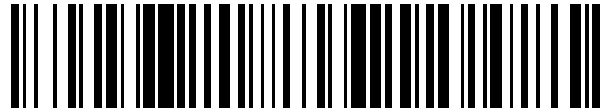


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 803 376**

51 Int. Cl.:

C08L 83/04

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **03.08.2017 PCT/EP2017/069753**

87 Fecha y número de publicación internacional: **08.02.2018 WO18024865**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **03.08.2017 E 17752340 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **03.06.2020 EP 3494179**

54 Título: **Composiciones elastoméricas y sus aplicaciones**

30 Prioridad:

03.08.2016 GB 201613414

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

26.01.2021

73 Titular/es:

**DOW SILICONES CORPORATION (100.0%)
2200 West Salzburg Road
Midland, MI 48686-0994, US**

72 Inventor/es:

**GUBBELS, FREDERIC y
SELDNUM, THOMAS**

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 803 376 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

Composiciones elastoméricas y sus aplicaciones

La presente divulgación se refiere generalmente a composiciones de silicona termoconductoras y elastómeros y geles curados mediante una química de curado por condensación y sus aplicaciones.

5 Las propiedades de los elastómeros y las resinas de organosiloxano los hacen deseables para diversas aplicaciones de uso final en el campo de la electrónica. Estos materiales se utilizan para recubrir y encapsular dispositivos electrónicos de estado sólido y las placas de circuito en las que estos dispositivos se montan a menudo. Para funcionar de manera fiable durante un largo periodo de tiempo, los transistores, los circuitos integrados y otros dispositivos electrónicos de estado sólido deben protegerse del contacto con la humedad, materiales corrosivos y otras impurezas
10 presentes en el entorno en el que operan estos dispositivos. Si bien las composiciones de organosiloxano protegen eficazmente los dispositivos de estado sólido de los materiales que pueden afectar negativamente su funcionamiento, normalmente no poseen la conductividad térmica necesaria para disipar las grandes cantidades de calor generadas durante el funcionamiento de algunos dispositivos de estado sólido.

15 El rápido avance del estado de la técnica electrónica en los últimos años ha permitido reducir el tamaño de los dispositivos de estado sólido en respuesta a una demanda de circuitos más compactos. A medida que más de estos dispositivos se concentran en un área determinada para disminuir el tamaño general del equipo que incorpora estos dispositivos, el paso del aire resultante de las corrientes de convección ya no es suficiente para disipar la cantidad de calor generado a una velocidad que evite daños a los dispositivos de estado sólido.

20 Un método para aumentar la disipación de calor es aumentar la conductividad térmica de los materiales utilizados para recubrir o encapsular los dispositivos de estado sólido. Este aumento en la conductividad térmica se puede lograr mediante la adición de materiales termoconductores de carga al material de revestimiento o encapsulado.

25 Los elastómeros termoconductores resultantes son materiales elastoméricos utilizados principalmente en aplicaciones electrónicas en casos en los que se necesita una buena conducción térmica y aislamiento eléctrico en el mismo material. Por ejemplo, se puede usar un elastómero termoconductor como superficie de contacto entre un componente electrónico semiconductor y un disipador térmico de metal.

Muchos diseños y aplicaciones electrónicos están vinculados por la capacidad de disipar el calor óhmico generado durante el funcionamiento de los componentes electrónicos. Muchos componentes electrónicos, especialmente los componentes semiconductores, son propensos a descomponerse a altas temperaturas. Por lo tanto, la capacidad de disipar el calor es un factor limitante en el rendimiento del componente electrónico.

30 Dado que los disipadores térmicos de metal de alta conductividad térmica, debido a su alta conductividad eléctrica, no pueden ser puestos en contacto directamente con los componentes electrónicos, el material elastomérico termoconductor se utiliza como una superficie de contacto termoconductor y eléctricamente aislante entre el componente electrónico y el disipador térmico de metal. La conductividad térmica de los elastómeros termoconductores es generalmente mucho menor que la del disipador térmico de metal. Por lo tanto, la conductividad
35 térmica del elastómero termoconductor limita la capacidad general de disipar el calor óhmico.

40 Los materiales comerciales de silicona que se usan actualmente para formar los encapsulantes y embutidores, etc. (por ejemplo, geles) son costosos, porque se basan en la química de curado por adición; es decir, se curan mediante la reacción de un grupo hidruro de silicio con un radical de carbono insaturado con la ayuda de un catalizador, que normalmente es un compuesto a base de platino. Históricamente, la industria ha preferido composiciones de curado por adición de este tipo para estas aplicaciones porque curan inmediatamente en todo el cuerpo del compuesto, dando como resultado un material curado en cuestión de minutos, mientras que los sistemas de curado por condensación son significativamente más lentos; los procesos de condensación curados con titanato pueden llevar, por ejemplo, hasta 7 días de curado por cada 6 mm de profundidad del cuerpo del material no curado. Los sistemas de condensación curados con estaño curan en un periodo más corto, pero no son deseables, para por ejemplo
45 aplicaciones electrónicas, porque experimentan reversión (es decir, despolimerización) a temperaturas superiores a 80°C.

Aunque, desde el punto de vista de la velocidad de curado, los materiales hechos de composiciones de curado por hidrosililación son excelentes, existen varios problemas y/o desventajas potenciales con su uso. Por ejemplo, generalmente se curan a temperatura elevada (es decir, más de 100°C) y pueden contaminarse y volverse incurables debido a la inactivación de los catalizadores de curado costosos basados en platino, que son sensibles y pueden estar envenenados por compuestos que contienen aminas, compuestos que contienen azufre y compuestos que contienen fósforo.
50

Es bien sabido por los expertos en la técnica que los compuestos de alcoxi titanio -es decir, los titanatos de alquilo- son catalizadores adecuados para formular siliconas curables por humedad de un solo componente (Referencias: Noll, W., Chemistry and Technology of Silicones, Academic Press Inc., Nueva York, 1968, p. 399; Michael A. Brook, Silicon in organic, organometallic and polymer chemistry, John Wiley & Sons, Inc. (2000), p. 285). Los catalizadores de titanato se han descrito ampliamente por su uso para formular elastómeros de silicona de curado por condensación de una
55

sola parte curados en superficie o por difusión. Estas formulaciones generalmente están disponibles en paquetes de una parte que se aplican en una capa que es normalmente más delgada que 15 mm. Es sabido que las capas más gruesas de 15 mm conducen a material sin curar en la profundidad del material, porque la humedad tarda mucho en difundirse en secciones muy profundas. El curado superficial o por difusión (por ejemplo, humedad/condensación) tiene lugar cuando el proceso de curado inicial se lleva a cabo mediante la formación de una superficie curada en la superficie de contacto de composición/aire posterior a la aplicación del sellador/encapsulante sobre la superficie del sustrato. Después de la generación de la capa superficial, la velocidad de curado depende de la velocidad de difusión de la humedad desde la superficie de contacto del sellador/encapsulante con el aire hacia el interior (o núcleo), y la difusión del subproducto/efluente de la reacción de condensación desde el interior (o núcleo) hacia el exterior (o superficie) del material y el engrosamiento gradual de la superficie curada con el tiempo desde el exterior/superficie hacia el interior/núcleo.

Las composiciones de componentes múltiples diseñadas para activar el curado por condensación en la mayor parte del producto no usan catalizadores a base de titanio. Generalmente usan otros catalizadores metálicos, como el estaño o el catalizador de cinc; por ejemplo, dilaurato de dibutilestaño, octoato de estaño y/o octoato de cinc (Noll, W., Chemistry and Technology of Silicones, Academic Press Inc., Nueva York, 1968, p. 397). En las composiciones de silicona almacenadas antes del uso en dos o más partes, una parte contiene un material de carga que normalmente contiene la humedad requerida para activar el curado por condensación en la mayor parte del producto. A diferencia del sistema de curado por difusión de una parte mencionado anteriormente, los sistemas de curado por condensación de dos partes, una vez mezclados, permiten el curado volumétrico incluso en secciones de más de 15 mm de profundidad. En este caso, la composición curará (después de la mezcla) en todo el volumen del material. Si se forma una capa superficial, será solo en los primeros minutos después de la aplicación. Poco después, el producto se convertirá en un sólido en toda la masa. Los catalizadores de titanato no se usan para curar estos tipos de composiciones de dos partes, porque es bien sabido que en presencia de una cantidad significativa de humedad los catalizadores de titanato de alquilo se hidrolizarán completamente, formando tetrahidroxi titanato, que es insoluble en silicona. Esta forma de titanio pierde su eficacia catalítica, lo que lleva a sistemas sin curar.

Existe la necesidad de una silicona termoconductor por condensación de 2 partes libre de reversión. El documento WO2007/117552 A1 describe una composición que puede usarse adecuadamente como sellador y comprende un polisiloxano terminado en silanol, un reticulante con grupos hidrolizables, un catalizador que puede ser un titanato y posiblemente un material de carga que puede ser un óxido de un metal como el aluminio.

La presente invención proporciona una composición adhesiva de silicona termoconductor, de múltiples partes, curable por condensación y libre de reversión que comprende:

- (i) al menos un polímero terminado en sililo curable por condensación que tiene al menos uno, normalmente al menos dos grupos funcionales hidroxilo por molécula;
 - (ii) un reticulante seleccionado del grupo de
 - silanos que tienen al menos 2 grupos hidrolizables, alternativamente al menos 3 grupos hidrolizables por grupo molecular; y/o
 - moléculas funcionales de sililo que tienen al menos 2 grupos sililo, conteniendo cada grupo sililo al menos un grupo hidrolizable o una mezcla de los mismos
 - (iii) al menos un catalizador de condensación seleccionado del grupo de titanatos y/o circonatos, y
 - (iv) uno o más materiales termoconductores de carga
- en donde los componentes (i), (ii) y (iii) no están contenidos en la misma parte

y en donde la relación molar de grupos hidroxilo unidos a silicio totales a grupos hidrolizables totales está entre 0,2:1 a 2:1 usando un reticulante de silano o 0,2:1 a 10:1 usando un reticulante de molécula funcional de sililo y la relación molar de las funciones del catalizador M-OR a los grupos hidroxilo unidos a silicio totales en el polímero (i) está comprendida entre 0,01:1 y 0,5:1, donde M es titanio o circonio.

También se proporciona un adhesivo de silicona termoconductor libre de reversión curado de una composición que comprende:

- (i) al menos un polímero terminado en sililo curable por condensación que tiene al menos uno, normalmente al menos dos grupos funcionales hidroxilo por molécula;
- (ii) un reticulante seleccionado del grupo de
 - silanos que tienen al menos 2 grupos hidrolizables, alternativamente al menos 3 grupos hidrolizables por grupo molecular; y/o
 - moléculas funcionales de sililo que tienen al menos 2 grupos sililo, conteniendo cada grupo sililo al menos

un grupo hidrolizable o una mezcla de los mismos

- (iii) al menos un catalizador de condensación seleccionado del grupo de titanatos y/o circonatos, y
- (iv) uno o más materiales termoconductores de carga

5 en donde los componentes (i), (ii) y (iii) no están contenidos en la misma parte y en donde la relación molar de grupos hidroxilo unidos a silicio totales a grupos hidrolizables totales está entre 0,2:1 a 2:1 usando un reticulante de silano o 0,2:1 a 10:1 usando un reticulante de molécula funcional de sililo y la relación molar de las funciones del catalizador M-OR con respecto a los grupos hidroxilo unidos a silicio totales en el polímero (i) está comprendida entre 0,01:1 y 0,5:1, donde M es titanio o circonio.

10 El adhesivo está en forma de gel o elastómero. Debe entenderse que, de cara a esta solicitud, los "grupos hidrolizables totales" excluyen tanto la humedad como los grupos hidroxilo unidos a la silicona presentes en la composición.

15 El contenido molar total de hidroxilo unido a silicio (Si-OH) se calcula para 100 g de la formulación mixta. El contenido molar total de hidroxilo unido a silicio relacionado con un polímero es igual a la cantidad en g de polímero que contiene hidroxilo en 100 g del producto mezclado dividido por el peso molecular promedio en número (Mn) del polímero multiplicado por el número promedio de funciones hidroxilo presentes en el polímero, normalmente 2. Si hay varios polímeros con función hidroxilo en la formulación, la suma del contenido molar de cada polímero se totaliza para constituir el contenido molar total de silanol en la formulación.

20 El contenido molar total de los grupos hidrolizables se calcula para 100 g de la formulación mixta. El contenido molar de los grupos hidrolizables relacionados con una sustancia es igual a la cantidad en g de la molécula que contiene los grupos hidrolizables en 100 g del producto mezclado dividido por el peso molecular de la molécula, o el peso molecular promedio en número (Mn) en caso de que sea una molécula polimérica, multiplicado por el número promedio de funciones hidrolizables presentes en la molécula. La suma del contenido molar de cada molécula o polímero se totaliza para constituir el contenido molar total de los grupos hidrolizables en la formulación.

25 La relación molar de los grupos hidroxilo unidos a silicio totales a los grupos hidrolizables totales se calcula dividiendo el contenido molar total de los grupos hidroxilo unidos a silicio (Si-OH) por el contenido molar total de los grupos hidrolizables. El valor del catalizador M-OR es = [(g de catalizador de titanato)*(número de OR en el compuesto)] dividido por el (peso molecular del catalizador de titanio).

El peso molecular promedio en número (Mn) y el peso molecular promedio en peso (Mw) de la silicona también se pueden determinar mediante cromatografía de permeación en gel (GPC). Esta técnica es una técnica estándar y produce valores para Mw (promedio en peso), Mn (promedio en número) e índice de polidispersidad (PI) (siendo $PI = Mw/Mn$).

30 El valor de Mn proporcionado en esta solicitud ha sido determinado por GPC y representa un valor típico del polímero utilizado. Si la GPC no lo proporciona, el Mn también puede obtenerse a partir del cálculo basado en la viscosidad dinámica de dicho polímero.

35 La principal ventaja de estas composiciones y del gel o del elastómero resultante es que curan y se adhieren a los sustratos a temperatura ambiente, son más resistentes a los contaminantes que las siliconas de curado con platino y no experimentan reversión a temperaturas superiores a 80°C. De hecho, no solo curan a temperatura ambiente, sino que también desarrollan adhesión a sustratos a temperatura ambiente, mientras que el sistema de curado por adición solo desarrollará adhesión cuando se caliente por encima de 80°C, lo que en algunas aplicaciones puede ser un problema, ya que algunos dispositivos pueden ser sensibles a altas temperaturas o porque calentar dispositivos grandes puede ser prohibitivo desde el punto de vista de la energía y el coste.

40 El catalizador de titanato/circonato es útil para obtener un sistema libre de reversión cuando se lo somete a alta temperatura y/o alta humedad.

45 Se puede obtener una alta conductividad térmica, por ejemplo, alrededor de 2 W/mK o superior usando composiciones de silicona que presentan una viscosidad relativamente baja -es decir, de 150.000 a 400.000 mPa·s- en consideración de la alta carga del material de carga, es decir, al menos el 50% en peso, alternativamente del 70 al 95% en peso, del 70 al 93% en peso, alternativamente, del 80 al 90% en peso de la composición total, después de mezclar las dos partes.

50 La composición adhesiva de silicona termoconductora para usar con reactores según la invención, incluso cuando está muy cargada con un material termoconductor de carga para que la composición pueda ser altamente termoconductora, mantiene un buen flujo, pueda ser encapsulada alrededor de sustratos delicados, tiene buenas propiedades físicas después del curado, experimenta pequeños cambios de propiedades físicas con el calor o el envejecimiento por calor húmedo y tiene una buena adhesión a metales y resinas orgánicas. Además, se proporciona un reactor encapsulado en la composición. Esto garantiza un rendimiento fiable del reactor para aplicar la tensión de la batería entre los extremos del motor después de elevarla.

El polímero (i) es al menos uno o, alternativamente, un polímero terminado en sililo curable por condensación/humedad. Se puede utilizar cualquier polímero adecuado terminado con sililo curable por

condensación/humedad, incluyendo siloxanos polidialquílicos, siloxano alquifenílico o polímeros de base orgánica con grupos terminales sililo; por ejemplo, poliléteres de sililo, acrilatos de sililo y poliisobutilenos terminados en sililo o copolímeros de cualquiera de los anteriores. El polímero (i) puede seleccionarse de un polímero basado en polisiloxano que contenga al menos un hidroxilo, siendo lo más preferible que el polímero comprenda dos grupos hidroxilo terminales.

Ejemplos de grupos hidroxilo adecuados incluyen $-\text{Si}(\text{OH})_3$, $-(\text{R}^a)\text{Si}(\text{OH})_2$, $-(\text{R}^a)_2\text{Si}(\text{OH})$ o $-(\text{R}^a)_2\text{Si}-\text{R}^c-\text{SiR}^b_p(\text{OH})_{3-p}$, donde cada R^a representa independientemente un grupo hidrocarbilo monovalente -por ejemplo, un grupo alquilo, en particular que tiene de 1 a 8 átomos de carbono (y es preferiblemente metilo)-; cada grupo R^b es independientemente un grupo alquilo, teniendo los grupos alquilo adecuadamente hasta 6 átomos de carbono; R^c es un grupo hidrocarbonado divalente que tiene hasta 12 átomos de carbono que pueden estar interrumpidos por uno o más separadores de siloxano que tienen hasta seis átomos de silicio; y p tiene el valor 0, 1 o 2.

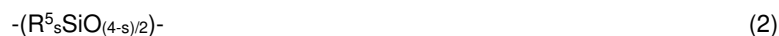
Preferiblemente el polímero (i) tiene la fórmula general



donde X^3 y X^1 se seleccionan independientemente de grupos siloxano que terminan en grupos hidroxilo y A es una cadena polimérica que contiene siloxano y/u orgánico; alternativamente una cadena polimérica de siloxano.

Ejemplos de grupos hidrolizables X^3 o X^1 o que terminan en hidroxilo incluyen $-\text{Si}(\text{OH})_3$, $-(\text{R}^a)\text{Si}(\text{OH})_2$, $-(\text{R}^a)_2\text{Si}(\text{OH})$, o $-(\text{R}^a)_2\text{Si}-\text{R}^c-\text{Si}(\text{R}^d)_p(\text{OH})_{3-p}$, como se ha definido anteriormente. Preferiblemente, los grupos terminales X^3 y/o X^1 son grupos hidroxidialquilo sililo; por ejemplo, grupos hidroxidimetil sililo.

Ejemplos de grupos de siloxano adecuados en la cadena polimérica A de fórmula (1) son aquellos que comprenden una cadena de polidiórgano-siloxano. Por lo tanto, la cadena polimérica A incluye preferiblemente unidades de siloxano de fórmula (2)



en la que cada R^5 es independientemente un grupo orgánico -tal como un grupo hidrocarbilo que tiene de 1 a 10 átomos de carbono opcionalmente sustituidos con uno o más grupos halógenos tales como cloro o flúor- y s es 0, 1 o 2; normalmente, s es aproximadamente 2. Ejemplos particulares de grupos R^5 incluyen grupos metilo, etilo, propilo, butilo, vinilo, ciclohexilo, fenilo, toliilo, un grupo propilo sustituido con cloro o flúor -como los grupos 3,3,3-trifluoropropilo, clorofenilo, beta-(perfluorobutil)etilo o clorociclohexilo-. Adecuadamente, al menos algunos y preferiblemente sustancialmente todos los grupos R^5 son metilo

Normalmente, los polímeros del tipo anterior tendrán una viscosidad del orden de 1.000 a 300.000 mPa·s, alternativamente 1.000 a 100.000 mPa·s a 23°C medidos usando un viscosímetro de placa cónica Brookfield (RV DIII) usando una placa cónica.

Unidades típicas que contienen el polímero (i) de fórmula (2) son, así, polidiórgano-siloxanos que tienen grupos hidroxilo terminales unidos a silicio o radicales orgánicos terminales unidos a silicio que pueden hidrolizarse usando humedad, como se ha definido anteriormente. Los polidiórgano-siloxanos pueden ser homopolímeros o copolímeros. También son adecuadas mezclas de diferentes polidiórgano-siloxanos que tienen grupos condensables terminales.

El polímero (i) puede ser, alternativamente, un polímero de base orgánica que tiene grupos terminales sililo, cada uno con al menos un grupo hidrolizable. Los grupos típicos de polímeros terminados en sililo incluyen poliléteres terminados en sililo, acrilatos terminados en sililo y poliisobutilenos terminados en sililo. Los grupos sililo utilizados serán una o más alternativas descritas anteriormente como X_1 y X_3 , según se ha expuesto anteriormente.

En el caso de los poliléteres de sililo, la cadena polimérica se basa en unidades (orgánicas) basadas en polioxialquileno. Dichas unidades de polioxialquileno comprenden preferiblemente un polímero lineal, predominantemente oxialquileno compuesto por unidades recurrentes de oxialquileno, $(-\text{C}_n\text{H}_{2n}-\text{O}-)$ ilustradas por la fórmula promedio $(-\text{C}_n\text{H}_{2n}-\text{O}-)_m$, en donde n es un número entero de 2 a 4 inclusive y m es un número entero de al menos cuatro. El peso molecular promedio en número de cada bloque de polímero de polioxialquileno puede variar de aproximadamente 300 g/mol a aproximadamente 10.000 g/mol, pero puede ser mayor. Además, las unidades de oxialquileno no son necesariamente idénticas en todo el monómero de polioxialquileno, sino que pueden diferir de una unidad a otra. Un bloque o polímero de polioxialquileno, por ejemplo, puede estar compuesto de unidades de oxietileno, $(-\text{C}_2\text{H}_4-\text{O}-)$; unidades de oxipropileno $(-\text{C}_3\text{H}_6-\text{O}-)$; o unidades de oxibutileno, $(-\text{C}_4\text{H}_8-\text{O}-)$; o mezclas de los mismos.

Otras unidades de polioxialquileno pueden incluir, por ejemplo: unidades de la estructura



en la que P_n es un grupo 1,4-fenileno, cada R^e es igual o diferente y es un grupo hidrocarbonado divalente que tiene de 2 a 8 átomos de carbono, cada R^f es igual o diferente y es un grupo etileno o un grupo propileno, cada R^g es igual o diferente y es un átomo de hidrógeno o un grupo metilo y cada uno de los subíndices w y q es un número entero positivo en el intervalo de 3 a 30.

Para los fines de esta solicitud, "sustituido" significa que uno o más átomos de hidrógeno en un grupo hidrocarbonado ha sido reemplazado con otro sustituyente. Ejemplos de tales sustituyentes incluyen, sin limitación, átomos de halógeno tales como cloro, flúor, bromo y yodo; grupos que contienen átomos de halógeno tales como clorometilo, perfluorobutilo, trifluoroetilo y nonafluorohexilo; átomos de oxígeno; grupos que contienen átomos de oxígeno tales como (met)acrílico y carboxilo; átomos de nitrógeno; grupos que contienen átomos de nitrógeno tales como grupos amino funcionales, grupos amido funcionales y grupos ciano funcionales; átomos de azufre; y grupos que contienen átomos de azufre, tales como grupos mercapto.

Los reticulantes (ii) que se pueden usar generalmente son curados con humedad

- silanos que tienen al menos 2 grupos hidrolizables, alternativamente al menos 3 grupos hidrolizables por grupo molecular; y/o
- moléculas funcionales de sililo que tienen al menos 2 grupos sililo, conteniendo cada grupo sililo al menos un grupo hidrolizable.

En algunos casos -concretamente, cuando el polímero (i) solo tiene 1 o dos grupos reactivos-, el reticulante (ii) que tiene dos grupos hidrolizables puede considerarse un extensor de cadena, pero puede usarse para reticular si el polímero (i) tiene 3 o más grupos reactivos por molécula. El reticulante (ii) puede tener dos, pero, alternativamente, tiene tres o cuatro grupos condensables (preferiblemente hidroxilo y/o hidrolizables) unidos a silicio por molécula que son reactivos con los grupos condensables en el polímero (i).

De cara a la divulgación de la presente memoria, la molécula silil funcional es una molécula silil funcional que contiene dos o más grupos sililo, conteniendo cada grupo sililo al menos un grupo hidrolizable. Por lo tanto, una molécula con función disililo comprende dos átomos de silicio cada uno de los cuales tiene al menos un grupo hidrolizable, donde los átomos de silicio están separados por un separador orgánico o siloxano. Normalmente, los grupos sililo en la molécula funcional disililo pueden ser grupos terminales. El separador puede ser una cadena polimérica.

Los grupos hidrolizables en los grupos sililo incluyen grupos aciloxi (por ejemplo, grupos acetoxi, octanoiloxi y benzoiloxi); grupos cetoximino (por ejemplo, dimetil cetoximo e isobutilcetoximino); grupos alcoxi (por ejemplo, metoxi, etoxi y propoxi) y grupos alqueniloxi (por ejemplo, isopropeniloxi y 1-etil-2-metilviniloxi). En algunos casos, el grupo hidrolizable puede incluir grupos hidroxilo.

El reticulante de silano (ii) puede incluir silanos alcoxifuncionales, oximosilanos, acetoxisilanos, acetoximasilanos y/o enoxisilanos.

Cuando el reticulante es un silano y cuando el silano tiene solo tres grupos hidrolizables unidos al silicio por cada molécula, el cuarto grupo es adecuadamente un grupo orgánico no hidrolizable unido a silicio. Estos grupos orgánicos unidos a silicio son adecuadamente grupos hidrocarbilo que están opcionalmente sustituidos por halógeno, tal como flúor y cloro. Ejemplos de tales cuartos grupos incluyen grupos alquilo (por ejemplo metilo, etilo, propilo y butilo); grupos cicloalquilo (por ejemplo ciclopentilo y ciclohexilo); grupos alquenilo (por ejemplo, vinilo y alilo); grupos arilo (por ejemplo fenilo y toliilo); grupos aralquilo (por ejemplo 2-feniletilo) y grupos obtenidos reemplazando todo o parte del hidrógeno en los grupos orgánicos anteriores con halógeno. Los cuartos grupos orgánicos unidos a silicio pueden ser metilo.

Un silano típico se puede describir mediante la fórmula (3)

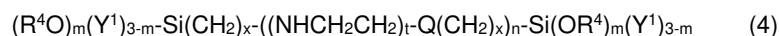


en donde R^5 se describe anteriormente y r tiene un valor de 2, 3 o 4. Los silanos típicos son aquellos en los que R^n representa metilo, etilo o vinilo o isobutilo. R^n es un radical orgánico seleccionado entre alquilos, alilos, fenilos lineales y ramificados y fenilos, acetoxi, oxima sustituidos. En algunos casos, R^5 representa metilo o etilo y r es 3.

Otro tipo de reticulantes adecuados (ii) son moléculas del tipo $Si(OR^5)_4$ donde R^5 es como se describe anteriormente, alternativamente propilo, etilo o metilo. También pueden considerarse condensados parciales de $Si(OR^5)_4$.

En una realización, el reticulante (ii) es una molécula silil funcional que tiene al menos 2 grupos sililo, cada uno con al menos 1 y hasta 3 grupos hidrolizables; alternativamente, cada grupo sililo tiene al menos 2 grupos hidrolizables.

El reticulante (ii) puede ser un polímero disililo funcional, es decir, un polímero que contiene dos grupos sililo, cada uno de los cuales contiene al menos un grupo hidrolizable tal como se describe en la fórmula (4)



donde R^4 es un grupo alquilo C_{1-10} , Y^1 es un grupo alquilo que contiene de 1 a 8 carbonos, Q es un grupo químico que contiene un heteroátomo con un par solitario de electrones; por ejemplo, una amina, N-alquilamina o urea; cada x es un número entero de 1 a 6, t es 0 o 1; cada m es, independientemente, 1, 2 o 3 y n es 0 o 1.

El reticulante funcional (ii) de sililo (por ejemplo, disililo) puede tener un siloxano o una cadena principal polimérica orgánica. Los reticulantes poliméricos adecuados (ii) pueden tener una estructura química de cadena principal

polimérica similar a la cadena polimérica A representada en la fórmula (1) anterior. En el caso de dichos reticulantes de base orgánica o siloxano, la estructura molecular puede ser de cadena lineal, ramificada, cíclica o macromolecular; es decir, una cadena de silicona o de polímero orgánico que tiene grupos terminales funcionales alcoxi incluyendo polidimetilsiloxanos que tienen al menos un terminal trialcóxi, pudiendo ser el grupo alcoxi un grupo metoxi o etoxi.

- 5 En el caso de los polímeros a base de siloxano, la viscosidad del reticulante estará dentro del intervalo de 0,5 mPa·s a 80.000 mPa·s a 23°C usando un viscosímetro de placa cónica Brookfield (RV DIII) utilizando una placa cónica (medida de la misma manera que el polímero (i)). Si bien cualquiera de los grupos hidrolizables mencionados anteriormente es adecuado, se prefiere que los grupos hidrolizables sean grupos alcoxi y, por ello, los grupos sililo terminales pueden tener la fórmula tal como $-R^aSi(OR^b)_2$, $-Si(OR^b)_3$, $-R^a_2SiOR^b$ o $-(R^a)_2Si-R^c-SiR^d_p(OR^p)_{3-p}$, donde cada R^a representa independientemente un grupo hidrocarbilo monovalente -por ejemplo, un grupo alquilo-, en particular que tiene de 1 a 8 átomos de carbono (y es preferiblemente metilo); cada grupo R^b y R^d es independientemente un grupo alquilo que tiene hasta 6 átomos de carbono; R^c es un grupo hidrocarbonado divalente que puede estar interrumpido por uno o más espaciadores de siloxano que tienen hasta seis átomos de silicio; y p tiene el valor 0, 1 o 2. Normalmente, cada grupo sililo terminal tendrá 2 o 3 grupos alcoxi.
- 10
- 15 Los reticulantes (ii) incluyen por lo tanto alquiltrialcoxisilanos tales como metiltrimetoxisilano (MTM) y metiltrietoxisilano, tetraetoxisilano, tetraetoxisilano parcialmente condensado, alqueniltrialcoxi silanos tales como viniltrietoxisilano y viniltrietoxisilano, isobutiltrimetoxisilano (iBTM). Otros silanos adecuados incluyen etiltrimetoxisilano, viniltrietoxisilano, feniltrimetoxisilano, alcoxitrioximasilano, alquenitrioximasilano, 3,3,3-trifluoropropiltrimetoxisilano, metiltriacetoxisilano, viniltriacetoxisilano, triacetoxisilano etílico, di-butoxi diacetoxisilano, fenil-tripropionoxisilano, metiltris(metiletilcetoxima)silano, vinil-tris-metiletilcetoxima)silano, metiltris(metiletilcetoximino)silano, metiltris(isopropenoxi)silano, viniltris(isopropenoxi)silano, etilpolisilicato, n-propilortosilicato, etilortosilicato, dimetiltetraacetoxidisiloxano, oximasilanos, acetoxi silanos, acetoxima silanos, enoxi silanos y otros alcoxisilanos trifuncionales tales, así como productos de condensación hidrolítica parcial de los mismos; 1,6-bis (trimetoxisilil)hexano, bis (trialcoxisililalquil)aminas, bis (dialcoxialquilsililalquil)amina, bis (trialcoxisililalquil) N-alquilamina, bis (dialcoxialquilsililalquil) N-alquilamina, bis (dialcoxialquilsililalquil)urea, bis (dialcoxialquilsililalquil)urea, bis (3-trietoxisililpropil) amina, bis (3-trietoxisililpropil) amina, bis (4-trietoxisililbutil) amina, bis (4-trietoxisililbutil) amina, bis (3-trietoxisililpropil) N-metilamina, bis (3-trietoxisililpropil) N-metilamina, bis (4-trietoxisililbutil) N-metilamina, bis (4-trietoxisililbutil) N-metilamina, bis (3-trietoxisililpropil) urea, bis (3-trietoxisililpropil)urea, bis (4-trietoxisililbutil) urea, bis (4-trietoxisililbutil)urea, bis (3-dietoximetilsililpropil)amina, bis (3-dietoximetilsililpropil)amina, bis (4-dietoximetilsililbutil)amina, bis (4-dietoximetilsililbutil)amina, bis (3-dietoximetilsililpropil) N-metilamina, bis (3-dietoximetilsililpropil) N-metilamina, bis (4-dietoximetilsililbutil) N-metilamina, bis (4-dietoximetilsililbutil) N-metilamina, bis (3-dietoxietilsililpropil)urea, bis (3-dietoxietilsililpropil)urea, bis (4-dietoxietilsililbutil)urea, bis (4-dietoxietilsililbutil)urea, bis (3-dietoxietilsililpropil)amina, bis (3-dietoxietilsililpropil)amina, bis (4-dietoxietilsililbutil)amina, bis (4-dietoxietilsililbutil)amina, bis (3-dietoxietilsililpropil) N-metilamina, bis (3-dietoxietilsililpropil) N-metilamina, bis (4-dietoxietilsililbutil) N-metilamina, bis (4-dietoxietilsililbutil) N-metilamina, bis (3-dietoxietilsililpropil)urea, bis (3-dietoxietilsililpropil)urea, bis (4-dietoxietilsililbutil)urea y/o bis (4-dietoxietilsililbutil)urea; bis (trietoxisililpropil)amina, bis (trimetoxisililpropil)amina, bis (trimetoxisililpropil)urea, bis (trietoxisililpropil)urea, bis (dietoximetilsililpropil) N-metilamina; polidialquilo siloxano terminado en di o trialcóxi sililo, poliariálquilo siloxanos terminados en di o trialcóxi sililo, óxido de polipropileno terminado en di o trialcóxi sililo, poliuretano, poliacrilatos; poliisobutilenos; polidialquilo terminado en di o triacetoxi sililo; poliariálquilo siloxano; polidialquilo o poliariálquilo terminado en di o triacetoxi. El reticulante (ii) usado también puede comprender cualquier combinación de dos o más de los anteriores.
- 20
- 25
- 30
- 35
- 40

La relación molar de los grupos hidroxilo unidos a silicio totales a los grupos hidrolizables totales está entre 0,5:1 a 2:1 usando un reticulante de silano o 0,5:1 a 10:1, alternativamente 0,5:1 a 10:1, alternativamente 0,75:1 a 3:1, alternativamente 0,75:1 a 1,5:1 utilizando un reticulante funcional de sililo.

45

La composición comprende además un catalizador de condensación. Esto aumenta la velocidad a la que cura la composición. El catalizador elegido para su inclusión en una composición de silicona particular depende de la velocidad de curado requerida.

Los catalizadores a base de titanato y/o circonato pueden comprender un compuesto según la fórmula general $Ti[OR^{22}]_4$ o $Zr[OR^{22}]_4$, donde cada R^{22} puede ser igual o diferente y representa un grupo hidrocarbonado alifático monovalente, primario, secundario o terciario que puede ser lineal o ramificado que contiene de 1 a 10 átomos de carbono. Opcionalmente, el titanato y/o el circonato pueden contener grupos parcialmente insaturados. Ejemplos de R^{22} incluyen, sin limitación, metilo, etilo, propilo, isopropilo, butilo, butilo terciario y un grupo alquilo secundario ramificado tal como 2, 4-dimetil-3-pentilo. Alternativamente, cuando cada R^{22} es igual, R^{22} es un grupo alquilo secundario ramificado isopropilo o un grupo alquilo terciario, en particular, butilo terciario. Los ejemplos de titanato adecuados incluyen titanato de tetra n-butilo, titanato de tetra t-butilo, tetrabutóxido de titanio y titanato de tetrakisopropilo. Los ejemplos adecuados de circonato incluyen circonato de tetra-n-propilo, circonato de tetra-n-butilo y dietilcitrato de circonio.

50

55

Alternativamente, el titanato y/o el circonato pueden estar quelados. La quelación puede ser con cualquier agente quelante adecuado tal como un acetilacetato de alquilo, tal como metil o etilacetilacetato. Alternativamente, el titanato puede ser monoalcoxi titanatos con tres agentes quelantes, como, por ejemplo, 2-propanolato, tris

60

isooctadecanoato titanato o diisopropildietilacetato titanato.

La relación molar de las funciones de catalizador M-OR a los grupos hidroxilo y/o hidrolizables en el polímero (i) está comprendida entre 0,01:1 y 0,5:1, siendo M titanio o circonio.

5 El material termoconductor de carga (iv) puede ser un material termoconductor de carga único o una combinación de dos o más materiales termoconductores de carga que difieren en al menos una propiedad, como la forma de la partícula, el tamaño medio de partícula, la distribución del tamaño de partícula y el tipo de material de carga. Debido a la naturaleza del uso final, las composiciones termoconductoras descritas en el presente documento pueden comprender hasta entre un 70% a un 95% -por ejemplo, de un 70% a un 93%- de material termoconductor de carga (según se ha expuesto anteriormente). Se puede utilizar cualquier material termoconductor de carga adecuado.
10 Ejemplos incluyen materiales de carga de aluminio, óxido de aluminio, cinc y óxido de cinc,

En algunas realizaciones, combinaciones de materiales metálicos e inorgánicos de carga, tales como una combinación de materiales de carga de aluminio y óxido de aluminio; una combinación de materiales de carga de aluminio y óxido de cinc; o se puede usar una combinación de materiales de carga de aluminio, óxido de aluminio y óxido de cinc.

15 Alternativamente, puede ser deseable usar combinaciones de materiales metálicos de carga, como un primer aluminio que tiene un tamaño de partícula promedio más grande y un segundo aluminio que tiene un tamaño de partícula promedio más pequeño. El uso de un primer material de carga que tiene un tamaño de partícula promedio más grande y un segundo material de carga que tiene un tamaño de partícula promedio más pequeño que el segundo material de carga puede mejorar la eficacia de la compactación, puede reducir la viscosidad y puede mejorar la transferencia de calor.

20 La forma de las partículas del material termoconductor de carga no está restringida específicamente; sin embargo, las partículas redondeadas o esféricas pueden evitar un aumento de la viscosidad a un nivel poco deseable tras una alta carga del relleno térmicamente conductor en la composición. El tamaño medio de partícula del material termoconductor de carga dependerá de varios factores, incluido el tipo de material termoconductor de carga seleccionado y la cantidad exacta añadida, a la composición curable, así como el grosor de la línea de unión del dispositivo en el que el producto curado de la composición ser usado.

25 En algunos casos particulares, el material termoconductor de carga puede tener un tamaño medio de partícula que varía de 0,1 micrómetros a 80 micrómetros, alternativamente de 0,1 micrómetros a 50 micrómetros, y alternativamente de 0,1 micrómetros a 10 micrómetros.

30 En una realización preferida, se proporciona una mezcla de materiales termoconductores de carga. Los materiales de carga pueden ser o no el mismo compuesto químico, pero se diferencian por el tamaño medio de partícula con, por ejemplo, una mezcla de dos o más de

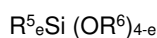
- a) un material termoconductor de carga que tiene un tamaño de partícula promedio de 20 a 80 micrómetros, alternativamente de 30 a 50 micrómetros y/o
- b) un material termoconductor de carga que tiene un tamaño de partícula promedio de 2 a 10 micrómetros, alternativamente de 2 a 6 micrómetros y/o
- 35 c) un material termoconductor de carga que tiene un valor de tamaño de partícula promedio de 0,1 a 1 a micrómetros, alternativamente de 0,2 a 0,8 micrómetros.

40 Como componente (iv) se puede usar cualquier material termoconductor de carga adecuado. Ejemplos incluyen metales; por ejemplo, bismuto, plomo, estaño, antimonio, indio, cadmio, cinc, plata, cobre, níquel, aluminio, hierro y silicio metálico. Como una aleación de bismuto, plomo, estaño, antimonio, indio, cadmio, cinc, plata, aluminio, una aleación que consta de dos o más metales seleccionados del grupo que consiste en hierro y silicio metálico. Como el óxido de metal, alúmina, óxido de cinc, óxido de silicio, óxido de magnesio, óxido de berilio, y un óxido de cromo y óxido de titanio. Como hidróxido de metal, hidróxido de magnesio, hidróxido de aluminio, hidróxido de bario e hidróxido de calcio. Como el nitruro de metal, nitruro de boro, nitruro de aluminio y nitruro de silicio. El carburo de metal, carburo de silicio, incluyen carburo de boro y carburo de titanio. Como el siliciuro metálico, el siliciuro de magnesio, el siliciuro de titanio, el siliciuro, el circonio, el siliciuro de tantalio, el siliciuro de niobio, el siliciuro de cromo y el siliciuro de tungsteno y el siliciuro de molibdeno. Como el carbono, el diamante, el grafito, el fullereno, nanotubos de carbono, el grafeno, incluyen el carbón activado y el negro de humo amorfo. La aleación magnética suave, aleación de Fe-Si, aleación de Fe-Al, aleación de Fe-Si-Al, aleación de Fe-Si-Cr, aleación de Fe-Ni, aleación de Fe-Ni-Co, aleación de Fe-Ni-Mo, aleación de Fe-Co, aleaciones de Fe-Si-Al-Cr, aleación de Fe-Si-B y aleación de Fe-Si-Co-B. Como ferrita, ferrita de Mn-Zn, ferrita de Mn-Mg-Zn, ferrita de Mg-Cu-Zn, ferrita de Ni-Zn y ferrita de Ni-Cu-Zn y ferrita de Cu-Zn.
50

Preferiblemente, el material termoconductor de carga (iv) es al menos uno o más tipos de polvo y/o fibras seleccionados de polvo de plata, polvo de aluminio, polvo de óxido de aluminio, polvo de óxido de cinc, polvo de aluminio o nitruro de grafito. En una alternativa adicional, además, en las presentes composiciones, si se requiere el aislamiento eléctrico, se prefiere, en particular, el polvo de óxido metálico, o un polvo de nitruro metálico. En una
55 realización, el material de carga (iv) es una mezcla de óxidos de aluminio, que opcionalmente se tratan previamente, que tienen tamaños diversos, permite una compactación óptima y baja viscosidad.

Los materiales termoconductores de carga pueden ser materiales de carga fundibles y pueden comprender Bi, Ga, In, Sn o una aleación de los mismos. El material de carga fundible puede comprender opcionalmente, además, Ag, Au, Cd, Cu, Pb, Sb, Zn, o una combinación de los mismos. Ejemplos de materiales de carga fundibles adecuados incluyen Ga, aleaciones de In-Bi-Sn, aleaciones de Sn-In-Zn, aleaciones de Sn-In-Ag, aleaciones de Sn-Ag-Bi, aleaciones de Sn-Bi-Cu-Ag, aleaciones de Sn-Ag-Cu-Sb, aleaciones de Sn-Ag-Cu, aleaciones de Sn-Ag, aleaciones de Sn-Ag-Cu-Zn y sus combinaciones. El material de carga fundible puede tener un punto de fusión que varía de 50°C a 250°C, alternativamente de 150°C a 225°C. El material de carga fundible puede ser una aleación eutéctica, una aleación no eutéctica o un metal puro. Los materiales de carga fundibles están disponibles comercialmente.

El material termoconductor de carga y/o el material anhidro de carga de refuerzo y/o extensión, si está presente, opcionalmente se puede tratar superficialmente con un agente de tratamiento. Los agentes de tratamiento y los métodos de tratamiento son conocidos en la técnica. El tratamiento de la superficie del o de los materiales de carga se realiza normalmente, por ejemplo, con un ácido graso o un éster de ácido graso, como un estearato, o con organosilanos, organosiloxanos u organosilazanos, como hexaalquil disilazano o siloxano dioles de cadena corta. Generalmente, el tratamiento superficial hace que el o los materiales de carga sean hidrófobos y, por lo tanto, más fáciles de manejar y de obtener una mezcla homogénea con los otros componentes de la composición. También se pueden utilizar como agente de tratamiento para materiales de carga silanos como



en donde R⁵ es un grupo hidrocarbonado monovalente sustituido o no sustituido de 6 a 20 átomos de carbono, por ejemplo, grupos alquilo como hexilo, octilo, dodecilo, tetradecilo, hexadecilo y octadecilo, y grupos aralquilo como bencilo y feniletilo, prefiriéndose, con los grupos alquilo, de 6 a 20 átomos de carbono; R⁶ es un grupo alquilo de 1 a 6 átomos de carbono, y la letra e es igual a 1, 2 o 3.

El presente gel o elastómero curado está hecho normalmente de la composición de gel o elastómero curable por condensación que se almacena de una manera en 2 partes. Las composiciones de dos partes pueden mezclarse usando cualquier equipo de mezcla de dos partes estándar apropiado con un mezclador dinámico o estático y, opcionalmente, se dispensan a partir de las mismas para su uso en la aplicación para la que están destinadas.

En una realización, la composición de gel curable por condensación se almacena en dos partes, dichas partes pueden dividirse como sigue

- a) polímero (i) y reticulante (ii) en una parte y polímero (i) y catalizador (iii) en la otra parte;
- b) reticulante (ii) en una parte y polímero (i) y catalizador (iii) en la otra parte o
- c) cuando se está utilizando más de un polímero (i), un primer polímero (i) y un reticulante (ii) en una parte y un segundo polímero (i) y catalizador (iii) en la otra parte
- d) polímero (i) en una parte y el reticulante (ii) y el catalizador (iii) en la otra parte.

En cada caso, si hay presente un material opcional de carga, en particular un material de carga que contiene humedad, el material de carga y el catalizador no están en la misma parte. Normalmente, cuando está presente, el material de carga se mezcla con el polímero (i) en una parte base que también puede contener otros aditivos.

El material termoconductor de carga puede estar presente en una o ambas partes de una composición de dos partes.

Además de los componentes anteriores, los componentes opcionales pueden mezclarse en la composición de gel de silicona dentro de un intervalo tal que se logre el objeto de la presente invención. Ejemplos de componentes opcionales incluyen materiales de carga anhidros de refuerzo y/o anhidros de extensión, agentes que imparten resistencia al calor, agentes que imparten resistencia al frío, retardadores de llama, agentes que imparten tixotropía, pigmentos, promotores de adhesión, tensioactivos, agentes fundentes, aceptores de ácido, aditivos anticorrosión, colorantes y cualquier combinación adecuada de los mismos.

En el supuesto caso de que surja la necesidad, la composición puede incorporar otros tipos de materiales de carga que pueden ser o no anhidros; por ejemplo, materiales de carga eléctricamente conductores; por ejemplo, materiales metálicos de carga y materiales inorgánicos de carga, o una combinación de los mismos. Los materiales metálicos de carga incluyen partículas de metales y partículas de metales que tienen capas en las superficies de las partículas. Estas capas pueden ser, por ejemplo, capas de nitruro metálico o capas de óxido metálico en las superficies de las partículas. Los materiales metálicos de carga adecuados se ejemplifican mediante partículas de metales seleccionados del grupo que consiste en aluminio, cobre, oro, níquel, estaño, plata y combinaciones de los mismos, y alternativamente aluminio. Los materiales metálicos de carga adecuados se ejemplifican adicionalmente por partículas de los metales enumerados anteriormente que tienen capas en sus superficies seleccionadas del grupo que consiste en nitruro de aluminio, óxido de aluminio, óxido de cobre, óxido de níquel, óxido de plata y combinaciones de los mismos. Por ejemplo, la carga metálica puede comprender partículas de aluminio que tienen capas de óxido de aluminio en sus superficies.

- 5 Materiales de carga inorgánicos que son anhídros y pueden ser ejemplificados por ónix; trihidrato de aluminio, negro de humo, perlas de vidrio huecas, óxidos metálicos tales como óxido de aluminio, óxido de berilio, óxido de magnesio y óxido de cinc; nitruros tales como nitruro de aluminio y nitruro de boro; carburos tales como carburo de silicio y carburo de tungsteno; y combinaciones de los mismos. Otros materiales de carga pueden incluir titanato de bario, fibras de carbono, diamante, grafito, hidróxido de magnesio y una combinación de los mismos.
- 10 Ejemplos de materiales de carga anhídros de refuerzo y/o anhídros de extensión incluyen sílice precipitada y molida, carbonato de calcio precipitado y molido, sílices tratadas, perlas de vidrio, negro de humo, grafito, nanotubos de carbono, cuarzo, talco, fibra picada como KEVLAR® picado, o un combinación de los mismos. El material de carga también puede ser una resina de siloxano que comprende unidades de $R_3SiO_{1/2}$ y unidades de $SiO_{4/2}$, donde R es un radical hidroxilo o hidrocarbonado unido directamente o mediante un átomo de oxígeno al átomo de silicio. Estos materiales opcionales de carga también pueden ser tratados por los agentes de tratamiento de materiales de carga como se ha descrito anteriormente en este documento.
- 15 Promotores de adhesión adecuados incluyen alcoxisilanos de fórmula $R^{14}_nSi(OR^{15})_{(4-n)}$, donde el subíndice h es 1, 2 o 3, alternativamente h es 3. Cada R^{14} es independientemente un grupo organofuncional monovalente. R^{14} puede ser un grupo funcional epoxi tal como glicidoxipropilo o (epoxiciclohexil)etilo, un grupo funcional amino tal como aminoetilaminopropilo o aminopropilo, un metacriloxipropilo, un grupo funcional mercapto tal como mercaptopropilo o un grupo orgánico insaturado. Cada R^{15} es independientemente un grupo hidrocarbonado saturado no sustituido de al menos 1 átomo de carbono. R^{15} puede tener de 1 a 4 átomos de carbono, alternativamente de 1 a 2 átomos de carbono. R^{15} se ejemplifica con metilo, etilo, n-propilo e isopropilo.
- 20 Cuando se usa un promotor de la adhesión, la composición muestra una buena adhesión a diversos sustratos, especialmente si el material de carga ha sido tratado previamente. En las composiciones que contienen materiales de carga no tratados previamente, se obtiene una buena adhesión normalmente con el uso de una imprimación antes de la aplicación.
- 25 Otros ejemplos de promotores de adhesión adecuados incluyen glicidoxipropiltrimetoxisilano y una combinación de glicidoxipropiltrimetoxisilano con un quelato de aluminio o quelato de circonio.
- 30 La composición curable puede comprender, cuando está presente, del 0,01% al 2% en peso, alternativamente del 0,05 al 2% en peso, alternativamente del 0,1 al 1% en peso de promotor de adhesión con respecto al peso de la composición. Preferiblemente, la velocidad de hidrólisis del promotor de adhesión debería ser inferior a la velocidad de hidrólisis del reticulante para favorecer la difusión de la molécula hacia el sustrato en lugar de su incorporación en la red del producto.
- Tensioactivos adecuados incluyen poliéteres de silicona, polímeros de óxido de etileno, polímeros de óxido de propileno, copolímeros de óxido de etileno y óxido de propileno, otros tensioactivos no iónicos y combinaciones de los mismos. La composición puede comprender hasta el 0,05% del tensioactivo con respecto al peso de la composición.
- 35 La composición puede comprender hasta el 2% de un agente fundente con respecto al peso de la composición. Pueden usarse como agentes fundentes moléculas que contienen grupos funcionales químicamente activos como ácido carboxílico y aminas. Dichos agentes fundentes pueden incluir ácidos alifáticos tales como ácido succínico, ácido abiético, ácido oleico y ácido adípico; ácidos aromáticos tales como ácidos benzoicos; aminas alifáticas y sus derivados, tales como trietanolamina, sales clorhidrato de aminas y sales bromhidrato de aminas. Los agentes fundentes son conocidos en la técnica y están disponibles comercialmente.
- 40 Los aceptores de ácido adecuados incluyen óxido de magnesio, óxido de calcio y combinaciones de los mismos. La composición puede comprender, si es apropiado, hasta un 2% de aceptor de ácido con respecto al peso de la composición.
- 45 Ejemplos de aditivos anticorrosivos incluyen compuestos heterocíclicos que contienen nitrógeno/azufre que contienen una estructura de triazol, una estructura de tiadiazol, una estructura de benzotriazol, una estructura de mercaptotiozol, una estructura de mercaptobenzotriazol o una estructura de bencimidazol.
- 50 También se proporciona en el presente documento un método para fabricar el elastómero o gel como se ha descrito anteriormente en el presente documento mediante el cual las dos partes de la composición mencionadas anteriormente se mezclan y curan. Después de la mezcla en una realización, la composición de gel curable por condensación se puede aplicar sobre un sustrato usando un distribuidor adecuado, tal como, por ejemplo, revestidoras por cortina, dispositivos de pulverización, revestidoras por boquilla, revestidoras por inmersión, revestidoras por extrusión, revestidoras de cuchilla y revestidoras de serigrafía, que, tras la formación de gel, proporcionan un revestimiento sobre dicho sustrato.
- Los geles o elastómeros según lo anterior pueden utilizarse en una amplia variedad de aplicaciones, que incluyen, por ejemplo, ser encapsulantes/embutidores en un artículo electrónico.
- 55 El artículo puede ser un artículo electrónico de potencia; por ejemplo, un componente electrónico con una composición de material dispuesta sobre el mismo de manera que el material curado encapsule, parcial o completamente, el

componente electrónico. Alternativamente, el artículo electrónico puede ser un circuito integrado (IC) o un sistema de diodos emisores de luz (LED) o puede ser una placa de circuito impreso (PCB).

5 El material de silicona descrito anteriormente en este documento está diseñado para su uso en aplicaciones ópticas y aplicaciones electrónicas, incluidas aplicaciones de microelectrónica y macroelectrónica, así como aplicaciones de optoelectrónica y aplicaciones de electrónica termoconductora, como la fabricación de adhesivos termoconductores. Además, el material de silicona de la presente invención puede ser transparente y, por lo tanto, es potencialmente adecuado para su uso en elementos semiconductores emisores de luz, tales como LED.

10 Los adhesivos de silicona curados preparados a partir de una composición de silicona curable de este tipo pueden adherirse a diversos sustratos, tales como componentes y/o partes eléctricos o electrónicos, por no contar sustratos metálicos tales como oro, plata, aluminio, cobre y níquel de deposición química; así como sustratos poliméricos como FR4, nailon, policarbonato, Lucite (que es polimetilmetacrilato, PMMA), tereftalato de polibutileno (PBT) y polímeros de cristal líquido como Xydar®, disponible en Solvay Chemicals, Houston, Texas 77098, EE. UU.

15 Los componentes y/o partes eléctricos o electrónicos pueden rellenarse con el material de silicona mediante cualquier método apropiado; por ejemplo, poniendo la parte de la parte eléctrica o electrónica que se va a proteger en contacto con el material de silicona, y luego curando esta composición mediante curado por condensación; es decir, dejándola reposar a temperatura ambiente.

20 Puede sellarse con el material de silicona cualquier parte eléctrica o electrónica adecuada como se ha descrito anteriormente, pero, debido a que el material de silicona de la presente invención puede suprimir la aparición de burbujas de aire y grietas y presenta una buena unión a partes eléctricas o electrónicas incluso en condiciones de alta temperatura, puede ser usado ventajosamente en dispositivos de potencia usados en condiciones de alta temperatura, particularmente dispositivos de potencia tales como un control de motor, un control de motor para el transporte, un sistema de generación de energía o un sistema de transporte espacial.

25 Además, debido a que el material de silicona de la presente invención tiene un cierto grado de resistencia al frío además de la resistencia al calor exigida en un chip semiconductor de Si-C (por ejemplo, resistencia al calor de 180°C o superior), el artículo electrónico puede ser un módulo de potencia; por ejemplo, uno de los dispositivos mencionados anteriormente para convertidores de potencia, inversores, amplificadores, controles de tracción, controles de motores industriales, sistemas de distribución y transporte de energía, especialmente en dispositivos de potencia que exigen la capacidad de soportar fuertes diferencias de temperatura y pueden mejorar la durabilidad y la fiabilidad de tales dispositivos de potencia.

30 Ejemplos de tales dispositivos de potencia que exigen resistencia al calor y resistencia al frío incluyen controles de motor utilizados en regiones frías, como controles de inversor de uso general, controles de servomotor, máquinas herramienta o ascensores, vehículos eléctricos, automóviles híbridos o controles de motor para transporte ferroviario utilizados en regiones frías, sistemas de generación de energía utilizados en regiones frías, tales como generadores de energía solar, eólica o de celdas de combustible, sistemas de transporte espacial utilizados en el espacio, y similares. Obsérvese que "regiones frías" indica regiones donde la temperatura cae por debajo de 0°C.

35 Además, el material de silicona también es efectivo para sellar partes eléctricas o electrónicas que tienen una estructura en la que el espacio entre electrodos, entre elementos eléctricos o entre un elemento eléctrico y el paquete en la parte eléctrica o electrónica es estrecho, o que tienen una estructura en la que estas estructuras no pueden seguir la dilatación y la contracción del material de silicona. Por ejemplo, se pueden usar en circuitos eléctricos o módulos en los que se montan elementos eléctricos como elementos semiconductores, condensadores y resistencias; es decir, diversos sensores, como sensores de presión que generalmente están sellados o llenos de material de silicona, y dispositivos de encendido de automóviles, reguladores y similares.

45 El componente electrónico puede definirse como un chip, como un chip de silicio o un chip de carburo de silicio, uno o más cables, uno o más sensores, uno o más electrodos, circuitos integrados (IC) -por ejemplo, IC híbridos-, dispositivos de alimentación, un transistor bipolar de puerta aislada (IGBT), un rectificador como un diodo Schottky, un diodo PiN, un rectificador combinado PiN/Schottky (MPS) y un diodo de barrera de unión, un transistor de unión bipolar (BJT), un tiristor, un transistor con efecto de campo de óxido de metal (MOSFET), un transistor de electrones de alta movilidad (HEMT), un transistor de inducción estática (SIT), un transistor de potencia y similares.

50 El artículo electrónico puede incluir el componente electrónico y una primera capa. La primera capa no está particularmente limitada y puede ser un semiconductor, un dieléctrico, metal, plástico, malla de fibra de carbono, lámina metálica, una lámina metálica perforada (malla), una película de plástico con o sin material de carga (como una lámina de poliamida, una lámina de poliimida, una lámina de naftalato de polietileno, una lámina de poliéster de tereftalato de polietileno, una lámina de polisulfona, una lámina de imida de poliéter o una lámina de sulfuro de polifenileno), o un sustrato tejido o no tejido (como tela de fibra de vidrio, malla de fibra de vidrio o papel de aramida). Alternativamente, 55 la primera capa puede definirse adicionalmente como una película semiconductor y/o dieléctrica.

El material de silicona puede estar intercalado entre el componente electrónico y la primera capa, y/o puede estar dispuesto sobre la primera capa y en contacto directo con la misma, y/o sobre el componente electrónico y en contacto directo con el mismo. Si el material de silicona está dispuesto sobre la primera capa y en contacto directo con la misma,

el material de silicona aún puede estar dispuesto sobre el componente electrónico, pero puede incluir una o más capas o estructuras entre el material de silicona y el componente electrónico.

5 La divulgación también proporciona un método para formar el artículo electrónico mencionado anteriormente. El método puede incluir una o más de las etapas mencionadas anteriormente para formar el gel, la etapa de proporcionar el gel y/o la etapa de proporcionar el componente electrónico.

10 Normalmente, el método incluye aplicar las composiciones curables como se ha descrito anteriormente en este documento en un componente electrónico y curar la composición para formar un gel sobre el componente electrónico bajo la condición suficiente para formar el gel sin dañar el componente. El gel puede formarse sobre el componente electrónico. Alternativamente, el gel puede formarse aparte del componente electrónico y posteriormente disponerse sobre el componente electrónico.

También se proporciona en el presente documento un método para preparar el gel como se ha descrito anteriormente en el presente documento mediante el cual las dos partes de la composición mencionadas anteriormente se mezclan y curan.

15 Después de mezclar, en una realización, la composición de gel curable por condensación, se la puede aplicar sobre un sustrato usando un distribuidor adecuado, tal como, por ejemplo, revestidoras por cortina, dispositivos de pulverización, revestidoras por boquilla, aplicación de cordones, revestidoras por inmersión, revestidoras por extrusión, revestidoras de cuchilla y revestidoras de serigrafía, que, tras la formación de gel, proporcionan un revestimiento sobre dicho sustrato.

El gel de silicona descrito anteriormente tiene una excelente resistencia al calor a altas temperaturas de 180°C y superiores, y el gel no tiende a deteriorarse cuando se usa durante un periodo prolongado a estas altas temperaturas.

20 Además, el gel también es efectivo para sellar partes eléctricas o electrónicas que tienen una estructura en la cual el espacio entre electrodos, entre elementos eléctricos o entre un elemento eléctrico y el paquete en la parte eléctrica o electrónica es estrecho, o que tienen una estructura en la que estas estructuras no pueden seguir la dilatación y la contracción del gel de silicona. Por ejemplo, se pueden usar en circuitos eléctricos o módulos en los que se montan elementos eléctricos como elementos semiconductores, condensadores y resistencias; es decir, diversos sensores, como sensores de presión que generalmente están sellados o llenos de gel de silicona, y dispositivos de encendido de automóviles, reguladores y similares.

30 La divulgación también proporciona un método para formar el artículo electrónico mencionado anteriormente. El método puede incluir una o más de las etapas mencionados anteriormente para formar el gel, la etapa de proporcionar el gel y/o la etapa de proporcionar el componente electrónico. Normalmente, el método incluye las composiciones curables como se ha descrito anteriormente en este documento en un componente electrónico y cura la composición para formar un gel sobre el componente electrónico bajo la condición suficiente para formar el gel sin dañar el componente. El gel puede formarse en el componente electrónico. Alternativamente, el gel puede formarse aparte del componente electrónico y posteriormente disponerse en el componente electrónico.

Ejemplos

35 Materiales

Materiales termoconductores de carga

- El material de carga 1 es un óxido de aluminio que presenta un tamaño de partícula promedio de aproximadamente 40 µm (D50 determinado por difracción láser);
- 40 • El material de carga 2 es un óxido de aluminio que presenta un tamaño de partícula promedio de aproximadamente 3,1 µm (D50 determinado por difracción láser); y
- El material de carga 3 es un óxido de aluminio que presenta un tamaño de partícula promedio de aproximadamente 0,44 µm (D50 determinado por difracción láser).

El promotor de adhesión 1 es una mezcla de

- 53,5% en peso de metil trimetoxisilano,
- 45 • 27,4% en peso de 3-glicidoxipropil trimetoxisilano y
- 21,8% en peso de 3-aminopropil trietoxisilano precondensado.

Ejemplos 1 a 3 y Ejemplos comparativos

Las formulaciones base y de agente de curado se prepararon según las composiciones descritas en la Tabla 1. Las diferentes composiciones se prepararon como se expone a continuación. Todas las mediciones de viscosidad se

tomaron a 23°C utilizando un viscosímetro de placa cónica Brookfield (RV DIII) utilizando la placa cónica más apropiada para la viscosidad, a no ser que se indique lo contrario. En la Tabla 2 se encuentran los resultados obtenidos de los geles curados de dichas composiciones.

Base para los Ejemplos 1, 2 y el Ejemplo comparativo 1

5 Se mezclaron 18,15 g de polidimetilsiloxano terminado en dimetil OH que tiene una viscosidad de 2.000 mPa·s con 19,95 g de polidimetilsiloxano terminado en dimetil OH que tiene una viscosidad de 13.500 mPa·s en un mezclador rápido durante 30 segundos a 2300 rpm. Luego se añadieron 198,22 g del material de carga 1 y se mezclaron en un mezclador rápido durante 30 segundos a 2300 rpm. Luego se añadieron 60,03 g del material de carga 2 y se mezclaron en un mezclador rápido durante 30 segundos a 2300 rpm. Finalmente, se añadieron 33,64 g del material de carga 3 y se mezclaron en un mezclador rápido durante 30 segundos a 2300 rpm.

Base para el Ejemplo 3

15 Se mezclaron 6,60 g de polidimetilsiloxano terminado en dimetil OH con una viscosidad de 2.000 mPa·s con 7,26 g de polidimetilsiloxano terminado en dimetil OH con una viscosidad de 13.500 mPa·s en un mezclador rápido durante 30 segundos a 2300 rpm. Luego se añadieron 72,05 g del material de carga 1 sin tratar y se mezclaron en un mezclador rápido durante 30 segundos a 2300 rpm. Luego se añadieron 21,82 g del material de carga 2 sin tratar y se mezclaron en un mezclador rápido durante 30 segundos a 2300 rpm. Luego, se añadieron 12,23 g del material de carga 3 sin tratar y se mezclaron en un mezclador rápido durante 30 segundos a 2300 rpm. Finalmente, se añadieron 0,05 g de titanato de tetra n-butilo y se mezclaron tres veces en un mezclador rápido durante 30 segundos a 2300 rpm.

Agente de curado para el Ejemplo 1

20 Se añadieron 9,91 g de polidimetilsiloxano terminado en trimetoxisililo con una viscosidad de 56.000 mPa·s en un recipiente y se mezclaron con 0,495 g del promotor de adhesión 1. Luego se añadieron 26,94 g del material de carga 1 y se mezclaron en un mezclador rápido durante 30 segundos a 2300 rpm. Luego se añadieron 8,04 g del material de carga 2 y se mezclaron en un mezclador rápido durante 30 segundos a 2300 rpm. Luego, se añadieron 4,55 g de material de carga 3 y se mezclaron en un mezclador rápido durante 30 segundos a 2300 rpm. Finalmente, se añadieron 0,074 g de titanato de tetra n-butilo y se mezcló tres veces en un mezclador rápido durante 30 segundos a 2300 rpm.

Agente de curado para el Ejemplo 2

30 Se añadieron 19,96 g de polidimetilsiloxano terminado en trimetoxisililo con una viscosidad de 56.000 mPa·s en un recipiente y se mezclaron con 0,252 g de promotor de adhesión 1. Luego se agregaron 27,07 g del material de carga 1 y se mezclaron en un mezclador rápido durante 30 segundos a 2300 rpm. Luego se añadieron 8,08 g del material de carga 2 y se mezclaron en un mezclador rápido durante 30 segundos a 2300 rpm. Luego, se añadieron 4,57 g del material de carga 3 y se mezclaron tres veces en un mezclador rápido durante 30 segundos a 2300 rpm. Finalmente, se añadieron 0,075 g de titanato de tetra n-butilo y se mezclaron en un mezclador rápido durante 30 segundos a 2300 rpm.

Agente de curado para el Ejemplo 3

35 Se añadieron 9,91 g en un recipiente de polidimetilsiloxano terminado en trimetoxisililo que tenía una viscosidad de 56.000 mPa·s y se mezclaron con 0,495 g de promotor de adhesión 1. Luego se añadieron 26,94 g del material de carga 1 sin tratar y se mezclaron en un mezclador rápido durante 30 segundos a 2300 rpm. Luego se añadieron 8,04 g del material de carga 2 sin tratar y se mezclaron en un mezclador rápido durante 30 segundos a 2300 rpm. Luego, se añadieron 4,55 g del material de carga 3 sin tratar y se mezclaron en un mezclador rápido durante 30 segundos a 2300 rpm. Finalmente, se añadieron 0,074 g de titanato de tetra n-butilo y se mezcló tres veces en un mezclador rápido durante 30 segundos a 2300 rpm.

Se rellenaron aproximadamente 95 g de base en un cilindro de un cartucho de dos partes y se rellenaron aproximadamente 40 g del agente de curado en el otro cilindro del cartucho de dos partes. El cartucho tiene una relación de volumen de 2:1 de base a agente de curado. Se usó un mezclador estático para mezclar ambos ingredientes del cartucho y distribuir el material para construir las placas.

45 **Tabla 1**

Partes de peso	Ejemplo 1	Ejemplo 2	Ejemplo 3	Ejemplo comparativo 1
Formulación base - parte 1				
Polidimetilsiloxano terminado en OH (viscosidad de aproximadamente 2.000 mPa·s)	5,50	5,50	5,50	5,50
Polidimetilsiloxano terminado en OH (viscosidad de aproximadamente 13.500 mPa·s)	6,05	6,05	6,05	6,05
Óxido de aluminio pretratado	88,50	88,50		88,50

ES 2 803 376 T3

Partes de peso	Ejemplo 1	Ejemplo 2	Ejemplo 3	Ejemplo comparativo 1
Óxido de aluminio sin tratar			88,50	
Formulación del agente de curado - parte 2				
Polimetilsiloxano terminado en trimetoxisililo (viscosidad de aproximadamente 56.000 mPa·s)	19,79	19,79	19,79	19,79
Promotor de adhesión 1	0,99	0,50	0,99	0,99
Óxido de aluminio pretratado	78,94	78,94		78,94
Óxido de aluminio sin tratar			78,94	
Neodecanoato de dimetilestaño				0,15
Titanato de tetra n-butilo	0,15	0,15	0,15	

- 5 Las placas se probaron posteriormente para determinar la resistencia al cizallamiento y el alargamiento del cizallamiento siguiendo el presente método, en aluminio anodizado: se adhirieron dos sustratos de aluminio anodizado que medían 100 × 25 × 2 mm³ con el adhesivo conductor térmico de modo que el volumen de unión sea de 25 × 25 × 1 mm y se dejó curar a 23°C al 50% de humedad relativa durante el periodo de tiempo especificado (7 días o 28 días). Las muestras de cizallamiento se montaron en un tensiómetro (Zwick) usando pinzas en forma de L para sujetarlas y realizar el ensayo. Se aplicó una precarga de 0,05 MPa a una velocidad de 5,5 mm/min. El ensayo de cizallamiento se realizó a 50 mm/min hasta que la fuerza cae al 50% de la fuerza máxima medida. En este punto, se mide el alargamiento (y se registra en porcentaje). La fuerza máxima medida se notifica como la resistencia al cizallamiento (en MPa).
- 10 La conductividad térmica se midió en el aparato de ensayos TIMA según ASTM D5470-12. El ensayo se realizó en muestras curadas de 7 días que tenían un espesor de 1, 2 y 3 mm (todas con un diámetro de 7,83 mm) medidas con una fuerza aplicada de 2N. Bajo esta condición de fuerza, combinada con la suavidad del producto, se puede garantizar una adhesión conforme entre el material y la sonda de medición.
- 15 El tiempo de gelificación se determinó como el tiempo en el que una copa de aluminio de 30 ml llena con el material puede invertirse sin un movimiento significativo del producto.
- 20 El modo de fallo de adhesión se determinó en un cordón de sellador aplicado sobre el sustrato usando una cuchilla para colocar el sellador en la interfaz con el sustrato y pelar el material manualmente (ensayo de pelado con el dedo). CF significa fallo cohesivo; es decir, el fallo ocurre dentro del elastómero. AF significa fallo adhesivo; es decir, el fallo ocurre en la superficie de contacto sustrato/elastómero. El choque térmico se llevó a cabo teniendo muestras a +150°C durante 30 minutos y luego cambiando a una temperatura de -40°C durante 30 minutos con una transición de cámara de <10 segundos, que conduce a un cambio de temperatura de un extremo al otro en <3 minutos.

Tabla 2

Resultados	Ejemplo 1	Ejemplo 2	Ejemplo 3	Ejemplo comparativo 1
tiempo de gelificación (min)	60	414	49	3
Conductividad térmica a 40°C (W/mK)	1,92	1,72	1,90	1,82
Curado de 7D				
Resistencia al cizallamiento (MPa)	0,86	0,83	0,59	1,19
Alargamiento por cizallamiento (%)	198	220	130	141
Modo de fallo	70% CF	70% CF	50% CF	0% CF
Curado de 28D				
Resistencia al cizallamiento (MPa)	1,29	1,25	1,64	1,33
Alargamiento por cizallamiento (%)	197	240	195	128
Modo de fallo	50% CF	70% CF	30% CF	30% CF
Curado de 7D + 1000h 85°C/85 RH				
Resistencia al cizallamiento (MPa)	1,47	1,13	1,13	1,93
Alargamiento por cizallamiento (%)	212	222	225	154
Modo de fallo	100% CF	90% CF	90% CF	90% CF

ES 2 803 376 T3

Resultados	Ejemplo 1	Ejemplo 2	Ejemplo 3	Ejemplo comparativo 1
Curado de 7D + choque térmico de 1000h				
Resistencia al cizallamiento (MPa)	1,85	1,22	1,50	2,79
Alargamiento por cizallamiento (%)	235	237	243	177
Modo de fallo	70% CF	50% CF	100% CF	30% CF
Curado de 7D + 1000h a 150°C				
Resistencia al cizallamiento (MPa)	2,27	1,52	1,63	3,13
Alargamiento por cizallamiento (%)	222	250	239	181
Modo de fallo	100% CF	100% CF	100% CF	50% CF

Los Ejemplos 1, 2 y 3 muestran un mayor porcentaje de cohesión después del fallo en aluminio anodizado que el Ejemplo comparativo 1, lo que destaca que las composiciones basadas en catálisis por titanato según la invención, aunque sean más lentas para curar, proporcionan un perfil de adhesión superior a la composición basada en catálisis por estaño del Ejemplo comparativo 1.

- 5 Además, el alargamiento a rotura es mayor para las formulaciones a base de titanato, lo cual es un parámetro crítico para los adhesivos termoconductores. Las formulaciones de mayor alargamiento y menor módulo son materiales más eficaces para adaptarse a las tensiones térmicas en la aplicación.

REIVINDICACIONES

1. Una composición adhesiva de silicona termoconductora, de múltiples partes, curable por condensación y libre de reversión que comprende:
- 5 (i) al menos un polímero terminado en sililo curable por condensación que tiene al menos uno, normalmente al menos dos grupos funcionales hidroxilo por molécula;
- (ii) un reticulante seleccionado del grupo de
- silanos que tienen al menos 2 grupos hidrolizables, alternativamente al menos 3 grupos hidrolizables por grupo molecular; y/o
 - moléculas funcionales de sililo que tienen al menos 2 grupos sililo, conteniendo cada grupo sililo al menos un grupo hidrolizable o una mezcla de los mismos,
- 10 (iii) al menos un catalizador de condensación seleccionado del grupo de titanatos y/o circonatos, y
- (iv) uno o más materiales termoconductores de carga, presentes en una cantidad del 70 al 93% en peso de la composición;
- 15 en donde los componentes (i), (ii) y (iii) no están contenidos en la misma parte y en donde la relación molar de grupos hidroxilo unidos a silicio totales a grupos hidrolizables totales está entre 0,2:1 a 2:1 usando un reticulante de silano o 0,2:1 a 10:1 usando un reticulante de molécula funcional de sililo y la relación molar de las funciones del catalizador M-OR a los grupos hidroxilo unidos a silicio totales está comprendida entre 0,01:1 y 0,5:1, donde M es titanio o circonio.
2. Una composición adhesiva de silicona termoconductora, de múltiples partes, curable por condensación y libre de reversión según cualquier reivindicación precedente almacenada en dos partes, pudiendo dividirse dichas partes de la siguiente manera
- 20 a) Polímero 2i) y reticulante (ii) en una parte y polímero (i) y catalizador (iii) en la otra parte; o
- b) reticulante (ii) en una parte y polímero (i) y catalizador (iii) en la otra parte,
- c) cuando se está utilizando más de un polímero (i), un primer polímero (i) y un reticulante (ii) en una parte y un segundo polímero (i) y catalizador (iii) en la otra parte o
- 25 d) polímero (i) en una parte y el reticulante (ii) y el catalizador (iii) en la otra parte.
3. Una composición adhesiva de silicona termoconductora, de múltiples partes, curable por condensación y libre de reversión según la reivindicación 3, en donde el material termoconductor de carga está presente en ambas partes de la composición o está en una parte base con polímero (i).
4. Una composición adhesiva de silicona termoconductora, de múltiples partes, curable por condensación y libre de reversión, según cualquier reivindicación precedente, en donde el material termoconductor de carga (iv) se selecciona de polvo de plata, polvo de aluminio, polvo de óxido de aluminio, polvo de óxido de cinc, polvo de aluminio y/o o nitruro de grafito.
- 30 5. Una composición adhesiva de silicona termoconductora, de múltiples partes, curable por condensación y libre de reversión, según la reivindicación 1 o 4, en donde el material termoconductor de carga (iv) es una mezcla de óxidos de aluminio, que están opcionalmente pretratados, que tienen tamaños diversos.
- 35 6. Una composición adhesiva de silicona termoconductora, de múltiples partes, curable por condensación y libre de reversión según la reivindicación 4 o 5, en donde materiales termoconductores de carga se diferencian por el tamaño medio de partícula con una mezcla de dos o más de:
- 40 a) un material termoconductor de carga que tiene un tamaño de partícula promedio de 20 a 80 micrómetros, alternativamente de 30 a 50 micrómetros y/o
- b) un material termoconductor de carga que tiene un tamaño de partícula promedio de 2 a 10 micrómetros, alternativamente de 2 a 6 micrómetros y/o
- c) un material termoconductor de carga que tiene un valor de tamaño de partícula promedio de 0,1 a 1 a micrómetros, alternativamente de 0,2 a 0,8 micrómetros.
- 45 7. Un adhesivo de silicona termoconductora libre de reversión curado de una composición según cualquier reivindicación precedente que comprende:
- (i) al menos un polímero terminado en sililo curable por condensación que tiene al menos uno, normalmente al menos dos grupos funcionales hidroxilo por molécula;

(ii) un reticulante seleccionado del grupo de

• silanos que tienen al menos 2 grupos hidrolizables, alternativamente al menos 3 grupos hidrolizables por grupo molecular; y/o

5 • moléculas funcionales de sililo que tienen al menos 2 grupos sililo, conteniendo cada grupo sililo al menos un grupo hidrolizable o una mezcla de los mismos

(iii) al menos un catalizador de condensación seleccionado del grupo de titanatos y/o circonatos, y

(iv) uno o más materiales termoconductores de carga

10 en donde los componentes (i), (ii) y (iii) no están contenidos en la misma parte y en donde la relación molar de grupos hidroxilo unidos a silicio totales a grupos hidrolizables totales está entre 0,2:1 a 2:1 usando un reticulante de silano o 0,2:1 a 10:1 usando un reticulante de molécula funcional de sililo y la relación molar de las funciones del catalizador M-OR a los grupos hidroxilo unidos a silicio totales está comprendida entre 0,01:1 y 0,5:1, donde M es titanio o circonio.

8. Un adhesivo de silicona termoconductora libre de reversión según la reivindicación 7 en forma de gel o elastómero.

9. Un sellador para una parte eléctrica o electrónica según la reivindicación 8 que comprende el adhesivo de silicona termoconductora libre de reversión según la reivindicación 7.

15 **10.** Una parte eléctrica o electrónica encapsulada/embutida con el gel de silicona de la reivindicación 8.

11. Un método de protección para una parte eléctrica o electrónica que utiliza la composición adhesiva de silicona termoconductora, de múltiples partes, curable por condensación y libre de reversión descrita según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6.

20 **12.** Uso de un adhesivo según la reivindicación 7 u 8 para sellar, encapsular, embutir o rellenar piezas eléctricas o electrónicas.

13. Un método para hacer un adhesivo según la reivindicación 8 entremezclando la composición de múltiples partes de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6 y curando la mezcla resultante.

14. Uso de un adhesivo según la reivindicación 7 u 8 como un encapsulante o embutidor termoconductor para dispositivos eléctricos y/o electrónicos, módulos solares fotovoltaicos y/o diodos emisores de luz.

25 **15.** Uso de un adhesivo según la reivindicación 7 u 8 como un adhesivo sensible a la presión, o en una aplicación de amortiguación de vibraciones o sonido o en la fabricación de laminados, adhesivos, revestimientos ópticamente transparentes, para pantallas o guías de ondas.

30 **16.** Un método según la reivindicación 11 en donde la mezcla se aplica sobre un sustrato antes del curado usando un distribuidor seleccionado de revestidoras por cortina, dispositivos de pulverización, revestidoras por boquilla, revestidoras por inmersión, revestidoras por extrusión, revestidoras de cuchilla y revestidoras de serigrafía.

17. Equipo eléctrico y electrónico provisto de un miembro hecho de una composición de silicona termoconductora curada según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6.

35 **18.** Un miembro termorradiante para dispositivos eléctricos y electrónicos hecho de una composición adhesiva de silicona termoconductora, de múltiples partes, curable por condensación y libre de reversión según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6.

19. Un miembro termorradiante según la reivindicación 18 en forma de interfaz entre un componente electrónico semiconductor y un disipador térmico de metal.