

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 634 023**

51 Int. Cl.:

H01L 31/048 (2014.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **16.04.2014 PCT/US2014/034335**

87 Fecha y número de publicación internacional: **30.10.2014 WO14176088**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **16.04.2014 E 14726046 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **31.05.2017 EP 2989663**

54 Título: **Dispositivos electrónicos que comprenden dos películas encapsulantes**

30 Prioridad:

22.04.2013 US 201361814547 P

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

26.09.2017

73 Titular/es:

**DOW GLOBAL TECHNOLOGIES LLC (100.0%)
2040 Dow Center
Midland, Michigan 48674, US**

72 Inventor/es:

**NANJUNDIAH, KUMAR;
NAUMOVITZ, JOHN, A. y
WHITE, MICHAEL, D.**

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 634 023 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

Dispositivos electrónicos que comprenden dos películas encapsulantes

Campo de la invención

5 Esta invención se refiere a películas de encapsulación y dispositivos eléctricos que contienen películas de encapsulación. En un aspecto, la invención se refiere a películas de encapsulación que proporcionan aislamiento eléctrico y protección ambiental para células solares activas, mientras que en otro aspecto, la invención se refiere a un dispositivo eléctrico con al menos dos capas encapsulantes con una diferencia en la viscosidad.

Antecedentes de la invención

10 Las películas de encapsulación ofrecen aislamiento y protección ambiental para los componentes eléctricos usados en dispositivos electrónicos, tales como las células solares usadas en los módulos fotovoltaicos (PV, por sus siglas en inglés). Los encapsulantes pueden actuar como una piel para dispositivos electrónicos o encerrar completamente el dispositivo.

15 En la construcción de un típico módulo fotovoltaico (PV, por sus siglas en inglés) basado en silicio, hay una capa de vidrio frontal seguida por un encapsulante frontal, las células solares, un encapsulante trasero y, finalmente, una lámina trasera. Estas capas se laminan a temperaturas elevadas para crear el módulo solar.

20 El material polímero usado actualmente en la lámina trasera de un módulo solar tiende a retraerse cuando se expone a las altas temperaturas necesarias para laminar adecuadamente las capas del módulo solar. La retracción de la lámina trasera se transfiere hacia arriba a las otras capas del módulo solar, haciendo que las células PV individuales dentro del módulo solar se acerquen más y que las cintas que conectan las células individuales se onduelen o doblen contra la lámina trasera.

Por lo tanto, la lámina trasera se desplaza durante la laminación. Después de la laminación, están presentes protuberancias visibles en la parte trasera del módulo solar, disminuyendo el atractivo estético general del módulo. El módulo solar tampoco puede funcionar correctamente debido al movimiento de las células PV y a la ondulación de la cinta experimentada durante la laminación.

25 Son de interés las películas encapsulantes que impiden la transferencia del movimiento como resultado de la retracción de la lámina trasera de un módulo solar al resto de la unidad. El Documento de Patente de Número WO 2013/003543 A1 describe un panel fotovoltaico que comprende una primera película de encapsulación en contacto directo con una película de recepción y de transmisión de la luz y una segunda película de encapsulación en contacto directo con una lámina trasera. Sin embargo, no se hace mención a la viscosidad de cizalla cero de los
30 materiales encapsulantes empleados.

Sumario de la invención

35 En una realización, la invención es un dispositivo electrónico que comprende una primera película de encapsulación en contacto directo con una película de recepción y de transmisión de la luz y una segunda película de encapsulación en contacto directo con una lámina trasera. La primera película de encapsulación tiene una viscosidad de cizalla cero mayor que la de la segunda película de encapsulación. La lámina trasera del dispositivo electrónico contiene menos protuberancias que la lámina trasera de un dispositivo electrónico comparable que tiene una primera película de encapsulación con una viscosidad de cizalla cero menor o igual a la de la segunda película de encapsulación.

40 En otra realización, la invención es un dispositivo electrónico que comprende, en orden, (i) una película de recepción y de transmisión de la luz, (ii) una primera película de encapsulación, (iii) al menos una célula fotovoltaica, (iv) una segunda película de encapsulación, y (v) una lámina trasera. La primera película de encapsulación está en contacto directo con la película de recepción y de transmisión de la luz, la segunda película de encapsulación está en contacto directo con la lámina trasera y la al menos una célula fotovoltaica está en contacto directo con las primera y segunda películas de encapsulación. La primera película de encapsulación tiene una viscosidad de cizalla cero mayor que la de la segunda película de encapsulación.
45

En otra realización, la invención es un método para reducir las protuberancias en un dispositivo electrónico que comprende seleccionar una primera película de encapsulación con una primera viscosidad de cizalla cero y seleccionar una segunda película de encapsulación con una segunda viscosidad de cizalla cero de tal manera que la primera viscosidad de cizalla cero esté dentro de 700 a 10.000 Pa·s de la segunda viscosidad de cizalla cero.

50 **Descripción detallada de la realización preferente**

Definiciones

A menos que se indique lo contrario, esté implícito en el contexto, o sea de uso habitual en la técnica, todas las partes y porcentajes se basan en peso.

Los términos "mezcla", "mezcla de polímeros" y términos similares significan una composición de dos o más polímeros. Tal mezcla puede ser o no miscible. Dicha mezcla puede ser o no de fases separadas. Dicha mezcla puede contener o no una o más configuraciones de dominio, como se determina a partir de espectroscopia electrónica por transmisión, dispersión de luz, dispersión de rayos X y cualquier otro método conocido en la técnica.

- 5 El término "protuberancia", tal como se usa en la presente memoria, hace referencia a un desplazamiento discernible de la lámina trasera de un módulo fotovoltaico después de la laminación. Las protuberancias son típicamente el resultado del movimiento transferido desde la lámina trasera a medida que se retrae durante la laminación a través de la capa encapsulante trasera y a las células solares individuales. Las células solares se mueven más juntas, haciendo que las cintas del conector se ondulen y empujen hacia arriba contra la lámina trasera. Como resultado, las protuberancias se mantendrán en la lámina trasera después de la laminación. Las protuberancias pueden ser perceptibles visiblemente con el ojo humano, con o sin ayuda (por ejemplo, microscopía), o detectadas usando instrumentación (por ejemplo, dispositivos de medición).

- 10 El término "dispositivo electrónico comparable" se refiere a un dispositivo electrónico que comprende esencialmente la misma composición que el dispositivo electrónico al que se compara, excepto que al menos una de las primera o segunda películas de encapsulación tiene una viscosidad de cizalla cero diferente de la del dispositivo electrónico frente a la que se compara.

- 15 Los términos "composición", "formulación" y términos similares significan una mezcla o mezcla de dos o más componentes. En el contexto de una mezcla o mezcla de materiales a partir de la cual se fabrica un artículo de fabricación, la composición incluye todos los componentes de la mezcla, por ejemplo, polímeros, catalizadores y cualesquiera otros aditivos o agentes tales como catalizadores de curado, antioxidantes, retardantes de llama, etc.

- 20 Los términos "que comprende", "que incluye", "que tiene" y términos similares no pretenden excluir la presencia de ningún componente, paso o procedimiento adicional, independientemente de que se describa o no específicamente. Con el fin de evitar cualquier duda, todos los procesos reivindicados mediante el uso del término "que comprende" pueden incluir una o más etapas adicionales, piezas de equipo o componentes, y/o materiales a menos que se indique lo contrario. Por el contrario, el término "que consiste esencialmente en" excluye del alcance de cualquier recitación sucesiva cualquier otro componente, etapa o procedimiento, salvo aquellos que no son esenciales para la operatividad. El término "que consiste en" excluye cualquier componente, etapa o procedimiento no específicamente delimitado o enumerado. El término "o", a menos que se indique lo contrario, se refiere a los miembros listados individualmente, así como cualquier combinación.

- 25 El término "contacto directo" es una configuración en la que dos componentes están en contacto físico entre sí sin capa(s) intermedia(s) y/o ningún material(es) intermedio(s) situado(s) entre al menos una parte de los dos componentes de contacto.

- 30 El término "vidrio" se refiere a un sólido transparente, duro, quebradizo, tal como el usado para ventanas, botellas o gafas, que incluye, pero no se limita a, dióxido de silicio puro (SiO₂), vidrio sodocálcico, vidrio de borosilicato, vidrio de azúcar, ictiocola (cristal de Moscovia), u oxinitruro de aluminio.

35 El término "interpolímero de etileno/alfa-olefina" se refiere a un interpolímero que comprende un porcentaje mayoritario en peso (es decir, más de un 50 por ciento en moles) de un monómero de etileno polimerizado (basado en el peso total de monómeros polimerizables), y al menos una alfa-olefina

- 40 El término "polímero a base de etileno", tal como se usa en la presente memoria, se refiere a un polímero que comprende un porcentaje mayoritario en peso (es decir, más de un 50 por ciento en moles) de un monómero de etileno polimerizado (basado en el peso total de monómeros polimerizables), y opcionalmente puede comprender un comonómero polimerizado.

- 45 El término "interpolímero" significa un polímero preparado por la polimerización de al menos dos tipos diferentes de monómeros. Este término genérico incluye a los copolímeros, usualmente empleados para referirse a los polímeros preparados a partir de dos tipos diferentes de monómeros, y a los polímeros preparados a partir de más de dos tipos diferentes de monómeros, por ejemplo, terpolímeros, tetrapolímeros, etc.

- 50 El término "polímero" significa un compuesto polimérico preparado por polimerización de monómeros, ya sean del mismo tipo o de un tipo diferente. Por lo tanto, el término genérico polímero abarca el término homopolímero, usualmente empleado para referirse a los polímeros preparados a partir de sólo un tipo de monómero, y al término interpolímero como se define más adelante.

El término "termoplástico" se refiere a un material que es un polímero lineal o ramificado que se puede ablandar y fluidificar repetidamente cuando se calienta, y volver a un estado duro cuando se enfría a temperatura ambiente. Los termoplásticos se pueden moldear o extruir en artículos de cualquier forma predeterminada cuando se calientan al estado blando.

Composición de la resina injertada

En una realización, se proporciona un interpolímero de etileno injertado con silano. Generalmente se conocen y están disponibles interpolímeros de etileno. Los interpolímeros de etileno adecuados para su uso en la película tienen una densidad y un módulo relativamente bajos, y buenas propiedades aislantes, ópticas y eléctricas.

- 5 Preferiblemente, los interpolímeros de etileno son interpolímeros de etileno/alfa-olefina. La alfa-olefina de los interpolímeros es preferiblemente una alfa-olefina lineal, ramificada o cíclica de C_{3-20} . Algunos ejemplos no limitantes de alfa-olefinas de C_{3-20} incluyen propeno, 1-buteno, 4-metil-1-penteno, 1-hexeno, 1-octeno, 1-deceno, 1-dodeceno, 1-tetradeceno, 1-hexadeceno, 1-octadeceno, 3-ciclohexil-1-propeno (alil ciclohexano) y vinil ciclohexano.

- 10 En algunas realizaciones, se pueden usar algunas olefinas cíclicas, tales como norborneno y olefinas relacionadas, en lugar de algunas o de todas las alfa-olefinas enumeradas anteriormente y se consideran para los propósitos de los interpolímeros de etileno/alfa-olefina descritos a incluir en la definición de alfa-olefina. De forma similar, el estireno y las olefinas relacionadas (por ejemplo, alfa-metilestireno, etc.) también se consideran alfa-olefinas para los propósitos de la presente composición de la resina injertada. Sin embargo, el ácido acrílico y metacrílico y sus respectivos ionómeros, acrilatos, metacrilatos y acetato de vinilo no se consideran alfa-olefinas tal como se usan en la presente memoria.

Algunos ejemplos no limitantes de interpolímeros de etileno/alfa-olefina útiles en la composición de la resina injertada incluyen etileno/propileno, etileno/buteno, etileno/1-hexeno, etileno/1-octeno, etileno/estireno, etileno/propileno/1-octeno, etileno/propileno/buteno, etileno/buteno/1-octeno y etileno/buteno/estireno. Los interpolímeros de etileno/alfa-olefina pueden ser interpolímeros aleatorios o de bloques.

- 20 Preferiblemente, los interpolímeros de etileno son interpolímeros de etileno/alfa-olefina con un contenido de alfa-olefina de al menos aproximadamente un 1 por ciento en moles (% en moles), preferiblemente al menos aproximadamente un 4 % en moles, más preferiblemente al menos aproximadamente un 5 % en moles, e incluso más preferiblemente al menos aproximadamente un 10 % en moles, basado en los comonómeros en el interpolímero. En la mayor parte de las realizaciones, los interpolímeros de etileno/alfa-olefina tienen un contenido de alfa-olefina de menos de aproximadamente un 30 % en moles, más preferiblemente menos de aproximadamente un 20 % en moles, e incluso más preferiblemente menos de aproximadamente un 15 % en moles.

- 30 Se prefieren interpolímeros de etileno de menor densidad para su uso en la presente composición de la resina injertada. Los interpolímeros de etileno de menor densidad se pueden obtener controlando el contenido de la alfa-olefina en el interpolímero. El contenido de la alfa-olefina se puede medir mediante espectroscopía de RMN de ^{13}C . Generalmente, cuanto mayor es el contenido de la alfa-olefina del interpolímero, menores son la densidad y la cristalinidad. Una menor densidad y una menor cristalinidad dan lugar a propiedades físicas y químicas más deseables para una capa de película usada en un dispositivo o módulo electrónico.

- 35 Interpolímeros de etileno adecuados para su uso en la composición de la resina injertada tienen típicamente una densidad de menos de o igual a aproximadamente 0,905 g/cc, preferiblemente menos de aproximadamente 0,90 g/cc, preferiblemente menos de 0,89 g/cc, más preferiblemente menos de aproximadamente 0,885 g/cc, e incluso más preferiblemente menos de aproximadamente 0,88 g/cc. La densidad de los interpolímeros de etileno es generalmente mayor de aproximadamente 0,85 g/cc, y más preferiblemente mayor de aproximadamente 0,86 g/cc. La densidad se mide según la norma ASTM-D 792-03, Método B, en isopropanol.

- 40 Preferiblemente, los interpolímeros de etileno tienen un Índice de Distribución de Ramificación de Cadena Corta (SCBDI, por sus siglas en inglés) o un Índice de Amplitud de Distribución de la Composición (CDBI, por sus siglas en inglés) mayor de aproximadamente 30, preferiblemente mayor de aproximadamente 40, más preferiblemente mayor de aproximadamente 50, incluso más preferiblemente mayor de aproximadamente 80 y lo más preferiblemente mayor de aproximadamente 90. Tal como se usa en la presente memoria, SCBDI y CDBI se definen como el porcentaje en peso (% en peso) de las moléculas de polímero que tienen un contenido de comonómero dentro del 50 % del contenido molar total medio del comonómero.

Preferiblemente, los interpolímeros de etileno tienen baja cristalinidad, baja turbidez y alta transmisión de luz visible y UV. Los interpolímeros de etileno de bajo módulo son flexibles y están particularmente bien adaptados para su uso en las presentes películas y dispositivos electrónicos porque proporcionan estabilidad bajo tensión y son menos propensos a agrietarse por tensión o retracción.

- 50 Los interpolímeros de etileno usados en la composición de la resina injertada tienen un módulo secante al 2 % de menos de aproximadamente 200 MPa, preferiblemente menos de aproximadamente 150 MPa, más preferiblemente menos de aproximadamente 120 MPa, e incluso más preferiblemente menos de aproximadamente 100 MPa.

- 55 Los interpolímeros de etileno útiles en la composición de la resina injertada tienen típicamente un punto de fusión de menos de aproximadamente 110°C, preferiblemente menos de aproximadamente 105°C, más preferiblemente menos de aproximadamente 100°C, incluso más preferiblemente menos de aproximadamente 95°C y aún más preferiblemente menos de aproximadamente 90°C. También se pueden usar mezclas de interpolímeros de etileno con puntos de fusión diferentes. Los interpolímeros de etileno o las mezclas de interpolímeros de etileno con puntos

de fusión bajos presentan a menudo propiedades de flexibilidad y termoplaticidad deseables útiles en la fabricación de dispositivos y módulos electrónicos.

La temperatura de transición vítrea (T_g) de los interpolímeros de etileno usados en la composición de la resina injertada es menor de aproximadamente -30°C, típicamente menor de aproximadamente -35°C, preferiblemente menor de aproximadamente -40°C, más preferiblemente menor de aproximadamente -45°C e incluso más preferiblemente menor de aproximadamente -50°C. Además, los interpolímeros de etileno también tienen un índice de fusión (MI, por sus siglas en inglés) de menos de aproximadamente 100 g/10 min, preferiblemente menos de aproximadamente 75 g/10 min, al menos más preferiblemente menos de aproximadamente 50 g/10 min, incluso más preferiblemente menos de aproximadamente 35 g/10 min, e incluso más preferiblemente menos de 20 g/10 min medido según la norma ASTM D-0138 (190°C/2,16 kg). Como mínimo, el MI (por sus siglas en inglés) de los interpolímeros es aproximadamente 1 g/10 min, preferiblemente aproximadamente 5 g/10 min, e incluso más preferiblemente aproximadamente 10 g/10 min.

En realizaciones preferidas, el interpolímero de etileno es un interpolímero de etileno termoplástico.

Los interpolímeros de etileno útiles en la presente composición de resina injertada se preparan típicamente con un catalizador de geometría constreñida, un catalizador de metaloceno o un catalizador de post-metaloceno. Dicha tecnología de catalizador de sitio único es generalmente conocida. Algunos catalizadores adecuados no limitantes usados para preparar los interpolímeros de etileno de la presente invención incluyen ligandos de bis-(bifenilfenol) coordinados a través de átomos de oxígeno a un metal de transición (Ti, Zr y Hf) tales como, por ejemplo, el usado como complejo [2,2''-[1,3-propanodiolbis(oxi-kO)]bis[3'',5,5''-tris(1,1-dimetiletil)-5'-metil[1,1':3',1''-terfenil]-2'-olato-kO]] dimetilo.

Ejemplos específicos de interpolímeros de etileno usados en la composición de la resina injertada incluyen polietileno de muy baja densidad (ULDPE, por sus siglas en inglés), interpolímeros de etileno/alfa-olefina lineales, homogéneamente ramificados, y polímeros de etileno/alfa-olefina sustancialmente lineales, homogéneamente ramificados (por ejemplo plastómeros y elastómeros) preparados usando los sistemas de catalizador/cocatalizador preferidos descritos anteriormente. Lo más preferiblemente, los interpolímeros de etileno son interpolímeros de etileno sustancialmente lineales y lineales homogéneamente ramificados.

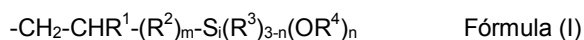
También se pueden usar mezclas de cualquiera de los interpolímeros de etileno descritos anteriormente, y los interpolímeros de etileno se pueden mezclar o diluir con uno o más polímeros diferentes en la medida que los polímeros sean (i) miscibles entre sí, (ii) los otros polímeros tengan poco, si lo tienen, impacto sobre las propiedades deseadas del interpolímero de etileno (es decir, óptica y bajo módulo), (iii) los interpolímeros de etileno constituyan al menos un 70 % en peso, preferiblemente al menos aproximadamente un 75 % en peso y más preferiblemente al menos aproximadamente un 80 % en peso de la mezcla.

Cuando se usa una mezcla de dos o más interpolímeros de etileno, el MI (por sus siglas en inglés) global es preferiblemente menos de aproximadamente 100 g/10 min, preferiblemente menos de aproximadamente 75 g/10 min, más preferiblemente al menos aproximadamente 50 g/10 min, incluso más preferiblemente menos de aproximadamente 35 g/10 min, e incluso más preferiblemente menos de 20 g/10 min medido según la norma ASTM D-0138 (190°C/2,16 kg). Como mínimo, el MI (por sus siglas en inglés) de los interpolímeros es aproximadamente 1 g/10 min, preferiblemente aproximadamente 5 g/10 min, e incluso más preferiblemente aproximadamente 10 g/10 min.

Preferiblemente, los interpolímeros de etileno o los interpolímeros de etileno usados tendrán una viscosidad de cizalla cero de aproximadamente 200 a aproximadamente 20.000 Pa·s.

Para mejorar la adhesión de los interpolímeros de etileno cuando se incorporan en un dispositivo o módulo electrónico, se introduce una funcionalidad de silano en los interpolímeros. Los interpolímeros también preferiblemente se benefician de estar reticulados en el momento del contacto o después, normalmente poco después, de que se haya construido el dispositivo o módulo. La reticulación mejora la resistencia a la fluencia térmica del interpolímero y la durabilidad del módulo aumentando la resistencia al calor, al impacto y la a los disolventes.

La funcionalidad de silano se introduce en los interpolímeros de etileno mediante injerto o uniendo de otro modo un alcoxilano al interpolímero de etileno. Preferiblemente, se injerta un grupo alcoxilano con la siguiente fórmula general (I) en el interpolímero de etileno:



en donde R¹ es H o CH; R² y R³ son, independientemente, un alquilo, arilo o hidrocarbilo que contiene de 1 a 20 átomos de carbono y puede incluir también otros grupos funcionales, tales como ésteres, amidas y éteres; m es 0 o 1; R⁴ es un alquilo o carboxialquilo que contiene de 1 a 6 átomos de carbono (preferiblemente metilo o etilo); y n es 1, 2 o preferiblemente 3.

- Compuestos de alcoxisilano preferidos adecuados para el injerto incluyen alcoxisilanos insaturados donde (1) los grupos hidrocarbilo etilénicamente insaturados en la fórmula (I) pueden ser un grupo vinilo, alilo, isopropenilo, butenilo, ciclohexenilo o (met)acriloxialquilo (se refiere a acriloxialquilo y/o metacriloxialquilo), (2) el grupo hidrolizable (OR^4) puede ser un grupo hidrocarbilo, hidrocarbonilo o hidrocarbilo tales como grupos metoxi, etoxi, propoxi, butoxi, formiloxi, acetoxi, propioniloxi y alquil- o arilamino, y (3) el grupo hidrocarbilo saturado (R^3) puede ser metilo o etilo. Algunos ejemplos no limitantes de alcoxisilanos preferidos incluyen viniltrimetoxisilano (VTMOS), viniltriethoxisilano (VTEOS), aliltrimetoxisilano, aliltriethoxisilano, 3-acriloilpropiltrimetoxisilano, 3-acriloilpropiltriethoxisilano, 3-metacriloilpropiltrimetoxisilano y 3-metacriloilpropiltriethoxisilano y mezclas de estos silanos.
- 5 Típicamente hay al menos un 0,1 % en peso de alcoxisilano en el interpolímero injertado, preferiblemente al menos aproximadamente un 0,5 % en peso, más preferiblemente al menos aproximadamente un 0,75 % en peso, aún más preferiblemente al menos aproximadamente un 1 % en peso y más preferiblemente al menos aproximadamente un 1,2 % en peso. El interpolímero injertado contiene usualmente menos del 10 % en peso, preferiblemente menos del o igual a aproximadamente el 5 % en peso, y más preferiblemente menos del o igual al 2 % en peso de alcoxisilano.
- 10 Las técnicas y procedimientos de injerto son bien conocidos en la técnica e incluyen el uso de iniciadores de injertos de radicales libres tales como, por ejemplo, peróxidos y compuestos azo, o radiación ionizante. Se prefieren los iniciadores orgánicos de injerto de radicales libres, tales como peróxido de dicumilo, peróxido de di-terc-butilo, perbenzoato de t-butilo, peróxido de benzoilo, hidroperóxido de cumeno, peroctoato de t-butilo, peróxido de metiletilcetona, 2,5-dimetil-2,5-di(t-butilperoxi) hexano, peróxido de laurilo y peracetato de terc-butilo. Un compuesto azo adecuado es nitrilo de azobisisobutilo.
- 15 Aunque se puede usar cualquiera de los procedimientos de injerto conocidos en la técnica, un ejemplo no limitante de un procedimiento de injerto incluye mezclar el alcoxisilano y el interpolímero de etileno con un iniciador de injerto en la primera etapa de una extrusora reactor, tal como una amasadora Buss. Las condiciones de injerto pueden variar, pero las temperaturas de fusión están típicamente entre 160°C y 260°C, y preferiblemente entre 190°C y 230°C, dependiendo del tiempo de residencia y de la vida media del iniciador.
- 20 Si se desea reticulación, la composición de la resina injertada tendrá preferiblemente un contenido de gel de al menos un 30 %, más preferiblemente de al menos un 40 %, incluso más preferiblemente de al menos un 50 % y lo más preferiblemente de al menos un 60 %, medido según la norma ASTM D -2765.
- 25 Los métodos y procedimientos de reticulación son bien conocidos en la técnica, y se puede usar cualquier método adecuado para reticular los interpolímeros de etileno injertados con silano usados en la composición de la resina injertada. Un método de reticulación no limitante incluye el curado con humedad (agua) usando un catalizador de hidrólisis/condensación. Tales catalizadores incluyen, por ejemplo, ácidos de Lewis tales como dilaurato de dibutilestaño, dilaurato de dioctilestaño, octanoato estannoso, y sulfonatos de hidrógeno tales como ácido sulfónico. La luz UV o la luz solar también se pueden usar para promover la reticulación, preferiblemente usando uno o más fotoiniciadores. Ejemplos no limitantes de fotoiniciadores incluyen compuestos orgánicos de carbonilo tales como benzofenona, benzantrona, benzoína y éteres alquílicos de los mismos, 2,2-dietoxiacetofenona, 2,2-dimetoxi, 2-fenilacetofenona, p-fenoxi-dicloroacetofenona, 2-hidroxiclohexilfenona, 2-hidroxiisopropilfenona, y 1-fenilpropanodiona-2-(etoxi carboxil) oxima. Los iniciadores pueden usarse en cantidades conocidas aceptadas, típicamente al menos aproximadamente un 0,05 % en peso basadas en el peso del interpolímero, más típicamente al menos un 0,1 % en peso e incluso más típicamente aproximadamente un 0,5 % en peso.
- 30 También se pueden usar cocatalizadores de reticulación de radicales libres, que incluyen monómeros y polímeros vinílicos multifuncionales, cianurato de trialilo y trimetacrilato de trimetilolpropano, divinilbenceno, acrilatos y metacrilatos de polioles, derivados del alcohol alílico y polibutadieno de bajo peso molecular. Coagentes de reticulación de azufre incluyen disulfuro de benzotiazilo, 2-mercaptobenzotiazol, dimetiliditiocarbamato de cobre, tetrasulfuro de dipentamentilen tiuram, disulfuro de tetrabutiltiuram, disulfuro de tetrametiltiuram y monosulfuro de tetrametiltiuram. Estos coagentes se pueden usar en cantidades aceptadas y conocidas, típicamente al menos aproximadamente un 0,05 % en peso basado en el peso del interpolímero, más típicamente al menos aproximadamente un 0,1 % en peso, y lo más preferiblemente al menos aproximadamente un 0,5 % en peso. Típicamente, la cantidad máxima de cocatalizador usada es menos de un 10 % en peso, preferiblemente menos de aproximadamente un 5 % en peso, y más preferiblemente menos de aproximadamente un 3 % en peso.
- 35 Una dificultad en el uso de iniciadores de radicales libres activados térmicamente para promover la reticulación es que pueden iniciar una reticulación prematura. La reticulación prematura es el resultado de la descomposición térmica del iniciador de radicales libres, lo que da lugar a escoria. En la técnica se conocen métodos para minimizar la escoria e incluyen la introducción de inhibidores de escoria en la composición de la resina injertada. Ejemplos no limitantes de inhibidores de escoria incluyen hidroperóxidos orgánicos, N-nitroso-difenilamina, N,N'-dinitroso-para-fenilamina, nitrito de isoamilo, nitrito de terc-decilo, compuestos de vinilo monoméricos, aminas aromáticas, compuestos fenólicos, compuestos de mercaptotiazol, bis(N,N-disustituido-tiocarbamoil) sulfuros, hidroquinonas, compuestos de dialquilditiocarbamato, mezclas de sales metálicas del ácido ditiocarbámico disustituido, 4-hidroxi-2,2,6,6-tetrametilpiperidin-1-oxilo.
- 40
- 45
- 50
- 55

Los inhibidores de escoria se pueden usar en cantidades conocidas, típicamente a un mínimo de al menos aproximadamente un 0,01 % en peso, preferiblemente al menos aproximadamente un 0,05 % en peso, más preferiblemente al menos aproximadamente un 0,1 % en peso y lo más preferiblemente al menos aproximadamente un 0,15 % en peso basado en el peso de un interpolímero con un 1,7 % en peso de peróxido. Típicamente, la cantidad máxima de inhibidor de escoria usada no excede del 2 % en peso, preferiblemente no excede de aproximadamente un 1,5 % en peso, y lo más preferiblemente no excede de aproximadamente un 1 % en peso de un interpolímero con un 1,7 % en peso de peróxido.

Se pueden incluir otros aditivos con el interpolímero de etileno injertado con silano. Otros aditivos incluyen absorbedores de UV, estabilizadores de UV, estabilizadores de procesamiento, antioxidantes, antibloqueo, antideslizantes, pigmentos y cargas conocidos en la técnica. Los aditivos se usan en la forma y cantidad como se conoce comúnmente en la técnica.

Película de encapsulación

En una realización, se proporciona una película o una capa de película que comprende una mezcla de (A) un interpolímero de etileno que contiene silano y (B) al menos un interpolímero de etileno/alfa-olefina. Como se usa en la presente memoria, una película puede ser una película monocapa o multicapa. Los términos "capa" y "capa de película" se refieren a una capa individual o capas de un artículo de mayor espesor (la película). El término "película" tal como se usa en la presente memoria, incluyendo cuando se usa en la frase "capa de película" y cuando se usa para referirse a una capa individual o capas, y a menos que expresamente tenga un espesor especificado, incluye cualquier artículo termoplástico extrusionado o fundido plano relativamente fino con un espesor generalmente consistente y uniforme como se necesita para su uso en dispositivos electrónicos.

Preferiblemente, la película descrita en la presente memoria tiene un espesor de hasta aproximadamente 0,64 mm (25 milésimas de pulgada) y más preferiblemente de menos de aproximadamente 0,51 mm (20 milésimas de pulgada). Las capas de película pueden ser muy delgadas, y pueden ser tan delgadas como 10 nm cuando se usan en una película de microcapa. Generalmente, las capas de película de la presente película tienen un espesor de al menos aproximadamente 25 μm (1 milésima de pulgada), preferiblemente al menos aproximadamente 51 μm (2 milésimas de pulgada), y más preferiblemente al menos aproximadamente 75 μm (3 milésimas de pulgada).

El interpolímero de etileno que contiene silano es como se expone en cualquiera de las realizaciones anteriores. El al menos un interpolímero de etileno/alfa-olefina puede ser cualquiera de los interpolímeros de etileno/alfa-olefina descritos y adecuados para su uso en el interpolímero de etileno que contiene silano pero sin la funcionalidad de silano. En algunas realizaciones, (A) y (B) pueden ser una mezcla de dos o más interpolímeros de etileno que contienen silano o interpolímeros de etileno/alfa-olefina, respectivamente.

La composición que comprende (A) un interpolímero de etileno que contiene silano y (B) al menos un interpolímero de etileno/alfa-olefina puede contener del 1 % en peso al 100 % en peso de (A). En realizaciones preferidas, la composición contiene del 5 % en peso al 100 % en peso de (A) y del 0 % en peso al 80 % en peso de (B). En otras realizaciones adicionales, la composición que comprende (A) un interpolímero de etileno que contiene silano y (B) al menos un interpolímero de etileno/alfa-olefina también puede contener aditivos, tales como estabilizadores de UV, antioxidantes y otros compuestos conocidos en la técnica. Estos aditivos se pueden proporcionar en cantidades conocidas y, en algunas realizaciones, se pueden añadir en forma de una mezcla maestra, es decir mezclados previamente en una cantidad de composición polimérica.

La composición que comprende (A) un interpolímero de etileno que contiene silano y (B) al menos un interpolímero de etileno/alfa-olefina se puede fabricar en una película monocapa o al menos en una capa de película, preferiblemente como capa superficial, de una película multicapa. Los métodos generales para la preparación de las películas son generalmente conocidos en la técnica y el equipo está generalmente disponible comercialmente. Tales películas se pueden preparar mediante, por ejemplo, procesos de revestimiento por fundido, soplado, calandrado o extrusión; y las estructuras compuestas o laminadas hechas con cualquiera de los artículos anteriores.

Preferiblemente, la composición que comprende (A) un interpolímero de etileno que contiene silano y (B) al menos un interpolímero de etileno/alfa-olefina se puede formar en una capa encapsulante para su uso como una capa en una estructura laminada, tal como un módulo PV (por sus siglas en inglés).

Dispositivos electrónicos

Las películas que comprenden la composición de la resina injertada tal como las descritas en cualquier realización anterior se pueden incluir en una estructura laminada. La composición de la resina injertada se puede proporcionar como una película monocapa o como una película multicapa con al menos una capa adicional, tal como vidrio o una superficie de un dispositivo electrónico.

Se pueden emplear películas de muchos tipos de materiales en estructuras laminadas con la composición de la resina injertada. Además del vidrio, se pueden incluir en una estructura laminada otras películas, que incluyen películas de cubierta, películas protectoras y/o películas superiores y/o traseras. Ejemplos no limitantes de materiales para tales películas incluyen policarbonato, polímeros acrílicos, poliacrilato, poliolefinas cíclicas tales

como etileno norborneno, poliestireno catalizado con metaloceno, tereftalato de polietileno, naftalato de polietileno, fluoropolímeros tales como etileno-tetrafluoroetileno (ETFE, por sus siglas en inglés), fluoruro de polivinilo (PVF, por sus siglas en inglés), fluoroetileno-propileno (FEP, por sus siglas en inglés), etileno-clorotrifluoroetileno (ECTFE, por sus siglas en inglés) y fluoruro de polivinilideno (PVDF, por sus siglas en inglés).

- 5 Se conocen varios métodos en la técnica para fabricar una estructura laminada. Generalmente, una estructura laminada de cualquiera de las realizaciones anteriores se prepara (1) colocando la película (por ejemplo, una monocapa de la composición de la resina injertada o una película multicapa que incluye la composición de la resina injertada) y al menos otra película (por ejemplo, vidrio) de modo que una superficie facial de la película que contiene el interpolímero que contiene silano está en contacto indirecto con una superficie facial de la otra película, (2) laminando y adhiriendo la primera y segunda películas a una temperatura de laminación, y, opcionalmente, (3) reticulando el interpolímero que contiene silano. En algunas realizaciones, la reticulación y la laminación y adherencia de las capas pueden ocurrir en el orden inverso o simultáneamente.

15 Las películas de una estructura laminada se pueden aplicar entre sí de cualquier manera adecuada conocida en la técnica, incluyendo, pero sin limitarse a, laminación a vacío, extrusión, calandrado, colada en disolución y moldeo por inyección.

Preferiblemente, las películas de las realizaciones descritas anteriormente se pueden usar para crear una estructura laminada que es un dispositivo o módulo electrónico. Más preferiblemente, las películas de las realizaciones descritas anteriormente se pueden usar como películas de piel o como películas encapsulantes para construir módulos de dispositivos electrónicos (por ejemplo, células fotovoltaicas o solares) de la misma manera y usando las mismas cantidades que los materiales de piel o encapsulantes conocidos en la técnica.

20 En un aspecto preferido de la invención, las estructuras PV laminadas comprenden, en secuencia, partiendo de la "película superior" en la que la luz entra en contacto inicialmente: (i) una película de lámina superior o lámina de cubierta que recibe y transmite la luz, que comprende usualmente vidrio, (ii) una película de encapsulación frontal, (iii) células fotovoltaicas, (iv) una película de encapsulación trasera, y (v) una película de lámina trasera, que comprende usualmente vidrio u otro sustrato de capa trasera de estructura de película de polímero. El número de células fotovoltaicas en un dispositivo electrónico dado variará dependiendo de la naturaleza y del uso del dispositivo.

25 Una lámina trasera usada en las estructuras PV laminadas es una estructura de múltiples capas que protege la superficie trasera de una estructura de PV. Generalmente, las láminas traseras pueden ser una capa con núcleo de poli(tereftalato de etileno) (PET, por sus siglas en inglés) u otra capa de material que se retraiga durante la laminación.

30 Tanto la película de encapsulación delantera como la película de encapsulación trasera pueden ser películas como las descritas en la presente memoria. Preferiblemente, una única película de encapsulación, lo más preferiblemente la película de encapsulación trasera, es una película como la descrita en cualquiera de las realizaciones anteriores que comprenden la composición de la resina injertada.

35 Las películas (i)-(v) de una estructura PV laminada descrita anteriormente están unidas mediante laminación. A través de la laminación, la lámina superior se pone en contacto directo con la película de encapsulación frontal, y la lámina trasera se pone en contacto directo con la película de encapsulación trasera. Las células fotovoltaicas están aseguradas entre, y en contacto directo con, las películas de encapsulación delantera y trasera. Como resultado, porciones de las películas de encapsulación delantera y trasera están en contacto directo entre sí.

40 Los procedimientos de laminación usados para crear dispositivos electrónicos, y específicamente la estructura PV laminada preferida, requieren una etapa con calentamiento y compresión en condiciones suficientes para crear la adhesión necesaria entre las películas. En general, las temperaturas de laminación dependerán del contenido de polímero específico de las capas. En el extremo inferior, las temperaturas de laminación deben ser al menos aproximadamente 120°C, preferiblemente al menos aproximadamente 130°C y, en el extremo superior, menores de o iguales a aproximadamente 180°C, preferiblemente menores de o iguales a aproximadamente 170°C.

45 Las elevadas temperaturas requeridas para la laminación hacen que se retraigan algunos materiales poliméricos, tales como las películas de encapsulación y la lámina trasera de la estructura PV, dando como resultado el movimiento de las películas entre sí durante la laminación. Normalmente, la lámina trasera es la película con una propensión a la retracción, dando como resultado el movimiento de la película de encapsulación trasera y de las películas subsiguientes. Ese movimiento hace que las células PV se muevan más cerca las unas de otras durante la laminación y que las cintas que conectan las células se doblen o plieguen sobre sí mismas. Las cintas empujan hacia atrás contra la película de encapsulación trasera y la lámina trasera, causando las protuberancias en la lámina trasera.

50 Sorprendentemente se descubrió que el uso de películas de encapsulación con diferentes valores de viscosidad de cizalla cero y específicamente con una película de encapsulación frontal (en contacto con la película de recepción y de transmisión de la luz) con una viscosidad de cizalla cero mayor que la de una película de encapsulación trasera (en contacto con la lámina trasera), evita la transferencia del movimiento causado por la retracción de la lámina

5 trasera en todo el resto de un dispositivo electrónico. Como resultado, un dispositivo electrónico con películas de encapsulación con esta diferencia en las viscosidades de cizalla cero muestra menos protuberancias en la lámina trasera comparada con la lámina trasera de un dispositivo electrónico comparable con películas de encapsulación con iguales viscosidades de cizalla o con una película de encapsulación frontal con una viscosidad de cizalla cero menor que la de la capa de encapsulación trasera.

10 Preferiblemente, la viscosidad de cizalla cero de la película de encapsulación frontal, que está en contacto directo con la película de recepción/transmisión de la luz, es mayor que la de la segunda película de encapsulación, que está en contacto directo con la lámina trasera. Más preferiblemente, la viscosidad de cizalla cero de la película de encapsulación frontal es de 700-10.000 Pa·s, más preferiblemente de 1.000-8.000 Pa·s, y lo más preferiblemente de 2.000-6.000 Pa·s.

15 En realizaciones preferidas, la película de encapsulación trasera es una película como la descrita en cualquiera de las realizaciones anteriores, con una viscosidad de cizalla cero de 200-2.000 Pa·s, más preferiblemente de 400-900 Pa·s, aún más preferiblemente 500-900 Pa·s y más preferiblemente de 600-800 Pa·s. En otras realizaciones, la película de encapsulación trasera puede ser cualquier material adecuado para su uso como encapsulante y con una viscosidad menor que la de la película de encapsulación frontal.

20 La viscosidad de cizalla cero de las películas de encapsulación delantera y trasera debe estar separada por lo menos 100 Pa·s. A medida que la diferencia entre la viscosidad de cizalla cero de la película de encapsulación delantera y la película de encapsulación trasera se hace inferior a 100 Pa·s, se reduce el efecto beneficioso de la reducción de la formación de protuberancias. Aunque la diferencia en la viscosidad de cizalla cero entre las películas de encapsulación delantera y trasera puede ser de hasta 10.000 Pa·s, hay poco beneficio adicional más allá de una diferencia de 5.000 Pa·s.

25 Para no quedar limitado por ninguna teoría en particular, se cree que a medida que se retrae la capa de núcleo de PET u otra capa de alta retracción de la lámina trasera, la película de encapsulado trasera no resiste el movimiento de la lámina trasera. También permanece unida a las células solares, pero, debido a que hay menos integridad con la película (es decir, una viscosidad de cizalla más baja), la película no hace que las células se muevan. En otras palabras, cuando la lámina trasera se retrae, la película de encapsulación trasera es más capaz de dispersar la tensión de cizalla causada por la lámina trasera antes de que alcance las células o la película de encapsulación frontal. En efecto, se plantea la hipótesis de que la película de encapsulación trasera de la presente invención actúa como un reductor interno de la tensión. Esto está en contraste con una película de encapsulación trasera de EVA (por sus siglas en inglés) reticulada estándar que bloquearía la tensión causada por la lámina trasera que se retrae.

30 En otra realización, se proporciona un método para reducir las protuberancias en un dispositivo electrónico. El procedimiento incluye la selección de una primera película encapsulante con una primera viscosidad de cizalla cero y la selección de una segunda película encapsulante con una segunda viscosidad de cizalla cero de tal manera que la primera viscosidad de cizalla cero está dentro de 700 a 10.000 Pa·s de la segunda viscosidad de cizalla cero. Estas dos películas encapsulantes se usan a continuación para formar una estructura laminada mediante (1) la colocación de una lámina superior de recepción y de transmisión de la luz en contacto directo con la primera película encapsulante, (2) la colocación de una lámina trasera en contacto directo con la segunda película encapsulante, (3) salvaguardia de al menos una célula fotovoltaica entre y en contacto directo con la primera y segunda películas encapsulantes de tal manera que las porciones de la primera y segunda películas encapsulantes estén en contacto directo entre sí, y (4) la laminación y adhesión de la lámina superior de recepción y de transmisión de la luz, la primera película encapsulante, la segunda película encapsulante y la lámina trasera a una temperatura de laminación. Los interpolímeros que contienen silano de las películas encapsulantes pueden estar también reticulados.

45 Los siguientes ejemplos son ilustrativos de ciertas realizaciones de la presente invención. Todas las partes y porcentajes se basan en peso salvo que se indique lo contrario.

FORMAS ESPECÍFICAS DE REALIZACIÓN

Materiales

Peróxido Luperox 101: 2,5-bis(terc-butilperoxi)-2,5-dimetilhexano, proporcionado por Arkema Inc.

E/O 1: "E/O 1" es un interpolímero de etileno/octeno con una densidad de 0,870 g/cc y un MI de 5 g/10 min.

50 E/O 2: "E/O 2" es un interpolímero de etileno/octeno con una densidad de 0,902 g/cc y un MI de 30 g/10 min.

E/O3: "E/O 3" es un interpolímero de etileno/octeno con una densidad de 0,902 g/cc y un MI de 3 g/10 min.

E/O 4: "E/O 4" es un interpolímero de etileno/octeno con una densidad de 0,885 g/cc y un MI de 18 g/10 min.

Mezcla maestra: "Mezcla maestra " es una mezcla maestra con aditivos preparada con un copolímero de etileno/octeno con una densidad de 0,870 g/cc y un MI de 5 g/10 min de resina portadora.

Protekt HD (Madico): Protekt HD es una lámina trasera que comprende la estructura fluoropolímero/poli(tereftalato de etileno)/acetato de etileno-vinilo (fluoropolímero/PET/EVA).

Dunmore-1360 PPE+: Dunmore-1360 PPE+ es una lámina trasera que comprende la estructura PET/PET/EVA.

Saiwu Cybrid KPE: Saiwu Cybrid KPE es una lámina trasera que comprende la estructura fluoropolímero/PET/EVA.

5 Dunmore 1100 PPE + SW: Dunmore 1100 PPE + SW es una lámina trasera que comprende la estructura PET/PET/EVA.

Dunmore 1360 PPE + Ultra Clear: Dunmore 1360 PPE + Ultra Clear es una lámina trasera que comprende la estructura PET/PET/EVA.

10 Krempel Akasol PTL 2-38/250 TPE: Krempel Akasol PTL 2-38/250 TPE es una lámina trasera que comprende la estructura Tedlar/PET/EVA.

Metodología de la prueba

15 Adhesión del vidrio: La adhesión del vidrio de las películas descritas en la presente memoria se determinó laminando una estructura de vidrio con una 1ª película encapsulante, una 2ª película encapsulante y una lámina trasera de TPE a 150°C en un laminador de vacío durante 3 minutos de vacío seguido de 7 minutos de presión a una atmósfera. Se usaron dos piezas de encapsulante para simular la estructura de un módulo solar. La estructura de vidrio laminado se ensayó a continuación mediante pelado a 180° en un Instron a 5,08 cm por minuto (2 pulgadas por minuto). Se informó el valor promedio de la región entre 2,54 cm y 5,08 cm (1 pulgada y 2 pulgadas).

20 Transmisión óptica: Se sometió una monocapa de película como la descrita en la presente invención a un ciclo de laminación en un laminador de vacío a 150°C durante 3 minutos de vacío seguido de 7 minutos de presión a una atmósfera. La transmisión óptica de la película se midió usando un espectrofotómetro Lambda 35 de Perkin Elmer según la norma ASTM D1003, método B.

25 Turbidez: Se laminó una monocapa de película entre dos capas de vidrio para imitar la capa única de película presente entre el vidrio y las células de un módulo solar (el componente estético visual más dominante de un módulo solar). Se midió el índice de amarilleamiento antes y después de la prueba de calor húmedo a 85°C y 85 % de humedad relativa usando la norma ASTM E313.

Deformación por tracción: La tensión de tracción se determina según la norma ASTM D882-12.

Tensión de tracción: La tensión de tracción se determina según la norma ASTM D882-12.

Dureza: La dureza se determina según la norma ASTM D882-12 y es el área bajo la curva tensión-deformación.

30 Módulo: El módulo se determina calculando la pendiente de la región lineal inicial de la curva de tensión de tracción según la norma ASTM D882-12.

Preparación de la película encapsulante

35 La resina injertada con silano se combinó usando un proceso de extrusión reactiva de doble husillo. La resina injertada se cortó en gránulos y se almacenó en una bolsa de aluminio. Separadamente, se mezcló un lote maestro con estabilizadores térmicos y de UV usando una extrusora de FCM. Se prepararon muestras de película con un espesor de 457 µm sobre una línea de coextrusión de moldeo de 3 capas. Las tres extrusoras tenían todas 25 mm de diámetro con secciones de mezcla Maddock y el extremo de tornillo. El rodillo de colada siempre estaba en contacto con la extrusora B y la extrusora C siempre era el núcleo. El ancho de la matriz era de 300 mm.

40 La Tabla 1 muestra las formulaciones de las películas usadas en los Ejemplos 1-2 y en el Ejemplo Comparativo 1. Las formulaciones se purgaron durante 15 minutos, lo que representa un tiempo de residencia de 7,5 en las extrusoras a 80 rpm.

Tabla 1: Formulación de las películas en porcentaje basado en el peso total (% en peso)

| | Ejemplo 1 | Ejemplo 2 | Ejemplo Comparativo 1 |
|---|-----------|-----------|-----------------------|
| Composición de resina injertada | | | |
| Vinil trimetoxi silano | 1,905 | 1,905 | 1,905 |
| Luperox 101 peróxido | 0,095 | 0,095 | 0,095 |
| E/O 1 | 44,1 | 16,6 | 83,3 |
| E/O 2 | 39,2 | 21,1 | |
| E/O 3 | | | 14,7 |
| E/O 4 | 14,7 | 60,3 | |
| Composición final de la película | | | |
| Composición de la resina injertada (arriba) | 65,0 | 65,0 | 65,0 |
| E/O 1 | | | 25,0 |
| E/O 4 | 25,0 | 25,0 | |
| Mezcla maestra | 10,0 | 10,0 | 10,0 |

Preparación del módulo PV

5 Se crearon células PV (por sus siglas en inglés) de 156 mm por 156 mm, como las disponibles de Ever Bright Solar, para crear los módulos PV (por sus siglas en inglés) para los Ejemplos 1-2 y el Ejemplo Comparativo 1. Se crearon cadenas de 9 celdas monocristalinas, con las células PV situadas a 3 mm de distancia y conectadas por longitudes de 76,2 milímetros de cinta de contacto, tal como una cinta de contacto de cobre revestida de estaño. En otras realizaciones, también se pueden usar células multicristalinas. Las películas encapsulantes frontales, las películas encapsulantes traseras y las láminas traseras se cortaron a su tamaño en la dirección de la máquina de la película.

10 Para las cadenas de 9 celdas usadas, las películas de encapsulado y las láminas traseras se cortaron a 215,9 mm por 1524 mm. Para las láminas superiores se usó un vidrio de 3 mm, lavado, frotado y secado con una toalla,.

15 Los módulos PV se ensamblaron por laminación sobre una lámina de Teflón en el siguiente orden: vidrio, película encapsulante frontal (lado grabado hacia el vidrio, aproximadamente 25,4 mm del borde inferior del vidrio), cadena de células PV (boca abajo y centrada en la lámina de encapsulado frontal), película de encapsulación trasera (lado grabado hacia la cadena) y lámina trasera. Los módulos montados se cubrieron con una lámina de teflón.

El conjunto se introdujo en un laminador L200A de P-Energy. La condición de laminación fue de 150°C con un tiempo de bomba de vacío de 3 minutos y un tiempo de espera de 7 minutos a 1.000 mBar. Las estructuras laminadas se extrajeron del laminador y se enfriaron a temperatura ambiente durante aproximadamente 1 minuto antes de retirar la lámina superior de Teflón.

20 *Resultados*

Las propiedades eléctricas, ópticas y de adhesión de las formulaciones de la Tabla 1 se proporcionan en la Tabla 2 mostrada a continuación. Como se muestra, las películas de encapsulación de los Ejemplos 1 y 2 tienen una viscosidad de cizalla cero significativamente menor que la del Ejemplo Comparativo 1 mientras que conservan aproximadamente la misma transmisión, turbidez y claridad. Los Ejemplos 1 y 2 también exhiben una excelente adhesión al vidrio comparable a la del Ejemplo Comparativo 1.

25

Tabla 2: Propiedades eléctricas, ópticas y de adhesión

| | Resistividad de volumen (ohm-cm) | Transmisión (%) | Turbidez (%) | Claridad (%) | Adhesión al vidrio (MPa (lb-f/in)) | Viscosidad de Cizalla Cero (Pa * s) |
|----------------------|----------------------------------|-----------------|--------------|--------------|------------------------------------|-------------------------------------|
| Ejemplo 1 | 2 X 10 ¹⁵ | 88,8 | 23,0 | 99,2 | 0,75 (109,4) | 700 |
| Ejemplo 2 | 1,6 x 10 ¹⁵ | 87,7 | 31,0 | 99,1 | 0,69 (100,8) | 860 |
| Comparativo 1 | 4,9 x 10 ¹⁵ | 87,3 | 19,7 | 99,6 | 0,71 (103,3) | 4.065 |

5 La resistencia a la tracción de las formulaciones de la Tabla 1 se proporciona en la Tabla 3, mostrada a continuación. El Ejemplo 1 tiene un módulo menor que el Ejemplo Comparativo 1, indicando una mejor elasticidad. El Ejemplo 1 también tiene una deformación más baja en la rotura.

Tabla 3: Resistencia a la tracción para películas de 457 µm de espesor (5,08 cm por minuto (20 pulgadas por minuto), hueco de 5,04 cm (2 pulgadas))

| Películas | Dirección | Espesor (cm (pulgadas)) | Deformación por tracción a la rotura (%) | Tensión por tracción a la rotura MPa (psi) | Dureza MPa (psi) | Tensión por tracción en la fluencia (MPa) | Módulo (MPa) |
|----------------------|-----------|-------------------------|--|--|------------------|---|--------------|
| Ejemplo 1 | MD | 0,048 (0,019) | 896 | 10,34 (1.500) | 45,22 (6.560) | 2,95 | 1,62 |
| | TD | 0,048 (0,019) | 872 | 10,20 (1.480) | 45,02 (6.530) | 2,90 | 1,67 |
| Comparativo 1 | MD | 0,048 (0,019) | 946 | 10,34 (1.500) | 45,09 (6.540) | 2,42 | 1,93 |
| | TD | 0,048 (0,019) | 918 | 9,58 (1.390) | 41,85 (6.070) | 2,44 | 1,80 |

MD (por sus siglas en inglés): Dirección de la máquina. TD (por sus siglas en inglés): Dirección transversal de la máquina

10 Se ensayaron varias combinaciones de láminas traseras y películas de encapsulación para la formación de protuberancias después de la laminación. La Tabla 4 muestra las combinaciones probadas de la lámina trasera y de película de encapsulación. El número de protuberancias en la lámina trasera se determinó mediante inspección visual.

15 Los solicitantes sorprendentemente e inesperadamente descubrieron que usando una película de encapsulación trasera con una viscosidad de cizalla menor que la viscosidad de cizalla de la película de encapsulación frontal, se reducía considerablemente la presencia de las protuberancias en la lámina trasera del módulo PV. Los solicitantes descubrieron sorprendentemente que una diferencia de al menos 140 Pa·s o mayor entre las películas encapsulantes delantera y trasera reduce dramáticamente las protuberancias. Diferencias más pequeñas también muestran sorprendentemente una reducción de las protuberancias.

20 Para no quedar limitados por ninguna teoría en particular, los solicitantes creen que a medida que se retrae la capa central (generalmente PET) de la lámina trasera, la película de encapsulado trasera no resiste el movimiento de la lámina trasera. También permanece unida a las células solares, pero, debido a que hay menos integridad con la película (es decir, una viscosidad de corte más baja), la película no hace que las células se muevan. En otras palabras, cuando la lámina trasera se retrae, la película de encapsulación trasera es más capaz de dispersar la
 25 tensión de cizalla causada por la lámina trasera antes de que alcance a las células o a la película de encapsulación frontal. En efecto, se plantea la hipótesis de que la película de encapsulación trasera de la presente invención actúa

como un reductor interno de la tensión. Esto está en contraste con una película de encapsulación trasera de EVA reticulada estándar que bloquearía la tensión causada por la lámina trasera que se retrae.

5 Como se ve en la Tabla 4, el número de protuberancias visibles en la lámina trasera se reduce significativamente y, en algunos casos, se elimina cuando la viscosidad de cizalla cero de la película encapsulante trasera es menor que la de la película encapsulante frontal. La combinación del Ejemplo Comparativo 1 como la película encapsulante frontal y el Ejemplo 1 como la película encapsulante trasera mostraron resultados mejorados sobre la combinación del Ejemplo Comparativo 1 como la película encapsulante frontal y el Ejemplo 2 como la película encapsulante trasera. Los solicitantes creen que este resultado es atribuible a la diferencia aumentada de la viscosidad entre el Ejemplo Comparativo 1 y el Ejemplo 1 (una diferencia de viscosidad de cizalla cero de 3.365) comparada con la del Ejemplo Comparativo 1 y la del Ejemplo 2 (una diferencia de viscosidad de cizalla cero de 3.205).

Tabla 4: Combinaciones de película encapsulante y lámina trasera y formación de protuberancias

| Película Encapsulante Frontal | C1 | C1 | C1 |
|--------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| Película encapsulante trasera | C1 | E1 | E2 |
| Lámina trasera | Número de protuberancias | Número de protuberancias | Número de protuberancias |
| Coveme TS APYE | 6 | 0 | |
| Protekt HD (Madico) | 4 | 0 | 0 |
| Dunmore-1360 PPE + | 1 | 0 | |
| Saiwu Cybrid KPE | 5 | 0 | |
| Dunmore 1100 PPE + S W | 4 | 0 | 2 |
| Dunmore 1360 PPE + Ultra Clear | 0 | 0 | 0 |
| Krempel Akasol PTL 2-38/250 TPE | 4 | 0 | 1 |
| Krempel Akalight | 2 | 0 | 4 |

Como se usa en la tabla anterior, C1 es el Ejemplo Comparativo 1, E1 es el Ejemplo 1 y E2 es el Ejemplo 2.

15 Los solicitantes también descubrieron sorprendentemente que la retracción por tensión de una lámina trasera dada puede contribuir también a una eficacia de la combinación de película encapsulante dada en la reducción de las protuberancias. Como se ilustra en la Tabla 4, las láminas traseras con mayores valores de retracción por tensión tienden a mostrar más protuberancias, en general. La mejor reducción de las protuberancias se logró cuando la diferencia en la viscosidad de cizalla cero entre la película encapsulante trasera y la película encapsulante frontal era mayor.

20

REIVINDICACIONES

- 5 **1.** Un dispositivo electrónico que comprende una primera película de encapsulación en contacto directo con una película de recepción y de transmisión de la luz y una segunda película de encapsulación en contacto directo con una lámina trasera, teniendo la primera película de encapsulación una viscosidad de cizalla cero mayor que la de la segunda película de encapsulación.
- 2.** El dispositivo electrónico de la reivindicación 1, en donde la lámina trasera contiene menos protuberancias que un dispositivo electrónico comparable que comprende una primera película de encapsulación con una viscosidad de cizalla cero menor o igual que la de una segunda película de encapsulación.
- 3.** Dispositivo electrónico que comprende:
- 10 (i) una película de recepción y de transmisión de la luz;
- (ii) una primera película de encapsulación;
- (iii) al menos una célula fotovoltaica;
- (iv) una segunda película de encapsulación; y
- (v) una lámina trasera;
- 15 en donde la primera película de encapsulación está en contacto directo con la película de recepción y de transmisión de la luz, estando la segunda película de encapsulación en contacto directo con la lámina trasera, y la al menos una célula fotovoltaica está en contacto directo con las primera y segunda películas de encapsulación, y
- 20 en donde la primera película de encapsulación tiene una viscosidad de cizalla cero mayor que la de la segunda película de encapsulación.
- 4.** El dispositivo electrónico de una cualquiera de las reivindicaciones 1 o 3, en donde la viscosidad de cizalla cero de la primera película de encapsulación está dentro de 700 a 10.000 Pa·s de la viscosidad de cizalla de la segunda película de encapsulación.
- 25 **5.** El dispositivo electrónico de una cualquiera de las reivindicaciones 1 o 3, en donde la segunda película de encapsulación tiene una viscosidad de cizalla cero de 400 a 900 Pa·s.
- 6.** El dispositivo electrónico de una cualquiera de las reivindicaciones 1 o 3, en donde la segunda película de encapsulación comprende un interpolímero de etileno/alfa-olefina injertado con silano.
- 7.** El dispositivo electrónico de la reivindicación 6, en donde la segunda película de encapsulación comprende además un interpolímero de etileno/alfa-olefina.
- 30 **8.** El dispositivo electrónico de la reivindicación 6, en donde el interpolímero de etileno/alfa-olefina injertado con silano comprende 5-100 % en peso de la segunda película de encapsulación basado en el peso total de la segunda película de encapsulación.
- 9.** El dispositivo electrónico de la reivindicación 6, en donde el interpolímero de etileno/alfa-olefina injertado con silano es un interpolímero de etileno/octeno injertado con silano.
- 35 **10.** El dispositivo electrónico de la reivindicación 7, en donde el interpolímero de etileno/alfa-olefina comprende 0-50 % en peso de la segunda película de encapsulación basada en el peso total de la segunda película de encapsulación.
- 11.** Un método para reducir las protuberancias en un dispositivo electrónico que comprende
- seleccionar una primera película encapsulante con una primera viscosidad de cizalla cero; y
- 40 seleccionar una segunda película encapsulante con una segunda viscosidad de cizalla cero,
- en donde la primera viscosidad de cizalla cero está dentro de 700 a 10.000 Pa·s de la segunda viscosidad de cizalla cero.
- 12.** El método de la reivindicación 11, en donde la segunda película encapsulante comprende un interpolímero de etileno/alfa-olefina injertado con silano.
- 45 **13.** El método de la reivindicación 11 que comprende formar una estructura laminada que comprende la primera película encapsulante y la segunda película encapsulante.

14. Método de la reivindicación 13, en donde la formación de una estructura laminada comprende
- poner una lámina superior de recepción y de transmisión de la luz en contacto directo con la primera película encapsulante;
 - poner una lámina trasera en contacto directo con la segunda película encapsulante;
- 5 asegurar al menos una célula fotovoltaica entre y en contacto directo con la primera y la segunda películas encapsulantes de manera que porciones de la primera y segunda películas encapsulantes estén en contacto directo entre sí; y
- laminar y adherir la lámina superior de recepción y de transmisión de la luz, la primera película encapsulante, la segunda película encapsulante y la lámina trasera a una temperatura de laminación.
- 10 15. El método de la reivindicación 14, que comprende además reticular el interpolímero que contiene silano.