

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 620 955**

51 Int. Cl.:

H01L 31/048 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **04.02.2014 PCT/FR2014/050207**

87 Fecha y número de publicación internacional: **14.08.2014 WO2014122392**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **04.02.2014 E 14706886 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **04.01.2017 EP 2954560**

54 Título: **Utilización de una composición polimérica fluida para la encapsulación de módulos fotovoltaicos**

30 Prioridad:

06.02.2013 FR 1351014

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

30.06.2017

73 Titular/es:

**ARKEMA FRANCE (100.0%)
420, rue d'Estienne d'Orves
92700 Colombes, FR**

72 Inventor/es:

**DEVISME, SAMUEL;
CORFIAS-ZUCCALLI, CATHERINE;
CAMINADE, SOPHIE y
LAURICHESSE, CHRISTIAN**

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 620 955 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

Utilización de una composición polimérica fluida para la encapsulación de módulos fotovoltaicos

Campo técnico de la invención

5 La invención se inscribe en el campo de la fabricación de módulos fotovoltaicos. Más particularmente, se refiere al uso de una composición polimérica fluida para la encapsulación de módulos fotovoltaicos.

Técnica anterior

10 La fotovoltaica es una tecnología de producción de energía en pleno auge, que presenta la ventaja de no emitir gases de efecto invernadero, a diferencia de las energías fósiles, y en la que el combustible, la luz, es inagotable. Además de ser ecológica, la energía fotovoltaica es práctica porque un módulo fotovoltaico permite alimentar electricidad a una habitación aislada o a dispositivos que no pueden ser conectados al circuito eléctrico, tales como teléfonos móviles, parquímetros, marquesinas de paradas de autobuses, etc.

Un módulo fotovoltaico, o panel solar, es un generador eléctrico que permite transformar la energía solar en corriente continua. Generalmente está constituido por un conjunto de células fotovoltaicas a base de un material semiconductor, tal como silicio, conectadas entre sí eléctricamente en serie y/o en paralelo.

15 Se conoce la forma de encapsular este conjunto de células fotovoltaicas en un material designado habitualmente por el término "encapsulante". El encapsulante comprende generalmente una parte superior y una parte inferior, estando bloqueadas las células fotovoltaicas entre estas dos partes. Para completar el módulo fotovoltaico, están dispuestas una capa protectora delantera y una capa protectora trasera (o "backsheet" en inglés) contra cada cara del encapsulante. El papel del encapsulante consiste en mantener las células unidas, aislarlas eléctricamente y protegerlas del ambiente exterior, en particular del agua y del aire.

20 El encapsulante consiste generalmente en copolímero de etileno/acetato de vinilo (EVA) como se ha descrito en la solicitud de patente JP 19870174967, que es la solución técnica actualmente más extendida. La composición polimérica que sirve de encapsulante se presenta en forma de una película con un espesor comprendido típicamente entre 50 μm y 20 mm. La película puede ser monocapa o multicapas.

25 En un procedimiento convencional de fabricación de un módulo fotovoltaico, son necesarias varias etapas para la encapsulación de las células.

En una primera etapa, la composición polimérica que sirve de encapsulante se prepara por copolimerización, típicamente por copolimerización por radicales.

30 Luego esta composición polimérica se mezcla con aditivos utilizando técnicas conocidas de mezclamiento de materiales termoplásticos, tales como extrusión o amasado. Los aditivos añadidos usualmente a la composición polimérica son peróxidos de activación térmica para reticular la composición polimérica, silanos para mejorar las propiedades adhesivas y agentes anti-UV para mejorar la resistencia a la radiación UV.

A la mezcla obtenida se le da entonces forma de película utilizando técnicas conocidas, tales como prensado, extrusión-soplado de tubo, extrusión-estratificación, extrusión-recubrimiento, extrusión plana y calandrado.

35 Las células fotovoltaicas se encapsulan luego en la película de polímero. Típicamente, se coloca sucesivamente una capa protectora trasera, una primera capa de película de polímero encapsulante, las células fotovoltaicas, una segunda capa de película de polímero encapsulante y luego finalmente, una capa protectora delantera. Las capas se montan por técnicas de prensado asociadas a un tratamiento térmico, tales como el prensado en caliente, prensado a vacío y estratificado en caliente. Cuando la temperatura alcanza el punto de fusión de la composición de polímero, fluye alrededor del conjunto de las células fotovoltaicas. Entonces, cuando la temperatura alcanza la temperatura de activación del agente de reticulación (típicamente alrededor de 150°C), la composición polimérica se reticula, lo que permite obtener un conjunto compacto, unido muy fuertemente y de forma irreversible.

45 La fabricación de módulos fotovoltaicos utilizando películas de composición polimérica está descrita, por ejemplo, en la solicitud de patente internacional WO 2010/067040. Otros elementos relativos a la fabricación de módulos fotovoltaicos se pueden encontrar, por ejemplo, en el libro « Handbook of Photovoltaic Science and Engineering », Wiley, 2003.

50 Este procedimiento de fabricación de módulos fotovoltaicos, que constituye actualmente el procedimiento de fabricación más común, permite obtener módulos fotovoltaicos con propiedades satisfactorias: buena adherencia de las diferentes capas, baja desestratificación de las diferentes capas, resistencia a la abrasión y a los choques, estanqueidad al agua y al oxígeno del aire ... Sin embargo, este procedimiento presenta el inconveniente principal de necesitar al menos cuatro etapas sucesivas (copolimerización, mezclamiento con los aditivos, conformación en película y prensado con tratamiento térmico). Cada una de estas etapas necesita un material específico. El procedimiento completo de preparación es por tanto largo y costoso. Además, la última etapa de prensado con tratamiento térmico es una etapa de tratamiento que no puede realizarse más que en lotes (procedimiento llamado "batch", según la terminología inglesa). El experto en la técnica no dispone por el momento de ningún método que permita la fabricación de módulos fotovoltaicos en continuo.

Por consiguiente, existe actualmente la necesidad de disponer de un procedimiento de fabricación de módulos fotovoltaicos más corto, que comprenda menos etapas, más rápido de realizar y menos costoso. Además, también existe la necesidad de disponer de un procedimiento continuo de fabricación de módulos fotovoltaicos.

Resumen de la invención

- 5 La invención tiene por objeto la utilización como encapsulante en un módulo fotovoltaico de una composición polimérica, comprendiendo dicha composición polimérica un copolímero que comprende un monómero de etileno y un comonómero de éster vinílico de ácido carboxílico, representando el comonómero de éster vinílico de ácido carboxílico entre 5% y 50% en peso, con relación al peso total del copolímero, y teniendo la composición polimérica una viscosidad Brookfield medida a 120°C comprendida entre 10.000 mPa.s y 25.000 mPa.s.

10 Descripción detallada

Es preciso que, en toda esta descripción, la expresión "comprendido(a) entre" deba entenderse que incluye los límites citados.

- 15 La composición polimérica usada de acuerdo con la invención comprende un copolímero. Dicho copolímero comprende al menos un monómero de etileno y al menos un comonómero de éster vinílico de ácido carboxílico. El copolímero puede comprender eventualmente otro(s) comonómero(s).

Preferiblemente, el comonómero de éster vinílico de ácido carboxílico se puede seleccionar del grupo que consiste en acetato de vinilo, 2-etilhexanoato de vinilo (V2EH), octanoato de vinilo y éster vinílico del ácido versático. Entre estos comonómeros, se prefiere el acetato de vinilo. El copolímero es, por tanto, en este caso un copolímero de etileno/acetato de vinilo.

- 20 El copolímero comprende de 5% a 50%, preferiblemente de 10% a 40%, más preferiblemente de 15% a 35% en peso de comonómero de éster vinílico de ácido carboxílico, con relación al peso total del copolímero.

Además, el copolímero puede comprender de 50% a 95%, preferiblemente de 60% a 90%, más preferiblemente de 65% a 85% en peso de monómero de etileno, con relación al peso total del copolímero.

- 25 Las cantidades de los diferentes comonómeros presentes en el copolímero se pueden medir por espectroscopia infrarroja usando la norma ISO 8985 (1998).

Preferiblemente, el copolímero está constituido por un monómero de etileno y un comonómero de éster vinílico de ácido carboxílico. Sin embargo, es igualmente posible que el copolímero comprenda uno u otros varios comonómeros que pueden ser seleccionados entre acrilatos y metacrilatos de alquilo e hidroxialquilo, tales como acrilato de metilo, metacrilato de metilo, acrilato de etilo, metacrilato de etilo, acrilato de butilo, metacrilato de butilo, acrilato de hidroxietilo, metacrilato de hidroxietilo, acrilato de 2-etilhexilo, metacrilato de 2-etilhexilo, acrilato de propilo, metacrilato de propilo, acrilato de isopropilo, metacrilato de isopropilo, acrilato de n-butilo, metacrilato de n-butilo, acrilato de isobutilo, metacrilato de isobutilo, acrilato de terc-butilo, metacrilato de terc-butilo, acrilato de n-pentilo, metacrilato de n-pentilo, acrilato de neopentilo, metacrilato de neopentilo, acrilato de hexilo, metacrilato de hexilo, acrilato de heptilo, metacrilato de heptilo, acrilato de octilo, metacrilato de octilo, acrilato de neooctilo, metacrilato de neooctilo, acrilato de nonilo, metacrilato de nonilo, acrilato de neononilo, metacrilato de neononilo, acrilato de decilo, metacrilato de decilo, acrilato de neodecilo, metacrilato de neodecilo, acrilato de laurilo, metacrilato de laurilo, acrilato de palmitilo, metacrilato de palmitilo, acrilato de estearilo o metacrilato de estearilo. El peso total de uno u otros varios comonómeros, con relación al peso total del copolímero, puede estar comprendido entre 0% y 20%, preferiblemente entre 5% y 15%, más preferiblemente entre 5% y 10%.

- 40 El copolímero de acuerdo con la invención se puede obtener por polimerización según el procedimiento indicado a continuación:

El copolímero se puede preparar por un procedimiento de polimerización por radicales a alta presión. La polimerización se puede efectuar, por ejemplo, en un reactor autoclave agitado o tubular. La presión en el interior del reactor puede estar comprendida entre 1000 bares y 3000 bares, preferiblemente entre 1500 bares y 2500 bares. La temperatura durante la iniciación de la reacción puede estar comprendida entre 100°C y 300°C, ventajosamente entre 100°C y 170°C. La temperatura máxima de reacción puede estar comprendida entre 180°C y 300°C y preferiblemente entre 200°C y 280°C.

- 45 La copolimerización se puede efectuar introduciendo el monómero de etileno, el comonómero de éster vinílico de ácido carboxílico y un iniciador de polimerización a alta presión en un reactor autoclave o tubular a una temperatura inicial. Cuando se utiliza un reactor tubular, preferiblemente, la introducción de la mezcla del monómero de etileno, el comonómero de éster vinílico de ácido carboxílico y el iniciador de polimerización se efectúa en la entrada del reactor tubular y, eventualmente, en al menos otro punto de inyección situado a lo largo del reactor tubular. Esto se conoce como técnica de inyección multipunto.

Las cantidades de comonómeros introducidas se ajustan en función del contenido final deseado en el copolímero.

- 55 La cantidad de iniciador puede variar entre 10 ppm y 1000 ppm en peso, preferiblemente entre 10 ppm y 800 ppm, más preferiblemente entre 10 ppm y 500 ppm, con relación a los monómeros introducidos.

- Como iniciador de polimerización, se pueden utilizar todos los compuestos orgánicos e inorgánicos que liberan radicales libres en las condiciones de reacción. Preferiblemente, se puede utilizar un compuesto o mezclas de compuestos que comprendan al menos un grupo peróxido. El iniciador de polimerización se puede seleccionar preferiblemente del grupo que consiste en peroxiésteres, diacilos, percarbonatos, peroxicetales, dialquilos, hidroperóxidos y sus mezclas. Ventajosamente, el iniciador de polimerización se puede seleccionar del grupo constituido por peroxiésteres de terc-butilo cuyo grupo éster contiene de 5 a 10 átomos de carbono, tales como peroxineodecanoato de terc-butilo, peroxi-2-etil-hexanoato de terc-butilo, peroxi-3,5,5-trimetilhexanoato de terc-butilo y peroxipivalato de terc-butilo, o se puede tratar de peróxido de di-terc-butilo. Estos peróxidos se adaptan particularmente bien a la reacción de copolimerización descrita en la presente memoria.
- Además de los monómeros y del iniciador, se puede utilizar ventajosamente un agente de transferencia en proporciones relativas a la cantidad total de monómeros en peso, entre 0% y 4%, preferiblemente comprendidas entre 0,1% y 3%, más preferiblemente comprendidas entre 0,3% y 0,6%. Estos agentes de transferencia permiten controlar las masas moleculares del copolímero formado. El agente de transferencia se puede seleccionar entre aldehídos o cetonas alifáticas. Preferiblemente se selecciona entre propanaldehído y MEK (metil-etil-cetona).
- De manera general, las cantidades de iniciador y de agente de transferencia se ajustan de forma que se obtenga un copolímero que tenga la viscosidad Brookfield deseada de 10.000 a 25.000 mPa.s a 120°C, lo que puede corresponder a una masa molecular media en número (Mn) comprendida entre 6000 y 12.000 y una masa molecular media en peso (Mp) comprendida entre 20.000 g/mol y 60.000 g/mol.
- Al final de la copolimerización, se puede encontrar en el copolímero final una cantidad residual inferior a 700 ppm del agente de transferencia. En cuanto al iniciador se descompone totalmente.
- La composición polimérica utilizada de acuerdo con la invención comprende el copolímero tal como se ha descrito anteriormente. El copolímero puede representar entre 92% y 99,9%, preferiblemente entre 97,5% y 99,5%, con relación al peso total de la composición polimérica. Además, la composición polimérica puede comprender otros compuestos, que se denominan de forma general "aditivos". Estos aditivos pueden representar en total 0,1% y 10%, preferiblemente entre 0,5% y 3,5% con relación al peso total de la composición polimérica.
- El o los aditivos que pueden estar comprendidos en la composición polimérica se pueden elegir entre los conocidos por los expertos en la técnica como aditivos presentes en composiciones poliméricas en forma de película que sirve de encapsulante.
- Más particularmente, la composición polimérica según la invención puede comprender un agente de reticulación. El agente de reticulación tiene la función de reticular el copolímero presente en la composición polimérica después del depósito de esta sobre las células fotovoltaicas. La reticulación permite mejorar las propiedades termomecánicas del en-encapsulante, en particular a altas temperaturas. El agente de reticulación se puede seleccionar entre los agentes de reticulación de activación térmica, de activación por irradiación u otras activaciones. Preferiblemente, el agente de reticulación es un agente de reticulación de activación térmica, preferiblemente un peróxido. Ventajosamente, el agente de reticulación se selecciona del grupo constituido por monoperoxicarbonato de O,O-terc.butilo y de O-(2-etilhexilo), peroxicarbonato de O-(2-etilhexilo) y de O,O-terc.pentilo, hidroperóxido de terc.butilo, 2,5-dimetil-2,5-di(terc.butilperoxi)hexano, etil-2-peroxihexanoato de terc.butilo y 1-1-di(terc-butilperoxi)3,3,5-trimetilciclohexano.
- El agente de reticulación puede representar en total entre 0,1% y 5%, preferiblemente entre 0,5% y 2,5%, más preferiblemente entre 0,7% y 2% en peso, con relación al peso total la composición polimérica.
- Además, la composición polimérica según la invención puede comprender un co-agente de reticulación. Los co-agentes de reticulación permiten ventajosamente acelerar la velocidad de reticulación y/u optimizar el grado de reticulación conseguido. El co-agente de reticulación se puede seleccionar en particular entre monómeros multifuncionales, portadores de al menos 2 funciones vinílicas. Se pueden citar, por ejemplo, isocianurato de trialilo o cianato de trialilo.
- Además, la composición polimérica según la invención puede comprender un agente de acoplamiento. Los agentes de acoplamiento permiten ventajosamente mejorar la adherencia entre la composición polimérica y los otros elementos del módulo fotovoltaico. El agente de acoplamiento se puede seleccionar en particular entre titanatos orgánicos o silanos. Ventajosamente, el agente de acoplamiento se selecciona del grupo constituido por silanos, como por ejemplo, metacrilato de 3-trimetoxisililpropilo o viniltrimetoxisilano.
- Por otra parte, la composición polimérica según la invención puede comprender un agente absorbente de UV. Estos agentes son conocidos por prolongar la vida útil del módulo fotovoltaico evitando los daños que los rayos UV causan a los diferentes componentes. El agente absorbente de UV puede seleccionarse en particular entre benzotriazoles o benzofenonas.
- La composición polimérica según la invención puede comprender además un estabilizador de UV a base de aminas con impedimento estérico (o HALS por la expresión inglesa "Hindered Amine Light Stabilizers") y/o un antioxidante. Estos aditivos también tienen la función de prolongar la vida útil del módulo fotovoltaico. Gracias a sus propiedades antioxidantes, protegen los diferentes constituyentes del módulo de los daños de los radicales que puede producirse por exposición a los UV o al calor. Los HALS se pueden seleccionar en particular entre sebacato de bis(2,2,6,6-tetrametil-4-piperidilo), poli[[6-[(1,1,3,3-tetra-metilbutil)amino]-1,3,5-triazina-2,4-diil]][(2,2,6,6-tetrametil-4-

piperidinil)imino]-1,6-hexanodiol[(2,2,6,6-tetrametil-4-piperidinil)imino]] o incluso [[3,5-bis(1,1-dimetiletil)-4-hidroxifenil]metil]butil-malonato de bis(1,2,2,6,6-pentametil-4-piperidilo). El antioxidante se puede seleccionar en particular entre tetrakis-3(3,5-di-terc-butil-4-hidroxifenil)propionato de pentaeritritol, 3-(3,5-di-terc-butil-4-hidroxifenil)propionato de octadecilo o fosfito de tris(2,4-di-terc-butilfenilo).

5 La adición de estos aditivos diferentes se puede realizar por métodos conocidos por los expertos en la técnica, tales como el uso de un horno fundidor o de un mezclador interno o por impregnación en el caso de aditivos en forma líquida.

La composición polimérica que se utiliza según la invención tiene una viscosidad Brookfield medida a 120°C comprendida entre 10.000 mPa.s y 25.000 mPa.s, y preferiblemente entre 12.000 mPa.s y 23.000 mPa.s.

10 Las mediciones de la viscosidad se realizaron en un viscosímetro Brookfield. Se tomó 120°C como temperatura de referencia. Las mediciones se pueden realizar particularmente según el modo operatorio siguiente:

El equipo utilizado es un reómetro Brookfield RV-DVIII. Un elemento móvil de geometría cilíndrica con extremos cónicos (tipo SC4-27 o SC4-29 según el intervalo de viscosidades estudiado) se sumerge en la muestra cuya temperatura se regula a 120°C. El elemento móvil se hace girar a una velocidad de 20 revoluciones por minuto. Se mide la resistencia aplicada por la muestra contra la rotación del elemento móvil y se utiliza para calcular su viscosidad.

15 Gracias a sus propiedades físico-químicas particulares, la composición polimérica de acuerdo con la invención se puede utilizar como encapsulante en un módulo fotovoltaico de una forma bastante novedosa.

De hecho, gracias a su viscosidad relativamente baja, la composición polimérica se puede verter y aplicar directamente sobre el conjunto de células fotovoltaicas. Por tanto no es necesario darle a la composición polimérica que sirva de encapsulante la forma de una película antes de utilizarla.

La presente invención se refiere por tanto igualmente a un procedimiento de fabricación de módulos fotovoltaicos en el que una o varias células fotovoltaicas son encapsuladas con la composición polimérica descrita anteriormente. La invención tiene también por objeto un procedimiento particular de encapsulación de un módulo fotovoltaico que comprende las etapas que consisten en:

25 a) proporcionar una composición polimérica que comprende:

- un copolímero que comprende un monómero de etileno y un comonómero de éster vinílico de ácido carboxílico, representando el comonómero de éster vinílico de ácido carboxílico entre 5 y 50% en peso, con relación al peso total del copolímero, y

- un agente de reticulación,

35 teniendo la composición polimérica una viscosidad Brookfield medida a 120°C comprendida entre 10.000 mPa.s y 25.000 mPa.s;

b) formar un apilamiento que comprende, en el siguiente orden, una capa protectora trasera, una primera capa de la composición polimérica, un conjunto de células fotovoltaicas, una segunda capa de la composición polimérica y una capa protectora delantera; y luego

40 c) aplicar un tratamiento de activación adaptado al agente de reticulación para reticular la composición.

La etapa que consiste en proporcionar la composición polimérica puede comprender las etapas que consisten en sintetizar el copolímero adecuado o procurarlo directamente en forma acabada, y luego en proceder a su mezclado con un agente de reticulación y eventualmente con otros aditivos. Estas diferentes etapas, así como las composiciones empleadas, pueden ser tales como las descritas anteriormente en el presente texto. Alternativamente, también es posible proporcionar la composición polimérica que comprende el copolímero y el agente de reticulación por activación térmica en forma ya mezclada.

45 Durante la etapa de formación del apilamiento, las capas de la composición polimérica según la invención se pueden depositar por cualquier medio conocido por el experto en la técnica sin conformación previa. La viscosidad relativamente baja de la composición polimérica en estado fundido permite utilizar técnicas conocidas principalmente en el campo de las pinturas, por ejemplo con ayuda de un rodillo, o en el campo de los termo-recubrimientos (o "hot-melt" según la terminología inglesa), por ejemplo por recubrimiento con ayuda de un aplicador en forma de espiral (o "bar-coater", según la terminología inglesa).

Una vez formado el apilamiento, se realiza un tratamiento de activación adaptado al agente de activación, con el fin de reticular la composición polimérica. Por ejemplo, en el caso de un agente de reticulación por activación térmica, esta etapa puede consistir en un tratamiento térmico del apilamiento a una temperatura superior a la temperatura de activación del agente de reticulación de la composición polimérica.

55 Las composiciones poliméricas que comprenden un copolímero de etileno/acetato de vinilo y que presentan una viscosidad Brookfield suficientemente baja para ser vertibles son ya conocidas actualmente con el nombre de Evazo-

le® comercializada por la sociedad Arkema. Estas composiciones se emplean generalmente como aditivo en los carburantes.

5 Sin embargo, los inventores han descubierto que cuanto menor sea la viscosidad de la composición polimérica, más difícil será reticular satisfactoriamente el copolímero, hasta alcanzar una viscosidad crítica por debajo de la cual la composición polimérica ya no sería reticulable. Así, la gama de productos Evazole® no es aplicable para usar como encapsulante fotovoltaico.

Por tanto, es bastante sorprendente que la composición polimérica descrita en la presente invención presente a la vez una viscosidad tal que la composición pueda ser aplicada directamente como una pintura, y una buena capacidad de reticulación.

10 Los módulos fotovoltaicos obtenidos por el procedimiento descrito anteriormente presentan propiedades al menos tan satisfactorias como las de los módulos obtenidos por un procedimiento de encapsulación convencional con ayuda de una película encapsulante. En particular, se ha observado que las diferentes capas de los módulos obtenidos según el procedimiento de la presente invención tenían una buena adherencia entre sí y que los módulos no presentaban problemas de desestratificación.

15 El procedimiento objeto de la presente invención se puede realizar ventajosamente de forma continua. De hecho, las etapas de formación del apilamiento y de tratamiento térmico se pueden efectuar de forma continua según los métodos convencionales.

20 Otros objetos, características y ventajas de la invención surgirán de los ejemplos de realización siguientes, que se dan con fines puramente ilustrativos y no limitativos, y que se refieren a la figura 1 anexa que es un gráfico que representa las curvas de evolución del módulo elástico G' (en Pa) de las composiciones ilustrativas en función del tiempo t (en segundos).

Ejemplos

1) Síntesis del copolímero/caracterización de la viscosidad Brookfield:

En los ejemplos 1 y 2, se sinterizaron dos copolímeros a partir de los reactivos siguientes:

Ensayo	Acetato de vinilo (% en peso)	Agente de transferencia inyectado (% en peso)	Índice de peróxido (ppm en peso)
Ejemplo 1	28	0,5	162
Ejemplo 2	28	0,4	186

25

Se preparó otro copolímero en condiciones que permitieran obtener una viscosidad Brookfield inferior a 10.000 mPa.s. Se trata del contra-ejemplo 1.

Ensayo	Acetato de vinilo (% en peso)	Agente de transferencia inyectado (% en peso)	Índice de peróxido (ppm en peso)
Contra-ejemplo 1	28	2	244

30 Por último, el contra-ejemplo 2 es una calidad comercial EVATANE® 28800 proporcionada por la sociedad ARKEMA cuya viscosidad Brookfield es superior a 25.000 mPa.s. El índice del comonomero acetato de vinilo es 28% en peso.

Estos copolímeros se caracterizaron en un reómetro Brookfield en las condiciones descritas en la tabla siguiente:

Condiciones de caracterización de la viscosidad Brookfield	
Equipo	Reómetro Brookfield RV-DVIII
Elemento móvil utilizado	SC4-27 o SC4-29
Temperatura de caracterización	120°C
Velocidad de rotación del elemento móvil	20 revoluciones/minuto

Las viscosidades Brookfield así medidas se recogen en la siguiente tabla:

Ensayo	Elemento móvil utilizado	Viscosidad Brookfield a 120°C (mPa.s)
Ejemplo 1	SC4-29	13.450
Ejemplo 2	SC4-29	22.400

Ensayo	Elemento móvil utilizado	Viscosidad Brookfield a 120°C (mPa.s)
Contra-ejemplo 1	SC4-27	525
Contra-ejemplo 2	SC4-29	76.000

2) Preparación de la formulación/adición de aditivos:

La adición a los copolímeros de los aditivos metacrilato de 3-trimetoxisilil-propilo (agente de acoplamiento) y monoperoxicarbonato de O,O-terc-butilo y de O-(2-etilhexilo) (agente de reticulación) se realizó por mezclamiento en caliente en un horno de fusión regulado a 80°C y agitado a una velocidad de 250 revoluciones/minuto.

Las proporciones de aditivos son como las descritas en la tabla siguiente:

Producto	Proporción en la formulación (% en peso)
Copolímero de etileno/acetato de vinilo	98,2
Monoperoxicarbonato de O,O-terc.butilo y de O-(2-etilhexilo)	1,5
Metacrilato de 3-trimetoxisilil-propilo	0,3
Total	100

3) Evaluación de la reticulabilidad:

A continuación se analizan las formulaciones obtenidas por reometría dinámica de planos paralelos. El protocolo que se siguió es el descrito en la tabla siguiente:

Protocolo de evaluación de la reticulabilidad por reometría de planos paralelos		
Reómetro	Anton Paar - Modelo MCR 301	
Diámetro de los planos	50 mm	
Holgura	1 mm	
Amplitud de deformación	10%	
Frecuencia de oscilación	10 Hz	
Modo operatorio tiempo/temperatura	80°C	Inicial
	Subida 80 → 150°C	14 minutos
	Isotherma 150°C	30 minutos
Datos obtenidos	Curva de evolución del módulo elástico G' (Pa) en función del tiempo t (s)	
Criterio representativo del nivel de reticulación	Nivel del módulo elástico G' después de una reticulación superior o igual a 10 ³ Pa a 150°C	

Las curvas obtenidas para las diferentes formulaciones se muestran en la figura 1.

A partir de estas curvas, se obtuvieron los niveles de módulo elástico G' a 150°C después de la reticulación. Se recogen en la tabla siguiente:

Ensayo	Nivel de módulo elástico G' a 150°C después de reticulación (Pa)
Ejemplo 1	1450
Ejemplo 2	2000
Contra-ejemplo 1	1,05
Contra-ejemplo 2	65.800

4) Aplicación del encapsulante

Las formulaciones se aplicaron por recubrimiento con ayuda de un aplicador en forma de espiral. Las formulaciones se calentaron a una temperatura de 100°C y luego se vertieron sobre un sustrato de vidrio. El aplicador en forma de espiral permitió a continuación extender cada formulación en forma de una capa de espesor uniforme.

5 En el caso de los ejemplos 1 y 2, así como del contra-ejemplo 1, el recubrimiento no planteó ningún problema y se pudo obtener una capa uniforme. Sin embargo, debido a la viscosidad demasiado baja en el contra-ejemplo 1, no presenta ninguna resistencia mecánica después del enfriamiento e incluso después de la etapa de reticulación. Los ejemplos 1 y 2 presentaban, a su vez, una buena aplicabilidad, combinada con una buena resistencia mecánica después del enfriamiento. Por último, el contra-ejemplo 2, debido a su viscosidad relativamente alta, no permitía una aplicación por este procedimiento de recubrimiento.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Utilización como encapsulante de un módulo fotovoltaico de una composición polimérica, comprendiendo dicha composición polimérica un copolímero que comprende un monómero de etileno y un comonómero de éster vinílico de ácido carboxílico, representando el comonómero de éster vinílico de ácido carboxílico entre 5% y 50% en peso, con relación al peso total del copolímero, y teniendo la composición polimérica una viscosidad Brookfield medida a 120°C comprendida entre 10.000 mPa.s y 25.000 mPa.s.
- 10 2. Utilización de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizada porque el comonómero de éster vinílico de ácido carboxílico se selecciona del grupo constituido por acetato de vinilo, 2-etilhexanoato de vinilo, octanoato de vinilo y éster vinílico del ácido versático, y se prefiere el acetato de vinilo.
- 10 3. Utilización de acuerdo con una u otra de las reivindicaciones 1 y 2, caracterizada porque el copolímero comprende de 10% a 40%, más preferiblemente de 15% a 35% en peso de comonómero de éster vinílico de ácido carboxílico, con relación al peso total del copolímero.
- 15 4. Utilización de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizada porque el copolímero está constituido por un monómero de etileno y un comonómero de éster vinílico de ácido carboxílico.
- 15 5. Utilización de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, caracterizada porque el copolímero representa entre 92% y 99,9%, preferiblemente entre 97,5% y 99,5, con relación al peso total de la composición polimérica.
- 20 6. Utilización de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, caracterizada porque la composición polimérica comprende además un agente de reticulación, representando el agente de reticulación un total entre 0,1% y 5%, preferiblemente entre 0,5% y 2,5%, más preferiblemente entre 0,7% y 2% en peso, con relación al peso total de la composición polimérica.
- 25 7. Utilización de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, caracterizada porque la composición polimérica tiene una viscosidad Brookfield medida a 120°C comprendida entre 12.000 mPa.s y 23.000 mPa.s.
- 25 8. Procedimiento de encapsulación de un módulo fotovoltaico que comprende las etapas que consisten en:
- 30 a) proporcionar una composición polimérica que comprende:
- un copolímero que comprende un monómero de etileno y un comonómero de éster vinílico de ácido carboxílico, representando el comonómero de éster vinílico de ácido carboxílico entre 5% y 50% en peso, con relación al peso total del copolímero, y
 - un agente de reticulación,
- 35 teniendo la composición polimérica una viscosidad Brookfield medida a 120°C comprendida entre 10.000 mPa.s y 25.000 mPa.s;
- 40 b) formar un apilamiento que comprende, en el siguiente orden, una capa protectora trasera, una primera capa de la composición polimérica, un conjunto de células fotovoltaicas, una segunda capa de la composición polimérica y una capa protectora delantera; y luego
- 40 c) aplicar un tratamiento de activación adaptado al agente de reticulación para reticular la composición.
- 45 9. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 8, caracterizado porque el agente de reticulación es un agente de reticulación por activación térmica y la etapa c) consiste en tratar térmicamente el apilamiento a una temperatura superior a la temperatura de activación del agente de reticulación de la composición polimérica.
- 45 10. Procedimiento de acuerdo con una u otra de las reivindicaciones 8 y 9, caracterizado porque se realiza de forma continua.

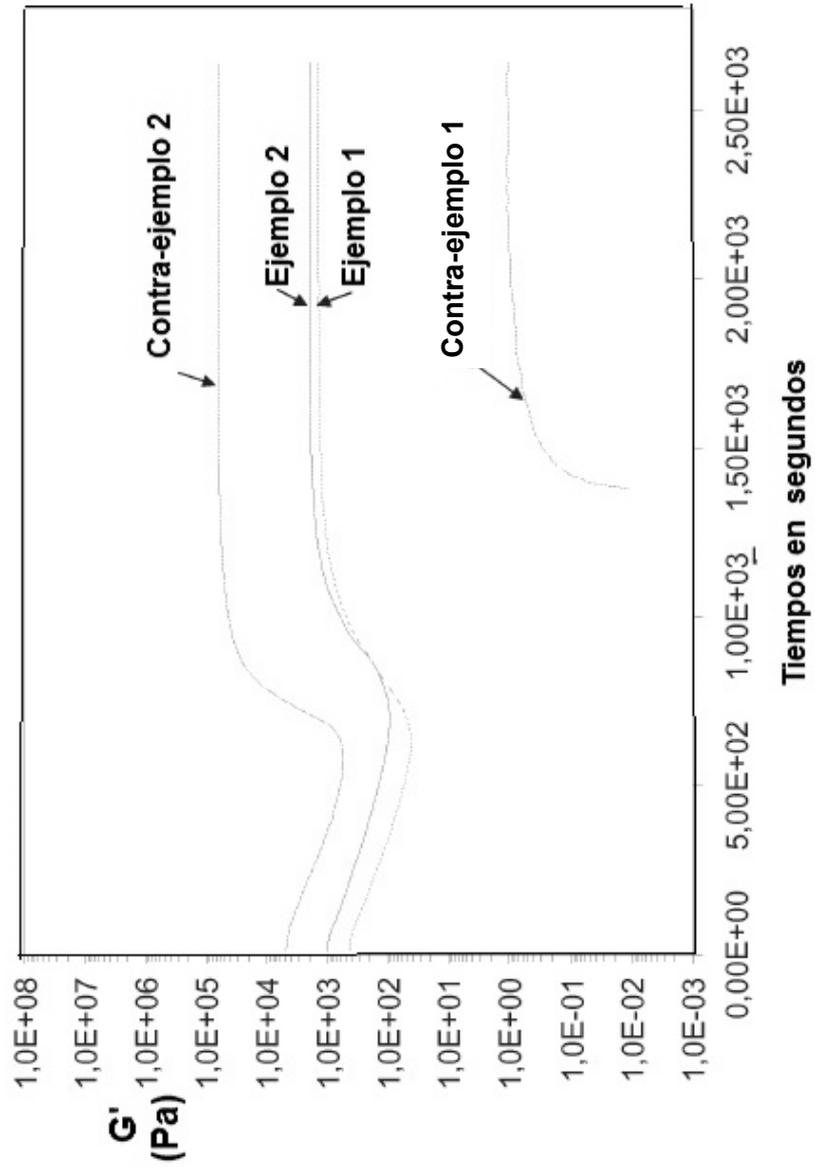


FIGURA 1