

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 683 544**

51 Int. Cl.:

**H02S 20/20** (2014.01)

**H02S 20/21** (2014.01)

**H01L 31/048** (2014.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **27.07.2015 PCT/EP2015/067109**

87 Fecha y número de publicación internacional: **04.02.2016 WO16016165**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **27.07.2015 E 15742254 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **09.05.2018 EP 3175547**

54 Título: **Conjunto que consta de un módulo fotovoltaico aplicado a una zona circunscrita**

30 Prioridad:

**28.07.2014 FR 1457275**

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

**26.09.2018**

73 Titular/es:

**COMMISSARIAT À L'ÉNERGIE ATOMIQUE ET  
AUX ÉNERGIES ALTERNATIVES (50.0%)  
25, Rue Leblanc, Bâtiment "Le Ponant D"  
75015 Paris, FR y  
COLAS (50.0%)**

72 Inventor/es:

**GAUME, JULIEN;  
COUELLE, ERIC;  
GAUTIER, JEAN-LUC;  
GUILLEREZ, STÉPHANE y  
SICOT, LIONEL**

74 Agente/Representante:

**VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro**

**ES 2 683 544 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

Conjunto que consta de un módulo fotovoltaico aplicado a una zona circuleable

### 5 **Campo técnico**

La presente invención se refiere al campo de los módulos fotovoltaicos, que consta de un conjunto de celdas fotovoltaicas conectadas entre sí eléctricamente, y en particular a las celdas fotovoltaicas llamadas "cristalinas", es decir, las que se basan en cristales de silicio o policristales de silicio.

10 La invención puede implementarse en numerosas aplicaciones, particularmente en aplicaciones que requieren el uso de módulos fotovoltaicos ligeros, flexibles y robustos con respecto a impactos y cargas mecánicas elevadas. De este modo, encuentra una aplicación privilegiada para su integración en zonas circuleables, para peatones y/o vehículos, tales como calzadas o carreteras, carril bici, plataformas industriales, plazas, aceras, entre otros. Tal aplicación se designa actualmente con la expresión "carretera solar".

15 La invención propone así un conjunto de estructura fotovoltaica que consta de un módulo fotovoltaico aplicado a una zona circuleable, el uso de dicho módulo fotovoltaico para su aplicación a una zona circuleable, así como un procedimiento de realización de dicho conjunto de estructura fotovoltaica.

### 20 **Estado de la técnica anterior**

Un módulo fotovoltaico es un conjunto de celdas fotovoltaicas dispuestas una al lado de la otra entre una primera capa transparente que forma una cara frontal del módulo fotovoltaico y una segunda capa que forma una cara posterior del módulo fotovoltaico.

30 La primera capa que forma la cara frontal del módulo fotovoltaico es ventajosamente transparente para permitir que las celdas fotovoltaicas reciban un flujo luminoso. Tradicionalmente se realiza en una única placa de vidrio, que presenta un espesor del orden de 3 mm. La segunda capa que forma la cara posterior del módulo fotovoltaico puede, a su vez, ser fabricada a base de vidrio, metal o plástico, entre otros. Está formada habitualmente por una estructura polimérica a base de un polímero aislante eléctrico, por ejemplo, del tipo politereftalato de etileno (PET) o poliamida (PA), que puede estar protegida por una o dos capas a base de polímeros fluorados, como polifluoruro de vinilo (PVF) o polifluoruro de vinilideno (PVDF), y con un espesor del orden de 300 µm.

35 Las celdas fotovoltaicas pueden estar conectadas eléctricamente en serie entre sí mediante elementos de contacto eléctrico frontal y posterior, llamados conductores de conexión, y formados, por ejemplo, mediante láminas de cobre, dispuestas respectivamente contra las caras frontales (caras que se encuentran frente a la cara frontal del módulo fotovoltaico destinada a recibir un flujo luminoso) y posterior (caras que se encuentran en frente de la cara posterior del módulo fotovoltaico) de cada una de las celdas fotovoltaicas.

40 Además, las celdas fotovoltaicas, ubicadas entre las primera y segunda capas que forman respectivamente las caras frontal y posterior del módulo fotovoltaico, están encapsuladas. Convencionalmente, el encapsulante elegido corresponde a un polímero de tipo elastómero (o caucho), y puede por ejemplo consistir en el uso de dos capas (o películas) de poli(etileno-acetato de vinilo) (EVA) entre las cuales se disponen las celdas fotovoltaicas y los conductores de conexión de las celdas. Cada capa de EVA puede presentar un espesor de al menos 0,3 mm y un módulo de Young inferior o igual a 30 MPa a temperatura ambiente.

50 Normalmente, el procedimiento de realización del módulo fotovoltaico consta de una sola etapa de laminación de las diferentes capas descritas anteriormente, a una temperatura superior o igual a 140 °C, o incluso 150 °C, y durante un periodo de al menos 8 minutos, o incluso 15 minutos. Después de esta operación de laminación, las dos capas de EVA se han fundido para formar solo una capa en la que se introducen las celdas fotovoltaicas.

Sin embargo, estas realizaciones conocidas de la técnica anterior de un módulo fotovoltaico no son completamente satisfactorias y presentan varios inconvenientes para al menos algunas de sus aplicaciones.

55 En el contexto de la aplicación del tipo carretera solar, aparece una necesidad para usar las carreteras o calzadas como medios de producción de energía durante la jornada, ya sea para abastecer a los edificios situados en las cercanías (empresas, ecodistritos, granjas solares, casas individuales, entre otros) o para abastecer la red eléctrica o dispositivos de ayuda a la circulación, por ejemplo.

60 Por lo tanto, en primer lugar, la presencia de una placa de vidrio para formar la cara frontal del módulo fotovoltaico no es compatible con ciertas aplicaciones del módulo fotovoltaico que pueden requerir una relativa ligereza y una facilidad de conformación del módulo. Por el contrario, los diseños de la técnica anterior que usan vidrio en la cara frontal de los módulos fotovoltaicos implican la obtención de un peso elevado del módulo y una capacidad de integración limitada.

65

Para una aplicación de un tipo de carretera solar, los módulos fotovoltaicos con una cara frontal fabricada en vidrio no son, por una parte, suficientemente flexibles para responder a la deformación de una carretera, del orden de 1 mm cada 100 mm para los dos ejes horizontales, de acuerdo con la anchura y la longitud, de la carretera. Por otra parte, estos módulos fotovoltaicos no son suficientemente resistentes a la carga estática si están adheridos directamente a la carretera. En otras palabras, la rugosidad de la calzada puede provocar un punzonado de las celdas fotovoltaicas por la cara posterior del módulo fotovoltaico, lo que conlleva a riesgos de rotura de las celdas fotovoltaicas.

Se han previsto soluciones para reemplazar la cara frontal de vidrio de los módulos fotovoltaicos con materiales plásticos, conservando la arquitectura y el método de realización convencionales de los módulos fotovoltaicos. A modo de ejemplos, la solicitud de patente FR 2 955 051 A1 y las solicitudes internacionales WO 2012/1400585 A1 y WO 2011/028513 A2 describen las posibilidades de alternativas al vidrio para diseñar la cara frontal de los módulos fotovoltaicos, entre ellas el uso de láminas de polímero, de un espesor inferior o igual a 500 µm, como el polifluoruro de vinilideno (PVDF), etileno tetrafluoroetileno (ETFE), polimetilmetacrilato de metilo (PMMA) o policarbonato (PC).

Sin embargo, la simple sustitución del vidrio con un material polimérico, con el fin de obtener un módulo fotovoltaico ligero y flexible, conduce generalmente a una vulnerabilidad superior del módulo a los impactos y a las cargas mecánicas, no aceptable para ciertas aplicaciones.

Además, en estos ejemplos de realización de la técnica anterior, la cara frontal (sin vidrio) de cada módulo fotovoltaico es continua, es decir, forma una lámina o placa unitaria que recubre el conjunto del módulo. Al hacerlo, la flexibilidad de cada módulo fotovoltaico puede ser limitada y, sobre todo, no suficiente. Además, esto también plantea la cuestión de acentuación de las tensiones diferenciales de dilatación entre las diferentes capas de la estructura, pudiendo provocar deformaciones o desprendimientos indeseables en las interfaces de la estructura, como por ejemplo en la interfaz encapsulante/capas externas.

Se han propuesto ciertas soluciones con el objeto de obtener una discontinuidad relativa de la cara frontal de un módulo fotovoltaico con el fin de obtener una preferentemente flexibilidad del módulo y gestionar preferentemente las tensiones de dilatación diferencial. Por lo tanto, por ejemplo, la solicitud de patente US 2014/0000683 A1 describe un método para encapsular celdas fotovoltaicas de una manera individual. Las celdas encapsuladas pueden entonces interconectarse para obtener un módulo fotovoltaico flexible. Además, la solicitud de patente US 2014/0030841 A1 enseña la implementación de un módulo fotovoltaico sobre un sustrato flexible. El módulo fotovoltaico se compone de "submódulos" constituidos de celdas fotovoltaicas interconectadas, cada submódulo es eléctricamente independiente de los submódulos vecinos. Además, la solicitud de patente JP 2013/038228 A desvela un módulo fotovoltaico flexible en una zona circulable. Sin embargo, las soluciones descritas anteriormente no resultan totalmente satisfactorias en términos de flexibilidad, resistencia a los impactos y a las cargas mecánicas, rendimiento y costo de los módulos fotovoltaicos, en particular para las aplicaciones vinculantes que las fuerzan fuertemente en el nivel de su resistencia mecánica.

#### 40 Descripción de la invención

Existe la necesidad para proponer una solución alternativa de diseño de un conjunto provisto de un módulo fotovoltaico aplicado a una zona circulable para responder a al menos ciertas tensiones inherentes a las aplicaciones contempladas por el uso del módulo fotovoltaico, en particular para mejorar la flexibilidad, la rigidez, la ligereza y la resistencia a los impactos y a las cargas mecánicas del módulo fotovoltaico. Existe particularmente una necesidad para perfeccionar los módulos fotovoltaicos destinados a ser integrados en las zonas circulables, para peatones y/o vehículos, por ejemplo para aumentar su resistencia a la carga inducida por el paso de un vehículo presentando una cierta flexibilidad.

La invención tiene por objetivo superar, al menos parcialmente, las necesidades mencionadas anteriormente y los inconvenientes en relación con las realizaciones de la técnica anterior.

Por lo tanto, la invención tiene por objeto, de acuerdo con uno de sus aspectos, un conjunto de estructura fotovoltaica, que consta de:

- una zona circulable,
- un módulo fotovoltaico aplicado a la zona circulable, el módulo fotovoltaico consta de al menos:
  - una primera capa transparente que forma la cara frontal del módulo fotovoltaico destinado a recibir un flujo luminoso,
  - un conjunto de una pluralidad de celdas fotovoltaicas dispuestas una al lado de la otra y conectadas eléctricamente entre sí,
  - un conjunto que encapsula la pluralidad de celdas fotovoltaicas,
  - una segunda capa que forma la cara posterior del módulo fotovoltaico, destinada en particular a unirse fijamente a una zona circulable, el conjunto encapsulante y el conjunto de una pluralidad de celdas

fotovoltaicas se sitúan entre las primera y segunda capas, y

- una capa de fijación, constituida en particular por un adhesivo bituminoso o por una o más resinas acrílicas, situada entre la zona circulable y el módulo fotovoltaico, que permite la adherencia del módulo fotovoltaico a la zona circulable, caracterizado por que la primera capa está constituida de al menos un material polimérico transparente y consta de una pluralidad de placas independientes entre sí, cada placa se sitúa ante al menos una celda fotovoltaica, para formar una cara frontal discontinua del módulo fotovoltaico,

y por que la rigidez del conjunto encapsulante se define por un módulo de Young del material de encapsulación superior o igual a 75 MPa a temperatura ambiente y un espesor de la capa comprendido entre 0,4 y 1 mm.

Inicialmente, es decir, antes de cualquier operación de laminación, el conjunto encapsulante está constituido por dos capas de material de encapsulación, denominadas capas centrales, entre las que se encapsula el conjunto de una pluralidad de celdas fotovoltaicas. Sin embargo, después de la operación de laminación de las capas, las capas de los materiales de encapsulación se funden para formar solo una capa (o conjunto) en la que se introducen las celdas fotovoltaicas. Antes de cualquier operación de laminación, cada capa de material de encapsulación puede presentar una rigidez definida por un módulo de Young del material de encapsulación superior o igual a 75 MPa a temperatura ambiente y un espesor de la capa comprendido entre 0,2 y 1 mm, o incluso entre 0,2 y 0,5 mm.

El conjunto que encapsula la pluralidad de celdas fotovoltaicas está de este modo constituido por las dos capas de material de encapsulación, a saber, las capas de material de encapsulación que antes de la laminación están en contacto directo con las celdas fotovoltaicas.

El término "transparente" significa que el material de la primera capa que forma la cara frontal del módulo fotovoltaico es al menos parcialmente transparente a la luz visible, permitiendo que pase al menos el 80 % de esta luz.

Además, por la expresión "placas independientes entre sí", se entiende que las placas están situadas a una distancia unas de las otras, formando cada una un elemento unitario independiente de la primera capa y los unos de los otros, superpuesto a al menos una celda fotovoltaica. La unión del conjunto de estas placas forma entonces la primera capa con un aspecto discontinuo.

Además, por el término "encapsulante" o "encapsulado", es necesario comprender que el conjunto de una pluralidad de celdas fotovoltaicas está dispuesto en un volumen, por ejemplo herméticamente cerrado, al menos en parte formado por las capas de material de encapsulación, unidas entre sí tras la laminación.

Además, la expresión "zona circulable" designa cualquier zona prevista para la circulación de peatones y/o vehículos, tales como por ejemplo una calzada (o carretera), una autopista, un carril bici, una plataforma industrial, una plaza, una acera, siendo este listado no limitante de ninguna manera.

Además, por la expresión "temperatura ambiente", se entiende una temperatura comprendida entre aproximadamente 15 y 30 °C.

Gracias a la invención, es posible proporcionar una solución alternativa para el diseño de un conjunto de estructura fotovoltaica que consta de un módulo fotovoltaico relativamente flexible, e igualmente suficientemente robusto para resistir a los impactos y a las cargas mecánicas experimentadas, particularmente después de la aplicación en la zona circulable. En particular, el uso de una cara frontal discontinua puede conferir al módulo fotovoltaico un carácter flexible que permite especialmente facilitar su aplicación en un soporte no plano, por ejemplo, curvado. Además, el uso de un material de encapsulación de rigidez elevada a ambos lados de las celdas fotovoltaicas puede permitir proteger adecuadamente las celdas fotovoltaicas contra el riesgo de una carga mecánica fuerte o un impacto, al tiempo que limita su flexión y, por lo tanto, limita el riesgo de rotura. Además, la ausencia de uso de un material de vidrio para la cara frontal del módulo fotovoltaico puede permitir al módulo fotovoltaico presentar un peso inferior al de un módulo fotovoltaico de acuerdo con la técnica anterior, normalmente del orden de 12 kg/m<sup>2</sup>, en función del espesor de las diferentes capas utilizadas. Finalmente, el uso de una cara frontal discontinua fabricada de un material polimérico puede permitir protegerse contra los problemas de dilatación térmica en el curso del empleo del módulo fotovoltaico en el exterior. De hecho, la dilatación térmica es proporcional a las dimensiones de la primera capa que forma la cara frontal del módulo, el hecho de usar placas con dimensiones próximas de las de las celdas fotovoltaicas puede permitir limitar significativamente los desplazamientos inducidos por las tensiones térmicas que pueden dar lugar a delaminaciones o a una conformación no controlada del módulo fotovoltaico.

El conjunto de estructura fotovoltaica de acuerdo con la invención puede constar además de una o más de las siguientes características tomadas aisladamente o de acuerdo con cualquier combinación técnicamente posible.

La segunda capa que forma la cara posterior del módulo fotovoltaico también puede ser discontinua. En otras palabras, la segunda capa también puede constar de una pluralidad de placas independientes entre sí, estando cada placa situada al frente, es decir, superpuesta, en al menos una celda fotovoltaica. La presencia de una cara posterior

discontinua en el módulo fotovoltaico puede por ejemplo permitir mejorar la flexibilidad del módulo para facilitar su aplicación a una zona circunscrita provista de una rugosidad superficial.

5 Además, aunque la primera capa que forma la cara frontal del módulo fotovoltaico, y opcionalmente la segunda capa que forma la cara posterior del módulo, presentan un aspecto discontinuo, el conjunto de una pluralidad de celdas fotovoltaicas y el conjunto encapsulante son ventajosamente continuos.

10 De acuerdo con un modo de realización particular de la invención, cada placa de la primera capa, y opcionalmente de la segunda capa, puede situarse frente a varias celdas fotovoltaicas. Este puede ser particularmente el caso de las celdas fotovoltaicas de dimensiones más pequeñas que las de las celdas fotovoltaicas convencionales, normalmente de 156 x 156 mm.

15 Además, cuando una única celda fotovoltaica está situada frente a cada placa de la primera capa, y opcionalmente de la segunda placa, cada placa puede presentar dimensiones al menos iguales a las de la celda fotovoltaica a la que está superpuesta.

20 El módulo fotovoltaico está ventajosamente desprovisto de una primera capa que forma la cara frontal del módulo realizado en vidrio. Por lo tanto, como se ha indicado anteriormente, es posible mejorar la ligereza y la capacidad de integración del módulo fotovoltaico.

El material de encapsulación que forma las dos capas del material de encapsulación central del conjunto encapsulante puede presentar un módulo de Young a temperatura ambiente superior o igual a 100 MPa, especialmente superior o igual a 150 MPa, o incluso 200 MPa. Es principalmente de 220 MPa.

25 El conjunto encapsulante puede formarse a partir de dos capas de material de encapsulación con espesores idénticos o diferentes.

La segunda capa que forma la cara posterior del módulo fotovoltaico puede estar constituida de manera preferente de al menos un material compuesto, particularmente del tipo polímero/fibras de vidrio.

30 La segunda capa tiene además preferentemente un coeficiente de dilatación térmica inferior o igual a 20 ppm, y preferentemente inferior o igual a 10 ppm.

La segunda capa que forma la capa posterior del módulo fotovoltaico puede ser o no transparente.

35 La rigidez de la segunda capa que forma la cara posterior del módulo fotovoltaico puede definirse por un factor de rigidez, correspondiente al módulo de Young a temperatura ambiente del material de la segunda capa multiplicado por el espesor de la segunda capa, comprendido entre 5 y 15 GPa.mm.

40 Además, la rigidez de la segunda capa que forma la cara posterior del módulo fotovoltaico puede definirse por un módulo de Young a temperatura ambiente del material de la segunda capa superior o igual a 1 GPa, más preferentemente superior o igual a 3 GPa, incluso preferentemente superior o igual a 10 GPa, y un espesor de la segunda capa comprendido entre 0,2 y 3 mm.

45 De esta manera, la segunda capa que forma la cara posterior del módulo fotovoltaico puede presentar una rigidez elevada, lo que puede limitar su flexibilidad. Sin embargo, esta rigidez elevada puede permitir reducir o incluso evitar el punzonado de las celdas fotovoltaicas por la cara posterior del módulo, es decir, la aparición de grietas y/o roturas de las celdas fotovoltaicas, cuando se aplica a un soporte que presenta una gran rugosidad superficial.

50 El espaciamiento entre dos celdas fotovoltaicas vecinas, o más bien consecutivas o adyacentes, puede ser superior o igual a 1 mm, particularmente comprendido entre 1 y 30 mm, y preferentemente superior o igual a 3 mm, particularmente comprendido entre 10 y 20 mm.

55 Las dos celdas fotovoltaicas vecinas consideradas pueden ser dos celdas vecinas de una misma serie (también conocida por el término "*string*" en inglés (cadena)) o dos celdas fotovoltaicas vecinas que pertenecen respectivamente a dos series consecutivas del conjunto de celdas fotovoltaicas.

60 La presencia de un espaciamiento significativo entre las celdas fotovoltaicas puede permitir obtener un espaciamiento que también es importante entre las placas de la primera capa que forma la cara frontal del módulo fotovoltaico. De esta forma, se acentúa el aspecto discontinuo de la cara frontal del módulo, lo que permite conferir una flexibilidad al módulo para facilitar su aplicación a la zona circunscrita.

Ventajosamente, el espaciamiento entre dos placas vecinas de la primera capa, y opcionalmente de la segunda capa, es inferior o igual al espaciamiento entre dos celdas fotovoltaicas vecinas.

65

El módulo puede constar preferentemente de una capa intermedia denominada "amortiguadora" situada entre la primera capa que forma la cara frontal del módulo fotovoltaico y el conjunto que encapsula la pluralidad de celdas fotovoltaicas, permitiendo el ensamblaje, particularmente mediante encoladura, de la primera capa en el conjunto encapsulante.

5 La capa intermedia puede estar constituida de al menos un material polimérico, particularmente una resina polimérica termoplástica o termoendurecible.

10 La capa intermedia se puede presentar por ejemplo en forma de lámina o en forma líquida. Puede ser adhesiva, por ejemplo de tipo PSA, o no. Se puede implementar en caliente o más bien a temperatura ambiente.

15 La rigidez de la capa intermedia se puede definir mediante un módulo de Young del material de la capa intermedia inferior o igual a 50 MPa a temperatura ambiente y un espesor de la capa intermedia comprendido entre 0,01 y 1 mm.

20 La capa intermedia puede llevar a cabo en particular dos funciones principales. Por una parte, puede permitir la adhesión de la primera capa que forma la cara frontal del módulo fotovoltaico en el conjunto encapsulante para el caso en el que las dos capas no sean químicamente compatibles. Por otra parte, permite crear en el interior del módulo fotovoltaico una capa "amortiguadora" de una cierta flexibilidad, lo que permite mejorar la resistencia a los impactos y a las cargas mecánicas del módulo.

Esta capa intermedia puede ser opcional, en particular ausente cuando existe compatibilidad química entre la primera capa que forma la cara frontal del módulo fotovoltaico y el conjunto encapsulante.

25 El módulo fotovoltaico puede constar además de una capa adhesiva situada entre la segunda capa que forma la cara posterior del módulo fotovoltaico y el conjunto que encapsula la pluralidad de celdas fotovoltaicas, permitiendo el ensamblaje, particularmente por encoladura, de la segunda capa en el conjunto encapsulante.

30 Por "capa adhesiva" se entiende una capa que permite, una vez se ha realizado el módulo fotovoltaico, que la segunda capa se adhiera al conjunto encapsulante. Por lo tanto, se trata de una capa que permite una compatibilidad química y una adhesión entre el encapsulante y la cara posterior.

35 Además, el espesor de la primera capa que forma la cara frontal del módulo fotovoltaico puede ser superior o igual a 0,1 mm, particularmente comprendido entre 0,5 y 6 mm.

La zona circulable puede presentar una rugosidad superficial.

40 Además, como se ha indicado anteriormente, el conjunto consta de una capa de fijación, particularmente por encoladura, ubicada entre la zona circulable y el módulo fotovoltaico. El uso de la capa de fijación puede permitir obtener una cara posterior del módulo fotovoltaico reforzada, lo que permite evitar el riesgo de punzonado de las celdas fotovoltaicas por la cara posterior cuando la zona circulable presenta una rugosidad superficial elevada y cuando el módulo fotovoltaico está sometido a impactos o a una carga mecánica elevada. De hecho, la interfaz entre la cara posterior del módulo y la zona circulable puede recubrirse con un aglutinante de protección.

45 La capa de fijación puede constar de un adhesivo, por ejemplo un adhesivo epoxi o poliuretano, entre otros. En particular, puede constar de un adhesivo industrial especial.

50 La capa de fijación también puede constar de un aglutinante bituminoso, opcionalmente reforzado mediante la adición de un polímero tal como estireno-butadieno-estireno (EBE), en caliente o en emulsión.

De acuerdo con una realización, la capa de fijación se extiende directamente sobre la superficie de la zona circulable, que luego se extiende sobre una capa delgada, acto seguido el módulo fotovoltaico se deposita sobre la misma mientras el adhesivo no se ha endurecido o el aglutinante bituminoso sea viscoso y pegajoso.

55 Además, el conjunto puede constar de una capa de recubrimiento, que permite particularmente el paso de peatones y/o vehículos, aplicada a la primera capa que forma la cara frontal del módulo fotovoltaico, la capa de recubrimiento es no opaca y presenta una superficie exterior texturizada e irregular, particularmente una superficie exterior macrotextrizada y microtexturizada irregularmente, con una profundidad media de textura PMT medida de acuerdo con la norma NF EN 13036-1 comprendida entre 0,2 mm y 3 mm y un valor de VPP (para "Polished Stone Value" en inglés, valor de piedra pulida) de acuerdo con la norma NF EN 13043 de al menos VPP<sub>44</sub>, preferentemente VPP<sub>50</sub>, incluso preferentemente VPP<sub>53</sub>.

60 La capa de recubrimiento puede presentar ventajosamente una superficie exterior que reproduce la textura de un revestimiento superficial vial y circulable.

65

Por el término "irregularmente", se entiende que los relieves que proporcionan la macrotextura y la microtextura a la capa de recubrimiento no tienen todos la misma forma, ni el mismo tamaño. Estos relieves pueden obtenerse a partir de elementos texturizantes que no tienen ni la misma forma ni el mismo tamaño, y están no calibrados.

5 La capa de recubrimiento presenta ventajosamente una tasa de transparencia superior al 50 %, por ejemplo comprendida entre el 50 y el 95 %, en un intervalo de 100 nm alrededor del pico de eficacia de las celdas fotovoltaicas, especialmente en el intervalo de 500-700 nm.

10 La profundidad media de textura PMT de la capa de recubrimiento puede ser de al menos 0,30 mm, preferentemente al menos de 0,6 mm.

15 Además, la capa de recubrimiento puede constar de una matriz no opaca, preferentemente del módulo de Young a temperatura ambiente comprendido entre 0,1 y 10 GPa. La matriz se puede seleccionar entre los materiales de origen sintético o vegetal, los aglutinantes bituminosos, preferentemente de clase de penetrabilidad de acuerdo con la norma EN 1426 160/220, 100/150, 70/100, 50/70, 40/60, 35/50, 30/45 o 20/30 (en décimas de mm), los aglutinantes viales claros de origen sintético o vegetal, preferentemente de clase de penetrabilidad de acuerdo con la norma EN 1426 160/220, 100/150, 70/100, 50/70, 40/60, 35/50, 30/45 o 20/30 (en décimas de mm) y aglutinantes poliméricos.

20 La textura de la superficie exterior de la capa de recubrimiento puede definirse al menos parcialmente por elementos texturizantes no opacos, preferentemente de forma irregular, preferentemente aleatoria. Los elementos texturizantes pueden disponerse de acuerdo con una monocapa, preferentemente hundidos a aproximadamente el espesor medio en la matriz de la capa de recubrimiento. Estos elementos texturizantes se pueden seleccionar entre granulados de materiales transparentes o translúcidos, orgánicos o minerales, particularmente policarbonato o vidrio. Pueden tener un tamaño que oscila de 0,1 mm a 10 mm, preferentemente de 0,4 a 4 mm, incluso preferentemente de 0,9 a 1,4 mm.

30 La capa de recubrimiento puede por ejemplo ser un aglutinante de tipo bituminoso como se define en la norma NF EN 12591, como el aglutinante Bituclair comercializado por la sociedad Colas.

La capa de recubrimiento puede ser un aglutinante vial claro de origen sintético o vegetal, como los aglutinantes Végécol o Végéclair comercializados por la sociedad Colas.

35 La capa de recubrimiento también puede ser un aglutinante de naturaleza puramente sintética o de origen vegetal, el aglutinante es preferentemente de naturaleza orgánica, preferentemente de naturaleza polimérica, tal como una resina acrílica, epoxi o poliuretano, como los barnices epoxídicos denominados Vernis D comercializados por la sociedad Resipoly, o un poliuretano Sovermol comercializado por la sociedad BASF.

40 Preferentemente, las celdas fotovoltaicas son las denominadas celdas "cristalinas", es decir, las que se basan en cristales de silicio o policristales de silicio.

Además, la invención también tiene por objeto, de acuerdo con otro de sus aspectos, el uso, para su aplicación en una zona circulable, particularmente una calzada, de un módulo fotovoltaico que consta de al menos:

- 45 - una primera capa transparente que forma la cara frontal del módulo fotovoltaico destinada a recibir un flujo luminoso,  
 - un conjunto de una pluralidad de celdas fotovoltaicas dispuestas una al lado de la otra y conectadas eléctricamente entre sí,  
 - un conjunto que encapsula la pluralidad de celdas fotovoltaicas,  
 50 - una segunda capa que forma la cara posterior del módulo fotovoltaico, el conjunto encapsulante y el conjunto de una pluralidad de celdas fotovoltaicas se sitúan entre las primera y segunda capas,

la primera capa está constituida de al menos un material polimérico transparente y que consta de una pluralidad de placas independientes entre sí, cada placa se sitúa ante al menos una celda fotovoltaica, para formar una cara frontal discontinua del módulo fotovoltaico,  
 55 y la rigidez del conjunto encapsulante se define por un módulo de Young del material de encapsulación superior o igual a 75 MPa a temperatura ambiente y un espesor del conjunto encapsulante comprendido entre 0,4 y 1 mm, el módulo fotovoltaico se aplica a la zona circulable por medio de una capa de fijación, constituida particularmente por un adhesivo bituminoso o por una o más resinas acrílicas.

60 Además, la invención tiene por objeto, de acuerdo con otro de sus aspectos, un procedimiento de realización de un conjunto de estructura fotovoltaica como se ha definido anteriormente, que consta de al menos las siguientes cuatro etapas sucesivas de:

- 65 a) laminado en caliente a una temperatura superior a 150 °C del conjunto de las capas constitutivas del módulo fotovoltaico excepto la primera capa que forma la cara frontal del módulo fotovoltaico y una posible capa

intermedia denominada "amortiguadora", situada entre la primera capa y el conjunto que encapsula la pluralidad de celdas fotovoltaicas,

b) laminado a una temperatura inferior o igual a 150 °C, preferentemente a 125 °C, por ejemplo a temperatura ambiente, de la primera capa que forma la cara frontal del módulo fotovoltaico, y de la posible capa intermedia, en las capas constitutivas del módulo fotovoltaico laminadas en conjunto durante la primera etapa a),

c) aplicación de una capa de recubrimiento en la primera capa que forma la cara frontal del módulo fotovoltaico, particularmente para permitir el paso de los peatones y/o vehículos, la capa de recubrimiento es no opaca y presenta una superficie exterior texturizada e irregular, particularmente una superficie exterior macrotextrizada y microtexturizada irregularmente, con una profundidad media de textura PMT medida de acuerdo con la norma NF EN 13036-1 comprendida entre 0,2 mm y 3 mm y un valor de VPP (para "*Polished Stone Value*" en inglés (valor de piedra pulida)) de acuerdo con la norma NF EN 13043 de al menos VPP<sub>44</sub>, preferentemente VPP<sub>50</sub>, incluso preferentemente VPP<sub>53</sub>,

d) fijación del módulo fotovoltaico en una zona circulable para formar el conjunto de estructura fotovoltaica, por medio de una capa de fijación del conjunto de estructura fotovoltaica, constituida en particular por un adhesivo bituminoso o por una o más resinas acrílicas.

Durante la primera etapa a) de laminación, las capas constitutivas del módulo fotovoltaico en cuestión son, por lo tanto, el conjunto de una pluralidad de celdas fotovoltaicas, el conjunto encapsulante y la segunda capa que forma la cara posterior del módulo fotovoltaico.

Además, antes de la implementación de la segunda etapa (b), las placas de la primera capa se pueden tratar ventajosamente con un equipo de tratamiento Corona con el fin de obtener una energía de superficie superior o igual a 48 dyn/cm.

La capa intermedia opcional denominada "amortiguadora" puede permitir facilitar la adhesión de la primera capa que forma la cara frontal del módulo en las otras capas. Esta capa intermedia es opcional. No puede ser particularmente necesaria cuando existe una compatibilidad química entre la primera capa que forma la cara frontal del módulo y el conjunto encapsulante.

Como se ha indicado anteriormente, el espesor del conjunto encapsulante puede estar comprendido entre 0,4 y 1 mm, como resultado de la combinación por laminación de al menos dos capas de material de encapsulación que presentan cada una un espesor comprendido entre 0,2 y 0,5 mm. Estas dos capas de material de encapsulación pueden presentar además diferentes espesores.

Ventajosamente, la implementación de al menos dos etapas de laminación en el procedimiento de acuerdo con la invención para la realización del módulo fotovoltaico puede permitir liberarse de posibles problemas de dilatación térmica que pueden surgir a causa del uso de una cara frontal del módulo fabricado de material polimérico.

De hecho, ciertas capas del módulo fotovoltaico necesitan ser laminadas a una temperatura superior o igual a 140 °C, o incluso 150 °C, pero la laminación a esta temperatura en una sola etapa, de acuerdo con la práctica de acuerdo con la técnica anterior, del conjunto de capas del módulo, incluido el que forma la cara frontal del módulo, puede dar lugar a una conformación incontrolada y a importantes delaminaciones de la cara frontal del módulo fotovoltaico debido a las tensiones mecánicas generadas que son demasiado altas.

Además, la presencia de al menos una segunda etapa de laminación a una temperatura más baja que para la primera etapa, para la laminación de la cara frontal del módulo fotovoltaico, opcionalmente combinada en presencia de una capa intermedia denominada "amortiguadora" que permite la encoladura de la cara frontal del módulo en el material de encapsulación y la amortiguación de las tensiones térmicas, pueden permitir limitar, o prevenir, la dilatación térmica.

Alternativamente, la invención también tiene por objeto, de acuerdo con otros de sus aspectos, un procedimiento de realización de un conjunto de estructura fotovoltaica como se ha definido anteriormente, que consta de al menos las siguientes tres etapas sucesivas:

a) laminado en caliente a una temperatura superior o igual a 150 °C del conjunto de las capas constitutivas del módulo fotovoltaico,

b) aplicación de una capa de recubrimiento en la primera capa que forma la cara frontal del módulo fotovoltaico, particularmente para permitir el paso de los peatones y/o vehículos, la capa de recubrimiento es no opaca y presenta una superficie exterior texturizada e irregular, particularmente una superficie exterior macrotextrizada y microtexturizada irregularmente, con una profundidad media de textura PMT medida de acuerdo con la norma NF EN 13036-1 comprendida entre 0,2 mm y 3 mm y un valor de VPP (para "*Polished Stone Value*" en inglés (valor de piedra pulida)) de acuerdo con la norma NF EN 13043 de al menos VPP<sub>44</sub>, preferentemente VPP<sub>50</sub>, incluso preferentemente VPP<sub>53</sub>,

c) fijación del módulo fotovoltaico en una zona circulable para formar el conjunto de estructura fotovoltaica, por medio de una capa de fijación del conjunto de estructura fotovoltaica, constituida en particular por un adhesivo bituminoso o por una o más resinas acrílicas.



El conjunto de estructura fotovoltaica y el procedimiento de acuerdo con la invención pueden constar de una cualquiera de las características enunciadas anteriormente tomadas de forma aislada o de acuerdo con cualquier combinación técnicamente posible con otras características.

5 **Breve descripción del dibujo**

La invención se comprenderá mejor tras la lectura de la siguiente descripción detallada, de un ejemplo de aplicación no limitativo de la misma, así como el examen de la figura única, esquemática y parcial, del dibujo anexo, que ilustra, en sección transversal y despiezada, un ejemplo de realización de un conjunto de estructura fotovoltaica de acuerdo con la invención.

En esta figura única, las diferentes partes representadas no lo son necesariamente de acuerdo con una escala uniforme, para hacer la figura más legible.

15 **Descripción detallada de un modo de realización particular**

A continuación se hace referencia a la figura 1, que ilustra en sección transversal y en vista despiezada una realización de un conjunto 10 de estructura fotovoltaica de acuerdo con la invención.

20 Debe observarse que la figura 1 corresponde a una vista despiezada del conjunto 10 de estructura fotovoltaica antes de las etapas de laminación del procedimiento de acuerdo con la invención. Una vez que se han llevado a cabo las etapas de laminación, las diferentes capas se superponen en realidad una sobre la otra, pero también se deforman un poco de tal manera que al menos las placas 8 de la primera capa 3 se hunden en el conjunto formado por la capa intermedia 9 y el conjunto encapsulante 6a, 6b que se deforman. Las etapas de laminación aseguran un prensado en caliente y al vacío. Dependiendo del espesor de las diferentes capas, las placas 8 pueden estar niveladas o no en el módulo fotovoltaico 1, el material de la capa intermedia 9 y posiblemente el del conjunto encapsulante 6a, 6b también pueden llenar al menos una parte de los espacios entre las placas 8.

30 Como se ha explicado anteriormente, el módulo fotovoltaico 1 de acuerdo con la invención está diseñado para ser suficientemente flexible con el fin de poder aplicarlo, particularmente mediante encoladura, en una zona circuleable 2, en particular una calzada, que puede presentar una rugosidad superficial, en otras palabras, no es necesariamente plana y lisa. Además, el módulo fotovoltaico 1 de acuerdo con la invención también está provisto para resistir a presiones estáticas o dinámicas que pueden oscilar hasta 1.500 kN/m<sup>2</sup>, o incluso 5.000 kN/m<sup>2</sup>. La zona circuleable 2 es ventajosamente suficientemente rígida para no deformarse cuando se aplica la misma tensión que la aplicada al módulo fotovoltaico 1.

40 Como puede verse en la figura 1, el módulo fotovoltaico 1 consta de una primera capa 3 transparente que forma la cara frontal del módulo 1 destinada a recibir un flujo luminoso, un conjunto encapsulante 6a, 6b, obtenido por la fusión de dos capas de material de encapsulación superior 6a e inferior 6b, un conjunto 4 de celdas fotovoltaicas 5 tomado entre dos capas de material de encapsulación superior 6a e inferior 6b, y una segunda capa 7 que forma la cara posterior del módulo fotovoltaico 1 destinada a ser adherida a la zona circuleable 2.

45 Las dos capas de material de encapsulación 6a y 6b que forman el conjunto encapsulante, así como la posible capa intermedia 9 descrita a continuación, forman una estructura relativamente flexible que ser realizada a partir de un único material o de varios materiales en caso de incompatibilidad química.

50 De acuerdo con la invención, la primera capa 3 está constituida de un material polimérico transparente y consta de una pluralidad de placas 8 independientes entre sí, cada placa 8 se sitúa frente a una celda fotovoltaica 5, con el fin de formar una cara frontal discontinua del módulo fotovoltaico 1.

55 El material polimérico transparente de la primera capa 3 puede por ejemplo seleccionarse entre policarbonato (PC), polimetilmetacrilato de metileno (PMMA), etileno tetrafluoroetileno (ETFE) o polifluoruro de vinilideno (PVDF), entre otros. Además, el espesor de la primera capa 3 puede ser superior a 0,1 mm, e idealmente comprendido entre 0,5 y 6 mm. En este ejemplo, la primera capa 3 está así constituida de varias placas 8, de dimensiones iguales a 162 x 162 mm, de PMMA de espesor igual a 3 mm.

60 Además, las celdas fotovoltaicas 5 están interconectadas eléctricamente entre sí con un espaciamiento s entre dos celdas 5 vecinas iguales a aproximadamente 15 mm. Las celdas fotovoltaicas 5 pueden ser celdas llamadas "cristalinas", es decir, basadas en cristales de silicio o policristales de silicio, con una homounión o heterounión, y de espesor inferior o igual a 250 µm. Además, en este ejemplo, cada placa 8 se extiende en una superposición a ambos lados de la celda fotovoltaica 5 subyacente a una distancia de aproximadamente 3 mm, de modo que el espaciamiento entre dos placas 8 adyacentes es aquí igual al espaciamiento s entre dos celdas 5 vecinas reducido en aproximadamente 2 veces 3 mm, es decir, aproximadamente 6 mm.

65 Además, la rigidez de cada capa de material de encapsulación 6a y 6b se define por un módulo de Young E a temperatura ambiente del material de encapsulación superior o igual a 50 MPa, o incluso 75 MPa, o incluso 100

MPa, preferentemente superior o igual a 200 MPa, y un espesor e de la capa 6a, 6b comprendido entre 0,2 y 1 mm.

5 Las capas de material de encapsulación 6a y 6b forman un conjunto encapsulante seleccionado preferentemente para ser un ionómero tal como el ionómero comercializado con el nombre de ionómero Jurassol® de tipo DG3 por la sociedad Jura-plast o el ionómero comercializado con el nombre PV5414 por la sociedad Du Pont, que presenta un módulo de Young a temperatura ambiente superior o igual a 200 MPa y un espesor de aproximadamente 500 µm.

10 La segunda capa 7 que forma la cara posterior del módulo fotovoltaico 1 está, a su vez, constituida por un material polimérico tal como resinas termoendurecibles como resinas a base de epoxi, transparente o no, o un material compuesto, por ejemplo del tipo polímero/fibras de vidrio. En este ejemplo, la segunda capa 7 está constituida por un material compuesto del tipo de polímero/fibras de vidrio, a saber, un tejido a base de polipropileno y fibras de vidrio con una tasa de fibras de vidrio del 60 % en masa, tal como el tejido Thermopreg® P-WRt-1490-PP60W comercializado por la sociedad Owens Corning Vetrotex, que tiene un espesor de aproximadamente 1 mm y un módulo de Young a temperatura ambiente de aproximadamente 12 GPa.

15 Además, una capa adhesiva 11, o incluso de compatibilización (su presencia está justificada en caso de incompatibilidad química), está situada entre la segunda capa 7 que forma la cara posterior del módulo fotovoltaico 1 y el conjunto encapsulante formado por las dos capas de material de encapsulación 6a y 6b a ambos lados del conjunto 4 de celdas fotovoltaicas 5. Esta capa adhesiva o compatibilizante 11 permite la encoladura de la segunda  
20 capa 7 en la capa del material de encapsulación inferior 6b. En el caso del uso del tejido Thermopreg® P-WRt-1490-PP60W para la segunda capa 7, la capa compatibilizadora 11 se selecciona preferentemente para ser una película de tipo Mondi TK41001 con un espesor de aproximadamente 50 µm.

25 Además, como se puede ver en la figura 1, el módulo fotovoltaico 1 también consta de una capa intermedia 9 denominada "amortiguadora" situada entre la primera capa 3 y el conjunto encapsulante formado por las dos capas de material de encapsulación 6a y 6b a ambos lados del conjunto 4 de celdas fotovoltaicas 5.

30 La capa intermedia 9 permite la encoladura de la primera capa 3 en la capa del material de encapsulación superior 6a.

35 La capa intermedia 9 está constituida por ejemplo por un encapsulante convencional utilizado en el campo de la fotovoltaica, como el copolímero de etileno-acetato de vinilo (EVA), poliolefina, silicona, poliuretano termoplástico, polivinilbutiral, entre otros. Puede estar constituida adicionalmente por una resina líquida de tipo acrílico, silicona o poliuretano, monocomponente o bicomponente, reticulable al calor o fotoquímicamente. También puede estar constituida por un adhesivo sensible a la presión del tipo ASP (para "*Pressure-Sensitive Adhesive*" en inglés, adhesivo sensible a la presión).

40 En este ejemplo, la capa intermedia 9 está constituida por una película termoplástica, concretamente el poliuretano termoplástico también conocido por el acrónimo anglosajón TPU, como el TPU del tipo TPU Dureflex® A4700 comercializado por la sociedad Bayer o PX1001 comercializado por la sociedad American Polyfilm, del mismo espesor de aproximadamente 380 µm.

45 La capa intermedia 9 permite llevar a cabo dos funciones principales. Por una parte, permite la adhesión de la primera capa 3 en la capa del material de encapsulación 6a para el caso en el que las dos capas no sean químicamente compatibles. Por otra parte, permite crear en el módulo fotovoltaico 1 una capa "amortiguadora" de una cierta flexibilidad que permite mejorar la resistencia a los impactos y a las cargas mecánicas del módulo 1.

50 Además, el conjunto 10 de estructura fotovoltaica de acuerdo con la invención representado en la figura 1 también consta de una zona circulable 2. La zona circulable 2 puede ser de rigidez variable. En este ejemplo, corresponde a una superficie de asfalto del tipo calzada.

55 Con el fin de permitir la encoladura del módulo fotovoltaico 1 en la zona circulable 2, el conjunto 10 también consta de una capa de fijación 12. Dicha capa de fijación 12 está constituida por un adhesivo bituminoso que permite adherir el módulo 1 a la calzada o carretera. En este ejemplo, se trata de asfalto de tipo ColFlex N comercializado por la sociedad Colas, con una dosificación de 1 kg/m<sup>2</sup>. El uso de un adhesivo bituminoso 12 asociado a una cara posterior 7 del módulo 1 fabricado de un material compuesto puede permitir reforzar la cara posterior 7 con el fin de evitar el riesgo de punzonado de las celdas fotovoltaicas 5 al paso de los peatones y/o vehículos en una calzada 2 rugosa. El adhesivo bituminoso 12 por lo tanto desempeña el papel de un aglutinante de protección que llena la interfaz entre la calzada 2 y la cara posterior 7 del módulo 1.

60 Además, aunque no está representado en la figura 1, el conjunto 10 de la estructura fotovoltaica también consta de una capa de recubrimiento aplicada a la primera capa 3, destinada a facilitar la circulación de peatones y/o vehículos.

65 La capa de recubrimiento es no opaca y presenta una superficie exterior texturizada e irregular, particularmente una superficie externa macrotextrizada y microtexturizada irregularmente, con una profundidad media de textura PMT

medida de acuerdo con la norma NF EN 13036-1 comprendida 15 entre 0,2 mm y 3 mm y un valor de VPP de acuerdo con la norma NF EN 13043 de al menos VPP<sub>44</sub>, o incluso VPP<sub>50</sub>, o incluso VPP<sub>53</sub>.

5 Se describirá un procedimiento de realización de un conjunto 10 de estructura fotovoltaica de acuerdo con la invención.

10 El procedimiento consta de una primera etapa a) de laminación en caliente a una temperatura de aproximadamente 170 °C y al vacío (presión inferior o igual a 10 mbar) de las capas constitutivas 6a, 4, 6b, 11 y 7 del módulo fotovoltaico 1 excepto la primera capa 3 y la capa intermedia 9. Esta primera etapa a) de laminación se realiza durante 15 minutos con el fin de obtener un "laminado" de celdas fotovoltaicas 5 encapsuladas. Sin embargo, los parámetros de laminación, como la temperatura, el tiempo y la presión, pueden depender del material encapsulante utilizado.

15 Acto seguido, el procedimiento consta de una segunda etapa b) de laminación en caliente a una temperatura de aproximadamente 125 °C y al vacío del "laminado" obtenido durante la primera etapa a) con la primera capa 3 que forma la cara frontal del módulo fotovoltaico 1 usando la capa intermedia 9. Esta segunda etapa b) se lleva a cabo durante aproximadamente 30 minutos para obtener el módulo fotovoltaico 1. Antes de la implementación de esta segunda etapa b), las placas 8 de la primera capa 3 se pueden tratar ventajosamente con equipos de tratamiento de Corona para obtener una energía superficial superior o igual a 48 dyn/cm.

20 Estas primera a) y segunda b) etapas de laminación son seguidas por una etapa c) de aplicación de una capa de recubrimiento en la primera capa 3 para permitir el paso de peatones y/o vehículos, la capa de recubrimiento es la que se ha descrito anteriormente. Finalmente, una etapa de fijación d) del módulo fotovoltaico 1 en la zona circuleable 2 permite formar el conjunto 10 de estructura fotovoltaica. Esta fijación se implementa ventajosamente por medio de un adhesivo bituminoso aplicado entre la zona circuleable 2 y el módulo 1.

30 Se han podido llevar a cabo ensayos con diferentes módulos fotovoltaicos 1, que constan de 3 a 40 celdas fotovoltaicas 5, de acuerdo con el procedimiento descrito anteriormente. La resistencia a la carga mecánica de estos módulos 1, adheridos en un asfalto de carretera 2, con presiones que van hasta 500 kN/m<sup>2</sup>, en estática y en dinámica, han podido demostrarse. Por ejemplo, un módulo fotovoltaico 1, constituido de tres celdas fotovoltaicas 5, no sufrió ninguna degradación después de aproximadamente 64.000 aplicaciones de una presión de 500 kN/m<sup>2</sup>.

35 En consecuencia, el módulo fotovoltaico 1 puede presentar una resistencia mecánica incrementada adaptada a las aplicaciones vinculantes en términos de fuerzas mecánicas, como del tipo de carretera solar, pero también presentar una flexibilidad por partes debido a la presencia de una cara frontal 3 discontinua, lo que le permite adoptar diferentes formas para diferentes tipos de superficies, por ejemplo, accidentadas o de planitud imperfecta. Además, la presencia de una cara posterior 7 reforzada puede permitir mejorar la resistencia al punzonado de esta cara posterior 7 del módulo1, este punzonado puede resultar de la rugosidad del soporte 2 en el que se aplica el módulo 1 y puede conducir a fisuras en las celdas fotovoltaicas 5 del módulo fotovoltaico 1.

40 Obviamente, la invención no se limita al ejemplo de realización que se acaba de describir. Los expertos en la técnica pueden realizar diversas modificaciones.

45 La expresión "que consta de un" debe entenderse como sinónimo de "que consta de al menos uno", a menos que se especifique lo contrario.

**REIVINDICACIONES**

1. Conjunto (10) de estructura fotovoltaica, que consta de:

- 5 - una zona circuleable (2),
- un módulo fotovoltaico (1) aplicado a la zona circuleable (2), comprendiendo el módulo fotovoltaico (1) al menos de:
  - 10 - una primera capa (3) transparente que forma la cara frontal del módulo fotovoltaico (1) destinada a recibir un flujo luminoso,
  - un conjunto (4) de una pluralidad de celdas fotovoltaicas (5) dispuestas lado a lado y conectadas eléctricamente entre sí,
  - un conjunto que encapsula (6a, 6b) la pluralidad de las celdas fotovoltaicas (5),
  - 15 - una segunda capa (7) que forma la cara posterior del módulo fotovoltaico (1), el conjunto encapsulante (6a, 6b) y el conjunto (4) de una pluralidad de celdas fotovoltaicas (5) están situados entre las primera (3) y segunda (7) capas,
- y
- 20 - una capa de fijación (12), constituida particularmente por un adhesivo bituminoso o por una o más resinas acrílicas, situada entre la zona circuleable (2) y el módulo fotovoltaico (1), que permite la adherencia del módulo fotovoltaico (1) a la zona circuleable (2),

**caracterizado por que** la primera capa (3) está constituida por al menos un material polimérico transparente y consta de una pluralidad de placas (8) independientes unas de las otras, cada placa (8) está situada frente al menos una celda fotovoltaica (5), con el fin de formar una cara frontal discontinua del módulo fotovoltaico (1), y **por que** la rigidez del conjunto encapsulante (6a, 6b) está definida por un módulo de Young (E) del material de encapsulación superior o igual a 75 MPa a temperatura ambiente y un espesor (e) del conjunto encapsulante (6a, 6b) comprendido entre 0,4 y 1 mm.

30 2. Conjunto de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado por que consta de una capa de recubrimiento, que permite el paso de peatones y/o de vehículos, aplicada a la primera capa (3) que forma la cara frontal del módulo fotovoltaico (1), la capa de recubrimiento es no opaca y presenta una superficie exterior texturizada e irregular, en particular una superficie exterior macrotextrizada y microtexturizada irregularmente, con una profundidad media de textura PMT medida de acuerdo con la norma NF EN 13036-1 comprendida entre 0,2 mm y 3 mm y un valor de VPP de acuerdo con la norma NF EN 13043 de al menos VPP<sub>44</sub>, preferentemente VPP<sub>50</sub>, incluso preferentemente VPP<sub>53</sub>.

3. Conjunto de acuerdo con las reivindicaciones 1 o 2, **caracterizado por que** la zona circuleable (2) está prevista para la circulación de peatones y/o de vehículos, siendo particularmente una calzada.

40 4. Conjunto de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** el material de encapsulación de las capas que forman el conjunto encapsulante (6a, 6b) presenta un módulo de Young (E) a temperatura ambiente superior o igual a 100 MPa, preferentemente superior o igual a 150 MPa, preferentemente superior o igual a 200 MPa, en particular igual a 220 MPa.

45 5. Conjunto de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** la segunda capa (7) que forma la cara posterior del módulo fotovoltaico (1) está constituida por al menos un material compuesto, particularmente del tipo polímero/fibras de vidrio.

50 6. Conjunto de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** la rigidez de la segunda capa (7) que forma la cara posterior del módulo fotovoltaico (1) está definida por un factor de rigidez, correspondiente al módulo de Young (E) a temperatura ambiente del material de la segunda capa (7) multiplicado por el espesor de la segunda capa (7), comprendido entre 5 y 15 GPa.mm.

55 7. Conjunto según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** el espaciamento (s) entre dos celdas fotovoltaicas (5) vecinas es superior o igual a 1 mm, particularmente comprendido entre 1 y 30 mm, y preferentemente superior o igual a 3 mm, particularmente comprendido entre 10 y 20 mm.

60 8. Conjunto según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** el módulo fotovoltaico (1) consta de una capa intermedia (9) denominada "amortiguadora" situada entre la primera capa (3) que forma la cara frontal del módulo fotovoltaico (1) y el conjunto que encapsula (6a, 6b) la pluralidad de celdas fotovoltaicas (5), permitiendo el ensamblaje, particularmente por encoladura, de la primera capa (3) en el conjunto encapsulante (6a, 6b).

65 9. Conjunto de acuerdo con la reivindicación 8, **caracterizado por que** la capa intermedia (9) está constituida por al menos un material polimérico, particularmente una resina de polímero termoplástico o termoendurecible.

10. Conjunto de acuerdo con las reivindicaciones 8 o 9, **caracterizado por que** la rigidez de la capa intermedia (9) está definida por un módulo de Young (E) a una temperatura ambiente del material de la capa intermedia (9) inferior o igual a 50 MPa y un espesor de la capa intermedia (9) comprendido entre 0,01 y 1 mm.
- 5 11. Conjunto de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** el módulo fotovoltaico (1) consta de una capa adhesiva (11) situada entre la segunda capa (7) que forma la cara posterior del módulo fotovoltaico (1) y el conjunto encapsulante (6a, 6b) formado por dos capas de material de encapsulación (6a, 6b) a ambos lados de la pluralidad de celdas fotovoltaicas (5), que permite el ensamblado, particularmente por encoladura, de la segunda capa (7) en el conjunto encapsulante (6a, 6b).
- 10 12. Conjunto según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** el espesor de la primera capa (3) que forma la cara frontal del módulo fotovoltaico (1) es superior o igual a 0,1 mm, particularmente comprendido entre 0,5 y 6 mm.
- 15 13. Conjunto de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** las celdas fotovoltaicas (5) son las celdas denominadas "cristalinas", es decir, a base de cristales de silicio o policristales de silicio.
- 20 14. Uso, para su aplicación en una zona circulable (2), particularmente una calzada, de un módulo fotovoltaico (1) que consta de al menos:
- una primera capa (3) transparente que forma la cara frontal del módulo fotovoltaico (1) destinada a recibir un flujo luminoso,
  - un conjunto (4) de una pluralidad de celdas fotovoltaicas (5) dispuestas lado a lado y conectadas eléctricamente entre sí,
  - un conjunto que encapsula (6a, 6b) la pluralidad de las celdas fotovoltaicas (5),
  - una segunda capa (7) que forma la cara posterior del módulo fotovoltaico (1), el conjunto encapsulante (6a, 6b) y el conjunto (4) de una pluralidad de celdas fotovoltaicas (5) están situados entre las primera (3) y segunda (7) capas, la primera capa (3) está constituida de al menos un material polimérico transparente y consta de una pluralidad de placas (8) independientes entre sí, cada placa (8) está situada frente al menos una celda fotovoltaica (5) con el fin de formar una cara frontal discontinua del módulo fotovoltaico (1),
- 25 30 y la rigidez del conjunto encapsulante (6a, 6b) está definida por un módulo de Young (E) del material de encapsulación superior o igual a 75 MPa a temperatura ambiente y un espesor (e) del conjunto encapsulante (6a, 6b) comprendido entre 0,4 y 1 mm,
- 35 el módulo fotovoltaico (1) está aplicado a la zona circulable (2) por medio de una capa de fijación (12), constituida particularmente por un adhesivo bituminoso o por una o más resinas acrílicas.
- 40 15. Procedimiento de realización de un conjunto (10) de estructura fotovoltaica de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 13, que consta de al menos las siguientes cuatro etapas sucesivas:
- a) laminado en caliente a una temperatura superior a 150 °C del conjunto de capas (6a, 4, 6b, 11, 7) constitutivas del módulo fotovoltaico (1) excepto la primera capa (3) que forma la cara frontal del módulo fotovoltaico (1) y una posible capa intermedia (9) denominada "amortiguadora", situada entre la primera capa (3) y el conjunto que encapsula (6a, 6b) la pluralidad de celdas fotovoltaicas,
  - b) laminado a una temperatura inferior o igual a 150 °C, preferentemente a 125 °C, de la primera capa (3) que forma la cara frontal del módulo fotovoltaico (1), y de la posible capa intermedia (9), en las capas (6a, 4, 6b, 11, 7) constitutivas del módulo fotovoltaico (1) laminadas en conjunto durante la primera etapa a),
  - c) aplicación de una capa de recubrimiento en la primera capa (3) que forma la cara frontal del módulo fotovoltaico (1), particularmente para permitir el paso de los peatones y/o los vehículos, la capa de recubrimiento es no opaca y presenta una superficie exterior texturizada e irregular, particularmente una superficie exterior macrotextrizada y microtexturizada irregularmente, con una profundidad media de textura PMT medida de acuerdo con la norma NF EN 13036-1 comprendida entre 0,2 mm y 3 mm y un valor de VPP de acuerdo con la norma NF EN 13043 de al menos VPP<sub>44</sub>, preferentemente VPP<sub>50</sub>, incluso preferentemente VPP<sub>53</sub>,
  - d) fijación del módulo fotovoltaico (1) en una zona circulable (2) para formar el conjunto (10) de estructura fotovoltaica, por medio de una capa de fijación (12) del conjunto (10) de estructura fotovoltaica, constituida en particular por un adhesivo bituminoso o por una o más resinas acrílicas.
- 45 50 55 60 65 16. Procedimiento de realización de un conjunto (10) de estructura fotovoltaica de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 13, que consta de al menos las siguientes tres etapas:
- a) laminado en caliente a una temperatura superior o igual a 150 °C del conjunto de capas (3, 9, 6a, 4, 6b, 11, 7) constitutivas del módulo fotovoltaico (1),
  - b) aplicación de una capa de recubrimiento en la primera capa (3) que forma la cara frontal del módulo fotovoltaico (1), particularmente para permitir el paso de los peatones y/o los vehículos, la capa de recubrimiento es no opaca y presenta una superficie exterior texturizada e irregular, particularmente una superficie exterior

macrotexturizada y microtexturizada irregularmente, con una profundidad media de textura PMT medida de acuerdo con la norma NF EN 13036-1 comprendida entre 0,2 mm y 3 mm y un valor de VPP de acuerdo con la norma NF EN 13043 de al menos VPP<sub>44</sub>, preferentemente VPP<sub>50</sub>, incluso preferentemente VPP<sub>53</sub>,

- 5 c) fijación del módulo fotovoltaico (1) en una zona circulable (2) para formar el conjunto (10) de estructura fotovoltaica, por medio de una capa de fijación (12) del conjunto (10) de estructura fotovoltaica, constituida en particular por un adhesivo bituminoso o por una o más resinas acrílicas.

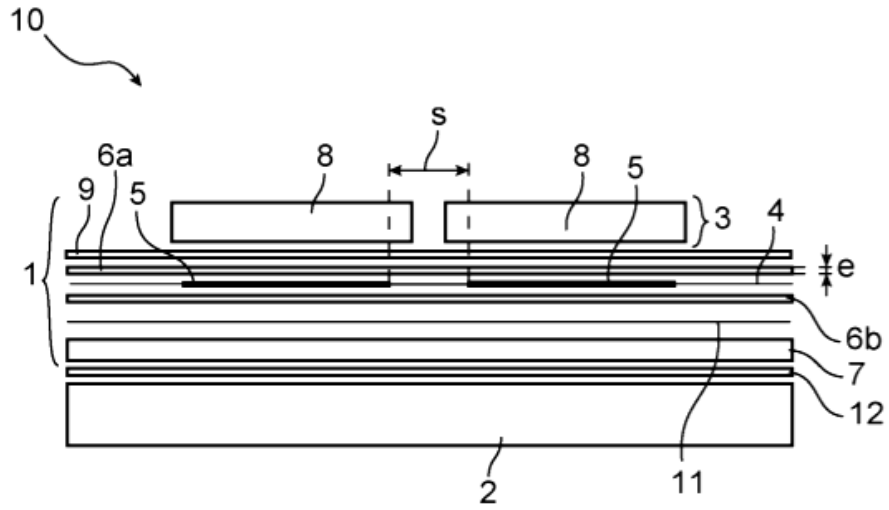


FIG. 1