

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 970 158**

51 Int. Cl.:

**H01L 31/0236** (2006.01)  
**H01L 31/054** (2014.01)  
**G02B 5/124** (2006.01)  
**H01L 31/056** (2014.01)  
**H02S 40/22** (2014.01)  
**H01L 31/068** (2012.01)  
**H01L 31/048** (2014.01)  
**H01L 31/049** (2014.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **11.12.2019 PCT/EP2019/084640**  
 87 Fecha y número de publicación internacional: **18.06.2020 WO20120573**  
 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **11.12.2019 E 19817298 (3)**  
 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **01.11.2023 EP 3895219**

54 Título: **Módulo fotovoltaico**

30 Prioridad:

**12.12.2018 EP 18212065**  
**25.04.2019 EP 19171121**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**27.05.2024**

73 Titular/es:

**BASF COATINGS GMBH (100.0%)**  
**Glasuritstrasse 1**  
**48165 Münster, DE**

72 Inventor/es:

**MUNDUS, MARKUS;**  
**KRABBENBORG, SVEN OLLE y**  
**BUJARD, PATRICE**

74 Agente/Representante:

**CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel**

ES 2 970 158 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

## DESCRIPCIÓN

## Módulo fotovoltaico

5 La presente invención se refiere a un módulo fotovoltaico que comprende células PV bifaciales (PV), que son capaces de convertir la luz que entra desde el lado frontal y desde el lado trasero. El módulo está cubierto por un reflector de un material transparente en su parte posterior que comprende una estructura superficial específica, que proporciona una entrada de luz posterior eficiente y la reflexión de la luz no utilizada desde el lado frontal del módulo hacia las células. La invención se refiere además a un método para mejorar la eficiencia de un módulo bifacial estructurando su parte posterior, así como el uso de una capa estructurada o lámina de material transparente para mejorar la eficiencia de un módulo fotovoltaico bifacial.

15 Los módulos fotovoltaicos típicos, también conocidos como módulos solares, comprenden un conjunto de células PV (PV), generalmente formadas a partir de una o más "cadenas" de células PV, con cada cadena que consiste en una pluralidad de PV dispuestas en una fila y conectadas eléctricamente en serie. Las células PV se organizan típicamente en una capa de polímero transparente o se encapsulan en tal capa, como se describe generalmente en JP H11 307791 A, EP 2 234 177 A1 y en US-8581094 (Patel et al). En algunas realizaciones, el módulo PV incluye encapsulante en ambos lados de la célula PV. Dos paneles de vidrio u otro material polimérico adecuado por lo general se colocan adyacentes y se unen al lado frontal y al lado posterior del encapsulante. Los dos paneles son transparentes a la radiación solar y se conocen como capa lateral frontal o miembro de la cubierta frontal, y capa lateral posterior o lámina posterior (también llamada placa posterior), respectivamente. El encapsulante es un polímero transparente y claro dispuesto aproximadamente de las células PV (en contacto óptico con la célula, de tal manera que encapsula las células PV) y también está unido a la capa lateral frontal y la lámina posterior para sellar físicamente las células. Esta construcción laminada proporciona soporte mecánico para las células y también las protege contra daños debidos a factores ambientales como el viento, la nieve y el hielo.

En principio, los módulos que contienen células bifaciales permiten el uso de la luz que llega a la célula desde el lado "equivocado" (es decir, desde la parte trasera), y por lo tanto pueden proporcionar un potencial para una mayor eficiencia.

30 La construcción básica del módulo todavía pierde una cierta fracción de luz que llega al módulo. La Figura 1 muestra una representación esquemática de un módulo fotovoltaico que comprende células conectadas por un cableado (que se muestra como línea negra) e incorporadas en un material polimérico (típicamente EVA), que están cubiertas en la parte superior o en ambos lados con una lámina protectora (aquí se muestra como láminas de vidrio). Mientras que las fracciones más grandes de la luz solar que caen directamente sobre las células (B) se convierten en electricidad, la luz que cae en el espacio entre las células (A), la luz transmitida parcialmente a través de las células (B) y la luz reflejada desde el suelo hacia el lado posterior del módulo (C) a menudo se pierde.

40 Las trayectorias de luz típicas de tales "luz perdida" se representan en las Figuras 1 y 2, Figura 2 que muestra la sección transversal de los módulos con placa frontal (1, típicamente vidrio), célula PV (3), encapsulante (2, por ejemplo, EVA), placa posterior (7, por ejemplo, otra placa de vidrio o la parte inferior del encapsulante). Si no se refleja en la superficie inferior, la luz que sigue las trayectorias I - III se pierde en gran medida, mientras que la luz que llega al módulo desde el lado posterior puede llegar a las células (trayectoria de luz IV). Una pérdida adicional de luz es causada por reflejos en el lado posterior de la célula PV: mientras que los lados frontales de la célula comúnmente llevan una estructura antirreflejante (las células PV texturizadas que llevan tal estructura también se conocen como "silicio negro"), tales propiedades antirreflejante típicamente faltan en el lado posterior de la célula, lo que puede conducir a pérdidas adicionales por reflexión (no se muestra en la Fig. 2). Se han hecho algunas propuestas de cómo recuperar la luz que pasa por las células (especialmente en las trayectorias I-III de la Fig. 2) como se explica, entre otras cosas, en US-4235643 o en JP 411307791, que divulgan un módulo de célula solar de doble cara de tipo incidente lumínico con una lámina de transmisión lumínica (4) hecha de EVA con una superficie estructurada, mediante la cual se forma una gran estructura convexa (4a) en la lámina de transmisión de luz (4) en la región entre dos células solares adyacentes (1) y (1) que permite dispersar la luz incidente desde el lado de la superficie del módulo a la parte posterior de la célula solar (1) o, a través de la reflexión interna en la interfaz entre la capa de EVA (2) y la placa de vidrio (3), a lado de la superficie de la célula solar (1). Otros enfoques como el que se divulga en EP 2 234 177 A1 intentan aumentar la salida del módulo aumentando la captura de luz en el lado de la superficie de la célula solar reduciendo la acumulación de polvos o partículas en la superficie frontal lenticular en combinación con una superficie altamente reflectante, no transparente, por ejemplo, superficie trasera metálica y facetas en la superficie trasera al menos en las áreas de tierra entre las células solares para redirigir tal luz incidente al medio óptico y a través de la reflexión interna de vuelta a la superficie frontal de la llamada solar (trayectoria de luz III de la Fig. 2).

60 Se ha comprobado ahora que se pueden evitar desventajas en ambas construcciones mostradas en las Figura 1 y 2, y se puede obtener una eficiencia mejorada del módulo bifacial, si se aplica una capa reflectante al lado posterior de los módulos, cuya estructura proporciona una redirección mejorada de la "luz perdida" procedente de la parte frontal del módulo mientras mejora la entrada de luz desde el lado posterior del módulo.

65 Así pues, la invención se refiere principalmente a un módulo fotovoltaico que comprende una o más células PV (3), que son capaces de convertir la luz que entra desde el lado delantero y desde el lado trasero, y una parte posterior transparente

que comprende una superficie trasera que lleva una capa estructurada (9), en donde la superficie inferior de la capa estructurada (9) es la superficie inferior del módulo, y en donde la superficie inferior de dicha capa (9) comprende microestructuras que contienen ranuras paralelas alternas en forma de V, que sean de profundidad  $h_2$  o menos que  $h_2$ . Las caras laterales de dichas ranuras de profundidad inferior a  $h_2$  forman un ángulo de ranura beta, y las caras adyacentes de ranuras vecinas forman un pico del ángulo de ápice alfa, caracterizado porque

$h_2$  es del rango de 5 a 200 micrómetros, especialmente de 10 a 60 micrómetros, y cada par de ranuras vecinas comprende una ranura de profundidad  $h_2$  y una ranura de profundidad ( $h_2 - h_1$ ), en donde el  $h_1$  varía de  $0,1 h_2$  a  $0,9 h_2$ , preferiblemente de  $0,1 h_2$  a  $0,8 h_2$ .

Por lo tanto, el lado frontal del módulo fotovoltaico actual está diseñado para recibir típicamente la luz solar directa entrando desde el lado frontal. La superficie de la capa estructurada (9), que forma la superficie trasera del módulo, está diseñada de esta forma para recibir la luz que cae en el lado posterior del módulo, como la luz dispersa desde el albedo, mientras que proporciona el reflejo de la luz "no utilizada" que viene de la parte frontal pero no absorbida por las células; este comprende de una estructura que consiste en una multitud de ranuras paralelas, en donde las ranuras de profundidad  $h_2$  se alternan con ranuras de profundidad inferior a  $h_2$ . La profundidad de una ranura en forma de V debe entenderse como la distancia, medida rectangular a la superficie inferior, entre el ápice y el punto más profundo de dicha ranura.

El lado frontal y el lado trasero del módulo fotovoltaico son típicamente planos y aproximadamente paralelos entre sí; el área de cada lado está definida por la longitud del módulo (eje x aproximadamente paralelo al lado frontal y posterior, eje x destinado a montarse paralelo al suelo) y su altura (eje y aproximadamente paralelo al lado frontal y posterior, y perpendicular al eje x).

Estas microestructuras están al menos dispuestas por debajo de los espacios entre las células (3), ver Figura 5, o preferiblemente a través de toda la lámina posterior (7), como se ejemplifica en la Figura 4, o a través de toda la superficie trasera formada por el encapsulante (sin la lámina posterior, ver Figura 6).

En consecuencia, el módulo fotovoltaico de acuerdo con la invención generalmente no contiene un reflector metálico o difuso (es decir, reflector de un material no transparente).

Dado que los módulos actuales son especialmente eficientes utilizando la luz que cae en el lado posterior de los módulos, se montan preferentemente sobre superficies que tienen una reflectividad (albedo) del 5 % o más, especialmente del 20 % o más; ejemplos de tales superficies son tejas, hormigón, arena. El módulo puede estar orientado en paralelo o inclinado con respecto a la superficie reflectante. Además, el montaje en una orientación rectangular sobre la superficie es posible, como el montaje vertical sobre el suelo (por ejemplo, como separador de espacio), lo que permite ingresos de luz de ambos lados.

En adelante, el término "película" es sinónimo de una lámina y estructuras similares.

La expresión "lámina reflectora estructurada" o "lámina reflectora microestructurada" es sinónimo de lámina reflectora, película reflectora estructurada, película reflectante de luz, lámina posterior estructurada.

El término "superior", "parte superior" y "frontal" denota el lado dirigido hacia la luz solar incidente y el término "bajo", "inferior", "abajo", "posterior" y "trasero" denota el lado opuesto. El término "lámina posterior" o "placa trasera", como se utiliza para el módulo PV de acuerdo con la invención, denota la cubierta inferior transparente del módulo fotovoltaico que comprende una superficie, sobre la que se aplica la capa estructurada actual (así también se llama "lámina de sustrato"). La lámina de sustrato puede consistir en una capa (por ejemplo, una lámina de vidrio) o 2 o más capas (por ejemplo, lámina de vidrio o lámina de polímero más una o más capas de polímero; un ejemplo para una lámina posterior comprende una imprimación de EVA, un núcleo de PET que consiste en 1 o capas más, seguido de un recubrimiento UV como capa de protección).

El término "plano posterior" denota la superficie inferior de la lámina posterior, que es típicamente plana y paralela a las células PV, y sobre la cual se aplica la capa estructurada actual. Los términos "célula solar" o "célula PV" denota cualquier célula fotovoltaica, tales como células monocristalinas, células multicristalinas, células de silicio de cinta, células de película delgada, etc.; las células contenidas en el módulo PV actual son capaces de convertir la luz entrante desde el lado frontal y desde el lado trasero, como se realiza típicamente por las células bifaciales.

El término "transparente" denota una transmisión de luz visual esencialmente sin dispersión, lo que normalmente afecta a la transmisión de luz solar de más del 90 % con dispersión inferior al 10 %. Un material transparente por lo tanto generalmente denota un material de calidad óptica. Una microestructura compuesta por planos inclinados y compuesta de material transparente proporciona así transmisión a través de dicho material, mientras que efectúa la refracción o desviación de la luz en cada uno de sus microplanos generalmente de acuerdo con la óptica geométrica.

El término "encapsulante" denota un material polímero transparente que envuelve ("incorpora") las células PV de todos los lados; un material encapsulante típico es EVA.

El término "Angstrom" denota una longitud de  $10^{-10}$  metros.

El término "módulo solar" es sinónimo de un módulo fotovoltaico o módulo PV.

5 El conjunto que forma el módulo solar actual generalmente se monta de una manera que distingue entre el lado frontal y el lado posterior.

Siempre que se mencione, el índice de refracción de un material se determina para una radiación de 589 nm (línea D de sodio), si no se indica lo contrario.

10 El término "aproximadamente" denota típicamente un dimensionamiento que puede variar hasta más o menos 5 %, y especialmente más o menos 2 %. Por ejemplo, un espesor de capa de "aproximadamente 2 mm" denota 1,9 a 2,1 mm; "aproximadamente rectangular" denota un ángulo de 85,5 a 94,5°; en consecuencia, "aproximadamente paralelo" denota una desviación potencial del paralelismo hasta más o menos 4,5°, especialmente más o menos 1,8°, "aproximadamente plano" denota una desviación potencial de tangentes, por ejemplo, en una cara lateral que se interseca en la ranura, desde paralelismo hasta 4,5°, especialmente hasta 1,8°.

20 El módulo solar de acuerdo con la invención comprende una pluralidad de células solares bifaciales interconectadas eléctricamente que tienen un lado frontal que recibe la luz incidente directa. Las células solares están dispuestas en un patrón donde al menos dos células están típicamente espaciadas entre sí por áreas de separación sin células solares, y la capa estructurada al menos se superpone con las áreas libres de células solares.

25 El principio de la invención es independiente de la disposición convencional actual de columna/fila de células solares en módulos solares. De acuerdo con una realización, las células solares están dispuestas en filas y columnas, donde al menos una de las filas o columnas se están espaciando entre sí.

La capa estructurada actual (9), junto con su película portadora opcional (10) está en contacto óptico directo con la lámina posterior (7) y/o el encapsulante (2) (es decir, la capa de polímero o la capa de polímero más baja debajo de las células).

30 El módulo fotovoltaico de acuerdo con la invención generalmente contiene una placa frontal (1), que está cubierta ventajosamente por una capa antirreflejante; la placa frontal (1) cubre el núcleo del módulo que contiene células PV bifaciales (3), que están incorporadas en un material polímero transparente (2; también llamado encapsulante). El otro lado de las células (es decir, el lado posterior, opuesto a la luz entrante) está opcionalmente cubierto por una lámina posterior transparente (7). Según la invención, la superficie inferior del módulo está, al menos en parte, cubierta por la capa estructurada transparente (9), que por lo tanto forma al menos una parte de la superficie inferior del módulo. Las células como las células PV comunes basadas en silicio suelen estar separadas por un espacio, por ejemplo de 1 a 10 mm de ancho; la capa estructurada (9) cubre el plano posterior al menos por debajo de estos espacios.

40 En otra realización de la invención, las células PV (3) incorporadas en el módulo no requieren tales espacios, como suele ser el caso de los módulos de película delgada a menudo basados en células PV orgánicas, o en módulos que contienen las células PV en una disposición superpuesta (tejas). En tales módulos sin espacio de la invención, la capa estructurada (9) cubre preferiblemente el plano trasero al menos por debajo de las células PV. En una realización preferida adicional, la capa estructurada cubre todo el plano trasero.

45 En una realización preferida de la invención, la capa estructurada (9) cubre una película de polímero (10) de pie en contacto óptico con la lámina posterior del módulo (7), o la capa estructurada (9) cubre una película de polímero (7) en contacto óptico directo con el encapsulante (2), cada una opcionalmente aplicando una capa intermedia adhesiva.

50 En una realización adicional, la capa estructurada (9) cubre directamente la lámina posterior del módulo (7), cuya lámina posterior (7) es una lámina de polímero o lámina de vidrio; típicamente en estas realizaciones, la capa estructurada puede ser una capa estructurada curada por radiación (9), por ejemplo, en lámina de vidrio o lámina de polímero (7), o una capa estampada en relieve en la lámina de polímero (7) o la superficie estampada en relieve de lámina de polímero (7).

55 La capa estructurada (9) comprende una multitud de ranuras paralelas alternas y generalmente cubre al menos el 90 % del área de separación entre las células, y especialmente cubre al menos el 90 % de la superficie trasera del módulo. En una realización preferida, la superficie estructurada (9) puede cubrir toda la superficie del plano trasero, que típicamente debe entenderse como que cubre más del 90 %, especialmente más del 95 %, de la superficie del módulo debajo de las células y espacios. Las ranuras paralelas de la capa (9) típicamente se extienden a lo largo del eje x del módulo destinado a montar paralelo al suelo.

60 Las caras laterales generalmente son planas o aproximadamente planas, con intersecciones de caras adyacentes formando el ángulo de ranura o el ángulo de pico alfa. La capa estructurada (9) típicamente realiza un ángulo de ranura beta entre las caras laterales de dichas ranuras de profundidad menos que  $h_2$ , y un ángulo de ápice alfa, cada uno del rango de 40 a 120°, especialmente 65 a 105°, lo más preferiblemente 70 a 100°. El ángulo de ranura gamma entre caras laterales de ranuras de profundidad  $h_2$  se determina así como:  
65  $\text{gamma} = 2 \text{ alfa} - \text{beta}$ .

En un módulo fotovoltaico preferido de la invención, la capa estructurada (9) comprende ranuras vecinas de profundidad  $h_2$  y de profundidad  $(h_2 - h_1)$ , donde  $h_1$  varía de  $0,3 h_2$  a  $0,7 h_2$ , y especialmente de  $0,4 h_2$  a  $0,7 h_2$ .

5 El período de ranuras paralelas en la capa estructurada actual (9, mostrado como longitud base B en la Fig. 3, que denota la distancia más pequeña entre dos ranuras de profundidad  $h_2$ ) es típicamente del rango de 10 a 500 micrómetros, especialmente 15 a 500 micrómetros, y preferiblemente 15 a 150 micrómetros.

Para una realización típica, los parámetros actuales como  $h_1$ ,  $h_2$ , alfa y beta se eligen de los rangos dados anteriormente y se aplican constantemente, o casi constantemente, a lo largo de toda la capa estructurada.

10 Materiales y métodos

15 La invención incluye así un método para la fabricación de un módulo fotovoltaico que comprende células PV bifaciales, un lado frontal diseñado para recibir la luz solar directa y un lado trasero hecho de un material transparente, típicamente diseñado para recibir luz dispersa, cuyo método comprende el paso de estructuración de la superficie trasera transparente del módulo con una pluralidad de ranuras paralelas alternas en forma de V, caracterizadas en que cada par de ranuras vecinas comprende una ranura de profundidad  $h_2$  y una ranura de profundidad  $(h_2 - h_1)$ ,

20 en donde  $h_2$  es del rango de 5 a 200 micrómetros, especialmente de 10 a 60 micrómetros, y el  $h_1$  varía de  $0,1 h_2$  a  $0,9 h_2$ , preferiblemente de  $0,1 h_2$  a  $0,8 h_2$ , y

en donde las caras laterales adyacentes de las ranuras de profundidad  $(h_2 - h_1)$  forman un ángulo de ranura beta, y las caras adyacentes de ranuras vecinas forman un pico del ángulo de ápice alfa.

25 La capa estructurada (9) se prepara generalmente a partir de un material de resina que es transparente y curable mediante la aplicación de calor y/o radiación, o mediante el grabado adecuado de un material de polímero transparente. La capa estructurada (9) puede ser aplicada directamente sobre la lámina posterior (7), o estampada en relieve en ella en caso de que se utilice una lámina posterior polimérica, o la capa estructurada (9) puede ser aplicada en, o estampada en relieve, una película de polímero (10) como un sustrato transparente, cuya película de polímero que lleva la capa estructurada (9) se aplica a la lámina posterior (7), preferiblemente utilizando un adhesivo adecuado entre la superficie trasera del módulo (por ejemplo, la lámina posterior (7)) y la película portadora (10). Ejemplos para la aplicación de la capa estructurada actual (9) con su película portadora (10) en la superficie trasera del módulo fotovoltaico se muestran en las Figuras 4-6.

35 En una realización, el módulo fotovoltaico de acuerdo con la invención contiene así la capa estructurada transparente (9) que comprende una resina curada por radiación actínica, especialmente radiación UV. Esta última realización es de interés técnico específico, especialmente cuando se aplica una capa de resina curable con UV a un sustrato como una película PET, estructurada por un proceso de impresión y curada por luz UV, formando así la capa estructurada (9) sobre dicha película o capa de sustrato.

40 El laminado obtenido después de preparar la capa (9) sobre la película de sustrato (10) se aplica posteriormente a la lámina posterior (7) o directamente sobre el encapsulante (2).

Las configuraciones más preferidas del módulo actual comprenden:

- 45
- Lámina posterior que consiste en un recubrimiento UV estructurado en el núcleo de PET; o
  - lámina posterior de vidrio cubierta por recubrimiento UV estructurado (sin sustrato PET), opcionalmente con un adhesivo en la placa de vidrio.

50 Otras configuraciones preferidas comprenden un recubrimiento UV estructurado (9) en película PET (10), aplicado con un adhesivo en el lado trasero del módulo (sobre vidrio o polímero).

55 Un proceso puede ser un proceso de impresión y, preferiblemente, un proceso de impresión rollo a rollo. En una realización preferida, el laminado que lleva la capa estructurada (9) se prepara como una sola construcción mediante un proceso de impresión UV. En otra realización, el sustrato recubierto se prepara a partir de un material curable por radiación (met)acrilato, y el material moldeado (met)acrilato se cura mediante la exposición a la radiación actínica. Por ejemplo, un material polimérico curable puede ser recubierto en una película de sustrato (10 o 7) y prensado contra una herramienta de moldeo microestructurada y se le permite curar, por ejemplo, mediante irradiación UV para formar la capa estructurada (9) en la película de sustrato. Al retirar la herramienta de moldeo, se forma la capa estructurada (9). La estructura en la superficie impresa (9) es la inversa de la estructura en la superficie de la herramienta, es decir, una protuberancia en la superficie de la herramienta formará una depresión en la superficie impresa, y una depresión en la superficie de la herramienta formará una protuberancia en la superficie impresa.

65 Opcionalmente, el producto resultante que comprende la película portadora (10) y la capa estructurada (9) puede cortarse en tiras de tamaño adecuado y aplicarse a la lámina posterior (7) para superponerse con el área sin células solares. Preferiblemente, la tira tiene al menos el mismo tamaño y forma que el área (espacio) entre las células solares (Figura 5).

Para tal conjunto, una mejor adherencia en la lámina posterior (7), que usualmente comprende película de vidrio o polímero, se logra colocando un promotor adhesivo en la superficie del lado del sustrato sin estructura.

5 En otra realización, la capa (9) se aplica directamente sobre la lámina posterior (7), que puede ser de vidrio o un material polímero descrito más adelante, sobre la superficie completa o secuencialmente en analogía con las Figura 4 o 5 (es decir, sin película portadora 10, que no se muestra en dichas Figuras).

10 En otra realización, la capa (9) reemplaza la capa externa de la lámina posterior (7) o forma parte de la lámina posterior (7), especialmente donde una película o lámina de polímero, o el material de encapsulación (2) en sí, como EVA, también forma la superficie trasera del módulo; un ejemplo con una capa estructurada (9) en la película portadora (10) aplicada sobre la superficie trasera del módulo formada por el material encapsulante sin la lámina posterior (7) se muestra en la Figura 6.

15 En caso de que se utilice un material de resina curable por calor y/o radiación para preparar la capa estructurada (9), se prefiere una resina curable con UV. En este caso, el aglutinante comprende esencialmente compuestos monoméricos u oligoméricos que contienen enlaces etilénicamente insaturados, que después de la aplicación se curan mediante radiación actínica, es decir, se convierten en una forma reticulada de alto peso molecular. Cuando el sistema es curado con UV, generalmente contiene también un fotoiniciador. Los sistemas correspondientes se describen, entre otras cosas, en  
20 Encyclopedia of Industrial Chemistry (Enciclopedia de Química Industrial) de Ullmann, 5ª edición, Vol. A18, páginas 451 a 453. La composición de resina UV puede contener además un estabilizador como un absorbente UV y/o una amina estéricamente obstaculizada (HALS).

25 Los sistemas de curado dual, que se curan primero por calor y posteriormente por irradiación UV, o viceversa, comprenden componentes que contienen dobles enlaces etilénicos capaces de reaccionar a la irradiación con luz UV, típicamente en presencia de un fotoiniciador.

30 La radiación electromagnética es, por lo tanto, preferiblemente luz UV, y el recubrimiento curable por radiación típicamente es un recubrimiento curable con UV. El curado del recubrimiento curable con UV (laca UV) durante la etapa de transferencia se puede lograr en analogía con los métodos descritos en WO 12/176126. Las longitudes de onda de curado preferidas son, por ejemplo, del rango de longitud de onda corta 220 - 300 nm, especialmente 240 - 270 nm, y/o del rango de longitud de onda larga 340 - 400 nm, especialmente 350 - 380 nm, como se puede lograr por ejemplo mediante curado led.

35 La capa estructurada (9) puede ser preparada alternativamente por estampado en relieve. En este proceso, una película plana con una superficie en relieve se pone en contacto con una herramienta estructurada con la aplicación de presión y/o calor para formar una superficie estampada en relieve. Toda la película plana puede comprender un material para estampado en relieve, o la película plana solo puede tener una superficie para estampado en relieve. La superficie para estampado en relieve puede comprender una capa de un material que es diferente del material de la película plana, es decir, que la película plana puede tener un recubrimiento de material de estampado en relieve en su superficie. La  
40 estructura en la superficie estampada en relieve es la inversa de la estructura en la superficie de la herramienta, es decir, una protuberancia en la superficie de la herramienta formará una depresión en la superficie estampada en relieve, y una depresión en la superficie de la herramienta formará una protuberancia en la superficie estampada en relieve.

45 Una amplia gama de métodos son conocidos por los expertos en este arte para la generación de herramientas de moldeo microestructuradas. Ejemplos de estos métodos incluyen, pero no se limitan a la fotolitografía, grabado, mecanizado de descarga, fresado de iones, micromecanizado, etc. fresado de diamantes, perforación de diamantes y electroformación. Las herramientas de moldeo microestructuradas también se pueden preparar replicando varias superficies microestructuradas, incluidas formas y patrones irregulares, con un material moldeable como los seleccionados del grupo que consiste en caucho de silicona líquido reticulable, uretanos curables por radiación, y otros materiales de moldeo. etc.  
50 o replicar varias microestructuras mediante electroformación para generar un molde de herramienta de estampado intermedio o final de réplica negativa o positiva. Además, los moldes microestructurados que tienen formas y patrones aleatorios e irregulares se pueden generar mediante grabado químico, chorro de arena, granallado o hundimiento de partículas estructuradas discretas en un material moldeable. Además, cualquiera de las herramientas de moldeo microestructurado puede ser alterado o modificado de acuerdo con el procedimiento enseñado en la patente US 5,122,902  
55 (Benson). Las herramientas se pueden preparar a partir de una amplia gama de materiales, incluidos metales como níquel, cobre, acero o aleaciones metálicas, o materiales poliméricos.

60 El encapsulante (2) y cualquier otra película o capa de polímero, si está presente, en un módulo fotovoltaico de la invención se hacen típicamente de un material de polímero termoplástico, con la excepción de la capa estructurada actual (9) y cualquier capa adhesiva opcional.

65 El sustrato (7) puede comprender una o más capas y puede estar hecho de materiales transparentes como vidrio y/o polímeros. La película de sustrato (10) es una película de polímero, que comprende típicamente un polímero termoplástico. Los polímeros termoplásticos útiles incluyen el tereftalato de polietileno (PET), el polimetilmetacrilato (PMMA), el polietileno (PE), el poliestireno (PS), el polipropileno (PP), el polietileno (PP) y el polietileno (PE). policarbonato (PC) o polímeros de olefina cíclica (COC/COP) u otros termoplásticos comunes combinados o no con polímeros

termoestables como, por ejemplo, poliimida (PI), triacetato de celulosa (TAC). El índice de refracción de estos materiales transparentes a menudo está entre el rango de 1,4 a 1,7, típicamente entre el rango de 1,4 a 1,6. En caso especial de refringencia (especialmente PET) el índice de refracción a lo largo del plano del sustrato puede ser superior a 1,6.

5 Cualquier capa de polímero utilizada como lámina posterior (7), película de sustrato (10) o encapsulante (2) que incruste las células PV es un material de polímero transparente, que a menudo se selecciona de policarbonato, poliéster (por ejemplo, PET), polímeros de vinilo como alcohol de polivinilo, polivinilbutirato o acetato de vinilo de etileno (EVA), incluidos  
 10 acrílicos como polimetilmetacrilato, polietileno, y cosas por el estilo. Los ejemplos de encapsulantes (2) son policarbonato, poliacrílicos como PMMA, polivinilbutiral, polímeros de silicona, poliimida, poliestireno, acrilonitrilo esti-reno, poliamida, polieterimida, polisulfona, copolímero de olefina cíclica, y especialmente EVA. La calidad óptica de algunos polímeros como PE o PP se puede mejorar mediante la adición de clarificadores. Puede consistir en un material a granel (encapsulante) en contacto con la capa estructurada de la invención y la lámina posterior y las células PV, o puede comprender dos o más capas de dicho material. El espesor de la(s) capa(s) de polímero(s) (7), dispuestas adyacentes a las células y opuestas al lado de la incidencia principal de luz entre la capa estructurada (9) y las células PV (3), si está  
 15 presente, alcanza típicamente hasta 2 mm, y a menudo varía, por ejemplo, de 1 micrómetro a aproximadamente 2 mm, preferiblemente su espesor es de aproximadamente 0,1 a 1 mm, especialmente de 0,3 a 0,5 mm. La película de polímero (10) puede ser del mismo material o de un material diferente que la lámina posterior del polímero (7); puede, alternativamente, sustituir la lámina posterior del polímero (7). Un material típico para la película de polímero (10) es el tereftalato de polietileno (PET). Una película de polímero (10) puede ser de una sola capa o multicapa. Del mismo modo, las láminas de sustrato polimérico (7) pueden ser de una sola capa o multicapa, o se puede emplear una lámina de vidrio polimérico (7) de 2 o más capas.

Los materiales transparentes útiles como capas adhesivas son bien conocidos en el arte y se describen, por ejemplo, en  
 25 Encyclopedía of Industrial Chemistry (Enciclopedia de Química Industrial) de Ullmanns 2010, Adhesivos; ver específicamente la parte 2, aplicaciones, editado por Hermann Onusseit, Rainer Wefringhaus et al., secciones 4 y 12. Normalmente, los adhesivos útiles en la presente invención se seleccionan a partir de polímeros acrílicos como los polimetacrilatos. Para una mejor adherencia en las películas de PET, las superficies de las mismas pueden revestirse adicionalmente con una imprimación adecuada.

30 Típicamente, la placa frontal (1) lleva un elemento antirreflejante, que puede formar la superficie texturizada de la placa frontal o puede ser un recubrimiento antirreflejante aplicado a dicha placa frontal. Los recubrimientos suelen ser materiales porosos transparentes o translúcidos con propiedades de coincidencia de índices, por ejemplo, que comprenden partículas dieléctricas adecuadas como el dióxido de silicio o la alúmina en un aglutinante adecuado, como los materiales divulgados por Wicht et al (Mac-romo-lecular Materials and Engineering 295, 628 (2010)). Los recubrimientos pueden estar hechos de materiales de bajo índice de refracción como MgF2 o fluoropolímeros. El elemento antirreflejante también puede consistir en un sistema de interferencia multicapa que tiene capas alternas de un material de bajo índice de refracción y un material de alto índice de refracción. El elemento antirreflejante también puede ser una película con una superficie nanoestructurada, por ejemplo, una película con una estructura de ojo de polilla (una estructura que consiste en un patrón hexagonal de protuberancias).

40 Otro aspecto de la invención es el método de preparación de los módulos solares.

En un método típico, la preparación del módulo fotovoltaico que comprende células PV capaces de convertir la luz entrante desde el lado frontal y desde el lado trasero comprende el paso de estructuración del lado posterior transparente del  
 45 módulo con ranuras alternas en forma de V de profundidad  $h_2$  o inferior a  $h_2$ , en donde las caras laterales de dichas ranuras de profundidad menos de  $h_2$  forman un ángulo de ranura beta y las caras adyacentes de ranuras vecinas forman un pico del ángulo de ápice alfa, caracterizado porque

50  $h_2$  es del rango de 5 a 200 micrómetros, especialmente de 10 a 60 micrómetros, y cada par de ranuras vecinas comprende una ranura de profundidad  $h_2$  y una ranura de profundidad ( $h_2 - h_1$ ),

en donde el  $h_1$  varía de 0,1  $h_2$  a 0,9  $h_2$ , preferiblemente de 0,1  $h_2$  a 0,8  $h_2$ .

La estructuración de la parte posterior transparente del módulo puede comprender los pasos:

- 55 (a) aplicar una capa transparente de resina curable por radiación a una película de polímero, como una película de PET,
- 60 (b) estructurar dicha capa de resina curable por radiación imprimiendo con una herramienta de moldeo adecuadamente estructurada para obtener ranuras en forma de V como se describe anteriormente;
- (c) curar la capa estructurada obtenida por irradiación, obteniendo así una película polimérica compuesta por un lado estructurado y otro no estructurado, y

- (d) aplicar la película de polímero obtenida en el paso c) con su lado no estructurado a la lámina posterior (7), o directamente aplicar dicha película de polímero con su lado no estructurado sobre el encapsulante (2), paso d) opcionalmente que comprende la aplicación de un adhesivo.

5 Alternativamente, el paso de estructuración de la parte posterior transparente del módulo puede comprender

- (a) aplicar una capa transparente de resina curable por radiación a la lámina posterior (7), como una lámina de vidrio,  
 (b) estructurar dicha capa de resina curable por radiación imprimiendo con una herramienta de moldeo  
 10 adecuadamente estructurada para obtener ranuras en forma de V como se describe anteriormente;  
 (c) curar la capa estructurada obtenida por irradiación.

15 En otra realización, la estructuración se efectúa mediante estampado en relieve de una película o lámina de polímero (7) o (10).

En el módulo solar de la invención, las células fotovoltaicas (3) son preferiblemente células de silicio como células monocristalinas o células multicristalinas, o pueden ser células basadas en cualquier otro material semiconductor utilizado en células PV como materiales fotovoltaicos orgánicos. Las células (3) son células bifaciales.

20 Las células típicas como las células de silicio pueden ser rectangulares o redondeadas, su diámetro más largo es típicamente del rango de 5 a 20 cm, el diámetro más pequeño es típicamente del rango de 4 a 12 cm. El grosor de las células PV es típicamente de 0,1 a 1 mm, especialmente aproximadamente de 100 a 400 micrómetros. Las células PV (3) son típicamente células de silicio cristalino, tales como células con lado frontal y lado posterior plano, células con lado frontal texturizado y lado posterior plano o células con lado frontal y lado posterior texturizado.

25 Las células PV esta encerradas típicamente por una capa (2) de material polimérico como EVA o alcohol polivinílico; el material polimérico como EVA o alcohol polivinílico generalmente también llena el espacio entre las células, que a menudo varía de 1 a 10 mm, generalmente de aproximadamente 2 a 5 mm. El espesor total del módulo solar, incluyendo la lámina protectora, el encapsulante, las células PV, el cableado y la placa posterior cubierta con la capa estructurada actual, típicamente es del rango de 1 a 20 mm, especialmente de 2 a 8 mm.

30 La invención se refiere además al uso de una capa estructurada transparente (9) como se describe anteriormente en la superficie trasera de un módulo fotovoltaico que comprende células PV capaces de convertir la luz entrante desde el lado frontal y desde el lado trasero para mejorar la ganancia de energía del módulo.

## **Ejemplos**

### **1. Capa estructurada en el módulo PV**

40 Una capa estructurada se prepara utilizando una lámina portadora (sustrato) y un recubrimiento curable con UV en combinación con un proceso de impresión. El sustrato es en este caso una hoja de PET de 175 µm de espesor total (Mitsubishi Hostaphan GN 175 CT 01B), que está imprimada por ambos lados. Un recubrimiento curable con UV (basado en un acrilato de uretano, monómeros de acrilato, fotoiniciadores y aditivos respectivos) se aplica sobre el sustrato y  
 45 posteriormente se pone en contacto con una herramienta de impresión que lleva la estructura negativa de la estructura final deseada. La herramienta de impresión y el sustrato se presionan contra otra de manera que el recubrimiento curable con UV llena las cavidades de la estructura negativa de las herramientas de impresión. Mientras la herramienta de impresión y el sustrato recubierto están en contacto, el recubrimiento se cura utilizando radiación UV. Después del curado, la herramienta de impresión y el sustrato recubierto se separan, liberando el sustrato con una capa de recubrimiento  
 50 curado y estructurado. Durante todo el proceso de impresión, el recubrimiento está en contacto con el sustrato.

Se obtiene una capa compuesta por ranuras paralelas de profundidad alterna de 20 micrómetros (h2) y de 9 micrómetros (h2-h1; "sección transversal tipo W") con ángulo de ranura de 89° (beta) y ángulo de ápice de 83° (alfa), como se muestra en la Figura 3; la longitud de base (B) entre dos ranuras adyacentes de profundidad h2 es de 50 micrómetros.

55 El módulo fotovoltaico utilizado es de tamaño completo que comprende células bifaciales, lámina de vidrio frontal y parte posterior del polímero que comprende las células selladas sin placa posterior de vidrio (como se muestra en la Fig. 6), 1,68m (eje x destinado al montaje paralelo al suelo) x 1,0m (eje y destinado al montaje inclinado al suelo), 60 células de longitud de borde 156 mm, espacio entre las células de cada lado 3 mm dando como resultado un área relativa de célula del 96,26 % y un área de espacio relativa del 3,74 %. La película de sustrato que contiene la capa así estructurada se aplica al lado posterior de un módulo fotovoltaico (PV); la longitud de la estructura (L) se extiende a lo largo del eje x del módulo sobre todo el ancho del módulo de 1,68 m.

65 Para fines de comparación, se proporcionan módulos de prueba cuya parte posterior está cubierta por la película de sustrato PET solo (plano, lámina posterior no estructurada), y más aún por películas de sustrato PET que llevan capas

estructuradas conocidas desde el arte anterior ("tipo V" sección transversal a partir de US-4235643 con ángulo de ranura igual que el ángulo de ápice 110°).

**2. Modelado**

La eficiencia de los módulos del ejemplo 1 se simula para las siguientes condiciones: Para el módulo (incluyendo la capa estructurada de la parte posterior), se establece un índice de refracción constante de 1,5, y un índice de refracción de 1 para la atmósfera ambiente. El módulo está montado con su eje Y inclinado 28,56° hacia el sur e irradiado desde su lado frontal por una fuente de luz que sigue la trayectoria solar a lo largo del año en Phoenix, Arizona, y desde su parte posterior por una fuente de luz de distribución angular Lambert que simula la reflexión difusa del suelo. Ambas fuentes de luz se simulan proporcionando luz de 550 nm de longitud de onda. Radiación que llega a las células después de la transmisión o reflexión a través de la lámina posterior del módulo (siguiendo las trayectorias de luz como se muestra en la Fig. 2, Porcentaje de radiación incidente después de la reflexión o transmisión por lámina posterior) se calcula utilizando el software LightTools (Synopsys, EE. UU.). Los resultados para las trayectorias de luz II-IV se muestran en la Fig. 2 se muestran en la siguiente Tabla 1; los cálculos muestran que las contribuciones por trayectoria de luz I son insignificantes para la construcción actual del módulo (distancia entre la superficie de la célula inferior y la capa estructurada 9 del rango 300 - 500 micrómetros).

Tabla 1: Porcentaje de radiación incidente que llega a la célula solar a través de trayectorias de luz II-IV para varios lados posteriores del módulo

Estructuración de la lámina posterior	Porción ( %) en trayectoria de Luz		
	II	III	IV
ninguno (comparación)	5,5	0,5	91,8
"Tipo V" (comparación)	43,9	23,2	92,9
"Tipo W" (invención)	68,4	19,7	94,2

El software Wafer Ray Tracer (accesible en: [https://www2.pvlighthouse.com.au/calculators/wafer %20ray %20tracer/wafer %20ray %20tracer.html](https://www2.pvlighthouse.com.au/calculators/wafer%20ray%20tracer/wafer%20ray%20tracer.html)) se utiliza para calcular la fracción de energía de radiación transmitida a través o absorbida por un arreglo de célula estándar que comprende: Material de incorpora EVA [Mcl09a], película frontal SiNx 75 nm PECVD [Bak11], sustrato 200 micrómetro Si cristalino 300 K [Gre08], película posterior 100 nm SiO2 térmico [Pal85e]; rango de longitud de onda 300-1200 nm, rango de longitud de onda 20 nm, 5000 rayos por corrida, máximos rayos totales 50000, 1000 rebotes por rayo, límite de intensidad 0,01). Además se consideran 3 tipos típicos de células PV (Si cristalino) diferenciados por su morfología superficial (planas, estructuradas con micropirámides, y planas en la parte posterior con estructuración piramidal en la parte frontal; las dimensiones típicas de las micropirámides son 3,536 micrómetros de altura, ángulo de ápice de 54,74°, ancho de 5 micrómetros). La fracción de energía de radiación transmitida por cada tipo de célula (J-TRANS; es decir, fuente de radiación para la trayectoria de luz II), como se obtiene de este cálculo, es para las células con tipo de superficie (lado frontal - parte posterior)

- plana-plana: 11 %
- pirámide plana: 2 %
- pirámide-pirámide: 7 %.

Para la contribución de la luz incidente desde la parte posterior al módulo (en adelante modelada como trayectoria de luz IV), se establece una irradiación lateral posterior del 20 % de la irradiación lateral delantera, que normalmente se puede obtener con un albedo de 60 a 70 % dependiendo de las condiciones de instalación.

Resumiendo las contribuciones de la irradiación frontal directa (no indicada en la Fig. 2) y las trayectorias de luz II, III y IV para módulos con lados posteriores estructurados, y la comparando el resultado correspondiente para el módulo con el lado posterior no estructurado, produce la ganancia resultante de la estructuración.

La Tabla 2 muestra la ganancia (energía promedio recolectada a lo largo del día) obtenida para módulos fotovoltaicos con el lado posterior estructurado en comparación con el mismo módulo con el lado posterior plano (no estructurado) para diferentes tipos de células.

Tabla 2: Ganancia de energía (%) en relación con el módulo con el lado posterior no estructurado para varios tipos de células

Estructuración de la lámina posterior	ganancia para el tipo de célula (lado frontal – lado trasero)		
	plana-plana	pirámide plana	pirámide-pirámide
"Tipo V" (comparación)	5,5 %	1,7 %	3,5 %

Estructuración de la lámina posterior	ganancia para el tipo de célula (lado frontal – lado trasero)		
	plana-plana	pirámide plana	pirámide-pirámide
"Tipo W" (invención)	8,5 %	2,3 %	5,2 %

Para cada tipo de superficie celular, la actual estructuración "tipo W" conduce a una salida de energía mejorada del módulo.

5

Breve descripción de las Figuras:

10

**Fig. 1:** Funcionamiento general de un módulo fotovoltaico que comprende células conectadas por un cableado (que se muestra como línea negra) e incorporadas en un material polimérico (típicamente EVA), que están cubiertas por la parte superior o por ambos lados con una lámina protectora (aquí se muestra como láminas de vidrio). Mientras que las fracciones más grandes de la luz solar que caen directamente sobre las células (B) se convierten en electricidad, la luz que cae en el espacio entre las células (A), la luz transmitida parcialmente a través de las células (B) y la luz reflejada desde el suelo hacia el lado posterior del módulo (C) a menudo se pierde.

15

**Fig. 2** muestra la sección transversal del módulo con placa frontal (1, típicamente de vidrio), células PV (3), encapsulante (2, por ejemplo EVA), placa posterior opcional (7, por ejemplo, otra placa de vidrio) y una capa estructurada (9) en el lado posterior. La luz puede ser transmitida por la célula (trayectoria II) o golpear el espacio entre las células (trayectorias I y III) o entrar en el módulo por el lado posterior transparente (trayectoria IV). La estructuración adecuada (9) puede dar lugar a un reflejo de la luz que viene desde el lado frontal hacia atrás hacia la célula, ya sea directamente (trayectorias I y II) o después de una reflexión adicional sobre la superficie delantera (trayectoria III), y puede proporcionar una entrada eficiente de la luz desde el lado trasero (trayectoria IV).

20

25

**Fig. 3** muestra una vista en 3D de la capa estructurada con sección transversal en forma de "W", que debe aplicarse al lado posterior del módulo de acuerdo con la invención; el período (mostrado como longitud base B), que denota la distancia más pequeña entre dos ranuras de profundidad h2.

30

**Fig. 4** muestra una sección transversal de un módulo PV de la invención, la película de sustrato opcional (10) que lleva la capa estructurada (9) en toda la superficie de la placa posterior del lado posterior del módulo.

35

**Fig. 5** muestra una sección transversal de un módulo PV de la invención, la película de sustrato opcional (10) que lleva la capa estructurada (9) unida en ciertas regiones de la placa posterior con el fin de cubrir el espacio entre las células PV.

40

**Fig. 6** muestra una sección transversal de un módulo fotovoltaico de la invención, la película de sustrato opcional (10) que lleva la capa estructurada (9) en toda la superficie del lado posterior del módulo, que está formada por el encapsulante (2).

45

**Abreviaturas**

50

- B Período de presente capa estructurada transparente (longitud de base, Fig. 3)
- EVA poli(etileno-acetato de vinilo)
- PET poli(tereftalato de etileno)
- PV fotovoltaica
- AM 1,5 condiciones de irradiación 1,5 masa de aire
- HRI alto índice de refracción
- Jsc Densidad de corriente de cortocircuito (del módulo PV)
- 55 TIR reflexión interna total
- mu micrómetro

**Números**

- 5
- (1) Hoja frontal transparente (también recordada como placa frontal) del módulo PV
  - (2) Material encapsulante que integra las células PV
  - (3) Células PV
  - (7) Placa posterior opcional
  - (9) Capa estructurada transparente (invención o arte previo)
  - (10) Película portadora opcional para capa estructurada (9)

REIVINDICACIONES

- 5 1. Módulo fotovoltaico que comprende una o más células PV bifaciales (3), cuyo módulo comprende un lado frontal y un lado trasero, en donde el lado frontal está diseñado para recibir la luz solar directa, y el lado trasero hecho de un material transparente comprende una superficie trasera que lleva una capa estructurada (9), en donde una superficie trasera de la capa estructurada (9) forma la superficie trasera del lado trasero del módulo o una fracción de dicho lado trasero y está estructurada por ranuras paralelas en forma de V,
- 10 **caracterizado porque**  
 cada par de ranuras vecinas en forma de V comprende una ranura de profundidad  $h_2$  y una ranura cuya profundidad es igual a  $h_2 - h_1$ ,  
 $h_2$  es del rango de 5 a 200 micrómetros, especialmente 10 a 60 micrómetros,  
 $h_1$  varía de 0,1 veces  $h_2$  a 0,9 veces  $h_2$ , preferiblemente de 0,1 veces  $h_2$  a 0,8 veces  $h_2$ , y  
 en donde las caras laterales de dichas ranuras de profundidad  $h_2 - h_1$  forman un ángulo de ranura beta y las caras adyacentes de ranuras vecinas forman un pico del ángulo de ápice alfa.
- 15 2. Módulo fotovoltaico de la reivindicación 1, en donde beta es más grande que alfa, y preferiblemente beta es más grande que  $40^\circ$ , y lo más preferiblemente tanto alfa como beta están en el rango de  $40^\circ$  a  $120^\circ$ ,
- 20 3. Módulo fotovoltaico de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, en donde las ranuras paralelas en forma de V de la capa estructurada (9) se extienden a lo largo de la longitud del módulo destinado a montarse en paralelo al suelo.
- 25 4. Módulo fotovoltaico de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, cuyo módulo comprende más de una célula PV bifacial y un área de espacio entre dichas células PV bifaciales, y en donde la capa estructurada (9) cubre al menos el 90 % del área de espacio entre las células, y cubre especialmente al menos el 90 % de la superficie del lado trasero del módulo.
- 30 5. Módulo fotovoltaico de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en donde la capa estructurada (9) comprende ranuras vecinas de profundidad  $h_2$  y de profundidad que equivalen a  $h_2 - h_1$ , en donde  $h_1$  varía de 0,3 veces  $h_2$  a 0,7 veces  $h_2$ , y especialmente de 0,4 veces  $h_2$  a 0,7 veces  $h_2$ .
- 35 6. Módulo fotovoltaico de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores que comprende una pluralidad de células PV y un área de espacio entre dichas células PV bifaciales, en donde la capa estructurada (9) cubre la superficie trasera del módulo al menos por debajo de dicha área de espacio, y en donde la distancia entre las células PV vecinas es preferiblemente del rango 1 a 10 mm.
- 40 7. Módulo fotovoltaico de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde las células se incorporan en un encapsulante (2) y se colocan entre una lámina frontal transparente (1) y una película de polímero (10) y un plano trasero opcional (7), y en donde  
 i) la capa estructurada (9) cubre la película de polímero (10), que está en contacto óptico con el encapsulante (2) o, si está presente, el plano trasero (7), o  
 ii) la capa estructurada (9) cubre directamente el plano trasero (7) en contacto óptico, donde el plano trasero del módulo está formado por el mismo material que el encapsulante (2) o es una lámina de vidrio (7) o una capa de polímero (7) en contacto óptico con el encapsulante (2).
- 45 8. Módulo fotovoltaico de acuerdo con la reivindicación 7, en donde, aparte de la capa estructurada (9) y una capa adhesiva opcional, cualquier película o capa de polímero adicional, si está presente, está hecha de un material de polímero termoplástico, como poli(etileno-acetato de vinilo), polivinilbutiral, poli(tereftalato de etileno), policarbonato.
- 50 9. Módulo fotovoltaico de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, cuyas células PV (3) son células de silicio cristalino, tales como células con lado frontal y lado trasero plano, células con lado frontal texturizado y lado trasero plano o células con lado frontal y lado trasero texturizado.
- 55 10. Módulo fotovoltaico de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde la capa estructurada (9) de material transparente comprende una resina curada por radiación actínica, especialmente radiación UV, o un material de polímero estampado en relieve; lo más preferentemente una resina curada por radiación actínica.
- 60 11. Método para la fabricación de un módulo fotovoltaico que comprende células PV bifaciales, un lado frontal diseñado para recibir luz solar directa, y un lado trasero hecho de un material transparente, como se describe en la reivindicación 1, cuyo método comprende el paso de estructurar el lado trasero transparente del módulo con ranuras en forma de V paralelas, **caracterizadas porque**  
 cada par de ranuras vecinas en forma de V comprende una ranura de profundidad  $h_2$  y una ranura cuya profundidad es igual a  $h_2 - h_1$ ,  
 en donde el  $h_2$  es del rango de 5 a 200 micrómetros, especialmente de 10 a 60 micrómetros, y el  $h_1$  varía de 0,1  $h_2$  a 0,9  $h_2$ , preferiblemente de 0,1  $h_2$  a 0,8  $h_2$ , y  
 en donde las caras laterales adyacentes de las ranuras de profundidad  $h_2 - h_1$  forman un ángulo de ranura beta, y las caras adyacentes de ranuras vecinas forman un pico del ángulo de ápice alfa.
- 65

12. Método de la reivindicación 11, en donde el paso de estructuración del lado trasero transparente del módulo comprende
- 5 (a) aplicar una capa transparente de resina curable por radiación a una película de polímero, como una película de PET,  
(b) estructurar dicha capa de resina curable por radiación al imprimirla por estampación con una herramienta de moldeo adecuadamente estructurada para obtener ranuras en forma de V como se describe en la reivindicación 11,  
(c) curar la capa estructurada obtenida por irradiación, obteniendo así una película polimérica compuesta por un lado estructurado y otro no estructurado, y
- 10 (d) aplicar la película de polímero obtenida en el paso (c) con su lado no estructurado a la lámina posterior (7), o aplicar directamente dicha película de polímero con su lado no estructurado sobre el encapsulante (2), paso (d) comprende opcionalmente la aplicación de un adhesivo.
13. Método de la reivindicación 11, en donde el paso de estructuración del lado trasero transparente del módulo comprende
- 15 (a) aplicar una capa transparente de resina curable por radiación a la lámina posterior (7), como una lámina de vidrio,  
(b) estructurar dicha capa de resina curable por radiación al imprimirla por estampación con una herramienta de moldeo adecuadamente estructurada para obtener ranuras en forma de V como se describe en la reivindicación 11,  
(c) curar la capa estructurada obtenida por irradiación.
- 20 14. Uso de la capa estructurada transparente (9) como se describe en la reivindicación 1 en una superficie trasera de un módulo fotovoltaico que comprende células PV bifaciales para mejorar la ganancia de energía del módulo.

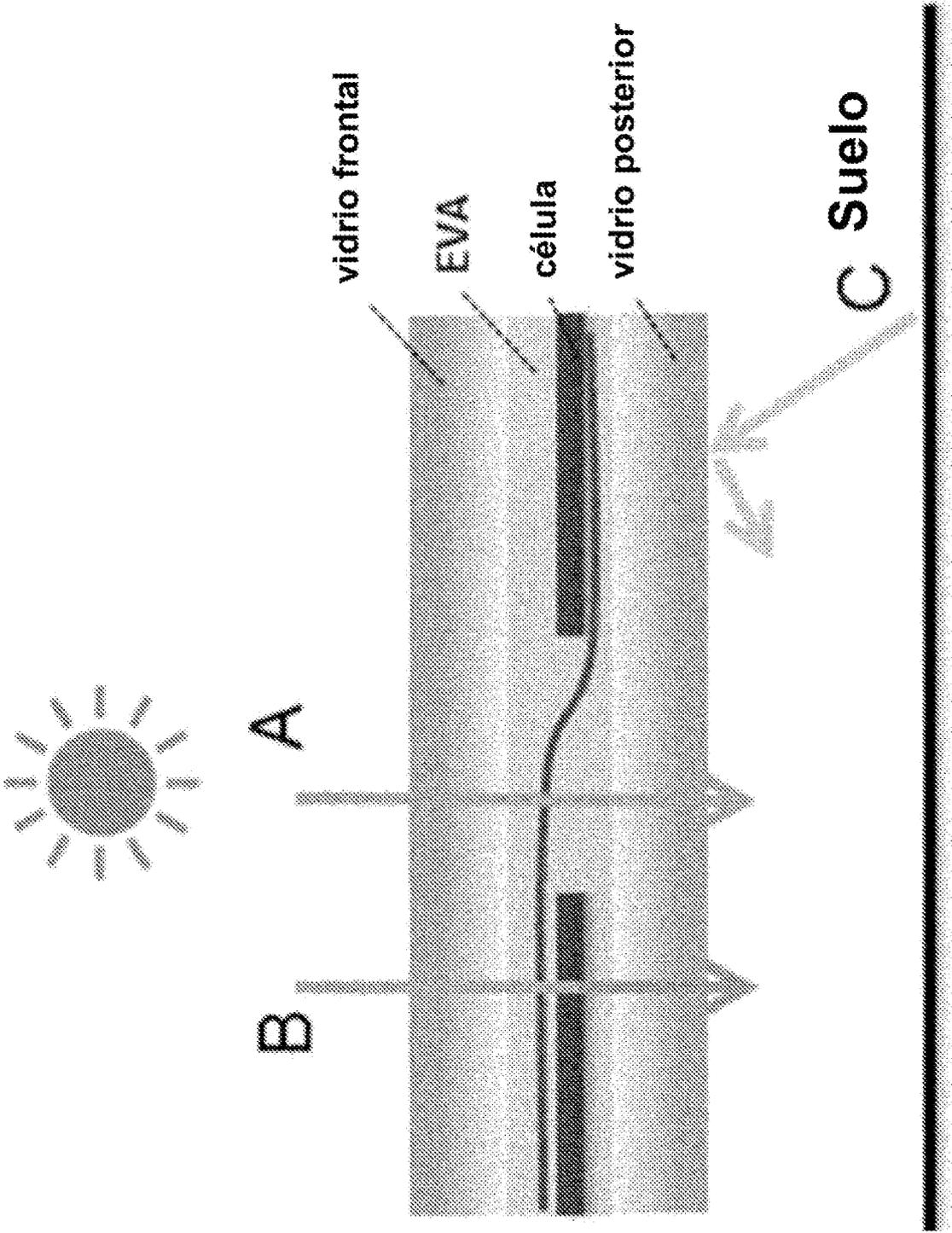


Figura 1

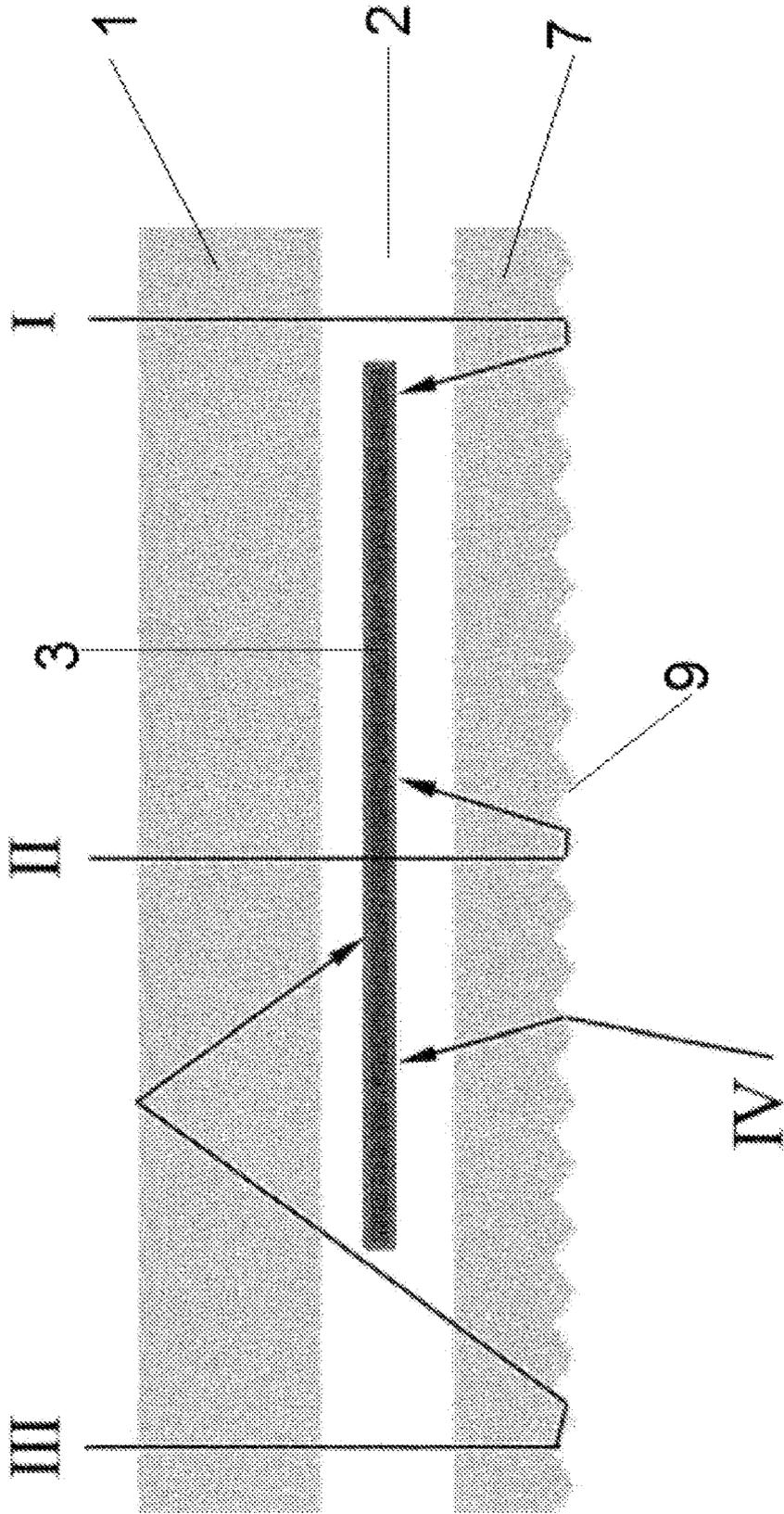
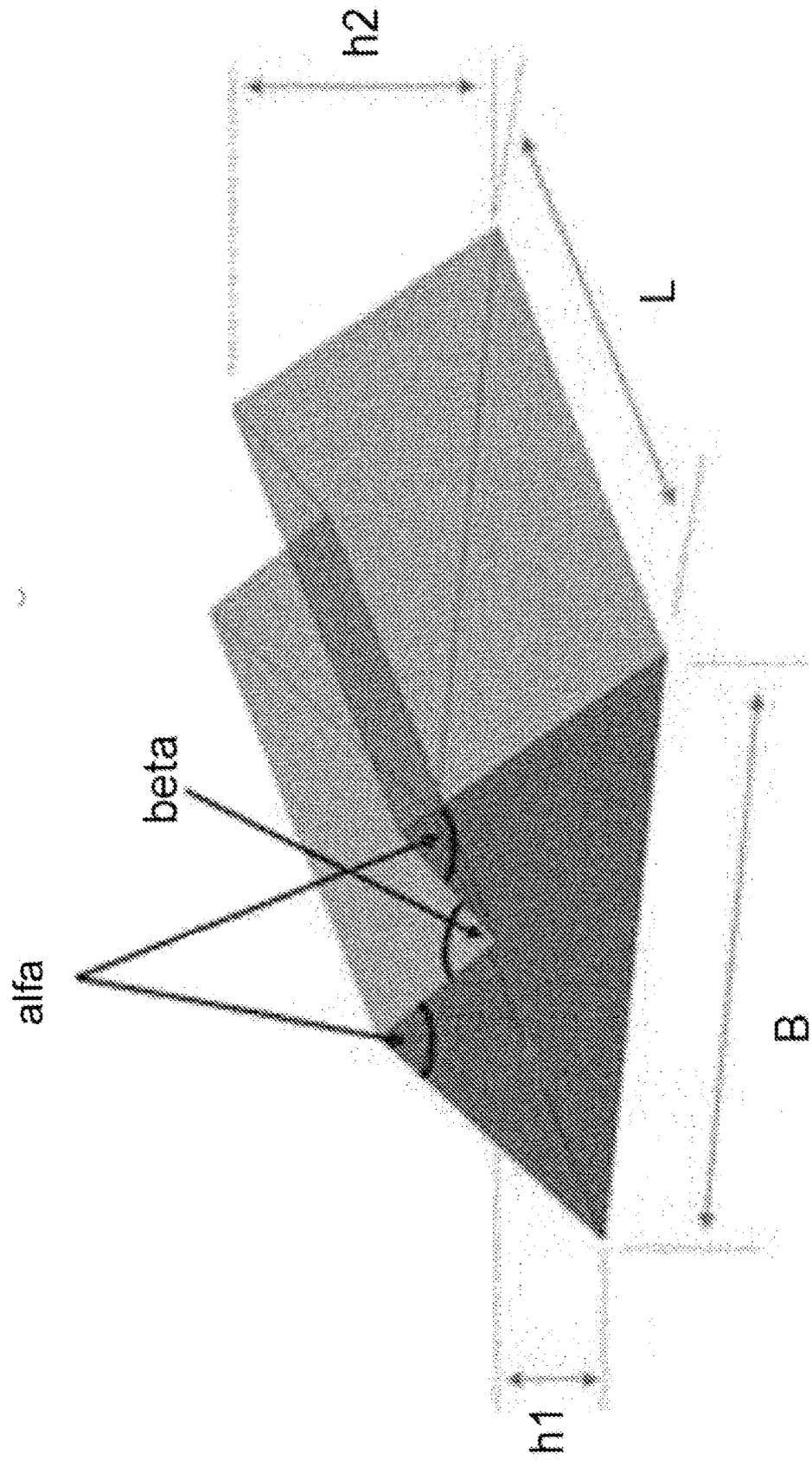
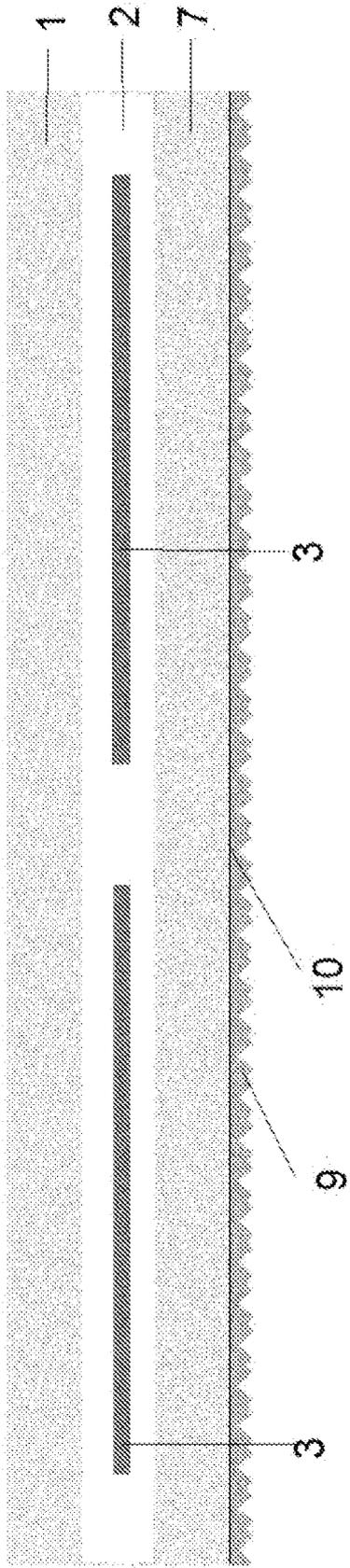


Figura 2

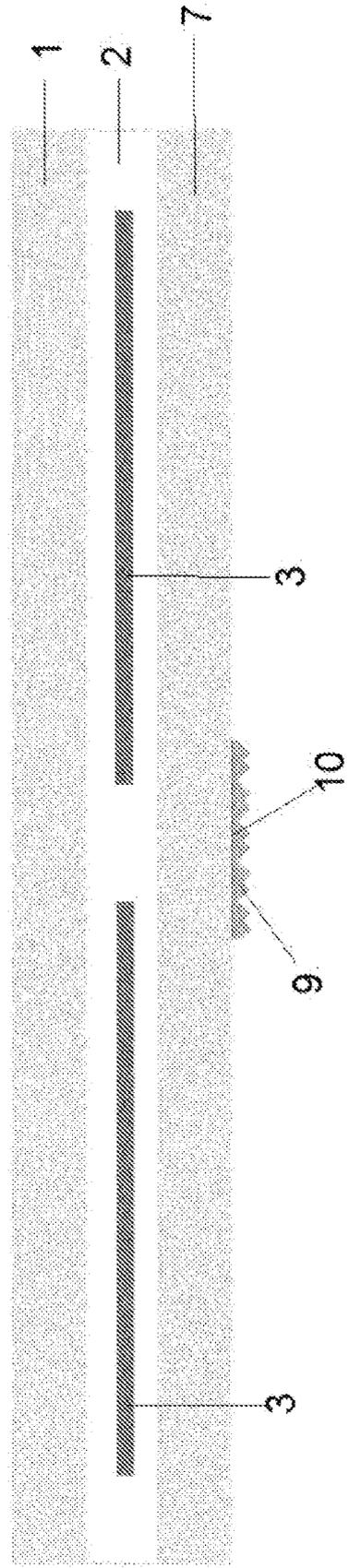


**Figura 3**

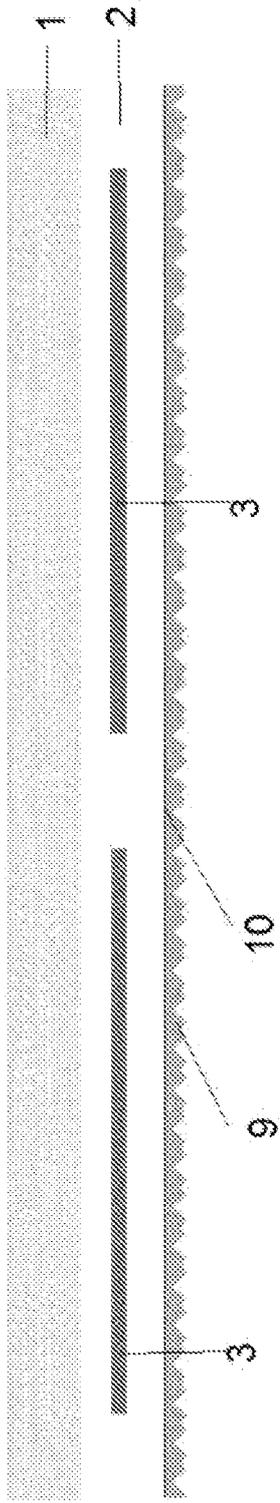
**Figura 4**



**Figura 5**



**Figure 6**



**Figure 7**

