

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 398 517**

51 Int. Cl.:

**C09D 133/06** (2006.01)

**H01L 31/048** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **16.12.2010 E 10195310 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **28.11.2012 EP 2345705**

54 Título: **Método para producir un módulo fotovoltaico**

30 Prioridad:

**12.01.2010 US 335805 P**

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

**19.03.2013**

73 Titular/es:

**ROHM AND HAAS COMPANY (100.0%)  
100 Independence Mall West  
Philadelphia, Pennsylvania 19106-2399, US**

72 Inventor/es:

**EINSLA, MELINDA L.;  
GUO, HAILAN y  
GREER, EDWARD C.**

74 Agente/Representante:

**DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto**

**ES 2 398 517 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**

Método para producir un módulo fotovoltaico

La invención se refiere a un encapsulante líquido particularmente útil para la construcción de módulos fotovoltaicos y a un proceso para producir un módulo fotovoltaico.

5 Se han descrito métodos para el encapsulado de células solares en el interior de un módulo fotovoltaico. Por ejemplo, el documento de Estados Unidos N°. de Publicación 2006/0207646 describe un proceso que usa un encapsulante líquido de silicona. No obstante, no se ha informado sobre el uso de resinas acrílicas-uretano con esta finalidad.

El documento EP-A-2040306 describe células solares y placas laminadas con un adhesivo acrílico de uretano.

10 El problema abordado por la presente invención es proporcionar un encapsulante líquido particularmente útil para la construcción de módulos fotovoltaicos y un proceso para producir un módulo fotovoltaico.

El documento WO-A-2006/63976 describe resinas acrílicas-uretano usadas en pinturas y revestimientos.

**Afirmación de la invención**

15 La presente invención proporciona un método para producir un módulo fotovoltaico que comprende poner en contacto al menos una capa de un encapsulante líquido y una pluralidad de células solares; en el que el encapsulante líquido comprende: (i) un poliol acrílico que tiene un grupo terminal hidroxilo, un número medio de unidades monoméricas con funcionalidad hidroxilo por cadena polimérica de 2 a 25 y Mn de 1.000 a 10.000; y (ii) un poliisocianato alifático con una funcionalidad media de al menos dos; en el que la proporción molar de grupos hidroxilo no terminales en el poliol con respecto a grupos isocianato en el poliisocianato alifático es de 0,5:1 a 1:0,5.

20 La presente invención además va destinada a una composición que comprende: (i) un poliol acrílico que tiene un grupo terminal hidroxilo, un número medio de unidades monoméricas con funcionalidad hidroxilo por cadena polimérica de 2 a 25 y Mn de 1.000 a 10.000; y (ii) un poliisocianato alifático con una funcionalidad media de al menos dos; en el que la proporción molar de grupos hidroxilo no terminales en el poliol con respecto a grupos isocianato en el poliisocianato alifático es de 0,5:1 a 1:0,5.

**25 Descripción detallada**

Los porcentajes son porcentajes en peso (% en peso) y las temperaturas están en °C, a menos que se especifique lo contrario. Los porcentajes en peso están basados en el peso total de los monómeros en la mezcla de polimerización. Según se usa en el presente documento, el término "(met)acrílico" se refiere a acrílico o metacrílico, y "(met)acrilato" se refiere a acrilato y metacrilato. El término "(met)acrilamida" se refiere a acrilamida (AM) o metacrilamida (MAM).  
 30 "Monómeros acrílicos" se refiere a ácido acrílico (AA), ácido metacrílico (MAA), ésteres de AA y MAA, ácido itacónico (IA), ácido crotonico (CA), acrilamida (AM), metacrilamida (MAM) y derivados de AM y MAM, por ejemplo (met)acrilamidas de alquilo. Los ésteres de AA y MAA incluyen, pero sin limitarse a, ésteres de alquilo, hidroalquilo, fosfoalquilo y sulfoalquilo, por ejemplo, metacrilato de metilo (MMA), metacrilato de etilo (EMA), metacrilato de butilo (BMA), metacrilato de hidroxietilo (HEMA), acrilato de hidroxietilo (HEA), metacrilato de hidroxipropilo (HPMA),  
 35 acrilato de hidroxibutilo (HBA), acrilato de metilo (MA), acrilato de etilo (EA), acrilato de butilo (BA), acrilato de 2-etilhexilo (EHA) y metacrilatos de fosfoalquilo (por ejemplo, PEM).

La expresión "monómeros de vinilo" se refiere a monómeros que contienen un enlace doble carbono-carbono que se encuentra conectado a un heteroátomo tal como nitrógeno u oxígeno. Ejemplos de monómeros vinílicos incluyen, pero sin limitarse a, acetato de vinilo, vinil formamida, vinil acetamida, vinil pirrolidona, vinil caprolactama y alcanoatos de cadena larga tales como neodecanoato de vinilo y estearato de vinilo.  
 40

Una célula solar es un semiconductor usado para generar electricidad a partir de luz. Típicamente, las células solares están fabricadas a partir de materiales de semi-conductor tales como silicio (cristalino, poli-cristalino o de película fina), arseniuro de galio, diseleniuro de indio y cobre, telururo de cadmio, diseleniuro de galio, indio y cobre y sus mezclas. Las células solares pueden estar en forma de obleas o películas finas, estando formadas las primeras por medio de corte a partir de un cristal o por medio de colada y estando las últimas depositadas sobre un substrato o super-substrato por medio de metalizado por bombardeo o deposición química de vapor (CVD).  
 45

El número medio de unidades monoméricas con funcionalidad hidroxilo por cadena polimérica es un valor medio calculado a partir del poliol acrílico a partir de sus valores de Mn y peso equivalente (EW) (unidades/cadena = Mn/EW). El peso equivalente se define como la masa de poliol que contiene un mol de funcionalidad hidroxilo, excluyendo los grupos terminales hidroxilo. Por ejemplo, un poliol que contiene 15% en peso de HEMA presenta EW = 876,6 g de poliol/mol de OH. Si el número de hidroxilo (N°. OH) ha sido determinado para el poliol, entonces el cálculo es como se muestra a continuación: Mn/(56105/N°. OH). El número de hidroxilo se calcula a partir del contenido monomérico con funcionalidad hidroxilo del polímero, sin incluir el grupo terminal hidroxilo que se piensa que procede del agente de transferencia de cadena. N°. OH= 56105/EW. Por supuesto, la distribución actual de cadenas  
 50

- 5 poliméricas contiene algunas cadenas con funcionalidad de hidroxilo más baja y más elevada. En algunas realizaciones de la invención, la funcionalidad media de hidroxilo por cadena polimérica es de al menos 2,5, preferentemente de al menos 3, preferentemente de al menos 3,5, preferentemente de al menos 4; la funcionalidad media de hidroxilo no es mayor que 10, preferentemente no mayor que 8, preferentemente no mayor que 7, preferentemente no mayor que 6.
- 10 En algunas realizaciones de la invención, Mn del poliol acrílico es de al menos 2.000, preferentemente de al menos 2.500, preferentemente de al menos 3.000, preferentemente de al menos 3.500. En algunas realizaciones de la invención, Mn del poliol acrílico no es mayor que 8.000, preferentemente no mayor que 7.000, preferentemente no mayor que 6.000. En algunas realizaciones Mw/Mn es de 1,5 a 3,5, de manera alternativa de 2 a 3. En algunas realizaciones de la invención, el Tg del poliol acrílico es de -100 °C a -40 °C, preferentemente de -80 °C a -45 °C, preferentemente de -75 °C a -50 °C.
- 15 En algunas realizaciones de la invención, el poliol acrílico comprende al menos 60% de residuos polimerizados de monómeros acrílicos, preferentemente al menos 70%, preferentemente al menos 80%, preferentemente al menos 90%, preferentemente al menos 95%. En algunas realizaciones de la invención, el poliol acrílico contiene de 5 a 35% de residuos polimerizados de monómeros acrílicos que contienen hidroxilo, preferentemente de 8 a 25%, preferentemente de 10 a 20%. En algunas realizaciones de la invención, el poliol acrílico presenta un Mn de 3.000 a 5.000, y de 10 a 20% de residuos de monómeros acrílicos que contienen hidroxilo. En algunas realizaciones, los monómeros que contienen hidroxilo son (met)acrilatos de hidroxialquilo, preferentemente los seleccionados entre HEMA, HPMA, HBA o sus combinaciones; preferentemente HEMA y/o HPMA. En algunas realizaciones, el poliol acrílico comprende de 65 a 95% de residuos polimerizados de (met)acrilato(s) de alquilo C<sub>4</sub>-C<sub>12</sub>, preferentemente de 75 a 92%, preferentemente de 80 a 90%; en algunas realizaciones, el(los) (met)acrilato(s) de alquilo es(son) acrilato(s) de alquilo C<sub>4</sub>-C<sub>12</sub>, preferentemente acrilato(s) de alquilo C<sub>4</sub>-C<sub>10</sub>, preferentemente BA y/o HEA. En algunas realizaciones, el poliol acrílico puede contener pequeñas cantidades de residuos de monómeros vinílicos además de los monómeros acrílicos.
- 20
- 25 Preferentemente, el poliol acrílico está formado por medio de polimerización en disolución usando iniciadores típicos bien conocidos en la técnica. Preferentemente, se usa un agente de transferencia de cadena (CTA), por ejemplo, un alcohol, glicol, éter de alquil glicol, mercapto-alcohol o mercapto-glicol; preferentemente un alcohol, glicol o éter de alquil glicol; preferentemente un alcohol. En algunas realizaciones, el agente de transferencia de cadena se encuentra sustancialmente libre (es decir, menos que 0,3%, de manera alternativa menos que 0,1%, de manera alternativa menos que 0,05%) de azufre y el poliol acrílico se encuentra sustancialmente libre (es decir, menos que 100 ppm, de manera alternativa menos que 500 ppm, de manera alternativa menos que 25 ppm) de azufre. Disolventes apropiados para la polimerización incluyen por ejemplo, alcoholes, ésteres de alquilo, glicoles, éteres de alquilo de glicol, aldehídos, cetonas y ésteres. En algunas realizaciones, el disolvente también actúa como el agente de transferencia de cadena; disolventes preferidos que también son agentes de transferencia de cadena incluyen, por ejemplo, alcoholes C<sub>1</sub>-C<sub>6</sub>, incluyendo isopropanol. Cuando se usan compuestos hidroxilo como agentes de transferencia de cadena, se piensa que un grupo hidroxilo terminal se une directamente al extremo de la cadena polimérica. Cuando se usan alcoholes, por ejemplo isopropanol, como agentes de transferencia de cadena, se piensa que el grupo hidroxilo terminal terciario resultante es químicamente menos reactivo que los grupos hidroxilo sobre (met)acrilatos de hidroxialquilo y otros monómeros con sustitución hidroxilo.
- 30
- 35
- 40 Un poliisocianato alifático es un material que presenta una funcionalidad media de isocianato de al menos 2. Ejemplos de poliisocianatos alifáticos apropiados incluyen los basados en diisocianato de isoforona (IPDI), diisocianato de hexametileno (HDI), diisocianato de dicitlohexil metano (HMDI), bis(isocianatometil)ciclohexano, sus isómeros o sus mezclas. También se pueden usar pre-polímeros de un poliisocianato alifático y un poliol en la presente invención como componente de poliisocianato alifático; Mn preferido para el pre-polímero de poliisocianato es de 300 a 3000, preferentemente de 500 a 2000. En algunas realizaciones de la invención, la funcionalidad del poliisocianato alifático es de al menos 2,5, de manera alternativa de al menos 2,7, de manera alternativa de al menos 3. En algunas realizaciones, el poliisocianato alifático presenta una funcionalidad no mayor que 5, preferentemente no mayor que 4, preferentemente no mayor que 3.
- 45
- 50 Preferentemente, la proporción molar de grupos hidroxilo no terminales/grupos NCO varía de 0,75:1 a 1:0,75, de manera alternativa de 0,75:1 a 1:0,9, de manera alternativa de 0,9:1 a 1:0,75, de manera alternativa de 0,9:1 a 1:0,9, de manera alternativa de 0,95:1 a 1:0,9, de manera alternativa de 0,9:1 a 1:0,95, de manera alternativa de 0,95:1 a 1:0,95, de manera alternativa de 0,98:1 a 1:0,98, de manera alternativa de 0,99:1 a 1:0,99, de manera alternativa de 0,995:1 a 1:0,995.
- 55
- 60 Los agentes de reticulación son monómeros que tienen dos o más grupos etilénicamente insaturados y pueden incluir, por ejemplo, compuestos divinil aromáticos, ésteres de di-, tri- y tetra-(met)acrilato, éter di-, tri- y tetra-alílico o compuestos de éster y (met)acrilato de alilo. Ejemplos preferidos de dichos monómeros incluyen divinilbenceno (DVB), éter dialílico de trimetilolpropano, tetraalil pentaeritrol, trialil pentaeritrol, dialil pentaeritrol, ftalato de dialilo, maleato de dialilo, cianurato de trialilo, éter dialílico de bisfenol A, alil sacarosas, metilén bisacrilamida, triacrilato de trimetilolpropano, metacrilato de alilo (ALMA), dimetacrilato de etenglicol (EGDMA), diarilato de hexan-1,6-diol (HDDA) y dimetacrilato de butilenglicol (BGDMA). En algunas realizaciones de la invención, la cantidad de residuo

de agente de reticulación polimerizado en el polímero no es más que 2,0%, preferentemente no más que 0,1%, preferentemente no más que 0,05%, preferentemente no más que 0,02%.

De manera opcional, la composición de la presente invención puede incluir otros ingredientes. Por ejemplo, la composición puede incluir un catalizador para la reacción de formación de uretano, por ejemplo, diésteres de dialquil estaño; promotores de adhesión; anti-oxidantes y estabilizadores de luz. Preferentemente, los ingredientes anteriormente mencionados estarían en el componente de polioliol, aunque algunos pueden estar incluidos en el componente de poliisocianato si no son reactivos con los grupos isocianato y no catalizan la polimerización de isocianato. En algunas realizaciones de la invención, la composición contiene no más que 1,5% en peso de estabilizador(es) de luz, de manera alternativa no más que 1,25%, de manera alternativa no más que 1%, de manera alternativa no más que 0,75%, de manera alternativa no más que 0,5%, de manera alternativa no más que 0,25%. En algunas realizaciones de la invención, el módulo fotovoltaico se forma usando únicamente el encapsulante y las células solares para formar un encapsulante curado en el que se suspenden las células solares. En algunas realizaciones de la invención, el módulo fotovoltaico se forma por medio de laminado de dos láminas flexibles de material juntas usando el encapsulante líquido; en este caso las células se pueden formar bien sobre el lado inferior de la película superior o bien sobre el lado superior de la película inferior. En algunas otras realizaciones de la invención, estas dos películas flexibles se laminan en un proceso de rodillo-contra-rodillo. En algunas realizaciones de la invención, una lámina de vidrio cubre las células solares para formar un módulo fotovoltaico en el que la luz pasa a través de la lámina de vidrio antes de impactar con las células solares. En estas realizaciones, las células solares se pueden separar del vidrio por medio de una capa de material encapsulante curado o se pueden formar las células solares directamente sobre la lámina de vidrio (por ejemplo, por medio de metalizado por bombardeo o CVD) y posteriormente se pueden cubrir con una capa de material encapsulante. Cuando las células solares están separadas del vidrio por medio de una capa de material encapsulante curado, se pueden formar sobre la parte superior de una lámina sólida, por ejemplo, de papel metalizado o vidrio, posteriormente se pueden cubrir con una capa de encapsulante líquido, y finalmente con una lámina de vidrio; de manera alternativa, las células solares pueden estar ubicadas entre dos capas de encapsulante con el vidrio en la parte superior, y una capa opcional de material rígido por debajo de las capas de encapsulante. El material rígido puede ser, por ejemplo, un polímero sintético (por ejemplo, un poli(fluoruro de vinilo), poli(tereftalato de etileno), acetato de etilen vinilo), una lámina de metal, etc. En las presentes descripciones, el término "superior" indica la dirección desde la cual la luz viaja para alcanzar las células solares. En la mayoría de los casos, el módulo fotovoltaico requiere un material aislante por debajo de las células solares. Este material puede ser el encapsulante o un material rígido, con la condición de que el material satisfaga los criterios en cuanto a capacidad aislante, por ejemplo, los métodos de ensayo especificados en IEC 61215, IEC 61646, UL 746A, UL746B, UL746C.

En algunas realizaciones de la invención, el componente de polioliol y el componente de isocianato se mezclan para formar el encapsulante líquido justo antes del contacto con las células solares, por ejemplo, en un dispositivo de mezcla en línea o un tanque de mezcla. Dependiendo del tipo de construcción del módulo fotovoltaico, como se ha descrito anteriormente, los componentes mixtos se podrían aplicar a vidrio o un material polimérico sintético antes de añadir las células solares, antes y después de que las células solares formen dos capas de material encapsulante, a las células solares formadas sobre vidrio o un polímero sintético, etc. Preferentemente, el encapsulante líquido se somete a curado por medio de calentamiento del módulo fotovoltaico ensamblado, preferentemente a una temperatura de 60 °C a 150 °C durante un tiempo de 1 minuto a 3 horas. Los tiempos y las temperaturas variarán dependiendo de los tipos de funcionalidad de isocianato e hidroxilo, proporción de hidroxilo/isocianato y otros factores, así como se comprende bien en el presente campo.

### Ejemplos

Procedimiento de polimerización típico:

Se introdujo isopropanol (1137 g) en un matraz de fondo redondo de 4 bocas, equipado con purga de nitrógeno, condensador de reflujo, controlador de temperatura, y agitador magnético, y se calentó hasta 82 °C. Se añadió una disolución de peroxipivalato de t-amilo en isopropanol (704 ml, 4,7% en peso), seguido de una mezcla de acrilato de 2-etilhexilo (187 g) y metacrilato de hidroxietilo (33 g). Se aumentó la temperatura de la mezcla hasta 86 °C sin calor añadido. Tras permitir que la mezcla se enfriara hasta 82 °C, se añadió de forma gradual una mezcla de acrilato de 2-etilhexilo (1683 g) y metacrilato de hidroxietilo (297 g) durante un período de 180 minutos. De manera concurrente, se añadió una disolución de peroxipivalato de t-amilo en isopropanol (704 ml, 4,7% en peso) durante un período de 200 minutos. Tras completar la adición, se mantuvo la mezcla a 82 °C durante 60 minutos, seguido de la adición de una disolución de peroxipivalato de t-amilo en isopropanol (16,6 ml, 29,8% en peso). Tras 15 minutos, se añadió otra disolución de peroxipivalato de t-amilo en isopropanol (16,6 ml, 29,8 % en peso) durante un período de 90 minutos. Se retiró el disolvente del polímero por medio de evaporación.

La siguiente tabla recoge los polímeros preparados de acuerdo con el presente método.

ES 2 398 517 T3

| Composición           | CTA<br>(agente de transferencia<br>de cadena) | Disolv. | Peso. eq.<br>(g/mol) -<br>no ej. | Mw<br>x10 <sup>3</sup> | Mn<br>x10 <sup>3</sup> | Nº. OH | OH/cadena (no<br>ej.) |
|-----------------------|---|---------|----------------------------------|------------------------|------------------------|--------|-----------------------|
| 94 BA/6 HEMA          | MMP (4,0%)                                    | EAc     | 2169                             | 5,8                    | 2,2                    | 25,9   | 1,0                   |
| 95 BA/5 HEMA          | ME (2,0%)                                     | EAc     | 2602,8                           | 7,7                    | 2,6                    | 21,6   | 1,0                   |
| 95 BA/5 HEMA          | ME (4,0%)                                     | EAc     | 2602,8                           | 4,0                    | 1,7                    | 21,6   | 0,7                   |
| 94 BA/6 HEMA          | ME (1,0%)                                     | EAc     | 2169                             | 16,3                   | 9,4                    | 25,9   | 4,3                   |
| 94 BA/6 HEMA          | ME (1,5%)                                     | EAc     | 2169                             | 11,2                   | 6,8                    | 25,9   | 3,1                   |
| *94 BA/6 HEMA         | MMP (1,5%)                                    | EAc     | 2169                             | 20,7                   | 11,5                   | 25,9   | 5,3                   |
| 88 BA/12 HEMA         | 1-tioglicerol (3,0%)                          | EAc     | 1084,5                           | 8,7                    | 5,6                    | 51,7   | 5,2                   |
| 88 BA/12 HEMA         | 2-mercapto-3-butanol<br>(3,0%)                | EAc     | 1084,5                           | 9,1                    | 5,8                    | 51,7   | 5,3                   |
| 92 BA/8 HEMA          | MMP (1,75%)                                   | EAc     | 1626,8                           | 17,0                   | 9,4                    | 34,5   | 5,8                   |
| *94 BA/6 HEMA         | MMP (0,5%)                                    | EAc     | 2169                             | 50,6                   | 23,3                   | 25,9   | 10,7                  |
| *94 BA/6 HEMA         | -   | EAc     | 2169                             | 194,0                  | 63,5                   | 25,9   | 29,3                  |
| *94 BA/6 HEMA         | MMP (1,0%)                                    | EAc     | 2169                             | 27,0                   | 14,0                   | 25,9   | 6,5                   |
| 91,3 EHA/8,7<br>HEMA  | MMP (3,0%)                                    | EAc     | 1495,5                           | 6,9                    | 3,3                    | 37,5   | 2,2                   |
| 91,3 EHA/8,7<br>HEMA  | MMP (1,5%)                                    | EAc     | 1495,5                           | 16,2                   | 9,1                    | 37,5   | 6,1                   |
| *95,8 EHA/4,2<br>HEMA | MMP (0,5%)                                    | EAc     | 3098,6                           | 33,2                   | 15,0                   | 18,1   | 4,8                   |
| *76 EHA/24<br>HEMA    | MMP (0,5%)                                    | EAc     | 542                              | 39,7                   | 17,2                   | 103,5  | 31,7                  |
| *97,8 EHA/2,2<br>HEMA | MMP (0,5%)                                    | EAc     | 6000                             | 23,5                   | 11,1                   | 9,4    | 1,9                   |
| *80 EHA/20<br>HEMA    | MMP (0,5%)                                    | EAc     | 651                              | 38,6                   | 17,0                   | 86,2   | 26,1                  |
| *85 EHA/15<br>HEMA    | MMP (0,5%)                                    | EAc     | 868                              | 37,1                   | 16,3                   | 64,6   | 18,8                  |
| 91,3 EHA/8,7<br>HEMA  | MMP (1,5%)                                    | EAc     | 1496                             | 14,0                   | 6,0                    | 37,5   | 4,0                   |
| 76 EHA/24<br>HEMA     | MMP (3,0%)                                    | EAc     | 542                              | 7,6                    | 5,2                    | 103,5  | 9,6                   |
| 80 EHA/20<br>HEMA     | MMP (3,0%)                                    | EAc     | 651                              | 7,8                    | 4,1                    | 86,2   | 6,3                   |
| 70 EHA/30<br>HPMA     | MMP (3,0%)                                    | EAc     | 481                              | 11,1                   | 6,2                    | 116,7  | 12,9                  |
| 76 EHA/24<br>HPMA     | MMP (3,0%)                                    | EAc     | 601                              | 11,1                   | 4,5                    | 93,4   | 7,5                   |
| 88 BA/12 HEMA         | IPA   | IPA     | 1085                             | 15,0                   | 5,9                    | 51,7   | 5,4                   |

## ES 2 398 517 T3

| Composición |        | CTA<br>(agente de transferencia de cadena) | Disolv. | Peso. eq.<br>(g/mol) -<br>no ej. | Mw<br>x10 <sup>3</sup> | Mn<br>x10 <sup>3</sup> | Nº. OH | OH/cadena (no ej.) |
|-------------|--------|--|---------|----------------------------------|------------------------|------------------------|--------|--------------------|
| 80<br>HPMA  | EHA/20 | MMP (3,0%)                                 | EAc     | 721                              | 9,2                    | 4,3                    | 77,8   | 6,0                |
| 85<br>HEMA  | EHA/15 | MMP (3,0%)                                 | EAc     | 868                              | 7,6                    | 4,0                    | 64,6   | 4,6                |
| 88 BA/12    | HEMA   | MMP (3,0%)                                 | EAc     | 1085                             | 9,3                    | 4,4                    | 51,7   | 4,1                |
| 80<br>HEMA  | EHA/20 | IPA  | IPA     | 651                              | 16,6                   | 6,3                    | 86,2   | 9,7                |
| 88<br>HEMA  | EHA/12 | IPA  | IPA     | 1085                             | 12,2                   | 4,7                    | 51,7   | 4,3                |
| 90<br>HEMA  | EHA/10 | IPA  | IPA     | 1301                             | 11,9                   | 4,7                    | 43,1   | 3,6                |
| 85<br>HEMA  | EHA/15 | MMP (3,0%)                                 | IPA     | 868                              | 4,9                    | 2,5                    | 64,6   | 2,9                |
| 85<br>HEMA  | EHA/15 | MMP (1,5%)                                 | EAc     | 868                              | 9,4                    | 3,1                    | 64,6   | 3,6                |
| 85<br>HEMA  | EHA/15 | IPA  | IPA     | 868                              | 9,4                    | 4,5                    | 64,6   | 5,2                |
| 80<br>HPMA  | EHA/20 | IPA  | IPA     | 721                              | 13,9                   | 4,4                    | 77,8   | 6,1                |
| 88<br>HPMA  | EHA/12 | IPA  | IPA     | 1201                             | 10,9                   | 3,6                    | 46,7   | 3,0                |
| *100        | EHA    | IPA  | IPA     | -                                | 6,8                    | 3,4                    | -      | -                  |

Mw y Mn presentados en kg/mol; ej = grupo terminal polimérico

EAc = acetato de etilo; MMP = 3-mercaptopropionato de metilo; IPA = isopropanol;

ME = mercaptoetanol

\* no de acuerdo con los requisitos de la reivindicación 1

### 5 Procedimiento típico para encapsulado

Este procedimiento es para un copolímero EHA/HEMA 85/15 reticulado con una cantidad estequiométrica de HMDI (proporción molar de 1:1 hidroxil/isocianato, basado en la funcionalidad hidroxil del polioliol excluyendo el grupo terminal hidroxil). Se mezclaron el copolímero (50 g, Nº. OH 64,5 mg KOH/g), catalizador (diacetato de dibutilestano, 0,005% en peso, 0,0025 g) y un fotoestabilizador adicional, a vacío, a 60 °C hasta que no se observaron burbujas. Se añadió 4,4'-diisocianato de dicitohexilmetano (7,62 g) y se mezcló la formulación a vacío durante 3 minutos. Se desgasificaron los tres primeros ingredientes (o dos, si hubo foto-ensado) a 60 °C, y se bombeó el isocianato por separado con una proporción estequiométrica en un dispositivo de mezcla en línea con 24 elementos de mezcla.

#### 1) Vidrio hacia abajo, precurado

Se revistió la mezcla descrita anteriormente sobre una placa de vidrio de 6" x 6" (15,2 x 15,2 cm) usando una barra de reducción, dando lugar a un espesor de revestimiento en húmedo de 500 micrómetros. Se colocó esta placa en un horno a 90 °C durante 1 hora. Posteriormente, se preparó un segundo revestimiento del encapsulante líquido sobre la presente capa parcialmente curada. Se colocó una célula solar de silicio de cristal sencillo de 5 pulgadas (12,7 cm), con tiras colectoras frontal y trasera, mirando hacia abajo sobre el encapsulante húmedo, y se preparó un tercer revestimiento sobre la cara posterior de la célula solar. Se colocó una película de placa EVA/PET/TEDLAR con el lado de EVA hacia abajo sobre el encapsulante húmedo, y se retiró cualquier burbuja de aire usando un rodillo de caucho. Se colocó el módulo solar en un horno y se sometió a curado durante la noche a 90 °C.

#### 2) Vidrio hacia abajo, sin precurado

5 Se revistió la mezcla descrita sobre una placa de vidrio de 6" x 6" (15,2 x 15,2 cm) usando una barra de reducción. Se colocó una célula solar de silicio de cristal sencillo de 5" (12,7 cm) con tiras colectoras frontal y trasera, mirando hacia abajo, sobre el encapsulante líquido, y se preparó un segundo revestimiento de encapsulante líquido sobre la cara posterior de la célula solar. Se colocó una película de placa EVA/PET/TEDLAR sobre el encapsulante húmedo, y se retiró cualquier burbuja de aire usando un rodillo de caucho. Se colocó el módulo solar en un horno y se sometió a curado durante la noche a 90 °C. En varios módulos, se encontró que la placa presentaba deslizamiento parcial del vidrio.

3) Vidrio hacia abajo, sin precurado; fijación

10 Se revistió la mezcla descrita sobre una placa de vidrio de 6" x 6" (15,2 x 15,2 cm) usando una barra de reducción. Se colocó la presente placa de vidrio en una fijación de aluminio que se dimensionó para que ajustara al vidrio y la placa. Se trataron las partes de la fijación en contacto con la pieza de trabajo con agente de eliminación de fluoropolímero. Se colocó una célula solar de silicio de cristal sencillo de 5 pulgadas (12,7 cm), con tiras colectoras frontal y trasera, mirando hacia abajo sobre el encapsulante húmedo, y se preparó un segundo revestimiento de encapsulante líquido sobre la cara posterior de la célula solar. Se colocó una película de placa EVA/PET/TEDLAR sobre el encapsulante húmedo, y se retiró cualquier burbuja de aire usando un rodillo de caucho. Se colocó el módulo solar en un horno y se sometió a curado durante la noche a 90 °C. Tras el curado, se retiró el módulo de la fijación de aluminio.

4) Vidrio hacia arriba, sin precurado, fijación

20 Se revistió la mezcla descrita sobre una pieza de 6" x 6" (15,2 x 15,2 cm) de película de placa de EVA/PET/TEDLAR usando una barra de reducción. Se colocó una célula solar de silicio de cristal sencillo de 5" (12,7 cm), con tiras colectoras frontal y trasera, mirando hacia arriba sobre el encapsulante húmedo. Se revistió una segunda capa de encapsulante sobre la célula solar, y se dispuso una pieza de vidrio de 6" x 6" (15,2 x 15,2 cm) sobre la parte superior, de forma lenta desde un borde, de manera que no quedaran burbujas atrapadas. Se transfirió el presente lote a una fijación de aluminio, y se sometió a curado el ensamblaje en un horno durante la noche a 90 °C. Tras el curado, se retiró el módulo de la fijación de aluminio.

5) Procedimiento predicho para el vidrio caliente

30 Se reviste la mezcla descrita sobre una pieza de vidrio de 6" x 6" (15,2 x 15,2 cm) que se pre-calienta a 120 °C. Se coloca una célula solar de silicio de cristal sencillo de 5" (12,7 cm), con tiras colectoras frontal y trasera, mirando hacia abajo sobre el encapsulante húmedo, y se prepara un segundo revestimiento de encapsulante líquido sobre la cara posterior de la célula solar. Se coloca una primera película de placa de EVA/PET/TEDLAR sobre el encapsulante húmedo, y se retira cualquier burbuja de aire usando un rodillo de caucho. Se coloca el módulo solar en un horno y se somete a curado durante la noche a 90 °C.

6) Procedimiento predicho para uso como marco a modo de fijación

35 Se reviste la mezcla descrita sobre una placa de vidrio de 6" x 6" (15,2 cm x 15,2 cm) usando una barra de reducción. Se coloca una célula solar de silicio de cristal sencillo de 5" (12,7 cm), con tiras colectoras frontal y trasera, mirando hacia arriba, sobre el encapsulante húmedo, y se prepara un segundo revestimiento de encapsulante líquido sobre la cara posterior de la célula solar. Se coloca una película de placa de EVA/PET/TEDLAR con cortes de abertura para la salida de las tiras colectoras, sobre el encapsulante húmedo, y se retira cualquier burbuja de aire usando un rodillo de caucho. Se coloca el módulo solar en el interior de un marco de aluminio, y se añade mezcla adicional al borde del marco para sellar el mismo con el módulo. A continuación, se coloca el módulo con marco en un horno y se somete a curado durante la noche a 90 °C.

45 La siguiente tabla presenta los resultados de los módulos fotovoltaicos preparados sin foto-estabilizador de acuerdo con el procedimiento anterior. Se piensa que el polioliol preparado a usando IPA como CTA presenta un grupo terminal hidroxilo. El polímero de encapsulante preparado a partir del presente polioliol y HMDI exhibió un amarilleo mucho menor que el polímero de comparación. Se midió el amarilleo tras la exposición a una lámpara de arco de Xe durante los tiempos indicados, de acuerdo con ASTM G 155.

| polioliol         | disolvente/CTA | NCO  | YI<br>(0 h) | YI<br>(500 h) | YI<br>(1000 h) |
|-------------------|----------------|------|-------------|---------------|----------------|
| 85 EHA/15<br>HEMA | EAc/3% de MMP  | HMDI | 1,8         | 7,0           | 10,0           |
|                   | IPA            |      | 12          | 1,5           | 2,0            |

**REIVINDICACIONES**

- 5 1.- Un método para producir un módulo fotovoltaico; comprendiendo dicho método poner en contacto al menos una capa de encapsulante líquido y una pluralidad de células solares; en el que el encapsulante líquido comprende: (i) un poliol acrílico que tiene un grupo terminal hidroxilo, un número medio de unidades monoméricas con funcionalidad hidroxilo por cadena polimérica, como se determina de acuerdo con la memoria descriptiva, de 2 a 25 y un Mn de 1.000 a 10.000; y (ii) un poliisocianato alifático con una funcionalidad media de al menos dos; en el que la proporción molar de grupos hidroxilo no terminales en el poliol con respecto a grupos isocianato en el poliisocianato alifático es de 0,5:1 a 1:0,5.
- 10 2. El método de la reivindicación 1, en el que el poliol acrílico presenta un número medio de unidades monoméricas con funcionalidad hidroxilo por cadena polimérica de 3 a 6.
3. El método de la reivindicación 1, en el que el poliol acrílico presenta un Mn de 3.000 a 7.000.
4. El método de la reivindicación 1, en el que el poliisocianato alifático presenta una funcionalidad media de 2 a 4.
- 15 5. El método de la reivindicación 1, en el que el poliol acrílico comprende de 65 a 95% en peso de residuos polimerizados de (met)acrilato de alquilo C<sub>4</sub>-C<sub>12</sub> y de 5 a 35% en peso de residuos polimerizados de monómero acrílico que contiene hidroxilo.
6. El método de la reivindicación 5, en el que el poliol acrílico tiene un Mn de 3.000 a 5.000 y de 10 a 20% de residuos de monómero acrílico que contiene hidroxilo.
- 20 7. Una composición que comprende: (i) un poliol acrílico que tiene un grupo hidroxilo terminal, un número medio de unidades monoméricas con funcionalidad hidroxilo por cadena polimérica de 2 a 25 y Mn de 1.000 a 10.000; y (ii) un poliisocianato alifático con una funcionalidad media de al menos dos; en el que la proporción molar de grupos hidroxilo no terminales en el poliol con respecto a grupos isocianato en el poliisocianato alifático es de 0,5:1 a 1:0,5.
8. La composición de la reivindicación 6, en la que el poliol acrílico presenta una funcionalidad media de hidroxilo por cadena polimérica de 3 a 6.
- 25 9. La composición de la reivindicación 8 en la que el poliol acrílico comprende de 65 a 95% en peso de residuos polimerizados de (met)acrilato de alquilo C<sub>4</sub>-C<sub>12</sub> y de 5 a 35% en peso de residuos polimerizados de monómero acrílico que contiene hidroxilo.
10. La composición de la reivindicación 9 en la cual el poliol acrílico presenta un Mn de 3.000 a 5.000 y de 10 a 20% de residuos de monómero acrílico que contiene hidroxilo.