(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 790 729**

(51) Int. Cl.:
H01L 31/048 (2014.01)

(12) TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA T3

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **14.04.2017** **E 17166708 (2)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **01.04.2020** **EP 3389099**

(54) Título: **Módulo fotovoltaico, encapsulante fotovoltaico y método de producción de un módulo fotovoltaico**

(45) Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
29.10.2020

(73) Titular/es:

MEYER BURGER (SWITZERLAND) AG (100.0%)
Schorenstrasse 39
3645 Gwatt/Thun, CH

(72) Inventor/es:

YAO, YU;
BEYER, SEDA;
DESPEISSE, MATTHIEU;
LINE BONNET-EYMARD, BENEDICTE;
SÖDERSTRÖM, THOMAS;
LI, HENGYU y
FAES, ANTONIN

(74) Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 790 729 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, encapsulante fotovoltaico y método de producción de un módulo fotovoltaico

La invención se refiere a un módulo fotovoltaico de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 1. Además, la invención se refiere a un encapsulante fotovoltaico, particularmente una lámina encapsulante o gránulos encapsulantes, y a un método de producción de un módulo fotovoltaico, que comprende el paso de encapsular un componente fotoactivo, tal como una célula solar o una película delgada, con un encapsulante. La invención también se refiere a una lámina de alambre o electrodo que comprende el encapsulante de la invención y los interconectores eléctricos, preferiblemente alambres tal como se conoce por el documento WO 2004/021455 A1.

La mayoría de los módulos solares se fabrican formando un laminado que consiste en una placa de vidrio, elementos fotoactivos y una cubierta posterior hecha de vidrio o formada como una hoja posterior. Estas capas se mantienen juntas para formar un laminado mediante los llamados encapsulantes: los materiales se adhieren a las capas y rellenan los espacios en el laminado, tal como los espacios entre las células solares. Estos encapsulantes pueden contener, por ejemplo, duroplastos tal como EVA, TPSE (elastómeros de silicona termoplásticos), TPU (poliuretano termoplástico), TPO (elastómeros de poliolefinas termoplásticas), ionómeros o termoplásticos tal como PVB, silicio o poliolefina. También se utilizan combinaciones de termo y duroplastos: materiales que permanecen termoplásticos pero que se pueden curar con medios adecuados tal como calor o irradiación de electrones. Los encapsulantes se eligen en función de muchos factores, tales como el coste, el lugar y la función en el módulo (por ejemplo, el encapsulante en el lado soleado de la célula solar debe ser más transparente que el encapsulante en el lado de las sombras), la expectativa del mercado, etc.

Los módulos de células solares (fotovoltaicas) se construyen típicamente como un laminado con al menos cinco capas en este orden: (a) capa de vidrio u otra capa transparente, (b) una primera capa de encapsulante frontal, (c) la capa de componente fotoactivo, (d) una segunda capa de encapsulante posterior, y (e) una capa posterior tal como una hoja posterior o una capa de vidrio. En el caso de los paneles solares de película delgada, la capa de componente fotoactivo se une a una capa de vidrio, y solo necesita, a excepción de los posibles interconectores de las células de la película delgada, agregar una capa de encapsulante y una capa posterior tal como una hoja posterior o una capa de vidrio. El método de fabricación de los módulos de células solares laminadas generalmente implica colocar una pieza de lámina de encapsulante entre las células solares y las otras capas del módulo, tal como la capa de vidrio y la capa posterior. El estado de la técnica utiliza láminas de 400-500 µm. Las capas encapsulantes están diseñadas para encapsular y proteger las frágiles capas de células solares del daño ambiental y, por lo tanto, prolongar su vida útil. Generalmente, un módulo de células solares incorporará al menos dos capas encapsulantes intercaladas alrededor de la capa de células solares. Las dos capas encapsulantes pueden ser materiales iguales o diferentes.

Hoy en día, el encapsulante generalmente se coloca en la disposición antes de la laminación en forma de lámina. La disposición es principalmente de todos los materiales (excepto los materiales que se cortan después de la laminación) luego se formaron en el laminado, tal como un panel solar que forma múltiples capas. El documento WO2011/089473 divulga el proceso de laminación de un panel solar en detalle.

La lámina tiene que ser cortada, manipulada y colocada correctamente sobre la disposición. Como los módulos son bastante grandes, esto es engorroso. Además, la lámina debe colocarse correctamente en la disposición y no puede moverse. Esto puede salir mal resultando en una pérdida económica. Además, las láminas se contraen durante la laminación. Esto se debe al proceso de producción de la lámina. Además, resulta de licuar los gránulos de polímero y convertirlo en lámina. Además, la materia prima se pierde durante la producción de la lámina, lo que resulta en un coste adicional.

Por las dos razones anteriores (alineación y contracción), las láminas deben hacerse más grandes que el módulo final. Después de la laminación, la lámina (o lo que queda de ella, una masa pegajosa) sobresale del módulo y debe retirarse, lo que no es fácil hasta que el encapsulante se endurece después de un tiempo, prolongando el tiempo de procesamiento. Además, siempre que la lámina que sobresale sea suave, se adhiere a las partes de la máquina, tal como la cinta transportadora en la que se apoya y la membrana utilizada para presionarla, por lo que debe limpiarse regularmente. Se pueden proporcionar pinceles para este propósito. Sin embargo, también hay láminas, especialmente láminas termoplásticas, que no se contraen. El documento WO2015/056069A1 divulga la posibilidad de usar gránulos como encapsulante, alternativa o adicionalmente a láminas. El documento WO2014/081999A1 divulga un módulo de células solares que comprende una pluralidad de células solares y un encapsulante que encapsula la pluralidad de células solares. El encapsulante comprende poliolefina que tiene una viscosidad compleja inferior a 10.000 Pa·s a 90°. La Tabla 1 muestra la viscosidad compleja en Pa·s de cuatro muestras, en donde las muestras 3 y 4 cumplen el criterio anterior. Se proporciona un paquete protector para lograr resistencia a la fisuración, el paquete incluye una cubierta superior, el encapsulante y una hoja posterior. El documento EP2892080A1 divulga películas de sellado para una célula solar. La película de sellado lateral receptora de luz se forma a partir de una composición de resina A y la película de sellado posterior coloreada se forma a partir de una composición de resina B. La temperatura a la cual la composición de resina B tiene una viscosidad de 50,000 Pa·s es 95°C o inferior. La composición de resina B tiene una viscosidad mayor que la de la composición de resina A a 80°C y 100°C. El documento US2014/0144487A1 divulga un encapsulante que encapsula la pluralidad de células

solares, comprendiendo el encapsulante la poliolefina. La poliolefina tiene una viscosidad compleja inferior a 30,000 Pa·s a 90°C.

El documento DE102011055148A1 divulga un módulo solar en donde el lado posterior del módulo solar está formado por una estructura encapsulante de polímero en la parte posterior.

El documento US2013/0233376A1 divulga un encapsulante de células solares que comprende un copolímero de etileno/α-oleofina/polieno no conjugado.

Un objetivo principal en la energía fotovoltaica es reducir los costes de fabricación. El compromiso entre reducir aún más los costes y la confiabilidad de los módulos fotovoltaicos es el desafío más importante de la industria fotovoltaica. Están surgiendo nuevos conceptos tal como SWCT, Shingling, MBB (barra de bus múltiple> 4) con el mismo objetivo de mejorar la eficiencia y reducir el consumo de material. Todas esas tecnologías tienen un compromiso entre confiabilidad y consumo de material y principalmente material de interconexión, tal como pasta de Ag, pegamento de Ag, adhesivo y/o aleación de soldadura. Sin embargo, todas esas tecnologías adolecen de un inconveniente principal, es decir, el manejo complejo de las células solares frágiles o el módulo emergente durante la producción establece límites para la productividad o el rendimiento de las máquinas de encordar o de matriz (composición y transporte del módulo emergente).

Además, debido a los diferentes coeficientes de expansión térmica de los diferentes materiales en el módulo fotovoltaico, las tensiones dentro del módulo pueden causar fallos o áreas defectuosas con el tiempo.

El objetivo de la invención es superar estos problemas y proporcionar un módulo fotovoltaico que tenga una alta estabilidad contra las tensiones que surgen dentro del módulo, particularmente debido a la diferente expansión térmica de diferentes materiales. Se debe proporcionar un módulo fotovoltaico, que se puede fabricar con costes reducidos y garantizando un desempeño confiable. Se mejorará la productividad y los rendimientos de las máquinas de encordar o matriz. Los componentes fotoactivos frágiles, particularmente las células solares, deben protegerse durante el proceso de fabricación, pero también durante el uso.

El objetivo se logra mediante un módulo fotovoltaico de acuerdo con la reivindicación 1 en que la primera viscosidad compleja asciende al menos a 200.000 Pa·s y la segunda viscosidad compleja es inferior a 100.000 Pa·s.

La alta viscosidad del encapsulante asegura una alta estabilidad y evita que los componentes dentro del módulo sean desconectados (localmente) o eliminados/desplazados entre sí (por ejemplo, por tensiones térmicas). El encapsulante de la invención mantiene de forma especialmente fiable los interconectores eléctricos contra los componentes fotoactivos. La alta viscosidad del material encapsulante puede mejorar el proceso de fabricación. La estabilidad mecánica permite aumentar la productividad y el rendimiento de las máquinas, particularmente al aumentar la velocidad de procesamiento. Además, las fallas o defectos que ocurren en el material encapsulante durante el procesamiento se reducen de manera eficiente. Al mismo tiempo, se mejoran las propiedades mecánicas de todo el módulo fotovoltaico, lo que proporciona una mayor estabilidad también a temperaturas elevadas. Además, el encapsulante más rígido, una vez unido a las células solares, ayuda a los interconectores a permanecer en buen contacto eléctrico con la célula.

De acuerdo con la invención, a una primera temperatura que tiene un valor entre 70°C y 100°C, la viscosidad compleja asciende a ≥ 200.000 Pa·s.

El material que forma el encapsulante tiene una viscosidad compleja que disminuye con el aumento de la temperatura y, por lo tanto, tiene propiedades termoplásticas. Como se mencionó anteriormente, el encapsulante también puede contener un componente curable. Esto es importante para el proceso de laminación (donde el encapsulante se funde o al menos se vuelve pegajoso) generalmente realizado después del proceso de encordar. Debido a la alta viscosidad en el rango de temperatura de 70° a 100°, el manejo del módulo emergente se vuelve mucho más fácil y el encapsulante tiende a fluir menos, evitando así la "natación celular". El encapsulante altamente viscoso, generalmente proporcionado en forma de una lámina (transparente), tiene una alta estabilidad mecánica y constituye un soporte mecánico confiable para los componentes fotoactivos (generalmente una pluralidad de células solares). La estructura de múltiples componentes fotoactivos con el encapsulante de la invención de alta viscosidad asegura que en las máquinas de encordar y matriz los componentes fotoactivos frágiles ya estén protegidos en gran medida. En otras palabras: el encapsulante de acuerdo con la invención soporta el manejo, particularmente en la máquina de encordar o matriz y mejora el rendimiento y la productividad.

Además, la alta viscosidad asegura que al usar los termo ciclos que atraviesan el módulo (o panel) no provoquen tensiones demasiado altas que podrían, por ejemplo, deslaminar el módulo o desconectar los conectores eléctricos de las células.

La viscosidad compleja que se proporciona en la presente solicitud se determina de acuerdo con la norma ASTM D5289 y/o ASTM D6204 y se mide a una frecuencia de 1Hz y 10% de deformación. Aunque estas normas se refieren al caucho, el método de prueba definido en el mismo es aplicable a todos los materiales descritos en esta solicitud.

El material que forma el encapsulante proporciona una compensación entre las propiedades termoplásticas y las propiedades de reticulación de los polímeros, para lograr los valores de viscosidad compleja de la invención. El encapsulante debe ser un material termoplástico en el sentido de que al calentarlo provocará una disminución de la viscosidad. La composición puede lograrse mediante una selección de constituyentes, aditivos y cargas. Un experto en la materia es capaz de realizar/influir en valores de viscosidad complejos mediante la selección, entre otros, del peso molecular y/o la distribución del peso molecular y/o considerando el grado de ramificación del polímero y/o la adición de cargas al polímero (los factores clave son el tamaño y forma de la carga, concentración de carga y el alcance de cualquier interacción entre las partículas) y/o el uso de mezclas de polímeros (composiciones de polímeros químicamente diferentes), etc. Todos estos factores influyen en la reología del material emergente.

Como material de partida, por ejemplo., se pueden usar resinas de calidad comercialmente disponibles, que pueden ser ya copolímeros. El material (alternativo) adicional o los componentes del material se describirán a continuación.

Se prefiere si el material es al mismo tiempo curable por una radiación electrónica o E-beam. Aquí, el rendimiento de reticulación se selecciona más alto que el rendimiento de escisión de la cadena.

El valor de G es utilizado típicamente por el químico de radiación para cuantificar el rendimiento químico del procesamiento de radiación. E-beam es uno de los procesos de radiación que se pueden aplicar a los polímeros. El valor G se define como el rendimiento químico de la radiación en el número de moléculas que reaccionan por cada 100eV de energía absorbida. G (X) es el rendimiento químico de la reticulación, G (S) es el rendimiento químico de la escisión de la cadena. Estos dos procesos siempre coexisten bajo radiación, un resultado neto de la reticulación proviene de materiales con G (X)> G (S), un resultado neto de degradación proviene de materiales con G (X) <G (S).

Los polímeros con más átomos de hidrógeno en el lado (por ejemplo, PE) tienden a reticularse. Los polímeros con grupos metilo (por ejemplo, polipropileno), di sustituciones (por ejemplo, poli metacrilato) y sustituciones por halógeno (por ejemplo, PTFE) probablemente sufrirían degradación con la radiación.

El objetivo también se logra con un encapsulante fotovoltaico de acuerdo con la reivindicación 14, particularmente una lámina de encapsulante o gránulos de encapsulante, en donde el encapsulante se forma a partir de un material que tiene a una primera temperatura una primera viscosidad compleja y a una segunda temperatura una segunda viscosidad compleja, en donde la primera viscosidad compleja es mayor que la segunda viscosidad compleja y en donde la primera temperatura está entre 70°C y 100°C y la segunda temperatura está entre 120°C y 160°C, caracterizada porque la primera viscosidad compleja es por lo menos a 200,000 Pa·s y que la segunda viscosidad compleja es menor a 100,000 Pa·s , preferiblemente menor a 50,000 Pa·s.

El objetivo también se logra con un método para producir un módulo fotovoltaico de acuerdo con la reivindicación 15, que comprende el paso de encapsular un componente fotoactivo, tal como una célula solar o una película delgada, con un encapsulante de acuerdo con la invención, en donde preferiblemente al menos un interconector eléctrico está conectado al encapsulante.

Las realizaciones/características anteriores y siguientes son aplicables de la misma manera al "módulo fotovoltaico", al "encapsulante fotovoltaico", la "lámina de alambre" y al "método de producción de un módulo fotovoltaico".

El encapsulante con los componentes fotoactivos embebidos está preferiblemente en sándwich mediante capas externas (por ejemplo, placas), preferiblemente capas de vidrio.

La segunda viscosidad compleja es inferior a 100.000 Pa·s, más preferiblemente inferior a 50.000 Pa·s. Al tener una viscosidad tan compleja a la segunda temperatura (es decir, a una temperatura entre 120° y 160°), se pueden usar las ventajas de las propiedades termoplásticas (ablandamiento térmico). Esto es particularmente importante durante el procedimiento de calentamiento, de modo que el encapsulante pueda "fluir" o apretarse contra el componente fotoactivo o el o los interconectores eléctricos, sin dejar espacios intermedios de inclusiones de aire.

Preferiblemente, la primera viscosidad compleja es al menos 5 veces, preferiblemente al menos 10 veces, mayor que la segunda viscosidad compleja. En tal realización, la estabilidad mecánica a la primera temperatura (más baja) se reemplaza por un ablandamiento apropiado del material del encapsulante a la segunda temperatura (más alta).

Preferentemente, la primera viscosidad compleja es al menos 100.000 Pa·s mayor que la segunda viscosidad compleja, de modo que el módulo es rígido durante el uso y el encapsulante puede laminarse fácilmente.

Preferiblemente, la segunda viscosidad compleja es mayor que 5.000, preferiblemente mayor que 9.000 Pa·s. Tal realización también asegura un grado de estabilidad mecánica durante el proceso de calentamiento, es decir, el material del encapsulante no se deforma ni se “exprime” de la estructura en sándwich.

Preferentemente, la primera viscosidad compleja es inferior a 1E + 10 Pa·s, preferentemente inferior a 1E + 9 Pa·s. Esto asegura cierta elasticidad también en el estado ensamblado del módulo fotovoltaico.

Preferiblemente, la primera temperatura está entre 75°C y 95°C, preferiblemente entre 80°C y 90°C, en donde preferiblemente la primera temperatura asciende a 85°C.

Preferiblemente, la segunda temperatura está entre 125°C y 155°C, preferiblemente entre 130°C y 150°C, en donde preferiblemente la segunda temperatura asciende a 140°C.

Preferiblemente, el encapsulante está en contacto directo con al menos un componente fotoactivo y/o en donde el encapsulante contiene al menos un interconector eléctrico en el (los) componente (s) fotoactivo y/o en donde el encapsulante se proporciona como una lámina y/o como gránulos.

En una realización preferida, al menos uno, preferiblemente una pluralidad de interconectores eléctricos para interconectar células solares está unido al encapsulante. En esta realización, el encapsulante es preferiblemente una lámina que contiene el (los) interconector (es). Los interconectores se pueden unir al encapsulante por medio de calentamiento causando una fusión (local) del encapsulante o por medio de un adhesivo. Dichas láminas encapsulantes están, por ejemplo, divulgadas en EP1547158B1. Dichas composiciones de una lámina encapsulante con interconectores pueden usarse también dentro del alcance de la presente invención. La divulgación del documento EP1547158B1, por lo tanto, se incluye en la presente solicitud como referencia.

Preferiblemente, los interconectores eléctricos son alambres, preferiblemente alambres redondos, que tienen un diámetro de menos de 1.000 µm, incluso más preferiblemente menos de 500 µm, tal como 100 a 300 µm.

Con gránulos o partículas se entiende cualquier forma de partícula. Preferiblemente, los gránulos tienen un diámetro menor que 10 mm, preferiblemente menor que 5 mm. Los gránulos resultan preferiblemente del proceso de fabricación, que normalmente contiene una composición o paso de mezcla para agregar aditivos para obtener las propiedades químicas y físicas deseadas.

En una realización preferida, el método de fabricación comprende los pasos de formar una disposición que contiene al menos una primera capa externa, una primera capa de encapsulante en forma de gránulos y una segunda capa externa, y presionar la disposición juntas bajo la influencia del calor (y preferiblemente vacío), preferiblemente en un laminador para formar el laminado. El encapsulante en forma de gránulos puede aplicarse de manera estructurada.

El concepto de usar gránulos, alternativa o adicionalmente a una lámina, está, por ejemplo, divulgado en WO2015/056069A1, cuya divulgación se incluye en la presente solicitud por referencia.

Preferiblemente, el material del encapsulante tiene propiedades termoplásticas. Como ya se mencionó, las propiedades termoplásticas (termo endurecibles) son importantes para el proceso de encapsulación.

Por supuesto, el material del encapsulante puede ser curable, por ejemplo, por medio de un haz electrónico.

Preferiblemente, el material del encapsulante contiene un material de polietileno de baja densidad (LDPE) o un material de polietileno lineal de baja densidad (LLDPE) o un material de polietileno de densidad media (MDPE).

Preferentemente, el encapsulante se forma a partir de tereftalato de polietileno (PET) y/o poliolefina (PO) y/o etilenvinilacetato (EVA) y/o ionómero y/o polivinilbutiral (PVB).

Preferiblemente, la densidad del material que forma el encapsulante es inferior a 1,5 g/cm^3, y preferentemente superior a 0,7 g/cm^3.

Preferiblemente, el encapsulante es una capa de lámina que tiene un grosor entre 10 µm y 500 µm, preferiblemente entre 40 µm y 400 µm, y/o en donde el encapsulante es al menos 50% transparente para longitudes de onda del espectro visible.

A continuación, se describen otras propiedades ventajosas del material encapsulante:

Preferiblemente, la fuerza de desprendimiento del encapsulante a los componentes fotoactivos a temperatura ambiente asciende al menos a 5 N/cm en un ángulo de 90°, preferiblemente después de laminación del módulo.

Preferiblemente, la fuerza de desprendimiento del encapsulante a los interconectores eléctricos (alambre) a temperatura ambiente asciende a al menos 50 mN/alambre en un ángulo de 180°C, preferiblemente antes de la laminación del módulo.

Para la formación del encapsulante, LDPE y LLDPE pueden usarse como monocapa, pero también LDPE con MDPE puede usarse como bicapa donde el LDPE actúa como adhesivo. Cada capa (mono) se puede tratar con E-beam para darle las propiedades correctas.

Se dan algunos valores de densidad para algunas adiciones de encapsulante: el PET tiene una densidad de aproximadamente 1,38 g/cm^3; PO (poliolefina, incluido el PE utilizado como lámina de electrodo) tiene una densidad entre 0,91-0,97 g/cm^3, EVA puede tener una densidad más baja hasta 0,85 g/cm^3, ionómero 0,94-0, 95 g/cm^3, PVB 1-1,05 g/cm^3.

La contracción del encapsulante es preferiblemente <5%, más preferiblemente <3%, lo más preferido <0,5%. La contracción se mide calentando el encapsulante (lámina) a 160°C durante 30 minutos. Luego se mide su dimensión antes y después del tratamiento térmico en la dirección de la máquina y en la dirección transversal.

Realizaciones adicionales de la invención se indican en las figuras y en las reivindicaciones dependientes. La lista de marcas de referencia forma parte de la divulgación. La invención se explicará ahora en detalle por los dibujos. En los dibujos:

La figura 1 muestra un módulo fotovoltaico que emerge de la máquina de encordar o matriz y antes del proceso de laminación.

La figura 2 muestra un módulo fotovoltaico después del proceso de laminación con componentes fotoactivos completamente encapsulados.

La figura 3 muestra una realización del encapsulante en forma de una lámina a la que están unidos los interconectores eléctricos (en forma de alambres).

La figura 4 muestra la viscosidad compleja de posibles materiales (muestras 1 a 3) que forman el encapsulante de la invención.

La figura 5 muestra una disposición de componentes fotoactivos cubiertos por una lámina de encapsulante que tiene interconectores eléctricos y además cubiertos por una lámina de encapsulante externa.

La figura 1 muestra un módulo 1 fotovoltaico que comprende células solares como componentes 2 fotoactivos y un encapsulante 3 que cubre los componentes 2 fotoactivos desde ambos lados. Aquí, el encapsulante se proporciona en forma de láminas. Sin embargo, también sería posible disponer gránulos como material encapsulante debajo y por encima de los componentes 2 fotoactivos, como, por ejemplo, lo divulgado en WO2015/056069A1.

El encapsulante 3 con los componentes 2 fotoactivos embebidos está en sándwich mediante capas 4 externas en ambos lados. Las capas 4 externas son generalmente placas de vidrio.

La figura 2 muestra el módulo 1 después de la laminación, en donde los componentes fotoactivos están completamente encapsulados.

La figura 5 muestra una realización, en la que se usan los encapsulantes 3 y 3'. El encapsulante 3' es una lámina de encapsulante con interconectores 5 eléctricos unidos al mismo (como se muestra en la figura 3). El encapsulante 3 cubre el encapsulante 3'. En una realización alternativa, solo se puede usar el encapsulante 3', es decir, sin un encapsulante 3 adicional. La invención se refiere a ambos, un encapsulante (lámina) con interconectores eléctricos y un encapsulante (lámina) sin interconector eléctrico.

El encapsulante 3, 3' se forma a partir de un material que tiene a una primera temperatura una primera viscosidad compleja y a una segunda temperatura una segunda viscosidad compleja. La primera viscosidad compleja es mayor que la segunda viscosidad compleja. La primera temperatura es una temperatura entre 70°C y 100°C y la segunda temperatura es una temperatura entre 120°C y 160°C. La primera temperatura debe entenderse como una temperatura discreta (no como un rango de temperatura) que tiene un valor entre 70°C y 100°C, por ejemplo, 85°C. Además, la segunda temperatura debe entenderse como una temperatura discreta (no como un rango de temperatura) que tiene un valor entre 120°C y 160°C, por ejemplo, 140°C.

De acuerdo con la invención, la primera viscosidad compleja asciende a al menos 200.000 Pa·s. Como ya se mencionó, la alta viscosidad del material encapsulante puede mejorar el proceso de fabricación. La estabilidad mecánica permite aumentar la productividad y el rendimiento de las máquinas, particularmente al aumentar la velocidad de procesamiento. Además, las fallas o defectos que se producen en el material encapsulante se pueden reducir de manera eficiente. Al mismo tiempo, se mejoran las propiedades mecánicas de todo el módulo fotovoltaico, lo que proporciona una mayor estabilidad también a temperaturas elevadas.

La figura 4 muestra para tres muestras la viscosidad compleja (el eje y es una escala log10) dependiendo de la temperatura. Las muestras se prepararon a partir de un material de polietileno de baja densidad (LDPE), proporcionado en forma de copolímeros. La viscosidad se ha optimizado a partir de la base del polímero mediante aditivos/cargas. Los principales factores que influyen en las propiedades reológicas de los materiales ya se han mencionado anteriormente.

En los materiales mostrados en la figura 4, la viscosidad compleja es mayor que 100.000 Pa·s en todo el rango de temperatura de 70°C a 100°C.

La segunda viscosidad compleja es inferior a 100.000 Pa·s, más preferiblemente inferior a 50.000 Pa·s.

Como se puede ver en las muestras de la figura 4, la primera viscosidad compleja es al menos 5 veces (aquí incluso al menos 10 veces) mayor que la segunda viscosidad compleja.

Se prefiere, si la segunda viscosidad compleja es aún mayor que 5.000, preferiblemente mayor que 9.000 Pa·s.

La primera viscosidad compleja puede ser inferior a 1E + 10 Pa·s, preferiblemente inferior a 1E + 9 Pa·s.

La primera temperatura puede definirse adicionalmente como que tiene un valor entre 75°C y 95°C, preferiblemente entre 80°C y 90°C. En una realización más preferida, la primera temperatura asciende a 85°C.

La segunda temperatura puede definirse adicionalmente como que tiene un valor entre 125°C y 155°C, preferiblemente entre 130°C y 150°C. En una realización más preferida, la primera temperatura asciende a 140°C.

Como se puede ver en las figuras 1 y 2, el encapsulante 3 está en contacto directo con los componentes 2 fotoactivos. En la realización de la figura 3, el encapsulante 3' de lámina contiene interconectores 5 eléctricos en forma de alambres o tiras paralelas (para interconectar los componentes 2 fotoactivos). En un paso de prefabricación, los alambres del interconector se unen a la lámina encapsulante mediante adhesivo o mediante un proceso de calentamiento (local) que hace que el material encapsulante se vuelva pegajoso. En dicho estado prefabricado, el encapsulante 3' (con interconectores 5 integrados) está dispuesto en los componentes 2 fotoactivos. Se pueden construir cadenas completas e incluso matrices de esta manera que luego se colocan en la disposición como se muestra en la figura 1.

Como se puede ver en la figura 4, el material del encapsulante 3 tiene propiedades termoplásticas, es decir, el material se ablanda con el aumento de la temperatura.

El material del encapsulante 3 puede formarse o contener un material de polietileno de baja densidad (LDPE) y/o un material de polietileno lineal de baja densidad (LLDPE) y/o un material de polietileno de densidad media (MDPE).

En particular, el encapsulante 3 puede formarse a partir de tereftalato de polietileno (PET) y/o poliolefina (PO) y/o etilenvinilacetato (EVA) y/o ionómero y/o polivinilbutiral (PVB).

La densidad del material que forma el encapsulante 3 puede ser inferior a 1,5 g/cm^3, y preferiblemente superior a 0,7 g/cm^3.

El encapsulante 3 puede ser una capa de lámina (figura 1) que tiene un espesor entre 10 µm y 500 µm, preferiblemente entre 40 µm y 400 µm. Se prefiere, si el encapsulante 3 es al menos 50% transparente para longitudes de onda del espectro visible.

El método para producir un módulo 1 fotovoltaico comprende el paso de encapsular un componente 2 fotoactivo, tal como una célula solar o una película delgada, con un encapsulante 3, en donde preferiblemente al menos un interconector 5 eléctrico está unido al encapsulante 3.

La unión de al menos un interconector 5 se realiza antes de disponer el encapsulante 3 en al menos un componente 2 fotoactivo.

La invención no está restringida a estas realizaciones. Otras variantes serán obvias para el experto en la materia y se considera que están dentro del alcance de la invención como se formula en las siguientes reivindicaciones. Las características individuales descritas en todas las partes de la especificación anterior, particularmente con respecto a las figuras, se pueden combinar entre sí para formar otras realizaciones y/o aplicar mutatis mutandis a lo que se describe en las reivindicaciones y al resto de la descripción, incluso si las características se describen con respecto a otras características.

Lista de signos de referencia

1 módulo fotovoltaico

2 componente fotoactivo

3 encapsulante

4 capa exterior

5 interconector eléctrico

REIVINDICACIONES

1. Módulo (1) fotovoltaico que comprende

- al menos un componente (2) fotoactivo, tal como una célula solar o una película delgada, y

- un encapsulante (3, 3') que cubre al menos un componente (2) fotoactivo en al menos un lado, en donde el encapsulante (3, 3') se forma a partir de un material que tiene a una primera temperatura una primera viscosidad compleja y a una segunda temperatura, una segunda viscosidad compleja, en donde la primera viscosidad compleja es mayor que la segunda viscosidad compleja, en donde la viscosidad compleja se determina de acuerdo con la norma ASTM D5289 y/o ASTM D6204 y se mide a una frecuencia de 1Hz y 10% de deformación , en donde la primera temperatura está entre 70°C y 100°C y la segunda temperatura está entre 120°C y 160°C , y en donde la segunda viscosidad compleja es inferior a 100,000 Pa·s,

caracterizada porque la primera viscosidad compleja ascienda hasta al menos 200,000 Pa·s.

2. Módulo fotovoltaico de acuerdo con la reivindicación 1, en donde la segunda viscosidad compleja es inferior a 50.000 Pa·s.

3. Módulo fotovoltaico de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, en donde la primera viscosidad compleja es al menos 5 veces, preferiblemente al menos 10 veces, mayor que la segunda viscosidad compleja.

4. Módulo fotovoltaico de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, en donde la segunda viscosidad compleja es mayor que 5.000, preferiblemente mayor que 9.000 Pa·s.

5. Módulo fotovoltaico de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, en donde la primera viscosidad compleja es menor que 1E + 10 Pa·s, preferiblemente menor que 1E + 9 Pa·s.

6. Módulo fotovoltaico de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, en donde la primera temperatura está entre 75°C y 95°C, preferiblemente entre 80°C y 90°C, en donde preferiblemente la primera temperatura asciende a 85°C.

7. Módulo fotovoltaico de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, en donde la segunda temperatura está entre 125°C y 155°C, preferiblemente entre 130°C y 150°C, en donde preferiblemente la segunda temperatura asciende a 140°C.

8. Módulo fotovoltaico de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, en donde el encapsulante (3, 3') está en contacto directo con él al menos un componente (2) fotoactivo y/o en donde al menos un interconector (5) eléctrico está en sándwich entre el encapsulante (3, 3') y el componente (2) fotoactivo y/o en donde el encapsulante (3, 3') sostiene al menos un interconector (5) eléctrico en los componentes (2) fotoactivos y/o en donde el encapsulante (3, 3') se proporciona como una lámina y/o como gránulos.

9. Módulo fotovoltaico de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, en donde el material del encapsulante (3, 3') tiene propiedades termoplásticas.

10. Módulo fotovoltaico de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, en donde el material del encapsulante (3, 3') contiene un material de polietileno de baja densidad (LDPE) y/o un material lineal de polietileno de baja densidad (LLDPE) y/o un material de polietileno de media densidad (MDPE).

11. Módulo fotovoltaico de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, en donde el encapsulante (3, 3') está formado por tereftalato de polietileno (PET) y/o poliolefina (PO) y/o etilenvinilacetato (EVA) y/o ionómero y/o polivinilbutiral (PVB)

12. Módulo fotovoltaico de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, en donde la densidad del material que forma el encapsulante (3, 3') es inferior a 1,5 g/cm^3, y preferiblemente superior a 0,7 g/cm^3.

13. Módulo fotovoltaico de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, en donde el encapsulante (3, 3') es una capa de lámina que tiene un espesor entre 10 µm y 500 µm, preferiblemente entre 40 µm y 400 µm, y/o en donde el encapsulante (3, 3') es al menos 50% transparente para longitudes de onda del espectro visible.

14. Encapsulante (3, 3') fotovoltaico, particularmente una lámina de encapsulante o gránulos de encapsulante, en donde el encapsulante (3, 3') se forma a partir de un material que tiene a una primera temperatura una primera viscosidad compleja y a una segunda temperatura una segunda viscosidad compleja, en donde la primera viscosidad compleja es mayor que la segunda viscosidad compleja, en donde la viscosidad compleja se determina de acuerdo con la norma ASTM D5289 y/o ASTM D6204 y se mide a una frecuencia de 1Hz y 10% de deformación, en donde la primera temperatura está entre 70°C y 100°C y la segunda temperatura está entre 120°C y 160°C, y en donde la segunda viscosidad compleja es menor que 100,000 Pa·s, preferiblemente menor que 50,000 Pa·s, caracterizado porque la primera viscosidad compleja asciende a al menos 200.000 Pa·s, en donde preferiblemente

al menos un interconector (5) eléctrico para interconectar componentes (2) fotoactivos está unido al encapsulante (3, 3').

15. Método para producir un módulo (1) fotovoltaico, que comprende el paso de encapsular al menos un componente (2) fotoactivo, tal como una célula solar o una película delgada, con un encapsulante (3, 3') de acuerdo con la reivindicación 14, en donde preferiblemente al menos un interconector (5) eléctrico está unido al encapsulante (3, 3').

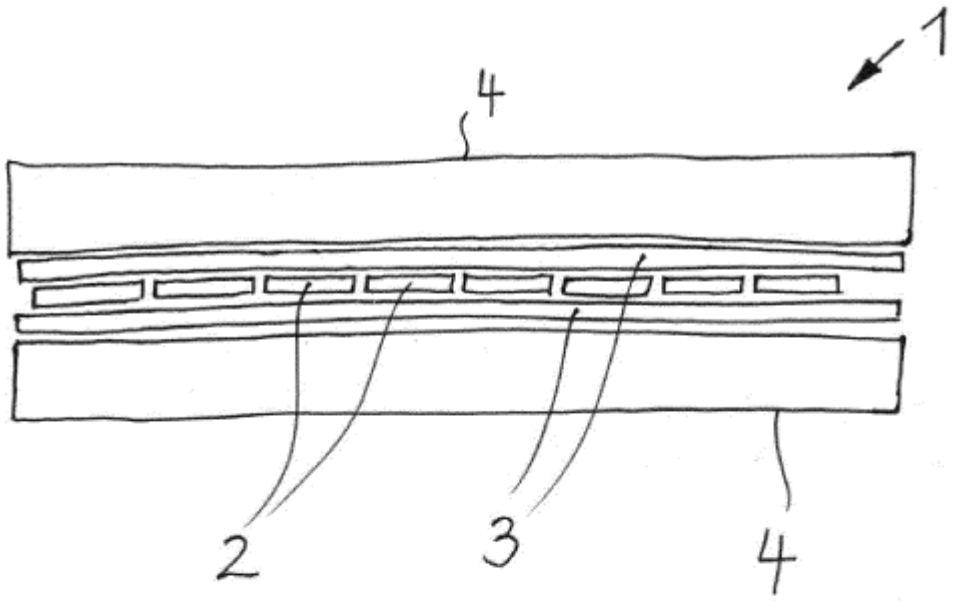

FIG 1

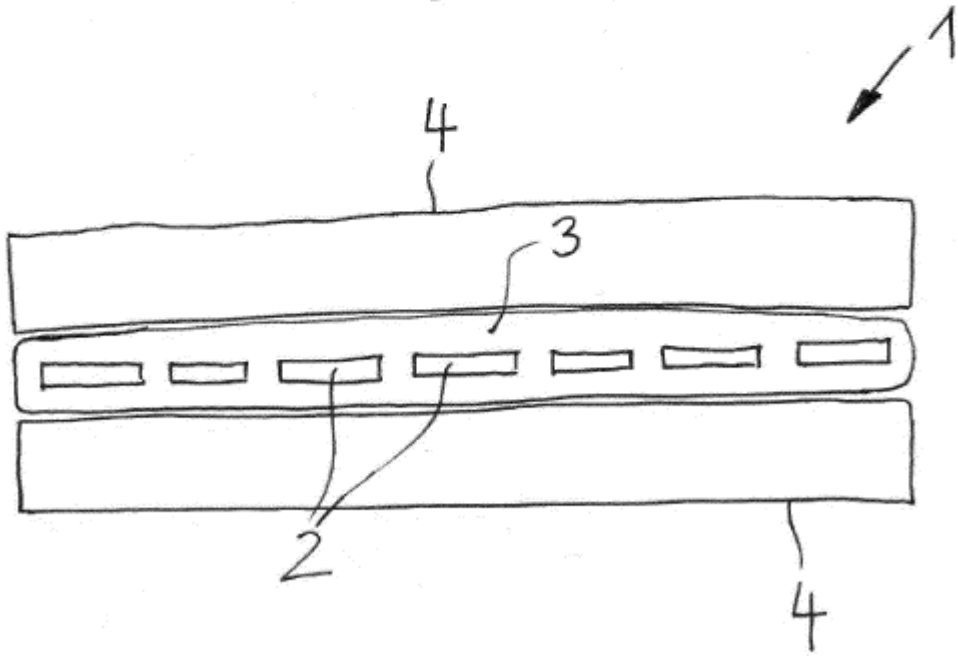

FIG 2

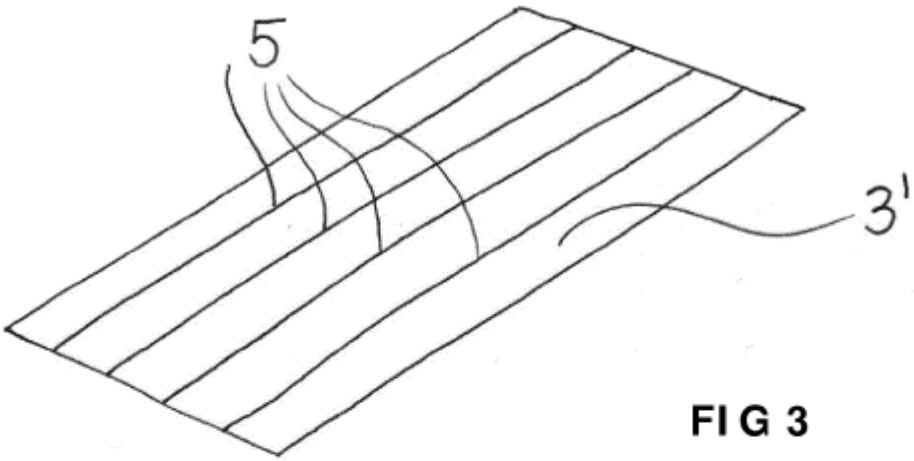
5
3'

FIG 3

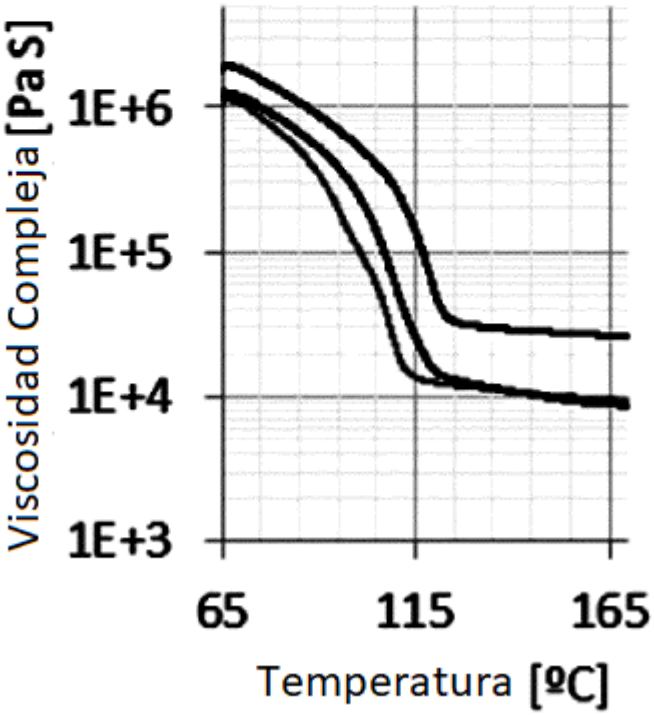
Viscosidad Compleja [Pa S]
1E+6
1E+5
1E+4
1E+3
65
115
165
Temperatura [ºC]

FIG 4

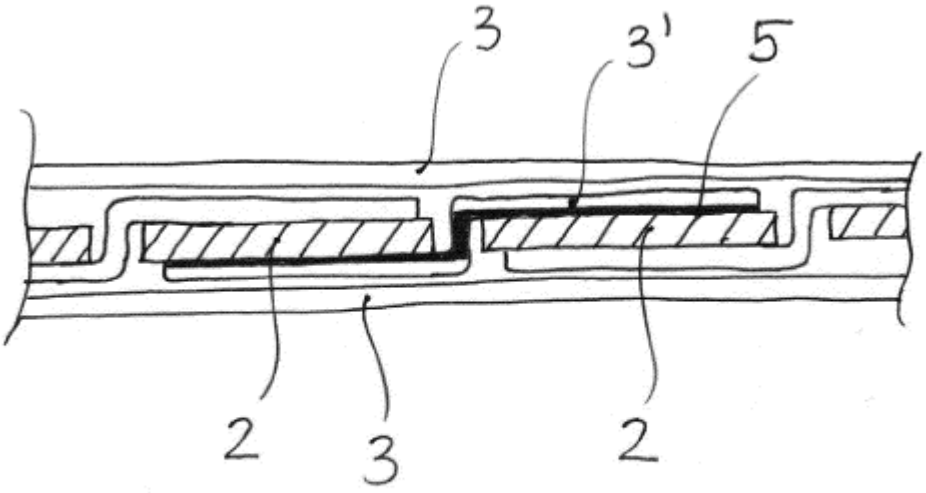

FIG 5