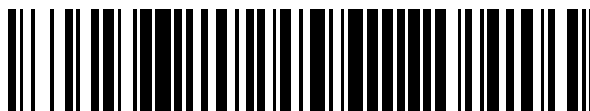


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 619 847**

51 Int. Cl.:

C08L 83/04 (2006.01)

H01L 31/042 (2006.01)

H01L 31/048 (2006.01)

C09K 3/10 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **04.03.2011 PCT/EP2011/053310**

87 Fecha y número de publicación internacional: **09.09.2011 WO2011107592**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **04.03.2011 E 11708770 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **21.12.2016 EP 2542624**

54 Título: **Uso de una composición de poliorganosiloxano curable como encapsulante para un módulo de célula solar**

30 Prioridad:

05.03.2010 EP 10155654

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

27.06.2017

73 Titular/es:

**MOMENTIVE PERFORMANCE MATERIALS GMBH
(100.0%)**

**Kaiser-Wilhelm-Allee Gebäude V 7
51368 Leverkusen, DE**

72 Inventor/es:

**KRETSCHMANN, OLIVER;
DE SANTIS, CRISTIAN y
RUPPENTHAL, ANDREA**

74 Agente/Representante:

URÍZAR ANASAGASTI, Jesús María

Observaciones :

Véase nota informativa (Remarks, Remarques o Bemerkungen) en el folleto original publicado por la Oficina Europea de Patentes

ES 2 619 847 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

Uso de una composición de poliorganosiloxano curable como encapsulante para un módulo de célula solar

5 La presente invención se refiere al uso de composiciones de poliorganosiloxano curables como encapsulante para la encapsulación de módulos fotovoltaicos y a módulos fotovoltaicos que comprenden las mismas como encapsulante. Convenientemente, la composición de poliorganosiloxano curable es líquida a temperatura ambiente (25 °C) en el estado sin curar y se cura a elastómeros y desarrolla adhesión permanente, en particular, a sustratos de vidrio y plástico adyacentes, con una adhesión firme en particular después de una exposición a la intemperie a largo plazo o después de los ensayos de envejecimiento acelerado correspondientes.

10 En un módulo de células solares fotovoltaicas típico, las células solares semiconductoras cristalinas o amorfas, están interconectadas, soportadas mecánicamente y protegidas contra la degradación ambiental mediante la integración de las células en una estructura laminada. Los módulos comprenden por lo general un panel o sustrato frontal transparente, preferentemente hecho de vidrio y un "recubrimiento trasero" o superestrato trasero, por lo general un plástico o una lámina de metal y, a veces, un vidrio. Las células solares semiconductoras están en general parcial o completamente encapsuladas mediante un material de encapsulación y las células solares interconectadas se sitúan entre el panel frontal y el recubrimiento trasero.

20 Se han considerado o utilizado como encapsulantes diferentes materiales. En el uso temprano de módulos solares para aplicaciones extraterrestres los encapsulantes de silicona fueron los materiales de elección debido a sus excelentes propiedades aislantes y a su estabilidad frente a condiciones extremas de temperatura y radiación. Véase, por ejemplo P. Berman y R.K. Yasui, Informe técnico 32-7547, Jet Propulsion Laboratory, Californian Institute of Technology, 1971. Normalmente, se describieron composiciones de silicona curables mediante la reacción de un grupo SiH con un grupo alqueno unido a silicio, denominadas materiales de curado por adición, en la bibliografía de patentes tal como Sylgard 182 o 184 de Dow Corning Corp. o RTV 615 de General Electric, por ejemplo, en los documentos US 4056405, US 4093473, US 4143949 o US 4167644. Más tarde se descubrió que los encapsulantes de silicona eran demasiado caros o demasiado complicados para su uso amplio en módulos terrestres. Los polímeros orgánicos se volvieron más importantes considerándose el copolímero de vinil acetato de etileno (EVA) el mejor encapsulante para módulos con células solares cristalinas. Sin embargo, el EVA tiende a decolorarse con el tiempo bajo la influencia de la luz solar, un proceso que reduce la eficiencia del módulo. Otra desventaja es la necesidad de laminadores de vacío para la producción de módulos de encapsulados con EVA. Para evitar este proceso lento y complicado, sería deseable un proceso para una producción de módulos económica. Los encapsulantes de silicona se han convertido de nuevo en una cuestión de interés y especialmente los materiales de curado por adición, debido a la ausencia de subproductos del curado (documento WO 2005/006451 A1). Una de las condiciones más importantes para la aplicabilidad de las siliconas es la adhesión a los sustratos, que están en contacto con el encapsulante.

40 Los materiales de silicona de curado por adición por lo general no se adhieren bien a la mayoría de sustratos. A través de los años se ha publicado un gran número de publicaciones de patentes y científicas que describen materiales de curado por adición con propiedades adhesivas (por ejemplo, el documento US 3.699.072, el documento US 3.892.707, el documento US 4.077.943, el documento US 4.082.726, el documento US 4.087.585, el documento US 4.245.079, el documento US 4.257.936, el documento US 4.677.161, el documento US 4.701.503, el documento US 4.721.764, el documento US 4.912.188, el documento US 5.051.467, el documento US 5.106.933, el documento US 5.312.855, el documento US 5.364.921, el documento US 5.438.094, el documento US 5.516.823, el documento US 5.536.803, el documento US 6.743.515, el documento US 7.119.159, el documento US 7.288.322, el documento US20030236380; el documento US20050089696; el documento WO2008103227; Toshio Suzuki y Akira Kasuya, *J. Adhesion Sci. Technol.* Vol. 3, n.º 6 págs. 463-473, 1989) que reflejan la gran diversificación y la complejidad de los fenómenos de adhesión y demuestran los diferentes problemas de adhesión que no pueden resolverse con los mismos aditivos sino que con frecuencia necesitan soluciones específicas. Muchas de las patentes se dirigieron a la producción de compuestos que consisten en materiales termoplásticos y silicona. Otras se diseñaron para utilizar silicona como adhesivo sobre sustratos metálicos. El vidrio también se menciona como sustrato en algunos casos. Sin embargo, en estos documentos solo se presentan las propiedades adhesivas de las composiciones de silicona curadas inicialmente, si es que se presenta alguna. Para su uso en aplicaciones de células solares fotovoltaicas, sin embargo, cualquier encapsulante debe no solo proporcionar excelentes propiedades de adhesión inicial, sino que también debe proporcionar excelentes propiedades de adhesión a largo plazo teniendo en cuenta los tiempos de vida útil, por lo general garantizados, de los módulos de células solares fotovoltaicas de hasta 25 años y teniendo en cuenta las condiciones climáticas extremas que incluyen las diferencias de temperaturas extremas, la humedad, la luz UV, etc., a las que se exponen los módulos de células solares fotovoltaicas.

60 Además, los encapsulantes de módulos de células solares fotovoltaicas no deben liberar componentes volátiles durante su tiempo de vida útil que pueden conducir a la corrosión o el empañamiento de los materiales del módulo de células, que a su vez pueden conducir al fallo o a la reducción de la eficacia de los módulos de células solares fotovoltaicas.

5 Son requisitos adicionales para los encapsulantes de módulos de células solares fotovoltaicas, aparte de los requisitos mencionados anteriormente, la necesidad de adhesión sin imprimación simultánea a diferentes sustratos implicados en la fabricación de módulos de células solares fotovoltaicas, incluyendo el vidrio, el vidrio recubierto y otros sustratos, como el metal, polímeros, etc. La adhesión sin imprimación es necesaria para un proceso de producción de módulos fotovoltaicos rentable. Son requisitos adicionales de una producción de alta eficiencia económica las altas velocidades de curado y las bajas temperaturas para la reticulación y el desarrollo de la adhesión.

10 Una serie de publicaciones se ocupa de la encapsulación de dispositivos semiconductores, incluyendo LED o circuitos integrados (documento JP2009235265; documento US20060270792; documento US20070032595; documento JP6016942; documento US5021494; documento JP2006335857; documento US20040178509; documento US20020037963; documento EP1801163). Sin embargo, los requisitos para dichos dispositivos semiconductores son menos estrictos, porque por lo general la exposición a la humedad, los cambios de temperatura y la expansión térmica debido a esto, la exposición a la lluvia ácida y la exposición a la luz solar son bajos en comparación con los módulos solares. Además, los sustratos utilizados en la encapsulación de dispositivos semiconductores son diferentes de los utilizados en los módulos solares. En módulos solares utilizados en las invenciones se utilizan vidrios y películas especiales que no se utilizan en los dispositivos semiconductores.

20 El documento WO 2005/006451 A1 describe módulos de células solares que tienen encapsulantes de silicona curados obtenidos mediante diversos mecanismos de curado incluyendo la hidrosililación, entre otras cosas. Se mencionan diversos tipos de reticulantes de SiH, incluyendo los reticulantes terminados únicamente en Si-H, que, sin embargo, no se especifican en vista de la vida útil a largo plazo. Además, los ejemplos no proporcionan una divulgación clara acerca de la naturaleza de los reticulantes de SiH. Parece que se han utilizado reticulantes de Si con bajos contenidos de Si. La presente invención se basa en el descubrimiento de que un encapsulante de silicona para módulos fotovoltaicos, que satisface las necesidades mencionadas anteriormente, requiere una selección especial de reticulantes de SiH. Las composiciones de poliorganosiloxano curables específicas de la invención pasan ensayos de envejecimiento acelerado, sin ningún fallo o reducción de la eficacia de los módulos de células solares fotovoltaicas y pueden curarse a bajas temperaturas.

30 Mediante la presente invención se proporciona el uso de una composición de poliorganosiloxano curable como encapsulante, comprendiendo dicha composición:

- (A) al menos un poliorganosiloxano que tenga al menos dos restos hidrocarbilo insaturados,
- 35 (B) al menos un poliorganohidrógenosiloxano que tenga al menos siete átomos de Si, en el que la relación molar de grupos SiH a todos los átomos de Si sea de más de 0,55,
- (C) al menos un catalizador de hidrosililación,
- (D) opcionalmente al menos un promotor de la adhesión,
- (E) opcionalmente al menos una carga de refuerzo,

40 en la que la relación molar del total de grupos SiH en el componente (B) al total de los restos hidrocarbilo insaturados en el componente (A) en la formulación es de entre 1,2 y 4, en la que el encapsulante es para un módulo fotovoltaico.

45 El término encapsulante como se utiliza en el presente documento incluirá pero no se limita a un material que cubre parcial o totalmente un sustrato, incluyendo los elementos semiconductores (en particular los elementos semiconductores de células solares fotovoltaicas), sustratos de vidrio, sustratos metálicos, sustratos de plástico, etc., todos ellos para un módulo de célula solar fotovoltaica. "Parcialmente" puede incluir en el contexto de la presente invención el caso en el que un sustrato, incluyendo los elementos semiconductores, sustratos de vidrio, sustratos metálicos, sustratos de plástico, etc., todos ellos para un módulo de célula solar fotovoltaica, solamente están cubiertos parcialmente por la composición de silicona curada, por ejemplo, para cubrir parcialmente un elemento semiconductor, por ejemplo como una capa trasera (opuesto al lado que recibe la luz) de un elemento semiconductor, y, opcionalmente, de las líneas conductoras conectadas a los elementos semiconductores en los módulos de células solares fotovoltaicas. "Parcialmente" también puede incluir el uso de la composición curable para recubrir parcialmente parte del sustrato de vidrio y parte del elemento semiconductor (en particular la parte trasera) al mismo tiempo, formando de este modo, en particular, un sobre completo que rodea el elemento semiconductor en un módulo fotovoltaico. "Parcialmente" también puede incluir el uso de la composición curable para recubrir el elemento semiconductor en la superficie (es decir, el lado donde la luz entra en el módulo de célula solar). "Completamente" puede incluir, en particular, el caso, donde un sustrato, incluyendo elementos semiconductores, sustratos de vidrio, sustratos metálicos, sustratos de plástico, etc., todos ellos de un módulo de célula solar fotovoltaica, está completamente rodeado por la composición de silicona curada. Se explican a continuación realizaciones adicionales de módulos de células solares fotovoltaicas utilizando el encapsulante de silicona de la presente invención. El encapsulante de silicona de la presente invención se caracteriza por una adhesión mejorada a varios posibles materiales utilizados en los módulos de células solares fotovoltaicas, incluyendo sustratos de vidrio, con y sin recubrimientos, láminas de barrera, tales como las fabricadas a partir de termoplásticos fluorados o copolímeros de EVA, elementos semiconductores, tales como el silicio cristalino o policristalino o el silicio de película delgada, por ejemplo, de silicio semicristalino amorfo, arseniuro de galio, diseleniuro de indio y cobre, telurio de

cadmio, diseleniuro de cobre, indio y galio. Además, el encapsulante de silicona de la presente invención se caracteriza por una adhesión mejorada a estos sustratos durante un largo período de tiempo en condiciones estrictas de cambios de alta temperatura a alta humedad. En una realización preferida, el encapsulante de silicona de la presente invención está en contacto con un sustrato de vidrio y una lámina de barrera, preferentemente una lámina de recubrimiento trasero, al mismo tiempo, poniendo en contacto, opcionalmente, los elementos semiconductores.

Componente (A)

La composición que se utiliza en la invención comprende al menos un poliorganosiloxano que tenga al menos dos restos hidrocarbilo insaturados (componente (A)). El componente (A) puede incluir uno o más poliorganosiloxanos que tengan en promedio al menos dos grupos alqueno. Los componentes adecuados (A) pueden describirse por la fórmula general (4),



en la que los índices en la fórmula (4) representan las proporciones de las unidades de siloxi M, D, T y Q, que pueden distribuirse por bloques o al azar en el polisiloxano. Dentro de un polisiloxano cada unidad de siloxano puede ser idéntica o diferente y

$$a = 0 - 10$$

$$b = 0 - 2000$$

$$c = 0 - 50$$

$$d = 0 - 1$$

$$e = 0 - 300$$

$$m = 1 - 1000$$

siendo a, b, c, d y m de manera que la viscosidad del componente (A) a 25 °C sea inferior a 50000 mPa.s (medida a una velocidad de cizallamiento de $D = 1 \text{ s}^{-1}$ a 25 °C).

La viscosidad del componente (A) se refiere a la viscosidad de un solo componente (A) o una mezcla de componentes (A). El último caso de la mezcla incluye consigo la presencia de componentes individuales (A) que pueden tener una viscosidad superior a 50000 mPa.s a 25 °C, por ejemplo, componentes resinosos (A) que comprenden unidades Q y/o T.

En la fórmula (4) los índices representarán el grado de polimerización promedio P_n basado en el número promedio de masa molecular M_n .

En la fórmula (4):

$$M = R_3SiO_{1/2} \text{ o } M^*$$

$$D = R_2SiO_{2/2} \text{ o } D^*$$

$$T = RSiO_{3/2} \text{ o } T^*$$

$$Q = SiO_{4/2},$$

R^9 divalente, que son grupos de unión entre los grupos siloxi anteriores,

en la que cada R, que puede ser el mismo o diferente, se selecciona entre alquilo opcionalmente sustituido con hasta 30 átomos de carbono, arilo opcionalmente sustituido con hasta 30 átomos de carbono, éter de poli-alqueno (C_2-C_4) con hasta 1000 unidades de alquilenoxi, estando los grupos R libres de insaturación alifática y

en la que $M^* = R^1_p R_{3-p} SiO_{1/2}$, $D^* = R^1_q R_{2-q} SiO_{2/2}$, $T^* = R^1 SiO_{3/2}$,
en la que

$$p = 0 - 3, \text{ preferentemente } 1-3,$$

$$q = 1 - 2, \text{ y}$$

R^9 es como se define a continuación.

R se selecciona preferentemente entre n-, iso o alquilo terciario, alcoialquilo, alquilo cíclico C_5-C_{30} o arilo C_6-C_{30} , alquilarilo, grupos que pueden estar sustituidos además por uno o más átomos de O, N, S o F o éteres de poli-

alquileo (C_2-C_4) con hasta 500 unidades de alquilenoxi, estando los grupos R libres de insaturación alifática,

Los ejemplos de radicales de hidrocarburos monovalentes adecuados incluyen radicales alquilo, preferentemente tales como CH_3- , CH_3CH_2- , $(CH_3)_2CH-$, $C_8H_{17}-$ y $C_{10}H_{21}-$ y radicales cicloalifáticos, tales como ciclohexiletilo, radicales arilo, tales como fenilo, toliolo, xililo, radicales aralquilo, tales como bencilo y 2-feniletilo. Los radicales de halohidrocarburo monovalentes preferidos tienen la fórmula $C_nF_{2n+1}CH_2CH_2-$ en la que n tiene un valor de 1 a 10, tal como, por ejemplo, $CF_3CH_2CH_2-$, $C_4F_9CH_2CH_2-$, $C_6F_{13}CH_2CH_2-$,

$C_2F_5-O(CF_2-CF_2-O)_{1-10}CF_2-$, $F[CF(CF_3)-CF_2-O]_{1-5}(CF_2)_{0-2}-$, $C_3F_7-OCF(CF_3)-$ y $C_3F_7-OCF(CF_3)-CF_2-OCF(CF_3)-$.

Los grupos preferidos para R son metilo, fenilo, 3,3,3-trifluoropropilo.

R^1 se selecciona entre grupos insaturados, que comprenden grupos que contienen un grupo $C=C-$ (grupos alqueniolo), por ejemplo: n-alqueniolo, iso-alqueniolo, alqueniolo terciario o cíclico, cicloalqueniolo C_6-C_{30} , alqueniolarilo C_8-C_{30} , cicloalqueniolarilo, vinilo, alilo, metalilo, 3-butenilo, 5-hexenilo, 7-octenilo, etiliden-norbornilo, estirilo, vinilfeniletilo, norbornenil-etilo, limonenilo, opcionalmente sustituidos por uno o más átomos O- o F- o grupos que contienen un grupo $C\equiv C-$ (grupos alquiniolo), que comprenden opcionalmente uno o más átomos O- o F-.

Los radicales alqueniolo están preferentemente unidos a los átomos de silicio terminales, la función olefina está en el extremo del grupo alqueniolo de los radicales alqueniolo superiores, debido a la disponibilidad más fácil de los alfa-, omega-dienos utilizados para preparar los alqueniolsiloxanos.

Los grupos preferidos para R^1 son vinilo, 5-hexenilo, ciclohexenilo, limonilo, estirilo, vinilfeniletilo.

R^9 incluye, por ejemplo grupos n-alquileo, iso-alquileo, alquileo terciario o ciclo-alquileo divalente, alifático o aromático con hasta 14 átomos de carbono, grupos arileno o alquilenarilo. R^9 forma elementos de unión entre dos unidades siloxi. El contenido de los grupos R^9 no exceda del 30 % en moles, preferentemente no excede del 20 % en moles de todas las unidades de siloxi. Preferentemente, R^9 está ausente. Los ejemplos preferidos de grupos hidrocarburo divalentes adecuados R^9 incluyen cualquier resto alquileo, preferentemente tal como $-CH_2-$, $-CH_2CH_2-$, $-CH_2(CH_3)CH-$, $-(CH_2)_4-$, $-CH_2CH(CH_3)CH_2-$, $-(CH_2)_6-$, $-(CH_2)_8-$ y $-(CH_2)_{18}-$; radical cicloalquileo, tal como ciclohexileno; radicales arileno, tales como fenileno, xileno y combinaciones de radicales de hidrocarburo, tales como bencileno, es decir, $-CH_2CH_2-C_6H_4-CH_2CH_2-$, $-C_6H_4CH_2-$. Los grupos preferidos son alfa, omega-etileno, alfa, omega-hexileno o 1,4-fenileno.

Los ejemplos adicionales incluyen radicales de halohidrocarburo divalentes R^9 , por ejemplo, cualquier grupo hidrocarburo divalente R^9 , en el que uno o más átomos de hidrógeno han sido reemplazados por halógeno, tal como flúor, cloro o bromo. Los restos halohidrocarburo divalente preferidos tienen la fórmula $-CH_2CH_2(CF_2)_{1-10}CH_2CH_2-$ tal como, por ejemplo, $-CH_2CH_2CF_2CF_2CH_2CH_2-$ u otros ejemplos de radicales éter de hidrocarburo divalente adecuado y radicales éter de halohidrocarburo incluyendo $-CH_2CH_2OCH_2CH_2-$, $-C_6H_4-OC_6H_4-$, $-CH_2CH_2CF_2OCF_2CH_2CH_2-$ y $-CH_2CH_2OCH_2CH_2CH_2-$.

Dichos polímeros como componente (A) que contienen radicales R, R^1 y/o R^9 son, por ejemplo poldimetilsiloxanos terminados en alqueniil-dimetilsiloxi o trimetilsiloxi, que puede contener otras unidades de siloxano distintas de los grupos alqueniilmetilsiloxi grupos dimetilsiloxi tales como poli(dimetil-co difenil)siloxanos.

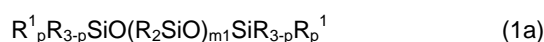
El componente indicado en términos generales (A) de las composiciones de la presente invención puede ser cualquier compuesto de poliorganosiloxano que contenga dos o más átomos de silicio unidos por oxígeno y/o grupos divalentes R^9 en el que el silicio está unido a 0 a 3 grupos monovalentes por átomo de silicio, a condición de que el compuesto de poliorganosiloxano contenga al menos dos restos hidrocarburos insaturados unidos a silicio.

Las unidades de siloxano con radicales R y/o R^1 pueden ser iguales o diferentes para cada átomo de silicio. En una realización preferida, la estructura es

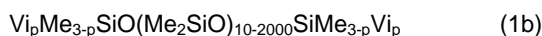


$p = 0 - 3$, preferentemente 1,
 $m = 0 - 2000$, preferentemente 10 - 1000,
 $n = 0 - 500$ preferentemente 0 - 200.

Un componente de poliorganosiloxano preferido (A) para la composición de la presente invención es un poliorganosiloxano sustancialmente lineal (A1). La expresión "sustancialmente lineal" incluye poliorganosiloxanos (A1) que contienen no más del 0,2 % en moles (trazas) de unidades siloxi del tipo T o Q. Esto significa que el polímero (A) es preferentemente un fluido puede fluir lineal (A1):



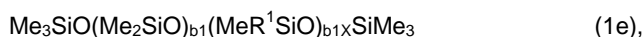
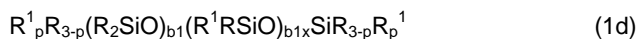
en la que R^1 , R, p y m1 son como se han definido anteriormente,
a condición de que haya al menos dos grupos alqueno por molécula. Las estructuras preferidas incluyen



En el grupo de siloxanos que comprenden alqueno (A) se prefiere la adición de un segundo o tercer siloxano como componente (A2) y/o (A3). La finalidad del componente (A2) y (A3) denominados polímeros ricos en vinilo es modificar las propiedades mecánicas y la densidad de reticulación.

Los polímeros (A2) se seleccionan ya sea entre el grupo que consiste en polímeros de fórmulas (1 d) a (1 i), es decir, poliorganosiloxanos lineales que tienen grupos laterales alqueno adicionales en los que la concentración de los grupos T y Q están por debajo del 0,2 % en moles o poliorganosiloxanos que tienen una mayor concentración de grupos T y Q que los tipos de polímeros anteriores (A1) o (A2).

Los polímeros (A2) están representados por las fórmulas (6)



25 en las que

$b1 \Rightarrow 0 - 2000$

$b1x = 0 - 500$

$b1 + b1x = > 10 - 100$

30 R^1 , R, p son como se han definido anteriormente,

R^1 = preferentemente vinilo, hexenilo, ciclohexenilo, limonilo, estirilo, vinilfeniletilo. Los grupos preferidos para R son metilo, fenilo, 3,3,3-trifluoropropilo.

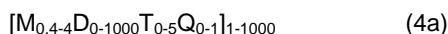
35 El valor preferido de $b1x$ es inferior a $0,5 * b1$, preferentemente $0,0001 * b1$ a $0,25 * b1$ más preferentemente $0,0015 * b1$ a $0,2 * b1$.

Otras estructuras preferidas de (A2) son



y en las que Me = metilo, Vi = vinilo, Ph = fenilo y p = 0 - 3, p preferido = 1.

El tercer componente del polímero (A), los polímeros ramificados (A3), se seleccionan preferentemente entre los de fórmula (4a) en los que el poliorganosiloxano (A3) que comprende grupos alqueno tiene más del 0,2 % en moles de unidades T = $RSiO_{3/2}$ o Q = $SiO_{4/2}$.



en la que

55 $M = R_3SiO_{1/2}$ o M^*

$D = R_2SiO_{2/2}$ o D^*

$T = RSiO_{3/2}$ o T^*

$Q = SiO_{4/2}$

60 en la que M^* , D^* , T^* y son como se han definido anteriormente, llevando grupos insaturados R^1 . La cantidad de dichas unidades M^* , D^* y T^* es preferentemente del 0,001 al 20 % en moles, más preferentemente del 0,01 al 15 % en moles, más preferentemente del 0,1 al 10 % en moles basado en todas las unidades de siloxi.

65 El intervalo de subíndices define un intervalo de los posibles grados de polimerización promedio P_n de acuerdo con el número promedio de peso molecular M_n .

Los índices se refieren a viscosidades adecuadas como se definen más adelante y describen polímeros sin ningún disolvente para un ajuste de la viscosidad.

5 Los poliorganosiloxanos ramificados preferidos (A2) y (A3) tienen por lo general una mayor concentración de grupos insaturados R¹. Los polímeros ramificados (A3) se describen por ejemplo en el documento US 5109095. Preferentemente, los polímeros ramificados ricos en vinilo (A3) tienen un intervalo de D:T > 10:1, preferentemente > 33:1 y/o, respectivamente (M:Q) = 0,6-4:1, tal como por ejemplo, [M_{0,7}M*_{0,05}Q]₁₀₋₅₀₀ (1j).

10 Todos estos polímeros pueden prepararse por cualquiera de los métodos convencionales para preparar polidiorganosiloxanos terminados en triorganosiloxano. Por ejemplo, una relación adecuada de los silanos hidrolizables apropiados, por ejemplo, vinildimetilclorosilano, trimetilclorosilano, tetraclorosilano, metiltriclorosilano y dimetildiclorosilano o sus correspondientes alcoxisilanos, puede cohidrolizarse y condensarse. Pueden realizarse otras vías de reacción como alternativa sobre reacciones de equilibrio de 1,3-diviniltetraorganodisiloxano, por
15 ejemplo divinildimetildifenilsiloxano o diviniltetrametilsiloxano simétricos, que proporcionan los grupos terminales del polidiorganosiloxano, que pueden equilibrarse con un polidiorganosiloxano apropiado, por ejemplo, octametilciclotetrasiloxano, en presencia de un catalizador ácido o básico.

20 En una realización preferida, el componente polimérico (A) es una mezcla de polímeros de fórmula (1 a) y/o de fórmula (1 d) y/o (1j) con lo que la mezcla tiene un contenido en alqueno en promedio de preferentemente por debajo del 2 % en moles de todas las unidades siloxi de la mezcla (A), con lo que el polímero (A1) está presente en una cantidad mayor que (A2) o (A3).

25 Las viscosidades de los polidiorganosiloxanos (A) definidas anteriormente para los fines de la presente invención, se refieren preferentemente a la parte del poliorganosiloxano esencialmente libre de polidiorganosiloxanos cíclicos (menos del 1 % en peso, preferentemente el 0,5 % en peso medido durante 1 h a 150 °C 20 mbar).

30 El grado de polimerización promedio P_n de las unidades de siloxano (M, D, T, Q) del polímero (A), medido mediante la medición GPC frente a patrón de poliestireno sobre la base del promedio del número de peso molar M_n está preferentemente en el intervalo de P_n > 10 a 2000, el intervalo más preferido es de 40 a 1000. Las viscosidades de dichos polímeros están en el intervalo de 10 a 100.000 mPa.s a 25 °C a una velocidad de cizallamiento de D = 1 s⁻¹, más preferentemente de 40 a 50.000 mPa.s.

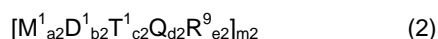
35 En una realización preferida el polímero o polímeros (A) tienen una viscosidad de más de 15.000 mPa.s a 25 °C a una velocidad de cizallamiento de D = 1 s⁻¹, con el fin de garantizar una viscosidad suficientemente alta de la composición de encapsulante, lo que es ventajoso en el sellado de juntas más grandes.

40 El contenido en alqueno de los componentes (A) puede determinarse en el presente documento por medio de RMN ¹H - véase A.L. Smith (ed.): *The Analytical Chemistry of Silicones*, J. Wiley & Sons 1991 vol. 112 págs. 356 y siguientes, en *Chemical Analysis* ed. por J.D. Winefordner.

Componente (B) - reticulante

45 El componente (B) es al menos un poliorganohidrógenosiloxano que tiene al menos siete átomos de Si, en el que la relación molar de grupos SiH para todos los átomos de Si es de más de 0,55, preferentemente > 0,6, aún más preferentemente > 0,7, particularmente preferido de 0,7 a 0,95.

50 Los poliorganohidrógenosiloxanos adecuados (B) que comprenden unidades de SiH pueden describirse formalmente mediante la fórmula general (2),



en la que las unidades de siloxi

55 M¹ = M, como se ha definido anteriormente o M **,
D¹ = D, como se define anteriormente o D **,
T¹ = T, como se define anteriormente o T **,
Q como se ha definido anteriormente,
R⁹ como se define anteriormente,
60 M ** = HR₂SiO_{1/2}, D ** = HRSiO_{2/2}, T ** = HSiO_{3/2},
a2 = 0,01 - 10 preferentemente = 2 - 5, mucho más preferentemente = 2
b2 = 0 - 1000 preferentemente = 10 - 500
c2 = 0 - 50 preferentemente = 0
d2 = 0 - 1 preferentemente = 0 o 1, mucho más preferentemente = 0
65 e2 = 0 - 3 preferentemente = 0
m2 = 1 - 1000, preferentemente = 1 - 500, mucho más preferentemente = 1,

a condición de que en la fórmula general (2) al menos siete átomos de Si estén presentes y que la relación molar de grupos SiH (grupos siloxi que comprenden un grupo SiH) a todos los átomos de Si sea de más de 0,55. Preferentemente, el componente (B) se selecciona entre polisiloxanos que tienen solo grupos metilo o fenilo como restos orgánicos.

5 Preferentemente, los poliorganohidrógenosiloxanos (B) tienen al menos 10, preferentemente al menos 15, más preferentemente al menos 20, aún más preferentemente al menos 25 y mucho más preferentemente al menos 30 átomos de silicio.

10 Las unidades siloxi pueden distribuirse por bloques o al azar en la cadena de polímero.

Los índices anteriormente mencionados representan el grado de polimerización promedio P_n basado en el número promedio de masa molecular M_n .

15 El intervalo para las unidades M, D, T y Q presentes en la molécula puede incluir casi todos los valores que representan fluidos, polímeros fluidos, resinas líquidas y sólidas. Se prefiere utilizar siloxanos lineales líquidos, cíclicos o ramificados. Opcionalmente, estos siloxanos pueden comprender adicionalmente restos de alcoxi C_1-C_6 o grupos Si-hidroxi que quedan de la síntesis.

20 Las estructuras preferidas del componente (B) en las composiciones de la presente invención son siloxanos de fórmula (2a) a (2d).



25 más específicamente:



30



en las que R y R^1 son como se han definido anteriormente, R es preferentemente metilo y/o fenilo, R^1 es preferentemente vinilo y el índice 'a1' es 0 - 1, preferentemente 0, y

35

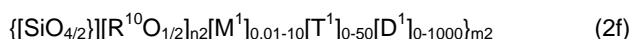
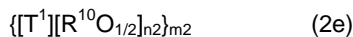
$$\begin{aligned} x &= 2 - 1000, \text{ preferentemente } = 2 - 500, \\ y &= 0 - 650, \text{ preferentemente } = 0 - 100, \\ z &= 0 - 65, \text{ preferentemente } = 0 \\ 7 \leq x + y + z < 1000, \text{ preferentemente } 10 \leq x + y + z < 650, \end{aligned}$$

40

en las que en cada fórmula (2a) - (2d) la relación molar de los grupos SiH a todos de átomos de Si es de más de 0,55.

Además son posibles poliorganohidrógenosiloxanos resinosos de la siguiente fórmula:

45



50 en las que

T^1 , M^1 , D^1 son como se han definido anteriormente,
 $n2 = 0$ a 3
 $m2$ es como se ha definido anteriormente

55

R^{10} es hidrógeno, alquilo C_1-C_{25} , tal como metilo, etilo, n-propilo, iso-propilo, n-, iso- y terc-butilo, alcanoílo, tal como acilo, arilo, -N=CHR, tal como butanonoxima, alquenoílo, tal como propenoílo,

en las que en cada fórmula (2e) - (2f) la relación molar de los grupos SiH a todos de átomos de Si es de más de 0,55 y el número total de átomos de Si es al menos 7.

60

Una realización preferida de los compuestos (2f) se proporciona a modo de ejemplo por compuestos monoméricos a poliméricos que pueden describirse a través de la fórmula $[(Me_2HSiO_{0,5} kSiO_{4/2})_{1,5-41000}]$ en la que el índice k es de 0,3 a 4. Dichas moléculas líquidas o resinosas pueden contener concentraciones significativas de SiOH- y/o grupos alcoxi (C_1-C_6)-Si de hasta el 10 % en moles en relación con los átomos de silicio.

65

Los ejemplos específicos de compuestos adecuados preferidos para el componente (B) en las composiciones de la

presente invención incluyen $\text{Me}_3\text{SiO}-(\text{MeHSiO})_{5-650}-\text{SiMe}_3$, $(\text{MeHSiO})_7$, $\text{HMe}_2\text{SiO}(\text{Me}_2\text{SiO})_{0-300}(\text{MePhSiO})_{0-300}(\text{MeHSiO})_{1-650}\text{SiMe}_2\text{H}$, $\text{Me}_3\text{SiO}(\text{Me}_2\text{SiO})_{0-300}(\text{MePhSiO})_{0-300}(\text{MeHSiO})_{2-650}\text{SiMe}_3$, $\text{Me}_3\text{SiO}(\text{Me}_2\text{SiO})_{0-300}(\text{Ph}_2\text{SiO})_{0-300}(\text{MeHSiO})_{2-650}\text{SiMe}_3$,

5 en las que en cada fórmula la relación molar de los grupos SiH a todos de átomos de Si es de más de 0,55 y el número total de átomos de Si es al menos 7.

El componente (B) puede utilizarse como un único componente de un polímero de poliorganosiloxano o mezclas del mismo.

10 Si se requiere un aumento de la tasa de curado, se prefiere utilizar algunos organopolisiloxanos (B) que tengan unidades $\text{HMe}_2\text{SiO}_{0,5}$ - u homo-polímeros de MeHSiO para ajustar la tasa de curado a tiempos más cortos.

Si es necesario todavía aumentar adicionalmente la tasa de curado, esto puede conseguirse a modo de ejemplo a través de un aumento de la relación molar de SiH a Si-alqueno o un aumento de la cantidad de catalizador (C).

15 El componente (B) tiene preferentemente una viscosidad a 25 °C 2-1000 mPa.s. Preferentemente, el reticulante (B) debe tener al menos más de 3, más preferentemente más de 15, aún más preferentemente más de 20 y mucho más preferentemente más de 25 grupos SiH por molécula.

20 La relación molar del total de grupos SiH en el componente (B) al total de los restos de hidrocarbilo insaturados R^1 en el componente (A) y si está presente en (B) en la formulación es de entre 1,2 y 4, preferentemente de 1,2 a 2, 5, más preferentemente de 1,2 a 2,1, aún más preferentemente de 1,2 a 2 con el fin de proporcionar módulos fotovoltaicos de alta eficacia que comprendan el encapsulante de acuerdo con la invención.

25 El componente (B) no incluye el componente (D) o, con otras palabras, es diferente del componente (D).

Componente (C) - Catalizador

30 La composición que se utiliza en la invención contiene al menos un catalizador de hidrosililación como componente (C) seleccionado entre el grupo de compuestos organometálicos, sales o metales, que tienen la capacidad de catalizar la hidrosililación en la que el metal se selecciona entre el grupo de compuestos de Ni, Ir, Rh, Ru, Os, Pd y Pt como se enseña en el documento US 3.159.601; el documento US 3.159.662; el documento US 3.419.593; el documento US 3.715.334; el documento US 3.775.452 y el documento US 3.814.730.

35 El componente (C) para la reacción de hidrosililación de la composición de la invención es un compuesto catalizador, lo que facilita la reacción de los átomos de hidrógeno unidos a silicio del componente (B) con los sustituyentes de hidrocarburo olefínicos unidos a silicio del componente (A). El compuesto de metal u organometálico puede ser cualquier metal catalíticamente activo y es en general un grupo platino metálico que contiene un componente catalítico activo. Sin desear quedar ligado a teoría alguna, se cree que el catalizador (C) incluye complejos con ligandos de carbono con enlaces sigma y pi, así como ligandos con átomos de S, N o P, coloides metálicos o sales de los metales mencionados anteriormente. El catalizador puede estar presente en un vehículo tal como gel de sílice o carbón vegetal en polvo, que lleva el metal o un compuesto o complejo de ese metal. Preferentemente, el metal del componente (C) es cualquier compuesto complejo de platino.

45 Un componente catalizador típico que contiene platino en las composiciones de poliorganosiloxano de la presente invención es cualquier forma de compuestos de platino (0), (II) o (IV) que sean capaces de formar complejos con los fosfitos de la invención. Los complejos preferidos son complejos de $\text{Pt}^{(0)}$ -alqueno, tales como alqueno, cicloalqueno, alqueno-siloxano tal como vinilsiloxano, debido a su fácil dispersabilidad en composiciones de poliorganosiloxano.

50 Una forma particularmente útil de los complejos de platino son los complejos de $\text{Pt}^{(0)}$ con compuesto de organosilicio alifáticamente insaturado tal como 1,3-diviniltetrametil-disiloxano (vinil-M2 o catalizador Karstedt), como se desvela en el documento US 3419593 incorporado en el presente documento por referencia, se prefieren especialmente ciclohexeno-Pt, ciclooctadieno-Pt y tetraviniltetrametil-tetracilosiloxano (Vinilo-D4).

55 Se preparan complejos de $\text{Pt}^{(0)}$ -olefina a modo de ejemplo en presencia de 1,3-diviniltetrametildisiloxano (M^{Vi}_2) a través de la reducción de ácido hexacloroplatínico o de otros cloruros de platino a modo de ejemplo por medio de alcoholes en presencia de compuestos básicos tales como carbonatos alcalinos o hidróxidos.

60 La cantidad del componente catalizador que contiene platino que se utiliza en las composiciones de la presente invención no se limita estrechamente siempre que exista una cantidad suficiente para acelerar la hidrosililación entre (A) y (B) a la temperatura deseada en el tiempo requerido (B) en presencia de todos los otros ingredientes de la composición de la invención. La cantidad necesaria exacta de dicho componente catalizador dependerá del catalizador particular, de la cantidad de otros compuestos inhibidores y de la relación de SiH a olefina y no es fácilmente predecible. Sin embargo, para catalizadores de platino dicha cantidad puede ser tan baja como sea posible debido a razones de coste. Preferentemente debe añadirse más de una parte en peso de platino por cada

millón de partes en peso de los componentes orgánicos de silicio (A) y (B) para asegurar el curado en presencia de otras trazas inhibitorias no definidas. Para las composiciones de la presente invención, que han de utilizarse mediante el método de recubrimiento de la presente invención, la cantidad de platino que contiene componente catalizador que se aplica es preferentemente suficiente para proporcionar de 1 a 200 ppm, preferentemente de 2 a 100 ppm, especialmente preferido de 4 a 60 ppm en peso de platino por peso de componentes de poliorganosiloxano (a) más (B).

Preferentemente, dicha cantidad es de al menos 4 ppm en peso por suma de (A) y (B).

10 El catalizador de hidrosililación también puede seleccionarse entre el grupo de catalizadores capaces de ser fotoactivados.

Estos catalizadores fotoactivables contienen preferentemente al menos un metal seleccionado entre el grupo compuesto de Pt, Pd, Rh, Co, Ni, Ir o Ru. Los catalizadores capaces de ser fotoactivados preferentemente comprenden compuestos de platino.

El catalizador capaz de ser fotoactivado se selecciona preferentemente entre compuestos organometálicos, es decir, comprende ligandos que contienen carbono o sales de los mismos. En una realización preferida un catalizador fotoactivo (C) tiene enlaces de metal carbono, incluyendo enlaces sigma y pi. Preferentemente, el catalizador capaz de ser fotoactivado (C) es un compuesto de complejo organometálico que tiene al menos un enlace sigma metal-carbono, aún más preferentemente un compuesto de complejo de platino que tiene preferentemente uno o más grupos alquilo y/o arilo unidos con enlace sigma, preferentemente grupo o grupos alquilo. Los ligandos unidos con enlace sigma incluyen en particular grupos orgánicos unidos con enlace sigma, preferentemente alquilo C₁-C₆ unido con enlace sigma, más preferentemente grupos metilo unidos con enlaces sigma, grupos arilo unidos con enlaces sigma, como fenilo, grupos alquilo o arilo unidos con enlaces sigma sustituidos con Si y O, tales como grupos trisorganosililalquilo, grupos sililo unidos con enlace sigma, como grupos trialkilsililo. Los catalizadores fotoactivables más preferidos incluyen compuestos de complejos de η^5 -(opcionalmente sustituido)-ciclopentadienil platino que tienen ligandos unidos con enlace sigma, preferentemente ligandos alquilo unidos con enlaces sigma.

30 Catalizadores adicionales capaces de ser fotoactivados incluyen complejos de (η -diolefin)-(σ -aril)-platino (véase, por ejemplo el documento US 4.530.879).

El catalizador capaz de ser fotoactivado puede utilizarse como tal o soportado sobre un vehículo.

35 El catalizador capaz de ser fotoactivado es un catalizador, que proporciona opciones adicionales para extender el tiempo de vida de baño de la composición a base de silicio reactivo, además de los fosfitos de la invención y permite ampliar el tiempo de procesamiento antes de la gelificación de los componentes.

Ejemplos de catalizadores capaces de ser fotoactivados incluyen complejos de η -diolefin- σ -aril-platino, tales como se desvelan en el documento US 4530879, el documento EP 122008, el documento EP 146307 (correspondiente al documento US 4.510.094 y los documentos de la técnica anterior citados en el mismo) o el documento US 2003/0199603, y también compuestos de platino, cuya reactividad puede controlarse, por ejemplo, utilizando ésteres azodicarboxílicos, como se desvela en el documento US 4.640.939 o dicetonatos.

45 Los compuestos de platino capaces de ser fotoactivados que puede utilizarse son, además, los seleccionados entre el grupo que tiene ligandos seleccionados entre dicetonas, por ejemplo benzoiacetona o ésteres acetilendicarboxílica y catalizadores de platino incrustados en resinas orgánicas fotodegradables. Otros catalizadores de Pt se mencionan a modo de ejemplo en el documento US 3.715.334 o el documento US 3.419.593, el documento EP 1 672 031 A1 y Lewis, Colborn, Grade, Bryant, Sumpter y Scott en *Organometallics*, 1995, 14, 2202-2213, todos incorporados por referencia en el presente documento.

Los catalizadores capaces de ser fotoactivados también pueden formarse in situ en la composición de silicona que se conforma, mediante el uso de complejos de Pt⁰-olefina y la adición de ligandos fotoactivables apropiados a los mismos.

55 Los catalizadores capaces de ser fotoactivados que puede utilizarse en el presente documento, sin embargo, no se restringen a estos ejemplos anteriormente mencionados.

60 El catalizador más preferido capaz de ser fotoactivado que se utiliza en el proceso de la invención son los complejos de (η^5 -ciclopentadienil)-trimetil-platino, (η^5 -ciclo-pentadienil)-trifenil-platino, en particular, (η^5 -metil-ciclopentadienil)-trimetil-platino.

La cantidad del catalizador capaz de ser fotoactivable es preferentemente de 1 a 500 ppm y preferentemente en el mismo intervalo inferior como se ha definido para los catalizadores de hidrosililación activables por calor mencionados anteriormente.

65

Como ya se ha explicado anteriormente, los fosfitos específicos utilizadas de acuerdo con la invención interactúan con los compuestos de metales de transición convencionales a través de reacciones de intercambio de ligando, lo que influye en la actividad de hidrosililación del catalizador para proporcionar, sorprendentemente, un excelente equilibrio entre la estabilidad de almacenamiento por un lado y la reactividad a temperaturas elevadas tras el curado.

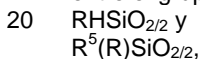
5 Componente (D):

La composición de poliorganosiloxano curable que se utiliza en la invención comprende opcionalmente al menos un promotor de adhesión (D).

10 El componente (D) se selecciona preferentemente entre al menos uno de

- (D1): al menos un organosiloxano, que comprende al menos un grupo alcoxi sililo,
- (D2): al menos un organosilano, que comprende al menos un grupo alcoxi sililo,
- 15 (D3): al menos un compuesto orgánico aromático que tenga al menos dos restos aromáticos y al menos un grupo reactivo en la hidrosililación.

El componente (D1) es preferentemente un poliorganosiloxano que comprende al menos una unidad seleccionada entre el grupo que consiste en



en los que R es como se ha definido anteriormente y puede ser idéntico o diferente, R^5 se selecciona entre el grupo que consiste en un grupo alifático insaturado con hasta 14 átomos de carbono, un grupo alifático con hasta 14 átomos de carbono, un grupo que contiene cianurato y un grupo que contiene isocianurato y un grupo que contiene isocianurato, y

25 isocianurato, y

que comprende adicionalmente al menos una unidad de fórmula (3):



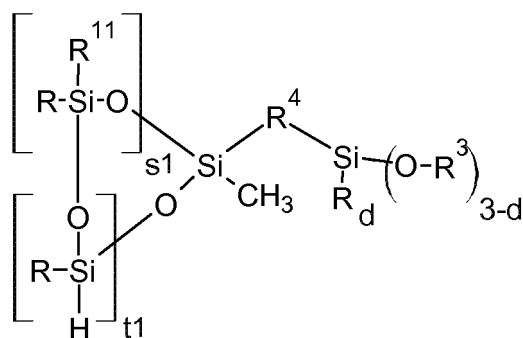
en la que

R es como se ha definido anteriormente y puede ser idéntico o diferente, R^3 se selecciona entre H (hidrógeno) y radicales alquilo que tienen de 1 a 6 átomos de carbono y pueden ser idénticos o diferentes,

35 R^4 es un radical hidrocarbilo difuncional opcionalmente sustituido con hasta 15 átomos de carbono, que puede contener uno o más heteroátomos seleccionados entre átomos de O, N y S y que está unido a los átomos de silicio a través de un enlace Si-C y

d es de 0 a 2.

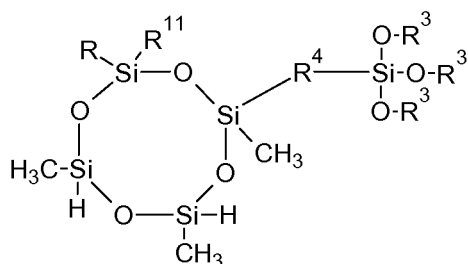
40 Los ejemplos de componente (D1) incluyen compuestos de fórmulas (3^a – 3d):



(3a)

- 45 R^{11} es R o R^5 , en la que R, R^3 , R^4 y R^5 son como se han definido anteriormente y pueden ser idénticos o diferentes, $s_1 = 0 - 6$, preferentemente 1
- $t_1 = 0 - 6$, preferentemente 1 o 2
- $s_1 + t_1 = 2 - 6$, preferentemente 2 o 3

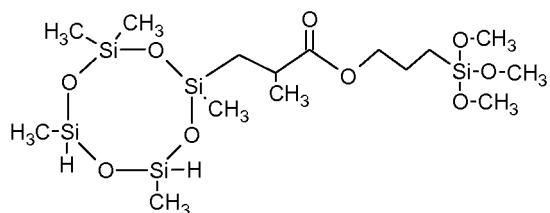
50 a condición de que haya al menos un grupo $-(OSi(R)H)-$ o $-(OSi(R)(R^{11})-$ en el compuesto, preferentemente un compuesto de fórmula:



(3b)

en la que R, R³, R⁴ y R¹¹ son como se han definido anteriormente y los isómeros de posiciones del anillo del mismo, un compuesto de fórmula:

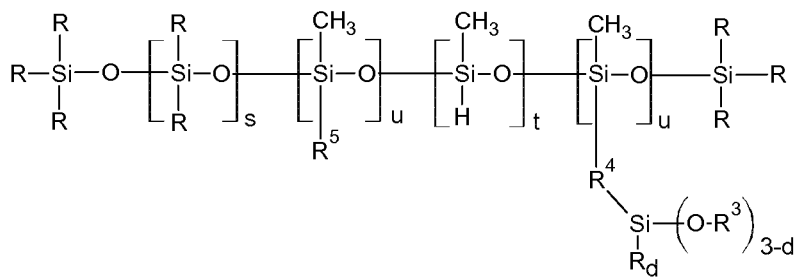
5



(3c)

los isómeros de posiciones del anillo del mismo, un compuesto de fórmula.

10 Además, los compuestos de fórmula:



(3d)

en la que:

15

R, R³, R⁴, R⁵ son como se han definido anteriormente,

s = 0 - 10, preferentemente = 0 - 5

t = 0 - 50, preferentemente = 2 - 30

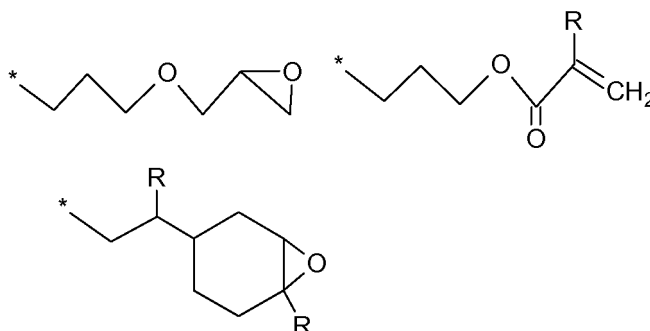
u = 1 - 10, preferentemente = 1

20

s + t + u = ≤ 70

a condición de que haya al menos un grupo -(OSi(R)H)- o -(OSi(R)(R⁵))- en el compuesto. Estos compuestos pueden comprender en cierta medida grupos de ramificación Q o T, en reemplazo de las unidades D.

25 R⁵, por ejemplo, se selecciona entre:



El componente (D2) se selecciona preferentemente entre compuestos de fórmula (4):



5 en la que

X se selecciona entre el grupo que consiste en halógeno, pseudohalógeno, grupo alifático insaturado con hasta 14 átomos de carbono, grupo alifático que contiene un grupo epoxi con hasta 14 átomos de carbono, grupo que contiene cianurato y un grupo que contiene isocianurato,

10 Y se selecciona entre el grupo que consiste en un enlace sencillo, un grupo heteroatómico seleccionado entre -COO-, -O-, -S-, -CONH-, -HN-CO-NH-,

R⁶ se selecciona entre hidrógeno y R es como se ha definido anteriormente, e es 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 u 8 y pueden ser idénticos o diferentes,

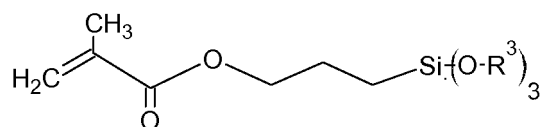
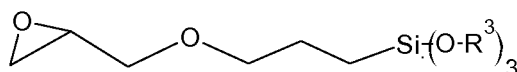
R es como se ha definido anteriormente y puede ser idéntico o diferente,

15 R³ es como se ha definido anteriormente y puede ser idéntico o diferente, d es 0, 1, o 2.

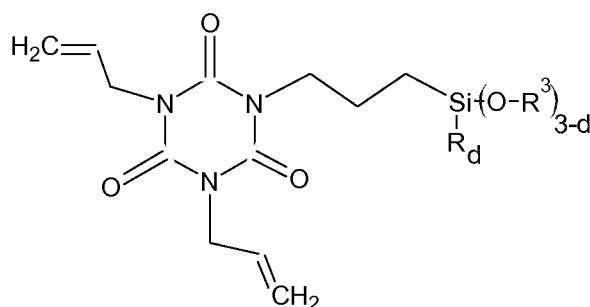
Los ejemplos preferidos del componente (D2) incluyen:

(3e):

20

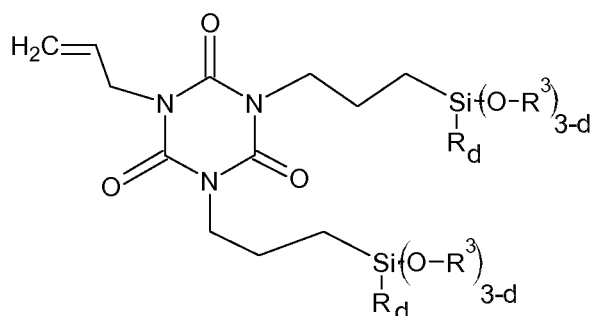


(3f)



(3g)

25

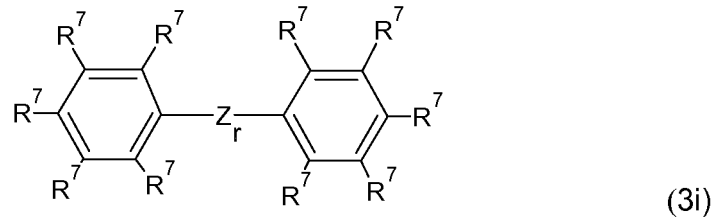


(3h)

en las que R y D son como se han definido anteriormente.

30 El componente (D2) además de actuar como promotor de adhesión, puede servir además como agente de tratamiento de superficie in-situ para la carga (E). Se prefiere utilizar mezclas de silanos del componente (D2) para obtener propiedades de adhesión aceptables a costes reducidos.

El componente (D3) se selecciona preferentemente entre compuestos de fórmula (3i):



en la que

5 r es 0 o 1,

R⁷ puede ser el mismo o diferente grupo, que se selecciona entre el grupo que consiste en un átomo de hidrógeno, un grupo hidroxilo, un átomo de halógeno, un grupo alquilo, grupo alquenilo, grupo alcoxi, grupo alqueniloxi, grupo alquenilcarboniloxi y un grupo arilo, y

10

un grupo de fórmula -E_r-Si(OR)_{3-d}R_d, en la que R es igual o diferente y d es como se ha definido anteriormente,

un grupo de fórmula -O-Si(R)₂R¹, en la que R y R¹ son como se han definido anteriormente,

15

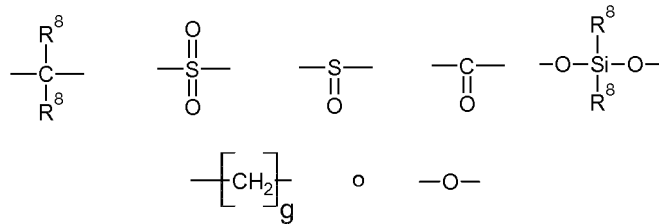
un grupo de fórmula -E_r-Si(R)₂H, en la que R se define como anteriormente,

en la que e es un grupo orgánico divalente con hasta 8 átomos de carbono y 0 a 3 grupos hetero atómicos seleccionado entre -O-, -NH-, C=O y -C(=O)O-, y

20

f es 0 o 1,

y Z se selecciona entre los siguientes grupos:



25

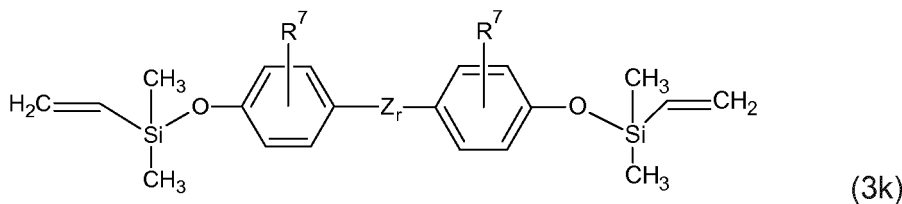
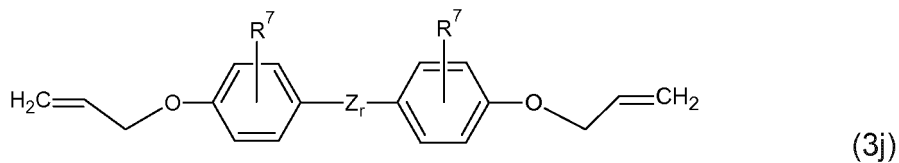
en la que R⁸ se selecciona entre el grupo de un átomo de hidrógeno, un átomo de halógeno o un grupo alquilo sustituido o sin sustituir, grupo arilo, grupo alquenilo y grupo alquínilo y

30

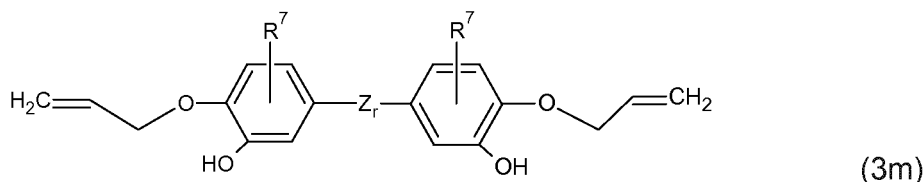
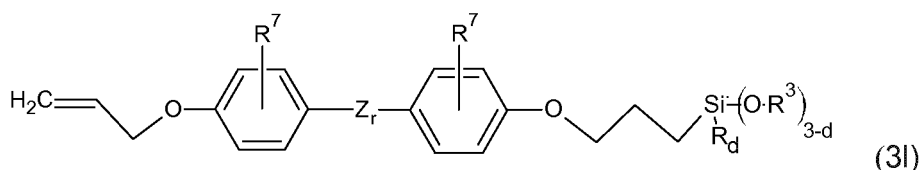
g es un número positivo de al menos 2,

en la que al menos uno de los grupos seleccionados entre R⁷ y R⁸ es reactivo en la hidrosililación.

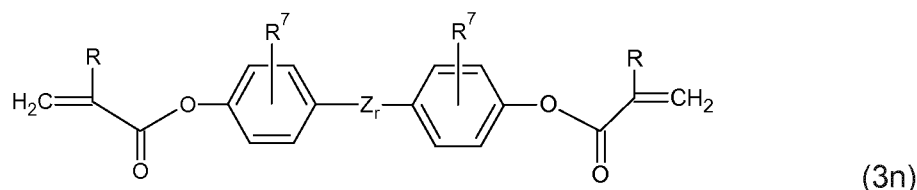
35 Los componentes (D3) preferidos incluyen:



40



5



en los que Z_r , R^7 , R^3 , R y D son cada uno como se ha definido anteriormente.

Componente (E) carga de refuerzo

10

Las composiciones de poliorganosiloxano curables que se utilizan como encapsulante opcionalmente comprenden una o más, si tienen la superficie apropiadamente modificada, cargas de refuerzo (E). Las cargas de refuerzo (E) se caracterizan por un área superficial BET de 50 m²/g o más.

15 En general, si las composiciones de poliorganosiloxano curables son de curado por irradiación dichas cargas deben ser transparentes y permitir la alta transmitancia de la luz.

Las cargas incluyen a modo de ejemplo todas las cargas de partículas finas, es decir, las que tienen partículas más pequeñas que 100 μm, es decir, compuestas preferentemente de dichas partículas. Estas pueden ser cargas minerales, tales como silicatos, carbonatos, nitruros, óxidos o sílices. Las cargas son preferentemente las conocidas como sílices de refuerzo, que permiten la producción de elastómeros que tienen una transparencia suficiente para la irradiación. Se prefieren las sílices de refuerzo preferidos que mejoran las propiedades de los encapsulantes curados después de la reticulación, en particular las que el aumentan la resistencia. Los ejemplos son sílices pirógenas o precipitadas cuyas áreas de superficie BET son de 50 a 400 m²/g. Preferentemente, estas cargas tienen la superficie hidrofobizada. Si se utiliza el componente (E), sus cantidades son de 1 a 100 partes en peso, preferentemente de 0 a 70 partes en peso, aún más preferentemente de 0 a 50 partes en peso, incluso más preferentemente de 5 a 45 partes en peso basado en 100 partes en peso del componente (A) y (B).

Las cargas cuyas áreas de superficie BET están por encima de 50 m²/g permiten la producción de elastómeros de silicona con propiedades mejoradas. En vista de la resistencia y la transparencia se prefieren sílices pirógenas, e incluso las sílices más preferidas son, por ejemplo, Aerosil® 200, 300, HDK® N20 o T30, Cab-O-Sil® MS7 o HS5 que tienen más de 200 m²/g de área de superficie BET. A la vez que el área de superficie BET aumenta, la transparencia de las mezclas de silicona en las que estos materiales están presentes también aumenta. Son ejemplos de nombres comerciales de los materiales conocidos como sílices precipitadas o sílices húmedas, Vulkasil®VN3 o FK 160 de Evonik (antes Degussa) o Nipsil®LP de Nippon Silica K.K. y otros.

Se prefiere el uso de cargas de sílice que tengan áreas de superficie BET de 50 m²/g o más, preferentemente que tengan una superficie BET de al menos 150 m²/g. Dichas composiciones pueden ser fotoactivas si se desea debido a la suficiente transparencia.

40

Las cargas (E) pueden ser objeto de cualquier tratamiento de superficie convencional adecuado con agentes de tratamiento de superficie adecuados que pertenecen al tratamiento de hidrofobización con un agente hidrofobizante adecuado, tratamiento de dispersión con agentes dispersantes adecuados que afectan a la interacción de la carga con el polímero de silicona, por ejemplo, que afectan a la acción espesante. El tratamiento de superficie de las cargas es preferentemente una hidrofobización con silanos o con siloxanos. Puede, a modo de ejemplo, tener lugar in situ mediante la adición de silazanos, tales como hexametildisilazano y/o 1,3-divinitetrametildisilazano, con adición de agua y se prefiere la hidrofobización 'in-situ'. También puede tener lugar con otros agentes de tratamiento de cargas familiares con poliorganosiloxanodiolos cuyas longitudes de cadena son de 2 a 50 y que llevan radicales orgánicos insaturados, con el objetivo de proporcionar sitios reactivos para la reacción de reticulación.

45

Son ejemplos de sílices disponibles comercialmente prehidrofobizadas con diversos silanos: Aerosil R 972, R 974, R 976 o R 812, o, por ejemplo, HDK 2000 o H30. Son ejemplos de nombres comerciales para materiales conocidos como sílices precipitadas o sílices húmedas hidrofobizadas, por ejemplo Sipernat D10 o D15 de Evonik (antes Degussa).

5 Las propiedades reológicas, es decir, las propiedades de procesamiento técnicas, de las mezclas de caucho de silicona no curado, pueden verse afectadas por la selección de la cantidad del tipo de la carga, de su cantidad y de la naturaleza de la hidrofobización.

10 Aditivos auxiliares convencionales

La composición de poliorganosiloxanos curable que se utiliza como encapsulante de acuerdo con la invención también puede comprender aditivos auxiliares convencionales.

15 Dichos aditivos auxiliares o convencionales pueden comprender estabilizantes contra el aire caliente, aceites y disolventes, adyuvantes de procesamiento, agentes de desmoldeo, agentes humectantes, pigmentos, cargas funcionales para un aumento de calor o de conductividad eléctrica, cargas de baja superficie o inertes denominadas diluyentes para extender el volumen, disolventes, fibras naturales o sintéticas para el refuerzo, agentes de soplado para iniciar de formación de espuma, antimicrobianos, fungicidas o aditivos para aumentar la resistencia al moho.

20 Los ejemplos de materiales que sirven como cargas o diluyentes (áreas de superficie BET < 50 m²/g) se conocen como rellenos no reforzadores. Incluyen, por ejemplo de cuarzo en polvo, tierra de diatomeas, crystobalitas en polvo, micas, óxidos de aluminio e hidróxidos de aluminio. También pueden utilizarse dióxidos de titanio u óxidos de hierro, óxidos de Zn, tizas o negros de carbono cuyas áreas de superficie BET sean de 0,2 a menos de 50 m²/g como estabilizadores de calor. Estas cargas están disponibles en diversidad de marcas, siendo ejemplos Sicron®, Min-U-Sil, DicaliteR, Crystallite®. Los materiales conocidos como cargas inertes o diluyentes con áreas de superficie BET inferior a 50 m²/g no deben comprender ventajosamente ninguna partícula (<0,005 % en peso) por encima de 100 µm para su uso en cauchos de silicona, con el fin de que su posterior procesamiento no genere ningún problema durante el procesamiento corriente abajo, por ejemplo, el paso a través de tamices o toberas o que las propiedades mecánicas de los artículos producidos a partir los mismos no se vean afectados adversamente.

Entre las cargas opacantes están también, en particular, pigmentos o negro de humo, no transparentes, en particular inorgánicos.

35 El uso de estas cargas opacantes se prefiere solo cuando sea necesaria la pigmentación o la función física, como la conductividad térmica o eléctrica, sea un requisito.

40 El uso de cargas no transparentes opacas requiere cambiar la secuencia habitual de la activación y las etapas de conformación en el proceso. Normalmente, si no se utilizan cargas o son transparentes, la fotoactivación a través de la irradiación se realiza después del proceso de conformación final. Si se utilizan cargas no transparentes opacas, que puedan inhibir la fotoactivación del catalizador fotoactivable, la etapa de la fotoactivación se realiza antes de que las cargas no transparentes opacas se incorporen y se forme la mezcla.

45 Como la persona experta en la materia sabe, la carga también puede ser un pigmento, por ejemplo, colorantes o pigmentos orgánicos o pigmentos inorgánicos.

50 Los aditivos auxiliares o convencionales incluyen adicionalmente por ejemplo plastificantes o aceites de liberación o aceites hidrofobizantes, tales como aceites de polidimetilsiloxano con una viscosidad que sea preferentemente de 0,001 a 10 Pa.s a 25 °C. También pueden utilizarse agentes de liberación de molde o de mejora del flujo adicionales, siendo ejemplos los derivados de ácidos grasos o derivados de alcoholes grasos, tensioactivos de fluoroalquilo. Los compuestos ventajosamente utilizados en el presente documento son aquellos, que se separan rápidamente y migran a las superficies.

55 La estabilidad después de la exposición al aire caliente puede aumentarse a modo de ejemplo mediante el uso de estabilizadores de aire caliente conocidos, tales como compuestos de Fe, Mn, Ti, Ce o La y sales orgánicas de estos, preferentemente sus complejos orgánicos. Los aditivos auxiliares pueden incluir también los denominados inhibidores para controlar la reacción de reticulación. Sin embargo, la presencia de estos inhibidores en general no se prefiere. Sin embargo, si se pretende aumentar el tiempo de empleo útil de la composición de silicona que se conforma, por ejemplo, en el caso de cargas no transparentes, han de formarse después de la fotoactivación, pudiendo ser adecuado el uso de dichos inhibidores para disminuir la tasa de curado. Los ejemplos de inhibidores ventajosos incluyen, por ejemplo, vinilsiloxanos 1,3-diviniltetrametildisiloxano o tetravinil-tetrametil-tetracilosiloxanos. También es posible usar otros inhibidores conocidos, por ejemplo etinilciclohexanol, 3-metilbutinol o maleato de dimetilo.

65 La composición que se utiliza en la presente invención puede prepararse mediante la mezcla de los componentes (A) - (E) homogéneamente usando medios de mezcla adecuados, tales como una espátula, un rodillo de tambor, un agitador mecánico, un molino de tres rodillos, un mezclador de paleta sigmoidea, un mezclador de masa, un

mezclador planetario, tornillos, un disolventor, un mezclador de mariposa, mezclador de presión o un mezclador de vacío.

5 El orden de mezcla de los componentes (A) - (E) no es crítico, sin embargo, se prefiere que ciertos componentes puedan mezclarse para formar dos o más paquetes que puedan almacenarse, si se desea y después mezclarse en una etapa final inmediatamente antes del uso previsto del mismo.

10 Se prefiere mezclar el componente (C) y una porción de los componentes (A), (D) y (E) para proporcionar un primer paquete. Por separado, los componentes (A), (B), (D), (E) se mezclan para proporcionar un segundo paquete. Estos dos paquetes pueden almacenarse y después mezclarse de manera homogénea antes de su uso. Otras combinaciones son también posibles, pero es importante para mantener los componentes (B) y (C) separados.

15 La composición de poliorganosiloxano curable que se utiliza como encapsulante de acuerdo con la invención comprende preferentemente:

100 partes en peso del componente (A),
de 0,1 a 200 partes en peso del componente (B), preferentemente de 0,5 a 50 partes en peso,
de 0,5 a 1000 preferentemente de 1 a 100 ppm del componente (C), sobre la base de la cantidad del metal de transición y sobre la base del total de los componentes (A) y (B),
20 de 0,01 a 5, preferentemente de 0,1 a 5, más preferentemente de 0,5 a 3 partes en peso de componente (D),
de 0 a 50 partes en peso de componente (E), preferentemente de 0 a 40 partes en peso y opcionalmente de 0 a 15 partes, preferentemente de 0 a 6 partes en peso de los auxiliares.

25 Las cantidades de los componentes (A) y (B) por lo general se seleccionan de manera que la relación molar del total de grupos SiH en el componente (B) con el total de los residuos de hidrocarbilo insaturados en el componente (A) en la formulación es de entre 0,7 y 4, preferentemente de 0,7 a 2,4; más preferentemente e 0,7 a 2.

30 El catalizador de hidrosililación pueden seleccionarse entre catalizadores activables por luz o catalizadores fotoactivables (ambos términos se utilizan como sinónimos), que se han explicado en detalle anteriormente.

Dichas composiciones activables por luz son particularmente preferidas debido a que no requieren el curado térmico a temperaturas elevadas reduciendo con ello el esfuerzo térmico de los módulos fotovoltaicos. Además, estas composiciones pueden curarse "a la orden", sin tiempos de empleo útil o tiempos de vida útil.

35 El encapsulante curable por adición que se utiliza en la presente invención puede aplicarse sobre la superficie de los sustratos relevantes de los módulos solares por cualquier medio adecuado, tal como laminado, difusión, rociado, calandrado y similares y curarse a una temperatura adecuada. La temperatura de curado y el tiempo necesario dependerán de la elección específica del sistema de catalizador e inhibidor.

40 La composición de encapsulante curable por adición que comprende los componentes (A) a (E) y los auxiliares de la presente invención tiene preferentemente una viscosidad de 200 a 100.000 mPa.s preferentemente de 2.500 a 80.000 mPa.s, mucho más preferentemente de 10.500 a 70.000 mPa.s a 25 °C y a una velocidad de cizallamiento de $D = 10 \text{ s}^{-1}$.

45 Preferentemente, los encapsulantes se curan entre 50 y 120 °C durante un período de entre 5 y 30 minutos. Otras realizaciones comprenden el uso de composiciones de poliorganosiloxano curables fotoactivables utilizando catalizadores o iniciadores fotoactivables. El curado se inicia entonces mediante la irradiación con luz, en particular, la luz UV que tiene una longitud de onda máxima entre 300 y 550 nm. El curado por irradiación se realiza preferentemente a temperatura ambiente (25 °C).

50 Preferentemente, el encapsulante se aplica en un espesor en seco de aproximadamente 150 a 2000 μm , más preferentemente de aproximadamente 200 a 600 μm .

55 El encapsulante curado tiene preferentemente una transparencia de más del 80%, más preferentemente de más del 90% de transmisión medida a un espesor de 2 mm con un fotómetro a una longitud de onda de 400 nm.

Se han publicado numerosos diseños de módulos fotovoltaicos.

60 Un módulo fotovoltaico habitual utilizado en la presente invención puede consistir en un sustrato frontal de vidrio, células semiconductoras (oblea o película fina), líneas conductoras, un sustrato o recubrimiento trasero y encapsulantes que pueden encapsular parcialmente o completamente las células semiconductoras. La encapsulación no significa necesariamente un contacto fijo entre el encapsulante de silicona y las células semiconductoras mientras que cumpla la función de proteger las células semiconductoras. Preferentemente, el módulo fotovoltaico de acuerdo con la presente invención ya no contiene una hoja de EVA entre el sustrato de vidrio y las células semiconductoras.

65

Además, el módulo fotovoltaico puede comprender un marco de soporte, preferentemente hecho de metal, por ejemplo aluminio.

5 En una realización preferida de la presente invención, el encapsulante de silicona curado junto con el sustrato de vidrio forma un espacio cerrado que comprende las células semiconductoras. Esta realización puede incluir ya sea que las células semiconductoras estén embebidas por completo en el encapsulante de silicona curada que está en contacto con el sustrato de vidrio o incluir que el encapsulante de silicona curado y el sustrato de vidrio, que comprenden las células semiconductoras, formen un espacio intermedio. En una realización preferida adicional, el espacio intermedio formado por el encapsulante de silicona curado y el sustrato de vidrio no comprende
10 ningún otro material aparte de las células semiconductoras y las líneas conductoras.

En una realización preferida adicional, el módulo fotovoltaico de acuerdo con la presente invención tiene un recubrimiento trasero exterior que tiene preferentemente una temperatura de transición vítrea alta, tal como más de 120 °C. El sustrato de recubrimiento trasero es un recubrimiento trasero rígido o compacto para proporcionar una
15 protección a la superficie posterior del módulo. Se ha propuesto una amplia diversidad de materiales para un sustrato de este tipo, que no necesariamente tienen que ser transparentes a la luz. Estos incluyen materiales tales como fluoropolímeros orgánicos tales como tetrafluoroetileno de etileno (ETFE), Tedlar o tereftalato de polietileno (PET) solo o recubierto con silicio y materiales a base de oxígeno (SiOx), PVDF (fluoruro de polivinilideno), PVF (fluoruro de polivinilo), materiales de múltiples capas como PVF-PET-PVF o copolímeros de EVA aunque son menos preferidos debido a una menor resistencia a la degradación.
20

La capa trasera de recubrimiento exterior como se ha descrito anteriormente está preferentemente en contacto con el encapsulante de silicona curado de la presente invención. Como se explicó anteriormente el encapsulante de silicona curado al mismo tiempo proporciona una excelente y duradera adhesión a un sustrato de vidrio y a una
25 capa trasera de recubrimiento de un módulo de célula solar, en particular una lámina fluoro termoplástica como capa de recubrimiento trasero.

La composición de poliorganosiloxano curable se utiliza preferentemente como encapsulante que está en contacto con el vidrio.
30

Un proceso para la fabricación de módulos de células solares fotovoltaicas incluye una etapa de aplicar la composición de poliorganosiloxano curable sobre al menos un sustrato que está formado por el módulo de célula solar fotovoltaica y curar la composición de poliorganosiloxano con el fin de proporcionar la encapsulación de dicho sustrato del módulo de célula solar fotovoltaica. Preferentemente, la composición de poliorganosiloxano se aplica
35 entre el sustrato de vidrio y la célula semiconductor del módulo de célula solar fotovoltaica rellenando así el hueco entre el sustrato de vidrio y la célula semiconductor. La superficie de la célula semiconductor lleva el material semiconductor (en particular, silicio) y opcionalmente líneas conductoras, de manera que el encapsulante está en contacto directo con el material semiconductor (en particular, silicio) y opcionalmente líneas conductoras y el sustrato de vidrio en esta realización.
40

Las células semiconductoras del módulo de célula solar fotovoltaica pueden tener líneas conductoras hacia el lado receptor de luz y/o hacia el lado opuesto.

La presente invención comprende la realización preferida, donde el encapsulante cubre solo la parte posterior de las células semiconductoras del módulo de célula solar fotovoltaica (es decir el lado opuesto al lado de recepción de luz). Esta realización incluye la posibilidad de que el encapsulante está conectado con el sustrato de vidrio formando de este modo un intersticio entre las células semiconductoras y el sustrato de vidrio.
45

La presente invención comprende adicionalmente la realización preferida, donde el encapsulante cubre completamente las células semiconductoras del módulo de célula solar fotovoltaica. Además, esta realización incluye la posibilidad de que el encapsulante esté conectado con el sustrato de vidrio formando de este modo una capa de enclavamiento entre el sustrato de vidrio y las células semiconductoras.
50

El proceso de fabricación del módulo fotovoltaico de la invención puede realizarse de forma continua o discontinua (por lotes), preferentemente de forma continua.
55

El tipo de vidrio que se utiliza para fabricar el sustrato de vidrio de la célula solar y que es especialmente útil para la adhesión al encapsulante de silicona curado de la invención, incluye el vidrio laminado y el vidrio flotante. Como estos tipos de vidrio utilizados en la producción de células solares por lo general tienen un recubrimiento protector orgánico o inorgánico, el encapsulante de silicona curado de la invención requiere excelentes propiedades de adhesión también hacia dichos recubrimientos protectores. Los recubrimientos de vidrio protectores pueden incluir recubrimientos protectores inorgánicos, tales como recubrimientos de óxido metálico, tales como los recubrimientos a base de óxido de silicio, recubrimientos a base de óxido de titanio, recubrimientos protectores orgánicos, tales como recubrimientos de fluoro resina. Una función particular de los recubrimientos protectores de
60 vidrio es evitar la lixiviación que vuelve el cristal turbio u opaco.
65

La presente invención se explica con más detalle en los siguientes ejemplos.

Ejemplos

5 Procedimientos de ensayo

Procedimiento de ensayo para la adhesión sobre vidrio

10 El método de ensayo sigue esencialmente la norma ASTM C 794-06. Se utilizaron placas de vidrio flotado convencionales de 50 mm x 150 mm con un espesor de 2 mm para los ensayos de adhesión si no se indica lo contrario. Las placas de vidrio se limpiaron con 2-propanol y se secaron al aire. Se utilizó una micromalla de rejilla de alambre de acero (Rocholl GmbH; 25 mm de ancho y 300 mm de largo; espesor del alambre: 0,5 mm; ancho de malla 1 mm x 1 mm) para la preparación de las muestras.

15 Procedimiento: La placa de vidrio se recubre 4 mm de espesor con el encapsulante de silicona. La rejilla se presiona sobre el recubrimiento y se aplica una segunda capa de encapsulante de silicona en la parte superior. La rejilla se solapa en un lado. El encapsulante de silicona por fuera de la cuadrícula se limpia. Las muestras se colocan en un horno durante 10 minutos, que se ha precalentado a 90 °C. Las muestras se almacenan en condiciones ambientales durante al menos 12 horas antes de que se sometan a ensayo. Para el ensayo de adhesión la silicona se corta del vidrio por medio de un bisturí de 2 a 3 mm de profundidad en el lado de la muestra donde se solapa la rejilla. Las muestras se sujetan verticalmente en una máquina de ensayo de tracción. El extremo libre de la rejilla se sujeta en una abrazadera adecuada de las células de carga. Se tira de la rejilla con 50 mm/minuto formando un ángulo de 180 ° con la placa de vidrio.

25 En el caso de fallo de cohesión puro dentro de silicona, la adhesión se calificó como positiva. En el caso de adhesión inicial, la muestra se sometió a envejecimiento acelerado y se volvió a someter a ensayo después de diferentes períodos de tiempo. Para el envejecimiento acelerado con calor y humedad, las muestras se colocaron en una cámara climática a 85 °C y a una humedad relativa del 85 %. Se repitió el ensayo de adhesión anterior después de 1000 horas. Se sometieron a ensayo tres muestras para cada material si no se menciona lo contrario.

30

Procedimiento de ensayo para la adhesión sobre plástico

35 Se utilizó lámina Tedlar® como ejemplo representativo de un recubrimiento trasero de plástico de un módulo solar. Las muestras de ensayo se prepararon y sometieron a ensayo de manera similar a como se ha descrito anteriormente para el vidrio. La rejilla metálica se sustituyó por papel de aluminio. La placa de vidrio se recubre 4 mm de espesor con el encapsulante de silicona, después, la lámina se presiona bien sobre el recubrimiento. La pasta de silicona por fuera de la lámina se limpia. Para los ensayos de envejecimiento acelerado, las muestras se sometieron a 85 °C y a una humedad relativa del 85 % durante 1000 horas.

40 Preparación de los encapsulantes

Los encapsulantes se prepararon en vasos de precipitados de plástico con un mezclador de cocina. El lote de carga se diluyó cuidadosamente con el poliorganosiloxano que tenía al menos dos grupos alqueno y después se añadieron los otros ingredientes. Las mezclas se desairaron al vacío antes de su uso.

45

Preparación de lotes de carga (F 1)

50 Se produjo un lote de carga (F 1) como se indica a continuación: se colocaron 22,5 kg de un polidimetilsiloxano lineal terminado con vinilo con una viscosidad de 10 Pas a 25 °C en un mezclador planetario y se mezclaron con 2,8 kg de hexametildisilazano y 0,9 kg de agua. Se añadieron 12,0 kg de sílice pirógena con una superficie BET de 300 m²/g poco a poco y se mezclaron hasta que se obtuvo una mezcla rígida. Esta mezcla se agitó y se calentó a reflujo durante 30 minutos. Los extractos volátiles se separaron por destilación y posteriormente se extrajo vacío durante 30 minutos. La mezcla se diluyó con 7,8 kg del polidimetilsiloxano anterior. Cuando se utilizó el lote de relleno resultante para la preparación de los siguientes encapsulantes se calculó que tenía un 28,3 % de sílice y un 71,7 % de polímero terminado en vinilo con una viscosidad de 10 Pas.

55

Ejemplo 1: Los encapsulantes con diferentes reticulantes

60 Se mezclaron 52 g de lote de relleno (F 1) con la cantidad de los diferentes componentes reticulantes (B) en g según se enumeran en las tablas 1 en %, 0,12 g de una solución de platino del tipo Karstedt con un 1 % de platino, 10,5 µl de etinil-ciclohexanol-(1) inhibidor (ECH) y después la mezcla se completó hasta 100 g con aprox. 46,5-47,5 g de un polidimetilsiloxano lineal terminado en vinilo que tenía una viscosidad de 10 Pas.

65 Todos los ejemplos 1.1 – 1.4 contenían aprox. un 14,7 % en peso de material de carga, 12 ppm de platino y 100 ppm de ECH inhibidor. Los materiales tenían una consistencia de líquida a pastosa, ligeramente blanda.

* Ejemplos comparativos

Tabla 1	Tipo de reticulante	Relación molar SiH/todos Si	Reticulante [%]	SiH/SiVi	Adhesión inicial sobre vidrio	Adhesión después de 1000 h 85/85
1.1	M ₂ D ^H ₅₂	0,96	0,38	1,38	Sí	Sí
1.2	M ₂ D ^H ₂₆ D ^{Ph} _{5,5} D ₂	0,73	0,75	1,38	Sí	Sí
1.3*	M ₂ D ^H ₁₂ D ₂₈	0,29	1,39	1,38	No	No
1.4*	M ₂ D ^H ₂₅ D ₂₅	0,48	0,83	1,38	No	No

Los ejemplos comparativos 1.3 y 1.4 demuestran que los reticulantes lineales fuera del intervalo de la invención de la relación de SiH no se adhieren al vidrio incluso en las condiciones de ensayo de la fase inicial, mientras que los ejemplos 1.1 y 1.2 se adhieren bien en el estado recién preparado e incluso después del envejecimiento acelerado durante 1000 horas a 85 °C y una humedad relativa del 85 %. Los encapsulantes 1.1 y 1.2 también se probaron en lámina de Tedlar® (PVF) y fracasaron en la adhesión después de 1000 horas a 85 °C y una humedad relativa del 85 %. Esta observación indica que la composición sin promotores de adhesión adicionales no puede proporcionar por completo la adhesión tanto al vidrio como a los plásticos tales como PVF del recubrimiento trasero según sea necesario.

Ejemplo 2: Encapsulantes con diferentes reticulantes y el promotor de adhesión (D1)

La composición de este ejemplo utiliza un promotor de adhesión de siloxano adicional (D1), que en este ejemplo es un producto de adición de metacriloxipropiltrimetoxisilano y D^H₃D en una relación molar 1:1 de acuerdo con la fórmula (3c). Se mezclaron 52 g del lote de carga (F 1) con la cantidad de los diferentes componentes reticulantes (B) en g que se enumeran en las tablas 2 en %, 0,12 g de una solución de platino del tipo Karstedt con un 1 % de platino, 10,5 ml de etinilciclohexanol-(1) inhibidor (ECH), 0,7 g de promotor de la adhesión (D1) y después la mezcla se completó hasta 100 g con aprox. 44,7-46,8 g de un polidimetilsiloxano lineal terminado en vinilo que tenía una viscosidad de 10 Pas.

Todos los ejemplos 2.1 a 2.10 contenían aprox. el 14, % en peso de carga, 12 ppm de platino y 100 ppm de inhibidor ECH y 0,7 g de promotor de adhesión (D1). Los materiales tenían una consistencia de líquida a pastosa, ligeramente blanda.

* Ejemplos comparativos

Tabla 2	Tipo de reticulante	Relación molar SiH/todos Si	Reticulante [%]	SiH/SiVi	Adhesión inicial	Adhesión después de 1000 h 85/85
2.1	M ₂ D ^H ₃₃	0,94	0,38	2,0	Sí	Sí
2.2	M ₂ D ^H ₃₂ D ₅	0,82	0,50	2,0	Sí	Sí
2.3	M ₂ D ^H ₂₇ D ₇	0,75	0,52	2,0	Sí	Sí
2.4	M ₂ D ^H ₂₆ D ₉	0,70	0,56	2,0	Sí	Sí
2.5	M ₂ D ^H ₂₆ D ^{Ph} _{5,5} D ₂	0,73	0,74	2,0	Sí	Sí
2.6	M ² D ^H ₃₃ D ^{Ph} _{2,9} D _{5,3}	0,76	0,56	2,0	Sí	Sí
2.7*	M ₂ D ^H ₇ D ₄	0,54	0,72	2,0	Sí	No
2.8 *	M ₂ D ^H ₂₅ D ₂₅	0,48	0,82	2,0	Sí	No
2.9 *	M ₂ D ^H ₁₂ D ₂₈	0,29	1,38	2,0	Sí	No
2.10 *	M ₂ D ^H ₂₀ D ₁₀₅	0,16	2,55	2,0	Si	No

Los ejemplos comparativos 2.7 a 2.10 en los que la estructura del reticulante se encuentra fuera del intervalo de la invención pero con el siloxano promotor de adhesión (D1), se adhirieron bien al vidrio en el estado inicial. Sin embargo, todas las muestras fallaron después de 1000 horas a 85 °C y una humedad del 85 %, aunque las muestras del ejemplo 2.7 - 2.10 sobrevivieron 250 horas a 85 °C y una humedad relativa del 85 %.

Las muestras del ejemplo 2,1 a 2,6 que comprendían un componente (B) de acuerdo con la definición de la invención pasaron el ensayo de 1000 horas a 85 °C y una humedad relativa del 85 % sin fallo en la adhesión en este ensayo de adhesión de desprendimiento.

Además, la adhesión a una lámina de Tedlar (PVF) se sometió a ensayo con el ejemplo 2.6. El encapsulante se adhirió en el ensayo inicial y sobrevivió 1000 horas a 85 °C y una humedad relativa del 85 % sin ninguna pérdida de adhesión a la lámina.

Ejemplo 3: Encapsulantes con diferentes reticulantes y promotores de adhesión

En los ejemplos 3 se combinan el componente promotor de adhesión (D2), el siloxano de los Ejemplos 2 y silanos como componente (D2):

Memo = metacriloxipropiltrimetoxisilano, CH₂=C(CH₃)COO(CH₂)₃Si(OCH₃)₃

Glymo = glicidoxipropiltrimetoxisilano, $(C_2H_3O)CH_2O(CH_2)_3Si(OCH_3)_3$

Los encapsulantes se prepararon como se ha descrito en los Ejemplos 1 y 2 habiendo incorporado aprox. 14,7 % de carga, el polisiloxano terminado en vinilo con una viscosidad de 10 Pas, 12 ppm de platino, 100 ppm de ECH y las cantidades de reticulantes y promotores de adhesión que se enumeran en la tabla 3.

* Ejemplos comparativo

Tabla 3	Reticulante		Promotor de adhesión		SiH/SiVi	Adhesión después de 1000 h 85 °C humedad relativa del 85 %	
	Relación molar SiH/todos Si	[%]		[%]			
3.1	$M_2D^H_{33}$	0,94	0,64	(B) Glymo Memo	1,0 0,9 0,75	1,9	Sí
3.2	$M_2D^H_{27}D_7$	0,75	0,87	(B) Glymo Memo	1,0 0,9 0,75	1,9	Sí
3.3	$M_2D^H_{26}D_9$	0,70	0,93	(B) Glymo Memo	1,0 0,9 0,75	1,9	Sí
3.4	$M_2D^H_{33}D^{Ph}_{2,9}D_{5,3}$	0,76	0,93	(B) Glymo Memo	1,0 0,9 0,75	1,9	Sí
3.5*	$M_2D^H_{25}D_{25}$	0,48	1,37	(B) Glymo Memo	1,0 0,9 0,75	1,9	No
3.5	$M_2D^H_{33}$	0,94	0,55	Glymo	0,7	2,0	Sí
3.7 *	$M_2D^H_{12}D_{28}$	0,29	2	Glymo	0,7	2,0	No
3.8	$M_2D^H_{33}$	0,94	0,53	Memo	0,3	1,5	Sí
3.9	$M_2D^H_{33}D^{Ph}_{2,9}D_{5,3}$	0,76	1,07	Memo	0,35	2,0	Sí

Los ejemplos 3.1 a 3.4 muestran una adhesión suficiente en las condiciones de ensayo de 1000 h si 2 o 1, es decir, si al menos los promotores de adhesión de (D2) están presentes, mientras que por ejemplo, el ejemplo 3.5 que tenía un componente (B) con una relación molar de SiH de menos de 0,5 muestra una adhesión insuficiente durante 1000 h a 85 °C y una humedad del 85 %.

El ejemplo 3.4 muestra, por ejemplo, además, también una buena adhesión a la lámina Tedlar®, es decir, Polyvinilfluorid (PVF DuPont) durante 1000 h. El encapsulante se adhirió en el ensayo inicial y pasó las 1000 horas a 85 °C y una humedad relativa del 85 % sin ninguna pérdida de adhesión al PVF-papel de aluminio.

Ejemplo 4: Los encapsulantes con un catalizador de metal activable por luz

Se mezclaron 52 g de polímero de polidimetilsiloxano terminado en vinilo con una viscosidad de 10 Pa.s a 25 °C como componente (A) con 29 g de Aerosil 300 tratado con hexametildisilazano obtenido de acuerdo con el proceso de preparación de lotes de carga (F 1). Después, a la mezcla resultante se le añadieron 16,7 g adicionales del polidimetilsiloxano terminado en vinilo que tenía una viscosidad de 10 Pas. Después, se añadieron 0,9 g de Dynasilan GLYMO (glicidoxipropiltrimetoxisilano), 0,25 g de Dynasilan MEMO (metacriloxipropiltrimetoxisilano) como componentes (D2), 1 g de un promotor de adhesión (D1) de acuerdo con la fórmula 3c, 0,9 g de un poli(co-difenilmetilhidrogeno-dimetilsiloxano) terminado en trimetilsililo $M_2D^{Ph}_2D^H_{25}D_4$ como componente (B). En una caja de manipulación con guantes oscurecida cerrada herméticamente bajo luz roja o amarilla de una lámpara de bombilla (excluyendo al menos el azul y la luz UV) se mezcló el catalizador de metal activable por luz que era trimetil(metilciclopentadienil)-platino(IV) disuelto en un polidimetilsiloxano terminado en vinil de 1 Pa.s a 25 °C, con 10 g de este componente para establecer una concentración de platino de 24 ppm de Pt en la composición total de este ejemplo. La relación de las unidades D^H para todas las unidades de Si en el componente (B) fue de 0,76, la relación SiH:Si-vinilo en este ejemplo fue de 1,9.

La composición se irradió durante 10 segundos a 120 mW/cm^2 ($= 1200 \text{ mJ/cm}^2$) a una distancia de 5 cm con una lámpara UV Panacol UV-H255 tipo LH365E de 250 W 320 – 405 nm como fuente de luz.

La composición curada se adhiere con una fuerza de desprendimiento de 10 -12 N/mm y fallo cohesivo sobre láminas de PVC (cloruro de polivinilo), PA 6.6 (poliamida), PBT (polibutilentereftalato) después de un almacenamiento de 7 d a 25 °C.

La composición curada se adhiere con una fuerza de desprendimiento de 8 N/mm después de un almacenamiento de 90 min a 25 °C en vidrio.

Fuerzas de desprendimiento se midieron mediante el método de ensayo mencionado anteriormente (ASTM C 794-06).

5 El ejemplo 4 demuestra que también las composiciones activables por luz utilizando los promotores de adhesión (D1) se adhieren a diversos sustratos.

REIVINDICACIONES

1. Uso de una composición de poliorganosiloxano curable como encapsulante para un módulo fotovoltaico, comprendiendo dicha composición:

- 5 (A) al menos un poliorganosiloxano que tiene al menos dos restos hidrocarbilo insaturados,
 (B) al menos un poliorganohidrógenosiloxano que tiene al menos siete átomos de Si, en el que la relación molar de grupos SiH a todos los átomos de Si es de más de 0,55,
 (C) al menos un catalizador de hidrosililación,
 10 (D) opcionalmente al menos un promotor de la adhesión,
 (E) opcionalmente al menos una carga de refuerzo,

en la que la relación molar del total de grupos SiH en el componente (B) con respecto al total de los restos hidrocarbilo insaturados en el componente (A) en la formulación es de entre 1,2 y 4.

15 2. Uso de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el componente (A) es un compuesto de fórmula (1):



- 20 R se selecciona entre alquilo opcionalmente sustituido con hasta 30 átomos de carbono, arilo opcionalmente sustituido con hasta 30 átomos de carbono, éter de poli-alquileo (C₂-C₄) con hasta 1000 unidades de alquileo oxi, estando los grupos R libres de insaturación alifática,
 R¹ se selecciona entre grupos alifáticos o aromáticos con hasta 30 átomos de carbono, que comprenden grupos que contienen un grupo C=C (grupos alqueno) o grupos que contienen un grupo C≡C (grupos alquino), que
 25 comprenden opcionalmente uno o más átomos de O o F-,
 a = 0 - 3
 m = 0 - 2000
 n = 0 - 500.

30 3. Uso de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que el componente (B) es un compuesto de fórmula (2a):



35 en la que R, R¹ a son como se han definido anteriormente,

$$7 \leq x + y + z < 1000.$$

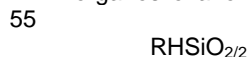
40 4. Uso de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que el componente (C) es al menos un compuesto de metal de transición, en el que el metal de transición se selecciona entre el grupo que consiste en níquel, rutenio, rodio, paladio, osmio, iridio y platino.

5. Uso de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, que comprende el componente (D).

45 6. Uso de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que el componente (D) se selecciona entre al menos uno de

- (D1): al menos un organosiloxano, que comprende al menos un grupo alcoxi sililo,
 (D2): al menos un organosilano, que comprende al menos un grupo alcoxi sililo,
 50 (D3): al menos un compuesto orgánico aromático que tiene al menos dos restos aromáticos y al menos un grupo reactivo en la hidrosililación.

7. Uso de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que el componente (D1) es un organosiloxano que comprende al menos una unidad seleccionada entre el grupo que consiste en



y



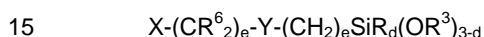
en las que R es como se ha definido anteriormente y puede ser idéntico o diferente, R⁵ se selecciona entre el grupo que consiste en un grupo alifático insaturado con hasta 14 átomos de carbono, un grupo alifático que contiene grupos epoxi con hasta 14 átomos de carbono, un grupo que contiene cianurato y un grupo que contiene isocianurato y
 65 que comprende adicionalmente al menos una unidad de fórmula (3):



en la que

- 5 R es como se ha definido anteriormente y puede ser idéntico o diferente,
 R³ se selecciona entre H (hidrógeno) y radicales alquilo que tienen de 1 a 6 átomos de carbono y puede ser idéntico o diferente,
 R⁴ es un radical hidrocarbilo difuncional opcionalmente sustituido con hasta 15 átomos de carbono, que puede contener uno o más heteroátomos seleccionados entre átomos O, N y S y que es una unión con los átomos de silicio mediante un enlace Si-C-, y d es de 0 a 2.

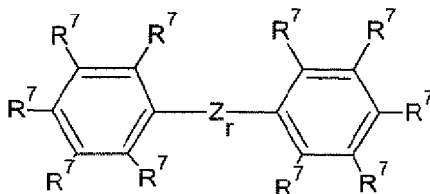
8. Uso de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que el componente (D2) se selecciona entre compuestos de fórmula:



en la que

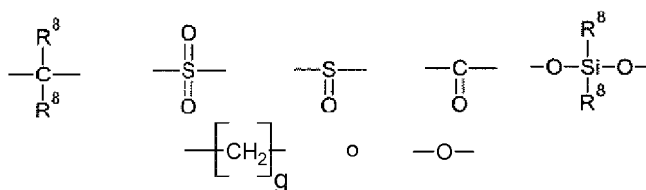
- 20 X se selecciona entre el grupo que consiste en halógeno, pseudohalógeno, un grupo alifático insaturado con hasta 14 átomos de carbono, un grupo alifático que contiene grupos epoxi con hasta 14 átomos de carbono, un grupo que contiene cianurato y un grupo que contiene isocianurato,
 Y se selecciona entre el grupo que consiste en un enlace sencillo, un grupo heteroatómico seleccionado entre -O-, -S-, -CONH-, -HN-CO-NH-,
 25 R⁶ se selecciona entre hidrógeno y R como se ha definido anteriormente, e es 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 u 8 y puede ser idéntico o diferente,
 R es como se ha definido anteriormente y puede ser idéntico o diferente,
 R³ es como se ha definido anteriormente y puede ser idéntico o diferente,
 d es como se ha definido anteriormente y puede ser idéntico o diferente.

30 9. Uso de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que el componente (D3) se selecciona entre compuestos de fórmula:



35 en la que

- r es 0 o 1,
 R⁷ puede ser el mismo grupo o un grupo diferente, que se selecciona entre el grupo que consiste en un átomo de hidrógeno, un grupo hidroxilo, un átomo de halógeno, un grupo alquilo, grupo alquenilo, grupo alcoxi, grupo alqueniloxi, grupo alquenilcarboniloxi y un grupo arilo, y
 40 un grupo de fórmula -E_r-Si(OR)_{3-d}R_d, en la que R es igual o diferente y d es como se ha definido anteriormente, un grupo de fórmula -O-Si(R)₂R¹, en la que R y R¹ son como se han definido anteriormente, un grupo de fórmula -E_r-Si(R)₂H, en la que R es como se ha definido anteriormente,
 45 en la que E es un grupo orgánico divalente con hasta 8 átomos de carbono y de 0 a 3 grupos hetero atómicos seleccionados entre -O-, -NH-, C=O y -C(=O)O- y
 f es 0 o 1,
 y Z se selecciona entre los siguientes grupos:



- 50 en los que R⁸ se selecciona entre el grupo de un átomo de hidrógeno, un átomo de halógeno o un grupo alquilo sustituido o sin sustituir, grupo arilo, grupo alquenilo y grupo alquinilo y g es un número positivo de al menos 2, en los que al menos uno de los grupos seleccionados entre R⁷ y R⁸ es reactivo en la hidrosililación.

55

10. Uso de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que el componente (E) se selecciona entre sílice que tiene una superficie BET de al menos 150 m²/g.

11. Uso de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, comprendiendo dicha composición:

- 5
100 partes en peso del componente (A),
de 0,1 a 200 partes en peso del componente (B),
de 0,5 a 1000 ppm del componente (C) sobre la base de la cantidad de metal de transición y sobre la base del
total de los componentes (A) y (B),
10 de 0,01 a 5 partes en peso de componente (D),
de 0 a 50 partes en peso de componente (E).

12. Uso de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que el catalizador de hidrosililación (C) es al menos un catalizador activable por luz.

15
13. Uso de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que la composición de poliorganosiloxano curable se cura para formar un material compuesto, que comprende la composición de poliorganosiloxano curado en contacto con un sustrato de vidrio, un sustrato termoplástico y/o un sustrato semiconductor.

20
14. Módulo fotovoltaico que comprende la composición de poliorganosiloxano curado como se define de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 12.