o. En el caso de una superficie plana, las pérdidas por reflexión son pequeñas cuando la fuente luminosa, es decir, el sol, es 55 perpendicular ( $\varphi = 0^{\circ}$ ) a la superficie. Las pérdidas por reflexión aumentan hasta un máximo cuando el ángulo de incidencia o es 90°, es decir, cuando la fuente luminosa es paralela a la superficie del dispositivo fotovoltaico. Se

observa un efecto similar, aunque la tendencia es diferente, para el conjunto geométricamente ordenado de estructuras de pirámide conocido en la técnica anterior. En ambos casos, las pérdidas por reflexión son, sin embargo, al menos en gran medida, independientes del ángulo θ. El ángulo θ, al gue puede hacerse referencia también como el ángulo direccional, es el ángulo que determina la posición al norte, este, sur u oeste de la fuente

- 5 luminosa, esto es, el sol, con respecto al dispositivo. Sorprendentemente, para un conjunto geométricamente ordenado de estructuras geométricas ópticas de relieve de acuerdo con la invención, la reducción de las pérdidas por reflexión depende significativamente del ángulo θ. Debido a esta dependencia, la orientación del conjunto geométricamente ordenado de estructuras geométricas ópticas de relieve con respecto a la trayectoria del sol tiene una influencia significativa en el rendimiento del dispositivo fotovoltaico. En una realización preferida del dispositivo
- 10 fotovoltaico de acuerdo con la invención, el conjunto geométricamente ordenado se coloca, por lo tanto, de tal forma que el rendimiento óptimo para  $\theta$  se consigue a la máxima intensidad luminosa.

Cuando se describe la base poligonal de n lados de la estructura óptica por un círculo en el cual los bordes de la base poligonal se encuentran sobre la línea de la circunferencia del círculo, el diámetro D del círculo es, preferiblemente, menor que 30 mm, más preferiblemente, menor que 10 mm y, de la forma más preferida, menor

15 que 3 mm.

> La altura de las estructuras depende del diámetro D de la base y está comprendida, preferiblemente, entre 0,1\*D y 2\*D.

En una realización preferida del dispositivo fotovoltaico de acuerdo con la invención, las superficies del conjunto geométricamente ordenado de estructuras ópticas de relieve están cubiertas por un revestimiento. El revestimiento 20 puede ser un revestimiento contra el empañamiento, contra el ensuciamiento, contra las ralladuras o similar.

En una realización más preferida del dispositivo fotovoltaico de acuerdo con la invención, el revestimiento tiene un índice de refracción diferente del de las estructuras de relieve ópticas y la forma del revestimiento es complementaria a la del conjunto geométricamente ordenado de estructuras geométricas ópticas de relieve, y el dispositivo fotovoltaico con el revestimiento tiene incluso estructuras que no son de relieve. Por ejemplo, es posible

- 25 crear las estructuras ópticas de relieve de un material de elevado índice de refracción y revestirlas con un material de bajo índice de refracción, de tal manera que no exista estructura de relieve tras el revestimiento. En otras palabras, las estructuras ópticas de libración altamente refractivas son "llenadas" con un material de bajo índice de refracción.
- La placa de cubierta que comprende las estructuras ópticas de relieve puede hacerse de cualquier material 30 transparente. Un material transparente ha de entenderse como un material que tiene una absorción lineal de menos de 0,2 mm<sup>-1</sup> dentro del intervalo del intervalo de 400 nm a 1.200 nm. Preferiblemente, las estructuras ópticas de relieve están hechas de un material polimérico. Ejemplos de materiales poliméricos son el policarbonato, el polimetilmetacrilato, el polipropileno, el polietileno, la poliamida, la poliacrilamida o cualesquiera combinaciones de los mismos. El polímero es, preferiblemente, estabilizado por medio de absorbedores de UV y/o estabilizadores de la
- 35 luz amino-impedidos.

En otra realización preferida, las estructuras ópticas de relieve están hechas de vidrio, por ejemplo, de vidrio de silicato o vidrio de cuarzo.

El espesor de la placa es, preferiblemente, menor que 30 mm, más preferiblemente, menor que 10 mm y, de la forma más preferida, menor que 3 mm.

40 La placa de cubierta que comprende las estructuras ópticas de relieve de acuerdo con la invención puede obtenerse por procedimientos conocidos en la técnica, por ejemplo, el moldeo por inyección, calandrado térmico, formación de estructuras por láser, métodos fotolitográficos, prensado de polvo, colada, rectificado o prensado en caliente.

Para superar el efecto de la baja respuesta espectral, especialmente de las longitudes de onda inferiores, de la capa activa de un dispositivo fotovoltaico, pueden aplicarse pigmentos luminiscentes en o sobre la capa activa. Dichos 45 pigmentos luminiscentes mejoran la respuesta espectral del dispositivo al convertir las longitudes de onda que no son utilizadas eficientemente por dicha capa en longitudes de onda que se utilizan de forma más eficiente. Las moléculas luminiscentes del pigmento absorben longitudes de onda cortas y reemiten la luz en una longitud de onda más larga.

En consecuencia, la presente invención también se refiere a un dispositivo fotovoltaico según se ha descrito 50 inicialmente, en el cual está presente un pigmento luminiscente en la placa de cubierta transparente que contiene el conjunto geométricamente ordenado de estructuras ópticas de relieve.

Parte de la luz emitida por las moléculas luminiscentes del pigmento luminiscente puede, sin embargo, no ser utilizada por la capa activa de los dispositivos fotovoltaicos de la técnica anterior debido a que es dirigida en alejamiento de la capa activa, o porque es reflejada por dicha capa como consecuencia de su elevado índice de

55 refracción. Como resultado de ello, los pigmentos luminiscentes pueden, en la práctica, aumentar la eficiencia de los dispositivos fotovoltaicos de la técnica anterior en tan solo el 2% aproximadamente (H. J. Hovel et al., "Solar energy

materials", 2, 19-29 (1979),

5

25

40

Cuando se combina un dispositivo fotovoltaico de acuerdo con la presente invención con pigmentos luminiscentes conocidos en la técnica, se produce, de forma sorprendente, un efecto sinérgico en el que la respuesta espectral de un dispositivo fotovoltaico se ve mejorada más allá de lo que sería esperable por la simple adición de moléculas luminiscentes del pigmento luminiscente.

Debe apreciarse, sin embargo, que, cuando se añaden moléculas luminiscentes a la placa de cubierta transparente. dicha placa puede hacerse no transparente en al menos una parte del intervalo de longitudes de onda comprendido entre 400 nm v 1.200 nm.

- Cuando se añaden moléculas luminiscentes a la placa de cubierta transparente que comprende las estructuras 10 ópticas de relieve de acuerdo con la invención, la respuesta espectral del dispositivo fotovoltaico se mejora en comparación con una superficie desprovista de estructuras (véase la Figura 2). La placa de cubierta transparente que comprende las estructuras ópticas aumenta la absorción de la luz emitida por las moléculas luminiscentes en la superficie de recepción de luz de la capa activa del dispositivo fotovoltaico, al reducir las pérdidas por reflexión de la luz luminiscente y redirigir la luz luminiscente emitida en dirección de alejamiento de la capa activa, en dirección
- 15 contraria, hacia la capa activa. Las moléculas luminiscentes se encuentran, preferiblemente, distribuidas en el interior de la placa, pero pueden también estar presentes en una capa independiente existente entre la placa de cubierta transparente que contiene el conjunto geométricamente ordenado de estructuras ópticas de relieve, y la superficie de recepción de luz de la capa activa del dispositivo fotovoltaico. Es necesario el contacto óptico entre la placa de cubierta transparente que comprende las estructuras ópticas de relieve y/o la capa que contiene las
- 20 moléculas luminiscentes, y la superficie de recepción de luz de la capa activa de un dispositivo fotovoltaico.

Asimismo, el conjunto geométricamente ordenado de estructuras ópticas de acuerdo con la invención puede reducir la concentración requerida de pigmento luminiscente y el espesor de la capa. La cantidad de luz que es convertida en otra longitud de onda por un pigmento luminiscente está relacionada con la cantidad de luz absorbida por dicho pigmento, la cual está, a su vez, relacionada con el espesor de la capa y con la concentración de pigmento de acuerdo con la ley de Lamber-Beer:

Absorbencia = 
$$\varepsilon^* [C]^* I$$
 (1)

 $\epsilon$  = coeficiente de extinción molar en [L mol<sup>-1</sup> cm<sup>-1</sup>]

[C] = concentración de pigmento en [mol L<sup>-1</sup>]

I = espesor de capa en [cm].

- 30 A fin de cerciorarse de que se absorba la mayor parte de la luz incidente y, por tanto, se utilicen óptimamente las moléculas luminiscentes,  $\varepsilon$ , I o [C] tienen que ser grandes. Puesto que  $\varepsilon$  es una propiedad intrínseca del pigmento y no se puede modificar, y [C] es limitado como consecuencia de que los pigmentos luminiscentes tienen una solubilidad limitada en materiales de matriz tales como los polímeros, es, por tanto, necesario tener una capa gruesa (I). Debido a la gruesa capa requerida y a los elevados costes de los pigmentos luminiscentes en sí, esto es
- 35 relativamente caro.

El efecto sinérgico de las moléculas luminiscentes en combinación con el conjunto geométricamente ordenado de estructuras ópticas de acuerdo con la invención, no está, por tanto, limitado a un incremento de la salida obtenida. El conjunto geométricamente ordenado de estructuras ópticas aumenta la longitud del camino de la luz incidente a través de la capa que contiene el pigmento luminiscente. Como resultado de ello, es posible utilizar una concentración más baja de moléculas luminiscentes y capas más delgadas sin una reducción de la eficiencia.

Las moléculas luminiscentes que pueden utilizarse pueden ser, por ejemplo, fluorescentes o fosforescentes, y dichas moléculas pueden ser tanto luminiscentes de conversión en sentido descendente como luminiscentes de conversión en sentido ascendente. Las moléculas preferidas son fluorescentes y pueden ser, por ejemplo, cualquiera de entre perelina, cumarina, rodamina, naftalimida, benzoxanteno, acridina, auramina, benzantrona, cianina, estilbeno, rubreno, leciferina o derivados de los mismos.

45

El pigmento luminiscente que contiene las moléculas luminiscentes es, por tanto, preferiblemente un pigmento orgánico. El pigmento luminiscente puede, sin embargo, ser también un pigmento inorgánico. Preferiblemente, el pigmento luminiscente actúa como absorbedor UV para estabilizar el polímero que constituye la placa de cubierta transparente.

50 El pigmento luminiscente puede comprender una mezcla de diversos pigmentos luminiscentes. La concentración del pigmento luminiscente se encuentra, preferiblemente, entre 0,001 y 50 gramos de pigmento por m<sup>2</sup> de superficie de la placa de cubierta y por mm de espesor de la placa de cubierta.

Puede observarse que se refleja una cantidad significativa de luz en todos los ángulos. Se concluye, por consiguiente, que la eficiencia de un dispositivo fotovoltaico consistente en una capa de silicio y que está en

contacto óptico con una placa de cubierta de vidrio, se ve significativamente reducida por las pérdidas por reflexión en esta capa.

### Ejemplo comparativo 2

Se llevó a cabo un estudio de trazas de rayos en el que se estudiaron las pérdidas por reflexión de un dispositivo fotovoltaico compuesto por un vidrio de cubierta que está dotado de una estructura consistente en un conjunto geométricamente ordenado de estructuras de pirámide conocidas en la técnica, y que está en contacto óptico con una capa de silicio.

El dispositivo fotovoltaico simulado consistía en una delgada capa que presentaba propiedades ópticas del silicio (n = 4,295 a  $\lambda$  = 500 nm, coeficiente de absorción 889 /mm). Esta capa está en contacto directo con una capa de 3,5

10 mm de espesor que tiene las propiedades ópticas del vidrio (n = 1,5 a  $\lambda$  = 500 nm, coeficiente de absorción 0 /mm) y cuya superficie opuesta a la capa delgada con propiedades ópticas del silicio, se dotó de una textura con un conjunto geométricamente ordenado de estructuras de 20 x 20 estructuras de pirámide. Las estructuras de pirámide presentaban una base cuadrada de 3 x 3 mm y un ángulo medio o bisector de 45°.

La luz del sol fue simulada con la misma instalación que se describe en el Ejemplo comparativo 1.

15 Cuando se comparan estos resultados con los resultados del Ejemplo comparativo 1, puede observarse que la dotación del vidrio de cubierta con una estructura consistente en un conjunto geométricamente ordenado de estructuras de pirámide reduce las pérdidas por reflexión del dispositivo fotovoltaico.

A fin de aclarar, pero sin limitarlo, el alcance de la invención, se proporcionan en lo que sigue algunos ejemplos:

### Ejemplo comparativo 1

25

20 Se llevó a cabo un estudio de trazas de rayos en el que se simularon las pérdidas por reflexión de un dispositivo fotovoltaico que consistía en un vidrio de cubierta desprovisto de estructuras, en contacto óptico con una capa de silicio. La instalación experimental se ilustra en la Figura 6.

El dispositivo fotovoltaico simulado consistía en una capa delgada que presenta propiedades ópticas del silicio (n = 4,295 a  $\lambda$  = 500 nm, coeficiente de absorción 889 /mm). Esta capa se encuentra en contacto directo con una capa de 3,5 mm de espesor que tiene las propiedades ópticas del vidrio (n = 1,5 a  $\lambda$  = 500 nm, coeficiente de absorción 0 /mm).

La luz del sol se simuló colocando una fuente de luz colimada por encima del dispositivo fotovoltaico simulado. La fuente de luz emitía un total de 1.000 rayos con una intensidad total de 1.000 W y una longitud de onda de 500 nm.

- 30 Las pérdidas por reflexión se determinan comparando la intensidad de la luz incidente y la cantidad de luz absorbida por la delgada capa con las propiedades ópticas del silicio. La cantidad de luz reflejada se calcula por la diferencia entre la luz incidente y la absorbida. En la tabla que se da a continuación, las pérdidas por reflexión, promediadas sobre el ángulo θ, se dan en función del ángulo de incidencia (φ). Cuando φ es 0, la fuente de luz es perpendicular al dispositivo fotovoltaico simulado. Las pérdidas por reflexión en ángulos pequeños son particularmente importantes puesto que, en la práctica, esto corresponde a situaciones que implican una elevada intensidad y/o luz solar directa.
- 35 Los ángulos grandes son menos importantes y corresponden a situaciones de baja intensidad y/o luz solar difusa, y contribuyen menos a la eficiencia del dispositivo fotovoltaico. Cae dentro del ámbito de la presente invención al menos una capa activa de un dispositivo fotovoltaico, caracterizado por que las estructuras ópticas de relieve comprenden una base y una única cima o cúspide, las cuales están conectadas o unidas por al menos tres superficies de un polígono de n lados, donde n es mayor o igual que 4. A la vista de la presente invención, también
- 40 cae dentro del ámbito de la presente invención una placa que contiene, en al menos uno de sus lados o caras, un conjunto geométricamente ordenado de estructuras geométricas ópticas de relieve de acuerdo con la presente invención, siempre y cuando se haya fabricado para el propósito de utilizarla en combinación con un dispositivo fotovoltaico.
- El hecho de que se consiga o no el contacto óptico depende del índice de refracción (n) del medio o medios que unen la placa transparente que comprende el conjunto geométricamente ordenado de estructuras ópticas de relieve y el dispositivo fotovoltaico. Si no existe ningún medio entre dichos componentes, el contacto óptico se consigue por definición. En todos los demás casos, el contacto óptico se consigue cuando el índice de refracción del medio o de los medios situados entre los componentes es, en promedio, al menos 1,2. Más favorablemente, el índice de refracción del medio o medios es, en promedio, al menos 1,3 y, de la forma más favorable, el índice de refracción del
- 50 medio es al menos 1,4. Para determinar el índice de refracción de un medio, deberá utilizarse un refractómetro de Abbe.

Por ejemplo, en el caso de que la placa de cubierta transparente que comprende el conjunto geométricamente ordenado de estructuras ópticas esté hecha de polimetilmetacrilato con n = 1,5, la capa activa del dispositivo fotovoltaico esté hecha de silicio de n = 3,8, y el medio comprendido entre estos dos componentes sea aire de n = 1,

no se consigue ningún contacto óptico.

En el caso de que la placa de cubierta transparente que comprende el conjunto geométricamente ordenado de estructuras ópticas esté hecha de polimetilmetacrilato con n = 1,5, la capa activa del dispositivo fotovoltaico esté hecha de silicio de n = 3,8, y el medio sea un adhesivo con un índice de refracción n = 1,5, se consigue el contacto óptico.

El hecho de que se consiga o no el contacto óptico no depende de la distancia entre la placa de cubierta transparente y/o la capa que comprende las moléculas luminiscentes, y la superficie de recepción de luz de un dispositivo fotovoltaico.

Un dispositivo fotovoltaico de acuerdo con la invención puede reducir las pérdidas por reflexión de la capa activa del dispositivo fotovoltaico en un 30% o incluso en más del 60%, en comparación con una superficie desprovista de estructuras.

La invención se refiere a un dispositivo fotovoltaico que comprende al menos una capa activa y una placa de cubierta transparente que contiene, en al menos uno de sus lados o caras, un conjunto geométricamente ordenado de estructuras geométricas ópticas de relieve y que está en contacto óptico con la superficie de recepción de luz.

### 15 Ejemplo 1

5

35

15° y entre 50° y 90°.

Se llevó a cabo un estudio de trazas de rayos en el que se simularon las pérdidas por reflexión de un dispositivo fotovoltaico de acuerdo con la invención.

El dispositivo fotovoltaico simulado consistía en una delgada capa que presenta las propiedades ópticas del silicio (n = 4,295 a  $\lambda$  = 500 nm, coeficiente de absorción 889 /mm). Esta capa está en contacto directo con una capa de 3,5

20 mm de espesor que tiene las propiedades ópticas del vidrio (n = 1,5 a  $\lambda$  = 500 nm, coeficiente de absorción 0 /mm) y cuya superficie situada opuestamente a la capa delgada con las propiedades ópticas del silicio, se dotó de una textura consistente en un conjunto geométricamente ordenado de 20 x 20 estructuras ópticas de relieve, de tal manera que las estructuras ópticas de relieve individuales presentaban una forma según se muestra en la Figura 2.

La luz solar se simuló mediante la misma instalación que se ha descrito en el Ejemplo comparativo 1.

- 25 Cuando se comparan estos resultados con los resultados de los Ejemplos comparativos 1 y 2, puede observarse que, con ángulos pequeños de entre 0º y 15º, las pérdidas por reflexión se reducen hasta el 19,6% en comparación con una placa de cubierta de vidrio desprovista de estructuras, y hasta el 7,2% en comparación con una placa de cubierta de vidrio desprovista de estructuras, y hasta el 7,2% en comparación con una placa de cubierta de vidrio desprovista de estructuras, y hasta el 7,2% en comparación con una placa de cubierta dotada de una estructura consistente en una conjunto geométricamente ordenado de pirámides conocidas en la técnica anterior. También con ángulos grandes de entre 50º y 90º, las pérdidas por reflexión se ven reducidas de una estructura de cubierta de cubierta de una estructura de cubierta de una estructura de cubierta de una estructura de cubierta de cubierta de una estructura de cubierta de una estructura de cubierta de cubierta de una estructura de cubierta de cubi
- 30 en comparación con una placa de cubierta de vidrio desprovista de estructuras y una dotada de una estructura de pirámides.

Se concluye que la eficiencia de un dispositivo fotovoltaico consistente en una capa de silicio y que está en contacto óptico con una placa de cubierta de vidrio que tiene una estructura de acuerdo con la invención, se ve significativamente aumentada en comparación con una placa de cubierta de vidrio desprovista de estructuras y una placa de cubierta con estructuras de pirámides, conocidas en la técnica. La reducción de las pérdidas por reflexión y, consecuentemente, el incremento de la eficiencia del dispositivo fotovoltaico, es particularmente grande entre 0° y

Los resultados de los Ejemplos comparativos 1 y 2 y los resultados del Ejemplo 1 se proporcionan en la siguiente tabla:

40 Tabla 1: Pérdidas por reflexión de un dispositivo fotovoltaico con una placa de cubierta desprovista de estructuras (Ejemplo comparativo 1), pérdidas por reflexión de un dispositivo fotovoltaico con una superficie con textura de pirámides (Ejemplo comparativo 2), y pérdidas por reflexión de un dispositivo fotovoltaico con una estructura superficial de acuerdo con la invención (Ejemplo 1).

Ángulo de incidencia [º]	Ejemplo comparativo 1	Ejemplo comparativo 2	Ejemplo 1	
0 11	Pérdidas por reflexión [%]	Pérdidas por reflexión [%]	Pérdidas por reflexión [%]	
0	25,8	13,4	6,2	
5	25,8	13,7	6,7	
10	25,8	16,1	9,4	
15	25,8	17,1	12,7	
			,	

20	25,8	16,3	14,7
25	25,8	16,3	15,3
30	25,9	15,9	16,9
35	26,0	16,0	17,9
40	26,1	16,3	18,3
45	26,4	18,3	18,4
50	26,9	19,6	17,6
55	27,7	19,9	16,1
60	28,9	19,3	14,4
65	30,9	20,8	15,0
70	34,0	20,7	15,4
75	39,4	20,1	18,1
80	48,6	22,7	21,5
85	65,5	24,2	17,5

### Ejemplo comparativo 3

Se llevó a cabo un estudio de trazas de rayos con el fin de investigar la cantidad de luz absorbida por un dispositivo fotovoltaico y cuánta es emitida por las moléculas luminiscentes existentes en una capa independiente situada en la parte superior del dispositivo fotovoltaico.

El dispositivo fotovoltaico simulado consistía en una capa delgada que tiene las propiedades ópticas del silicio (n = 4,295 a  $\lambda$  = 500 nm, coeficiente de absorción 889 /mm). Esta capa está en contacto directo con una capa de 3,5 mm de espesor que tiene las propiedades ópticas del vidrio (n = 1,5 a  $\lambda$  = 500 nm, coeficiente de absorción 0 /mm).

Se colocó una capa adicional de 1,25 mm de espesor encima del dispositivo fotovoltaico. Esta capa está en contacto directo con la capa de 3,5 mm de espesor que tiene las propiedades ópticas del vidrio (n = 1,5 a λ = 500 nm, coeficiente de absorción 0 /mm), y tiene las mismas propiedades ópticas. Dentro de esta capa 20 se distribuyeron aleatoriamente unas fuentes de luz esféricas. Las fuentes de luz emiten un total de 1.000 rayos con una intensidad total de 1.000 W.

Se observó que 547 W de la luz emitida eran absorbidos por la capa de silicio y que 460 W eran, bien reflejados por la capa de silicio o bien emitidos de manera que se alejaban de la capa de silicio.

### Ejemplo 2

5

Se llevó a cabo un estudio de trazas de rayos con el fin de investigar la cantidad de luz absorbida por un dispositivo fotovoltaico y cuánta es emitida por las moléculas luminiscentes existentes en una capa independiente situada en la parte superior del dispositivo fotovoltaico. Esta capa está dotada de una estructura de acuerdo con la invención.

20 El dispositivo fotovoltaico simulado consistía en una capa delgada que tiene las propiedades ópticas del silicio (n = 4,295 a  $\lambda$  = 500 nm, coeficiente de absorción 889 /mm). Esta capa está en contacto directo con una capa de 3,5 mm de espesor que tiene las propiedades ópticas del vidrio (n = 1,5 a  $\lambda$  = 500 nm, coeficiente de absorción 0 /mm).

Se colocó una capa adicional de 1,25 mm en la parte superior del dispositivo fotovoltaico. Esta capa está en contacto directo con la capa de 3,5 mm de espesor que tiene las propiedades ópticas del vidrio (n = 1,5 a λ = 500 nm, coeficiente de absorción 0 /mm), y tiene las mismas propiedades ópticas. La superficie de esta capa situada opuestamente al dispositivo fotovoltaico se dotó de una estructura consistente en un conjunto geométricamente ordenado de 20 x 20 estructuras, de acuerdo con la invención. Dentro de esta capa 20 se distribuyeron aleatoriamente 20 fuentes de luz esféricas. Las fuentes de luz emiten un total de 1.000 rayos con una intensidad total de 1.000 W.

30 Se observó que 653 W de la luz emitida eran absorbidos por la capa de silicio y que 360 W eran, bien reflejados por la capa de silicio o bien emitidos de manera que se alejaban de la capa de silicio. Cuando se comparan estos

resultados con los resultados del Ejemplo comparativo 3, puede concluirse que, dotando la capa que contiene las moléculas luminiscentes con una estructura consistente en un conjunto geométricamente ordenado de estructuras de acuerdo con la invención, la eficiencia del efecto de las moléculas luminiscentes puede aumentarse hasta el 20%.

### Ejemplo 3

- 5 Las pérfidas por reflexión en la superficie de una célula solar de silicio amorfo (a-Si –"amorphous silicon") que contiene una superficie delantera o frontal de vidrio plana según se conoce por la técnica anterior, se determinaron por medio de un espectrómetro UV-3100 de UV-VIS-NIR (ultravioleta-visible-infrarrojo cercano) (Shimadzu) equipado con un compartimiento de muestras externo MCP-3100. La célula solar se montó en la parte trasera de la esfera de integración del compartimiento de muestras externo, con un ángulo de 8 grados con respecto al haz de
- 10 muestra incidente. Las pérdidas por reflexión se compararon con una célula solar de silicio amorfo que comprendía una cubierta frontal con un conjunto geométricamente ordenado de estructuras ópticas de acuerdo con la invención (tal como se muestra en la Figura 3a, apiladas en un conjunto geométricamente ordenado según se muestra en la Figura 5c). Las pérdidas por reflexión de ambas células solares se proporcionan en la Figura 7. Puede concluirse que la célula solar que contiene la cubierta frontal con un conjunto geométricamente ordenado de estructuras ópticas
- 15 de acuerdo con la invención, tiene pérdidas por reflexión significativamente menores. Entre 500 nm y 700 nm, las pérdidas por reflexión se redujeron del 20,8 al 2,0 por ciento.

### Ejemplo 4

20

25

Las pérdidas por reflexión en la superficie de una célula solar de silicio monocristalino (m -Si – "monocrystalline silicon") con un revestimiento antirreflectante y una superficie frontal de vidrio plana como se conoce en la técnica anterior, se determinaron por medio de un espectrómetro UV-3100 de UV-VIS-NIR (ultravioleta-visible-infrarrojo cercano) (Shimadzu) equipado con un compartimiento de muestras externo MCP-3100. La célula solar se montó en la parte trasera de la esfera de integración del compartimiento de muestras externo, con un ángulo de 8 grados con respecto al haz de muestra incidente. Las pérdidas por reflexión se compararon con una célula solar de silicio monocristalino con un revestimiento antirreflectante y una cubierta frontal con un conjunto geométricamente ordenado según se muestra en la Figura 5c). Las pérdidas por reflexión de ambas células solares se proporcionan en la Figura 8. Puede concluirse que la célula solar que contiene una cubierta frontal con un conjunto geométricamente ordenado de estructuras ópticas de acuerdo con la invención, tiene pérdidas por reflexión

significativamente menores. Entre 700 nm y 800 nm, las pérdidas por reflexión se redujeron del 11,9 al 2,3 por 30 ciento.

### Ejemplo 5

Las pérdidas por reflexión en la superficie de una célula solar de silicio policristalino (p-Si –"polycrystalline silicon") con una superficie frontal de vidrio plana como se conoce en la técnica anterior, se determinaron por medio de un espectrómetro UV -3100 de UV-VIS-NIR (ultravioleta-visible-infrarrojo cercano) (Shimadzu) equipado con un compartimiento de muestras externo MCP-3100. La célula solar se montó en la parte trasera de la esfera de integración del compartimiento de muestras externo, con un ángulo de 8 grados con respecto al haz de muestra incidente. Las pérdidas por reflexión se compararon con una célula solar de silicio policristalino que comprende una cubierta frontal con un conjunto geométricamente ordenado de estructuras ópticas de acuerdo con la invención (tal como se muestra en la Figura 3a, apiladas en un conjunto geométricamente ordenado según se muestra en la Figura 5c). Las pérdidas por reflexión de ambas células solares se proporcionan en la Figura 9. Puede concluirse que la célula solar que contiene una cubierta frontal con un conjunto geométricamente ordenado de estructuras ópticas de acuerdo con la invención, tiene pérdidas por reflexión significativamente menores. Entre 700 nm y 800

### Ejemplo 6

- 45 La corriente de cortocircuito (lsc) y la tensión de circuito abierto (Voc) de una célula solar de silicio amorfo (a-Si) con una cubierta frontal plana y de una célula solar de silicio amorfo con una cubierta frontal dotada de una estructura de acuerdo con la invención (tal como se muestra en la Figura 3a, apilada en un conjunto geométricamente ordenado según se ilustra en la Figura 5c), se han medido utilizando un simulador solar. Los resultados muestran que la lsc y la Voc eran significativamente más altas para una célula solar de a-Si con una cubierta frontal dotada de una
- 50 estructura de acuerdo con la invención.

a-Si con una cubierta frontal plana:

- lsc = 9,54 mA
- Voc = 11,49 V

a-Si con una cubierta frontal dotada de una estructura de acuerdo con la invención:

nm, las pérdidas por reflexión se redujeron del 20,0 al 7,2 por ciento.

55 lsc = 11,32 mA

Voc = 11,62 V

#### Ejemplo 7

La corriente de cortocircuito (Isc) y la tensión de circuito abierto (Voc) de una célula solar de silicio monocristalino (m-Si) con un revestimiento antirreflectante y una cubierta frontal plana, y de una célula solar monocristalina con un revestimiento antirreflectante y una cubierta frontal dotada de una estructura de acuerdo con la invención (tal como se muestra en la Figura 3a, apilada en un conjunto geométricamente ordenado según se ilustra en la Figura 5c), se han medido utilizando un simulador solar. Los resultados muestran que la Isc y la Voc eran significativamente más altas para una célula solar de m-Si con una cubierta frontal dotada de una estructura de acuerdo con la invención.

lsc = 1,670 A

10 Voc = 0,570 V

m-Si con una cubierta frontal dotada de una estructura de acuerdo con la invención:

lsc = 1,840 A

Voc = 0,574 V

#### Ejemplo 8

- La corriente de cortocircuito (lsc) y la tensión de circuito abierto (Voc) de una célula solar de silicio policristalino (p-Si) con una cubierta frontal plana, y de una célula solar de silicio policristalino (p-Si) con una cubierta frontal plana, y de una célula solar de silicio policristalino (p-Si) con una cubierta frontal dotada de una estructura de acuerdo con la invención (tal como se muestra en la Figura 3a, apilada en un conjunto geométricamente ordenado según se ilustra en la Figura 5c), se han medido utilizando un simulador solar. Los resultados muestran que la lsc y la Voc eran significativamente más altas para una célula solar de p-Si con una cubierta frontal dotada de una estructura de acuerdo con la invención.
  - lsc = 1,480 A

Voc = 0.552 V

p-Si con una cubierta frontal dotada de una estructura de acuerdo con la invención:

lsc = 1,540 A

25 Voc = 0,558 V

40

La invención se ilustra con mayor detalle por medio de las siguientes figuras:

Figura 1 a, b - Representación esquemática de la reducción de las pérdidas por reflexión de la capa activa gracias a la placa dotada de una cierta estructura.

Figura 2 a, b - Representación esquemática del incremento de la respuesta espectral gracias a la placa que 30 comprende las estructuras ópticas y las moléculas luminiscentes,

Figura 3 - Vista en perspectiva de una estructura óptica de relieve individual en la que a) n = 4 y b), c) n = ∞.

Figura 4 - a), vista en planta superior, b) vista lateral a 0°, c), vista lateral a 60°, de una estructura óptica de relieve individual.

Figura 5 a, b, c - Representación esquemática que muestra una parte de un conjunto geométricamente ordenado de estructuras geométricas ópticas de relieve, con las estructuras adyacentes en contacto a tope unas con otras.

Figura 6 - Instalación experimental para medir las pérdidas por reflexión de un dispositivo fotovoltaico con una placa de cubierta desprovista de estructuras.

Figura 7 - Pérdidas por reflexión en la superficie de una célula solar de silicio amorfo (a-Si) que contiene una superficie frontal de vidrio plana, y pérdidas por reflexión de una célula solar de silicio amorfo que comprende una cubierta frontal con un conjunto geométricamente ordenado de estructuras ópticas de acuerdo con la invención.

Figura 8 - Pérdidas por reflexión en la superficie de una célula solar de silicio monocristalino (m-Si) con un revestimiento antirreflectante y una superficie frontal de vidrio plana, y pérdidas por reflexión en una célula solar de silicio monocristalino con un revestimiento antirreflectante y una cubierta frontal con un conjunto geométricamente ordenado de estructuras ópticas de acuerdo con la invención.

45 Figura 9 - Pérdidas por reflexión en la superficie de una célula solar de silicio policristalino (p-Si) con una superficie frontal de vidrio plana, y pérdidas por reflexión en una célula solar de silicio policristalino que comprende una

cubierta frontal con un conjunto geométricamente ordenado de estructuras ópticas de acuerdo con la invención.

La Figura 1 muestra una representación esquemática de las pérdidas por reflexión de la capa activa provista de una placa de cubierta transparente y plana de la técnica anterior, en comparación con la reducción de las pérdidas por reflexión en la capa activa por una placa de cubierta que comprende un conjunto geométricamente ordenado de

- 5 estructuras ópticas de relieve según se muestra en la Figura 1b. Las estructuras ópticas de relieve reducen las pérdidas por reflexión de la superficie de recepción de luz de la capa activa de un dispositivo fotovoltaico. La luz reflejada por la capa activa entra en la estructura óptica de relieve a través de la base y es al menos parcialmente reflejada en su dirección de procedencia, es decir, hacia la capa activa, por las superficies de dicha estructura óptica de relieve.
- 10 La Figura 2 muestra una representación esquemática de la respuesta espectral de un dispositivo fotovoltaico con una capa activa con una placa de cubierta transparente y plana de la técnica anterior y una capa adicional de pigmento luminiscente. La placa de cubierta que comprende las estructuras ópticas en combinación con moléculas luminiscentes según se muestra en la Figura 2b, mejora la respuesta espectral del dispositivo fotovoltaico en comparación con una superficie desprovista de estructuras. La placa de cubierta que comprende las estructuras
- 15 ópticas y las moléculas luminiscentes aumenta la absorción de la luz emitida por las moléculas luminiscentes situadas en la superficie de recepción de luz de la capa activa del dispositivo fotovoltaico, al reducir las pérdidas por reflexión de la luz emitida y redirigir la luz emitida de manera que se aleje de la capa activa.

La Figura 3 muestra una vista en perspectiva de una estructura óptica de relieve individual de acuerdo con la invención. La Figura 3a muestra una estructura óptica de relieve que contiene 3 superficies cuadradas (n = 4) que conectan o unen directamente la base hexagonal a una cúspide única, y la estructura contiene 9 superficies en total. Las Figuras 3b, 3c muestran ejemplos de superficies parcialmente redondeadas. Una superficie curva o parcialmente curva, redondeada, es una superficie poligonal de n lados en la que n es infinito.

La Figura 4 muestra la estructura óptica de relieve individual de la Figura 3 en a) una vista en planta superior, b) una vista lateral a 0°, y c) una vista lateral a 60°.

- La Figura 5 es una representación esquemática que muestra una parte de un conjunto geométricamente ordenado de estructuras geométricas ópticas de relieve en el que las estructuras adyacentes contactan a tope unas con otras, en una vista en planta superior. La Figura 5a muestra las estructuras geométricas ópticas de relieve colocadas de tal manera que la orientación de todas las estructuras es la misma unas con respecto a otras. La Figura 5b muestra las estructuras geométricas ópticas de relieve colocadas de manera tal, que la orientación de las estructuras es alterna
- 30 unas con respecto a otras. La Figura 5c muestra las estructuras geométricas ópticas de relieve colocadas de tal modo que la orientación de todas las estructuras es aleatoria unas con respecto a otras.

La Figura 6 muestra la instalación experimental para medir las pérdidas por reflexión de un dispositivo fotovoltaico con una placa de cubierta desprovista de estructuras. El dispositivo fotovoltaico simulado consistía en una capa delgada que tenía las propiedades ópticas del silicio. Esta capa estaba en contacto directo con una capa que presenta las propiedades ópticas del vidrio. La luz solar se simuló colocando una fuente de luz colimada por encima del dispositivo fotovoltaico simulado. Las pérdidas por reflexión se determinaron comparando la intensidad de la luz

incidente y la cantidad de luz absorbida por la capa delgada con las propiedades ópticas del silicio. La cantidad de luz reflejada se calcula por la diferencia entre la luz incidente y la absorbida. La Figura también ilustra el ángulo θ y el ángulo de incidencia (φ). Las pérdidas por reflexión, promediadas en el ángulo θ, se dan en función del ángulo de incidencia (φ). Cuando φ es 0, la fuente de luz es perpendicular al dispositivo fotovoltaico simulado.

35

### REIVINDICACIONES

1.- Un dispositivo fotovoltaico que comprende al menos una capa activa y una placa de cubierta transparente que contiene, en al menos uno de sus lados o caras, un conjunto geométricamente ordenado de estructuras geométricas ópticas de relieve y que está en contacto óptico con la superficie de recepción de luz de al menos una capa activa

- del dispositivo fotovoltaico, de tal manera que las estructuras ópticas de relieve comprenden una base y una única cúspide, que están conectadas o unidas por al menos tres superficies de polígono de n lados, siendo n igual o mayor que 4, de tal modo que la cúspide se define como la parte superior de una estructura geométrica óptica de relieve individual y constituye un único punto, el más distante, de una estructura geométrica óptica de relieve individual, en contraste con la base, y la cúspide es el punto para el que la distancia a la base es la más grande, medida en una
- 10 línea recta perpendicular a la base, y **caracterizado por que** la base de la estructura óptica de relieve comprende una forma poligonal de m lados y la estructura óptica contiene un total de al menos m + 1 superficies.

2.- Un dispositivo fotovoltaico de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado por que** la placa de cubierta transparente contiene un conjunto geométricamente ordenado de estructuras geométricas ópticas de relieve, de tal manera que las estructuras adyacentes están en contacto a tope unas con otras.

- 15 3.- Un dispositivo fotovoltaico de acuerdo con la reivindicación 1 o la reivindicación 2, caracterizado por que la placa de cubierta transparente contiene un conjunto geométricamente ordenado de estructuras geométricas ópticas de relieve que tienen la misma orientación, una orientación alterna o una orientación aleatoria unas con respecto a otras.
- 4.- Un dispositivo fotovoltaico de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizado por que las superficies del conjunto geométricamente ordenado de estructuras ópticas de relieve están cubiertas con un revestimiento.

25

40

5.- Un dispositivo fotovoltaico de acuerdo con la reivindicación 4, **caracterizado por que** el revestimiento tiene un índice de refracción diferente del de las estructuras ópticas de relieve y por que la forma del revestimiento es complementaria o conjugada con el conjunto geométricamente ordenado de estructuras geométricas ópticas de relieve, y por que el dispositivo fotovoltaico con el revestimiento tiene estructuras regulares, carentes de relieve.

6.- Un dispositivo fotovoltaico de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, **caracterizado por que** la placa de cubierta transparente que contiene, en al menos uno de sus lados o caras, un conjunto geométricamente ordenado de estructuras geométricas ópticas de relieve, está hecha de vidrio.

7.- Un dispositivo fotovoltaico de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, caracterizado por que 30 la placa de cubierta transparente que contiene, en al menos uno de sus lados o caras, un conjunto geométricamente ordenado de estructuras geométricas ópticas de relieve, está hecha de un material polimérico.

8.- Un dispositivo fotovoltaico de acuerdo con la reivindicación 7, caracterizado por que el polímero es polimetilmetacrilato.

9.- Un dispositivo fotovoltaico de acuerdo con la reivindicación 7, **caracterizado por que** el polímero es policarbonato.

10.- Un dispositivo fotovoltaico de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 7 a 9, **caracterizado por que** el polímero está estabilizado mediante absorbedores de UV y/o estabilizadores de la luz amino-impedidos.

11.- Un dispositivo fotovoltaico de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10, **caracterizado por que** está presente un pigmento luminiscente en la placa de cubierta transparente, la cual contiene el conjunto geométricamente ordenado de estructuras ópticas de relieve.

12.- Un dispositivo fotovoltaico de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10, **caracterizado por que** está presente un pigmento luminiscente en una capa comprendida entre la placa de cubierta transparente que contiene el conjunto geométricamente ordenado de estructuras ópticas de relieve y la superficie de recepción de luz de la capa activa del dispositivo fotovoltaico.

45 13.- Un dispositivo fotovoltaico de acuerdo con la reivindicación 11 o la reivindicación 12, **caracterizado por que** el pigmento luminiscente comprende una mezcla de varios pigmentos luminiscentes.

14.- Un dispositivo fotovoltaico de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 11 a 13, **caracterizado por que** la concentración del pigmento luminiscente se encuentra entre 0,001 y 50 gramos de pigmento por m<sup>2</sup> de superficie de la placa de cubierta y por mm de espesor de la placa de cubierta.

50 15.- Un dispositivo fotovoltaico de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 11 a 14, **caracterizado por que** el pigmento luminiscente es un pigmento orgánico.

16.-Un dispositivo fotovoltaico de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 11 a 14, caracterizado por

que el pigmento luminiscente es un pigmento inorgánico.

17.- Un dispositivo fotovoltaico de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 11 a 14, **caracterizado por que** el pigmento luminiscente actúa como absorbedor de UV para estabilizar el polímero, siempre y cuando la placa de cubierta transparente que contiene en al menos uno de sus lados o caras un conjunto geométricamente ordenado de estructuras geométricas ópticas de relieve, esté hecha de un material polimérico.



# Figura 2









ES 2 371 720 T3





Figura 8





asd

