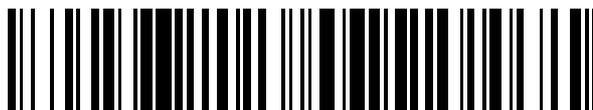


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 578 800**

51 Int. Cl.:

H01L 31/055 (2014.01)

H01L 31/048 (2006.01)

H01L 31/0232 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **12.03.2013** **E 13719890 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **20.04.2016** **EP 2826076**

54 Título: **Módulo fotovoltaico que comprende un elemento de conversión espectral localizado y procedimiento de realización**

30 Prioridad:

13.03.2012 FR 1200760

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

01.08.2016

73 Titular/es:

**COMMISSARIAT À L'ÉNERGIE ATOMIQUE ET
AUX ÉNERGIES ALTERNATIVES (100.0%)
25, Rue Leblanc, Bâtiment "Le Ponant D"
75015 Paris, FR**

72 Inventor/es:

**LE PERCHEC, JÉRÔME y
VOARINO, PHILIPPE**

74 Agente/Representante:

POLO FLORES, Carlos

ES 2 578 800 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 que comprende un elemento de conversión espectral localizado y procedimiento de realización.

5 **Dominio técnico de la invención**

La invención se refiere a un módulo fotovoltaico para convertir una radiación electromagnética incidente en energía eléctrica y a un procedimiento de realización de tal módulo fotovoltaico.

10 **Estado de la técnica**

Un módulo fotovoltaico comprende tradicionalmente una placa delantera y una placa trasera, entre las cuales se interponen una o varias células fotovoltaicas conectadas eléctricamente entre ellas, así como un material de encapsulación en el cual se integran la o las células.

15

Uno de los principales retos en el dominio de los módulos fotovoltaicos es aumentar el rendimiento de conversión fotovoltaica, llamado a continuación rendimiento de conversión o volver el módulo más eficaz cuando está sometido a una luz difusa (condiciones nubosas).

20 Un primer planteamiento para responder a estas necesidades es utilizar un reflector, dispuesto sobre la placa trasera del módulo fotovoltaico, a fin de redirigir la luz incidente hacia las células del módulo.

Por ejemplo, la patente US 6.410.843 y la solicitud internacional WO 99/56317 proponen colocar un dispositivo reflector sobre la placa trasera para reflejar la luz incidente hacia la cara trasera de las células. Además, la superficie interna de la placa trasera está estructurada en forma de motivos difractantes, con por ejemplo una estructura

25 piramidal. La superficie estructurada está entonces recubierta por un revestimiento reflector, por ejemplo a base de aluminio o de plata. En este caso, los espacios entre las células adyacentes permiten dejar pasar la radiación electromagnética incidente hasta la placa trasera del módulo fotovoltaico, donde es reflejada por el reflector y redirigida sobre la cara trasera de dichas células.

30 La solicitud de patente US 2009/0178704 describe la utilización de una placa trasera recubierta por un reflector que tiene una estructura piramidal. Describe igualmente la utilización de partículas metálicas envueltas en una película plástica que recubre el reflector y utilizadas para difundir la luz.

35 Estas configuraciones de módulo fotovoltaico que utilizan una superficie reflectante y estructurada en forma piramidal necesitan no obstante unas técnicas de depósito precisas y costosas. En efecto, por una parte el ángulo de las pirámides de la superficie texturada debe tener un valor preciso a fin de poder reflejar correctamente los rayos incidentes y por otra parte, los materiales utilizados para el revestimiento son costosos.

Para aumentar el rendimiento de conversión de los módulos fotovoltaicos, otro planteamiento consiste en modificar una parte del espectro solar efectivamente percibido por las células.

40 Por ejemplo, la solicitud internacional WO2008/110567, propone modificar una parte del espectro solar efectivamente percibido por las células disponiendo unas especies luminiscentes (denominadas elementos de conversión espectral) en el medio de encapsulación situado entre la placa delantera del módulo y dichas células. Tal medio de encapsulación recubre completamente la cara delantera de las células fotovoltaicas y eventualmente su cara trasera.

45

La solicitud de patente US 2009/0095341 describe igualmente un módulo fotovoltaico donde las células fotovoltaicas están completamente recubiertas por una capa que contiene los elementos de conversión espectral.

50 Los elementos de conversión espectral tradicionalmente utilizados son unas especies luminiscentes capaces de absorber al menos parcialmente los fotones que llegan al medio de encapsulación y de volver a emitirlos a unas longitudes de onda diferentes, especialmente, más elevadas.

Se pueden utilizar incluso numerosos elementos de conversión espectral, puede tratarse de materiales fluorescentes orgánicos e inorgánicos (DE 20 2009 007771) o incluso de materiales semi-conductores (US 2010/0180932). No obstante, los materiales luminiscentes tienen con mayor frecuencia un rendimiento cuántico inferior a uno. Así, los materiales de conversión espectral absorben más fotones que emiten, disminuyendo así el número de fotones que llegan a las células fotovoltaicas. Este efecto está aún más marcado para unas aplicaciones de larga duración.

55 Además, la retransmisión isótropa de la luz se difunde. Esta retransmisión introduce un cono de escape de la luz por las caras externas del módulo fotovoltaico: una parte de la luz retransmitida se pierde por las caras externas. Existe

por tanto una pérdida de flujo luminoso que llega finalmente a las células fotovoltaicas del módulo.

Según una alternativa, se ha propuesto introducir los elementos de conversión espectral al nivel de los elementos de conexión de las células fotovoltaicas (WO 2011/082806).

5

Como se ha descrito en la solicitud de patente EP 2 372 786 y como se representa en la figura 1, se ha propuesto también disponer los elementos de conversión espectral únicamente en los espacios entre las células fotovoltaicas del módulo.

10 Tal solución no es no obstante del todo satisfactoria ya que, por una parte, la zona inter-células debe ser suficientemente grande para obtener una modificación significativa del espectro solar por los elementos de conversión espectral y, por otra parte, una parte importante de la radiación emitida se pierde a causa de los conos de escape y de la discontinuidad óptica entre la zona entre las células y la cara activa de la célula.

15 **Objeto de la invención**

La invención tiene como objetivo solucionar los inconvenientes del estado anterior de la técnica y, en particular, proponer un módulo fotovoltaico que permita limitar los fenómenos de conos de escape y obtener un rendimiento de conversión mejorado, al mismo tiempo que es fácil de aplicar, por un procedimiento de realización sólido y poco costoso.

20

Se tiene hacia estos objetos por las reivindicaciones anexas.

Descripción de resumen de los dibujos

25

Otras ventajas y características se desprenderán más claramente de la descripción que aparece a continuación de modos particulares de realización de la invención dados a título de ejemplos no limitativos y representados en los dibujos anexos, en los cuales:

- 30 - la figura 1 representa, de manera esquemática, un módulo fotovoltaico según el estado anterior de la técnica,
- la figura 2 representa, de manera esquemática y en sección, un módulo fotovoltaico según un modo particular de realización de la invención,
- la figura 3 representa, de manera esquemática y en vista desde arriba, un módulo fotovoltaico según un modo particular de realización de la invención,
35 - la figura 4 representa, de manera esquemática y en sección, una zona de exclusión en un módulo fotovoltaico,
- la figura 5 representa un gráfico que muestra el porcentaje de recubrimiento de la cara activa de la célula fotovoltaica por la zona de exclusión en función del ancho del espacio inter-células,
- las figuras 6 y 7 representan, de manera esquemática y en sección, un módulo fotovoltaico según diferentes modos particulares de realización de la invención,
40 - la figura 8 representa, de manera esquemática y en sección, una etapa de ensamblaje de un módulo fotovoltaico según un modo particular de realización de la invención,
- la figura 9 representa, de manera esquemática y en sección, un módulo fotovoltaico obtenido por prensado en caliente del ensamblaje según la figura 7,
- la figura 10 representa, de manera esquemática y en vista desde arriba, un módulo fotovoltaico obtenido por
45 prensado en caliente del ensamblaje según la figura 7.

Descripción de un modo de realización preferencial de la invención

Como se ilustra en la figura 2, un módulo fotovoltaico 1, destinado a convertir una radiación electromagnética
50 incidente I en energía eléctrica, consta en particular de:

- una placa delantera 2 y una placa trasera 3, provistas cada una respectivamente de una cara interna 2a y 2b y de una cara externa 3a y 3b,
- al menos una célula fotovoltaica 4 dispuesta entre las placas delantera 2 y trasera 3, provista de al menos una cara
55 activa 4a, es decir una cara capaz de captar unos fotones de los rayos luminosos incidentes, que llegan a dicha cara 4a y transformarlos en electricidad.

La placa delantera 2 del módulo es transparente a las radiaciones electromagnéticas incidentes y especialmente a las radiaciones solares. Por placa delantera, se entiende la placa expuesta a la radiación electromagnética incidente

I. Se trata por ejemplo de la placa del módulo fotovoltaico expuesta al sol. La placa delantera 2 es de manera ventajosa de vidrio o de plástico. La placa trasera 3 puede ser también transparente a las radiaciones electromagnéticas. En el caso de un módulo bifacial, es por ejemplo de vidrio o de plástico. Si no, puede ser de metal y/o de polímero.

5

El módulo fotovoltaico consta, de manera ventajosa, de varias células fotovoltaicas 4. Las células fotovoltaicas 4 son, entonces, preferentemente coplanarias y separadas unas de otras por unos espacios inter-células 5. Las células fotovoltaicas 4 pueden ser a base de silicio amorfo, monocristalino o policristalino o incluso a base de germanio. Puede tratarse también de células orgánicas o en capas delgadas inorgánicas tales como una célula de capa delgada CIGS, CdTe, silicio amorfo o semi-conductor III/V. Las células fotovoltaicas pueden constar de una capa antirreflejo, de nitruro de silicio por ejemplo.

10

Cada célula fotovoltaica 4 consta de dos caras principales opuestas 4a y 4b y al menos cuatro caras laterales 13. Las caras laterales 13 prolongan así las caras principales y son casi perpendiculares a dichas caras principales. Las caras principales de las células 4 son, preferentemente, paralelas a las placas delantera 2 y trasera 3 del módulo fotovoltaico 1. Al menos una de las caras principales de la célula fotovoltaica es una cara activa. Cuando una sola de las caras principales de la célula fotovoltaica es activa, se trata de la cara expuesta a la radiación electromagnética incidente I, la cara enfrente de la placa delantera 2 transparente.

15

El módulo consta al menos de un material de encapsulación y, en particular, al menos de un material polimérico de encapsulación en el cual están integradas las células fotovoltaicas 4. Por integrado, se entiende que las células 4 están envueltas por el material encapsulante. El material encapsulante se denomina también encapsulante 7 o medio encapsulante o incluso medio de encapsulación. Garantiza también la cohesión mecánica del módulo una vez que este está ensamblado.

20

El medio de encapsulación es, preferentemente, eléctricamente aislante. Puede estar formado por una o varias capas delgadas que comprenden un material polimérico. Preferentemente, el material polimérico está formado, por ejemplo, por al menos un polímero de tipo vinilo acetato. De manera ventajosa, se trata de etileno-acetato de vinilo (EVA). Puede estar formado también por un polímero del tipo polivinilo de butiral (PVB), del tipo acetato de polivinilo (PVA) o cualquier otro polímero adaptado. Además, el material polimérico está, ventajosamente, al menos parcialmente reticulado. Puede tratarse también de silicona.

30

El módulo fotovoltaico 1 consta, además, de un elemento de conversión espectral. El elemento de conversión espectral consta de un material luminiscente, apto para ser activado por la radiación electromagnética incidente I. El elemento de conversión espectral permite modificar una parte del espectro de la radiación electromagnética incidente I, especialmente el espectro solar.

35

En particular, el material luminiscente puede ser fluorescente. En este caso, la luz retransmitida por el material activado puede ser de la misma longitud de onda o de longitud de onda mayor o de menor tamaño que la luz absorbida. Preferentemente, la luz retransmitida tiene una longitud de onda superior a la absorbida. En particular, el material fluorescente se escoge entre unos colorantes orgánicos, unos blanqueantes ópticos, unas micropartículas o unas nanopartículas dopadas en iones lantánido, unos complejos órgano-lantánidos, unos puntos cuánticos y sus mezclas. Preferentemente, las nanopartículas son unos nanocristales, los iones lantánidos son, por ejemplo, unos iones de cerio y/o de erbio. Un óxido YAG dopado con cerio o unos fluoruros dopados con erbio pueden ser utilizados también. Los complejos órgano-lantánidos son unos cristales a base de iones lantánidos sensibilizados por unos ligandos orgánicos. De manera ventajosa, los materiales fluorescentes utilizados tienen un rendimiento cuántico superior al 75% y tienen una buena resistencia al fotoblanqueo.

45

El material luminiscente se puede escoger también entre los materiales fosforescentes. En este caso, la luz absorbida bajo iluminación de la radiación electromagnética incidente I puede ser restituída, por ejemplo de noche o en presencia nubosa y dar así una señal explotable si el aire del material es suficiente. Preferentemente, el material fosforescente se escoge entre la clase de los aluminatos dopados en iones de tierra rara. Por ejemplo, puede tratarse de aluminato de estroncio dopado europio de fórmula $\text{SrAl}_2\text{O}_4:\text{Eu}^{2+}, \text{Dy}^{3+}, \text{B}^{3+}$ o incluso de aluminato de calcio de fórmula $\text{CaAl}_2\text{O}_4:\text{Eu}^{2+}, \text{Nd}^{3+}$. El material fosforescente se puede escoger también entre la clase de los sulfuros, especialmente el $\text{ZnS}:\text{Cu}^+, \text{Co}^{2+}$ y el CaS o incluso entre la clase de los aluminio-silicatos, por ejemplo el $\text{MAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8:\text{Eu}^{2+}$ con $\text{M}=\text{Ca}, \text{Sr}, \text{Ba}$. Estos materiales pueden ser obtenidos, por ejemplo, en forma de polvos micrométricos o por vía sol-gel.

50

Según un modo de realización preferencial, el elemento de conversión espectral está formado por al menos una primera zona de conversión espectral 8, 8a, 8b dispuesta enfrente de una cara lateral de la célula fotovoltaica 4.

El elemento de conversión espectral consta de una segunda zona de conversión espectral que prolonga la primera zona de conversión espectral. Esta segunda zona de conversión espectral está posicionada en borde periférico de la

cara activa 4a de la célula fotovoltaica 4, directamente sobre dicha cara activa 4a, de modo que la parte de la cara activa 4a de la célula fotovoltaica 4, que recibe directamente la radiación electromagnética incidente I, representa entre el 40% y el 90% de la superficie total de la cara activa 4a de la célula fotovoltaica 4. Por borde periférico de la cara activa, se entiende el borde o contorno de la cara activa 4a de la célula fotovoltaica 4. La segunda zona de conversión espectral recubre por tanto parcialmente la cara activa 4a de la célula fotovoltaica.

La zona 8 que comprende el material luminiscente se denomina igualmente zona foto-activa o zona luminiscente. Según un modo de realización preferencial, las zonas de conversión espectral 8 constan de una matriz, ventajosamente formada por un material de encapsulación y, en particular, de polímero, en la cual se dispersa el material luminiscente. El medio de encapsulación es, de preferencia, transparente a las longitudes de onda útiles a los materiales luminiscentes.

Las zonas foto-activas 8 dispuestas en los espacios inter-células 5 permiten, ventajosamente, utilizar los fotones que llegan a estos espacios. Las zonas 8 luminiscentes están en el mismo plano que las células 4.

Debido a los espacios inter-células 5 entre las células 4 adyacentes, los fotones procedentes de la radiación electromagnética incidente I que caen al nivel de estos espacios inter-células 5 no interactúan en general con las células 4 y estos fotones se pierden en el estado anterior de la técnica.

Los fotones que se perderían normalmente son absorbidos por los materiales luminiscentes y retransmitidos. Por un espacio inter-células 5, se entiende la región situada entre dos células 4 adyacentes y coplanarias. Esta región tiene de preferencia el mismo grosor que las células 4 y la misma longitud.

Además, con los efectos de guía de onda laterales, los fotones retransmitidos se redirigen hacia las caras activas 4a de las células fotovoltaicas 5. Todos los espacios inter-células 5 pueden estar ocupados por las primeras zonas 8 o solamente una parte de los espacios inter-células 5. Además, para cada espacio inter-célula 5, todo el espacio o solamente una fracción del espacio puede ser ocupado por una primera zona 8.

Las zonas foto-activas 8, colocadas sobre los bordes de la cara activa, están dispuestas de modo que al menos una zona 9 de transmisión directa separe la placa transparente 2 de la célula fotovoltaica 4. Esta zona 9 está configurada para transmitir directamente la radiación electromagnética incidente I desde la placa transparente 2 hasta al menos del 40% al 90% de la cara activa 4a de la célula fotovoltaica 4. Tal porcentaje permite ventajosamente aumentar los rendimientos ópticos de las células.

Según un modo de realización preferencial, la zona 9 de transmisión directa está desprovista de elemento de conversión espectral, es decir esta zona no contiene material luminiscente y es tal que la radiación electromagnética incidente I atraviesa el material polimérico de encapsulación sin que la radiación electromagnética incidente I no sea reflejada ni absorbida por los materiales luminiscentes.

La zona 9 puede ser considerada como una zona neutra ópticamente, es decir una zona no foto-activa, libre de materiales luminiscentes.

La transmisión de la radiación electromagnética incidente I corresponde más particularmente a la proporción de la radiación electromagnética incidente I que llega hasta la parte de la cara activa 4a, por ejemplo a través de los medios encapsulantes. Preferentemente, la zona 9 neutra es una zona de transmisión muy alta (o transmisión directa), es decir una zona que tiene una proporción de radiación electromagnética incidente I que llega a la cara activa 4ª superior al 90% y, de preferencia, cerca de, incluso igual al 100%. La zona 9 neutra está constituida, ventajosamente, por el material polimérico de encapsulación utilizado para formar el medio encapsulante 7 y garantiza, por una parte su forma/naturaleza, una transmisión directa desde la placa transparente 2 hasta la cara activa 4a de la célula 4. Por transmisión directa, se entiende que la radiación electromagnética incidente I es transmitida directamente a la cara activa 4a de la célula sin haber sido absorbida y retransmitida por los materiales luminiscentes.

Tal configuración permite tener una continuidad óptica en periferia de la célula fotovoltaica 4: hay una continuidad óptica con el espacio inter-células 4a de la célula fotovoltaica 4, lo que permite además garantizar una transferencia directa sin pérdida de la luminiscencia desde la zona 8, 8a hacia la cara activa 4a de la célula 4. Las pérdidas luminosas debidas al cono de escape se reducen así en un factor 2, con respecto a unas configuraciones donde los materiales luminiscentes están dispuestos únicamente en los espacios inter-células, como se describe en el estado anterior de la técnica (EP 2 372 786).

El material luminiscente está presente continuamente desde los espacios inter-células 5 hasta la cara activa 4a de las células fotovoltaicas 4, lo que permite, ventajosamente, reducir el tamaño de dichos espacios inter-células 5 y aumentar así el número de células 4 dispuestas en el módulo y/o las dimensiones de su superficie activa 4a con respecto a una configuración donde solo los espacios inter-células contienen el convertidor espectral.

Además, a diferencia del estado anterior de la técnica (WO 2008/110567 y US 2009/0095341), el elemento de

conversión espectral está dispuesto de tal forma que al menos una zona 9 de transmisión directa separe la placa transparente 2 de la célula fotovoltaica 4.

La presencia de al menos una zona 9 neutra entre la placa delantera y la o las células fotovoltaicas 4 impide así la pérdida de flujo luminoso que llega a la o las caras activas 4a, en un módulo fotovoltaico 1 que comprende un elemento de conversión espectral que utiliza el fenómeno de luminiscencia.

Según un modo de realización preferencial, la relación entre el índice óptico de la zona de transmisión directa 9 y el índice óptico de las zonas de conversión espectral 8 está comprendida entre 0,9 y 1,2.

10 La figura 4 representa un módulo cuyo grosor medio H es $H=4$ mm. El índice del encapsulante y de la placa delantera 2 de vidrio están próximos a 1,5. La zona 8 que contiene el convertidor espectral está dispuesta únicamente entre dos células fotovoltaicas 4, como se representa en la figura 7. Las células 4 están separadas por un espacio inter-células de ancho e.

El ángulo crítico por encima del cual se va a reenviar una radiación electromagnética, procedente del espacio inter-células 5, de forma interna desde la zona 8 foto-activa hacia la cara activa 4a de la célula fotovoltaica 4 es $\theta_c = \arcsin(1/1,5)$, es decir 41° .

Existe por tanto, en el módulo fotovoltaico 1, una zona denominada zona de exclusión, de tamaño L-e, que no puede recibir la radiación procedente de la zona 8 si el espacio inter-células de ancho «e» es más pequeño que $L \sim 2H \sin(\theta_c)$, es decir 5,25 mm.

20 El gráfico de la figura 5 representa el porcentaje de recubrimiento de la cara activa 4a de la célula fotovoltaica 4 por la zona de exclusión en función del ancho del espacio inter-células 5.

Por ejemplo, para un espaciamiento inter-célula de 2 mm tradicionalmente utilizado en los módulos fotovoltaicos y para una célula fotovoltaica de 12,5 cm de lado (curva A), la zona de exclusión corresponde al 10% de la cara activa de la célula fotovoltaica 4. Para una célula de 2 cm de lado, la zona de exclusión corresponde al 55% de la cara activa 4a de la célula 4 (curva B).

La presencia del convertidor espectral sobre los bordes de la célula permite por tanto ventajosamente utilizar esta zona de exclusión que se perdería de otro modo. Las zonas foto-activas 8 están colocadas de modo que la parte de la cara activa 4a de la célula fotovoltaica 4, que recibe directamente la radiación electromagnética incidente I, representa ventajosamente entre el 40% y el 90% de la superficie total de la cara activa 4a de la célula fotovoltaica 4.

El módulo fotovoltaico, anteriormente descrito, es ventajosamente un módulo de tipo bifacial, las células fotovoltaicas poseen dos caras activas 4a y 4b opuestas.

35 Según una alternativa, puede ser de tipo monofacial. En este caso, las zonas foto-activas 8 están situadas ventajosamente entre las células 4 y la placa delantera 2, mientras que el espacio entre las células 4 y la placa trasera 3 es neutro.

Según otra alternativa y como se representa en la figura 6, las células fotovoltaicas 4 pueden tener una sola cara activa 4a. Las células están dispuestas de tal forma que las caras activas están orientadas alternativamente y sucesivamente hacia la placa delantera 2 después hacia la placa trasera 3, estando cada cara inactiva recubierta totalmente por el convertidor espectral. Esta configuración es ventajosa en el caso de espacios inter-células 5 de reducidas dimensiones y de células fotovoltaicas 4 de tamaños reducidos ya que los bordes de las caras activas de las células no podrán recibir toda la radiación incidente de forma óptima, debido a unas limitaciones geométricas.

45 Por otro lado, el posicionamiento de la o las zonas 8 foto-activas en el interior del módulo puede variar según diferentes modos de realización. Así, una zona neutra, sin material luminiscente, se mantendrá entre la placa delantera 2 y cada célula 4, a fin de permitir la transmisión directa de la radiación electromagnética incidente. Esto permite evitar una pérdida de flujo luminoso que llega a la cara activa 4a de las células.

50 Según otro modo de realización preferente, como se representa en la figura 7, las zonas foto-activas 8 no están dispuestas en los espacios inter-células 5, pero están separadas de manera ventajosa por las células fotovoltaicas 4 y dispuestas a ambos lados de dichas células 4, entre estas y las placas delantera 2 y trasera 3. En particular, su disposición es tal que las zonas foto-activas 8a que contienen los materiales luminiscentes están situadas a ambos lados y a cada lado de los espacios inter-células 5 y que recubren parcialmente las células fotovoltaicas 4, preferentemente hasta el 60% de la superficie activa 4a de cada una de las células 4.

Esto permite entonces conservar al menos una zona no foto-activa 9 entre al menos la placa delantera 2 y cada una de las células fotovoltaicas 4. La radiación electromagnética incidente I se transmite entonces directamente por medio de esta zona 9 desde la placa delantera 2 hasta al menos una parte de la cara activa 4a de cada célula

fotovoltaica 4.

Así, los fotones que, sin la presencia de las zonas foto-activas 8 se perderían o quedarían inutilizados, son absorbidos por los elementos luminiscentes de la o de las zonas 8 foto-activas y retransmitidos para ser convertidos por la célula fotovoltaica 4 en electricidad. Además, la presencia de las zonas neutras permite evitar una pérdida de flujo que llega a la cara activa de las células.

Por ejemplo, los fotones pueden ser retransmitidos a unas longitudes de onda en las que la eficacia cuántica de la célula es mejor: puede tratarse de convertirla de ultravioleta en luz roja para las células fotovoltaicas 4 de silicio.

Además, los materiales luminiscentes retransmiten de manera isotrópica, lo que permite capturar mejor la luz retransmitida en el seno del módulo fotovoltaico 1.

La cara activa 4a de cada célula fotovoltaica puede estar recubierta por una o varias zonas foto-activas, sobre los bordes y/o en su centro.

Por ejemplo, como se representa en la figura 7, las caras principales 4a y 4b, de cada célula fotovoltaica 4 pueden estar provistas de pistas de contacto eléctrico 6. Según unos modos particulares de realización ventajosos, unas zonas 8b foto-activas que contienen los materiales luminiscentes pueden estar dispuestas sobre las pistas de contacto 6. Cada zona foto-activa 8b está entonces delimitada en el espacio entre dichas pistas de contacto 6 y la placa correspondiente. El posicionamiento de los materiales luminiscentes sobre estas pistas de contacto 6 es particularmente pertinente porque las pistas de contacto 6 de las células 4 normalmente hacen sombra a la radiación electromagnética incidente: no modifica en nada la cantidad de radiación incidente que llega a la cara activa 4a de la célula 4 y permite además retransmitir unos fotones que serán convertidos por la cara activa 4a de la célula 4.

Para realizar un módulo fotovoltaico, tal como se representa en la figura 2 por ejemplo, el procedimiento de realización comprende:

- la formación de un ensamblaje que consta al menos de la placa transparente 2 y una placa adicional 3 entre las cuales están colocadas la célula fotovoltaica 4, el elemento de conversión espectral, la zona de transmisión directa 9, al menos una película de encapsulación 10, ventajosamente de material polimérico, colocado entre la placa transparente 2 y la célula fotovoltaica 4, estando dispuesto el elemento de conversión espectral enfrente de una cara lateral 13 de la célula fotovoltaica 4 y entre la célula fotovoltaica 4 y la placa transparente 2, sobre los bordes de la cara activa 4a de la célula fotovoltaica 4,
- el prensado en caliente de dicho ensamblaje para obtener el módulo fotovoltaico.

Según un modo de realización preferencial, la película de encapsulación 10 puede constar al menos de dos partes, conteniendo una el material luminiscente y la otra sin material luminiscente y formando respectivamente, después del prensado en caliente, al menos las zonas de conversión espectral 8 y la zona de transmisión directa 9. Además, una película de encapsulación adicional 12, ventajosamente de material polimérico, está colocada durante la formación del ensamblaje, enfrente de una cara lateral 13 de la célula fotovoltaica 4, comprendiendo dicha película de encapsulación adicional 12 el material luminiscente en forma dispersa.

Durante el ensamblaje, las placas delantera 2 y trasera 3 están colocadas paralelamente una a otra, estando dispuestas las películas de encapsulación 10 y 11 respectivamente enfrente de las caras internas 2a y 3a de las placas delantera 2 y trasera 3. Las células fotovoltaicas 4 están dispuestas, de manera coplanaria, entre las placas delantera 2 y trasera 3 y, más particularmente, entre las dos películas de encapsulación 10 y 11.

Si el módulo comprende una película 12, este está dispuesto entre las células 4 a fin de rellenar los espacios inter-células sobre todo el ancho de las células 4. La película 12 tiene preferentemente, un ancho igual al de las placas delantera 2 y trasera 3 y al de las películas de encapsulación 10 y 11.

De manera ventajosa, la película 12 rodea las células en todo su ancho.

Las películas de encapsulación 10 y 11 son unas películas realizadas en un material polimérico, apto para ser laminado por prensado en caliente para formar el encapsulante 7 del módulo fotovoltaico 1 en el cual se integran las células 4. El o los materiales que forman la primera película de encapsulación 10 pueden ser idénticos o diferentes de los que forman la segunda película de encapsulación 11. Son no obstante, preferentemente, de material polimérico. Tal material polimérico se denomina también material polimérico de encapsulación. Está al menos parcialmente reticulado antes del ensamblaje del módulo y apto para ser laminado. De manera ventajosa, las películas de encapsulación son a base de polímero auto-portado de tipo vinilo-acetato. Por auto-portado, se entiende una película que puede sostenerse en sí misma sin soporte necesario. Tales películas pueden existir, por ejemplo, en forma de láminas en bruto, fácilmente manipulables.

La película 12 es de manera ventajosa una película a base de material polimérico, preferentemente apta para ser laminada por prensado en caliente. En particular, se puede realizar con el mismo material polimérico que las películas de encapsulación 10 y 11. En este caso, consta no obstante de al menos un material luminiscente disperso de manera volumétrica y, preferentemente, de manera homogénea en dicho material polimérico. La zona 8 consta de dicho polímero de encapsulación.

La película 12 se puede obtener por inyección del material luminiscente directamente en el material polimérico que compone dicha película.

10 Los materiales luminiscentes se pueden mezclar en un material-huésped tal como un material polimérico, especialmente a base de silicona, una resina epoxi o unas soluciones líquidas utilizadas para los depósitos sol-gel como por ejemplo una solución que contiene unos alcóxidos de silicio. De manera ventajosa, los materiales luminiscentes son fotoestabilizados cuando se insertan en uno de estos materiales-huéspedes.

Por material-huésped, se entiende un material que puede ser dopado, específicamente por los materiales luminiscentes. Los materiales luminiscentes se insertan y dispersan así en el material-huésped de manera homogénea.

Independientemente de los materiales que las forman, las películas de encapsulación 10, 11 y la película 12 que contiene los materiales luminiscentes son perfectamente compatibles químicamente, garantizando así una transición óptica sin pérdida para la luz.

Una mezcla limitada de los diferentes polímeros puede operarse eventualmente en las interfaces, durante la etapa siguiente. El índice de refracción de las películas 10, 11 y 12 es, preferentemente, casi el mismo a fin de garantizar una buena continuidad óptica en el módulo 1.

25 Cada una de estas películas de encapsulación 10 y 11 puede haber sido obtenida, por ejemplo, por ensamblaje de dos películas iniciales distintas, conteniendo una unos materiales luminiscentes y no conteniéndolos la otra. Estas dos películas iniciales se recortan para formar las diferentes partes de la película de encapsulación final, una vez que estas están ensambladas. Así se obtiene una película con una alternancia de zonas que contienen y no contienen material luminiscente. Estas zonas formarán después del prensado en caliente al menos las zonas 8 foto-activas y las zonas 9 neutras.

El procedimiento es simple de realizar. En efecto, basta con recortar coordinadamente las películas poliméricas y ensamblarlas correctamente antes de la etapa de ensamblaje de los diferentes elementos del módulo y la etapa de prensado en caliente.

35 El ensamblaje formado de este modo se prensa a continuación en caliente, por ejemplo en un sistema de laminado, a fin de obtener la cohesión de dicho ensamblaje: las células fotovoltaicas 4 se ponen en contacto entonces con las películas de encapsulación 10 y 11 que forman entonces, con la película 12, el encapsulante 7 también llamado medio de encapsulación. Además, las placas delantera 2 y trasera 3 entran en contacto cada una con una de las películas de encapsulación 10 y 11.

Preferentemente, el conjunto se prensa en caliente aplicando una presión entre las dos placas y bajo una temperatura generalmente comprendida entre 50 °C y 200 °C. Esta temperatura depende del material de la película de encapsulación utilizado, por ejemplo, para el EVA, esta temperatura es superior o igual a 120°.

45 Durante esta operación, el o los materiales poliméricos de las películas 10, 11 y 12 transitan ventajosamente en fase viscosa, a fin de ajustar íntimamente la forma de las células fotovoltaicas a la vez que se ocupan todos los espacios intersticiales.

Este modo de realización es poco costoso y simple de aplicar, ya que permite posicionar fácilmente los elementos luminiscentes, dispersos en un material polimérico, en los espacios inter-células durante el ensamblaje del módulo 1.

50 Los elementos luminiscentes están dispuestos de manera que dejen una zona neutra 9 interpuesta entre la placa transparente 2 y la célula fotovoltaica 4 y configurada para transmitir directamente la radiación electromagnética incidente I desde la placa transparente hasta la cara activa de la célula, entre el 40% y el 90% de la cara activa 4a de la célula 4 que recibe directamente la radiación electromagnética incidente. La cara activa 4a de cada célula 4 recibe por tanto más fotones y el rendimiento de conversión mejora.

55 La zona 9 está constituida, en este modo de realización, por la película de encapsulación 10 por ejemplo.

Según otro modo de realización particular, la película de encapsulación 10 puede constar al menos de una cara en la cual una parte está recubierta por una capa que contiene al menos el material luminiscente y que forma, después

del prensado en caliente, las zonas de conversión espectral 8.

El depósito del material luminiscente se puede realizar también en superficie de la película de encapsulación 11.

El depósito se puede realizar por vía sol-gel, por pulverización, por depósito en la rasqueta igualmente conocido con el nombre anglosajón de «doctor-blading». Un simple pincel se puede utilizar también para depositar los materiales luminiscentes. Puede servir para depositar una laca líquida o una resina, cargada de materiales luminiscentes, por ejemplo. La laca puede evaporarse y dejar los materiales luminiscentes en superficie.
Estas son unas técnicas de depósito de bajo coste.

Según otro modo de realización, las zonas de conversión espectral 8 están formadas por depósito de una capa 14 que contiene al menos el material luminiscente, en una parte de una cara de una de las placas transparente 2 o adicional 3.

Este depósito se realiza, de manera ventajosa, sobre una parte de una de las caras de la placa delantera 2, antes de la etapa de ensamblaje del módulo 1. Un mismo depósito se puede realizar además sobre la placa trasera 3, especialmente en el caso de un módulo bifacial. Preferentemente, los depósitos se realizan sobre las caras internas 2a y 3a de las placas delantera 2 y trasera 3.

Según otro modo de realización, las pistas de contacto 6 están recubiertas por una zona 8 que contiene unos elementos luminiscentes. Esta zona se puede realizar, por ejemplo, por depósito de una capa de material luminiscente. Puede tratarse de un depósito con pincel o por pulverización («spray» en inglés) sobre las pistas de contacto 6.

Los modos de realización anteriormente descritos se pueden utilizar independientemente o en combinación unos con otros. En efecto, numerosas combinaciones son posibles para posicionar las zonas foto-activas y las zonas neutras en el seno del módulo fotovoltaico.

A título de comparación, la potencia eléctrica se ha medido para un módulo fotovoltaico 1 de tipo monofacial que comprende dos líneas independientes de tres células fotovoltaicas 4 que representan dos configuraciones posibles en un mismo módulo: una según el estado anterior de la técnica, la otra según un modo particular de realización de la invención. Las células 4 de una misma línea están conectadas eléctricamente en paralelo a fin de aumentar la corriente de cortocircuito o de fotogeneración global del módulo. Las células son unas células de silicio cristalino, pre-recortadas de unos centímetros de ancho y de un grosor del orden de 200 μm .

La etapa de ensamblaje del módulo 1 se representa esquemáticamente en la figura 8. Solo se han representado dos células fotovoltaicas 4, perteneciendo cada una a una de las dos líneas.

El ensamblaje del módulo fotovoltaico se ha realizado a partir del apilamiento que comprende los elementos siguientes: una placa delantera 2 de vidrio transparente, una primera película de encapsulación 10, las dos líneas de células fotovoltaicas 4, una segunda película de encapsulación 11 y una placa trasera 3, constituida por una hoja de plástico blanco. Las dos películas de encapsulación 10 y 11 son a base de película polimérica autoportada de tipo vinilo-acetato. Para la primera línea de células, representada por la célula a la izquierda en la figura 10, las dos películas de encapsulación 10 y 11 no contienen material luminiscente.

Para la segunda línea de células representada por la célula a la derecha en las figuras 8 y 9 y que corresponde a la línea de células a la derecha en la figura 10, al menos una parte de las películas de encapsulación 10 y 11 contiene unos materiales luminiscentes capaces de convertir una parte del ultravioleta en luz roja, con un rendimiento cuántico superior al 50%. Así, para esta parte, la totalidad de la película de encapsulación dispuesta entre la placa trasera 3 y las células 4 contiene unos materiales luminiscentes dispersados de manera homogénea en todo el volumen de dicha película 11. La película de encapsulación 10, dispuesta durante el ensamblaje entre la placa delantera 2 y las células 4 de la segunda línea, contiene unas zonas sin materiales luminiscentes. En las figuras 8, 9 y 10, las zonas 8 con material luminiscente recubren los bordes de la cara activa 4a de las células fotovoltaicas. Una zona 9 sin material luminiscente está dispuesta en el centro de la cara activa 4a de la célula, permitiendo la transmisión directa de la radiación electromagnética incidente I.

Tal película de encapsulación 10 que contiene unas zonas con y sin materiales luminiscentes puede haber sido obtenida, por ejemplo, por ensamblaje de dos películas iniciales de encapsulación, conteniendo una unos materiales luminiscentes y no conteniéndolos la otra. Las dos películas iniciales se recortan y ensamblan entonces para formar diferentes partes de la película final de encapsulación 10.

El ensamblaje obtenido de este modo se prensa a continuación en caliente a 140 °C durante una decena de minutos en un laminador 3S bajo una presión de 1 atmósfera a fin de obtener el módulo 1 correspondiente, como se representa en las figuras 9 y 10.

Los rendimientos de conversión de las dos líneas de células 4 se han medido entonces antes y después del prensado en caliente.

- 5 Para la primera línea de células, la potencia eléctrica máxima suministrada aumenta en un 11,45% después del prensado en caliente. Para la segunda línea de células, la potencia eléctrica máxima aumenta en un 13,22%, después del prensado en caliente. Una ganancia diferencial relativa de +1,7% se obtiene entonces para las células rodeadas por al menos una zona foto-activa 8 que contiene unos materiales luminiscentes después del laminado con respecto a las células no rodeadas de materiales luminiscentes. Durante la realización del módulo fotovoltaico 1, el prensado en caliente permite mejorar también la potencia suministrada.
- 10 La presencia de las primeras zonas 8 en el módulo fotovoltaico 1 permite mejorar por tanto la potencia suministrada con respecto a un módulo que no contiene tales zonas.

- La presente invención es particularmente pertinente para unos módulos fotovoltaicos que tienen un coeficiente de aumento η (relación entre la superficie total de las células y la superficie del módulo) casi inferior a 1 y, más particularmente, para un coeficiente de aumento comprendido entre 0,5 y 0,95. En efecto, si el coeficiente de aumento es cercano a 1, es decir, los espacios entre las células son muy estrechos, el interés de utilizar unos materiales luminiscentes en dichos espacios se reduce entonces. Es necesario aumentar el tamaño y/o el número de estos espacios inter-células. No obstante, si el coeficiente de aumento se reduce, la potencia eléctrica proporcionada por el módulo fotovoltaico disminuye también, pero esta disminución puede estar compensada en parte por los efectos de guía de onda.
- 15
- 20

Ventajosamente, tales módulos fotovoltaicos permiten aprovechar unos efectos de guía de onda y, más particularmente, unos efectos de guía de onda laterales. Por guía de onda lateral, se entiende la reflexión interna de una radiación electromagnética en el sentido longitudinal del módulo fotovoltaico, siendo el módulo en general planar.

- 25 Unos módulos fotovoltaicos tales como se han descrito anteriormente presentan, la ventaja de ser más fáciles y menos costosos de fabricar que los módulos que necesitan la presencia de reflectores. No obstante, se pueden utilizar unos materiales luminiscentes en un módulo fotovoltaico provisto de un reflector en la cara trasera, para aumentar la potencia generada por el módulo fotovoltaico.

- 30 Los módulos fotovoltaicos, que contienen los elementos de conversión espectral según la invención, presentan la ventaja de poder ser de tipo monofacial y bifacial. Estos dispositivos de amplificación óptica son poco costosos y pueden ser elaborados a gran escala. Encontrarán numerosas aplicaciones y podrán servir, por ejemplo, como módulos fotovoltaicos integrados en el edificio. Así, los módulos de tipo bifacial de coeficiente reducido de aumento se pueden utilizar para realizar por ejemplo unas cristaleras o unas ventanas semi-transparentes de generación de potencia eléctrica. La radiación incidente que atraviesa los espacios inter-células se explota en parte sin comprometer por ello el paso adecuado de la luz hacia el medio situado detrás. La coloración debida a la presencia de los materiales luminiscentes añade además un aspecto estético al módulo fotovoltaico.
- 35

- 40 La invención no se limita a los modos de realización descritos más arriba.

En particular, los módulos fotovoltaicos 1 descritos constan de una pluralidad de células fotovoltaicas 4 que presentan unas caras activas 4a coplanarias y separadas unas de otras por unos espacios inter-células 5.

- No obstante, la invención puede aplicarse igualmente a un módulo fotovoltaico que solo contiene una sola célula fotovoltaica y a su procedimiento de realización.
- 45

- Además, el módulo fotovoltaico 1 puede ser de cualquier tipo de forma. Puede tener forma de paralelepípedo rectángulo rígido delgado, de unos centímetros de grosor. Puede tener también forma de membrana flexible y resistente. La longitud y el ancho dependen de las aplicaciones pretendidas y se seleccionarán de manera apropiada. El módulo fotovoltaico 1 puede ser planar o curvado en forma de teja solar.
- 50

De la misma manera, las células fotovoltaicas pueden tener diferentes formas, Pueden ser rectangulares, circulares, cuadradas, truncadas, llenas o perforadas, es decir provistas de al menos un orificio de paso.

- Así, para unas células perforadas, las zonas foto-activas 8 pueden estar situadas en los orificios de la célula. Del mismo modo, unas células fotovoltaicas en forma de pastilla, es decir en forma de disco, pueden estar dispuestas en red y rodeadas de materiales luminiscentes.
- 55

Así, se puede utilizar una amplia elección de forma de células fotovoltaicas 4 para la realización de los módulos fotovoltaicos 1.

Se podrían utilizar unas placas de vidrio transparente en la cara delantera y/o unas películas plásticas firmes en la cara trasera que comprenden en sí mismas los materiales luminiscentes, por ejemplo para unos módulos flexibles. Unos vidrios de módulo selectivos en longitud de onda, como unos vidrios dicroicos, se podrían utilizar además para obtener una mejor selección de las longitudes de onda de la radiación incidente.

5

Por último, en un modo particular de realización, se podrían utilizar varios materiales luminiscentes en cascada. Por ejemplo, un primer material luminiscente denominado «de conversión hacia abajo» (o de «down-conversion» en inglés) absorbe al menos una parte de la radiación electromagnética incidente y retransmite la luz a unas longitudes de onda superiores, es decir a energía más baja. Esta luz retransmitida puede ser absorbida entonces por un

10

segundo material luminiscente, que retransmite él mismo la luz a unas longitudes superiores. Preferentemente, tal cascada se puede utilizar para, al comienzo de la cadena de materiales luminiscentes, absorber en el ultravioleta, por ejemplo entre 350 nm y 400 nm y al final de la cadena retransmitir en el infrarrojo, por ejemplo, de manera ventajosa, entre 900 nm y 1.000 nm para las células Silicio.

REIVINDICACIONES

1. Módulo fotovoltaico (1) para convertir una radiación electromagnética incidente en energía eléctrica (I), que comprende:
- 5
- al menos una placa transparente (2) a la radiación electromagnética incidente (I),
 - al menos una célula fotovoltaica (4) que comprende una cara activa (4a) dispuesta enfrente de dicha placa transparente (2),
 - un elemento de conversión espectral que consta de un material luminiscente, apto para ser activado por la radiación electromagnética incidente y formado por al menos una primera zona de conversión espectral (8, 8a, 8b) dispuesta enfrente de una cara lateral de la célula fotovoltaica,
 - al menos una zona (9) de transmisión directa, que separa la placa transparente (2) de la célula fotovoltaica (4) y configurada para transmitir directamente la radiación electromagnética incidente (I) desde la placa transparente (2) hasta al menos una parte de la cara activa (4a) de la célula fotovoltaica (4),
- 10
- 15 **caracterizado porque** el elemento de conversión espectral consta de una segunda zona de conversión espectral que prolonga la primera zona de conversión espectral, estando posicionada dicha segunda zona de conversión espectral en el borde periférico de la cara activa de la célula fotovoltaica, directamente sobre dicha cara activa, de modo que la parte de la cara activa (4a) de la célula fotovoltaica (4), que recibe directamente la radiación electromagnética incidente (I), represente entre el 40% y el 90% de la superficie total de la cara activa (4a) de la célula fotovoltaica (4).
- 20
2. Módulo fotovoltaico (1) según la reivindicación 1, **caracterizado porque** el módulo fotovoltaico (1) consta de una pluralidad de células fotovoltaicas (4), coplanarias y separadas unas de otras por unos espacios inter-células (5) y **porque** cada espacio inter-célula está ocupado por una primera zona de conversión espectral.
- 25
3. Módulo fotovoltaico (1) según una de las reivindicaciones 1 y 2, **caracterizado porque** el coeficiente de aumento está comprendido entre 0,5 y 0,95.
- 30
4. Módulo fotovoltaico (1) según cualquiera de las reivindicaciones de 1 a 3, **caracterizado porque** la relación entre el índice óptico de la zona de transmisión directa (9) y el índice óptico de las zonas de conversión espectral (8) está comprendida entre 0,9 y 1,2.
- 35
5. Módulo fotovoltaico (1) según cualquiera de las reivindicaciones de 1 a 4, **caracterizado porque** consta al menos de un material de encapsulación y, en particular, al menos de un material polimérico de encapsulación en el cual se integra la célula fotovoltaica (4).
- 40
6. Módulo fotovoltaico (1) según la reivindicación 5, **caracterizado porque** la zona de transmisión directa (9) está constituida por el material de encapsulación.
- 45
7. Módulo fotovoltaico (1) según una de las reivindicaciones de 1 a 6, **caracterizado porque** las zonas de conversión espectral (8) constan de una matriz, ventajosamente formada por un material de encapsulación y, en particular, de polímero, en la cual se dispersa el material luminiscente.
- 50
8. Módulo fotovoltaico (1) según cualquiera de las reivindicaciones de 1 a 7, **caracterizado porque** el material luminiscente se escoge entre unos colorantes orgánicos, unos blanqueantes ópticos, unas micropartículas o unas nanopartículas dopadas en iones lantánido, unos complejos órgano-lantánidos, unos puntos cuánticos, unas especies fosforescentes entre las cuales los aluminatos dopados en iones de tierra rara, unos aluminatos de calcio, unos compuestos sulfurados, unos alumino-silicatos y sus mezclas.
- 55
9. Procedimiento de fabricación de un módulo fotovoltaico (1) según cualquiera de las reivindicaciones de 1 a 8, **caracterizado porque** comprende:
- la formación de un ensamblaje que consta al menos de la placa transparente (2) y una placa adicional (3) entre las cuales se colocan la célula fotovoltaica (4), el elemento de conversión espectral, la zona de transmisión directa (9), al menos una película de encapsulación (10) ventajosamente de material polimérico colocada entre la placa transparente y la célula fotovoltaica, estando dispuesto el elemento de conversión espectral enfrente de una cara lateral de la célula fotovoltaica (4) y entre la célula fotovoltaica (4) y la placa transparente (2), sobre los bordes de la cara activa (4a) de la célula fotovoltaica (4),

- el prensado en caliente de dicho ensamblaje para obtener el módulo fotovoltaico.

10. Procedimiento de fabricación de un módulo fotovoltaico (1) según la reivindicación 9, **caracterizado porque** la película de encapsulación (10) consta al menos de una cara de la cual una parte está recubierta por una
5 capa que contiene al menos el material luminiscente y que forma, después del prensado en caliente, las zonas de conversión espectral (8).
11. Procedimiento de fabricación de un módulo fotovoltaico (1) según una de las reivindicaciones 9 y 10, **caracterizado porque** las zonas de conversión espectral (8) están formadas por depósito de una capa (14) que
10 contiene al menos el material luminiscente, sobre una parte de una cara de una de las placas transparente (2) o adicional (3).
12. Procedimiento de fabricación de un módulo fotovoltaico (1) según una de las reivindicaciones de 9 a 11, **caracterizado porque** una película de encapsulación adicional (12), ventajosamente de material polimérico, está
15 colocada durante la formación del ensamblaje, enfrente de una cara lateral (13) de la célula fotovoltaica (4), comprendiendo dicha película de encapsulación adicional (12) el material luminiscente en forma dispersada.
13. Procedimiento de fabricación de un módulo fotovoltaico según la reivindicación 9, **caracterizado porque** la película de encapsulación (10) consta al menos de dos partes, conteniendo una el material luminiscente y
20 la otra sin material luminiscente y que forman respectivamente, después del prensado en caliente, al menos las zonas de conversión espectral (8) y la zona de transmisión directa (9).

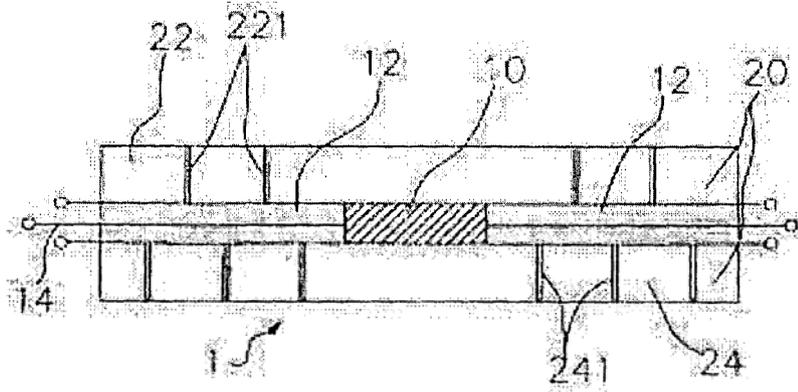


Figura 1

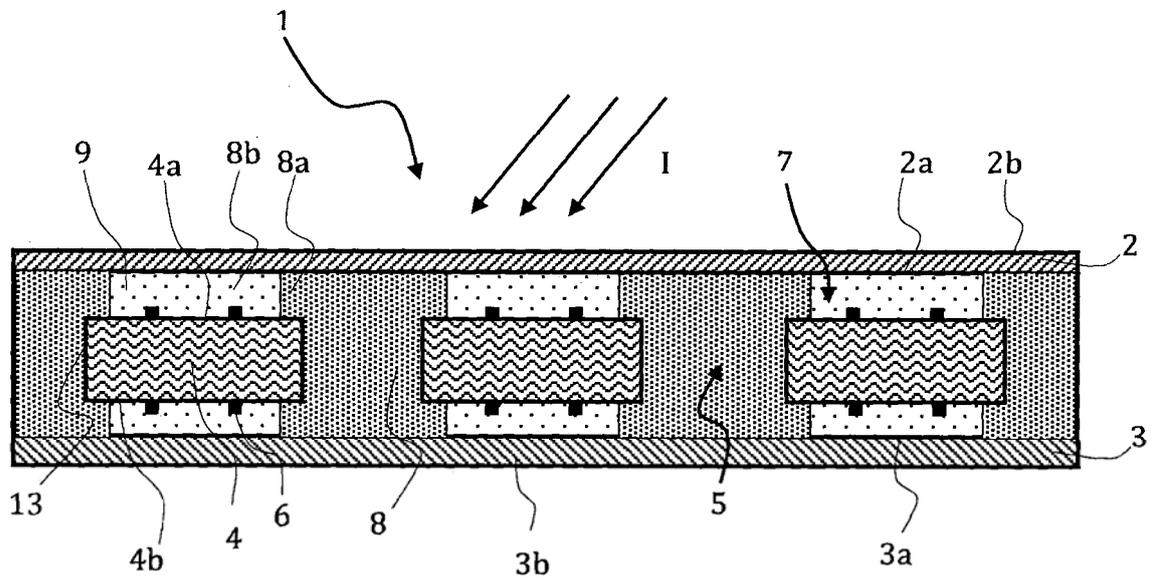


Figura 2

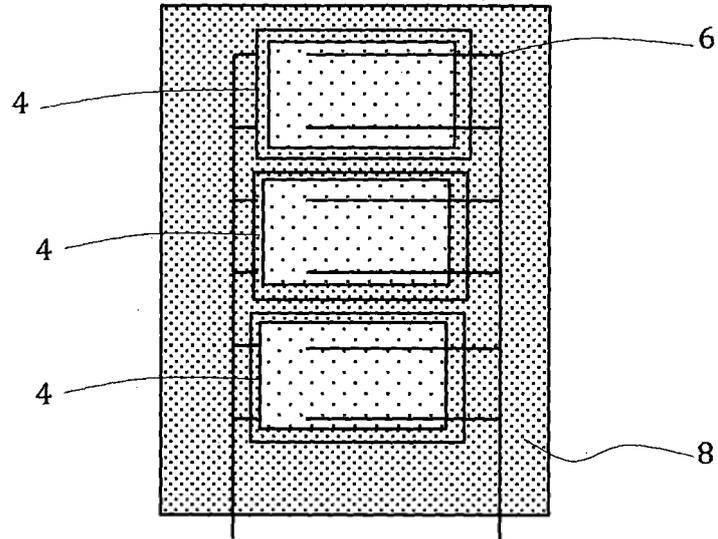


Figura 3

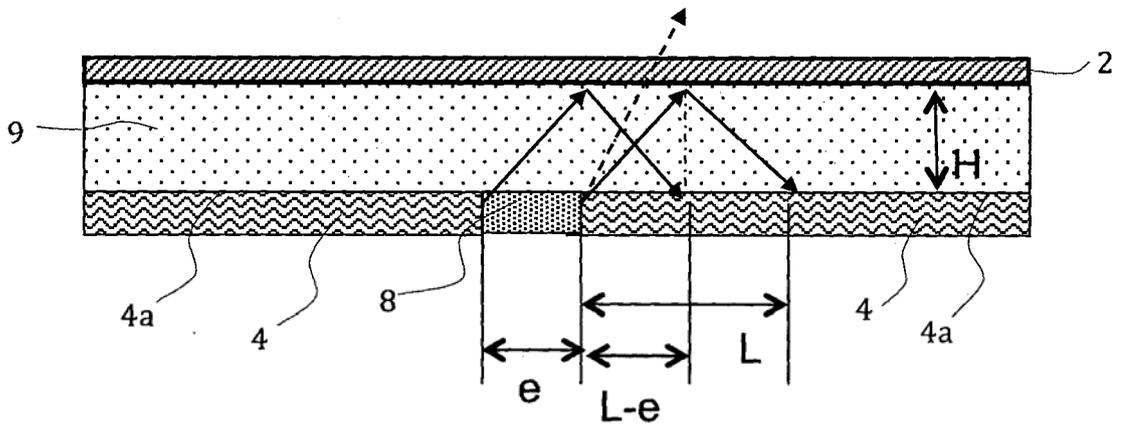


Figura 4

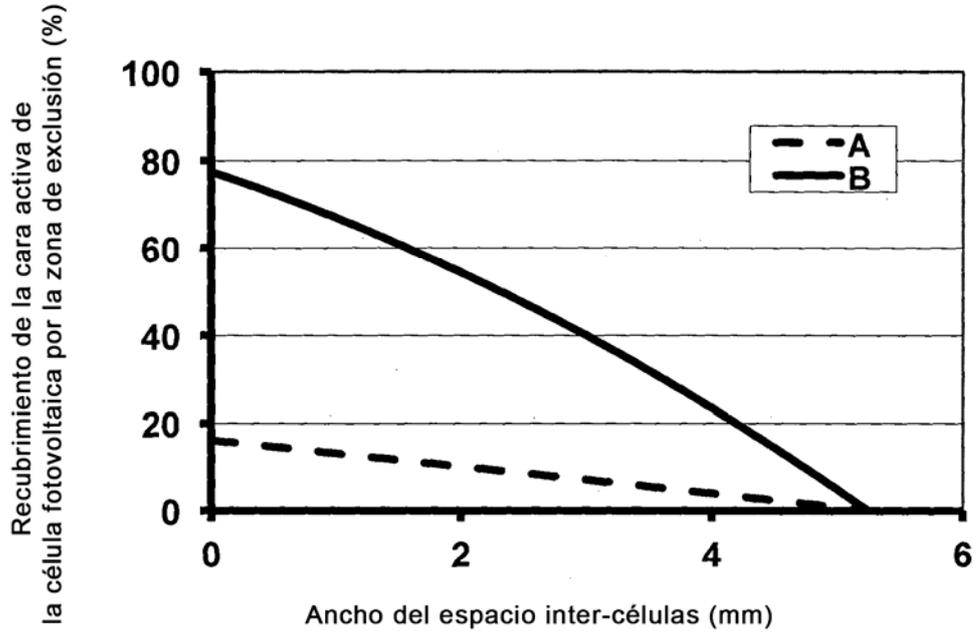


Figura 5

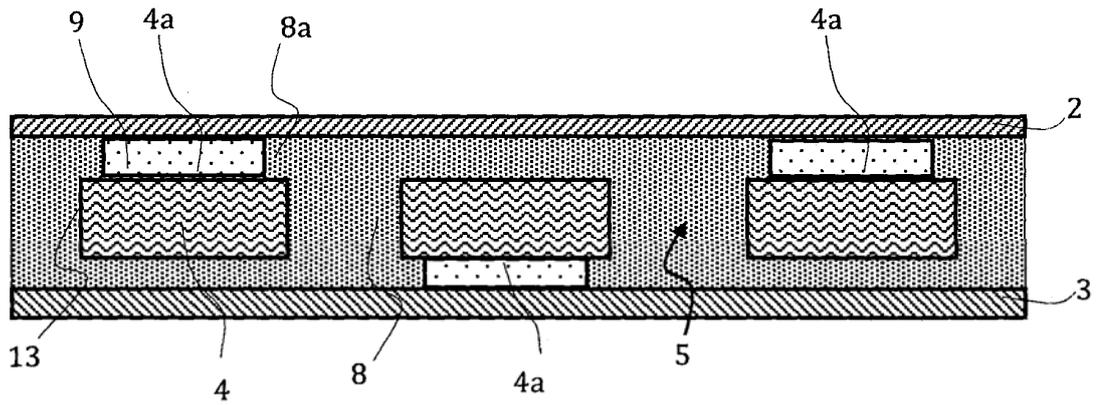
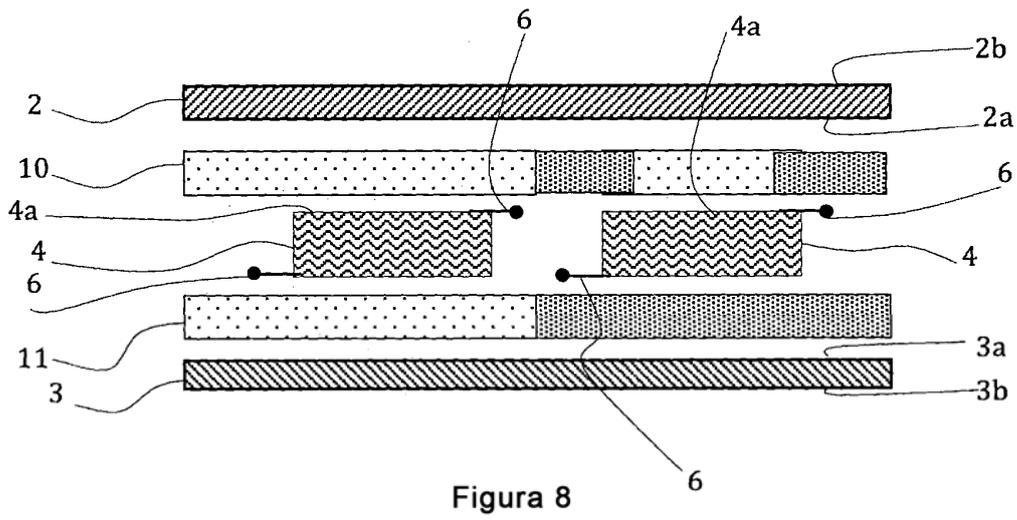
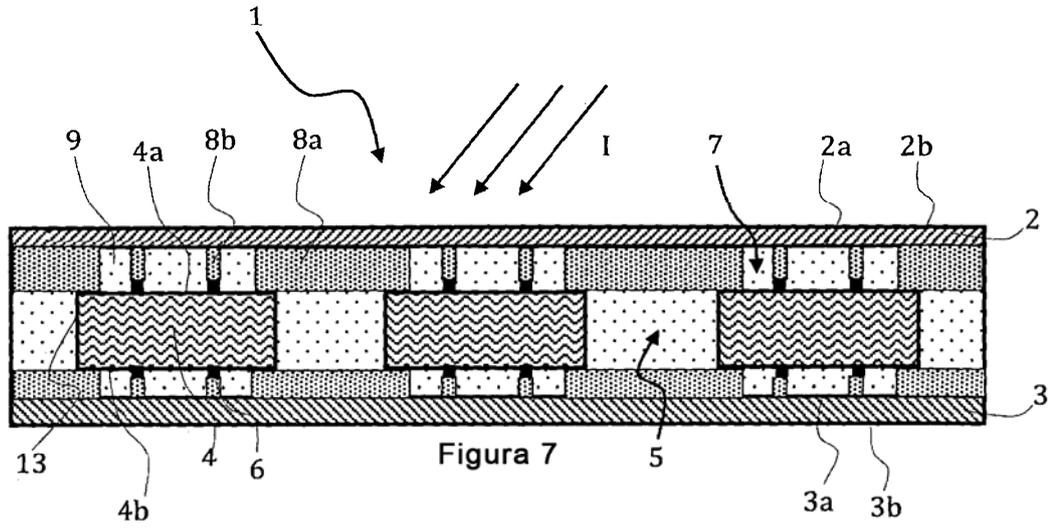


Figura 6



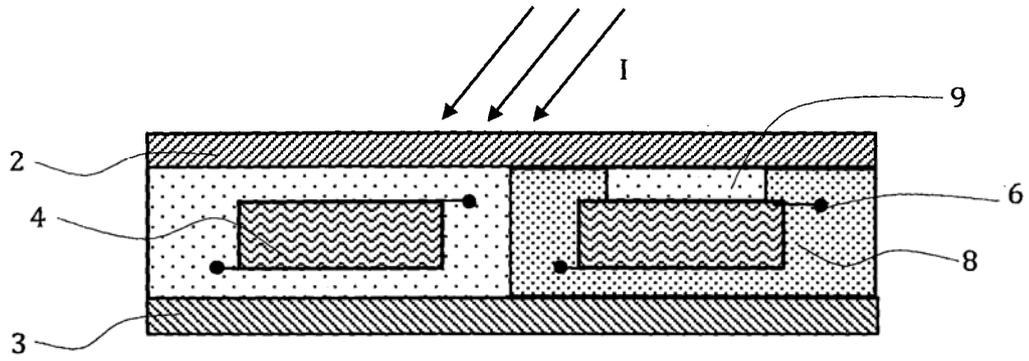


Figura 9

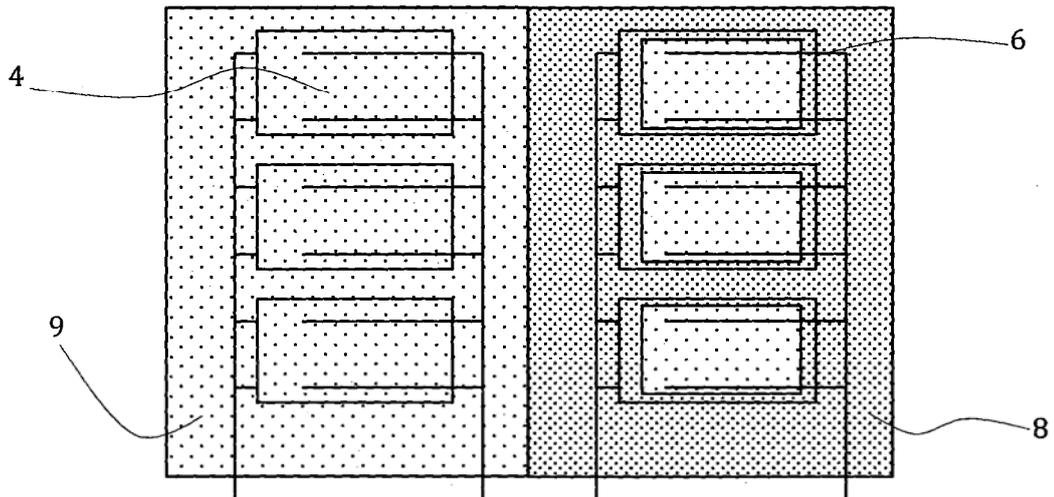


Figura 10