(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 872 398**

(51) Int. CI.:

C09J 163/00 (2006.01)
C08G 59/18 (2006.01)
C09J 9/02 (2006.01)
H01R 4/04 (2006.01)

(12) TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA T3

(86) Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **19.09.2012 PCT/EP2012/068443**

(87) Fecha y número de publicación internacional: **28.03.2013 WO13041568**

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **19.09.2012 E 12775166 (7)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **21.04.2021 EP 2758481**

(54) Título: **Adhesivos conductores de electricidad que comprenden partículas revestidas de plata**

(30) Prioridad:

20.09.2011 GB 201116240

(45) Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
02.11.2021

(73) Titular/es:

HENKEL AG&CO. KGAA (100.0%)
Henkelstr. 67
40589 Düsseldorf, DE

(72) Inventor/es:

DREEZEN, GUNTHER;
THEUNISSEN, LIESBETH y
HENCKENS, ANJA

(74) Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

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

Adhesivos conductores de electricidad que comprenden partículas revestidas de plata

La presente invención se refiere a adhesivos que son adecuados para su uso como materiales conductores de electricidad en la fabricación y montaje de dispositivos electrónicos, circuitos integrados, dispositivos semiconductores, componentes pasivos, celdas solares, módulos solares y/o diodos emisores de luz.

Los materiales conductores de electricidad se utilizan para diversos propósitos en la fabricación y montaje de dispositivos electrónicos, circuitos integrados, dispositivos semiconductores, componentes pasivos, celdas solares, módulos solares y/o diodos emisores de luz.

En general, los adhesivos conductores de electricidad (ECA) proporcionan un enlace mecánico entre dos superficies y conducen electricidad. Normalmente, las formulaciones de ECA están hechas de una resina polimérica llena de rellenos metálicos conductores de electricidad. Por lo general la resina proporciona un enlace mecánico entre dos sustratos, mientras que los rellenos eléctricamente conductores por lo general proporcionan la interconexión eléctrica deseada.

Los adhesivos conductores de electricidad típicos requieren cargas elevadas de rellenos conductores de electricidad que normalmente están hechos de metales conductores costosos, como la plata. Se sabe que la cantidad de plata se puede reducir utilizando rellenos metálicos revestidos de plata, por ejemplo, rellenos de cobre recubiertos de plata. Por ejemplo, el documento JP 3 166284 A divulga una composición que comprende resinas epoxi, partículas revestidas de plata y aductos de amina-epoxi utilizados en electrónica.

Sin embargo, la conductividad eléctrica de las formulaciones adhesivas, que comprenden rellenos revestidos de plata, a menudo se reduce significativamente en comparación con las formulaciones basadas en materiales de relleno hechos de plata. Además, la estabilidad de las formulaciones que contienen rellenos metálicos revestidos de plata es a menudo insuficiente a temperatura ambiente, lo que limita el uso potencial de estas formulaciones en operaciones de montaje electrónico debido a la inestabilidad térmica.

Por lo tanto, se necesitan nuevos adhesivos conductores de electricidad que contengan una cantidad reducida de metales conductores caros, como la plata, y que presenten una buena conductividad eléctrica y una estabilidad suficiente a temperatura ambiente (22°C).

La presente invención proporciona un adhesivo y el producto curado de dicho adhesivo y ambos tienen propiedades eléctricamente conductoras, en donde la vida útil del adhesivo sin curar a 22°C es suficiente para utilizar el adhesivo en una amplia variedad de operaciones de montaje electrónico.

Un aspecto de la presente invención se refiere a un adhesivo según la reivindicación 1 que comprende
a) del 6 al 15 % en peso basado en la cantidad total de adhesivo de una o más resinas epoxi;
b) del 72 al 82 % en peso basado en la cantidad total de adhesivo de partículas revestidas de plata que tienen un contenido de plata del 8 al 12l% en peso, basado en la cantidad total de partículas revestidas de plata; y
c) del 4 al 6 % en peso basado en la cantidad total de adhesivo de uno o más aductos amina-epoxi, que comprenden uno o más grupos funcionales, cada uno derivado de un heterociclo que contiene nitrógeno sustituido con alquilo.

Dicho adhesivo presenta una buena conductividad eléctrica y una estabilidad suficiente a temperatura ambiente (22°C), a pesar de utilizar partículas revestidas de plata como material de relleno eléctricamente conductor de costo bajo.

El adhesivo de la presente invención es curable térmicamente y preferiblemente se puede curar entre aproximadamente 0,1 s a 180 minutos a una temperatura dentro del intervalo de aproximadamente 50°C a aproximadamente 250°C. Una vez curados, los productos curados se caracterizan por su buena adherencia y baja resistividad volumétrica.

El adhesivo de la presente invención también puede formar un enlace conductor de electricidad entre dos sustratos y puede usarse en la fabricación y montaje de dispositivos electrónicos, circuitos integrados, dispositivos semiconductores, componentes pasivos, celdas solares, módulos solares y/o diodos emisores de luz.

En este contexto, la invención también proporciona un montaje unido que comprende dos sustratos alineados en una relación espaciada, cada uno de los cuales tiene una superficie orientada hacia adentro y una superficie orientada hacia afuera, en donde entre las superficies orientadas hacia adentro de cada uno de los dos sustratos se forma un enlace conductor de electricidad mediante el producto curado del adhesivo de la presente invención.

Otro aspecto de la presente invención se refiere al uso del adhesivo de la presente invención en la fabricación y/o montaje de dispositivos electrónicos, circuitos integrados, dispositivos semiconductores, componentes pasivos, celdas solares, módulos solares y/o diodos emisores de luz.

El adhesivo de la presente invención comprende una o más resinas epoxi como material aglutinante.

Las resinas epoxi adecuadas pueden incluir compuestos multifuncionales que contienen epoxi, tales como éteres de glicidilo de dioles C_2-C_{28}, éteres de glicidilo de alquilo C_1-C_{28} o polifenol; éteres de poliglicidilo de pirocatecol, resorcinol, hidroquinona, 4,4'-dihidroxidifenil-metano (o bisfenol F, tales como RE-303-S o RE-404-S disponibles comercialmente en Nippon Kayuku, Japón), 4,4'-dihidroxi-3,3'-dimetildifenil-metano, 4,4'-dihidroxidifenil-dimetil-metano (o bisfenol A), 4,4'-dihidroxidifenil-metil-metano, 4,4'-dihidroxidifenil-ciclohexano, 4,4'-dihidroxi-3,3'-dimetildifenil-propano, 4,4'-dihidroxidifenil-sulfona y tris(4-hidroxifenil)metano; éteres de poliglicidilo de complejos de metales de transición; productos de cloración y bromación de los difenoles mencionados anteriormente; éteres de poliglicidilo de novolacas; éteres de poliglicidilo de difenoles obtenidos esterificando éteres de difenoles obtenidos esterificando sales de un ácido hidrocarboxílico aromático con un dihaloalcano o dihalogeno dialquil éter; éteres poliglicidílicos de polifenoles obtenidos por condensación de fenoles y parafinas halógenas de cadena larga que contienen al menos dos átomos de halógeno; epoxi de novolaca de fenol; epoxi de novolaca de cresol; y combinaciones de los mismos.

Entre las resinas epoxi disponibles comercialmente adecuadas para su uso en la presente invención se encuentran los derivados de poliglicidilo de compuestos fenólicos, como aquellos disponibles con los nombres comerciales EPON 825, EPON 826, EPON 828, EPON 1001, EPON 1007 y EPON 1009 de Huntsman, Epiclon EXA 830 CRP, Epiclon EXA 850 CRP, Epiclon EXA 835 LVP de DIC, Epalloy 5000, Epalloy 5001, de CVC Chemicals, compuestos cicloalifáticos que contienen epoxi como Araldite CY179 de Huntsman, Epalloy 5200 de CVC Chemicals o Celloxide 2021P de Daicel o dispersiones a base de agua bajo los nombres comerciales EPI-REZ 3510, EPI-REZ 3515, EPI-REZ 3520, EPI-REZ 3522, EPI-REZ 3540 o EPI-REZ 3546 de Hexion; DER 331, DER 332, DER 383, DER 354 y DER 542 de Dow Chemical Co .; GY285 de Huntsman, Inc .; y BREN-S de Nippon Kayaku, Japón. Otros compuestos adecuados que contienen epoxi incluyen poliepóxidos preparados a partir de polioles y similares y derivados de poliglicidilo de novolacas de fenol-formaldehído, los últimos están disponibles comercialmente con los nombres comerciales DEN 431, DEN 438, y DEN 439 de Dow Chemical Company, Epiclon N-740, Epiclon N-770, Epiclon N-775 de DIC y una dispersión a base de agua ARALDITE PZ 323 de Huntsman.

Los análogos de cresol también están disponibles comercialmente, tales como ECN 1273, ECN 1280, ECN 1285, y ECN 1299 o Epiclon N-660, Epiclon N-665, Epiclon N-670, Epiclon N-673, Epiclon N-680, Epiclon N-695 de DIC o dispersiones a base de agua ARALDITE ECN 1400 de Huntsman, Inc. SU-8 y EPI-REZ 5003 son novolacas epoxi de tipo bisfenol A disponibles de Hexion.

Por supuesto, las combinaciones de diferentes resinas epoxi también son deseables para su uso en la presente. La cantidad total de todas las resinas epoxi presentes en el adhesivo de la presente invención está en el intervalo del 15 % en peso, basado en la cantidad total del adhesivo de la presente invención.

En realizaciones adicionales de la presente invención, se pueden usar otras resinas, tales como resinas vinílicas, resinas fenólicas, resinas de poliimida, resinas que contienen silicio, resinas de benzoxazina y/o combinaciones de las mismas, en combinación con una o más resinas epoxi mencionadas anteriormente.

El adhesivo de la presente invención comprende además partículas revestidas de plata que tienen un contenido de plata del 8 al 12 % en peso, basado en la cantidad total de partículas revestidas de plata. El término "partículas revestidas de plata", como se usa en la presente, se refiere a partículas que tienen una estructura de núcleo-coraza, en donde el núcleo está sustancialmente libre de plata mientras que la coraza consiste en plata. En estas partículas revestidas de plata, la coraza de plata actúa como un revestimiento o capa, que comprende al menos parcialmente el núcleo.

El término "sustancialmente libre de plata" se refiere a partículas núcleo-coraza, en donde el núcleo de dichas partículas núcleo-coraza comprende menos del 0,5 % en peso, preferiblemente menos del 0,1 % en peso, y en particular con preferencia menos del 0,01 % en peso de plata.

Las partículas revestidas de plata utilizadas en la presente invención son materiales particulados conductores de electricidad, que pueden tener diferentes formas, tales como formas esféricas, planas, de escamas y/o dendríticas.

La partícula a la que se aplica el revestimiento de plata puede comprender o consistir en metales u otros materiales orgánicos o inorgánicos, tales como nitruro de boro o vidrio. Sin embargo, para aumentar la conductividad de las partículas revestidas de plata, se prefiere que las partículas revestidas de plata se seleccionen de partículas metálicas revestidas de plata. En una realización preferida, el metal de las partículas metálicas revestidas de plata se selecciona de cobre, platino, paladio, oro, estaño, indio, aluminio o bismuto, o cualquier combinación de los mismos. Las partículas revestidas de plata particularmente preferidas se seleccionan de partículas de cobre

revestidas de plata, porque las partículas de cobre revestidas de plata son relativamente económicas y tienen propiedades eléctricas y térmicas similares a la plata.

La estabilidad y la resistividad volumétrica del adhesivo de la presente invención pueden mejorarse aún más si se utilizan partículas revestidas de plata con un tamaño micrométrico que tengan un contenido de plata de aproximadamente 2 a aproximadamente 30 % en peso. En una realización preferida de la presente invención se utilizan partículas revestidas de plata según la invención que tienen un tamaño de partícula promedio de aproximadamente 0,5 μm a aproximadamente 20 μm, más preferiblemente de aproximadamente 1 μm a aproximadamente 5 μm.

Como se utiliza en la presente, el término "tamaño de partícula promedio" se refiere al valor D_{50} de la curva de distribución de volumen acumulativo en el que el 50 % en volumen de las partículas tienen un diámetro menor que dicho valor. El tamaño de partícula promedio o valor D_{50} se mide en la presente invención mediante difractometría láser, preferiblemente usando un Malvern Mastersizer 2000 disponible de Malvern Instruments Ltd. En esta técnica, el tamaño de partículas en suspensiones o emulsiones se mide usando la difracción de un rayo láser, en base a la aplicación de la teoría de Fraunhofer o de Mie. En la presente invención, se aplica la teoría de Mie o una teoría de Mie modificada para partículas no esféricas y los tamaños de partículas promedio o valores D_{50} se refieren a medidas de dispersión en un ángulo de 0,02 a 135 grados con respecto al rayo láser incidente. Para la medición se prefiere además que se prepare una dispersión de las partículas en un líquido adecuado, tal como acetona, utilizando ultrasonidos. Para producir una relación señal-ruido aceptable, la concentración de partículas en la dispersión/suspensión debe elegirse preferiblemente de manera que se obtenga un oscurecimiento entre el 6 % y el 20 %.

En una realización preferida particular de la presente invención se utilizan partículas de cobre revestidas de plata que tienen un contenido de plata de 8 a 12 % en peso, en donde dichas partículas de cobre revestidas de plata tienen un tamaño de partícula promedio de aproximadamente 0,5 μm a aproximadamente 20 μm, más preferiblemente de aproximadamente 1 μm a aproximadamente 5 μm.

Cuando la cantidad de revestimiento de plata excede el 30 % en peso, los costos tienden a aumentar. Cuando es inferior al 2 % en peso, la viscosidad de procesamiento del adhesivo sin curar y la resistividad volumétrica del producto curado aumentan de una manera indeseable y la estabilidad del adhesivo sin curar a 22°C es a menudo insuficiente.

Se obtiene una viscosidad de procesamiento particularmente buena y estable y una resistividad volumétrica baja cuando se utilizan partículas revestidas de plata que tienen un contenido de plata de hasta el 12 % en peso, basado en la cantidad total de partículas revestidas de plata.

Las partículas revestidas de plata según la invención están presentes en el adhesivo en una cantidad de 72 a 82 % en peso, basado en la cantidad total del adhesivo de la presente invención. Utilizando esta cantidad de partículas revestidas de plata que tienen el contenido de plata mencionado anteriormente en los adhesivos de la presente invención, se pueden obtener productos curados de dichos adhesivos, que presentan buena conductividad, resistividad volumétrica reducida y buena adherencia.

Por supuesto, las combinaciones de diferentes partículas revestidas de plata también son deseables para su uso en la presente invención.

En la presente invención, el método para producir las partículas revestidas de plata no está particularmente limitado. Los métodos adecuados incluyen revestimiento por desplazamiento, revestimiento por electrodeposición y por reducción química, en donde la tecnología de revestimiento por desplazamiento es preferible para producir partículas de cobre revestidas de plata ya que la adhesión entre las partículas de cobre y la plata es fuerte y los costos de funcionamiento son bajos.

Las partículas adecuadas revestidas de plata están actualmente disponibles comercialmente en varias compañías, tales como Ferro Corp., Technic Inc., Eckart GmbH, Ames Goldsmith Corp., Dowa Holdings Co., Ltd., Mitsui, Fukuda, Potters Industries Inc. y Metalor Technologies.

Con el fin de optimizar las propiedades de conducción eléctrica del adhesivo de la presente invención, dicho adhesivo puede comprender además partículas conductoras de electricidad que son diferentes de las partículas revestidas de plata utilizadas en la presente invención. A continuación, estas partículas también se denominan partículas adicionales conductoras de electricidad.

Preferiblemente, las anteriores partículas conductoras de electricidad adicionales son partículas no revestidas de plata. En otras palabras, estas partículas son un material particulado que no presenta una capa de revestimiento de plata en su superficie.

Las partículas conductoras de electricidad adicionales pueden seleccionarse de partículas metálicas, partículas no revestidas de plata o partículas de aleación metálica y/o combinaciones de las mismas, en donde las partículas conductoras de electricidad adicionales preferiblemente comprenden o esencialmente consisten en cobre, plata, platino, paladio, oro, estaño, indio, aluminio o bismuto y/o combinaciones de los mismos.

La expresión "esencialmente consiste en", como se utiliza en la presente, incluye partículas conductoras de electricidad que comprenden impurezas añadidas no intencionalmente, en donde la cantidad de dichas impurezas es menos del 0,2 % en peso, preferiblemente menos del 0,1 % en peso, y más preferiblemente menos de 0,01 % en peso, basado en la cantidad total de partículas conductoras de electricidad adicionales de la presente invención.

De manera deseable, las partículas conductoras de electricidad adicionales consisten esencialmente en plata. En una realización alternativa de la presente invención, las partículas conductoras de electricidad adicionales comprenden o consisten en negro de carbón, fibras de carbono o grafito.

Preferiblemente, las partículas conductoras de electricidad adicionales tienen un tamaño de partícula promedio de aproximadamente 1 μm a aproximadamente 20 μm, y más preferiblemente de aproximadamente 1,5 μm a aproximadamente 10 μm, en donde el tamaño de partícula promedio se determina como se describió anteriormente.

Por supuesto, también son deseables para su uso en la presente combinaciones de diferentes partículas conductoras de electricidad adicionales.

Las partículas conductoras de electricidad adicionales pueden estar presentes en el adhesivo de la invención en una cantidad de aproximadamente 0,1 a aproximadamente 30 % en peso, más preferiblemente de aproximadamente 1 a aproximadamente 15 % en peso, cada una basada en la cantidad total de adhesivo de la presente invención, siempre que se cumplan los requisitos de la reivindicación 1.

Las partículas conductoras de electricidad adicionales están actualmente disponibles en el comercio de varias compañías, tales como Ferro Corp., Technic Inc., Ames Goldsmith Corp., Dowa Holdings Co., Ltd., Fukuda, Mitsui y Metalor Technologies.

Mediante el uso de las combinaciones específicas de diferentes partículas mencionadas anteriormente, se puede mejorar la resistividad volumétrica y la resistencia al contacto del producto curado del adhesivo de la presente invención.

El adhesivo de la presente invención comprende además uno o más aductos de amina-epoxi, en donde el aducto de amina-epoxi comprende uno o más grupos funcionales, cada uno derivado de un heterociclo que contiene nitrógeno sustituido con alquilo.

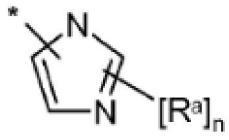
La expresión "aducto de amina-epoxi", como se utiliza en la presente, se refiere a un producto de la reacción entre uno o más compuestos de amina y uno o más compuestos de epoxi. El producto amina-epoxi es incapaz o solo tiene una capacidad muy baja para iniciar y/o catalizar la reacción de curado o reticulación del componente de resina epoxi del adhesivo de la presente invención a 22°C, pero es capaz de iniciar y/o catalizar la reacción de curado o reticulación a temperaturas más altas, por ejemplo, a temperaturas de 45°C a 250°C. Dichos compuestos también se conocen como agentes de curado latentes o activables por calor. Preferiblemente, el aducto amina-epoxi según la presente invención es un sólido que es insoluble en el componente de resina epoxi del adhesivo de la presente invención a 22°C, pero que se vuelve soluble o se funde al calentar y funciona como curativo (endurecedor) para curar el componente de resina epoxi del adhesivo de la presente invención.

La expresión "derivado de", como se utiliza en la presente, significa que el grupo funcional del aducto amina-epoxi de la presente invención se forma eliminando formalmente un átomo de hidrógeno del heterociclo que contiene nitrógeno.

La expresión "heterociclo que contiene nitrógeno sustituido con alquilo", como se utiliza en la presente invención, se refiere a un heterociclo que contiene nitrógeno, en donde al menos un átomo de hidrógeno del heterociclo que contiene nitrógeno se reemplaza por un grupo alquilo. Los heterociclos preferidos que contienen nitrógeno sustituidos con alquilo incluyen heterociclos que contienen nitrógeno sustituidos con alquilo que tienen de 5 a 7 miembros en el anillo. Los heterociclos que contienen nitrógeno sustituidos con alquilo particularmente preferidos se seleccionan de heterociclos que contienen nitrógeno aromáticos sustituidos con alquilo, tales como piridinas sustituidas con alquilo o imidazoles sustituidos con alquilo.

Los grupos funcionales derivados de un heterociclo que contiene nitrógeno sustituido con alquilo están preferiblemente unidos covalentemente a una estructura oligomérica o polimérica. En una realización particularmente preferida, el aducto amina-epoxi según la presente invención comprende uno o más grupos funcionales derivados de un imidazol sustituido con alquilo.

Los grupos imidazol adecuados sustituidos con alquilo se seleccionan de residuos de la fórmula (I),

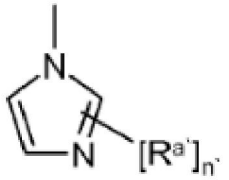


fórmula (I)

donde n es un número entero de 1 a 3 y cada R^a es arilo C_{6-12}; alquilo C_{1-20}, que contiene opcionalmente uno o más sustituyentes seleccionados de hidroxilo, tiol, carboxilo o amida; alquenilo C_{2-20}, que contiene opcionalmente uno o más sustituyentes seleccionados de hidroxilo, tiol, carboxilo o amida; con la condición de que al menos un R^a sea alquilo C_{1-20}, que contenga opcionalmente uno o más sustituyentes seleccionados de hidroxilo, tiol, carboxilo o amida.

El número entero n indica el número de átomos de hidrógeno del heterociclo de imidazol que están reemplazados por grupos R^a. Por ejemplo, si n es 2, dos átomos de hidrógeno del heterociclo de imidazol se reemplazan por dos grupos R^a, en donde los dos R^a son iguales o diferentes.

Los grupos imidazol preferidos sustituidos con alquilo se seleccionan de residuos de la fórmula (Ia),



fórmula (Ia)

en donde n es un número entero de 1 a 3 y cada Ra es arilo C_{6-12}; alquilo C_{1-20}, que contiene opcionalmente uno o más sustituyentes seleccionados de hidroxilo, tiol, carboxilo o amida; alquenilo C_{2-20}, que contiene opcionalmente uno o más sustituyentes seleccionados de hidroxilo, tiol, carboxilo o amida; con la condición de que al menos un R^a sea alquilo C_{1-20}, que contenga opcionalmente uno o más sustituyentes seleccionados de hidroxilo, tiol, carboxilo o amida. Más preferiblemente, R^a es un grupo alquilo C_{1-20} no sustituido, particularmente con preferencia un grupo alquilo C_{1-5} no sustituido, tal como metilo.

En una realización particular preferida de la presente invención, n es 1.

Los residuos de imidazol preferidos sustituidos con alquilo se seleccionan de 2-metil-3-imidazolilo, 4-metil-3-imidazolilo, 5-metil-3-imidazolilo, 2,4-dimetil-3-imidazolilo, 2,5-dimetil-3-imidazolilo, 4,5-dimetil-3-imidazolilo, 2,4,5-trimetil-3-imidazolilo, 2-etil-4-metil-3-imidazolilo, 2-heptadecil-3-imidazolilo, 2-etil-3-imidazolilo, 4-etil-3-imidazolilo, 5-etil-3-imidazolilo, 2,4-dietil-3-imidazolilo, 2,5-dietil-3-imidazolilo, 4,5-dietil-3-imidazolilo, 2,4,5-trietil-3-imidazolilo, 2-propil-3-imidazolilo, 2-propil-4,5-dimetil-3-imidazolilo, 2-octil-4-hexil-3-imidazolilo, 2-undecil-3-imidazolilo, 2-etil-4-fenil-3-imidazolilo, 2-butil-5-metil-3-imidazolilo, 1-(2-hidroxi-3-fenoxipropil)-2-metil-3-imidazolilo, 1-(2-hidroxi-3-fenoxipropil)-2-etil-4-metil-3-imidazolilo, 1-(2-hidroxi-3-butoxipropil)-2-metil-3-imidazolilo, 1-(2-hidroxi-3-butoxipropil)-2-etil-4-metil-3-imidazolilo, 1-cianoeteil-2-etil-4-metil-3-imidazolilo, 2-fenil-4-metil-5-hidroximetil-3-imidazolilo o 1-bencil-2-metil-3-imidazolilo.

Los residuos de imidazol sustituidos con alquilo particularmente preferidos se seleccionan de 2-metil-3-imidazolilo, 4-metil-3-imidazolilo, 5-metil-3-imidazolilo, 2,4-dimetil-3-imidazolilo, 2,5-dimetil-3-imidazolilo, 4,5-dimetil-3-imidazolilo o 2,4,5-trimetil-3-imidazolilo.

Es esencial que el aducto amina-epoxi según la presente invención comprenda uno o más grupos funcionales derivados de heterociclos que contienen nitrógeno sustituidos con alquilo, porque al combinar estos agentes de curado latentes específicos con partículas revestidas de plata que tienen un contenido de plata de 8 hasta el 12 % en peso, se pueden obtener formulaciones adhesivas, que tienen propiedades particularmente ventajosas. Por ejemplo, estos adhesivos tienen una resistividad volumétrica baja incluso cuando se curan en presencia de oxígeno. Por lo tanto, el adhesivo de la presente invención no requiere una atmósfera inerte durante su proceso de curado. Se obtiene una buena estabilidad particular del adhesivo de la presente invención cuando se utilizan partículas

revestidas de plata que tienen un contenido de plata del 8 al 12 % en peso en combinación con aductos de amina-epoxi que comprenden uno o más grupos funcionales, cada uno derivado de un imidazol sustituido con alquilo.

De manera deseable, los aductos amina-epoxi utilizados en la presente invención son compuestos oligoméricos o poliméricos. Los aductos de amina-epoxi preferidos tienen un peso molecular promedio en peso (M_w) de al menos 200 g/mol, más preferiblemente en el intervalo de aproximadamente 800 g/mol a aproximadamente 1500 g/mol.

En la presente invención, el peso molecular promedio en peso (M_w) se determina mediante cromatografía de permeación en gel (GPC), preferiblemente mediante el uso de un patrón de poliestireno.

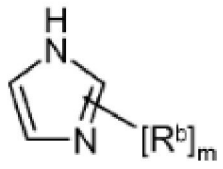
Preferiblemente, el aducto amina-epoxi utilizado en la presente invención se obtiene haciendo reaccionar i) uno o más compuestos epoxi polifuncionales y ii) uno o más heterociclos que contienen nitrógeno sustituidos con alquilo, opcionalmente en presencia de iii) uno o más compuestos que son capaces de reaccionar con el compuesto epoxi polifuncional y/o heterociclo que contiene nitrógeno sustituido con alquilo.

El compuesto epoxi polifuncional puede ser cualquier compuesto que tenga dos o más grupos oxirano en la molécula. Incluye, por ejemplo, éter de poliglicidilo obtenido por reacción de un fenol polihídrico (tal como bisfenol A, bisfenol F, catecol, resorcinol) o un alcohol polihídrico (tal como glicerina y polietilenglicol) con epiclorhidrina; éster de éter de glicidilo obtenido por reacción de un ácido hidroxicarboxílico (tal como ácido p-hidroxibenzoico y ácido β-hidroxinaftoico) con epiclorhidrina; éster poliglicidilo obtenido a partir de un ácido policarboxílico, tal como ácido tereftálico; compuestos de glicidilamina obtenidos de 4,4'-diaminodifenilmetano y m-aminofenol; y novolaca epoxidizada y poliolefina epoxidizada.

El heterociclo que contiene nitrógeno sustituido con alquilo puede ser cualquier heterociclo que contiene nitrógeno en donde al menos un átomo de hidrógeno del heterociclo está reemplazado por un grupo alquilo.

Los heterociclos preferidos que contienen nitrógeno sustituidos con alquilo se seleccionan de heterociclos aromáticos que contienen nitrógeno sustituidos con alquilo, tales como imidazoles sustituidos con alquilo.

Los imidazoles adecuados sustituidos con alquilo se seleccionan de compuestos de la fórmula (II),



fórmula (II)

donde m es un número entero de 1 a 3 y cada R^b es arilo C_{6-12}; alquilo C_{1-20}, que contiene opcionalmente uno o más sustituyentes seleccionados de hidroxilo, tiol, carboxilo o amida; alquenilo C_{2-20}, que contiene opcionalmente uno o más sustituyentes seleccionados de hidroxilo, tiol, carboxilo o amida; con la condición de que al menos un R^a sea alquilo C_{1-20}, que contenga opcionalmente uno o más sustituyentes seleccionados de hidroxilo, tiol, carboxilo o amida. Más preferiblemente, R^b es un grupo alquilo C_{1-20} no sustituido, particularmente con preferencia un grupo alquilo C_{1-5} no sustituido, tal como metilo.

El número entero m indica el número de átomos de hidrógeno del heterociclo de imidazol que están reemplazados por grupos R^b. Por ejemplo, si n es 2, dos átomos de hidrógeno del heterociclo de imidazol se reemplazan por dos grupos R^b, en donde los dos R^b son iguales o diferentes.

En una realización particular preferida de la presente invención m es 1

Los imidazoles preferidos sustituidos con alquilo se seleccionan de 2-metilimidazol, 4-metilimidazol, 5-metilimidazol, 2,4-dimetilimidazol, 2,5-dimetilimidazol, 4,5-dimetilimidazol, 2,4,5-trimetilimidazol, 2-etilimidazol, 4-etilimidazol, 5-etilimidazol, 2,4-dietilimidazol, 2,5-dietilimidazol, 4,5-dietilimidazol, 2,4,5-trietilimidazol, 2-etil-4-metilimidazol, 2-heptadecilimidazol, 2-propilimidazol, 2-propil-4,5-dimetilimidazol, 2-octil-4-hexilimidazol, 2-undecilimidazol, 2-etil-4-fenilimidazol, 2-butil-5-metilimidazol, 1-(2-hidroxi-3-fenoxipropil)-2-metilimidazol, 1-(2-hidroxi-3-fenoxipropil)-2-etil-4-metilimidazol, 1-(2-hidroxi-3-butoxipropil)-2-metilimidazol, 1-(2-hidroxi-3-butoxipropil)-2-etil-4-metilimidazol, 1-cianoeteil-2-etil-4-metilimidazol, 2-fenil-4-metil-5-hidroximetilimidazol o 1-bencil-2-metilimidazol.

Los imidazoles sustituidos con alquilo particularmente preferidos se seleccionan de 2-metilimidazol, 4-metilimidazol, 5-metilimidazol, 2,4-dimetilimidazol, 2,5-dimetilimidazol, 4,5-dimetilimidazol o 2,4,5-trimetilimidazol.

Los compuestos que pueden reaccionar con el compuesto epoxi polifuncional y/o heterociclo que contiene nitrógeno sustituido con alquilo se seleccionan preferiblemente de fenoles polihídricos, tales como bisfenol A, bisfenol F,

bisfenol S, hidroquinona, catecol o resorcinol; alcoholes polihídricos, tales como trimetilolpropano; compuestos de amina tales como piperazina, anilina y ciclohexilamina; ácidos carboxílicos polibásicos, tales como ácido adípico, ácido ftálico y 3,9-bis(2-carboxietil)-2,4,8,10-tetroxaespiro[5,5]-undecano; politioles, tales como 1,2-dimercaptoetano y 2-mercaptoetiléter; hidracidas, tales como hidracida de ácido fenilacético; aminoácidos tales como alanina y valina; compuestos que tienen dos o más grupos funcionales diferentes en la molécula, tales como 2-mercaptoetanol, 1-mercapto-3-fenoxi-2-propanol, ácido mercaptoacético, N-metiletanolamina, dietanolamina, hidroxianilina, ácido N-metil-o-aminobenzoico, ácido antranílico y ácido láctico.

También se pueden utilizar anhídridos de ácido carboxílico, ácidos carboxílicos, resinas de novolaca fenólica, agua, sales metálicas y similares como reactivos adicionales en la preparación del aducto amina-epoxi o para modificar adicionalmente el aducto una vez que la amina y el epoxi han reaccionado.

Como se mencionó anteriormente, se prefiere que el aducto amina-epoxi utilizado en la presente invención sea un sólido que sea insoluble en el componente de resina epoxi a 22°C, pero que se vuelva soluble o se derrita al calentar y, por lo tanto, funcione como curativo (endurecedor) para curar el adhesivo. Para asegurar una alta estabilidad del adhesivo a 22°C y una buena compatibilidad con la resina epoxi a temperaturas más altas, se prefiere que el aducto amina-epoxi de la presente invención tenga una temperatura de transición vítrea (T_g) de aproximadamente 40°C a aproximadamente 160°C, más preferiblemente de aproximadamente 60°C a 140°C.

La temperatura de transición vítrea (T_g) del aducto amina-epoxi se determina mediante DSC (calorimetría de barrido diferencial). La temperatura de transición vítrea (T_g) se puede determinar colocando 10 mg del material en una taza de aluminio que se calienta primero hasta 140°C, luego se enfría hasta 25°C y luego se calienta nuevamente hasta 250°C frente a un control a una tasa típica de 10°C/min. La temperatura de transición vítrea (T_g) dará como resultado un cambio endotérmico del valor inicial. La temperatura de transición vítrea (T_g) indica la activación térmica del aducto amina-epoxi.

El aducto amina-epoxi de la presente invención se puede obtener mezclando los componentes (i) y (ii), o los componentes (i), (ii) y (iii) a 22°C, reaccionando de 80°C hasta 150°C, enfriando, solidificando y triturando. También se puede preparar mediante la reacción en uno o más disolventes, tales como tetrahidrofurano, dioxano y/o metil-etil-cetona, eliminando el disolvente o los disolventes y triturando el sólido. Se prefiere que los componentes (i) y (ii) reaccionen en una proporción de 0,8 a 2,5 equivalentes, preferiblemente 0,9 a 1,5 equivalentes de grupos oxirano en el componente (i) por 1 equivalente de grupos NH del heterociclo que contiene nitrógeno en el componente (ii).

Los métodos para preparar el aducto amina-epoxi de la presente invención también se conocen en la técnica y se describen, por ejemplo, en la patente de Estados Unidos n.º 4.066.625 y la solicitud de patente EP n. º 0 569 044 A1.

El aducto de amina-epoxi de la presente invención puede usarse en combinación con otro agente de curado conocido, tal como anhídridos de ácido, diciandiamida, hidracidas de ácido dibásico y melaminas. Sin embargo, se prefiere que no se utilicen otros agentes de curado en combinación con el aducto de amina-epoxi de la presente invención, ya que al usar el aducto mencionado anteriormente como único agente de curado, se puede lograr particularmente una buena estabilidad y resistividad volumétrica baja.

El adhesivo de la presente invención comprende uno o más aductos de amina-epoxi según la presente invención en una cantidad de hasta el 6 % en peso, basado en la cantidad total de adhesivo. En otra realización, el adhesivo de la presente invención comprende además uno o más aditivos, tales como plastificantes, aceites, estabilizadores, antioxidantes, agentes anticorrosión, agentes quelantes, pigmentos, colorantes, aditivos poliméricos, antiespumantes, conservantes, espesantes, modificadores de reología, humectantes, promotores de adherencia, agentes dispersantes, disolventes orgánicos y agua. Para algunas aplicaciones, puede ser deseable que el adhesivo de la presente invención no comprenda un aditivo seleccionado del grupo que consiste en ZnO, Sb_2S_3 y V_2O_3. Cuando se usan, los aditivos se usan en una cantidad suficiente para proporcionar las propiedades deseadas. Uno o más aditivos pueden estar presentes en el adhesivo de la invención en una cantidad en el intervalo de aproximadamente 0,05 a aproximadamente 20 % en peso, preferiblemente en una cantidad en el intervalo de aproximadamente 1 % en peso a aproximadamente 10 % en peso, y más preferiblemente en una cantidad en el intervalo de aproximadamente 2 % en peso a aproximadamente 5 % en peso, cada uno basado en la cantidad total del adhesivo de la invención, siempre que se cumplan los requisitos de la reivindicación 1. Por supuesto, las combinaciones de diferentes aditivos también son deseables para su uso en la presente invención.

El adhesivo de la presente invención, que es un adhesivo conductor de electricidad, puede ser utilizado como tecnología de sustitución de soldadura sin plomo, tecnología de interconexión general, adhesivo de fijación a troqueles, etc. Los dispositivos electrónicos, circuitos integrados, dispositivos semiconductores, celdas solares y/o módulos solares y otros dispositivos que emplean el presente adhesivo pueden usarse en una amplia variedad de aplicaciones en todo el mundo, incluida la producción de energía, computadoras personales, sistemas de control, redes telefónicas, electrónica automotriz, pantallas, paquetes de semiconductores, dispositivos pasivos y dispositivos portátiles.

Cuando se cura, el producto curado de adhesivo de la presente invención forma una interconexión conductora eléctrica estable entre dos superficies, en donde dicha interconexión proporciona una buena resistencia a la fatiga termomecánica o mecánica y una alta conductividad eléctrica y baja resistencia de contacto.

Otro aspecto de la presente invención es el producto curado del adhesivo de la presente invención. Dicho adhesivo se puede curar con preferencia en aproximadamente 0,1 s a 180 minutos a una temperatura dentro del intervalo de aproximadamente 50°C a aproximadamente 250°C, preferiblemente dentro del intervalo de aproximadamente 70°C a aproximadamente 220°C, y más preferiblemente dentro del intervalo de aproximadamente 90°C a aproximadamente 200°C.

En una realización preferida, el adhesivo de la invención se cura entre 120°C y 180°C en menos de 180 minutos, preferiblemente menos de 60 minutos y más preferiblemente menos de 15 minutos. El curado del adhesivo de la invención se puede realizar calentando la formulación, por ejemplo, mediante el uso de lámparas de IR o técnicas de calentamiento convencionales.

Otro aspecto de la presente invención es un montaje unido que comprende dos sustratos alineados en una relación espaciada, cada uno de los cuales tiene una superficie orientada hacia adentro y una superficie orientada hacia afuera, en donde entre las superficies orientadas hacia adentro de cada uno de los dos sustratos se forma un enlace conductor de electricidad mediante el producto curado del adhesivo de la presente invención.

Esta invención se ilustra adicionalmente mediante los siguientes ejemplos representativos.

Ejemplos

Resina epoxi: Resina de bisfenol-F-epiclorhidrina;
Diluyente de resina epoxi 1: Ácido neodecanoico, éster 2,3-epoxipropílico;
Diluyente de resina epoxi 2: Éter de triglicidilo de trimetilolpropano;
Promotor de adhesión: 3-glicidoxipropiltrimetoxisilano;
Agente de dispersión: Solución de copolímeros de Byk Chemie;
Disolvente: Acetato de butoxietoxietilo;
Cobre revestido de plata 1: CG-SAB-121 de Dowa Holdings Co., Ltd. (contenido de plata de aproximadamente 11 % en peso);
Cobre revestido de plata 2: FAC-610 de Ames Goldsmith Corp. (contenido de plata de aproximadamente 10 % en peso)
Cobre revestido de plata 3: CG-SAB-234 de Dowa Holdings Co., Ltd. (contenido de plata de aproximadamente 11 % en peso);
Cobre revestido de plata 4: CG-SAB-235 de Dowa Holdings Co., Ltd. (contenido de plata de aproximadamente 1 % en peso);
Cobre revestido de plata 5: NZS de Ames Goldsmith Corp (contenido de plata de aproximadamente 1 % en peso);
IBAEA: Aducto de amina-epoxi, que comprende uno o más grupos funcionales, cada uno derivado de imidazol sustituido con metilo; Ancamine 2014: Aducto amina epoxi alifático no cíclico de Air Products;
Ancamine 2337: Aducto amina epoxi alifático no cíclico de Air Products;
Ajicure MY24: Aducto amina epoxi alifático no cíclico de Ajinomoto Inc.;
DICY: Diciandiamida de AlzChem Trostberg GmbH;
HXA 3932: Imidazol encapsulado de Asahi Kasei.

Los adhesivos de la presente invención y las formulaciones comparativas se prepararon simplemente mezclando los componentes mencionados anteriormente. Las cantidades de cada componente de las formulaciones de la invención y comparativa se proporcionan en las Tablas 1 y 3 en partes en peso.

Tabla 1: Formulaciones que comprenden diferentes endurecedores latentes

	1)	2[a]	3[a]	4[a]	5[a]
Resina epoxi	17,170	17,170	17,170	17,170	17,170
Diluyente de resina epoxi 1	1,012	1,012	1,012	1,012	1,012
Diluyente de resina epoxi 2	2,148	2,148	2,148	2,148	2,148
Promotor de adhesión	0,332	0,332	0,332	0,332	0,332
Agente de dispersión	0,645	0,645	0,645	0,645	0,645
Solvente	1,012	1,012	1,012	1,012	1,012
Cobre revestido de plata 1 (11 % en peso Ag)	73,293	73,293	73,293	73,293	73,293

(continuación)

IBAEA	4,388	-	-	-	-
Ancamine 2014	-	-	0,607	4,388	-
Ancamine 2337	-	-	0,607	-	-
Ajicure MY24	-	4,388	-	-	-
DICY	-	-	2,412	-	-
HXA 3932	-	-	-	-	4,388
[a] Ejemplo comparativo					

Ninguno de los ejemplos de la tabla 1 son según la invención.

La formulación adhesiva y los productos curados de las formulaciones adhesivas se caracterizaron utilizando los siguientes métodos analíticos:

Viscosidad

La viscosidad se midió a 25°C usando un reómetro AR 1000 de TA instruments. Para la medición se utilizó una geometría de placa de 2 cm y un espacio de 200 micrones. La velocidad de cizallamiento aplicada fue de 15 s^{-1}. La viscosidad inicial se determinó directamente después de la preparación de las formulaciones mezclando los componentes. Para determinar la estabilidad al almacenamiento de las formulaciones, se determinó repetidamente la viscosidad después de que las formulaciones se almacenaran a 40°C a una humedad relativa del 85 % durante el período de tiempo determinado.

Resistividad volumétrica

La resistividad volumétrica se determinó de la siguiente manera: se extrajeron alícuotas de las formulaciones preparadas sobre la superficie de portaobjetos de vidrio proporcionando tiras con dimensiones de tira de 5 cm de longitud, 5 mm de ancho y aproximadamente 50 micrómetros de espesor. Las muestras se curaron colocándolas en una placa caliente previamente calentada (180°C) durante 1 minuto.

Después de curar, las tiras tenían aproximadamente 0,005 a 0,03 cm de espesor. La resistencia se determinó midiendo la caída de voltaje (V) a lo largo de una tira de 5 cm mientras pasa corriente (I) a través de la tira, (R=V/I). Se prepararon tres tiras separadas y se midieron la resistencia y las dimensiones. La resistividad volumétrica (Rv) se calculó para cada tira usando la fórmula Rv=(R(w)(t)/L) donde R es la resistencia eléctrica de la muestra en ohm medida usando un ohmímetro o dispositivo de medición de resistencia equivalente, w y t son el ancho y el espesor de la muestra, en centímetros, y L es la distancia en centímetros entre los conductores eléctricos del dispositivo de medición de resistencia. Las unidades de resistividad volumétrica se expresan en Ohm cm.

Tabla 2: Resistividad volumétrica y viscosidad de las formulaciones de la Tabla 1

	1	2[a]	3[a]	4[a]	5[a]
Resistividad volumétrica [Ohm·cm]	3,12E-03	No curado completamente/ Sin conductividad	4,99E+03	5,01 E+01	No curado completamente/ Sin conductividad
Viscosidad [Pa s]					
Inicial	11,31	54,94	9,73	8,91	4,74
1 semana	12,31	71,59	7,12	11,55	4,63
2 semanas	12,15	77,22	7,15	12,77	5,04
3 semanas	13,19	98,82	7,00	12,36	4,50
4 semanas	12,01	96,15	7,65	13,37	5,17
5 semanas	13,56	97,45	7,08	14,06	4,76
6 semanas	13,38	174,1	6,99	12,75	5,09
[a] Ejemplo comparativo					

Tabla 3: Formulaciones, que comprenden diferentes partículas de cobre

	6)	7)	8)	9[a]	10[a]	11[a]	12	13	14[a]	15[a]
Resina epoxi	22,502	16,073	9,644	22,502	16,073	9,644	28,931	22,502	28,931	22,502
Diluyente de resina epoxi 1	1,326	0,947	0,568	1,326	0,947	0,568	1,705	1,326	1,705	1,326
Diluyente de resina epoxi 2	2,818	2,011	1,206	2,818	2,011	1,206	3,619	2,818	3,619	2,818
Promotor de adhesión	0,435	0,311	0,186	0,435	0,311	0,186	0,559	0,435	0,559	0,435
Agente de dispersión	0,845	0,604	0,362	0,845	0,604	0,362	1,087	0,845	1,087	0,845
Solvente	1,326	0,947	0,568	1,326	0,947	0,568	1,705	1,326	1,705	1,326
IBAEA	5,751	4,108	2,465	5,751	4,108	2,465	7,394	5,751	7,394	5,751
Cobre revestido de plata 2 (10 % en peso Ag)	-	-	-	-	-	-	55,00	65,00	-	-
Cobre revestido de plata 3 (11 % en peso Ag)	65,00	75,00	85,00	-	-	-	-	-	-	-
Cobre revestido de plata 4 (1 % en peso Ag)	-	-	-	65,00	75,00	85,00	-	-	-	-
Cobre revestido de plata 5 (1 % en peso Ag)	5 -	-	-	-	-	-	-	-	55,00	65,00
Resistividad volumétrica [Ohm·cm]	3,8E+03	1,2E-02	4,3E-03	n.d.[b]	4,1 E-02	2,6E-02	4,4E-03	1,5E-03	D n.d.	n.d.[b]
Viscosidad inicial [Pa s]	4,42	17,96	42,10	4,65	22,65	115,30	5,90	29,73	55,59	n.d.[c]

[a] Ejemplo comparativo
[b] no determinado (resistividad volumétrica demasiado alta para su determinación)
[c] no determinado (viscosidad inicial demasiado alta para su determinación)

Ninguno de los ejemplos de la tabla 1 son según la invención.

La comparación de los ejemplos 1 con 2 a 5 (Tablas 1 y 2) demuestra claramente que el uso de aductos amina-epoxi, que comprenden uno o más grupos funcionales, cada uno derivado de un heterociclo que contiene nitrógeno sustituido con alquilo como agentes de curado latente, resulta ventajoso. Al combinar estos compuestos con partículas de cobre revestidas de plata que tienen un contenido de plata del 2 al 30 % en peso, se obtuvieron formulaciones adhesivas que presentaron una resistividad volumétrica baja y una buena estabilidad al almacenamiento. En todos los demás ejemplos comparativos, la resistividad volumétrica era demasiado alta y/o la estabilidad al almacenamiento era insuficiente.

En la Tabla 3 se muestra la importancia del contenido de plata de las partículas de cobre revestidas de plata. Mientras que la resistividad volumétrica y la viscosidad inicial de las formulaciones 6 a 8 y 12 a 13, todas comprenden partículas de cobre revestidas de plata con un contenido de plata del 10 % en peso o del 11 % en peso, estaban en un intervalo aceptable, la resistividad volumétrica y la viscosidad inicial de las formulaciones comparativas 9 a 11 y 14 a 15 fue significativamente mayor.

REIVINDICACIONES

1. Un adhesivo, que comprende:

a) del 6 al 15 % en peso basado en la cantidad total de adhesivo de una o más resinas epoxi;
b) del 72 al 82 % en peso basado en la cantidad total de adhesivo de partículas revestidas de plata que tienen un contenido de plata del 8 al 12l% en peso, basado en la cantidad total de partículas revestidas de plata; y
c) del 4 al 6 % en peso basado en la cantidad total de adhesivo de uno o más aductos amina-epoxi, que comprenden uno o más grupos funcionales, cada uno derivado de un heterociclo que contiene nitrógeno sustituido con alquilo.

2. El adhesivo según la reivindicación 1, en donde las partículas revestidas de plata se seleccionan de partículas metálicas revestidas de plata y en donde el metal de las partículas metálicas revestidas de plata se selecciona de cobre, platino, paladio, oro, estaño, indio, aluminio o bismuto, o cualquier combinación de los mismos, y en donde las partículas revestidas de plata se seleccionan preferiblemente de partículas de cobre revestidas de plata.

3. El adhesivo según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 2, en donde las partículas revestidas de plata tienen un tamaño de partícula promedio de 0,5 μm a 20 μm, en donde el valor del tamaño de partícula promedio se mide mediante difractometría láser.

4. El adhesivo según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en donde el adhesivo comprende además d) partículas conductoras de electricidad, que son diferentes del componente b) y en donde las partículas conductoras de electricidad se seleccionan de partículas metálicas no revestidas de plata que consisten esencialmente en plata.

5. El adhesivo según la reivindicación 4, en donde el adhesivo comprende las partículas conductoras de electricidad en una cantidad del 0,1 al 30 % en peso, basado en la cantidad total de adhesivo.

6. El adhesivo según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en donde el aducto amina-epoxi se obtiene por reacción de i) uno o más compuestos epoxi polifuncionales y ii) uno o más heterociclos que contienen nitrógeno sustituidos con alquilo, opcionalmente en presencia de iii) uno o más compuestos que pueden reaccionar con el compuesto epoxi polifuncional y/o heterociclo que contiene nitrógeno sustituido con alquilo, y en donde el compuesto epoxi polifuncional es un éter de poliglicidilo de un fenol polihídrico, y en donde el heterociclo que contiene nitrógeno sustituido con alquilo se selecciona de imidazoles sustituidos con alquilo.

7. El adhesivo según la reivindicación 6, en donde el heterociclo que contiene nitrógeno sustituido con alquilo se selecciona de imidazoles sustituidos con metilo.

8. El adhesivo según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, en donde el aducto amina-epoxi tiene un peso molecular promedio en peso (M_w) en el intervalo de 800 g/mol a 1500 g/mol, en donde el M_w se determina mediante cromatografía de permeación en gel como se divulga en la presente, y en donde el aducto amina-epoxi tiene una temperatura de transición vítrea (T_g) de 40°C a 160°C, en donde la T_g se determina mediante calorimetría de barrido diferencial como se divulga en la presente.

9. Un producto curado del adhesivo según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8.

10. Un montaje unido que comprende dos sustratos alineados en una relación espaciada, cada uno de los cuales tiene una superficie orientada hacia adentro y una superficie orientada hacia afuera, en donde entre las superficies orientadas hacia adentro de cada uno de los dos sustratos se forma un enlace conductor de electricidad mediante el producto curado de la reivindicación 9.

11. Un dispositivo electrónico, circuito integrado, dispositivo semiconductor, componente pasivo, celda solar, módulo solar o diodo emisor de luz, que comprende el adhesivo según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8 o el producto curado según la reivindicación 9.

12. Uso del adhesivo de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11 en la fabricación y/o montaje de dispositivos electrónicos, circuitos integrados, dispositivos semiconductores, componentes pasivos, celdas solares, módulos solares y/o diodos emisores de luz.