(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
28. August 2003 (28.08.2003)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 03/071596 A2

(51) Internationale Patentklassifikation[7]: H01L 21/60, 21/58, 23/373

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE03/00458

(22) Internationales Anmeldedatum:
14. Februar 2003 (14.02.2003)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
102 06 818.6 18. Februar 2002 (18.02.2002) DE

(71) Anmelder *(für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US)*: **INFINEON TECHNOLOGIES AG** [DE/DE]; St.-Martin-Str. 53, 81669 München (DE).

(72) Erfinder; und
(75) Erfinder/Anmelder *(nur für US)*: **BERGMANN, Robert** [DE/DE]; Kirchweg 5, 93055 Regensburg (DE). **MAHLER, Joachim** [DE/DE]; Hadamarstr. 26 a, 93051 Regensburg (DE).

(74) Anwalt: **SCHWEIGER, Martin**; Karl-Theodor-Str. 69, 80803 München (DE).

(81) Bestimmungsstaaten *(national)*: BR, IN, JP, KR, UA, US.

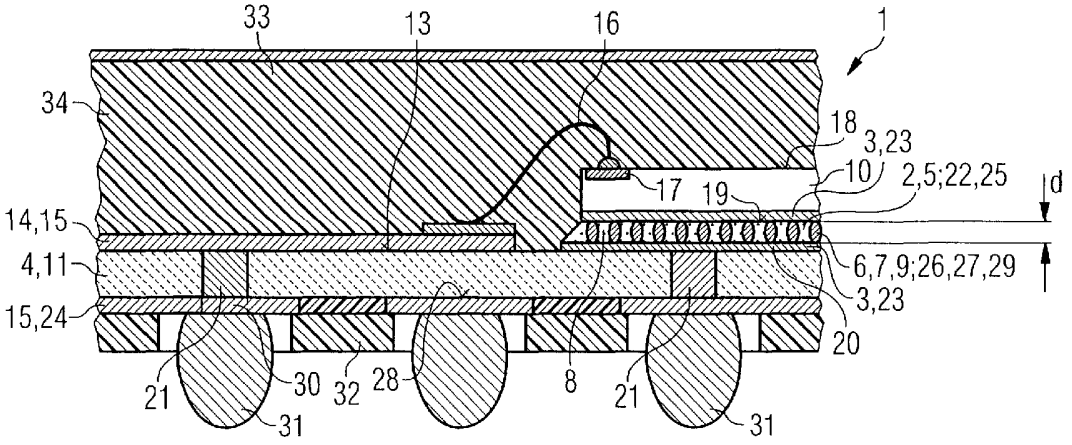
(84) Bestimmungsstaaten *(regional)*: europäisches Patent (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, SI, SK, TR).

Veröffentlicht:
— *ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts*

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

(54) **Title:** ELECTRONIC COMPONENT WITH AN ADHESIVE LAYER AND METHOD FOR THE PRODUCTION THEREOF

(54) **Bezeichnung:** ELEKTRONISCHES BAUTEIL MIT KLEBSTOFFSCHICHT UND VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG DESSELBEN



(57) **Abstract:** The invention relates to an electronic component comprising an adhesive layer (2) between metallic surfaces (3) of parts (4) of the component (1), the metallic surfaces (3) facing each other. The glue (5) of the adhesive layer (2) consists of agglomerates (6, 26) of nanoparticles (7, 27) forming paths (9, 29) surrounded by an adhesive ground mass in the adhesive ground mass (8). The invention also relates to a method for producing the inventive component (1).

(57) **Zusammenfassung:** Die vorliegende Erfindung betrifft ein elektronisches Bauteil mit einer Klebstoffschicht (2) zwischen metallischen Flächen (3) von Komponenten (4) des Bauteils (1). Die metallischen Flächen (3) sind einander gegenüberliegend angeordnet. Der Klebstoff (5) der Klebstoffschicht (2) weist Agglomerate (6, 26) von Nanopartikeln (7, 27) auf, die von einer Klebstoffgrundmasse umgebene Pfade (9, 29) in der Klebstoffgrundmasse (8) bilden. Ferner betrifft die Erfindung ein Verfahren zur Herstellung des Bauteils (1).

WO 03/071596 A2

Beschreibung

Elektronisches Bauteil mit Klebstoffschicht und Verfahren zur Herstellung desselben.

Die Erfindung betrifft ein elektronisches Bauteil mit Klebstoffschicht und Verfahren zu deren Herstellung gemäß der Gattung der unabhängigen Ansprüche.

Klebstoffschichten in elektronischen Bauteilen werden für die verschiedensten Aufgaben eingesetzt. Es sind elektronische Bauteile bekannt, bei denen gleichartige Materialien, wie Halbleiterchip, über eine Klebstoffschicht mechanisch verbunden und gestapelt werden oder metallische Flächen mit entsprechenden metallischen Flachleitern versehen werden oder indem einzelne Keramiklagen zu einem mehrfachlagigen Keramiksubstrat verklebt werden. Außerdem sind elektronische Bauteile bekannt, bei denen ungleiche Materialien über eine Klebstoffschicht miteinander verbunden werden, beispielsweise ein Halbleiterchip mit einer metallischen Chipinsel, oder ein Halbleiterchip mit einem Keramiksubstrat oder ein metallischer Flachleiter mit einem Keramiksubstrat.

Durch Zumischen von Füllstoffen in die Klebstoffschicht können die thermischen und elektrischen Eigenschaften der Klebstoffschicht variiert werden. Demgemäß betrifft ein erster Aspekt der vorliegenden Erfindung elektronische Bauteile mit elektrisch leitenden Klebstoffschichten und ein weiterer Aspekt der Erfindung betrifft elektronische Bauteile mit elektrisch isolierenden Klebstoffschichten. Ein Nachteil herkömmlicher Klebstoffschichten ist es, dass sie trotz partikelförmiger Füllstoffe völlig isotrope Eigenschaften in bezug auf die elektrische Leitfähigkeit und/oder die thermische

Leitfähigkeit aufweisen. Durch die isotrope elektrische Leitfähigkeit in einer elektrisch leitenden Klebstoffschicht werden nicht nur gegenüberliegende metallische Flächen miteinander elektrisch verbunden und kurzgeschlossen, sondern auch nebeneinander angeordnete elektrisch leitende Flächen kurzgeschlossen. Der gleiche Nachteil ergibt sich bei isotrop thermisch leitenden Klebstoffschichten, bei denen nicht gezielt die thermische Energie in einer Richtung abgeführt werden kann, sondern gleichmäßig in alle Richtungen weitergeleitet wird.

Ein weiterer Nachteil von gefüllten Klebstoffschichten ist ihre Mindestdicke. Während die Klebstoffgrundmasse einer Klebstoffschicht je nach Viskositätsgrad beliebig dünn vorgesehen werden kann, ist bei gefüllten Klebstoffschichten, die entweder die thermischen Eigenschaften oder die elektrischen Eigenschaften der Klebstoffgrundmasse verbessern sollen, eine Dicke von 5 und mehr Mikrometern erforderlich, um den Füllstoff in ausreichender Dicke und Konzentration in der Klebstoffgrundmasse unterzubringen.

Ein weiterer Nachteil derart dicker gefüllter Klebstoffschichten ist, dass sich im Randbereich ein Meniskus ausbildet, der entsprechend den Benetzungseigenschaften und der Klebstoffdicke einen vergrößerten Flächenbedarf aufweist.

Aufgabe der Erfindung ist es, ein elektronisches Bauteil mit Klebstoffschicht und ein Verfahren zur Herstellung desselben anzugeben, wobei die obigen Nachteile überwunden werden und eine Verminderung des Raumbedarfs möglich wird sowie die Zuverlässigkeit der Klebstoffschicht verbessert wird.

Diese Aufgabe wird mit dem Gegenstand der unabhängigen Ansprüche gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung ergeben sich aus den Merkmalen der abhängigen Ansprüche.

Erfindungsgemäß weist das elektronische Bauteil bei einem ersten Aspekt der Erfindung eine elektrisch leitende Klebstoffschicht zwischen metallischen Flächen von Komponenten des Bauteils auf. Die metallischen Flächen sind dabei einander gegenüberliegend angeordnet. Der Klebstoff der elektrisch leitenden Klebstoffschicht weist Agglomerate von elektrisch leitenden Nanopartikeln auf. Diese Agglomerate sind von einer Klebstoffgrundmasse umgeben und bilden elektrisch leitende Pfade in der Klebstoffgrundmasse aus. Dabei sind die einander gegenüberliegenden Flächen elektrisch über eine Vielzahl statistisch in der Kunststoffschicht verteilter Agglomerate elektrisch leitender Nanopartikel punktuell miteinander verbunden.

Die Bildung von Agglomeraten elektrisch leitender Nanopartikel wird durch das günstige Verhältnis zwischen Oberfläche der Nanopartikel zu dem Volumen der Nanopartikel begünstigt. Dieser Eigenschaft kommt entgegen, dass durch die minimalen Abmessungen der Partikel im Nanobereich ihre Beweglichkeit in der Klebstoffgrundmasse verbessert ist. Außerdem wird ihre Affinität zueinander aufgrund des größeren Verhältnisses zwischen Oberfläche zu Volumen für Nanopartikel gegenüber Mikropartikeln stark erhöht. Andererseits haben diese Agglomerate von Nanopartikeln in der Klebstoffgrundmasse den Vorteil, dass sie sich dem Abstand zwischen zwei gegenüberliegenden Flächen anpassen können. Ferner besteht ein Vorteil einer derartigen Klebstoffschicht mit Agglomeraten aus elektrisch leitenden Nanopartikeln in der Anisotropie der elektrischen Leitfähigkeit in Klebstoffschichten.

Da jedes Agglomerat von einer isolierenden Klebstoffgrundmasse umgeben ist, ergeben sich an den Positionen der Agglomerate isolierte elektrisch leitende Pfade, die punktuell die einander gegenüberliegenden elektrisch leitenden Flächen miteinander verbinden. Elektrisch leitende Flächen, die nebeneinander angeordnet sind, werden jedoch aufgrund der Anisotropie der Klebstoffschicht nicht miteinander kurzgeschlossen. Somit kann die Klebstoffschicht kurzschlußfrei mehrere nebeneinander angeordnete metallische Flächen von mikroskopisch kleinen Abmessungen mit gegenüberliegend angeordneten metallischen Flächen entsprechender Abmessungen erfolgreich verbinden. In diesem Zusammenhang wird unter mikroskopisch klein eine Abmessung verstanden, die nur unter einem Lichtmikroskop erkennbar und meßbar ist.

Die elektrisch leitenden Nanopartikel weisen Gold, Silber, Kupfer, Nickel oder Legierungen derselben auf. Diese Nanopartikel aus den entsprechenden Edelmetallen, beziehungsweise auch aus Kupfer und seinen Legierungen, haben den Vorteil, dass ihre Adsorption besonders ausgeprägt ist und sie deshalb in der Größenordnung von Nanopartikeln dazu neigen, Agglomerate in einer Klebstoffgrundmasse zu bilden. Ferner weisen die Metalle Gold, Silber und Kupfer eine hohe elektrische Leitfähigkeit auf.

Die Klebstoffschicht kann aufgrund der elektrisch leitenden Nanopartikel eine Dicke unter einem Mikrometer aufweisen. Mit einer derartig dünnen Klebstoffschicht wird nicht nur der Raumbedarf verbessert, sondern auch der Flächenbedarf minimiert, weil sich ein entsprechend kleiner Meniskus ausbilden kann. Gleichzeitig wird die elektrische Leitfähigkeit der Klebstoffschicht um einen Faktor von über fünf gegenüber

Klebstoffschichten mit elektrisch leitenden Mikropartikeln verbessert.

Komponenten mit unterschiedlichem Ausdehnungskoeffizienten können sich bis zu einem Faktor drei in ihrem Ausdehnungskoeffizienten voneinander unterscheiden, ohne dass die Gefahr einer Beschädigung bei thermischer Wechselbelastung des elektronischen Bauteils besteht, solange die Dicke der Klebstoffschicht ein Mehrfaches des mittleren Durchmessers der elektrisch leitenden Nanopartikel ausmacht.

Der Nanopartikelanteil kann zwischen 30 und 95 Gew.% liegen. Dieser Nanopartikelanteil entspricht einem Füllgrad zwischen ungefähr 4 und 70 Vol.%. Das bedeutet, dass mindestens 30% des Volumens der Klebstoffschicht aus der isolierenden Klebstoffgrundmasse besteht, womit gewährleistet ist, dass die Agglomerate aus elektrisch leitenden metallischen Nanopartikeln vollständig von der isolierenden Klebstoffgrundmasse umgeben sind. Im Falle von Klebstoffschichten in elektronischen Bauteilen bildet sich eine anisotrop elektrisch leitende Struktur aus, die in der Ebene der Klebstoffschicht isolierend wirkt und orthogonal zur Klebstoffschicht, das heißt in der Dicke der Klebstoffschicht elektrisch leitend wirkt.

Ein weiterer Vorteil der elektrisch leitenden Klebstoffschicht mit elektrisch leitenden Nanopartikeln besteht darin, dass die Agglomerate aus Nanopartikeln in der Klebstoffgrundmasse verformbar sind. Aufgrund dieser Verformbarkeit können sich die leitenden Pfade in ihrer Länge der jeweiligen Dicke der Klebstoffschicht anpassen, so dass Abstandsunterschiede der gegenüberliegenden elektrisch leitenden Flächen ausgeglichen werden können. Insbesondere bei Halbleiterchips ist die Oberfläche der Halbleiterchips mit ihren elektrisch leitenden

Kontaktflächen in ihrer Höhe beziehungsweise ihrer Tiefe stark gestaffelt, so dass diese Eigenschaft der Verformbarkeit der elektrisch leitenden Agglomerate aus Nanopartikeln besonders geeignet sind, um in einem elektrischen Bauteil mit gestapelten Halbleiterchips Kontaktflächen auf den aktiven Oberseiten der Halbleiterchips miteinander zu verbinden.

Die Nanopartikel können einen mittleren Durchmesser zwischen 10 und 200 Nanometer aufweisen. Dabei ist ein mittlerer Durchmesser von 10 bis 50 Nanometern besonders für extrem dünne Klebstoffschichten weit unterhalb eines Mikrometers geeignet, während der obere Bereich von 100 bis 200 Nanometern für Klebstoffschichtdicken von etwa 1 Mikrometer vorgesehen sind. Durch die Verwendung von elektrisch leitenden Nanopartikeln mit einem mittleren Durchmesser in diesen Bereichen zwischen 10 und 200 Nanometern kann somit die elektrisch leitende Klebstoffschicht sehr genau an den möglichen Abstand der gegenüberliegenden und elektrisch zu verbindenden Flächen angepaßt werden.

Der mittlere Durchmesser der Agglomerate elektrisch leitender Nanopartikel in dem Klebstoff kann die Dicke der Klebstoffschicht erreichen. Damit wird gewährleistet, dass in jedem Bereich der Klebstoffschicht eine sichere Verbindung über entsprechende Leitungspfade, die aus verformten Agglomeraten elektrisch leitender Nanopartikel in der Klebstoffschicht gebildet werden.

Als Ausgangsstoff kann der Klebstoff einen mit elektrisch leitenden Nanopartikeln angereicherten, in N-methyl-Pyrrolidon gelösten Polyamidessigsäureester aufweisen. Dieser Ausgangsstoff hat den Vorteil, dass die Viskosität des in N-methyl-Pyrrolidon gelösten Polyamidessigsäureesters durch den

Anteil des N-methyl-Pyrrolidon variabel und an die Größe der Nanopartikel anpaßbar ist.

Der Klebstoff weist zusätzlich zu den Nanopartikeln Katalysatormaterialien und Haftvermittler in einer Klebstoffgrundmasse aus Polyamid auf. Dabei ist Polyamid nicht alleine klebend, so dass insbesondere der Zusatz eines Haftvermittlers die Klebewirkung der Polyamidgrundmasse ausmacht. Katalysatormaterialien sollen in dieser Klebstoffgrundmasse die Vernetzung des Polyamids beschleunigen helfen. Somit ergibt sich durch die Zusätze von Katalysatormaterialien und Haftvermittler in Verbindung mit den elektrisch leitenden Nanopartikeln ein Klebstoff, der eine verbesserte Haftung und eine höhere Vernetzungsrate bei verminderter Vernetzungstemperatur aufweist.

Von den gegenüberliegenden metallischen Flächen kann mindestens eine auf einem Halbleiterchip angeordnet sein. Dadurch wird es möglich, mit diesem Klebstoff Halbleiterchip und deren metallische Flächen mit metallischen Flächen, beispielsweise von Keramiksubstraten, oder unmittelbar mit metallischen Chipinseln eines Flachleiterrahmens zu verbinden.

Weiterhin kann mindestens eine der gegenüberliegenden metallischen Fläche, zwischen denen eine elektrisch leitende Klebstoffschicht anzuordnen ist, auf einem Keramiksubstrat angeordnet sein. Elektronische Bauteile, bei denen mindestens eine der metallischen Flächen ein Keramiksubstrat aufweist, haben gegenüber elektronischen Bauteilen, bei denen beispielsweise metallische Flächen auf einem glasfaserverstärkten Leiterplattenmaterial angeordnet sind, den Vorteil, dass der thermische Ausdehnungskoeffizient eines Keramiksubstrats wesentlich näher an dem Ausdehnungskoeffizienten eines Halblei-

terchips liegt. Somit kann die Klebstoffschicht mit einer Dicke geringer als einem Mikrometer ausgeführt werden, ohne dass es zu einer Delamination aufgrund von Thermospannungen kommt.

Die geringste Dicke einer Klebstoffschicht kann eingesetzt werden, wenn die beiden aufeinander zu klebenden und elektrisch zu verbindenden Komponenten eines elektronischen Bauteils aus identischen Materialien bestehen, da die Klebstoffschicht keinerlei Puffer für das thermische Ausdehnungsverhalten der Materialien bilden muß. Eine Klebstoffschicht aus Agglomeraten elektrisch leitender Nanopartikel ist somit besonders geeignet, für Stapel aus Halbleiterchips eingesetzt zu werden. Ebenso kann eine derartige Klebstoffschicht für Stapel aus Keramiklagen zur Darstellung eines mehrlagigen Keramiksubstrats verwendet werden. Somit sind äußerst kompakte raumsparende elektronische Bauteile durch Stapelung gleichartiger Materialien und unter Verbindung durch einen Klebstoff mit Agglomeraten aus elektrisch leitenden Nanopartikeln realisierbar.

Ein Verfahren zur Herstellung eines elektronischen Bauteils mit einer elektrisch leitenden Klebstoffschicht zwischen einander gegenüberliegenden metallischen Flächen von Komponenten des Bauteils weist folgende Verfahrensschritte auf. Zunächst wird eine Ausgangslösung hergestellt, indem ein Polyamidessigsäureester in N-methyl-Pyrrolidon gelöst wird. Anschließend wird diese Ausgangslösung mit Katalysatormaterialien und Haftvermittlern zu einer Klebstofflösung versetzt. Diese Klebstofflösung wird mit elektrisch leitenden Nanopartikeln zu einem elektrisch leitenden Klebstoff gemischt. Anschließend kann der Klebstoff auf mindestens eine der Oberseiten der zu verklebenden Komponenten des elektronischen Bauteils

aufgetragen werden und danach werden die Komponenten zusammengefügt.

Unter Erwärmung vernetzt schließlich der Klebstoff und verbindet mechanisch die Komponenten und soweit die Komponenten gegenüberliegende metallische Flächen aufweisen, werden diese durch die in dem Klebstoff sich ausbildenden Agglomerate aus elektrisch leitenden Nanopartikel miteinander verbunden. Dieses Verfahren hat den Vorteil, dass eine Klebstoffschicht herstellbar wird, die anisotrope Eigenschaften in bezug auf die elektrische Leitfähigkeit aufweist. Bereits beim Mischen der Klebstofflösung mit elektrisch leitenden Nanopartikeln entsteht aufgrund des hohen Oberflächenanteils der elektrisch leitenden Nanopartikel gegenüber deren Volumen eine hohe Affinität zwischen den elektrisch leitenden Nanopartikeln, die sich zu Agglomeraten zusammenfügen, wobei die Agglomerate von der isolierenden Klebstofflösung allseitig umgeben sind.

Beim Auftragen des Klebstoffs auf mindestens eine der Oberseiten der zu verklebenden Komponenten in einer Dicke, die geringer ist als der mittlere Durchmesser der Agglomerate, wird eine Klebstoffschicht vorbereitet, die einander gegenüberliegende metallische Flächen elektrisch verbindet, während nebeneinander liegende metallische Flächen der Einzelkomponente voneinander isoliert bleiben.

Eine Temperatur zum Vernetzen des Klebstoffs liegt über 100°C, so dass die Komponenten auf eine derartige Temperatur erwärmt werden, um die Vernetzung des Klebstoffs zu einem festen Verbund zu erreichen. Durch die in der Klebstofflösung enthaltenen Katalysatormaterialien kann die Vernetzungsdauer und die Vernetzungstemperatur vermindert werden.

Vor einem Zusammenfügen werden die Komponenten, die elektrisch zu verbinden sind, mit ihren metallischen Flächen zueinander ausgerichtet. Dieser Schritt wird durch die Tatsache erleichtert, dass der Klebstoff nur auf einer der beiden Oberseiten der zu verklebenden Komponenten aufzutragen ist. Bei diesem Auftrag werden die Agglomerate aus elektrisch leitenden Nanopartikel von Gold, Silber, Kupfer, Nickel oder Legierungen derselben, voneinander isoliert und statistisch in der Klebstoffschicht verteilt zwischen den elektrisch zu verbindenden und ausgerichteten Flächen der Komponenten vor einem Vernetzen anordnen.

Durch die Agglomeration der elektrisch leitenden Nanopartikel können kurzschlußfrei mehrere nebeneinander angeordnete metallische Flächen von mikroskopisch kleinen Abmessungen mit gegenüberliegend angeordneten metallischen Flächen der Komponenten elektrisch verbunden werden, sobald das Zusammenfügen der beiden Komponenten erfolgt ist. Bestehen die Komponenten aus Halbleiterchips, so können diese zu einem Stapel elektrisch leitender Halbleiterchips verbunden werden. Ein derartiger Stapel weist eine verminderte Stapelhöhe auf, zumal die agglomerierten elektrisch leitenden Nanopartikel je nach Viskosität der Klebstoffgrundmasse und mittleren Durchmesser der elektrisch leitenden Nanopartikel eine Klebstoffschicht bilden können, die eine Dicke unter einem Mikrometer aufweist.

Zusammenfassend werden mit dem ersten Aspekt der Erfindung sehr geringe elektrische Widerstände kombiniert mit hohen elektrischen Leitfähigkeiten unter Substitution von Loten realisiert, wenn im Rahmen dieses ersten Aspektes der Erfindung ein elektrisch leitender Klebstoff mit Agglomeraten aus elektrisch leitenden Nanopartikeln eingesetzt wird. Das Klebstoffmaterial kann dabei beschränkt als Puffer für unter-

schiedliche thermomechanische Ausdehnungen eingesetzt werden. Je geringer der Unterschied im thermischen Ausdehnungskoeffizient zwischen den Komponenten eines elektronischen Bauteils ist, umso sicherer wird eine Befestigung mit Hilfe des erfindungsgemäßen Klebstoffs möglich. Dieses gilt besonders bei Chip-auf-Chip-Verbindungen, wenn eine elektrische Verbindung zwischen beiden Chips erforderlich wird. Ferner können metallisierte Flächen als Halbleiterchipinseln auf einem Keramiksubstrat mit Halbleiterchips belegt werden und gleichzeitig eine elektrisch leitende Klebstoffschicht erreicht werden.

Ein weiterer Aspekt der Erfindung betrifft ein elektronisches Bauteil mit einer thermisch leitenden und elektrisch isolierenden Klebstoffschicht zwischen Flächen von Komponenten des Bauteils. Dazu sind die Flächen einander gegenüber angeordnet. Der Klebstoff dieser Klebstoffschicht weist Agglomerate von thermisch leitenden, elektrisch isolierenden Nanopartikeln auf. Diese Agglomerate sind von einer Klebstoffgrundmasse umgeben, in der thermisch leitende Pfade angeordnet sind. Diese thermisch leitenden Pfade bilden punktuell thermische Verbindungen für die einander gegenüberliegenden Flächen, wobei eine Vielzahl dieser Agglomerate statistisch in der Klebstoffschicht verteilt sind.

Ein derartiges Bauteil hat den Vorteil, dass es in der Ableitung von Verlustwärme der in dem elektronischen Bauteil enthaltenen elektronischen Bauelemente in eine durch die Klebstoffschichten vorgegebene Richtung ableiten kann. Diese bevorzugte Richtung der Wärmeableitung in einem elektronischen Bauteil kann von der aktiven Oberseite eines Halbleiterchips ausgehen und über entsprechende metallische Kühlflächen an eine der äußeren Seiten des elektronischen Bauteils geführt

werden. Dabei ist der Halbleiterchip auf der metallischen Kühlfläche mit Hilfe einer elektrisch leitenden und thermisch isolierenden Klebstoffschicht befestigt.

Darüber hinaus können mehrere nebeneinander angeordnete metallische Flächen mikroskopisch kleiner Abmessungen mit gegenüberliegend angeordneten metallischen Flächen der Komponenten kurzschlußfrei und thermisch leitend verbunden sein. Das hat den Vorteil, dass selbst hoch belastete Leiterbahnstrukturen thermisch leitend über die Klebstoffschicht mit einem Kühlkörper des elektronischen Bauteils verbunden werden können, ohne dass Kurzschlüsse zwischen den hoch belasteten Leiterbahnen durch den metallischen Kühlkörper verursacht werden.

Mit Hilfe der punktuell auftretenden, thermisch leitenden und elektrisch isolierenden Pfade wird die Intensität der Kühlung durch den Kühlkörper eines derartigen elektronischen Bauteils ausgerichtet und verbessert.

Das elektronische Bauteil weist als thermisch leitende und elektrisch isolierende Nanopartikel Partikel des Siliciumdioxids, des Aluminiumnitrids, des Bornitrids, des Polytetrafluorethylens oder Mischungen derselben auf. Diese Nanopartikel haben den Vorteil, dass sie sich gegenüber der umgebenden Klebstoffgrundmasse zu thermisch leitenden Agglomeraten aufgrund ihres hohen Anteils an Oberfläche im Verhältnis zum Partikelvolumen zusammenschließen. Diese Agglomerate bestehen zumindest in dem Fall des Siliciumdioxids, des Aluminiumnitrids und des Bornitrids aus thermisch leitenden Keramikpartikeln, die als Elementarzelle nur jeweils zwei Atomsorten aufweisen und somit eine hohe thermische Koppelfähigkeit aufweisen. Die Verbesserung der thermischen Leitfähig-

keit der Klebstoffgrundmasse durch Polytetrafluorethylen liegt im wesentlichen an der Kristallinität des aus Polymerisaten bestehenden Tetrafluorethylens.

Die Klebstoffschicht einschließlich ihrer elektrisch isolierenden und thermisch leitenden Nanopartikel weist eine Dicke unter einem Mikrometer auf. Derart dünne Klebstoffschichten sind mit Mikropartikeln, die einen mittleren Durchmesser im Mikrometerbereich aufweisen, nicht erreichbar. Darüber hinaus ist das Vermögen, Agglomerate zu bilden, zwischen Mikrometerpartikeln aufgrund des vergrößerten Volumens gegenüber der Oberfläche im Vergleich zu Nanopartikeln äußerst gering.

Bei derart dünnen Klebstoffschichten ist der puffernde Ausgleich zwischen den Komponenten, die aus Materialien mit unterschiedlichen thermischen Ausdehnungskoeffizienten bestehen, beschränkt, so dass maximal bis zu einem Faktor drei sich die thermischen Ausdehnungskoeffizienten der Komponenten unterscheiden können. Je geringer der Unterschied im thermischen Ausdehnungskoeffizienten zwischen den Komponenten ist, umso dünner kann eine Klebstoffschicht aus Agglomeraten von thermisch leitenden und elektrisch isolierenden Nanopartikeln gewählt werden.

Der Gewichtsanteil der elektrisch isolierenden und thermisch leitenden Nanopartikel kann in der Klebstoffschicht zwischen 30 und 90 Gew.% liegen. Bezogen auf die obenerwähnten thermisch leitenden, jedoch elektrisch isolierenden Materialien, die ein spezifisches Gewicht zwischen 2 und 3,3 aufweisen, ergibt sich ein Volumenanteil an thermisch leitenden Nanopartikeln zwischen 4 und 70 Vol.%. Somit verbleiben bei einem Nanopartikelanteil zwischen 30 und 95 Gew.% ein nicht leitend, thermisch isolierendes Volumen in der Klebstoffschicht

aus Klebstoffgrundmasse von 30 bis 95 Vol.%, welche die einzelnen thermisch leitenden Pfade aus Agglomeraten von thermisch leitenden und elektrisch isolierenden Nanopartikeln umgeben. Bei Klebstoffschichten unter einem Mikrometer Dicke ergibt sich somit eine Klebstoffschicht mit anisotroper thermischer Leitfähigkeit.

Die thermisch leitenden und elektrisch isolierenden Nanopartikel weisen einen mittleren Durchmesser zwischen 10 und 200 Nanometern auf. Für niedrigviskose Klebstoffgrundmassen, die der Viskosität des Wassers gleichen, können Nanopartikeldurchmesser zwischen 10 und 50 Nanometern eingesetzt werden, während für dickere Klebstoffschichten bei gleichzeitig höherer Viskosität Nanopartikel mit einem mittleren Durchmesser zwischen 50 und 200 Nanometern erfolgreich einsetzbar sind.

Um einen sicheren, thermisch leitenden Kontakt der Agglomerate aus thermisch leitenden, elektrisch isolierenden Nanopartikeln in einem Klebstoff oder in einer Klebstoffschicht herzustellen, ist der mittlere Durchmesser der Agglomerate größer als die Dicke der Klebstoffschicht. Damit wird gleichzeitig sichergestellt, dass jedes der sich ausbildenden Agglomerate zur thermischen Leitfähigkeit zwischen gegenüberliegenden Flächen beiträgt. Gleichzeitig haben diese Agglomerate die Eigenschaft, dass sie leicht verformbar sind und sich dem Abstand zwischen den beiden gegenüberliegenden, thermisch zu verbindenden Flächen anpassen.

Neben den thermisch leitenden und elektrisch isolierenden Nanopartikeln weist eine Klebstoffgrundmasse Klebstoffkatalysatormaterialien und Haftvermittler auf, wenn als Klebstoffgrundmasse ein Polyamid eingesetzt ist. Polyamide zeigen von Natur aus keine Hafteigenschaften, so dass erst durch den

Haftvermittler ein Klebstoff entstehen kann. Die zusätzlich zu den thermisch leitenden und elektrisch isolierenden Nanopartikeln enthaltenen Katalysatormaterialien dienen dazu, die Vernetzung der Klebstoffschicht zu einem Polyamid zu beschleunigen und die Vernetzungstemperatur zu vermindern.

Die einander gegenüberliegenden Flächen können auf Halbleiterchips angeordnet sein, wenn das elektronische Bauteil einen Stapel aus Halbleiterchips aufweist. Es kann aber auch mindestens eine der einander gegenüberliegenden Flächen zu einem Halbleiterchip gehören, während die andere der Flächen zu einem Keramiksubstrat oder einer glasfaserverstärkte Leiterplatte gehört. Dabei sind mit sehr dünnen Klebstoffschichten von weniger als einem Mikrometer Dicke Keramiksubstrate mit dem Halbleiterchip verbindbar, zumal der Unterschied im Ausdehnungskoeffizienten den Faktor drei nicht überschreitet. Bei Leiterplattenmaterialien wird es jedoch problematisch, da einige Leiterplattenmaterialien den Faktor drei im Ausdehnungskoeffizienten weit überschreiten. In diesem Fall droht eine Delamination des Halbleiterchips von der Leiterplatte.

Ein Verfahren zur Herstellung eines elektronischen Bauteils mit einer thermisch leitenden Klebstoffschicht zwischen einander gegenüberliegenden Flächen von Komponenten des Bauteils weist folgende Verfahrensschritte auf. Zunächst wird eine Ausgangslösung durch Lösen eines Polyamidessigsäureesters in N-methyl-Pyrrolidon hergestellt. Diese Ausgangslösung wird mit einem Katalysatormaterial und mit einem Haftvermittler zu einer Klebstofflösung versetzt. Dieser Klebstofflösung werden dann thermisch leitende und elektrisch isolierende Nanopartikel zugemischt. Bei diesem Zumischen entstehen aufgrund des hohen Oberfläche-zu-Volumen-Verhältnisses der Nanopartikel Agglomerate aus elektrisch isolierenden und thermisch leiten-

den Nanopartikeln. Anschließend kann der Klebstoff auf mindestens eine der Oberseiten der zu verklebenden Komponenten des elektronischen Bauteils aufgetragen werden. Nach einem Zusammenfügen der Komponenten wird dann unter Erwärmung der Komponenten ein Vernetzen des Klebstoffs erfolgen.

Dieses Verfahren hat den Vorteil, dass elektronische Bauteile entstehen, die thermisch untereinander verbundene, jedoch elektrisch voneinander isolierte Komponenten aufweisen. Dabei erfolgt die thermische Verbindung über thermisch leitende Pfade in den die Komponenten verbindenden Klebstoffschichten. Eine derartige Anisotropie in der thermischen Leitfähigkeit hat den Vorteil, dass die Wärme gezielt in eine Richtung von einem wärmeerzeugenden Element in dem elektronischen Bauteil zur Außenseite des elektronischen Bauteils und beispielsweise zu einer Kühlplatte abgeführt werden kann, ohne dass ein elektrischer Kurzschluß entsteht.

Ein Vernetzen des Klebstoffs erfolgt bei Temperaturen über 100°C, diese niedrige Temperatur hat den Vorteil, dass die einzelnen Bauteilkomponenten nicht durch die Temperatureinwirkung beschädigt werden.

Sollen bestimmte Komponenten elektrisch isoliert, aber thermisch miteinander verbunden werden, so werden die Flächen der Komponenten vor dem Zusammenfügen der Flächen diese aufeinander ausgerichtet. Erst nach einer präzisen Ausrichtung der aufeinander und miteinander thermisch zu verbindenden Flächen kann ein Vernetzen des Klebstoffs bei der entsprechenden Vernetzungstemperatur erfolgen.

Die elektrisch isolierenden und thermisch leitenden Nanopartikel sind bereits vor dem Vernetzen des Klebstoffs agglome-

riert, so dass beim Aufeinanderführen der zu verklebenden und thermisch zu verbindenden Flächen sich diese Agglomerate verformen können und damit thermisch leitende Pfade zwischen den zu verbindenden Stellen herstellen können. Diese Agglomerate ordnen sich vor dem Vernetzen voneinander isoliert und statistisch verteilt in der Kunststoffschicht zwischen den thermisch zu koppelnden Flächen der Komponenten an, wobei die thermisch leitenden Nanopartikel im wesentlichen Siliciumdioxid, Aluminiumnitrid, Bornitrid, Polytetrafluorethylen oder Mischungen derselben aufweisen. Dieses hat den Vorteil, dass die Agglomerate sich noch verformen können und sich dem Abstand zwischen den gegenüberliegenden Fläche einpassen können. Dabei bleiben die Agglomerate aus thermisch leitenden und elektrisch isolierenden Nanopartikeln voneinander isoliert und verbinden somit ohne thermische Brücken zu benachbarten Flächen zu bilden, mehrerere gegenüberliegend angeordnete metallische Flächen.

Zusammenfassend ergeben sich mit dem zweiten Aspekt der Erfindung sehr geringe thermische Widerstände, da die Klebeverbindungen mit sehr geringen Schichtdicken und nur mit geringem thermischen Widerstand ausführbar ist. Auch hier gilt die Voraussetzung, dass die zu verklebenden Komponenten als Substrate oder als Halbleiterchips sich in ihren thermischen Ausdehnungskoeffizienten nicht allzusehr voneinander unterscheiden dürfen. Das Klebstoffmaterial bei einer derart dünnen Klebstoffschicht hat für unterschiedliche thermomechanische Ausdehnungen nur eine verminderte Pufferwirkung. Auch hier kann der erfindungsgemäße Klebstoff und eine erfindungsgemäße Klebstoffschicht besonders vorteilhaft bei Chip-auf-Chip-Anwendungen eingesetzt werden, wenn eine elektrisch isolierende Verbindung zwischen den beiden Chips gewünscht wird und es lassen sich auch Chips auf Halbleiterchipinseln eines

Keramiksubstrats befestigen, da hier die Unterschiede zwischen den thermischen Ausdehnungskoeffizienten durch die Dikke der Klebstoffschicht gepuffert werden kann. Schwieriger wird das Verkleben von Materialien mit stark unterschiedlichem thermischen Ausdehnungskoeffizienten, wie beispielsweise das Verkleben eines Siliciumhalbleiterchips, der 3 ppm/K aufweist mit einer Leiterplatte, die einen thermischen Ausdehnungskoeffizienten zwischen 15 bis 30 ppm/K aufweist. Generell wird durch die verminderte Schichtdicke gegenüber Klebstoffschichten mit Mikrometerpartikeln als Füllstoff eine Senkung der Materialkosten durch die verminderte Klebemenge erreicht.

Die Erfindung wird nun anhand von Ausführungsformen mit Bezug auf die beiliegenden Figuren näher erläutert.

Figur 1 zeigt einen schematischen Querschnitt durch ein elektronisches Bauteil einer ersten Ausführungsform der Erfindung,

Figur 2 zeigt einen schematischen Querschnitt durch ein elektronisches Bauteil einer zweiten Ausführungsform der Erfindung,

Figur 3 zeigt einen schematischen Querschnitt durch ein elektronisches Bauteil einer dritten Ausführungsform der Erfindung, das einen Stapel von zwei Halbleiterchips aufweist,

Figur 4 zeigt einen schematischen Querschnitt durch ein elektronisches Bauteil einer vierten Ausführungsform der Erfindung, das einen Stapel von mehreren Halbleiterchips aufweist.

Figur 1 zeigt einen schematischen Querschnitt durch ein elektronisches Bauteil 1 einer ersten Ausführungsform der Erfindung.

Das Bezugszeichen 2 kennzeichnet eine Klebstoffschicht, die metallische Flächen 3 von zwei Komponenten 4 des elektronischen Bauteils 1 miteinander verbindet. Das Bezugszeichen 5 kennzeichnet einen Klebstoff der Klebstoffschicht 2 und das Bezugszeichen 6 kennzeichnet Agglomerate, die Nanopartikel 7 aufweisen. Die Agglomerate 6 sind in dem Klebstoff 5 der Klebstoffschicht 2 von einer Klebstoffgrundmasse umgeben. Durch die Klebstoffschicht 2 erstrecken sich innerhalb der Agglomerate 6 Pfade, deren elektrische und thermische Eigenschaften sich von den elektrischen und thermischen Eigenschaften der umgebenden Klebstoffgrundmasse 8 unterscheiden. Das Bezugszeichen 10 kennzeichnet eine der Komponenten 4 des elektronischen Bauteils 1 in Form eines Halbleiterchips. Das Bezugszeichen 11 kennzeichnet ein Keramiksubstrat als zweite Komponente 4, von dem eine metallische Fläche 3 gegenüberliegend zur metallischen Fläche 3 des Halbleiterchips 10 angeordnet ist.

Die Keramikplatte 11 weist auf der dem Halbleiterchip zugewandten Oberseite 13 eine Umverdrahtungsebene 14 auf, deren Umverdrahtungsleitungen 15 über Bonddrähte 16 mit Kontaktflächen 17 auf der aktiven Oberseite 18 des Halbleiterchips 10 verbunden sind. Die Rückseite 19 des Halbleiterchips 10 ist metallisiert und weist die metallische Fläche 3 auf. Gegenüberliegend dieser Metallfläche 3 ist auf dem Keramiksubstrat 11 eine Halbleiterchipinsel 20 angeordnet, die über einen Durchkontakt 21 mit einer Umverdrahtungsebene 24 auf der Unterseite 28 des Keramiksubstrats 11 verbunden ist. Die Umver-

drahtungsebene 24 auf der Unterseite 28 des Keramiksubstrats 11 weist neben Umverdrahtungsleitungen 15 Außenkontaktflächen 30 auf, auf denen Außenkontakte 31 angeordnet sind.

In dieser ersten Ausführungsform der Erfindung sind die Außenkontakte 31 Lotbälle, die aus der Unterseite 28 des Keramiksubstrats herausragen und voneinander durch eine Lötstoppschicht 32 getrennt sind. Zur elektrischen Verbindung der Rückseite des Halbleiterchips 10 mit einem der Außenkontakte 31 ist die Klebstoffschicht 2 mit elektrisch leitenden Nanopartikeln 7 gefüllt. Für den ersten Aspekt der Erfindung bestehen die Nanopartikel aus elektrisch leitendem Material, wie Gold, Silber, Kupfer, Nickel oder Mischungen derselben. Diese elektrisch leitenden Nanopartikel, die bis zu 70 Vol.% der Klebstoffschicht einnehmen, agglomerieren im nicht vernetzten Zustand der sie umgebenden Klebstoffgrundmasse 8 zu Agglomeraten 6, die im nicht vernetzten Zustand des Klebstoffs 5 der Klebstoffschicht 2 verformbar sind. Gleichzeitig bilden diese Agglomerate 6 aus elektrisch leitenden Nanopartikeln 7 bei einem ersten Aspekt der Erfindung elektrisch leitende Pfade 9, so dass die Klebstoffschicht eine Anisotropie in ihrer Wirkung als elektrische Verbindung zwischen den einander gegenüberliegenden metallischen Flächen 3 aufweist. Während die Klebstoffschicht 2 in horizontaler Richtung isolierend wirkt, verbindet sie über die Schichtdicke d der Klebstoffschicht 2 die Rückseite des Halbleiterchips 10 mit der metallischen Chipinsel 20 des Keramiksubstrats 11.

Bei einem anderen Aspekt der Erfindung soll gerade diese elektrische Verbindung unterbrochen werden und lediglich eine thermische Verbindung zu der Chipinsel 20 Wärme über die Chipinsel 20, zu dem Durchkontakt 21 und zu dem Außenkontakt 31 abführen. Bei diesem zweiten Aspekt bilden die Nanopartikel

27 ebenfalls Agglomerate 26 aus, jedoch sind die Nanopartikel 27 aus elektrisch isolierendem, aber thermisch leitendem Material aufgebaut, wie Siliciumdioxid, Bornitrid und Polytetrafluorethylen oder Mischungen derselben.

Die Klebstoffschichtdicke d ist aufgrund der Nanopartikel 7 bzw. 27 auf unter einem Mikrometer minimierbar. Der mittlere Durchmesser der Nanopartikel 7 bzw. 27 liegt zwischen 10 und 200 Nanometer, während der mittlere Durchmesser eines Agglomerates 6 bzw. 26 aus Nanopartikeln 7 bzw. 27 größer ist als die Schichtdicke d. Damit werden eine Vielzahl von in der Klebstoffschicht 2 statistisch verteilten Verbindungspunkten zwischen den gegenüberliegenden Flächen 3 bzw. 23 hergestellt. Bei der Herstellung der Vielzahl von Kontaktpunkten wird die Verformbarkeit der Agglomerate 6 bzw. 26 genutzt, solange die Klebstoffgrundmasse nicht vernetzt ist. Um die Klebstoffgrundmasse zu vernetzen, werden die Komponenten 10 und 11 auf eine Vernetzungstemperatur über 100°C erwärmt.

Bei der Herstellung eines derartigen elektronischen Bauteils 1 wird zunächst ein Keramiksubstrat 11 mit den Umverdrahtungsebenen 15 auf der Oberseite 13 und der Unterseite 28 und mit Durchkontakten 21 hergestellt. Auf der Umverdrahtungsebene 15 wird im Bereich des anzubringenden Halbleiterchips 10 eine Halbleiterchipinsel 20 vorgesehen und auf dieser wird ein mit Nanopartikeln gefüllter Klebstoff 5 aufgetragen. Der Klebstoff 5 selbst wird aus einer Ausgangslösung hergestellt, bei der ein Polyamidessigsäureester in N-methyl-Pyrrolidon gelöst wird. Anschließend wird diese Ausgangslösung mit Katalysatormaterialien und Haftvermittlern zu einer Klebstofflösung versetzt. Schließlich werden dieser Klebstofflösung entweder elektrisch leitende oder elektrisch isolierende Nanopartikel 7 bzw. 27 zugemischt. Diese Nanoparti-

kel 7 bzw. 27 agglomerieren zu größeren Agglomeraten 6 bzw. 26, die in ihrem mittleren Durchmesser größer sind als die herzustellende Klebstoffschicht 2.

Anschließend wird dieser Klebstoff 5 auf die Halbleiterchipinsel 20 aufgetragen, der Halbleiterchip 10 aufgesetzt und das Keramiksubstrat 11 mit dem Halbleiterchip 10 einer Vernetzungstemperatur über 100°C ausgesetzt. Nach dem Vernetzen des Klebstoffs 5 kann der Bonddraht 16 auf die Kontaktflächen 17 auf der aktiven Oberseite 18 des Halbleiterchips 10 gebonded werden und mit den Umverdrahtungsleitungen 14 auf der Oberseite 13 des Keramiksubstrats 11 verbunden werden. Anschließend wird eine Kunststoffgehäusemasse 33 auf der Oberseite 13 des Keramiksubstrats 11 aufgebracht, die gleichzeitig den Halbleiterchip 10, die Klebstoffschicht 2 und die Bonddrähte 16 einhüllt. Abschließend werden auf der Unterseite 28 des Keramiksubstrats 11 Außenkontakte 31 auf den dafür vorgesehenen Außenkontaktflächen 30 aufgebracht.

Die Lötstoppschicht 32 kann entweder unmittelbar bei der Herstellung des Keramiksubstrats 11 aufgebracht werden oder sie wird vor dem Anbringen der Außenkontakte 31 auf die Unterseite 28 des Keramiksubstrats 11 unter Freilassung der Außenkontaktflächen 30 aufgebracht. Der Vorteil der Ausführungsform nach Figur 1 ist, dass wahlweise der Halbleiterchip 10 entweder thermisch und elektrisch isolierend mit dem Außenkontakt 31 oder elektrisch leitend mit dem Außenkontakt verbunden sein kann. Dazu muß lediglich das Material der Nanopartikel 7 bzw. 27 in der Klebstoffschicht 2 geeignet gewählt werden.

Figur 2 zeigt einen schematischen Querschnitt durch ein elektronisches Bauteil 1 einer zweiten Ausführungsform der Erfindung. Komponenten mit gleichen Funktionen wie in Figur 1 wer-

den mit gleichen Bezugszeichen gekennzeichnet und nicht extra erörtert.

In dieser Ausführungsform der Erfindung werden die Komponenten 4 des elektronischen Bauteils 1 aus einem Halbleiterchip 10 und einer metallischen Chipinsel 20 gebildet. Die metallische Chipinsel 20 bildet gleichzeitig eine Außenseite des Gehäuses 34 des Halbleiterchips. Die Halbleiterchipinsel 20 kann entweder als Massekontakt dienen, dann wird die Klebstoffschicht 2 Agglomerate 6 aufweisen, die aus elektrisch leitenden Nanopartikeln 7 bestehen. Soll jedoch die Rückseite 19 des Halbleiterchips 10 lediglich thermisch über die Halbleiterchipinsel 20 mit einem Kühlkörper verbunden werden und gleichzeitig von diesem Kühlkörper elektrisch isoliert sein, so werden für die Klebstoffschicht 2 thermisch leitende, aber elektrisch isolierende Nanopartikel 27, beispielsweise aus Siliciumdixoid, Bornitrid, Aluminiumnitrid, Polytetrafluorethylen oder Mischungen derselben eingesetzt. Die Agglomeration der Nanopartikel 27 sorgt dafür, dass die thermische Leitfähigkeit der Klebstoffschicht 2 anisotrop ist und in Richtung auf die Chipinsel 20 und damit auf den Kühlkörper ausgerichtet ist.

Zur Herstellung eines derartigen elektronischen Bauteils 1 wird zunächst auf einem nicht gezeigten Metallträger die Chipinsel 20 und die für die Außenkontakte 31 vorgesehenen Metallisierungssockel galvanisch abgeschieden. Anschließend wird die Oberfläche der für die Außenkontakte 31 bestimmte Sockel mit einer bondbaren Beschichtung 35 versehen. Eine derartige bondbare Beschichtung 35 weist ihrerseits mehrere Lagen auf, nämlich eine Lage aus kupferdiffusionshemmender Nickelschicht unmittelbar auf dem Sockel für den Außenkontakt 30 aus Kupfer und anschließend eine Edelmetallschicht auf der

Nickelschicht für ein sicheres Bonden auf. Eine derartige Strukturierung hat den Vorteil, dass eine Diffusion von Kupferionen in die Verbindung mit dem Bonddraht 16 verhindert wird und somit eine vorzeitige Versprödung der Bondverbindung unterbleibt. Anschließend kann auf die Chipinsel 20 der Klebstoff 5 in einer Dicke aufgetragen werden, die geringer ist als der mittlere Durchmesser der Agglomerate aus Nanopartikeln.

Nach dem Aufbringen des Halbleiterchips 10 auf die Klebstoffschicht 22 und einem Vernetzen der Klebstoffgrundmasse bei einer Vernetzungstemperatur über 100°C werden die Bonddrähte 16 auf die Kontaktflächen 17 auf der aktiven Oberseite 18 des Halbleiterchips 10 aufgebracht und mit der bondbaren Beschichtung 35 verbunden. Schließlich wird der gesamte nicht gezeigte Metallträger mit einer Kunststoffgehäusemasse 33 bedeckt, die sowohl die Klebstoffschicht 2 als auch den Halbleiterchip 10 und die Bonddrähte 16 einbettet. Danach kann der nicht gezeigte Metallträger abgeätzt werden, so dass das hier im Querschnitt dargestellte Ausführungsbeispiel vorliegt. Der Klebstoff 5 wird in gleicher Weise wie im ersten Ausführungsbeispiel hergestellt, so dass eine Auflistung der Herstellungsschritte entfallen kann.

Figur 3 zeigt einen schematischen Querschnitt durch ein elektronisches Bauteil 1 einer dritten Ausführungsform der Erfindung, das einen Stapel 12 von zwei Halbleiterchips 10 aufweist. Komponenten mit gleichen Funktionen wie in den vorhergehenden Figuren werden mit gleichen Bezugszeichen gekennzeichnet und nicht extra erörtert.

Die beiden Halbleiterchips 10 weisen auf ihrer aktiven Oberseite 18 Kontaktflächen 17 auf und tragen auf dieser Obersei-

te eine isolierende Umverdrahtungsschicht 36. Auf der isolierenden Umverdrahtungsschicht 36 sind Umverdrahtungsleitungen 15 angeordnet. Diese Umverdrahtungsleitungen verbinden die Kontaktflächen 17 mit metallischen Flächen 3 auf der isolierenden Umverdrahtungsschicht 36. Die metallischen Flächen 3 auf den beiden Halbleiterchips 10 sind derart ausgerichtet und angeordnet, dass sie einander gegenüberliegen. Die Bondkanäle 37 der beiden Halbleiterchips 10, welche die Kontaktflächen 17 aufweisen, sind zueinander versetzt angeordnet und von einer Kunststoffgehäusemasse 33 bedeckt. In dem übrigen Bereich zwischen den beiden Halbleiterchips 10 ist eine Klebstoffschicht 2 angeordnet aus einem Klebstoff 5, der eine anisotrope elektrische Leitfähigkeit aufweist. Diese anisotrope elektrische Leitfähigkeit wird dadurch erreicht, dass in einer Klebstoffgrundmasse 8 Agglomerate 6 von elektrisch leitenden Nanopartikeln 7 angeordnet sind.

Die elektrisch leitenden Agglomerate 6 sind untereinander durch die Klebstoffgrundmasse 8 isoliert, so dass die einzelnen einander gegenüberliegenden Außenkontaktflächen 30 elektrisch über Pfade 9 durch die Agglomerate 6 verbunden sind. Es besteht jedoch keine elektrische Verbindung zwischen nebeneinander liegenden Außenkontakten 30. Der Klebstoff 5 kann folglich großflächig und schichtweise aufgetragen werden ohne selektiv auf die gegenüberliegenden metallischen Flächen 3 konzentriert zu werden. Die Selektivität erfolgt vielmehr automatisch durch die Anisotropie der elektrisch leitenden Klebstoffschicht. Trotz eines gleichmäßigen Auftrags des Klebstoffs 5 sind die beiden Halbleiterchips mit ihren einander entsprechenden Außenkontaktflächen 30 und damit mit ihren Kontaktflächen 17 über die Umverdrahtungsleitungen 15 verbunden. Zwischen den Außenkontaktflächen 30 kann wie in der ersten Ausführungsform jeweils eine Lötstopplackschicht 32 da-

für sorgen, dass die Umverdrahtungsleitungen 14 isoliert bleiben und nur entsprechende Außenkontaktflächen 30 über die elektrisch leitenden Agglomerate miteinander verbunden sind.

Figur 4 zeigt einen schematischen Querschnitt durch ein elektronisches Bauteil 1 einer vierten Ausführungsform der Erfindung, das einen Stapel 12 von mehreren Halbleiterchips 10 aufweist. Komponenten mit gleichen Bezugszeichen wie in den vorhergehenden Figuren werden mit gleichen Bezugszeichen gekennzeichnet und nicht extra erörtert.

In dieser Ausführungsform der Erfindung werden sechs gleichartige Komponenten 4 eines elektronischen Bauteils 1 in Form von Halbleiterchipdioden aufeinander gestapelt. Dazu sind sowohl die n-leitende Kathode 38 als auch die p-leitende Anode 39 an ihren jeweiligen Außenseiten metallisiert und für eine derartige Kaskadenschaltung von Dioden werden nun über eine elektrisch leitende Klebstoffschicht 2 die jeweilige Anode 39 mit der darüber angeordneten Kathode 38 der nächsten Diode elektrisch verbunden. Dazu weist die Klebstoffschicht Agglomerate 6 aus elektrisch leitenden Nanopartikeln 7 auf. Dadurch entsteht eine anisotrope Verbindung zwischen den einzelnen Dioden durch die Klebstoffschicht 2, deren Dicke d kleiner als ein Mikrometer ist.

Auf der Unterseite der untersten Diode wird als gemeinsame Kathode 38 der Diodenkaskade dieses elektronischen Bauteils 1 ein Flachleiter angeordnet und von der Diodenkaskade hervorspringend zu einem Stift modelliert. Auf der Oberseite 41 der Diodenkaskade wird entsprechend eine gemeinsame Anode 39 angebracht und ebenso zu einem Stift hervorspringend strukturiert.

Patentansprüche

1. Elektronisches Bauteil mit einer elektrisch leitenden Klebstoffschicht (2) zwischen metallischen Flächen (3) von Komponenten (4) des Bauteils (1), wobei die metallischen Flächen (3) einander gegenüberliegend angeordnet sind und wobei der Klebstoff (5) Agglomerate (6) von elektrisch leitenden Nanopartikeln (7) aufweist, die von einer Klebstoffgrundmasse (8) umgebene elektrisch leitende Pfade (9) in der Klebstoffgrundmasse (8) aufweisen und wobei punktuell die einander gegenüberliegenden Flächen (3) elektrisch über eine Vielzahl statistisch in der Klebstoffschicht (2) verteilter Agglomerate (6) elektrisch leitender Nanopartikel (7) verbunden sind.

2. Elektronisches Bauteil nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Klebstoffschicht (2) kurzschlußfrei mehrere nebeneinander angeordnete metallische Flächen (3) von mikroskopisch kleinen Abmessungen mit gegenüberliegend angeordneten metallischen Flächen (3) elektrisch verbindet.

3. Elektronisches Bauteil nach Anspruch 1 oder Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die elektrisch leitenden Nanopartikel (7) Gold, Silber, Kupfer, Nickel oder Legierungen derselben aufweisen.

4. Elektronisches Bauteil nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Klebstoffschicht (2) eine Dicke (d) unter einem Mikrometer aufweist.

5. Elektronisches Bauteil nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Komponenten (4) thermische Ausdehnungskoeffizienten aufweisen, die sich maximal bis zu einem Faktor drei unterscheiden.

6. Elektronisches Bauteil nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Klebstoffschicht (3) einen Nanopartikelanteil zwischen 30 und 95 Gew.% aufweist.

7. Elektronisches Bauteil nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Nanopartikel (7) einen mittleren Durchmesser zwischen 10 und 200 Nanometer aufweisen.

8. Elektronisches Bauteil nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
der mittlere Durchmesser der Agglomerate (6) elektrisch leitender Nanopartikel (7) in dem Klebstoff (5) größer als die Dicke (d) der Klebstoffschicht (2) ist.

9. Elektronisches Bauteil nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
der Klebstoff (5) als Ausgangsstoff einen mit Nanopartikeln angereicherten in N-methyl-Pyrrolidon gelösten Polyamidessigsäureester aufweist.

10. Elektronische Bauteil nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
der Klebstoff (5) Katalysatormaterialien und Haftvermittler in einer Klebstoffgrundmasse (8) aus Polyamid zusätzlich zu den Nanopartikeln (7) aufweist.

11. Elektronisches Bauteil nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
mindestens eine der metallischen Flächen (3) auf einem Halbleiterchip (10) angeordnet ist.

12. Elektronisches Bauteil nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
mindestens eine der metallischen Flächen (3) auf einem Keramiksubstrat (11) angeordnet ist.

13. Elektronisches Bauteil nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Klebstoffschicht (2) zwischen Halbleiterchips (10) eines elektronischen Bauteils (1) angeordnet ist, das einen Stapel (12) aus Halbleiterchips (10) aufweist.

14. Verfahren zur Herstellung eines elektronischen Bauteils mit einer elektrisch leitenden Klebstoffschicht (2) zwischen einander gegenüberliegenden metallischen Flächen (3) von Komponenten (4) des Bauteils (1), wobei das Verfahren folgende Verfahrensschritte aufweist:

- Lösen eines Polyamidessigsäureesters in N-methyl-Pyrrolidin zu einer Ausgangslösung,
- Versetzen der Ausgangslösung mit Katalysatormaterialien und Haftvermittlern zu einer Klebstofflösung,
- Mischen der Klebstofflösung mit elektrisch leitenden Nanopartikeln (7) zu einem elektrisch leitenden Klebstoff (5),
- Auftragen des Klebstoffes (5) auf mindestens eine der Oberseiten der zu verklebenden Komponenten (4) des elektronischen Bauteils (1),
- Zusammenfügen der Komponenten (4),
- Vernetzen des Klebstoffes (5) unter Erwärmung der Komponenten (4).

15. Verfahren nach Anspruch 14,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Komponenten (4) des Bauteils (1) zum Vernetzen des Klebstoffes (5) auf eine Temperatur zwischen 100 und 220 °C erwärmt werden.

16. Verfahren nach Anspruch 14 oder Anspruch 15,
dadurch gekennzeichnet, dass
vor dem Zusammenfügen der Komponenten (4) die elektrisch zu verbindenden metallischen Flächen (3) der Komponenten (4) zueinander ausgerichtet werden.

17. Verfahren nach einem der Ansprüche 14 bis 16,
dadurch gekennzeichnet, dass
vor dem Vernetzen des Klebstoffes (5) die Nanopartikel (7) agglomerieren.

18. Verfahren nach einem der Ansprüche 14 bis 17, dadurch gekennzeichnet, dass sich Agglomerate (6) aus Nanopartikeln (7) von Gold, Silber, Kupfer oder Legierungen derselben voneinander isoliert und statistisch in der Klebstoffschicht (2) verteilt zwischen den elektrisch zu verbindenden Flächen (3) der Komponenten (4) vor dem Vernetzen anordnen.

19. Verfahren nach einem der Ansprüche 14 bis 18, dadurch gekennzeichnet, dass kurzschlußfrei mehrere nebeneinander angeordnete metallische Flächen (3) von mikroskopisch kleinen Abmessungen mit gegenüberliegend angeordneten metallischen Flächen (3) der Komponenten (4) elektrisch verbunden werden.

20. Verfahren nach einem der Ansprüche 14 bis 19, dadurch gekennzeichnet, dass mehrere Halbleiterchips (10) zu einem Stapel (12) elektrisch leitend verklebt werden.

21. Elektronisches Bauteil mit einer thermisch leitenden und elektrisch isolierenden Klebstoffschicht (22) zwischen Flächen (23) von Komponenten (4) des Bauteils (1), wobei die Flächen (23) einander gegenüberliegend angeordnet sind und wobei der Klebstoff (25) Agglomerate (26) von thermisch leitenden, elektrisch isolierenden Nanopartikeln (27) aufweist, die von einer Klebstoffgrundmasse (8) umgebene thermisch leitende Pfade (29) in der Klebstoffgrundmasse (8) aufweisen und wobei punktuell die einander gegenüberliegenden Flächen (23) thermisch über eine Vielzahl statistisch in der Klebstoffschicht (22) verteilter Agglomerate (26) aus thermisch leitenden,

elektrisch isolierenden Nanopartikeln (27) verbunden sind.

22. Elektronisches Bauteil nach Anspruch 21, dadurch gekennzeichnet, dass kurzschlußfrei mehrere nebeneinander angeordnete metallische Flächen (22) von mikroskopisch kleinen Abmessungen mit gegenüberliegend angeordneten metallischen Flächen (22) der Komponenten (4) thermisch verbunden sind.

23. Elektronisches Bauteil nach Anspruch 21 oder Anspruch 22, dadurch gekennzeichnet, dass die thermisch leitenden, elektrisch isolierenden Nanopartikel (27) Siliciumdioxid, Aluminiumnitrid, Bornitrid Polytetrafluorethylen oder Mischungen derselben aufweisen.

24. Elektronisches Bauteil nach einem der Ansprüche 21 bis 23, dadurch gekennzeichnet, dass die Klebstoffschicht (22) eine Dicke unter einem Mikrometer aufweist.

25. Elektronisches Bauteil nach einem der Ansprüche 21 bis 24, dadurch gekennzeichnet, dass die Komponenten (4) thermische Ausdehnungskoeffizienten aufweisen, die sich maximal bis zu einem Faktor drei unterscheiden.

26. Elektronisches Bauteil nach einem der Ansprüche 21 bis 25,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Klebstoffschicht (23) einen Nanopartikelanteil zwischen 30 und 90 Gew.% aufweist.

27. Elektronisches Bauteil nach einem der Ansprüche 21 bis 26,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Nanopartikel (27) einen mittleren Durchmesser zwischen 10 und 200 Nanometer aufweist.

28. Elektronisches Bauteil nach einem der Ansprüche 20 bis 26,
dadurch gekennzeichnet, dass
der mittlere Durchmesser der Agglomerate (26) thermisch leitender Nanopartikel (27) in dem Klebstoff (25) größer als die Dicke der Klebstoffschicht (23) ist.

29. Elektronisches Bauteil nach einem der Ansprüche 21 bis 28,
dadurch gekennzeichnet, dass
der Klebstoff (25) als Ausgangsstoff für die Klebstoffgrundmasse (8) einen mit thermisch leitenden, elektrisch isolierenden Nanopartikeln (27) angereicherten in N-methyl-Pyrrolidon gelösten Polyamidessigsäureester aufweist.

30. Elektronisches Bauteil nach einem der Ansprüche 21 bis 29,
dadurch gekennzeichnet, dass
der Klebstoff (25) Katalysatormaterialien und Haftver-

mittler in einer Klebstoffgrundmasse (8) aus Polyamid zusätzlich zu den Nanopartikeln (27) aufweist.

31. Elektronisches Bauteil nach einem der Ansprüche 21 bis 30,
dadurch gekennzeichnet, dass
mindestens eine der einander gegenüberliegenden Flächen (23) auf einem Halbleiterchip (10) angeordnet ist.

32. Elektronisches Bauteil nach einem der Ansprüche 21 bis 31,
dadurch gekennzeichnet, dass
mindestens eine der einander gegenüberliegenden Flächen (23) auf einem Keramiksubstrat (11) angeordnet ist.

33. Verfahren zur Herstellung eines elektronischen Bauteils (1) mit einer thermisch leitenden Klebstoffschicht (22) zwischen einander gegenüberliegenden Flächen (23) von Komponenten des Bauteils (1), wobei das Verfahren folgende Verfahrensschritte aufweist:

- Lösen eines Polyamidessigsäureesters in N-methyl-Pyrrolidin zu einer Ausgangslösung,
- Versetzen der Ausgangslösung mit Katalysatormaterialien und Haftvermittlern zu einer Klebstofflösung,
- Mischen der Klebstofflösung mit Nanopartikeln (27) zu einem thermisch leitenden, elektrisch isolierenden Klebstoff (25),
- Auftragen des Klebstoffes (25) auf mindestens eine der Oberseiten der zu verklebenden Komponenten (4) des elektronischen Bauteils (1),
- Zusammenfügen der Komponenten (4),

- Vernetzen des Klebstoffes (25) unter Erwärmung der Komponenten (4).

34. Verfahren nach Anspruch 33,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Komponenten (4) zum Vernetzen des Klebstoffes (25) auf eine Temperatur zwischen 100 und 220°C erwärmt werden.

35. Verfahren nach Anspruch 33 oder Anspruch 34,
dadurch gekennzeichnet, dass
vor dem Zusammenfügen der Komponenten (4) die thermisch zu verbindenden Flächen (23) der Komponenten (4) zueinander ausgerichtet werden.

36. Verfahren nach einem der Ansprüche 33 bis 35,
dadurch gekennzeichnet, dass
vor dem Vernetzen des Klebstoffes (25) die Nanopartikel (27) agglomerieren.

37. Verfahren nach einem der Ansprüche 33 bis 36,
dadurch gekennzeichnet, dass
sich Agglomerate (26) aus Nanopartikeln von Siliciumdioxid, Aluminiumnitrid, Bornitrid Polytetrafluorethylen oder Mischungen derselben isoliert voneinander und statistisch in der Klebstoffschicht (22) verteilt zwischen den thermisch zu koppelnden Flächen (23) der Komponenten (4) vor dem Vernetzen anordnen.

38. Verfahren nach einem der Ansprüche 33 bis 37,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Klebstoffschicht (22) mehrere nebeneinander angeordnete und gegenüberliegend angeordnete metallische Flä-

chen (23) kurzschlußfrei und thermisch leitend mechanisch verbindet.

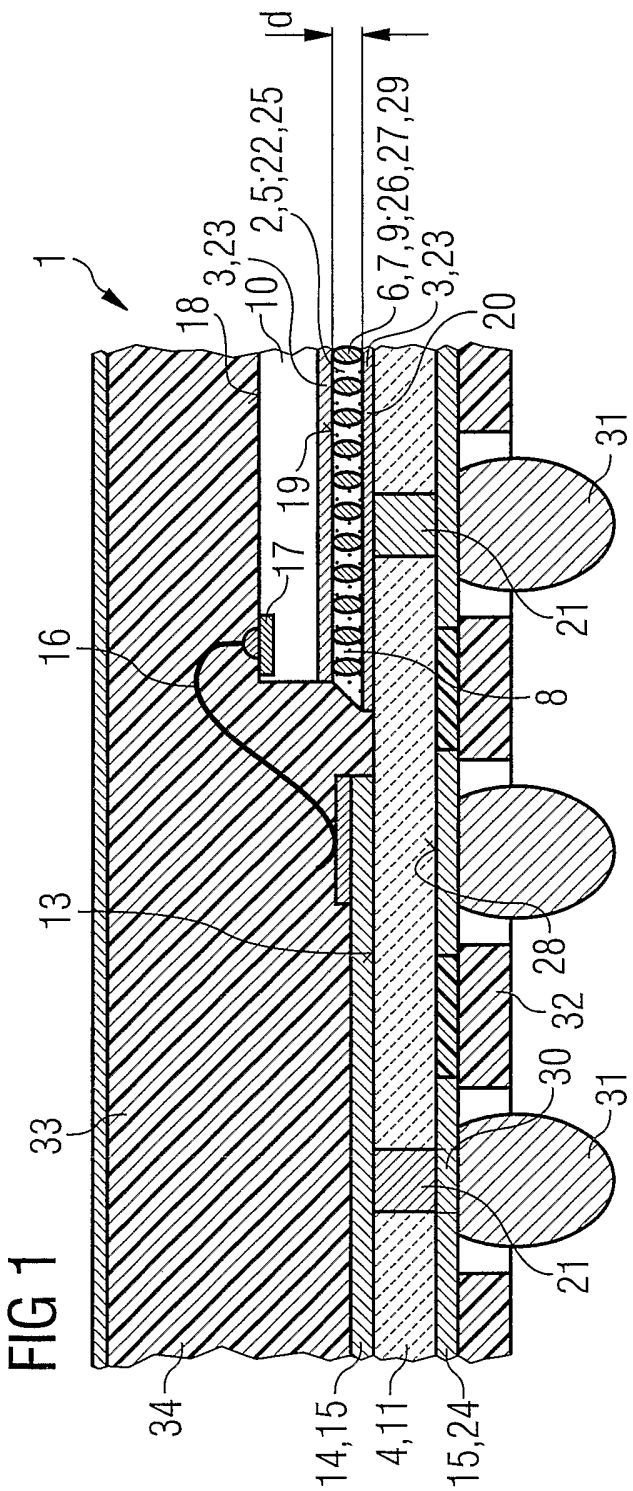

1
18
3,23
10
2,5;22,25
6,7,9;26,27,29
3,23
20
d
19
17
16
13
33
34
14,15
4,11
15,24
8
21
31
28
32
30
31
21

FIG 1

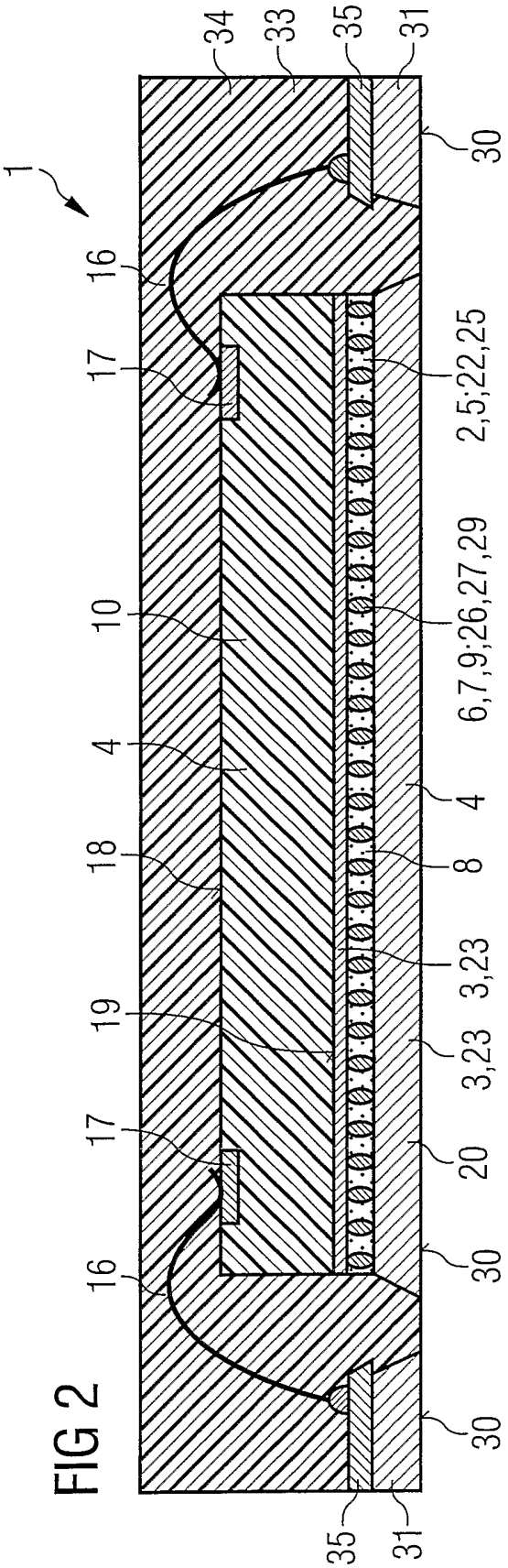

1
34
33
35
31
30
16
17
2,5;22,25
10
6,7,9;26,27,29
4
4
18
8
3,23
19
3,23
17
20
16
30
30
35
31

FIG 2

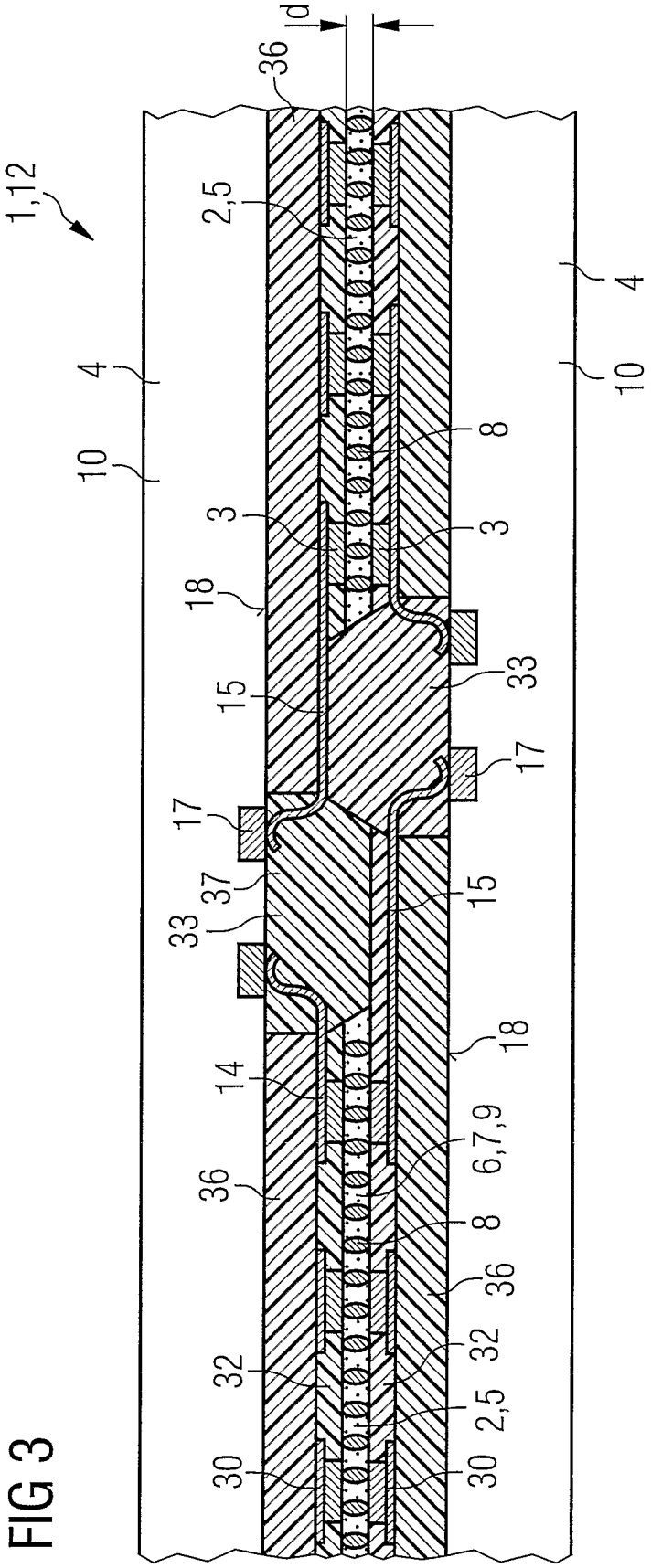
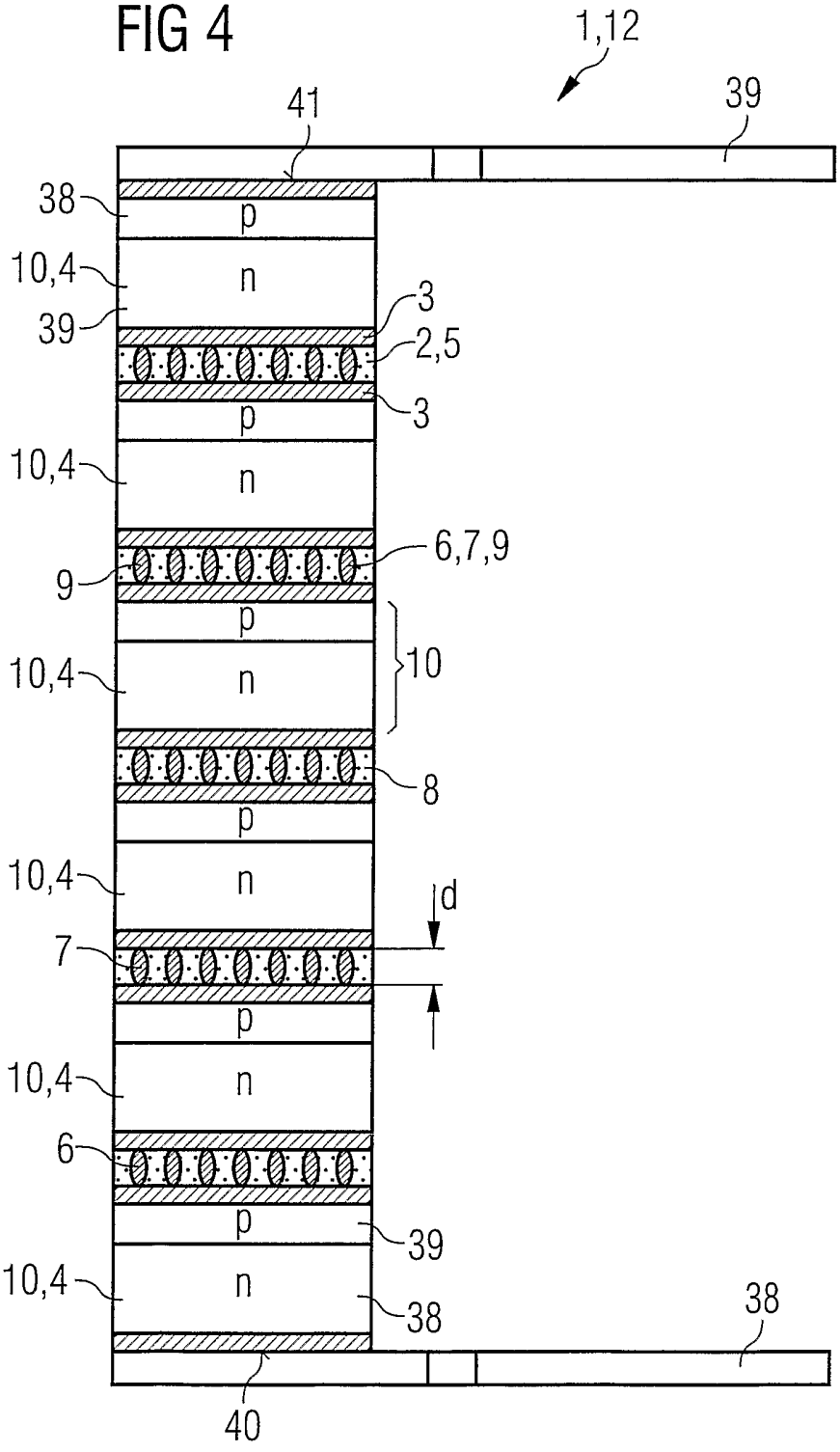


FIG 3

FIG 4


1,12
41
39
38
p
10,4
n
3
39
2,5
3
p
10,4
n
6,7,9
9
p
10,4
n
10
8
p
10,4
n
d
7
p
10,4
n
6
p
39
10,4
n
38
38
40