



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) DE 695 31 996 T2 2004.07.22

(12)

Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) EP 0 792 517 B1

(21) Deutsches Aktenzeichen: 695 31 996.5

(86) PCT-Aktenzeichen: PCT/US95/14909

(96) Europäisches Aktenzeichen: 95 941 408.7

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: WO 96/017378

(86) PCT-Anmeldetag: 13.11.1995

(87) Veröffentlichungstag

der PCT-Anmeldung: 06.06.1996

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: 03.09.1997

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: 22.10.2003

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: 22.07.2004

(51) Int Cl.⁷: H01R 9/00

H01R 29/00, H01R 12/20, B23K 31/02,

H05K 3/30, H01L 23/49, H01L 21/60,

H01L 23/48, H01L 23/498, H01L 21/66,

H01L 21/68, H01L 23/32

(30) Unionspriorität:

340144 15.11.1994 US

452255 26.05.1995 US

457479 01.06.1995 US

526246 21.09.1995 US

533584 18.10.1995 US

554902 09.11.1995 US

(74) Vertreter:

Kahler, Käck & Mollekopf, 86899 Landsberg

(84) Benannte Vertragsstaaten:

CH, DE, FR, GB, IT, LI

(72) Erfinder:

KHANDROS, Y., Igor, Orinda, US; MATHIEU, L.,
Gaetan, Dublin, US; ELDRIDGE, N., Benjamin,
Hopewell Junction, US; GRUBE, W., Gary, Monroe,
US

(73) Patentinhaber:

Formfactor, Inc., Livermore, Calif., US

(54) Bezeichnung: ELEKTRISCHE KONTAKTSTRUKTUR AUS FLEXIBLEM DRAHT

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingeleitet, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft Kontaktstrukturen zur Herstellung von elektrischen Verbindungen mit, von und zwischen elektronischen Bauteilen, insbesondere mikroelektronischen Bauteilen, und insbesondere Kontaktstrukturen, die Elastizität und/oder Nachgiebigkeit aufweisen. Insbesondere betrifft die Erfindung Kontaktstrukturen mit Kontaktspitzenstrukturen, die an elastischen Verbindungselementen befestigt sind.

[0002] Aufgrund seiner überlegenen leitenden und nicht-korrosiven Eigenschaften ist Gold ein "Material der Wahl" zur Herstellung von elektrischen Verbindungen zwischen elektronischen Bauteilen. Es ist beispielsweise gut bekannt, eine Vielzahl von Drahtbondverbindungen zwischen leitenden Kontaktstellen auf einem Halbleiterchip und den inneren Enden von Leiterrahmenzinken herzustellen. Dies wird als ein Beispiel zur Herstellung von permanenten Verbindungen zwischen einem ersten "aktiven" elektronischen Bauteil (dem Chip) und einem zweiten "passiven" elektronischen Bauteil (dem Leiterrahmen) angeführt.

[0003] Die vorliegende Erfindung verwendet vorteilhafterweise eine Drahtbondausstattung, bei der im Allgemeinen Draht (z. B. Golddraht) von einer Spule durch eine Kapillare (auch als "Bondkopf" bezeichnet) zugeführt wird und an ein Substrat gebondet wird. Im Allgemeinen ist die Art des Bondkopfs durch die Art der durch diesen herzustellenden Bondstelle festgelegt. Wenn der Bondkopf zur Herstellung einer Kugelbondstelle dient, handelt es sich im Allgemeinen um eine "Kapillare". Wenn der Bondkopf zur Herstellung einer Keilbondstelle dient, handelt es sich im Allgemeinen um einen "Keil", wobei diese Begriffe auf dem Fachgebiet anerkannte Bedeutungen aufweisen. Um die Dinge zu vereinfachen, wird nachstehend im großen und ganzen der Begriff "Kapillare" zum Hinweis auf einen Bondkopf verwendet, der sich zur Herstellung von entweder Kugel- oder Keilbondstellen eignet, wobei während des Bondens Wärmeenergie und/oder Druck aufgebracht wird.

[0004] Die folgenden US-Patente (wenn anwendbar, durch die Patentnummer, den ersten genannten Erfinder, den Monat/das Jahr der Ausgabe und die US-Klasse/Unterkategorie zitiert) geben den Stand der Technik des Drahtbondens an:

[0005] US-Patent Nr. 5 110 032 offenbart einen Draht (13), der von einer Drahtspule (12) durch eine Kapillare (10) zugeführt wird. (In diesem Patent wird der Draht 13 isoliert). Eine Steuereinheit (20) ist gezeigt, die eine CPU (Prozessor) und eine Speicher-einheit (Speicher für Softwarebefehle) umfasst. Die Steuereinheit übt eine Steuerung über die Bewegung der Kapillare und über eine Entladungsleistungsschaltung (18) aus, die in Verbindung mit einer Entladungselektrode (17) verwendet wird, um den Draht mit einer Entladungsspannung zu durchtrennen.

[0006] Stifte, d. h. längliche, starre, elektrisch leitende Elemente, sind gut bekannt und werden im Allge-

meinen an Kontaktstellen an elektronischen Gehäusen (einschließlich Chipträgern) hartgelötet.

[0007] Das US-Patent Nr. 3 373 481 offenbart das Ausbilden von stiftartigen Goldsockelstrukturen (13) auf Anschlussteilen (12) eines integrierten Schaltungsbauelements (10) durch Thermokompression von Goldkugeln (13) und Formen der Kugeln mit einem erhitzten Vakuumhalter (14).

[0008] Das US-Patent Nr. 4 418 857 offenbart ein beispielhaftes Verfahren zum Hartlöten von Stiften an Chipträgersubstrate.

[0009] Das US-Patent Nr. 4 955 523 offenbart ein Verfahren zum Verbinden von elektronischen Bauteilen, bei dem Verbindungsdrähte an Kontakte an einem ersten Bauteil (wie z. B. einem Halbleiterchip (1)) ohne Verwendung eines anderen Materials als der Materialien der Kontakte und der Drähte gebondet werden.

[0010] Ein weiterer illustrativer Versuch bei der Herstellung von elastischen Verbindungen ist im US-Patent Nr. 5 299 939 zu finden, das unabhängig biegsame Federn mit signifikanter horizontaler Elastizität, einschließlich Sinus-, Schrauben-, Kragarm- und Knickbalkenformen in Blech- und Drahtformen, offenbart.

[0011] Das US-Patent Nr. 4 793 814 offenbart eine Verbindungssteckeranordnung zum Vorsehen einer elektrischen Verbindung zwischen entsprechenden Kontaktstellen von gegenüberliegenden ersten und zweiten Leiterplatten und umfasst ein elektrisch nicht-leitendes Trägerelement, das ein elastisches Elastomermaterial umfasst.

[0012] Im Allgemeinen erfordert jedes der vorstehend erwähnten und anderen Verfahren zum Bewirken von elektrischen Verbindungen zwischen elektronischen Bauteilen seine eigene "Methodologie" – mit anderen Worten, jedes erfordert seine eigene unterschiedliche Art (z. B. Bonddrähte, Stifte usw.) von Verbindungsstruktur.

[0013] Überdies leidet jedes der vorstehend erwähnten Verfahren unter innewohnenden Begrenzungen. Das Austauschen eines ersten elektronischen Bauteils, das permanent mit einem zweiten elektronischen Bauteil verbunden ist, erfordert beispielsweise typischerweise ein sorgfältiges Loslöten des ersten elektronischen Bauteils vom zweiten elektronischen Bauteil, dann sorgfältiges Löten eines ersten elektronischen Austauschbauteils an das zweite elektronische Bauteil. Buchsen wenden sich dieser Sorge zu, aber fügen (häufig unannehbare) Kosten zu dem Gesamtsystem hinzu. Überdies weist die Sockelmontage gewöhnlich eine geringere Verbindungszuverlässigkeit im Gegensatz zu gelötenen Verbindungen auf. Oberflächenmontageverfahren wie z. B. das vorstehend erwähnte Verfahren zum Versehen des ersten elektronischen Bauteils mit Lötkugeln und Versehen des zweiten elektronischen Bauteils mit leitenden Kontaktstellen erfordern sorgfältig gesteuerte Prozesse, um Zuverlässigkeit zu bewirken, und eignen sich nicht gut zur Demontage (Austausch

von einem der elektronischen Bauteile).

[0014] Wenn man zur Popularität der Verwendung von Gold zur Herstellung von Verbindungen zwischen elektronischen Bauteilen zurückkehrt, leidet Gold, obwohl es eine ausgezeichnete elektrische Leitfähigkeit aufweist, unter bestimmten Mängeln, die für die vorliegende Erfindung relevant sind. Gold weist beispielsweise eine sehr niedrige Dehngrenze auf, eine Eigenschaft, die es für die Verwendung eines Golddrahts in einer (oder als eine) elastische(n) Kontaktstruktur äußerst gegenintuitiv macht. Einfach ausgedrückt, wenn es physikalisch beansprucht wird, verformt sich Gold (z. B. ein Golddraht) gewöhnlich und behält seine verformte Gestalt bei. Dies wird "plastische Verformung" genannt.

[0015] Ein weiterer Mangel der Verwendung von Golddrähten als Verbindungsmedium ist die Neigung von Gold, mit Lötmittel – nämlich mit dem Zinngehalt des üblichen Blei-Zinn-Lötmittels – zu reagieren. Trotz dieser Tatsache sind bestimmte "eutektische" Materialien bekannt, wie z. B. Gold-Zinn, die gewöhnlich erwünschte Verbindungseigenschaften aufweisen. Eutektische Materialien und ihre Eigenschaften werden nachstehend genauer erörtert.

[0016] EP-A-0 396 248, das den nächsten Stand der Technik darstellt, offenbart ein Verfahren zum Installieren einer Vielzahl von elektrischen Stiftelementen auf einem Substrat. Bei diesem Verfahren wird eine Lötsschicht an jedem Übergangspunkt auf einer Leiterplatte eines IC-Chip-Keramiksubstrats vorgeformt. Die Übergangspunkte mit der Lötsschicht sind auf die spezielle Anordnung der Stiftelemente ausgerichtet, die auf einer Keramikplatte (Opfersubstrat) getragen werden. Die Stiftelemente und die Übergangspunkte auf dem Keramiksubstrat sind derart ausgerichtet, dass jedes Stiftelement an jedem Übergangspunkt auf die Lötsschicht gepresst wird. Die Lötsschichten werden erhitzt, wodurch elektrische Lötverbindungen der Stiftelemente mit jeweiligen Übergangspunkten hergestellt werden. In einem Endschritt wird die Keramikplatte, die die Stiftelemente trägt, entfernt. Folglich werden die Stiftelemente an den jeweiligen Übergangspunkten auf dem Keramiksubstrat an ihren unteren Enden fest montiert und mit diesen elektrisch verbunden, während die oberen Enden bereit sind, um Elektroden eines IC-Chipbauelements aufzunehmen.

[0017] Die vorliegende Erfindung stellt einen verbesserten Kontaktmechanismus zum Verbinden von zwei elektronischen Bauteilen bereit. Die Verwendung eines elastischen Basisverbindungselementen, wie in den zugehörigen Patenten beschrieben, stellt eine federnde Verbindung bereit, die ermöglicht, dass ein elektronisches Bauteil mit einem angebrachten Verbindungselement mit einem anderen elektronischen Bauteil in Kontakt kommt. Die elastische Verbindung stellt eine Anzahl von mechanischen Vorteilen bereit. Die vorliegende Erfindung verbessert dieses elastische Verbindungselement durch Ausbilden einer Kontaktspitzenstruktur, dann

Verbinden dieser mit dem Verbindungselement. Im fertiggestellten Produkt befindet sich die Kontaktspitzenstruktur an der Grenzfläche zum zweiten elektronischen Bauteil.

[0018] Die vorliegende Erfindung profitiert ferner von der Herstellung einer Kontaktspitzenstruktur, die eine Topographie umfasst, das heißt nicht nur eine flache Kontaktstelle ist. Insbesondere ist es vorteilhaft, ein oder mehrere spitze Strukturen an der Kontaktspitzenstruktur auszubilden. Dies wird zweckmäßigerweise durch Beginnen mit einem Opfersubstrat, Ausbilden von einer oder mehreren Vertiefungen im Opfersubstrat wie durch Prägen oder Ätzen, dann Ausbilden der Kontaktspitzenstruktur auf dem Opfersubstrat, wobei die Vertiefungen gefüllt werden, durchgeführt. Das elastische Kontaktlement wird an der Kontaktspitzenstruktur befestigt und das Opfersubstrat wird entfernt.

[0019] Die hierin beschriebene Kontaktspitzenstruktur ist bei einer Vielzahl von Stützelementen nützlich. Insbesondere wird ein elastisches Kontaktlement beschrieben, aber ein Fachmann wird andere Stützelemente erkennen, an denen eine Kontaktspitzenstruktur befestigt werden kann.

[0020] Es ist eine allgemeine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, verbesserte Verfahren zum Verbinden von elektronischen Bauteilen, insbesondere mikroelektronischen Bauteilen, bereitzustellen.

[0021] Es ist eine weitere Aufgabe der vorliegenden Erfindung, verbesserte Verfahren zum Montieren von Kontaktstrukturen an elektronischen Bauteilen, insbesondere Halbleiterchips, bereitzustellen.

[0022] Es ist eine weitere Aufgabe der vorliegenden Erfindung, verbesserte Verfahren zum Herstellen von elektronischen Baugruppen bereitzustellen.

[0023] Diese Aufgaben werden durch die in Anspruch 1 beschriebenen Merkmale gelöst.

[0024] Insbesondere umfasst ein Verfahren zum Montieren einer Vielzahl von Kontaktstrukturen an einem elektronischen Bauteil die folgenden Schritte: Herstellen einer Vielzahl von elastischen elektrischen Kontaktstrukturen auf einem Opfersubstrat durch Ausbilden der elektrischen Kontaktstrukturen aus einem biegsamen Kernmaterial und Überziehen des Kernmaterials mit einem Material, das elastischer ist als das Kernmaterial; Bringen des Opfersubstrats in die Nähe zu einem elektronischen Bauteil, so dass die Spitzen der elektrischen Kontaktstrukturen, die sich vom Opfersubstrat erstrecken, mit dem elektronischen Bauteil in Kontakt kommen; in einem einzelnen Schritt Montieren der elektrischen Kontaktstrukturen durch ihre Spitzen am elektronischen Bauteil; und nach dem Montieren der elektrischen Kontaktstrukturen an dem elektronischen Bauteil Entfernen des Opfersubstrats.

[0025] Spezielle Ausführungsbeispiele des erfindungsgemäßen Verfahrens sind in den abhängigen Ansprüchen 2 bis 24 festgelegt.

[0026] Eine resultierende elastische und/oder nachgiebige (federnde) Kontaktstruktur wird auf diese

Weise ausgebildet, die sicher am elektronischen Bauteil montiert wird und die zum Bewirken von vorübergehenden und/oder permanenten Verbindungen des elektronischen Bauteils mit einem anderen elektronischen Bauteil verwendet werden kann, oder die verwendet werden kann, um permanente (z. B. gelöste) Verbindungen des elektronischen Bauteils mit einem anderen elektronischen Bauteil zu bewirken.

[0027] Im Allgemeinen, wie hierin verwendet, umfasst Nachgiebigkeit Elastizität (elastische Verformung) und Biegsamkeit (plastische Verformung). In einigen Fällen sind sowohl plastische als auch elastische Verformung erwünscht. In anderen Fällen (wie z. B. Kontaktstrukturen, die für Sonden verwendet werden), ist nur elastische Verformung erwünscht, aber eine gewisse Plastizität kann annehmbar sein. In anderen Fällen, sind echte Federn, die eine rein elastische Verformung aufweisen, nicht erwünscht, da sie dem Substrat, auf dem sie montiert werden, eine zu hohe Last auferlegen würden. In anderen Fällen (wie z. B. Kontaktstrukturen auf Zwischenschalteinrichtungen) kann eine reine Plastizität erwünscht sein, um Nicht-Planarität Rechnung zu tragen. Die vorliegende Erfindung ermöglicht das Abstimmen der plastischen und elastischen Verformung einer Kontaktstruktur auf die Anwendung (z. B. Lastbedingungen), für die sie vorgesehen ist.

[0028] In einem beispielhaften Ausführungsbeispiel der Erfindung ist das Gerüst (der Drahtschaft) ein Golddraht mit einem Durchmesser im Bereich von 1,8 bis 50,5 µm (0,0007–0,0020 Inch) und der Überbau (Überzug) ist eine Nickelplattierung mit einer Dicke im Bereich von 2,54 bis 254 µm (0,0001–0,0100 Inch).

[0029] Gemäß der Erfindung werden eine Vielzahl von elastischen Kontaktstrukturen an einem elektronischen Bauteil mit einer Vielzahl von Kontaktflächen montiert. Bis zu Hunderten von elastischen Kontaktstrukturen können beispielsweise an einem Halbleiterchip oder an einem Halbleitergehäuse mit bis zu Hunderten von Bondkontaktstellen bzw. Gehäusekontaktestellen montiert werden.

[0030] Der frei stehende Drahtschaft wird mit einem leitenden Metallmaterial überzogen (z. B. plattierte), das zwei Hauptzwecken dient:

- (a) es handelt sich um ein federndes (elastisches) Material wie z. B. Nickel, so dass der resultierende überzogene Drahtschaft (Kontaktstruktur) sich wie eine Feder verhalten kann; und
- (b) es bedeckt den Anschluss (oder die Kontaktstelle oder dergleichen), um den Drahtschaft (und die elastische Kontaktstruktur) fest am Anschluss zu verankern.

[0031] Verschiedene Anwendungen für Kontaktstrukturen, die gemäß den Verfahren der vorliegenden Erfindung hergestellt werden, werden beschrieben, einschließlich der Montage der Kontaktstrukturen an Halbleiterchips, Gehäusen, PCBs usw. Die Verwendung von elastischen Kontaktstrukturen als

Sonden wird auch erläutert. Das Bonden des Drahtschafts an ein Opferelement (oder ein Opferbauteil oder eine Opferstruktur) wird ebenso beschrieben. Mehrlagige Beschichtungen über dem Drahtschaft werden ebenfalls erläutert.

[0032] Weitere Aufgaben, Merkmale und Vorteile der Erfindung werden angesichts der folgenden ausführlichen Beschreibung derselben ersichtlich.

[0033] Nun wird im einzelnen auf bevorzugte Ausführungsbeispiele der Erfindung Bezug genommen, von welchen Beispiele in den zugehörigen Zeichnungen dargestellt sind. Obwohl die Erfindung im Zusammenhang mit diesen bevorzugten Ausführungsbeispielen beschrieben wird, sollte es selbstverständlich sein, dass nicht vorgesehen ist, den Gedanken und Schutzbereich der Erfindung auf diese speziellen Ausführungsbeispiele zu begrenzen.

[0034] **Fig. 1** ist eine perspektivische Ansicht eines Zuführungsdrähts, dessen freies (proximales) Ende durch einen Bondkopf (Kapillare) eines Drahtbonders an ein Substrat gebondet wird, gemäß dem Stand der Technik.

[0035] **Fig. 1A** bis **3D** sind für Erläuterungszwecke dargestellt, wobei gilt:

[0036] **Fig. 1A** ist eine Seitenansicht eines Drahts, dessen freies Ende an einen Anschluss auf einem Substrat gebondet ist.

[0037] **Fig. 1B** ist eine Seitenansicht eines Drahts, dessen freies Ende an ein Substrat durch eine Öffnung in einer Photoresistschicht gebondet ist.

[0038] **Fig. 1C** ist eine Seitenansicht eines Drahts, dessen freies Ende an eine Metallschicht, die auf ein Substrat aufgebracht ist, durch eine Öffnung in einer Photoresistschicht gebondet ist.

[0039] **Fig. 1D** ist eine Seitenansicht des Substrats von **Fig. 1C**, wobei der Draht einen Überzug aufweist.

[0040] **Fig. 1E** ist eine Seitenansicht des Substrats von **Fig. 1D**, wobei die Photoresistschicht entfernt ist und die Metallschicht teilweise entfernt ist.

[0041] **Fig. 1F** ist eine Seitenansicht eines Drahts, dessen freies Ende an ein Substrat gebondet ist, welches ein Opfersubstrat sein kann, gemäß dem Stand der Technik.

[0042] **Fig. 2** ist eine Seitenansicht eines Drahts, der so gestaltet wurde, dass er eine Form aufweist, und der mit mehreren (mindestens zwei) Schichten aus einem Material überzogen wurde, um eine elastische Kontaktstruktur zu erzeugen.

[0043] **Fig. 2A** ist eine Seitenansicht eines Drahts, der so gestaltet wurde, dass er eine "federfähige" Form aufweist (eine Form, die eine Gestalt festlegt), und der vollständig mit einer einzelnen Metallschicht überzogen ("umhüllt") wurde, um eine elastische Kontaktstruktur zu erzeugen.

[0044] **Fig. 2B** ist eine Seitenansicht eines Drahts, der so gestaltet wurde, dass er eine federfähige Form aufweist, und der teilweise mit einer einzelnen Metallschicht überzogen ("ummantelt") wurde, um eine elastische Kontaktstruktur zu erzeugen.

[0045] **Fig. 2C** ist eine Seitenansicht eines Drahts, der so gestaltet wurde, dass er eine federfähige Form aufweist, und der vollständig mit einer einzelnen Materialschicht überzogen ("umhüllt") wurde, um eine elastische Kontaktstruktur mit Mikrovorsprüngen auf ihrer Oberfläche zu erzeugen.

[0046] **Fig. 2D** ist eine Seitenansicht eines Drahts, der so gestaltet wurde, dass er eine federfähige Form aufweist, und der vollständig mit mehreren (mindestens zwei) Materialschichten überzogen ("umhüllt") wurde, um eine elastische Kontaktstruktur mit Mikrovorsprüngen auf ihrer Oberfläche zu erzeugen.

[0047] **Fig. 2E** ist eine Seitenansicht eines Drahts, der so gestaltet wurde, dass er eine federfähige Form aufweist, und der vollständig mit einer Materialschicht überzogen ("umhüllt") wurde, und der ferner in ein nachgiebiges elektrisch leitendes Material, wie z. B. ein Elastomermaterial, eingebettet wurde.

[0048] **Fig. 2F** ist eine schematische Darstellung einer beispielhaften elastischen Kontaktstruktur, die zu einer federfähigen Form gestaltet und überzogen ist (Überzug bei dieser Figur weggelassen), welche die Fähigkeit der Kontaktstruktur zeigt, sich als Reaktion auf eine aufgebrachte Biegekraft (F) zu verbiegen.

[0049] **Fig. 2G** ist eine Seitenansicht eines Drahts, der so gestaltet wurde, dass er eine federfähige Form aufweist, und der vollständig mit mindestens einer Beschichtung in Verbindung mit dem Aufbringen von Wärme während des Überzugs- (z. B. Plattieren) Prozesses überzogen ("umhüllt") wurde.

[0050] **Fig. 2H** ist eine Seitenansicht eines Drahts, der so gestaltet wurde, dass er eine gerade, stiftartige Form aufweist, und der vollständig mit mindestens einer Beschichtung in Verbindung mit dem Aufbringen von Wärme während des Überzugs- (z. B. Plattieren) Prozesses überzogen ("umhüllt") wurde.

[0051] **Fig. 2I** ist eine Seitenansicht eines Ausführungsbeispiels, bei dem zwei Drahtschäfte an einem einzelnen Anschluss montiert und überzogen sind.

[0052] **Fig. 3A** ist eine Seitenansicht eines Drahts, der zu einer Schleife gestaltet ist, wobei das distale Ende des Drahts an ein Opferelement gebondet ist.

[0053] **Fig. 3B** ist eine Seitenansicht des zu einer Schleife geformten Drahts von **Fig. 3A**, nachdem er überzogen wurde.

[0054] **Fig. 3C** ist eine Seitenansicht des zu einer Schleife geformten, überzogenen Drahts von **Fig. 3B**, nachdem das Opferelement entfernt wurde.

[0055] **Fig. 3D** ist eine Seitenansicht des zu einer Schleife geformten Drahts von **Fig. 3A**, nachdem das Opferelement entfernt wurde, aber bevor der Draht überzogen wurde:

[0056] **Fig. 4A** ist eine Seitenansicht eines Drahts, der zu einer Form gestaltet und überzogen wurde, in einem Ausführungsbeispiel einer elastischen Sonde gemäß der vorliegenden Erfindung.

[0057] **Fig. 4B** ist eine Seitenansicht eines Drahts, der zu einer Form gestaltet und überzogen ist, in einem alternativen Ausführungsbeispiel einer elastischen Sonde gemäß der vorliegenden Erfindung.

[0058] **Fig. 4C** ist eine Seitenansicht einer mehrlagigen Kontaktstelle für eine elastische Kontaktstruktur gemäß der vorliegenden Erfindung.

[0059] **Fig. 5A–5C** sind Seitenansichten einer ersten Phase (Phase-1) eines Prozesses zum Ausbilden einer Chipnadelkarte mit elastischen Kontakten gemäß der vorliegenden Erfindung.

[0060] **Fig. 5D–5G** sind Seitenansichten einer zweiten Phase (Phase-2) eines Prozesses zum Ausbilden einer Chipnadelkarte mit elastischen Kontakten gemäß der vorliegenden Erfindung.

[0061] **Fig. 5H–5I** sind Seitenansichten eines alternativen Ausführungsbeispiels einer zweiten Phase (Phase-2) eines Prozesses zum Ausbilden einer Chipnadelkarte mit elastischen Kontakten gemäß der vorliegenden Erfindung.

[0062] **Fig. 5J** ist eine Seitenansicht eines Ausführungsbeispiels eines Drahts, der so gestaltet und überzogen ist, dass er als Sonde wirkt, gemäß der vorliegenden Erfindung.

[0063] **Fig. 5K** ist eine Seitenansicht eines weiteren Ausführungsbeispiels eines Drahts, der so gestaltet und überzogen ist, dass er als Sonde wirkt, gemäß der vorliegenden Erfindung.

[0064] **Fig. 6A–6F** sind Seitenansichten, die eine Prozessfolge zum Montieren von elastischen Kontaktstrukturen an einem Opfersubstrat gemäß der vorliegenden Erfindung darstellen.

[0065] **Fig. 7A–7C** sind Seitenansichten eines "Simultantransfer"-Verfahrens zum Montieren von elastischen Kontaktstrukturen an einer Außenfläche eines Halbleitergehäuses gemäß der vorliegenden Erfindung.

[0066] **Fig. 7D** ist eine Seitenansicht eines Verfahrens zum Montieren von elastischen Kontaktstrukturen an Aussparungen in einer Oberfläche eines Halbleitergehäuses gemäß der vorliegenden Erfindung.

[0067] **Fig. 7E** ist eine Seitenansicht eines Verfahrens zur Herstellung einer Nadelkarte gemäß der vorliegenden Erfindung.

[0068] **Fig. 7F** ist eine Seitenansicht eines Verfahrens zum Anordnen einer äußeren Schicht auf einer elastischen Kontaktstruktur, um sie auf dem Substrat, an dem sie montiert ist, sicherer zu machen, gemäß der vorliegenden Erfindung.

[0069] In den hierin dargestellten Seitenansichten werden häufig Teile der Seitenansicht zur Deutlichkeit der Erläuterung im Querschnitt dargestellt. In vielen der Ansichten ist der Drahtschaft beispielsweise ausgefüllt, als fette Linie dargestellt, während der Überzug im wahren Querschnitt (häufig ohne Schraffierung) dargestellt ist.

[0070] In den hierin dargestellten Figuren ist die Größe von bestimmten Elementen für die Deutlichkeit der Erläuterung häufig übertrieben (nicht maßstäblich gegenüber anderen Elementen in der Figur).

[0071] In den hierin dargestellten Figuren sind die Elemente häufig mit der Figurnummer als "Präfix" nummeriert und die "Suffixe" beziehen sich häufig auf ähnliche Elemente.

[0072] Diese Erfindung geht über die Erfindungen hinaus, die im US-Patent Nr. 5 476 211 (nachstehend als "AKTE-1" bezeichnet) und WO 95/14314 (nachstehend als "AKTE-2" bezeichnet) offenbart sind.

[0073] **Fig. 1**, die zu **Fig. 1** von AKTE-1 ähnlich ist, zeigt einen Draht **102**, der durch eine Kapillare **104** (im Querschnitt gezeigt) eines Drahtbonders führt. Der Draht **102** wird von einer Spule **106** der Kapillare zugeführt. Die Kapillare **104** wird in Richtung einer Oberfläche **108a** eines Substrats **108** gebracht, so dass das freie Ende **102a** des Drahts **102** mit der Oberfläche **108a** des Substrats **108** in Kontakt kommt und in einer beliebigen geeigneten Weise an diese gebondet wird. Das Bonden eines freien Endes eines Drahts an eine Oberfläche eines Substrats ist gut bekannt und erfordert keine weitere Ausführungen.

[0074] Wie in **Fig. 1** gezeigt, wird das freie Ende **102a** des Drahts **102** an die Oberfläche **108a** des Substrats innerhalb einer willkürlich festgelegten "Kontaktfläche" **110** gebondet (in gestrichelten Linien dargestellt). Diese Kontaktfläche **110** kann eine beliebige Form (rechteckig gezeigt, kann kreisförmig oder eine beliebige andere willkürliche Form sein) aufweisen und ist deutlich größer als der und umschließt den Ort (relativ kleine Fläche) (fasst diesen ein), an dem das freie, gebondete Ende **102a** des Drahts **102** an die Oberfläche **108a** des Substrats **108** gebondet wird.

[0075] Wie nachstehend genauer erörtert wird, wird das gebondete Ende **102a** des Drahts **102** in vielen Ausführungsbeispielen, die folgen, zum "proximalen Ende" eines resultierenden "Drahtschafts".

[0076] **Fig. 1A** zeigt, dass das freie Ende **102a** des Drahts **102** an einen leitenden Anschluss **112** auf der Oberfläche **108a** des Substrats **108** gebondet werden kann. Die Ausbildung eines leitenden Anschlusses (oder einer "Kontaktstelle" oder "Bondkontaktstelle") auf einer Oberfläche eines Substrats und das Bonden eines Drahts an diesen ist gut bekannt. In diesem Fall bildet der Anschluss **112** die Kontaktfläche **110** (legt diese fest) (siehe **Fig. 1**). In **Fig. 1A** ist die Kapillare **104** in gestrichelten Linien dargestellt und ist stilisiert.

[0077] **Fig. 1B** zeigt, dass das freie Ende **102a** des Drahts **102** an eine Metall- (leitende) Schicht **114** auf einem (typischerweise nicht-leitenden oder halbleitenden) Substrat **108** durch eine Öffnung **116**, die in eine darüberliegende Photoresistschicht **118** geätzt ist, gebondet werden kann. In diesem Fall bildet die Öffnung **116** im Photoresist die Kontaktfläche **110** (siehe **Fig. 1**). In **Fig. 1B** ist die Kapillare **104** in gestrichelten Linien dargestellt und ist stilisiert.

[0078] **Fig. 1C**, **1D** und **1E** zeigen ein Verfahren zum Bonden des freien Endes **102a** des Drahts **102** an eine Oberfläche eines Substrats **108**, welches ein bevorzugtes Verfahren zum Bonden des Drahts **102** an Halbleitersubstrate ist. In **Fig. 1C** ist die Kapillare **104** in gestrichelten Linien dargestellt und ist stilisiert. In **Fig. 1C** ist gezeigt, dass die leitende Schicht **120** (wie in **Fig. 1B**) auf der oberen Oberfläche des Sub-

strats **108** angeordnet ist. Diese Schicht **120** kann eine obere Metallschicht sein, die normalerweise für eine Bondstelle zum Chip heraus vorgesehen ist, wie durch Öffnungen **122** in einer Passivierungsschicht **124** (typischerweise Nitrid) festgelegt. In dieser Weise würde eine Bondkontaktstelle festgelegt werden, die eine Fläche entsprechend der Fläche der Öffnung **122** in der Passivierungsschicht **124** aufweisen würde. Normalerweise (d. h. gemäß dem Stand der Technik) würde ein Draht an die Bondkontaktstelle gebondet werden.

[0079] Eine unstrukturierte Schicht **126** aus Metallmaterial (z. B. Aluminium) wird über der Passivierungsschicht **124** in einer Weise abgeschieden, dass die leitende Schicht **126** formgetreu der Topographie der Schicht **124** folgt, einschließlich "Eintauchen" in die Öffnung **122** und elektrisches Kontaktieren der Schicht **120**. Eine strukturierte Schicht **128** aus Photoresist wird über der Schicht **126** mit Öffnungen **132** aufgebracht, die über den Öffnungen **122** in der Passivierungsschicht **124** ausgerichtet sind. Ein wichtiges Merkmal dieses Verfahrens besteht darin, dass die Öffnung **132** größer ist als die Öffnung **122**, wie offensichtlich ist, führt dies zu einer größeren Bondfläche (durch die Öffnung **132** festgelegt) als ansonsten (wie durch die Öffnung **122** festgelegt) auf dem Halbleiterchip (**108**) vorhanden ist. Das freie Ende **102a** des Drahts **102** wird an die obere (wie gesehen) Oberfläche der leitenden Schicht **126** innerhalb der Öffnung **132** gebondet. Nachdem der Draht so gestaltet wurde, dass er eine Form aufweist, und abgetrennt wurde, um einen "Drahtschaft" zu erzeugen, wird der Drahtschaft überzogen (wie nachstehend mit Bezug auf **Fig. 2**, **2A-2F** beschrieben). (Für die Zwecke dieser Erörterung wird ein überzogener Drahtschaft als "elastische Kontaktstruktur" **130** bezeichnet.) Diese ist in einer allgemeinen beispielhaften Weise in **Fig. 1D** dargestellt, in der zu sehen ist, dass ein Material **134**, das den Drahtschaft überzieht (d. h. den geformten Draht **102**, der in den **Fig. 1D** und **1E** als dicke, durchgezogene Linie dargestellt ist), den Drahtschaft vollständig umhüllt und auch die leitende Schicht **126** innerhalb der durch die Öffnung **132** in dem Photoresist **128** festgelegten Fläche bedeckt. Der Photoresist **128** wird dann entfernt (wie z. B. durch chemisches Ätzen oder Waschen) und das Substrat wird einem selektiven Ätzen (z. B. chemisch Ätzen) unterzogen, um das gesamte Material von der leitenden Schicht **126** zu entfernen, abgesehen von demjenigen Teil der Schicht **126**, der mit dem Material **134** bedeckt ist, das den Drahtschaft überzieht. Dies führt zu der in **Fig. 1E** gezeigten Struktur, von welcher ein signifikanter Vorteil darin besteht, dass die Kontaktstruktur **130** sicher an einer Fläche (die durch die Öffnung **132** im Photoresist festgelegt wurde) verankert ist (durch das Beschichtungsmaterial **134**), welche leicht größer gemacht werden kann als das, was ansonsten (z. B. im Stand der Technik) als Kontaktfläche einer Bondkontaktstelle (d. h. die Öffnung **122** in der Passivierungsschicht **124**) be-

trachtet werden würde. In diesem Fall ist die durch die Öffnung **132** im Photoresist **128** festgelegte Fläche die Kontaktfläche (**110**).

[0080] **Fig. 1F** zeigt, dass das freie Ende **102a** des Drahts **102** an ein leitendes (z. B. metallisches, wie durch die Einlinien-Schraffierung angegeben) Substrat **108** gebondet werden kann, das, wie nachstehend genauer erörtert wird, ein Opfersubstrat sein kann (z. B. ein Substrat, das nach dem Bonden des Drahts an dieses abgelöst wird). In diesem Fall ist die Kontaktfläche **110** nicht dargestellt, aber wird willkürlich in der in **Fig. 1** angegebenen Weise festgelegt. In **Fig. 1F** ist die Kapillare **104** in gestrichelten Linien dargestellt und ist stilisiert.

[0081] In allen vorstehend dargelegten Fällen (**Fig. 1, 1A, 1B, 1C–1E, 1F**), welche Fälle beispielhaft und nicht begrenzend sein sollen, wird das freie Ende (**102a**) des Drahts (**102**) innerhalb einer festgelegten Fläche (**110**) auf einem Substrat gebondet. Wie jedoch leicht aus den Zeichnungen ersichtlich ist, belegt die Bondstelle (des proximalen Endes des Drahts) selbst eine relativ kleine Fläche innerhalb der festgelegten Fläche (**110**). Als Beispiel kann die kleine Fläche der Bondstelle selbst nur 5–50% der Gesamtfläche der Kontaktfläche **110** sein und liegt vorzugsweise nicht an einer Kante der Kontaktfläche, sondern ist vorzugsweise mehr oder weniger innerhalb der Kontaktfläche zentriert.

[0082] Wie nachstehend erörtert, wird der Drahtschaft mit einem Material überzogen, das diesem Elastizität verleiht und das sich an der gesamten Kontaktfläche verankert.

[0083] Der Draht ist ein längliches Element mit einer Größe und aus einem Material, das leicht zu einer Form (d. h. "biegsam") hergestellt wird, wie nachstehend erörtert. Wie ersichtlich wird, ist es nicht von spezieller Bedeutung für die vorliegende Erfindung, dass der Draht in der Lage ist, zwischen zwei elektronischen Bauteilen Elektrizität zu leiten, da der Draht (in den meisten der nachstehend beschriebenen Ausführungsbeispiele) vollständig mit einem leitenden Material überzogen wird. Es liegt jedoch sicher innerhalb des Schutzbereichs dieser Erfindung, dass der Draht aus einem Material besteht, das leitend ist.

[0084] Gemäß der vorliegenden Erfindung überschatten die "existentiellen" Eigenschaften des Drahts (d. h. seine Fähigkeit, geformt und überzogen zu werden) gewöhnlich im Allgemeinen seine strukturellen oder elektrischen Eigenschaften. Sobald der Drahtschaft mit einem elastischen, elektrisch leitenden Material überzogen ist, wird der Drahtschaft überdies weitgehend überflüssig.

[0085] Ein beispielhaftes Material für den Draht ist Gold in Form eines runden (Querschnitt) Drahts mit einem Durchmesser (Dicke) von ungefähr 25 µm (0,0010 Inch). Dies umfasst, ist jedoch nicht begrenzt auf Durchmesser im Bereich von 20–50 µm. Der Draht liegt vorzugsweise im Bereich von 0,0005 bis 0,0030 Inch (12–75 µm). Ein solcher Draht ist gut formbar (zu einer gewünschten Form), ist ein ausge-

zeichneter elektrischer Leiter, ist gut verfügbar und weist eine gute Langzeitbeständigkeit gegen Korrosion auf.

[0086] Golddraht ist von verschiedenen Lieferanten in einer Vielzahl von Größen (z. B. 25 µm (0,001 Inch) Durchmesser) und Zusammensetzungen leicht erhältlich. Beispielsweise:

- 99,99% Gold plus Beryllium;
- 99,99% Gold plus Kupfer;
- 1% Siliziumaluminiumlegierung; und
- 1% Magnesiumaluminiumlegierung.

[0087] Kupferdraht, der vorzugsweise so rein wie möglich ist, ist auch leicht erhältlich und zur Verwendung als Drahtschaft der vorliegenden Erfindung geeignet.

[0088] Andere (als Gold) geeignete Materialien für den Draht, für die ein ähnlicher Bereich von Durchmessern anwendbar wäre, umfassen:

Aluminium;
Kupfer, legiert mit kleinen Mengen anderer Metalle, um gewünschte physikalische Eigenschaften zu erhalten, wie z. B. mit Beryllium, Cadmium, Silizium und Magnesium;

Gold, Kupfer oder Aluminium, legiert mit Materialien wie z. B. Blei, Zinn, Indium, Cadmium, Antimon, Wismut, Beryllium und Magnesium;

Silber, Palladium, Platin;

Metalle oder Legierungen wie z. B. Metalle der Platingruppe; und

Blei, Zinn, Indium und ihre Legierungen.

[0089] Im Allgemeinen wäre ein Draht aus einem beliebigen Material, das für das Bonden zugänglich ist (unter Verwendung von Temperatur, Druck und/oder Ultraschallenergie, um das Bonden durchzuführen), für die Ausführung der Erfindung geeignet.

[0090] Vorzugsweise ist das Material des Drahts Gold, Aluminium, Kupfer oder ihre Legierungen. Beispielsweise:

1. Gold, dotiert (legiert) mit Beryllium (z. B. weniger als 12 ppm, vorzugsweise 5–7 ppm) oder Cadmium
2. Aluminium, dotiert mit Silizium oder Magnesium, alternativ mit Silber oder Kupfer
3. Platin/Palladium, gemischt mit Kupfer/Silber

[0091] Wie nachstehend genauer erörtert wird, wird der Draht in vielen der hierin beschriebenen Ausführungsbeispiele abgetrennt, so dass er ein distales Ende und eine Länge aufweist. Der Draht kann eine beliebige gewünschte Länge aufweisen, würde jedoch typischerweise eine bestimmte Länge aufweisen, die seiner Verwendung in Verbindung mit Halbleiterbauelementen und -gehäusen mit kleiner Geometrie entspricht, wobei seine Länge 0,2–13 mm (0,010 Inch bis 0,500 Inch) betragen würde.

[0092] Der Draht muss keinen kreisförmigen Querschnitt aufweisen, obwohl derartiges bevorzugt ist. Der Draht kann einen rechteckigen Querschnitt aufweisen oder kann einen Querschnitt mit noch einer

anderen Form aufweisen.

[0093] Herkömmliches Drahtbonden erfordert, dass robuste Bondstellen an beiden Enden einer Drahtbondschleife hergestellt werden, um unter anderem eine Dekohäsion zu vermeiden. Die Bondfestigkeit ist von größter Bedeutung und die Prozesseinschränkungen sind relativ sehr starr.

[0094] Gemäß der vorliegenden Erfindung werden die Einschränkungen für das Bonden eines Drahtschafts an ein Substrat erheblich gelockert (z. B. gegenüber dem herkömmlichen Drahtbonden). Solange der Drahtschaft während des Formens und Überziehens an der Stelle bleibt, ist die Bondfestigkeit im Allgemeinen "ausreichend". Dies berücksichtigt auch die breite Vielfalt von vorstehend dargelegten Drahtmaterialien, wobei das Material im Allgemeinen wegen anderen Eigenschaften als der Unempfindlichkeit einer mit diesem ausgebildeten Bondstelle ausgewählt wird.

[0095] Sobald das freie (proximale) Ende (102a) des Drahts (102) an das Substrat (108) gebondet wurde, wird die Kapillare (104) im Allgemeinen nach oben (in einer z-Achsen-Richtung) von der Oberfläche des Substrats bewegt und das Substrat, das typischerweise an einem x-y-Tisch (nicht dargestellt) montiert ist, wird in den x- und y-Richtungen bewegt. Dies verleiht eine relative Bewegung zwischen der Kapillare und dem Substrat, die nachstehend im großen und ganzen so beschrieben wird, dass die Kapillare in drei Achsen (x-Achse, y-Achse, z-Achse) bewegt wird. Wenn sich die Kapillare bewegt, "kommt" der Draht aus dem Ende der Kapillare heraus.

[0096] Gemäß der Erfindung wird die relative Bewegung zwischen der Kapillare und dem Substrat gesteuert und verleiht dem Draht eine gewünschte Form.

[0097] Bei typischen Drahtbondvorgängen wird ein freies Ende eines Drahts (z. B. an eine Bondkontakte Stelle auf einem Halbleiterchip) gebondet, die Kapillare bewegt sich nach oben (zu einer vorgeschriebenen Höhe oberhalb der Oberfläche des Substrats), das Substrat bewegt sich darüber (typischerweise ist es das Substrat, das bewegt wird, um eine relative Bewegung in der x-y-Ebene zwischen dem Substrat und der Kapillare zu verleihen), und die Kapillare wird wieder nach unten bewegt (z. B. auf eine Bondstelle auf Leiterbahnen eines Leiterrahmens, eines Halbleitergehäuses oder dergleichen). Der Draht kommt während dieser relativen Bewegung der Kapillare aus der Kapillare heraus. Obwohl diese (z. B. Aufwärts/Darüber/Abwärts-) Bewegung der Kapillare (im Stand der Technik) dem Draht eine im Allgemeinen bogenförmige "Form" verleiht (selbst ein gerader Draht kann als eine "Form" aufweisend betrachtet werden), ist die "Formgebung" der vorliegenden Erfindung völlig anders.

[0098] Wie durchaus ersichtlich ist, wird der Drahtschaft so geformt, dass eine Kontaktstruktur mit einem Drahtschaft, der überzogen wird, wie z. B. durch Plattieren, als elastische Kontaktstruktur wirkt.

[0099] Im Gedanken daran ist es ersichtlich, dass das Konzept des "Formens" des Drahts gemäß der vorliegenden Erfindung von irgendeinem zufälligen (d. h. nicht beabsichtigt, um eine resultierende elastische Kontaktstruktur herzustellen) "Formen" des Standes der Technik vollständig verschieden ist. wie hierin verwendet, unterscheidet sich das Konzept des "Formens" des Drahts drastisch vom Formen des Standes der Technik in der Weise, in der der Draht geformt wird, sowohl im zugrundeliegenden Zweck des Formens des Drahts als auch in der resultierenden Geometrie der Drahtform.

[0100] Wie nachstehend genauer erörtert wird, wird, sobald das proximale Ende des Drahts an das Substrat gebondet ist, es absichtlich (im Gegensatz zu zufällig) "geformt", "gestaltet" oder konfiguriert, so dass es eine endgültige, erwünschte geometrische Form aufweist, die als das dient, was in den Hauptfällen als "Gerüst" zum Herstellen der physikalischen Gestalt einer anschließenden Beschichtung über dem Draht, die der Form des Drahts entspricht und die einer anschließenden Kontaktstruktur des beschichteten Drahts Elastizität verleiht, bezeichnet wurde (andere Vorteile der Beschichtung zusätzlich zum Verleihen von Elastizität dem geformten Drahtschaft werden nachstehend beschrieben). Wenn die Begriffe "Konfigurieren", "Gestalten", "Ausbilden", "Formen" und dergleichen hierin verwendet werden, sollen sie daher speziell so interpretiert werden, dass sie eine Bedeutung haben, die die Fähigkeit des Drahts beschreibt, eine resultierende Konfiguration für eine Beschichtung herzustellen, die der resultierenden Kontaktstruktur (beschichteter Draht) Elastizität (Federungsvermögen) verleiht.

[0101] Nach dem Lesen dieser Patentanmeldung wird ein Fachmann, den die vorliegende Erfindung am ehesten betrifft, verstehen, dass der Drahtschaft, sobald er geformt und überzogen ist, selbst im Wesentlichen überflüssig ist – wobei das Überzugsmaterial die erforderliche elektrische Leitfähigkeit und die gewünschte mechanische Eigenschaft der resultierenden elastischen Kontaktstruktur bereitstellt. Wie jedoch ersichtlich ist, ist es in bestimmten Ausführungsbeispielen der Erfindung erforderlich, dass der Drahtschaft elektrisch leitend ist, da ein elektrischer Kontakt mit diesem hergestellt wird.

[0102] In einer Hinsicht wirkt der Drahtschaft der vorliegenden Erfindung in einer Weise analog zu einem "Gerüst" – einem vorübergehenden Gerüst oder Träger, das/der bei der Konstruktion verwendet wird, um die resultierende Form von Stein- oder Ziegelgewölben herzustellen. Als Folgerung zu dieser Analogie kann der Überzug als als "Überbau" wirkend betrachtet werden.

[0103] In einer anderen Hinsicht wirkt der Drahtschaft in einer Weise analog zu einem "Dorn" – einem Kern, um den andere Materialien geformt werden können.

[0104] In noch einer anderen Hinsicht wirkt der Drahtschaft als "Schablone" – ein Muster oder Modell

für einen Gegenstand, der hergestellt oder synthetisiert wird.

[0105] Es ist selbstverständlich, dass diese Analogien insofern nicht perfekt sind, als Gerüste, Dorne und Schablonen typischerweise entfernt werden, nachdem sie ihrem vorgesehenen Zweck gedient haben. Im Fall des Drahtschafts der vorliegenden Erfindung ist es nicht erforderlich, den Drahtschaft, wenn er überzogen ist, zu entfernen, obwohl Ausführungsbeispiele, bei denen der Drahtschaft entfernt wird, offenbart werden.

[0106] Vielleicht ist eine passendere Analogie, dass der Drahtschaft als "Entwurf" in der Weise dient, dass ein Entwurf vor dem Schreiben eines Buchs erzeugt werden kann. Der Entwurf beschreibt, was das Buch "sein wird", und kann im Buch enthalten sein oder kann verworfen werden, nachdem das Buch geschrieben ist. In beiden Fällen legt der Entwurf die resultierende Form des Buchs fest.

[0107] In den Hauptakten wurde der geformte Drahtschaft als "Gerüst" – eine Trägerstruktur oder ein Rahmenwerk – bezeichnet. Dies ist auch insofern eine nützliche Wahl von Begriffen, als ein Gerüst typischerweise an der Stelle bleibt. Wie das menschliche Skelett (Rahmenwerk von Knochen), das die Form des darüberliegenden Gewebes festlegt, legt der Drahtschaft der vorliegenden Erfindung die Form der resultierenden Kontaktstruktur fest. Im Gegensatz zum menschlichen Skelett, das an der Stelle bleiben muss, damit das darüberliegende Gewebe seine vorgesehene Funktion erfüllt, und das signifikant zu den "mechanischen" Eigenschaften des menschlichen Körpers beiträgt, muss jedoch der Drahtschaft der vorliegenden Erfindung nicht an der Stelle bleiben, damit die darüberliegende Materialbeschichtung ihre vorgesehene Funktion erfüllt, und der Drahtschaft trägt nicht signifikant zu den mechanischen Eigenschaften der resultierenden Kontaktstruktur bei.

[0108] Einer der signifikanten Vorteile der Verwendung eines leicht verformbaren, kaltverformbaren, nachgiebigen Materials für den Drahtschaft besteht darin, dass es leicht gestaltet wird, um eine Form für den auf dieses aufgebrachten Überzug festzulegen, ohne die physikalischen Eigenschaften (z. B. Zugfestigkeit, Elastizität usw.) der resultierenden elastischen Kontaktstruktur signifikant zu verändern. Insofern als der Drahtschaft als wichtiger erster Schritt in dem Gesamtprozess (begonnen, aber nicht beendet) zur Herstellung einer resultierenden Kontaktstruktur dient, kann der Drahtschaft als "unausgeformte" Kontaktstruktur gekennzeichnet werden.

[0109] Da die vorliegende Erfindung hauptsächlich auf die Herstellung von elastischen Kontaktstrukturen zum Verbinden von elektronischen Bauteilen wie z. B. Halbleiterchips abgezielt ist, können, da die elastischen Kontaktstrukturen in vielen Fällen für das bloße Auge kaum sichtbar sind, der Beitrag und die Gestaltung des Drahtschafts leichter visualisiert werden, indem eine Länge (z. B. eine Länge von 15,24

cm (sechs Inch)) aus kaltverformbarem Draht (wie z. B. eines Kupferdrahts mit der Drahtdicke 14 oder eines Blei-Zinn-Lötdrahts mit vergleichbarer Drahtdicke) genommen wird, ein Ende des Drahts in einem Loch in einem Holzblock montiert wird und manuell (mit der Hand) ein frei stehender Drahtschaft mit irgendeiner der hierin beschriebenen federfähigen Konfigurationen geformt wird. Es ist zu sehen, dass eine Druckkraft (z. B. von mehreren Unzen, die durch die Fingerspitze des Benutzers aufgebracht wird), welche an der Spitze des Drahtschafts in Richtung des Blocks aufgebracht wird, zur Drahtschaftverformung führt – wobei ein sehr geringes "Federungsvermögen" für den Drahtschaft selbst besteht. Eine Analogie zu einem überzogenen Drahtschaft, der gemäß der vorliegenden Erfindung ausgebildet wird, wäre mehr wie ein Stahldraht (wie z. B. eine Länge von 15,24 cm (sechs Inch) eines Kleiderbügeldrahts), der in derselben Weise wie das Lötmittel geformt wird, wobei in diesem Fall der Stahldraht ein merkliches Federungsvermögen (oder Rückfederung) aufweist, wenn eine Druckkraft auf diesen aufgebracht wird. (Es ist selbstverständlich, dass der Stahldraht kein "Überzug" über einem verformbaren Drahtschaft ist.) Der Überzug (z. B. aus Nickel) auf einem leicht geformten, Drahtschaft (z. B. aus Gold) weist eine Elastizität analog zu jener des Kleiderbügeldrahts auf.

[0110] Mit anderen Worten, während das Drahtbünden des Standes der Technik, das das Bünden eines Endes eines Drahts an einer Stelle, das Bewegen (aufwärts und darüber, dann abwärts) zu einer anderen Stelle, dann das Bünden und Durchtrennen beinhaltet, als Verleihen einer "Form" dem resultierenden Draht betrachtet werden könnte, ist die (im Allgemeinen bogenförmige) resultierende Form relativ zufällig. Im Gegensatz dazu wird der Draht gemäß der vorliegenden Erfindung absichtlich (anstatt zufällig) im Wesentlichen entlang seiner gesamten Länge "gestaltet" oder "konfiguriert", so dass er eine spezielle funktionale (Prototyper) Form aufweist. Eine weitere nützliche Terminologie zum Beschreiben, dass dem Draht eine Form verliehen wird, so dass er elastisch ist (wenn er überzogen ist), ist das "Winden" (oder "Konfigurieren") des Drahts zu einer "gewundenen" Form (oder "Konfiguration").

[0111] Die allgemeine Unfähigkeit einer Drahtbondschleife des Standes der Technik, als elastische Kontaktstruktur zu funktionieren, selbst wenn sie überzogen (z. B. mit Nickel) ist, kann durch Einfügen beider Enden des vorstehend erwähnten Kleiderbügeldrahts in zwei Löcher im Holzblock und Aufbringen derselben Druckkraft auf diese (vielmehr an der Oberseite der Krümmung als an der Spitze) demonstriert werden. Selbst mit diesem "rohen" Modell kann der Verlust des Federungsvermögens leicht beobachtet werden.

[0112] In vielen der nachstehend beschriebenen Ausführungsbeispiele wird ein Draht so gestaltet (konfiguriert), dass er mindestens zwei Biegungen aufweist, was die "Gestaltung" (Konfiguration, Form-

gebung, Ausbildung) einer Form der vorliegenden Erfindung von zufälligen, typischerweise Formen mit einer Biegung des Standes der Technik auch unterscheidet. In einer anderen Hinsicht zieht die vorliegende Erfindung das absichtliche "Entwickeln" einer Form, die als Feder im Draht funktioniert (sobald er überzogen ist), in Betracht.

[0113] In vielen der nachstehend beschriebenen Ausführungsbeispiele wird der Draht so konfiguriert, dass er eine Form aufweist, die in einer speziellen Richtung (typischerweise von der Oberfläche des Substrats weg) beginnt, sich dann in einer Richtung biegt, sich dann in einer anderen Richtung biegt, dann in derselben speziellen Richtung, aus der er begonnen hat, endet (d. h. von der Oberfläche des Substrats weg).

[0114] Sobald der Draht an das Substrat gebondet, so gestaltet, dass er eine Form aufweist, und durchtrennt ist, so dass ein Drahtschaft mit einem distalen Ende vorliegt, wird der resultierende Drahtschaft gemäß der Erfindung beschichtet.

[0115] Im Allgemeinen ist die auf den Drahtschaft aufgebrachte Beschichtung ein leitendes Metallmaterial wie z. B. ein Metall, wie z. B. Nickel, Kobalt, Kupfer, Legierungen von diesen und dergleichen, was nachstehend genauer beschrieben wird.

[0116] Der überzogene Drahtschaft wird als "elastische" und/oder "nachgiebige" Kontaktstruktur betrachtet, die ihre federartigen (elastischen) Eigenschaften (z. B. Nachgiebigkeit ohne plastische Verformung) im Allgemeinen von den mechanischen Eigenschaften des Überzugsmaterials und der federfähigen Form des Drahtschafts ableitet. Das gesamte Federungsvermögen der elastischen Kontaktstruktur ist ein Ergebnis dieser gemeinsam "organisierten" (ausgewählten) Merkmale.

[0117] Vor der Fortführung dieser Erörterung ist es vorteilhaft, bestimmte Begriffe, die hierin verwendet werden, zu klären, nämlich:

- "biegsam" bezieht sich auf die Fähigkeit einer Sache, leicht gebogen oder verdreht zu werden, ohne zu brechen, und ist insbesondere auf den Drahtschaft der vorliegenden Erfindung anwendbar.
- "elastisch" bezieht sich auf die Fähigkeit einer Sache, ihre ursprüngliche Form oder Position wieder anzunehmen, nachdem sie zusammengedrückt oder verbogen wurde, und ist insbesondere auf die überzogene Kontaktstruktur der vorliegenden Erfindung anwendbar.
- "federnd" bezieht sich auf die Fähigkeit einer Sache, Biege- (Druck- oder Zug-) Kräften zu widerstehen und ihre ursprüngliche Form wieder anzunehmen, nachdem die Druckkräfte entfernt wurden. Eine übliche Feder weist federndes Verhalten auf. Federnd ist in der Bedeutung ähnlich zu elastisch.
- "plastisch" bezieht sich auf die Fähigkeit einer Sache, verformt zu werden, ohne zu brechen, und ist ähnlich zu biegsam.

– "nachgiebig", wie hierin verwendet, bezieht sich auf eine Sache, die sowohl Elastizität als auch Plastizität aufweist. In dieser Hinsicht ist der Begriff "nachgiebig" umfassender als der Begriff "elastisch". Die Kontaktstruktur der vorliegenden Erfindung mit einem biegsamen (plastischen) Drahtschaft und einem elastischen (federnden) Überzug kann als nachgiebig betrachtet werden.

[0118] Nachgiebige Kontaktstrukturen, die gemäß den Verfahren der vorliegenden Erfindung ausgebildet werden, können beispielsweise eine Kombination aus elastischer Verformung (reiner Elastizität) und plastischer Verformung (reiner Biegsamkeit) aufweisen, wie z. B. 0,0762 mm (3 mils) Elastizität und 0,1778 mm (7 mils) Plastizität für eine Gesamtauslenkung von 0,254 mm (10 mils). Im Allgemeinen wird dieses Verhältnis der Plastizität zur Elastizität leicht durch die Materialzusammensetzung des Überzugs (d. h. für einen gegebenen Drahtschaft) eingestellt. Reines weiches Nickel weist beispielsweise ein relativ großes Ausmaß an Plastizität im Vergleich zu Elastizität auf.

[0119] Die relevanten mechanischen Eigenschaften des Beschichtungsmaterials umfassen: Dicke, Dehngrenze und Elastizitätsmodul. Im Allgemeinen gilt, je größer die Dicke ist, desto größer ist die Dehngrenze, und je niedriger der Elastizitätsmodul des Überzugsmaterials ist, desto größer ist die Elastizität einer resultierenden elastischen Kontaktstruktur.

[0120] Im Allgemeinen soll der Drahtschaft selbst einfach eine "Formerhaltungs"-Form für das Überzugsmaterial herstellen, ohne sich nachteilig auf das mechanische Verhalten der resultierenden elastischen Kontaktstruktur auszuwirken. Wie vorstehend erwähnt, ist dies zum Zweck eines "Gerüsts" ähnlich, obwohl der Drahtschaft an der Stelle bleiben kann, nachdem er überzogen wurde.

[0121] **Fig. 2**, die zu **Fig. 5** von AKTE-2 ähnlich ist, zeigt einen beispielhaften Drahtschaft **530** (vergleiche 202, 330) mit einem Draht **502**, dessen proximales Ende **502a** (vergleiche **202a**) an einen Anschluss **512** (vergleiche 112) auf einem Substrat **508** (vergleiche 108, 208) gebondet wurde, welcher so gestaltet wurde, dass er eine Form aufweist, und welcher durchtrennt wurde, so dass er eine Kugel **534** (vergleiche 434) an seinem distalen Ende aufweist.

[0122] Es ist offensichtlich, dass die in **Fig. 2** gezeigte beispielhafte Drahtform elastisch sein kann, wobei sie als Feder wirkt und auf eine Kraft (mit "F" bezeichnet) reagiert, die axial (d. h. im Allgemeinen in der z-Achsen-Richtung) nach unten auf den Drahtschaft gerichtet ist. Wie vorstehend erwähnt, muss jedoch, damit ein Drahtschaft elastisch ist, er selbst einen signifikanten Gehalt an elastischem Material aufweisen, und Gold (der "Leiter der Wahl" für Halbleiter-Verbindungsanwendungen) ist nicht elastisch (es wird als Reaktion auf eine aufgebrachte Kraft leicht plastisch verformt). Wie weiter vorstehend erwähnt, wäre (und ist) die Fähigkeit, elastische Kontaktstruk-

turen auszubilden, für einen breiten Bereich von Anwendungen erwünscht. Wenn der Draht selbst elastisch wäre (in der Lage wäre, als Feder zu wirken), und in Abhängigkeit von der speziellen Form, die dem Draht verliehen wird, könnte offensichtlich eine ungeheure Menge an Kraft leicht auf die Bondstelle am proximalen Ende (Bondstelle **502a**) des Drahtschafts aufgebracht werden, was zu einem Bruch der Bondstelle und einem gesamten Ausfall einer Verbindung führt, die durch den Drahtschaft zwischen elektronischen Bauteilen bewirkt wird. Ein Schlüsselmerkmal der vorliegenden Erfindung ist die Vermeidung dieses Problems.

[0123] Gemäß der Erfindung werden eine oder mehrere Schichten wie z. B. durch Plattieren auf den Drahtschaft **530** aufgetragen und im Fall von mehreren Schichten ist die äußerste (obere) Schicht ein leitendes Material. Die durch die Beschichtung des Drahtschafts erzielten Hauptergebnisse sind:

- (a) Verleihen von Elastizität einer Kontaktstruktur mit dem überzogenen Drahtschaft, insbesondere in der Situation, in der der Drahtschaft selbst aus einem Material (z. B. Gold) besteht, das von Natur aus nicht elastisch ist; und
- (b) Verbessern der Verankerung des Drahtschafts an dem Substrat.

[0124] **Fig. 2** zeigt einen Drahtschaft **530** mit einer mehrlagigen (zweilagigen) Beschichtung, die den Draht **502** umhüllt (dessen Gesamtheit bedeckt) und eine erste, innere Beschichtungsschicht **520**, die den Draht **502** bedeckt, und eine zweite, äußere (obere) Beschichtungsschicht (**522**), die die erste Schicht **520** bedeckt, umfasst. Die erste Schicht **520** bedeckt den Anschluss **512** (vergleiche 112, **Fig. 1A**), an den das proximale Ende **502a** des Drahts **502** gebondet ist, und verankert den Draht an diesem (d. h. steigert die Bondverankerung des Drahts erheblich). Die zweite Schicht **522** bedeckt die erste Schicht **520** in dem Bereich des Anschlusses **512** und steigert die Verankerung des Drahts **502** am Anschluss.

[0125] Gegenüber den zwei Schichten **520** und **522**, die den Drahtschaft überziehen, verleiht eine (oder beide) dem (ansonsten nicht-elastischen) Drahtschaft Elastizität und die äußere Schicht (oder beide Schichten) ist elektrisch leitend.

Beispielsweise:

- ist der Draht (**502**) ein weiches Goldmaterial und weist einen Durchmesser von 20–40 µm (0,0008–0,0015 Inch) auf;
- ist die innere Beschichtung (**520**) ein Kupfer-“Decküberzug” mit einer Dicke von 130–260 nm (5–10 µ" (Mikroinch)); und
- ist die äußere Beschichtung (**522**) Nickel und weist eine Dicke von 50 µm (0,0020 Inch) auf.

[0126] Im Allgemeinen würde eine Beschichtung wie z. B. Kupfer aus zwei Gründen gewählt werden:

(i) zum Verbessern der Plattierungsfähigkeit des darunterliegenden Drahtschafts (wie bekannt ist, sind bestimmte Materialien notorisch schwierig zu plattieren, beispielsweise mit Nickel) und/oder (ii) zum Sicherstellen von guten elektrischen Stromführungseigenschaften für den resultierenden überzogenen Drahtschaft (es ist bekannt, dass Kupfer ein guter Elektrizitätsleiter ist).

[0127] Im Allgemeinen würde eine Beschichtung wie z. B. Nickel oder seine Legierungen wegen seiner mechanischen Eigenschaften ausgewählt werden, unter welchen sich seine hohe Dehngrenze, so dass es auf aufgebrachte Kräfte elastisch reagieren kann, und seine Fähigkeit, die resultierende elastische Kontaktstruktur fest an der Kontaktfläche (z. B. Anschluss) zu verankern, befinden.

[0128] In einigen Fällen wäre es erwünscht, dass eine obere (z. B. dritte) Überzugsschicht Lötfähigkeit oder dergleichen bereitstellen würde, und mit dem Material der Kontaktfläche galvanisch kompatibel wäre. In solchen Fällen wäre beispielsweise hartes Gold der dünnen oberen Beschichtung mit einer Dicke von ungefähr 2,5 µm (100 µ" (100 Mikroinch, 0,0001 Inch) in Ordnung.

[0129] Bei Hochfrequenzanwendungen bestünde eine Tendenz, dass der Strom entlang der äußeren Schicht(en) des beschichteten Drahtschafts verteilt wird. In einem solchen Fall ist Gold eine gute Wahl für die äußere Schicht eines mehrlagigen Überzugs.

[0130] **Fig. 2A** zeigt einen Drahtschaft **530** mit nur einer Schicht **540** (im Gegensatz zum mehrlagigen Überzug 520/522 von **Fig. 2**), die den Drahtschaft überzieht und umhüllt (vollständig bedeckt) und den Anschluss **512** auf dem Substrat **508** umschließt. Wie in dem in **Fig. 2** gezeigten Beispiel, wird das proximale Ende **502a** des Drahts **502** an den Anschluss **512** gebondet und das distale Ende des Drahts **502** wird mit einer Kugel **534** versehen. In diesem Fall ist die Beschichtungsschicht **540** sowohl elastisch als auch leitend.

Beispielsweise:

- ist der Draht (**502**) ein Goldmaterial und weist einen Durchmesser von 20–50 µm (0,0007–0,0020 Inch) auf;
- ist die Beschichtung (**540**) ein Nickelmaterial und weist eine Dicke von 12–75 µm (0,0005–0,0030 Inch) auf.

[0131] **Fig. 2B** zeigt einen Drahtschaft **530** mit nur einer Schicht **544**, die den Drahtschaft überzieht und ummantelt (teilweise bedeckt) und den Anschluss **512** umschließt. In diesem Fall (Ummantelung) erstreckt sich die Überzugsschicht **544** vom proximalen Ende **502a** des Drahtschafts nur teilweise in Richtung des distalen Endes **534** des Drahtschafts. Vorzugsweise und bedeutenderweise umschließt der Überzug **544** die Biegungen im Drahtschaft, wie gezeigt. Im Allgemeinen tragen die vertikalen (wie gezeigt)

Endteile des Drahtschafts nicht zur Gesamtelastizität der elastischen Kontaktstruktur bei. In diesem Fall ist es wichtig, dass der Drahtschaft **530** selbst elektrisch leitend ist, da er aus der Beschichtung **(544)** heraussteht und den elektrischen Kontakt mit einer Kontaktstelle (nicht dargestellt) auf einem elektronischen Bauteil (nicht dargestellt) herstellt.

Beispielsweise:

- ist der Draht **(502)** ein Goldmaterial und weist einen Durchmesser von 20–50 µm (0,0007–0,0020 Inch) auf;
- ist die Beschichtung **(544)** Nickel und weist eine Dicke von 12–75 µm (0,0005–0,0030 Inch) auf.

[0132] **Fig. 2C** zeigt einen Drahtschaft **530**, der mit einer einzelnen Schicht **548** in einer Weise ähnlich zu **Fig. 2A** (vergleiche 540) überzogen ist. In diesem Fall ist die Schicht **548** mit einer Vielzahl von Mikrovorsprüngen auf deren Außenfläche in Längsrichtung entlang der Länge des Drahtschafts beabstandet versehen. Eine solche "zackige" Beschichtung wird manchmal als "dendritisch" bezeichnet. Diese Vorsprünge oder Oberflächenunregelmäßigkeiten können in einer Anzahl von Weisen erzeugt werden, beispielsweise durch Einstellen der Verarbeitungsbedingungen in einem Plattierungsbad (nachstehend erörtert), um zu bewirken, dass spitze Knollen in der Schicht **548** ausgebildet werden. Dies ist für die äußere, leitende Schicht einer mehrlagigen Beschichtung (vergleiche 522, **Fig. 2**), die mit Mikrovorsprüngen versehen wird, beispielhaft.

Beispielsweise:

- ist der Draht **(502)** ein Goldmaterial und weist einen Durchmesser von 20–50 µm (0,0007–0,0020 Inch) auf;
- ist die Beschichtung **(548)** ein Nickelmaterial, das mit einer Dicke von 12–75 µm (0,0005–0,0030 Inch) unter

[0133] Verwendung von bekannten Verfahren zum gleichzeitigen Abscheiden abgeschieden wird, wobei die "fremden" (Nicht-Nickel) Teilchen der gleichzeitigen Abscheidung geeigneterweise Siliziumcarbid, Aluminiumoxid, Diamant oder dergleichen (sowohl leitende als auch nicht-leitende Materialien können verwendet werden) mit einem Durchmesser von ungefähr 3 µm (Mikrometer) sind. Eine solche gleichzeitige Abscheidung führt zu zackigen Spitzen auf der Außenfläche der Beschichtung, wobei die Spitzen eine mittlere Spitzenhöhe von ungefähr 12 µm (0,0005 Inch) aufweisen. Die gleichzeitige Abscheidung kann auch mit Teilchen aus demselben Material wie das interessierende Ion in Lösung (z. B. Nickelteilchen in einem Nickelplattierungsbad) durchgeführt werden.

[0134] Ein weiteres Verfahren (d. h. ein anderes als

die vorstehend erwähnte gleichzeitige Abscheidung) zum Ausbilden einer "zackigen" Beschichtung (z. B. 502) ist im Zusammenhang mit Elektroplattieren die Verwendung von "anomal" hohem Strom und einer "anomal" niedrigen Konzentration an Metall in der Plattierungslösung. Wie bekannt ist, erzeugt dies einen "Mikrodendritenbildungs"-Effekt, bei dem Knollen in der Plattierung ausgebildet werden.

[0135] **Fig. 2D** zeigt einen Drahtschaft **530**, der mit einer mehrlagigen Beschichtung mit einer inneren Schicht **552** (vergleiche 520, **Fig. 2**), die mit Mikrovorsprüngen versehen ist (wie mit Bezug auf **Fig. 2C** beschrieben), überzogen ist. Eine äußere "normale" formgetreue Schicht **556**, die auf der inneren Schicht **552** abgeschieden ist, kann in einer "normalen" Weise abgeschieden werden (ohne zu verursachen, dass sie Mikrovorsprünge aufweist), und entspricht im Allgemeinen der Mikrovorsprungstopographie der inneren Schicht **552**, so dass sie Mikrovorsprünge aufweist. (Ein Golddecküberzug kann beispielsweise über einer Nickelschicht mit Mikrovorsprüngen aufgebracht werden.) Dies ist offensichtlich in dem Fall erwünscht, dass (i) eine mehrlagige Beschichtung erwünscht ist, und (ii) es leichter ist, die Mikrovorsprünge in der inneren Schicht auszubilden.

[0136] **Fig. 2E** zeigt ein Ausführungsbeispiel der Erfindung, bei dem ein Draht **502** an seinem proximalen Ende **502a** an einen Anschluss **512** auf einem Substrat **508** gebondet wird und mit einer beispielhaften einlagigen leitenden Beschichtung **562** überzogen wird. In diesem Fall wird der gesamte untere Teil des Drahtschafts **530**, einschließlich einer Fläche, die den Anschluss **512** umschließt, in eine Masse **564** eingebettet. Die Masse **564** ist vorzugsweise eine elektrisch leitende Polymermasse, wie z. B. ein mit Silberteilchen gefüllter Siliziumkautschuk, und dient zum Verringern von jeglicher parasitärer Induktivität, die der Drahtschaft aufweist. Geeignete elektrische Eigenschaften der Masse **564** sind Leitfähigkeit im Bereich von 10^{-2} bis 10^{-6} Ohmzentimetern. Das Material der Masse **564** wird so ausgewählt, dass es nicht "kriecht" oder die Bewegung (Elastizität, Nachgiebigkeit) des Drahtschafts **530** signifikant nachteilig beeinflusst (einschränkt).

Beispielsweise:

- ist der Draht **(502)** ein Goldmaterial und weist einen Durchmesser von 20–25 µm (0,0007–0,0020 Inch) auf;
- ist die Beschichtung **(562)** Nickel und weist eine Dicke von 12–75 µm (0,0005–0,0030 Inch) auf; und
- weist die Polymermasse **(564)** eine Shore-A-Härte zwischen 10 und 60 (wie z. B. zwischen 30 und 50) auf und ist mit Silberteilchen gefüllt, um die gewünschte Leitfähigkeit zu verleihen. Im Allgemeinen wird die Polymermasse so gewählt, dass sie die Nachgiebigkeit der Kontaktstruktur nicht signifikant beeinträchtigt. Es liegt in-

nerhalb des Schutzbereichs dieser Erfindung, dass von Natur aus leitende Polymere, die verfügbar werden, für die Polymermasse **564** verwendet werden können.

[0137] Der Hauptzweck der Elastomermasse **564** besteht darin, einen leitenden Weg zwischen der distalen Spitze und dem proximalen Ende des Drahtschafts (oder genauer dem nächsten Punkt am Anschluss **512** zur distalen Spitze des Drahtschafts) vorzusehen, der kürzer ist als die Gesamtlänge des Drahtschafts. Da der kürzeste Weg zwischen zwei Punkten eine gerade Linie ist, liegt es innerhalb des Schutzbereichs dieser Erfindung, dass die Polymermasse nur innerhalb der durch die gestrichelten Linien angegebenen Fläche bereitgestellt wird.

[0138] **Fig. 2F** zeigt eine beispielhafte, überzogene, frei stehende, elastische Kontaktstruktur **530**, die sich von einem Anschluss **512** (vergleiche 212) auf einem Substrat erstreckt. In dieser Darstellung befindet sich das distale Ende (Spitze) **530b** der Kontaktstruktur **530** (ohne, dass irgendeine Kraft auf diese aufgebracht wird, und als durchgezogene Linie dargestellt) in einer Position "A" über der Oberfläche des Substrats. Eine Kraft, die durch den Pfeil "F" angegeben ist und axial (in Richtung des Substrats **508**) durch das distale Ende der elastischen Kontaktstruktur **530** aufgebracht wird, bewirkt, dass sich die elastische Kontaktstruktur **530** biegt – wie in gestrichelten Linien dargestellt – so dass sich die Spitze der Kontaktstruktur (auf die die Kraft aufgebracht wird) in einer Position "B" oberhalb der Oberfläche des Substrats befindet. Die Biegekraft "F" ergibt sich aus dem Drücken des Substrats **508**, das selbst ein elektronisches Bauteil sein kann, gegen ein anderes elektronisches Bauteil, um eine Verbindung über die elastische Kontaktstruktur zwischen den zwei elektronischen Bauteilen zu bewirken, oder umgekehrt.

[0139] Die Position "B" liegt näher an der Oberfläche des Substrats **508** als die Position "A". Zwischen diesen zwei Positionen (A und B) ist eine Position "C" angegeben. Bei der Verwendung (z. B. als Verbindung zwischen zwei elektronischen Bauteilen) kann beim Aufbringen einer Kraft (F) die elastische Kontaktstruktur **530** sich zuerst aus der Position "A" in die Position "C" plastisch verformen, und bei weiterem Aufbringen von Kraft ("F") verformt sie sich elastisch (federnd) von der Position "C" in die Position "B".

[0140] Diese "Kombination" aus plastischer Verformung und Elastizität ist das, was mit "Nachgiebigkeit" (im Gegensatz zu "Elastizität") gemeint ist und nicht notwendigerweise schlecht ist und beim Sicherstellen einer gleichmäßigen Kontaktkraft von Kontakt zu Kontakt, wenn die Spitzen einer Vielzahl von Kontaktstrukturen ein elektronisches Bauteil, wie z. B. eine Leiterplatte (PCB), dessen Oberfläche nicht perfekt planar ist, nicht gleichmäßig berühren, sehr vorteilhaft sein kann. Diese Kontaktstrukturen, die zuerst auf die Oberfläche der PCB auftreffen, verformen sich mehr plastisch als jene Kontaktstrukturen, die

zuletzt mit der Oberfläche der PCB in Kontakt kommen, aber die durch alle Kontaktstrukturen erfahrene Druckkraft ist ziemlich gleichmäßig.

[0141] Eine beispielhafte elastische Kontaktstruktur (z. B. 530 von **Fig. 2F**) weist gemäß der vorliegenden Erfindung vorzugsweise eine Gesamthöhe (d. h. der Abstand in der z-Achse von der Oberfläche des Substrats zum distalen Ende der Kontaktstruktur) von 0,25–3 mm (0,0100–0,1200 Inch) auf und weist wahrscheinlich (d. h. für die denkbarsten Anwendungen) eine Federkonstante ("k") zwischen 4 und 800 g/mm (0,1 und 20,0 g/mil (Gramm pro Tausendstel eines Inch)), vorzugsweise zwischen 20 und 200 g/mm (0,5 und 5,0 g/mil) auf.

[0142] Ein üblicher Fachmann wird erkennen, dass es schwierig ist, eine "bevorzugte" Federkonstante darzulegen, wobei die Elastizität und/oder Nachgiebigkeit der Kontaktstruktur durch die speziellen Anwendungsanforderungen vorgegeben wird. Es genügt zu sagen, dass theoretisch eine beliebige denkbare Kombination aus Elastizität und Plastizität gemäß den vorstehend dargelegten Verfahren durch Manipulieren der Dicke, der Form und des Materials des Drahtschafts und der Materialien und der Dicken des Überzugs (der Überzüge) erzielt werden kann. Für die Zwecke dieser Erörterung ist jedoch eine Federkonstante ("k") von 120 g/mm (3,0 g/mil) im Allgemeinen für elektronische Anwendungen, wie z. B. die Verwendung der Kontaktstrukturen der vorliegenden Erfindung zum Verbinden mit Halbleiterchips (ob direkt an den Chips montiert oder als Sonde) "bevorzugt". Die Gesamtnachgiebigkeit der Kontaktstruktur beträgt geeigneterweise bis zu 0,4 mm (15 mils) an plastischer Verformung (z. B. der Abstand zwischen den Positionen "A" und "C") und bis zu 75 µm (3 mils) an Elastizität (z. B. der Abstand zwischen den Positionen "C" und "B"). Die relativen Beiträge der Elastizität und Plastizität werden leicht für individuelle Anwendungen zugeschnitten. Kontaktstrukturen an einer Zwischenschalteinrichtung können beispielsweise so hergestellt werden, dass sie insgesamt 250 µm (10 mils) Verformung aufweisen, wobei 125 µm (5 mils) der plastischen Verformung und 125 µm (5 mils) der elastischen Verformung zugeordnet sind. Kontaktstrukturen, die im Wesentlichen "reine" Elastizität aufweisen, können auch hergestellt werden.

[0143] Die Möglichkeit des Beschichtens des Drahtschafts durch Plattieren wurde vorstehend erwähnt. Gemäß der Erfindung kann eine Anzahl von verschiedenen Verfahren verwendet werden, um den Drahtschaft zu überziehen, um die mechanischen und chemischen Eigenschaften der resultierenden elastischen Kontaktstruktur herzustellen.

[0144] Ein wichtiges (d. h. bedeutendes) Merkmal der auf den Drahtschaft aufgebrachten Beschichtung besteht darin, dass sie kontinuierlich ist – mit anderen Worten aus einem homogenen Material entlang der gesamten Länge des Drahtschafts ausgebildet wird. Diese absichtliche Vermeidung von Unstetigkeiten in der Zusammensetzung oder Metallurgie der Be-

schichtung minimiert das Auftreten von lokalen Spannungspunkten, die gewöhnlich durch wiederholte Biegung der resultierenden elastischen Kontaktstruktur zu Ausfällen führen würden.

[0145] Im Allgemeinen ist das Material der Beschichtung signifikant stärker als das Material des Drahts und verleiht der resultierenden Kontaktstruktur das gewünschte "Federungsvermögen".

[0146] Die Beschichtung kann unter Verwendung einer Anzahl von leicht verfügbaren Verfahren aufgebracht werden, einschließlich, jedoch nicht begrenzt auf:

- (a) nasse elektrochemische Verfahren, einschließlich elektrolytisches oder stromloses Plattieren von Metallen mit einer wässrigen Lösung;
- (b) Elektroplattieren, wie z. B. Elektroplattieren von Nickel aus Nickel und seinen Legierungen, oder Elektroplattieren von Nickel aus einer Standard-Nickelsulfat-Lösung. Dieses Verfahren ist in der Lage, eine Beschichtung mit gesteuerter Dicke auf dem Drahtschaft mit einer Zugfestigkeit oberhalb 5600 kg/cm² (80000 Pfund pro Quadratinch (psi)) wie z. B. oberhalb 14000 kg/cm² (200000 psi) abzuscheiden;
- (c) chemische Gasphasenabscheidung (CVD), Mikrowellengestützte CVD (MECVD), physikalische Gasphasenabscheidung (PVD) und dergleichen, einschließlich eines beliebigen Prozesses, der Verdampfung und Sputtern beinhaltet.
- (d) einer von einer Anzahl von Prozessen (wobei CVD einer von solchen Prozessen ist), die die Abscheidung von Materialien (z. B. leitenden Materialien) durch die Zersetzung von gasförmigen, flüssigen oder festen Präkursoren bewirken.
- (e) für die Abscheidung von Lötmittel auf den Drahtschläften Schwalllöten oder elektrolytisch abgeschiedenes Lötmittel.

[0147] Die vorstehend erwähnten nassen elektrochemischen und Elektroplattierungsprozesse werden im Allgemeinen gemäß "Standard"-Verfahren durchgeführt und können unter Verwendung von geschmolzenen Salzen, Ionenlösungen und dergleichen durchgeführt werden.

[0148] Für die Zwecke dieser Patentanmeldung wird der Prozess der Bereitstellung einer Beschichtung auf dem Drahtschaft gemäß irgendeinem der vorstehend beschriebenen Verfahren insgesamt als "Überziehen" (des Drahtschafts) bezeichnet.

[0149] Eine nützliche Analogie beim Beschreiben der elastischen Kontaktstruktur der vorliegenden Erfindung, die im AKTE-1 dargelegt wurde, ist das begriffliche Vorstellen des Drahtschafts als "Gerüst" und die Beschichtung auf dem Drahtschaft als "Muskel", da es der Drahtschaft ist, der die Form der resultierenden Kontaktstruktur festlegt, und es die Beschichtung auf dem Drahtschaft ist, die dem Drahtschaft die hervorstechende mechanische Eigenschaft (z. B. Elastizität) verleiht. Wie vorstehend angemerkt, kann eine nützlichere Analogie darin bestehen, den ge-

formten Draht als "Gerüst" oder "Dorn" zu betrachten, der hauptsächlich zum Festlegen der resultierenden Form des Überzugs wirkt.

[0150] Im Allgemeinen kann die Bedeutung des Überzugs (z. B. Plattierung) für den Prozess nicht heruntergespielt werden und sollte nicht unterschätzt werden, wobei der Überzug als Hauptstrukturelement in der resultierenden Kontaktstruktur dient.

[0151] In der Vergangenheit wurde das Platten im Allgemeinen als Prozess betrachtet, durch den die Eigenschaften einer darunterliegenden Struktur verbessert werden können. Dies würde Platten umfassen, um die Korrosion der darunterliegenden Struktur zu vermeiden, um das Aussehen einer darunterliegenden Struktur zu verändern und um der Oberfläche der darunterliegenden Struktur erwünschte Eigenschaften (wie z. B. Lötfähigkeit) zu verleihen. Mit anderen Worten, Platten wurde an sich im Allgemeinen nicht als "Ende" in und von selbstplattierten Strukturen betrachtet, die auf Eigenschaften der darunterliegenden Struktur selbst beruhen, um ihre vorgesehene Funktion zu erfüllen. Kraftfahrzeugstoßstangen würden beispielsweise ziemlich gut arbeiten, wenn sie nicht plattiert wären – wobei die Platten der Stoßstange einen Schutz gegen Korrosion sowie ein ästhetisches Aussehen verleiht.

[0152] Bei herkömmlichen elektronischen Verbindungen, wie beispielsweise im vorstehend erwähnten US-Patent Nr. 5 317 479 beschrieben, wird das Platten verwendet, um die Lötfähigkeit der darunterliegenden Leiterstruktur zu verbessern. Ohne, dass die darunterliegende Leiterstruktur intakt bleibt, verfällt das Konzept eines nachgiebigen Leiters.

[0153] Im Gegensatz zur herkömmlichen "in den Kopf gesetzten" Platten beruht die vorliegende Erfindung auf der Platten (d. h. des Überzugsmaterials), um die gewünschte Funktionalität herzustellen – theoretisch alles von dieser. Nachstehend wird beschrieben, wie der Drahtschaft theoretisch insgesamt nach dem Überziehen desselben entfernt werden könnte, und das Ergebnis wäre dennoch eine vollständig funktionale elastische Kontaktstruktur. (Es wird jedoch erkannt, dass Prozesse zum Platten auf Dorne aus Keramik, Wachs, Kunststoff und dergleichen für Phonograph-Schallplattenoriginalherstellung, Kühlergrille für Kraftfahrzeuge usw. verwendet wurden).

[0154] Wir kehren zu einer Erörterung der Beschichtung (z. B. Platten) im Zusammenhang mit der Herstellung von elastischen und/oder nachgiebigen elektrischen Kontaktstrukturen gemäß der vorliegenden Erfindung zurück:

[0155] Geeignete Materialien für die Beschichtung (d. h. für irgendeine der Beschichtungsschichten in einer mehrlagigen Beschichtung über dem Drahtschaft) umfassen, sind jedoch nicht begrenzt auf:

- Nickel, Kupfer (insbesondere in einem dünnen "Decküberzug" als Zwischenschicht einer mehrlagigen Beschichtung, wie z. B. über einem Gold-

drahtschaft oder als stromführende Schicht), Kobalt, Eisen und ihre Legierungen (wie z. B. Nickel-Kobalt), einschließlich Kovar (tm) (z. B. 29% Nickel; 17% Kobalt; 0,3% Mangan; restliche % Eisen), "Alloy 42" (42% Nickel; 0,1% Kohlenstoff, Rest Eisen) oder irgendein ähnliches Material mit einem Fe/Ni/Co-Gehalt (z. B. 42% Nickel, 40,7% Eisen, 17% Kobalt und 0,3% Mangan) oder Legierungen mit geringer Ausdehnung;

- Gold (insbesondere hartes Gold) und Silber, von denen beide ausgezeichnete Stromführungsfähigkeiten aufweisen;
- Elemente der Platingruppe;
- Edel- oder Halbedelmetalle;
- Wolfram und Molybdän (die beide geeigneterweise durch CVD-Prozesse abgeschieden werden);
- Kobalt;
- Zink (insbesondere über einem Aluminiumdrahtschaft);
- Zinn (insbesondere zum Ausbilden eines Eutektikums, wie nachstehend erörtert);
- Lötmittel (hauptsächlich zur Herstellung von erhabenen Lötkontakten);
- Halbedelmetalle und ihre Legierungen, die aus einer Gruppe ausgewählt sind, die aus Platin, Rhodium, Ruthenium, anderen Elementen der Platingruppe und Kupfer und ihren Legierungen mit Gold, Silber und Kupfer besteht (insbesondere für obere Beschichtungsschichten).

[0156] Das zum Aufbringen dieser Beschichtungsmaterialien über die vorstehend dargelegten verschiedenen Drahtschaftmaterialien ausgewählte Verfahren variiert natürlich von Anwendung zu Anwendung. Gold ist beispielsweise eines der bevorzugten Materialien für den Drahtschaft. Aufgrund seiner überlegenen elektrischen Eigenschaften ist es jedoch etwas gegenintuitiv, über Gold zu plattieren. Überdies ist Gold kein guter "Initiator" für das Plattieren. Wenn Nickel über Gold plattierte wird (insbesondere stromloses Platten), ist es daher gemäß einem Aspekt der Erfindung erwünscht, zuerst eine dünne "Decküberzugs"-Kupferschicht über den Golddrahtschaft aufzubringen.

[0157] Bei einer frei stehenden elastischen Kontaktstruktur ist Nickel ein geeignetes Überzugsmaterial, insbesondere als innere (vergleiche 520) einer mehrlagigen Beschichtung. Eine solche innere Schicht aus Nickel, die eine Tendenz zur Oxidation aufweist, wird geeigneterweise mit einer edlen oder halbedelen oberen Beschichtungsschicht (vergleiche 522) wie z. B. Gold, Silber, Elementen der Platingruppe und ihren Legierungen überzogen.

[0158] Bei der Verwendung für eine Kontaktstruktur, die zum Wirken als erhabener Lötkontakt vorgesehen ist (wie nachstehend genauer beschrieben), sind Nickel, Kobalt und ihre Legierungen geeignete Überzugsmaterialien und können beispielsweise geeigneterweise eine Dicke im Bereich von 0,8–125 µm

(0,00003 bis 0,00500 Inch), vorzugsweise von 1–75 µm (0,00005 bis 0,00300 Inch) aufweisen.

[0159] Lötmittel, das typischerweise Blei- und Zinn-Elemente umfasst, ist auch für einen Überzug geeignet und kann auf den Drahtschaft durch eine herkömmliche Schwalllötausrüstung aufgebracht werden. Die Ausführungsbeispiele der Erfindung, die einen Lötmittelüberzug verwenden, werden nachstehend genauer beschrieben.

[0160] Ein signifikanter Vorteil des Ausbildens einer mehrlagigen Beschichtung über dem Drahtschaft besteht darin, dass die Materialien jeder individuellen Beschichtungsschicht ausgewählt werden können, um den Satz von physikalischen Eigenschaften des resultierenden elastischen Kontakts auf eine gegebene Anwendung zuzuschneiden. Diese physikalischen Eigenschaften umfassen die Zugfestigkeit, Dehngrenze und dergleichen.

[0161] Ein weiterer Vorteil des Ausbildens einer mehrlagigen Beschichtung über dem Drahtschaft wird durch die Tatsache veranschaulicht, dass Nickel eine starke Tendenz zur Oxidation aufweist und folglich typischerweise große Kontaktkräfte zum Durchbrechen der gebildeten Oxide erfordert. (Niedrige Kontaktkräfte, die zu guten elektrischen Verbindungen führen, sind im Allgemeinen universell bevorzugt.) Aus diesem Grund ist Nickel gewöhnlich nicht die beste Wahl für eine einlagige Beschichtung oder für die obere Schicht einer mehrlagigen Beschichtung auf dem Drahtschaft.

[0162] Obwohl eine Lötmittel-Deckbeschichtung für bestimmte Anwendungen sehr erwünscht wäre, umfassen ebenso typische Lötmittel Zinn, und Gold (d. h. ein Golddrahtschaft) ist mit Zinn sehr reaktionsfähig. Um solche unerwünschten Reaktionen zu hemmen, kann eine Zwischen-"Sperr"-Schicht zwischen den Drahtschaft und einer oberen Schicht der Beschichtung aufgebracht werden. Im Fall eines Golddrahtschafts und einer oberen Lötmittel- (mit Zinn) Schicht verhindert eine Sperrsicht aus Nickellegierung die Reaktion zwischen dem Gold (Draht) und dem Zinn (Lötmittelüberzug) in den meisten Fällen. Eine erste Beschichtungsschicht aus Nickellegierung mit einer Dicke von 2,5–25 µm (100 bis 1000 Mikroinch) kann beispielsweise zwischen einem Golddraht und einer oberen Beschichtungsschicht aus Lötmittel aufgebracht werden.

[0163] Insofern als die elastische Kontaktstruktur als "Feder" wirken soll, erwachsen bestimmte Vorteile (in bestimmten Anwendungen), wenn interne Druckspannungen in einer Beschichtung (mindestens einer Schicht der Beschichtung) während des Aufbringens der Beschichtung auf den Drahtschaft induziert werden. Um beispielsweise eine interne Spannung in der Beschichtung zu induzieren, wenn sie auf den Drahtschaft plattierte wird, können bestimmte Additive zur Plättierungslösung zugegeben werden. In einer Nickelsulfamat-Plättierungslösung können beispielsweise die folgenden Additive (Additivmittel) zur Plättierungslösung zugegeben werden:

Saccharin (Natriumsalz), Thioharnstoff, Butyndiol, meta-Benzoldisulfonsäure (Natriumsalz), 1,3,6-Naphthalintrisulfonsäure (Trinatriumsalz) und dergleichen. Borsäure kann auch zur Plattierungslösung (Bad) zur pH-Steuerung zugegeben werden. Die interne Spannung in der Plattierung kann auch durch die Gesamttemperatur des Plattierungsbades, die Plattierungsgeschwindigkeit, den pH-Wert der Plattierungslösung, die Nickel- (z. B.) Konzentration und andere Plattierungsparameter gesteuert werden. Im Allgemeinen sind die vorstehend erwähnten Additivmittel die Hauptfaktoren für die Steuerung von Spannungen in der Plattierung, einschließlich Druckspannungen, Zugspannungen und "Theta"- (θ) Spannungen.

[0164] Wenn der Drahtschaft selbst eine gewisse innerwohnende Elastizität, die man versucht, "einzustellen", gegenüber der Elastizität der Beschichtung aufweist, kann ein geformter Drahtschaft (oder eine Vielzahl von geformten Drahtschläften) unter Spannung gesetzt werden (durch eine Kraft "F" vorkomprimiert werden, wie in **Fig. 2F** gezeigt), während der Schaft überzogen (z. B. plattiert) wird. Ein solches "mechanisches" Mittel zum Vorspannen der Kontaktstruktur kann auch in bestimmten Anwendungen erwünscht sein.

[0165] Gemäß der vorliegenden Erfindung wirkt ein überzogener Drahtschaft als Feder, dessen Federkonstante ("k") leicht für irgendeine gegebene Konfiguration auf der Basis von bekannten Eigenschaften von Materialien berechnet werden kann. Wie vorstehend beschrieben, wird der Überzug im Allgemeinen mit einer mehr oder weniger gleichmäßigen Dicke entlang der Länge des Drahtschafts – zumindest entlang der Biegeteile des Drahtschafts – aufgebracht, was solche Berechnungen vereinfacht. Die Verwendung von Prozessen wie z. B. Elektroplattieren führt gewöhnlich zu einer im Wesentlichen gleichmäßigen Dicke entlang der Länge des Drahts.

[0166] Gemäß einem Aspekt der vorliegenden Erfindung wird die Beschichtung so aufgebracht, dass sie eine absichtliche ungleichmäßige Dicke entlang der Länge des Drahtschafts aufweist.

[0167] **Fig. 2G** stellt einen Drahtschaft **530** dar, der mit einem Überzug **568** plattiert wurde, während "lokalisierte" Wärme (mit "H" markierte Pfeile) auf das Substrat aufgebracht wurde. Dies wird leicht durch Anordnen des Substrats **508** auf einem Heizstreifen (nicht dargestellt) durchgeführt. In dieser Weise sind das Substrat und der Drahtschaft heißer als das umgebende Plattierungsbad.

[0168] Trotz der Tatsache, dass ein Golddraht (**502**) ein angemessen guter Wärmeleiter ist, führt die Tatsache, dass der gesamte Drahtschaft **530** während des Plattierungsvorgangs in ein Plattierungsbad eingetaucht wird, dazu, dass ein merklicher Temperaturgradient entlang der Länge des Drahtschafts vorhanden ist, wobei das proximale Ende **502a** des Drahtschafts heißer ist als das distale Ende **502b** des Drahtschafts. Dies führt zu der Beschichtung mit ei-

ner größeren Dicke am proximalen Ende des Drahtschafts als am distalen Ende des Drahtschafts. (Die Dickenschwankung ist in der Darstellung von **Fig. 2G** für die Deutlichkeit der Darstellung übertrieben. Vergleiche **Fig. 2B**.)

[0169] Durch absichtliches Bewirken, dass die Beschichtung (**568**) dort dicker ist, wo der Drahtschaft am Substrat verankert wird, als am frei stehenden Ende des Drahtschafts, erwachsen die folgenden Vorteile:

- die Verankerung des Drahtschafts am Substrat ist für eine gegebene "mittlere" Beschichtungsdicke größer;
- die Nachgiebigkeit der resultierenden elastischen Kontaktstruktur ist größer – wobei eine geringere Dicke des Beschichtungsmaterials für eine gegebene mittlere Beschichtungsdicke vorhanden ist – am distalen, elastisch wirkenden Teil des Drahtschafts; und
- folglich wird auf durch eine elastische Kraft aufgelegte Spannungen am proximalen Ende (**502a**) des Drahtschafts besser reagiert – wodurch jegliche Tendenz der elastischen Kontaktstruktur, vom Substrat zu brechen, verringert wird.

[0170] Durch Erhöhen der Temperatur des Substrats beispielsweise auf 80°C–10°C (wobei die Gesamttemperatur des Plattierungsbades auf Raumtemperatur liegt), können Beschichtungen, die sich ansonsten gleichmäßig entlang der Länge des Drahtschafts abscheiden würden, veranlasst werden, einen Dickengradienten von 1,5 : 1 bis 5 : 1 (dick : dünn) zu zeigen. Dieser Aspekt der Erfindung ist sowohl auf das Elektroplattieren als auch stromlose Plattieren anwendbar.

[0171] Im Gegensatz dazu kann das Kühlen des Substrats (relativ zum Bad) beispielsweise mit einer Thermoelementvorrichtung verwendet werden, um die Beschichtungsdicke zuzuschneiden.

[0172] Es liegt innerhalb des Schutzbereichs dieser Erfindung, dass ein beliebiges geeignetes Verfahren verwendet werden kann, um die Dicke eines plattierten Elements zuzuschneiden, indem dem plattierten Element ein Temperaturgradient auferlegt wird.

[0173] Gemäß der vorliegenden Erfindung kann lokalisierte Wärme (d. h. gegenüber dem gesamten Erhitzen des Plattierungsbades), die während eines Plattierungsprozesses aufgebracht wird, vorteilhaftweise verwendet werden, um die Beschichtungsdicke in einer Vielzahl von Zusammenhängen "zuzuschneiden". Sie kann, wie vorstehend beschrieben, verwendet werden, um absichtlich die Beschichtung dicker zu machen, je näher sie sich an der Wärmequelle befindet. Sie kann verwendet werden, um eine Beschichtung mit ansonsten gleichmäßiger Dicke ungleichmäßig zu machen. Wenn beispielsweise ohne Aufbringen von Wärme die Beschichtung (z. B. Nickel) gewöhnlich am distalen Ende des Drahtschafts dicker wäre, kann die Beschichtungsdicke "aufgemotzt" werden, um zu veranlassen, dass die Be-

schichtung eine gleichmäßige Dicke entlang der Länge des Drahtschafts aufweist, oder, wie vorstehend beschrieben, um die Beschichtung am proximalen Ende des Drahtschafts dicker zu machen. Bei bestimmten Anwendungen, bei denen es erwünscht ist, eine Beschichtung mit gleichmäßiger Dicke über der Oberfläche eines planaren Substrats abzuscheiden, kann außerdem Wärme verwendet werden, um bestimmten innewohnenden Tendenzen, dass die Plattierung ungleichmäßig ist (d. h. an Punkten dünner ist), "entgegenzuwirken", wodurch eine gleichmäßige Beschichtungsdicke über die Oberfläche des Substrats (z. B. eines Siliziumwafers) sichergestellt wird. (Punkte in Bereichen auf der Oberfläche des Substrats, die gewöhnlich eine dünne Beschichtung aufweisen, können lokal erhitzt werden, um die Beschichtung in diesen Bereichen zu verdicken.) Dies liegt auch innerhalb des Schutzbereichs der vorliegenden Erfindung.

[0174] **Fig. 2H** stellt ein Beispiel des Zuschneidens einer Beschichtungsdicke ähnlich dem mit Bezug auf **Fig. 2G** gezeigten dar, aber im Zusammenhang mit der Beschichtung eines geraden Drahtschafts (z. B. eines "Stifts") **570**. Ein gerader Drahtschaft **502** wird durch sein proximales Ende **502a** an einen Anschluss auf einem Substrat gebondet. Wärme ("H") wird auf das Substrat während des Plattierens aufgebracht. Der resultierende Überzug **578** ist in Richtung der distalen Spitze **502b** des Drahtschafts **502** dünner als am proximalen Ende **502a** des Drahtschafts.

[0175] In vielen der hierin beschriebenen Ausführungsbeispiele ist Nickel für das Überzugsmaterial (z. B. von mindestens einer der Überzugsschichten) sehr geeignet und wird durch Plattieren auf dem Drahtschaft abgeschieden. Obwohl solche Prozesse im Allgemeinen gut verstanden werden und durchaus innerhalb des Rahmens von einem üblichen Fachmann liegen, den die vorliegende Erfindung am ehesten betrifft, ist eine umfassende Erörterung der Nickelplattierung in Nickel Plating von Roger Brugger, Robert Draper Ltd. (GB), 1970, zu finden, deren relevante Lehren durch den Hinweis hierin aufgenommen werden.

[0176] Die vorliegende Erfindung wurde im Zusammenhang mit dem Bonden des freien Endes des Drahts an eine Kontaktfläche (siehe z. B. 100, **Fig. 1**) beschrieben, welche ein Anschluss (siehe z. B. **112**, **Fig. 1A**) auf einem Substrat (z. B. einem elektronischen Bauteil) sein kann. Es ist im Allgemeinen erforderlich, dass die Kontaktfläche (**110**) metallisch ist und aus Materialien ausgebildet wird, einschließlich, jedoch nicht begrenzt auf:

- (a) Gold und seine Legierungen;
- (b) Aluminium und seine Legierungen;
- (c) Silber und seine Legierungen;
- (d) Kupfer und seine Legierungen; und
- (e) Metalle der Platingruppe.

[0177] In vielen der hierin dargestellten Beispiele ist die Kontaktfläche ein Anschluss (**112**). Es ist jedoch

selbstverständlich, dass die Kontaktfläche nicht auf einen Anschluss oder auf eine Bondkontaktstelle begrenzt ist und es eine Vielzahl von Kontaktflächen auf einer einzelnen durchgehenden Schicht geben kann, die anschließend strukturiert wird, wie z. B. durch Photoresist und Ätzen (siehe z. B. **Fig. 1B**), so dass sie eine Vielzahl von Kontaktflächen aufweist.

[0178] Die Kontaktfläche (wie z. B. ein Anschluss) kann mehrere Schichten umfassen, deren oberste Schicht ein Material wie z. B. Gold oder Aluminium ist. Im Allgemeinen liegen die Materialien der Kontaktfläche des Substrats innerhalb einer Reihe bekannter Materialien für solche Kontaktflächen.

[0179] Eine Anzahl von Materialien wurde vorstehend als für den Draht, für die Beschichtung en) und für die festgelegte Fläche, an die der Draht gebondet wird, geeignet beschrieben. Obwohl sie keinen Teil dieser Erfindung bildet, folgt eine kurze Beschreibung der hervorstechenden Eigenschaften einer Anzahl von diesen Materialien mit Kommentaren hinsichtlich ihres Nutzens (in einigen Fällen nicht offensichtlich oder nicht intuitiv) in der vorliegenden Erfindung. Diese kurzen Beschreibungen sollen ausführend sein und sollen in keiner Weise als Begrenzung aufgefasst werden. Eine umfassendere "Einkaufsliste" für Metallmaterialien und ihre relevanten Eigenschaften sind im Kapitel 5 ("Metals") von "Electronic Materials and Processes Handbook", Harper und Sampson, McGraw-Hill, Inc., Zweite Ausgabe, 1994, Seiten 5.1–5.69, zu finden.

[0180] Aluminium – Aufgrund seiner guten elektrischen und mechanischen Eigenschaften ist Aluminium ein wichtiges Kontaktmaterial. Als Kontaktmetall ist jedoch Aluminium im Allgemeinen schlecht, da es leicht oxidiert. In Fällen, in denen Aluminium beim Kontaktieren von Verbindungen verwendet wird, sollte es mit Kupfer, Silber oder Zinn plattiert oder umhüllt werden.

[0181] Beryllium – Dieses Material weist hohe Steifigkeit und Festigkeit zu Dichteverhältnissen, hohe Wärmeleitfähigkeit und niedrige Wärmeausdehnung auf.

[0182] Kupfer – Kupfer wird bei elektrischen Kontakten aufgrund seiner hohen elektrischen und thermischen Leitfähigkeit, niedrigen Kosten und leichten Herstellung umfangreich verwendet. Die Hauptnachteile von Kupferkontakten sind niedrige Beständigkeit gegen Oxidation und Korrosion. Reines Kupfer ist relativ weich, heilt bei niedrigen Temperaturen aus und ihm mangeln die manchmal erwünschten Federeigenschaften.

[0183] Epoxy – Epoxy ist ein Harz, das im Allgemeinen nicht-leitend ist und das bei Raumtemperatur oder bei erhöhten Temperaturen aushärtet (härtet). Wenn es für elektrische Verbindungen (z. B. anstelle von Lötmittel) verwendet wird, wird ein mit Silber- oder Goldteilchen gefülltes leitendes Epoxy verwendet. Diese leitenden Epoxies weisen typischerweise spezifische Volumenwiderstände von weniger als 1 mΩ/cm (Milliohm pro Zentimeter) auf. Es gibt eine

Fülle von Epoxies zur Auswahl aus diesen, wobei die letztlche Auswahl durch die Anwendung vorgegeben wird, in der das Epoxy verwendet wird.

[0184] Eutektikum – Ein "Eutektikum" ist eine Kombination von Metallen wie z. B. Gold und Zinn, die eine niedrigere Schmelztemperatur aufweist als irgendeines der Bestandteilemetalle. Beispiele umfassen 80% Gold – 20% Zinn (Gewichtsprozent) und 63% Zinn – 37% Blei. Eine Eigenschaft von Eutektika, sich beim Schmelzen auszudehnen, wird in bestimmten der nachstehend beschriebenen Ausführungsbeispiele ausgenutzt.

[0185] Gold – Reines Gold weist eine unübertrogene Beständigkeit gegen Oxidation und Sulfidierung auf, aber ein niedriger Schmelzpunkt und eine Anfälligkeit für Erosion begrenzen seine Verwendung bei elektrischen Kontakten auf Anwendungen mit geringem Strom. Gold in Kontakt mit Palladium oder mit Rhodium weist einen sehr niedrigen Kontaktwiderstand auf.

[0186] Nickel – Nickel und seine Legierungen sind typischerweise durch gute Festigkeit und Korrosionsbeständigkeit gekennzeichnet. Nickelmetall weist eine relativ gute elektrische Leitfähigkeit auf.

[0187] Platingruppenmetalle – Platin und Palladium sind die zwei wichtigsten Metalle der Platingruppe. Diese Metalle weisen eine hohe Beständigkeit gegen Anlaufen auf und stellen daher einen zuverlässigen Kontaktverschluss für Relais und andere Bauelemente mit niedrigen Kontaktkräften bereit.

[0188] Edelmetalle: Die folgenden Materialien weisen im Allgemeinen alle gute Korrosionsbeständigkeit (abgesehen von Silber in Sulfidumgebungen) auf: Gold, Iridium, Osmium, Palladium, Platin, Rhodium, Ruthenium und Silber.

[0189] Silber – Silber in reiner oder legierter Form ist ein umfangreich verwendetes Material für Ruhe- und Arbeitskontakte. Die mechanischen Eigenschaften und die Härte von reinem Silber werden durch Legieren verbessert, aber seine thermische und elektrische Leitfähigkeit werden nachteilig beeinflusst.

[0190] Lötmittel – Lötmittel sind eine umfangreich verwendete Gruppe von Legierungen in den elektronischen und elektrischen Industrien. Ihre Zusammensetzungen basieren hauptsächlich auf Zinn und Blei mit geringen Legierungselementen wie z. B. Silber und Antimon. Lötmittel sind Materialien mit geringer Festigkeit bei Raumtemperatur und nehmen selbst bei den mäßig erhöhten Temperaturen, die von einer elektronischen Anlage erfahren werden, ziemlich schnell in der Festigkeit ab. Ihr relatives Verhältnis von Zinn : Blei im Lötmittel kann in einem breiten Bereich liegen und ist nominal 50 : 50.

[0191] Wolfram und Molybdän – Die meisten Wolfram- und Molybdänkontakte werden in Form von Verbundstoffen mit Silber oder Kupfer als andere Hauptkomponente hergestellt.

[0192] Die Erfindung wurde im Zusammenhang mit dem Bonden eines freien Endes eines Drahts an ein "Substrat", mit dem Gestalten eines nachgiebigen

Drahtschafts, so dass er eine federfähige Form aufweist, und mit dem Überziehen des Drahts mit einem Federmaterial, um eine elastische Kontaktstruktur zur Herstellung von Verbindungen zwischen zwei (oder mehr) elektronischen Bauteilen (von denen eines das "Substrat" ist, auf dem die elastischen Kontakte ausgebildet werden) auszubilden, beschrieben. Geeignete Substrate umfassen, sind jedoch nicht begrenzt auf die folgenden, von denen viele nachstehend genauer beschrieben werden:

- (a) Verbindungs- und Zwischenschaltsubstrate;
- (b) Halbleiterwafer und -chips, die aus einem beliebigen geeigneten Halbleitermaterial wie z. B. Silizium (Si) oder Gallium-Arsenid (GaAs) bestehen;
- (c) Produktionsverbindungssockel;
- (d) Testsockel;
- (e) Opferbauteile, -elemente und -substrate, wie hierin beschrieben;
- (f) Halbleitergehäuse ("Gehäuse"), einschließlich Keramik- und Kunststoffgehäusen, und Chipträger, wie hierin beschrieben; und
- (g) ein Verbindungsstecker.

[0193] Gemäß einem Aspekt der Erfindung können elastische Kontaktstrukturen auf oder von einem elektronischen Bauteil zu einem Opferelement ausgebildet werden.

[0194] Die Verwendung eines Opferelements in Verbindung mit dem Ausbilden einer elastischen Kontaktstruktur ist im AKTE-1 in den **Fig. 6a–6c** darin, die zu den **Fig. 3A–3C** hierin ähnlich sind, erörtert.

[0195] **Fig. 3A** stellt dar, dass ein Draht **802**, dessen proximales Ende **802a** an einen ersten Anschluss **812** auf einem Substrat **808** gebondet ist, zu einer U-förmigen Schleife geformt werden kann, und anstatt Durchtrennen des distalen Endes **802b** des Drahts **802** Bonden des distalen Endes **802b** des Drahts an einen zweiten Anschluss **820** mit einer geeigneten Keilbondstelle oder dergleichen.

[0196] Der resultierende schleifenförmige Drahtschaft **830** wird, wie in **Fig. 3B** gezeigt, mit einer ein- oder mehrlagigen Beschichtung **840** überzogen, die den gesamten Drahtschaft **830** und die Anschlüsse **812, 820** umhüllt. Der zweite Anschluss **820** wird geeigneterweise auf einer Opferschicht angeordnet, die als elektrischer Kontaktpunkt für Elektroplattierungsprozesse (wenn solche Prozesse verwendet werden, um den Drahtschaft zu überziehen) dient und auch zum Vorsehen einer anderen (höheren) z-Achsen-Koordinate für die zwei Enden des Drahtschafts **802a** und **802b** dient.

[0197] Wie in **Fig. 3C** dargestellt, kann nach dem Überziehen des Drahtschafts die Opferschicht **822** entfernt werden (wie z. B. durch selektives Ätzen), wobei ein Spalt **824** zwischen dem Ende **802b** und der Oberfläche des Substrats **808** belassen wird. Die "Aufhängung" des Endes **802b** ist für die Ausbildung von Federkontakte mit gesteuerter Geometrie, die

in der Lage sind, elastisch mit Gegenanschlüssen auf einem Bauteil oder einem Substrat zum Voralterungstesten oder Testen (nachstehend genauer erläutert) eines elektronischen Bauteils (wie z. B. eines Halbleiterchips) in Eingriff zu kommen, oder zum Vorsehen einer demontierbaren elektrischen Verbindung mit einem elektronischen Bauteil besonders wichtig. Der Spalt **824** ermöglicht eine z-Achsen-Auslenkung (Bewegung) der Spitze **802b** der resultierenden Kontaktstruktur, wenn eine Kraft auf diese aufgebracht wird.

[0198] Wie in **Fig. 3C** dargestellt, ist beabsichtigt, dass die Kontaktstruktur **830** vielmehr an einem Punkt entlang ihrer Länge als an ihrem distalen Ende (**802b**) einen Kontakt herstellt. Dies ist durch den nach unten zeigenden Pfeil, der mit "C" bezeichnet ist, dargestellt.

[0199] **Fig. 3D** stellt dar, dass das unmittelbar vorstehend beschriebene Verfahren umgeordnet werden könnte, so dass das Opferelement (**822** von **Fig. 3A**) vor dem Überziehen des Drahtschafts (siehe z. B. **Fig. 3B**) entfernt werden könnte.

[0200] Wie hierin verwendet, ist ein "Opferelement", wie z. B. das vorstehend beschriebene Element **822** im Allgemeinen ein Element (wie z. B. eine Schicht) auf dem elektronischen Bauteil (**808**), an dem die elastische Kontaktstruktur montiert wird.

[0201] Die Verwendung eines Opferelements in Verbindung mit dem Ausbilden einer elastischen Kontaktstruktur, die als Sonde nützlich ist, ist im AK-TE-2 in den **Fig. 14–15** darin, die zu den **Fig. 4A–4B** hierin ähnlich sind, erörtert.

[0202] **Fig. 4A** stellt ein Ausführungsbeispiel **900** für die Verwendung eines Opferelements **902** (in gestrichelten Linien dargestellt) in Verbindung mit dem Ausbilden einer elastischen Kontaktstruktur **930**, die sich zur Verwendung als Sonde eignet, dar. In diesem Beispiel wird das Opferelement geeigneterweise aus Aluminium ausgebildet.

[0203] Eine Vielzahl von (eine von vielen dargestellt) Vertiefungen **904** werden wie z. B. durch Ätzen, Eingravieren, Prägen oder dergleichen in der oberen Oberfläche **902a** des Opferelements **902** ausgebildet. Die untere (wie gesehen) Oberfläche der Vertiefung **904** weist eine unregelmäßige Topographie wie z. B. in Form von umgekehrten Pyramiden, die in Scheitelpunkten enden, auf. Eine dünne Schicht **906** eines leitenden Materials wie z. B. Gold oder Rhodium (alternativ Zinn oder Lötmittel, wie z. B. wenn Lötanschlüsse kontaktiert werden) wird in der Vertiefung in einer beliebigen bekannten Weise abgeschieden. Die Vertiefung **904** wird dann im Wesentlichen mit einem leitenden Material **908** wie z. B. Nickel in einer beliebigen bekannten Weise gefüllt. Eine Schicht **910** aus einem leitenden Material wie z. B. Gold wird dann über dem Füllmaterial **908** in einer beliebigen bekannten Weise abgeschieden. Diese Schichtstruktur von Gold (**906**), Nickel (**908**) und Gold (**910**) bildet eine geeignete Spitzenstruktur ("Kontaktstelle") für eine Sonde.

[0204] Ein Draht **912** wird an seinem proximalen Ende **912a** an die Oberfläche der Schicht **910** gebondet und wird so gestaltet, dass er sich über eine Kante eines elektronischen Bauteils **920** erstreckt, an der der Draht abgetrennt und sein distales Ende **912b** an einen Anschluss **922** auf dem elektronischen Bauteil **920** gebondet wird. Die gestaltete Form des Drahts steht von der Kante des Bauteils **920** hervor.

[0205] Der Draht wird dann mit einem leitenden Material **914** wie z. B. Nickel oder mit einer mehrlagigen Beschichtung, wie mit Bezug auf **Fig. 2** erörtert, die auch den Anschluss **922** auf dem elektronischen Bauteil überzieht, in der vorstehend beschriebenen Weise überzogen. Um sicherzustellen, dass der Überzug nur eine gewünschte Fläche auf dem Opferelement bedeckt, kann die gesamte Oberfläche des Opferelements, abgesehen von den Vertiefungen (**904**), mit einem geeigneten Maskierungsmaterial wie z. B. mit Photoresist (nicht dargestellt) maskiert werden. (Diese Maskierung kann vom Ausbilden und Füllen der Vertiefungen zur Herstellung der Kontaktstellen "übriggeblieben" sein.)

[0206] Wie gezeigt ist, wird das Opferelement **902** durch ein geeignetes Abstandselement **916** (in gestrichelten Linien dargestellt), das einfach Photore sistmaterial sein kann, in einer vorbestimmten Position bezüglich des elektronischen Bauteils **920** gehalten.

[0207] Nach der Beendung werden das Abstandselement **916** und das Opferelement **902** entfernt, wobei elastische Kontaktstrukturen **930** belassen werden, die sich vom elektronischen Bauteil **920** erstrecken, von denen jede eine Kontaktstelle mit gesteu erter Geometrie an ihrem Ende aufweist.

[0208] Die Scheitelpunkte der umgekehrten Pyramiden der Kontaktstelle sind beispielsweise im Zusammenhang mit dem Sondenprüfverfahren zum Bewirken einer zuverlässigen elektrischen Verbindung mit einem Anschluss (Kontaktstelle) eines anderen elektronischen Bauteils (nicht dargestellt) nützlich, dessen Sondenprüfung erwünscht ist (z. B. zum Voralterungstesten, Testen oder dergleichen). Wenn relativ geringe Gesamtkräfte beteiligt sind, dringen die Punkte (Scheitelpunkte) teilweise in den Anschluss des mit einer Sonde geprüften elektronischen Bauteils ein. Im Allgemeinen wäre das elektronische Bauteil **920** in diesem Fall eine Testkarte (Leiterplatte) mit einer Vielzahl von Sondenstrukturen (**930**), die sich zu einem Bereich erstrecken, in dem ein elektronisches Bauteil, das mit einer Sonde geprüft wird, eingeführt werden würde. Die Testkarte läge geeigneterweise in Form eines Rings vor, wobei sich die Sonden **930** von einer Innenkante des Rings bis unter den Ring erstrecken.

[0209] Es liegt innerhalb des Schutzbereichs dieser Erfindung, dass die vorstehend beschriebene Folge von Ereignissen umgeordnet wird, so dass:

(a) der Draht **912** zuerst an den Anschluss **922** des elektronischen Bauteils **920** gebondet wird; und/oder

(b) der Draht **912** überzogen wird (**914**), nachdem das Opferelement **902** entfernt ist.

[0210] **Fig. 4B** zeigt ein Ausführungsbeispiel 940 einer vollendeten Sonde **942**, die zur Sonde **930** des vorherigen Ausführungsbeispiels **900** ähnlich ist, mit den folgenden Unterschieden. In diesem Fall ist das Ende der Sonde **942** (vergleiche **930**) an eine Kontaktstelle **944**, die einen einzelnen vorstehenden Knoten **946** aufweist, anstatt eine Vielzahl von Punkten keilgebondet, und das Ende **948** (vergleiche **912b**) der Sonde **942** ist an das elektronische Bauteil **950** (vergleiche **920**) kugelgebondet.

[0211] Wie in **Fig. 4C** dargestellt, kann eine nützliche (z. B. bevorzugte) Kontaktspitze für eine Sonde in (oder auf) einem Opferelement in der folgenden Weise auf einem dünnen Aluminium- (Folie) Opferelement **960** ausgebildet werden:

- Vorsehen einer vorübergehenden Unterlage **962** wie z. B. einer Kunststofffolie für die Folie, um die strukturelle Integrität der Folie zu erhöhen;
- Strukturieren der Fläche der Folie mit einer dünnen (ungefähr 75 µm (3 mil)) Schicht aus Photoresist **964** oder dergleichen, wobei Öffnungen an Stellen belassen werden, an denen es erwünscht ist, Kontaktspitzen auszubilden;
- Abscheiden (wie z. B. durch Plattieren) einer dünnen (ungefähr 2,5 µm (100 µ")) Schicht **966** aus hartem Gold auf der Folie innerhalb der Öffnungen im Photoresist;
- Abscheiden (wie z. B. durch Plattieren) einer sehr dünnen (ungefähr 120–250 nm (5–10 µ")) Schicht ("Decküberzug") aus Kupfer **968** auf der Schicht aus hartem Gold (es sollte selbstverständlich sein, dass ein solcher Kupfer-Decküberzug etwas wahlfrei ist und hauptsächlich vorgesehen wird, um bei der anschließenden Plattierung der vorherigen Goldschicht **966** zu unterstützen);
- Abscheiden (wie z. B. durch Plattieren) einer dicken (ungefähr 50 µm (2 mil)) Schicht **970** aus Nickel auf dem Kupfer-Decküberzug; und
- Abscheiden (wie z. B. durch Plattieren) einer dünnen (ungefähr 2,5 µm (100 µ")) Schicht **972** aus weichem Gold auf dem Nickel.

[0212] Dies bildet eine Kontaktspitze mit 4 Schichten aus, an die leicht ein Golddraht (nicht dargestellt) gebondet wird (an die weiche Goldschicht), welche eine harte Goldoberfläche (**966**) zum Kontaktieren von elektronischen Bauteilen, eine Nickelschicht (**970**), die Festigkeit bereitstellt, und eine weiche Goldschicht (**972**), an die leicht gebondet wird, aufweist. Wie vorstehend beschrieben, wird der Draht nach dem Bonden des Drahts an das Opferelement (**960**) plattiert (z. B. mit Nickel) und das Opferelement wird entfernt (oder umgekehrt).

[0213] Die Fähigkeit, eine elastische Kontaktstruktur unter Verwendung eines Opferelements auf dem Substrat (wie in **Fig. 3A**) oder unter Verwendung eines Opferelements aus dem Substrat (wie in **Fig. 4A**)

auszubilden, wurde vorstehend allgemein erörtert.

[0214] Wie vorstehend erörtert, wird die in den **Fig. 4A** und **4B** beschriebene elastische Kontaktstruktur geeigneterweise als Sonden verwendet, die ein elektronisches Bauteil zum Voralterungstesten und Testen und Prüfen der Funktionalität des durch Sonden geprüften Bauteils kontaktieren.

[0215] Gemäß der Erfindung können elastische Kontaktstrukturen in eine Chipnadelkarte integriert werden.

[0216] Die **Fig. 5A–5I** stellen ein Herstellungsverfahren zur Herstellung einer Chipnadelkarte unter Verwendung eines Opferelements dar. Im Allgemeinen werden Öffnungen im Photoresist auf dem Opferelement (z. B. Aluminium oder Kupfer) ausgebildet, eine wahlweise Topographie wird im Opferelement innerhalb der Resistöffnungen (typischerweise durch einen zusätzlichen Ätzschritt oder durch ein geformtes Werkzeug) erzeugt, dann wird mindestens eine leitende Schicht innerhalb der Öffnungen platziert oder abgeschieden, an welchem Punkt das Opferelement an (z. B. unterhalb) einer Chipnadelkarte montiert wird (diese Montage könnte der erste Schritt sein, der durchgeführt wird). Dann werden Drähte an das Opferelement und an die Karte gebondet und werden mit Federmaterial (oder irgendeinem anderen Material) überzogen. Schließlich wird die Opferschicht entfernt, ohne sich nachteilig auf die Kontakte (Sonden) auszuwirken.

[0217] Es ist bei den hierin beschriebenen Sonden-ausführungsbeispielen bedeutend, dass eine Kontaktstelle vorhanden ist, die an der Spitze des Drahts ausgebildet ist, wobei die Kontaktstelle typischerweise eine Topographie aufweist, die für die Herstellung von vorübergehenden Verbindungen mit getesteten (durch Sonden geprüften) Bauelementen günstig ist, dass das Material, das den geformten Draht überzieht, nicht leitend sein muss, solange es die angestrebte Elastizität vorsieht – wobei der Draht selbst für viele Anwendungen den erforderlichen leitenden Weg zwischen der Nadelkarte (z. B.) und dem durch Sonden geprüften Bauelement vorsieht.

[0218] Eine erste "Phase" (Phase-1) des Prozessablaufs, der eine Verarbeitung eines Opferelements beinhaltet, ist in den **Fig. 5A–5C** dargestellt, wobei gilt:

[0219] **Fig. 5A** stellt einen ersten Schritt dar, in dem eine strukturierte Schicht aus Photoresist **1002** mit darin festgelegten Öffnungen **1004** (eine von vielen gezeigt) über ein Opfermaterialsubstrat **1008**, wie z. B. ein Aluminium- oder Kupferblech, aufgebracht wird.

[0220] **Fig. 5B** stellt einen nächsten Schritt dar, bei dem das ansonsten im Allgemeinen glatte, planare Substratmaterial innerhalb der Öffnungen **1004** "geprägt" wird, so dass es eine Topographie aufweist, wie z. B. durch Mikrobearbeitung oder durch Lithographie (z. B. einschließlich Ätzen). Dies ist durch ein Prägewerkzeug **1010** dargestellt, das auf die Oberfläche des Substrats innerhalb der Öffnung **1004**

nach unten drückt, um eine Vielzahl von Vertiefungen **1012** zu erzeugen, die sich in die Oberfläche des Substrats **2008** erstrecken.

[0221] **Fig. 5C** stellt dar, dass, nachdem das Werkzeug (**1010**) entfernt ist (oder die Oberfläche des Substrats anderweitig geprägt wurde, wie z. B. durch Ätzen), die Oberfläche des Substrats innerhalb der Öffnung (**1004**) mit einer dünnen Schicht **1020** aus einem Material plattiert wird, das sich zur Herstellung eines Kontakts mit einem anderen elektronischen Bauteil eignet, wie z. B. Rhodium. Eine weitere, dickere Schicht **1022** aus einem Material wie z. B. Nickel wird über der dünnen Schicht **1020** aufgebracht. Diese Schicht **1022** füllt die Vertiefungen **1012**, die durch Prägen ausgebildet wurden, im Wesentlichen und überfüllt vorzugsweise die Vertiefungen **1012**, wie dargestellt. Als nächstes wird eine dünne Schicht **1024** aus bondbarem (z. B. weichem) Gold über der dicken Schicht **1022** innerhalb der Öffnung **1004** aufgebracht. Die Schichtstruktur **1026** (siehe **Fig. 5D**) in der Öffnung **1014** legt eine Kontaktstelle fest, an die ein Draht gebondet wird.

[0222] Nachdem die in den **Fig. 5A–5C** dargestellten Schritte durchgeführt wurden, ist das Opferelement **1008** zur Kontaktmontage bereit.

[0223] Eine zweite "Phase" (Phase-2) des Prozessablaufs, der die Montage eines Kontakte tragenden Substrats am Opferelement (**1008**) und die Herstellung von elastischen Sondenkontaktstrukturen beinhaltet, ist in den **Fig. 5D–5C** dargestellt, in denen gilt:

[0224] **Fig. 5D** stellt dar, dass ein Opferelement **1008**, das durch die Schritte von Phase-1 hergestellt wird, ein Abstandselement **1030** aufweist, das an seiner Oberfläche in einem Umfangsbereich derselben montiert ist. Das Abstandselement **1030** ist geeigneterweise als dicke Photoresistschicht (alternativ aus einem Polymer, alternativ ein Metallunterlegmaterial) ausgebildet, welche so strukturiert ist, dass sie ein Ring- (z. B. quadratischer Ring) Profil mit einem mittleren Bereich **1032** entsprechend einem Bereich, in dem bei der Beendung des Prozesses ein Halbleiterchip (z. B.) zur Kontaktierung durch Sonden (nachstehend erörtert) eingeführt wird, aufweist. Ein ringförmiges Substrat **1040** mit einem mittleren offenen Bereich entsprechend dem und ausgerichtet auf den offenen Bereich **1032** ist auf dem Abstandselement **1030** angeordnet. (Das Substrat **1040** ist beispielsweise eine mehrlagige PCB). Eine obere (wie gesehen) Oberfläche des ringförmigen Substrats **1040** weist eine Vielzahl von Kontaktflächen **1042** (vergleiche 110, **Fig. 1**) auf, die vorzugsweise nahe der Öffnung im Substrat **1040** festgelegt sind. Das Substrat **1040** ist als eine mehrlagige Leiterplatte (z. B. PCB) mit abwechselnden Schichten aus Isolationsmaterial und leitendem Material dargestellt und an diesem können diskrete elektronische Bauteile montiert sein (wie z. B. eine Testschaltung und dergleichen).

[0225] Es liegt innerhalb des Schutzbereichs dieser Erfindung, dass das Substrat **1040** einfach ein Einsatz sein könnte, der an einer anderen und separaten

Nadelkarte (nicht dargestellt) montiert ist.

[0226] **Fig. 5E** stellt dar, dass ein Draht **1050** an seinen beiden Enden **1050a** und **1050b** (in einer Weise ähnlich zu jener der vorstehend erwähnten Schleife **802**) zwischen den Kontaktflächen **1042** auf der PCB **1040** und dem Material (**1022**) in den Öffnungen auf dem Opfersubstrat **1008** gebondet wird, um eine elektrische Verbindung zwischen diesen herzustellen. Ein Ende **1050a** des Drahts **1050** wird beispielsweise an die Schicht **1022** in der Fläche **1012** kugelgebondet und ein anderes Ende **1050b** wird an die Kontaktfläche **1042** keilgebondet. Der Draht **2050** wird zu einer Form gestaltet (wie vorstehend beschrieben), die sich zum Wirken als elastische Sondenkontaktstruktur eignet (sobald er überzogen ist, wie nachstehend beschrieben). Es ist im Wesentlichen unbedeutend, welches Ende des Drahts **1050** zuerst gebondet wird und welches Ende des Drahts als zweites gebondet wird.

[0227] **Fig. 5F** stellt dar, dass, nachdem der Draht **1050** zwischen die Substrate **1008** und **1040** gebondet ist (und nach dem ersten Bonden und vor dem zweiten Bonden zu einer Form gestaltet wurde), der Draht **1050** mit einem leitenden Material **1052** überzogen wird, das den Draht **1050** vollständig bedeckt, und das auch die Kontaktfläche auf dem Substrat **1040** bedeckt und das auch vollständig die Fläche innerhalb der Öffnung **1012** im Opfersubstrat **1008** bedeckt. Das Verfahren und die Art und Weise zum Überziehen des Drahts mit einem Material, das der resultierenden Kontakt-(Sonden-) Struktur elastische Eigenschaften verleiht, ist ein beliebiges der vorstehend beschriebenen Verfahren.

[0228] **Fig. 5G** stellt dar, dass, nachdem der Draht **1050** überzogen ist, das Opfersubstrat **1008** wie z. B. durch chemisches Ätzen entfernt werden kann. Wie dargestellt, umfasst das Entfernen des Opfersubstrats das Entfernen der Schicht **1002** sowie das Entfernen des Abstandselements **1030**. Dies führt dazu, dass das Kartensubstrat **1040** eine Vielzahl von (zwei von vielen dargestellt) Sondenkontaktstrukturen **1054** (jeweils mit einem Draht **1050**, der überzogen ist **1052**) aufweist, die sich von einer Vielzahl von (zwei von vielen dargestellt) Kontaktflächen **1042** bis innerhalb und unterhalb der Öffnung im Kartensubstrat **1040** erstrecken, um einen elastischen Kontakt mit einer entsprechenden Vielzahl von (zwei von vielen dargestellt) Kontaktflächen **1062** auf einem Halbleiterbauelement **1060** herzustellen. Diese Kontaktflächen **1062** sind typischerweise Bondkontaktstellen, die direkt innerhalb des Umfangs des Chips **1060** angeordnet sind.

[0229] Wie in **Fig. 5G** deutlich gezeigt ist, weist jede elastische Kontaktsonde **1054** eine Spitze **1054b** auf, die durch die Schichten **1022** und **1020** ausgebildet ist, welche das "Spiegelbild" des durch die Flächen **1012** vorgesehenen geprägten Musters ist.

[0230] In dieser Weise können elastische, vorübergehende Verbindungen zwischen einer Testkarte (**1040**) und einem Bauelement unter Test (DUT) **1060**

hergestellt werden, was, wie nachstehend genauer beschrieben, für das Durchführen des Voralterungstestens und Testens von Halbleiterbauelementen vor dem Verkappen der Bauelemente oder zur Herstellung von vollständig auf Fehlerfreiheit geprüften Bauelementen wichtig ist.

[0231] Die **Fig. 5H** und **5I** stellen alternative letzte und vorletzte Schritte in Phase-2 dar, in denen das Opfersubstrat **1008** (und das Abstandselement **1030**) entfernt werden (**Fig. 5H**), bevor der geformte Draht **1050** überzogen wird (**Fig. 5I**).

[0232] Die **Fig. 5J** und **5K** stellen alternative Ausführungsbeispiele von elastischen Kontaktstrukturen, die als Sonden wirken, gemäß der vorliegenden Erfindung dar. **Fig. 5J** zeigt ein Ausführungsbeispiel einer Sonde, das zu **Fig. 11** von AKTE-2 ähnlich ist, und **Fig. 5K** zeigt ein Ausführungsbeispiel, das zu **Fig. 12** von AKTE-2 ähnlich ist.

[0233] **Fig. 5J** stellt ein weiteres Ausführungsbeispiel 1070 einer sondenartigen Kontaktstruktur dar. Wie bei den vorherigen Ausführungsbeispielen weist ein Drahtschaft **1072** (biegsames längliches Element) ein Ende **1072a** auf, das an eine Kontaktfläche **1074** auf einem Substrat **1076** gebondet ist. Ein weiteres Ende **1072b** des Drahtschafts ist an eine vorgeformte Kontaktspitze **1078** auf einem Opferelement **1080** in einer beliebigen geeigneten Weise gebondet (als keilgebondet dargestellt) und ist überzogen (z. B. mit Nickelmaterial **1079**), um die gewünschten Biege-eigenschaften für die resultierende Sonde bereitzustellen. Ein geeignetes Abstandselement **1083** (vergleiche 1030) wird geeigneterweise verwendet. Schließlich werden sowohl das Abstandselement **1083** als auch das Opfersubstrat **1080** entfernt.

[0234] **Fig. 5K** stellt ein weiteres Ausführungsbeispiel 1084 einer sondenartigen Kontaktstruktur dar. Wie in den vorherigen Ausführungsbeispielen weist ein Drahtschaft **1086** (biegsames längliches Element) ein Ende **1086a** auf, das an eine Kontaktfläche **1074** auf einem Substrat **1076** gebondet ist. Ein weiteres Ende **1086b** des Drahtschafts ist an eine vorgeformte topologische Kontaktstelle **1088** auf einem Opferelement **1090** in einer beliebigen geeigneten Weise gebondet (als keilgebondet dargestellt). Der Drahtschaft **1086** wird mit einer mehrlagigen Beschichtung in der folgenden Weise versehen. Eine Schicht **1092** aus einem leitenden Material (wie z. B. Nickel) wird über dem Drahtschaft **1086** abgeschieden (z. B. plattierte), um dem Drahtschaft Elastizität zu verleihen und den Drahtschaft an der Kontaktstelle **1092** zu verankern. Eine Schicht **1094** aus dielektrischem Material (wie z. B. Siliziumdioxid) wird über der Nickelschicht **1092** aufgebracht. Das dielektrische Material (**1094**) kann die Kontaktstelle **1088** umschließen (nicht dargestellt), um die Verankerung des Drahtschafts an dieser zu unterstützen. Als nächstes wird der Drahtschaft maskiert, wie z. B. durch Eintauen der Spitze des Drahtschafts, wobei die Kontaktstelle angebracht ist, in ein geeignetes Maskierungs-material wie z. B. Photoresist (nicht dargestellt).

Schließlich wird eine weitere Schicht **1096** aus leitendem Material (wie z. B. Gold) über dem Drahtschaft abgeschieden. Dies bildet einen koaxialen (abgeschirmten) Leiter aus, dessen äußere Schicht (**1096**) in einer beliebigen geeigneten Weise geerdet werden kann (wie durch das Erdungssymbol "G" angegeben), um die Impedanz der Sondenstruktur zu steuern. Ein geeignetes Abstandselement **1093** (vergleiche 1030) wird geeigneterweise verwendet. Es liegt innerhalb des Schutzbereichs dieser Erfindung, dass der Drahtschaft vor dem Anbringen (z. B. durch Hartlöten) der Kontaktstelle (**1088**) an diesem überzogen werden kann (wie vorstehend beschrieben). In diesem Beispiel ist die Kontaktstelle **1088** als "topologisch" dargestellt (vergleiche 1026 von **Fig. 5D**), ein Merkmal, das für die Sondenprüfung, insbesondere für die Sondenprüfung von Lötkontakthügeln (siehe z. B. **Fig. 7E**), besonders nützlich ist.

KONTAKTHERSTELLUNG AUF EINEM OPFER-SUBSTRAT

[0235] Im großen und ganzen wurden vorstehend Verfahren zur Herstellung von elastischen Kontaktstrukturen durch Bonden eines Endes eines Drahts an ein elektronisches Bauteil, Konfigurieren des Drahts, so dass er ein Drahtschaft mit einer federfähigen Form ist, Überziehen des Drahts mit einem elastischen Material und wahlweise Bonden eines anderen Endes des Drahts an ein Opferelement oder an ein Opferbauteil beschrieben. In dieser Weise wird eine elastische Kontaktstruktur an einem elektronischen Bauteil montiert.

[0236] Gemäß der Erfindung werden eine Vielzahl von elastischen Kontaktstrukturen als separate und unterschiedliche Strukturen hergestellt, ohne die elastischen Kontaktstrukturen an einem elektronischen Bauteil zu montieren, für die anschließende (nachdem die elastischen Kontaktstrukturen hergestellt sind) Montage (wie z. B. durch Hartlöten) an einem elektronischen Bauteil. Mit anderen Worten, eine Zufuhr (z. B. "Eimer") von Kontaktstrukturen kann hergestellt und zur späteren Befestigung (Montage) an elektronischen Bauteilen eingelagert werden. Dies ist ähnlich zum Verfahren des Standes der Technik zur Herstellung einer Vielzahl von Stiften und dann später Hartlöten derselben an Gehäusekörper.

[0237] **Fig. 6A** stellt einen ersten Schritt bei der Herstellung von diskreten elastischen Kontaktstrukturen dar, wobei eine strukturierte Schicht aus Photoresist **1102** auf eine Oberfläche (Oberseite, wie gesehen) eines Opfersubstrats **1104** aufgebracht wird. Der Photoresist **1102** wird mit einer Vielzahl von (drei von vielen dargestellt) Öffnungen **1106a**, **1106b** und **1106c** (z. B. unter Verwendung von herkömmlichen Maskierungsverfahren) versehen.

[0238] **Fig. 6B** stellt einen nächsten Schritt dar, in dem eine Topographie (wahlweise) in dem Opfersubstrat **1104** innerhalb der Resistöffnungen unter Verwendung eines geformten (Präge-) Werkzeugs **1110**

erzeugt wird. (Die Verwendung eines Werkzeugs ist eine Alternative zum Ätzen einer Topographie in der Oberfläche des Opfersubstrats.) Wie in dieser Figur dargestellt, wurde eine Topographie im Opfersubstrat **1104** innerhalb der Öffnung **1106a** erzeugt, wird im Opfersubstrat **1104** innerhalb der Öffnung **1106b** erzeugt und soll noch im Opfersubstrat **1104** innerhalb der Öffnung **1106c** erzeugt werden.

[0239] Die **Fig. 6C–6E** stellen anschließende Schritte in dem Prozess zur Herstellung einer Vielzahl von diskreten elastischen Kontaktstrukturen für eine beispielhafte der Vielzahl von Kontaktstrukturen (innerhalb einer beispielhaften entsprechenden der Öffnungen **1106a**) dar.

[0240] **Fig. 6C** stellt die Ausbildung einer Kontaktspitze **1120** (vergleiche 990) innerhalb der Öffnung **1106a** durch Plattieren einer ersten leitenden Schicht (z. B. aus hartem Gold) **1122** auf dem Opfersubstrat **1104** innerhalb der Öffnung **1106a**, Plattieren einer zweiten leitenden Schicht (z. B. aus Nickel) **1124** auf der ersten Schicht **1122** und Plattieren einer dritten leitenden Schicht **1126** (z. B. aus hartem Gold) auf der zweiten Schicht **1124** dar. (Die in diesem Satz von Figuren gezeigte dreilagige Kontaktspitze ist lediglich beispielhaft, wobei es selbstverständlich ist, dass mindestens eine Schicht erforderlich ist.) Im Allgemeinen sollte die untere Schicht **1122** aus einem Material bestehen, das für die Herstellung eines Kontakts mit elektronischen Bauteilen zugänglich ist, und die obere Schicht **1124** sollte aus einem Material bestehen, das für das Bonden an einen Drahtschaft zugänglich ist. Wie vorstehend beschrieben, kann eine vierlagige Struktur ausgebildet werden, die eine dünne Schicht aus hartem Gold (zum Kontaktieren von elektronischen Bauteilen), gefolgt von einer sehr dünnen Schicht aus Kupfer, gefolgt von einer Schicht aus Nickel, gefolgt von einer dünnen Schicht aus weichem Gold (zum Bonden an einen Golddrahtschaft) umfasst. Es sollte selbstverständlich sein, dass die dünne Kupferschicht wahlfrei ist.

[0241] **Fig. 6D** stellt das Bonden eines Drahts an die Kontaktspitze **1120** und das Formen des Drahts, so dass er ein Drahtschaft **1130** ist, in einer beliebigen geeigneten Weise, die vorstehend dargelegt wurde, dar.

[0242] **Fig. 6E** stellt das Überziehen des Drahtschafts mit einem federnden (z. B. Nickel) Material **1132** in einer beliebigen geeigneten Weise, die vorstehend dargelegt wurde, dar. (Vergleiche z. B. **Fig. 2A**.)

[0243] **Fig. 6F** stellt einen Endschritt dar, in dem das Opfersubstrat **1104** und der Photoresist **1102** durch einen beliebigen geeigneten Prozess wie z. B. Abwaschen des Photoresists und Auflösen des Opfersubstrats entfernt werden. Dies beendet die Herstellung einer elastischen Kontaktstruktur **1130** mit einer Kontaktspitze **1120**.

[0244] In dieser Weise können eine Vielzahl von individuellen elastischen Kontaktstrukturen ausgebildet werden. Kontaktstrukturen, die beispielsweise

durch das in den **Fig. 6A–6F** dargestellte Verfahren ausgebildet werden, können an Kontaktstellen auf einer Außenfläche eines Halbleitergehäuses individuell auf einer einzelnen Basis montiert werden (wie z. B. durch Hartlöten, Weichlöten, Epoxybefestigung oder dergleichen). Wie unmittelbar nachstehend beschrieben, ist es in einer Anzahl von Anwendungen bevorzugt, dass eine Vielzahl von Kontaktstrukturen auf einmal zur Außenfläche eines Halbleitergehäuses überführt ("simultan" überführt) werden.

KONTAKT-SIMULTANTRANSFER

[0245] Wie vorstehend mit Bezug auf die **Fig. 6A–6F** beschrieben, können eine Vielzahl von diskreten "nicht-montierten" elastischen Kontaktstrukturen für die anschließende Montage an einem elektronischen Bauteil ausgebildet werden.

[0246] Gemäß der Erfindung können eine Vielzahl von elastischen Kontaktstrukturen auf einem Opfersubstrat (z. B. in der Weise der **Fig. 6A–6E**) hergestellt, dann massenweise (simultan überführt) an einem elektronischen Bauteil montiert werden. (Im Allgemeinen wird dies durch Weglassen des Schritts der Demontage der Kontaktstrukturen vom Opfersubstrat – oder Weglassen des in **Fig. 6F** dargestellten Schritts erzielt.)

[0247] Gemäß der Erfindung können eine Vielzahl von vorher ausgebildeten, elastischen Kontaktstrukturen, die an einem Opferträger (Opfersubstrat) montiert sind, in einem einzigen Schritt zu einem elektronischen Bauteil wie z. B. einem vollständig montierten Keramikgehäuse überführt (simultan überführt) werden.

[0248] **Fig. 7A** zeigt ein vollständig montiertes Keramikgehäuse **1250** mit einem Gehäusekörper **1252** (vergleiche 702) mit einem mittleren Hohlraum **1254** (vergleiche 704), in dem ein Halbleiterbauelement (Chip) **1256** (vergleiche 706) montiert ist. Wie dargestellt, weist der Chip **1256** eine Vielzahl von (zwei von vielen dargestellt) Bondkontaktstellen auf, die um einen Umfangsbereich seiner Vorderfläche angeordnet sind, und der Gehäusekörper weist eine entsprechende Vielzahl von (zwei von vielen dargestellt) Anschlüssen (innere Enden von Leiterbahnen) auf, die um den Umfang des Hohlraums angeordnet sind. Die Bondkontaktstellen des Chips **1256** sind auf einer einzelnen Basis mit den Anschlüssen des Gehäusekörpers in einer herkömmlichen Weise mit Bonddrähten **1260** (vergleiche 710) verbunden und der Hohlraum **1254** ist mit einem Deckel **1258** (vergleiche 708) versiegelt. Dies ist für Verkappungsverfahren des Standes der Technik mit "von der Verdrahtungsebene fort weisendem Chipmontageraum" beispielhaft, wobei die gesamte Bodenfläche des Gehäusekörpers mit einer Matrix von leitenden Kontaktstellen **1280** "vollständig bestückt" sein kann, an denen Stifte, Kugelhöcker oder dergleichen zum Bewirken von Verbindungen zwischen dem Halbleitergehäuse und äußeren Bauelementen oder Systemen montiert

sind. Im Fall der Verkappung mit "zur Verdrahtungsebene hinweisendem Chipmontageraum" würde der Deckel einen mittleren Bereich des Gehäuseäußerem belegen und die Kontaktstellen (1280) würden die Oberfläche des Gehäusekörpers außerhalb des mittleren Bereichs des Deckels "teilweise besetzen". Die vorliegende Erfindung ist auf Verkappungsverfahren entweder mit von der Verdrahtungsebene fort weisendem Chipmontageraum oder mit zur Verdrahtungsebene hinweisendem Chipmontageraum und auf entweder vollständig oder teilweise besetzte Matrizes anwendbar.

[0249] Im Stand der Technik werden Kontaktstrukturen wie z. B. Stifte im Allgemeinen einzeln zu einem elektronischen Bauteil wie z. B. einem Keramikgehäuse unter Verwendung einer automatisierten Anlage überführt. Im Allgemeinen sind spezielle Formen oder Halter erforderlich, die typischerweise nur für eine gegebene, individuelle Gehäuse-(und Stift-)Konfiguration verwendet werden können. Dies stellt einen Bearbeitungsschritt dar, der eine Zeitverzögerung in den Produktentwicklungszyklus und Bearbeitungskosten, die für Kleinserienbauelemente schwierig zu amortisieren sind, einschaltet. Überdies ist die Steuerung über den Prozess unvollkommen, was dazu führt, dass ein oder mehrere Stifte eine Entfernung und einen Austausch typischerweise mit der Hand erfordern. Dies ist nicht kosteneffizient, wie durch ein Beispiel eines Gehäuses dargestellt, das einen teuren Chip enthält (z. B. ein Halbleiterbauelement für 1000 \$). Die Nachbearbeitung des Gehäuses, um fehlerhafte Stifte auszutauschen, kann zur Beschädigung des Chips führen.

[0250] **Fig. 7A** zeigt eine Vielzahl von elastischen Kontaktstrukturen 1230 (vergleiche 1130), die auf einem Opfersubstrat (vergleiche 1104) hergestellt wurden. Dies entspricht der vorher beschriebenen **Fig. 6E**, wobei der Photoresist (1102) vom Opfersubstrat (1104) abgewaschen wird, obwohl das Abwaschen des Photoresists in diesem Schritt in dem Prozess nicht absolut erforderlich ist. Wie in dieser Figur dargestellt, werden eine Vielzahl von Kontaktstrukturen 1230, die an einem Träger 1204 montiert sind, in eine Position gebracht, damit sie am Gehäuse 1252 montiert werden, wobei die Spitzen 1230b der Kontaktstrukturen auf die Kontaktstellen 1280 am Gehäuse ausgerichtet sind. Dies wird mit einer automatisierten Teilebehandlungsanlage leicht durchgeführt. Wie ferner in dieser Figur dargestellt, wird eine Menge an Lötmittel 1282 (alternativ Hartlötmaterial, leitendes Epoxy oder dergleichen) auf jeder der Kontaktstellen 1280 vor der Einführung der Kontaktstrukturen 1230 angeordnet.

[0251] In **Fig. 7B** ist dargestellt, dass die Kontakte dazu gebracht wurden, massenweise an den entsprechenden Kontaktstellen 1280 anzuliegen, wobei ihre Spitzen in das Lötmittel 1282 eingetaucht sind. Dies wird (im Fall der Verwendung von Lötmittel) durch Durchführen dieses Schritts in einem Ofen (um das Lötmittel aufzuschmelzen) bewerkstelligt. Wie in

dieser Figur dargestellt, ist es nicht wesentlich, dass die Spitzen 1230b der Kontaktstrukturen die Kontaktstellen 1280 physisch berühren, da das Lötmittel um den Spitzenteil der Kontaktstruktur 1203 aufschmilzt und eine zuverlässige elektrische Verbindung zwischen der Kontaktstruktur und der Kontaktstelle bewirkt.

[0252] **Fig. 7C** stellt einen Endschritt dar, in dem das Opfersubstrat 1204 entfernt wird (vergleiche **Fig. 6F**).

[0253] In der vorstehend erwähnten Weise können eine Vielzahl von elastischen Kontaktstrukturen vorgeformt und anschließend (später) an einer Oberfläche eines elektronischen Bauteils (z. B. eines Gehäusekörpers) montiert werden. Es liegt innerhalb des Schutzbereichs dieser Erfindung, dass das Vorformen der Kontaktstrukturen durch Formverfahren unter Verwendung von beispielsweise Keramik- oder Graphitformen durchgeführt werden kann. Außerdem liegt es innerhalb des Schutzbereichs dieser Erfindung, dass Kontaktstrukturen an einem beliebigen elektronischen Bauteil wie z. B. den Verbindungsplatten der nachstehend beschriebenen Montageausführungsbeispiele oder an Siliziumchips oder dergleichen montiert werden können.

[0254] Ein Vorteil des Simultantransferverfahrens der vorliegenden Erfindung besteht darin, dass die Bearbeitung (und die damit verbundenen Kosten) minimiert (d. h. theoretisch beseitigt) werden und für eine beliebige gegebene Gehäusekonfiguration eine "Schablone" (nicht mit dem geformten Drahtschaft, der als Schablone dient, wie vorstehend erwähnt, zu verwechseln) für ein gegebenes Muster (z. B. eine Matrix) von elastischen Kontaktstrukturen in ein paar Minuten festgelegt werden kann. (Im Allgemeinen ist die gewünschte Stiftanordnung bereits mit einer CAD-Software erhältlich und ein einfaches "Makro" kann aufgerufen werden, um Matrixpunkte in ein Maskierungsmuster zum Ausbilden der Kontaktflächen auf dem Träger umzuwandeln.)

[0255] Es liegt innerhalb des Schutzbereichs dieser Erfindung, dass im Anschluss an den Simultantransfer einer Vielzahl von elastischen Kontaktstrukturen zu einem elektronischen Bauteil (siehe z. B. **Fig. 7A–7C**) die montierten (am Bauteil) elastischen Kontaktstrukturen plattiert oder weiter plattiert werden können. Mit anderen Worten, (i) eine Vielzahl von Drahtschläften, die nicht überzogen wurden, können zu einem elektronischen Bauteil simultan überführt, dann überzogen werden, oder (ii) eine Vielzahl von Drahtschläften mit einer oder mehreren auf diese aufgebrachten Überzugsschichten können simultan zu einem elektronischen Bauteil überführt, dann mit einer zusätzlichen Materialschicht überzogen werden.

[0256] Es liegt auch innerhalb des Schutzbereichs dieser Erfindung, dass die Verfahren zum Simultantransfer einer Vielzahl von elastischen Kontaktstrukturen zu einem elektronischen Bauteil auf nicht-elastische Kontaktstrukturen wie z. B. Gehäusestifte angewendet werden können. In einem solchen Fall wür-

den eine Vielzahl von Gehäusestiften auf einem Opfersubstrat für den anschließenden Simultantransfer (und typischerweise Hartlöten) zu einem elektronischen Bauteil hergestellt oder an diesem montiert werden.

[0257] Ein beispielhafter Prozess zum Simultantransfer einer Vielzahl von Kontaktstrukturen zu einem elektronischen Bauteil wurde mit Bezug auf die **Fig. 7A–7C** beschrieben. Es liegt innerhalb des Schutzbereichs dieser Erfindung, dass der Prozess auf "reguläre" Kontaktstrukturen wie z. B. Gehäusestifte sowie auf die elastischen Kontaktstrukturen der vorliegenden Erfindung anwendbar ist. Der Simultantransferprozess ist jedoch im Zusammenhang mit der vorliegenden Erfindung aus den folgenden Gründen besonders günstig.

[0258] Wenn ein Draht an einen Anschluss (z. B. auf einem Gehäuse) gebondet wird und elektronisches Abflammen verwendet wird (wie es der Fall wäre, wenn man die elastischen Kontaktstrukturen der vorliegenden Erfindung direkt auf den Gehäusekontakte konstruieren würde), ist es möglich, einen Funken zu erzeugen, der sich nachteilig auf ein verkapptes Halbleiterbauelement auswirkt. In vielen Fällen werden Halbleiterbauelemente in ihren Gehäusen (z. B. Keramikgehäusen) vor der Montage von externen Verbindungen am Gehäuse montiert. Eine Beschädigung des Halbleiterbauelements in dieser "späten" Stufe in dem Prozess ist eine kostenaufwändige Situation, die am besten vermieden werden würde, wenn es überhaupt möglich ist. Das Simultantransferverfahren der vorliegenden Erfindung löst dieses Problem in einer günstigen Weise mit verbesserter Ausbeute.

[0259] Ein zusätzlicher Vorteil, der aus der Herstellung einer Vielzahl von Kontaktstrukturen auf einem Opfersubstrat, dann Simultantransfer der Strukturen zu einem Gehäuse (oder zu irgendeinem elektronischen Bauteil) erwächst, besteht darin, dass der Abstand zwischen den Kontaktenden gesteuert werden kann. Die Kontaktstrukturen können auf einem Opfersubstrat mit einem ersten Abstand (Rastermaß) "begonnen" werden und können so gestaltet werden, dass sie an ihren entgegengesetzten Enden einen zweiten Abstand aufweisen. Es liegt innerhalb des Schutzbereichs dieser Erfindung, dass Kontaktstrukturen auf dem Opfersubstrat mit einem groben Rastermaß beginnen können und mit dem Gehäuse (oder mit irgendeinem elektronischen Bauteil) mit einem feinen Rastermaß in Verbindung stehen können, oder umgekehrt.

[0260] Ein weiterer Vorteil, der aus den vorstehend dargelegten Verfahren erwächst, besteht darin, dass das, was letztlich die "Spitzen" der Gehäuse-"Stifte" (d. h. die zum Gehäusekörper oder zu irgendeinem elektronischen Bauteil simultan überführten Kontaktstrukturen) sind, nicht nur in ihrem Abstand (wie im vorherigen Absatz erörtert), sondern auch in ihrer Form und Topographie (in der Weise der Herstellung von Sondenkontaktstellen, wie vorstehend genauer

erörtert) gut gesteuert werden kann. Durch zuverlässiges Steuern des Abstands und der Anordnung der Spitzen von Kontaktstrukturen auf einem elektronischen Bauteil können die Anforderungen zur Herstellung von Leiterbahnen, Kontaktstellen und dergleichen auf einem Substrat (z. B. einer Leiterplatte), an dem das elektronische Bauteil montiert wird, etwas gelockert werden.

[0261] Das (die) hierin beschriebene(n) Simultantransferverfahren ist (sind) für die Montage einer Vielzahl von Kontaktstrukturen an Halbleiterchips besonders günstig, ob vereinzelt oder nicht-vereinzelt. Es liegt innerhalb des Schutzbereichs dieser Erfindung, dass Kontaktstrukturen auf einem Opfersubstrat hergestellt werden können, das eine ausreichende Größe zum Simultantransfer einer Vielzahl von Kontaktstrukturen zur Vielzahl von nicht-vereinzelten Halbleiterchips auf einem Wafer auf einen Schlag aufweist. Alternativ ist es möglich, Kontaktstrukturen auf einem Opfersubstrat herzustellen, das die Größe eines einzelnen nicht-vereinzelten Halbleiterchips aufweist, und die Kontaktstrukturen nur zu ausgewählten "guten" Chips auf dem Wafer simultan zu überführen. In beiden Fällen können die Kontaktstrukturen an Chips auf einem Wafer vor dem Zertrennen (Vereinzeln) montiert werden.

[0262] In einem alternativen Ausführungsbeispiel des Simultantransferverfahrens der vorliegenden Erfindung, das in **Fig. 7D** dargestellt ist, werden eine Vielzahl von elastischen Kontaktstrukturen in Löcher in einem Gehäuse wie z. B. in einem Kunststoffgehäuse eingesetzt.

[0263] **Fig. 7D** stellt den Simultantransfer von Kontaktstrukturen **1230** (für die Deutlichkeit der Darstellung zwei dargestellt, Opfersubstrat weggelassen) in Aussparungen **1220** in einer Oberfläche eines elektronischen Bauteils **1222** wie z. B. eines Kunststoffgehäusekörpers dar. Die Aussparungen **1220** werden mit einem leitenden Material **1224** gefüllt, das beispielsweise Lötmittel, das aufgeschmolzen wird, oder ein leitendes Epoxymaterial sein kann.

[0264] Es liegt innerhalb des Schutzbereichs dieser Erfindung, dass die Kontaktstrukturen nicht simultan überführt werden würden, vielmehr würden sie einzeln zum Gehäuse auf einer einzelnen Basis überführt (an diesem montiert) werden.

[0265] Es liegt innerhalb des Schutzbereichs dieser Erfindung, dass das vorstehend beschriebene Simultantransferverfahren verwendet werden kann, um eine Vielzahl von Sondenstrukturen auf einer Nadelkarte oder dergleichen auszubilden.

[0266] Ein allgemeiner Vorteil des Simultantransferverfahrens der vorliegenden Erfindung wird im Gegensatz zu bestimmten Verfahren des Standes der Technik zum Montieren von Kontaktstrukturen auf Halbleitergehäusen ersichtlich. Diese Verfahren des Standes der Technik beinhalten das Herstellen des Gehäuses, das Herstellen von Stiften, das Zuführen der Stifte einzeln von einer Zuführung ("Eimer") von Stiften und das Montieren derselben am Gehäuse-

körper mit Wiedererhitzungsprozessen. Gemäß dem vorliegenden erfindungsgemäßen Verfahren sind die Schritte analog zu diesen alle miteinander verbunden.

[0267] **Fig. 7E** stellt eine Nadelkarte (Platine) **1252** dar, zu der eine Vielzahl von elastischen Kontaktstrukturen **1254** (vergleiche **1230**) vorzugsweise simultan überführt wurden. (Das Simultantransfer-Opfersubstrat (**1204**) ist für die Deutlichkeit der Darstellung weggelassen.) Die Kontaktstrukturen können durch ihre Form und ihr Überzugsmaterial zugeschnitten werden, um verschiedene Niveaus an Überschreitung und Elastizität zu ermöglichen. Die Spitzen der Kontaktstrukturen **1254** sind topographisch, um das gesteuerte Eindringen von Lötkontakthügeln **1256** auf einem elektronischen Bauteil **1258** zu ermöglichen, wobei die Lötkontakthügel (beispielsweise) durch den "C-4"-Prozess ausgebildet wurden.

[0268] Wie in **Fig. 7F** gezeigt, können nach der Herstellung einer Vielzahl von elastischen Kontaktstrukturen (**1230**) die Kontaktstrukturen weiter in der vorstehend mit Bezug auf **Fig. 2G** beschriebenen weise überzogen werden, so dass es zu einer konischen Außenschicht **1232** der Beschichtung führt, wobei die Außenschicht am montierten (proximalen) Ende der Kontaktstruktur dicker ist, um die Verankerung der Kontaktstruktur zu steigern. Dieses Merkmal der gesteigerten Verankerung ist im Zusammenhang mit Sondenausführungsbeispielen bevorzugt, in denen die Kontaktstrukturen einer wiederholten Biegung ausgesetzt werden.

[0269] Zweifellos kommen viele andere "Variationen" über die vorstehend dargelegten "Themen" einem üblichen Fachmann in den Sinn, den die vorliegende Erfindung am ehesten betrifft, und solche Variationen sollen innerhalb des Schutzbereichs der Erfindung liegen, wie hierin durch den Satz von beigefügten Ansprüchen offenbart.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Montieren einer Vielzahl von Kontaktstrukturen an einem elektronischen Bauteil mit den folgenden Schritten:

Herstellen einer Vielzahl von elastischen elektrischen Kontaktstrukturen (**1230**) auf einem Opfersubstrat (**1204**) durch

Ausbilden der elektrischen Kontaktstrukturen (**1230**) aus einem biegsamen Kernmaterial und

Überziehen des Kernmaterials mit einem Material, das elastischer ist als das Kernmaterial;

Bringen des Opfersubstrats in die Nähe zu einem elektronischen Bauteil (**1252**), so dass die Spitzen der elektrischen Kontaktstrukturen (**1230**), die sich vom Opfersubstrat (**1204**) wegstrecken, das elektronische Bauteil berühren;

Montieren der elektrischen Kontaktstrukturen (**1230**) durch ihre Spitzen am elektronischen Bauteil in einem einzelnen Schritt; und

Entfernen des Opfersubstrats (**1204**) nach dem Montieren der elektrischen Kontaktstrukturen (**1230**) am elektronischen Bauteil.

2. Verfahren nach Anspruch 1, welches ferner umfasst:

Herstellen der elektrischen Kontaktstruktur als Verbindungselement (**1132, 1230, 930**) mit einer Kontaktspitzenstruktur (**1110, 944**) durch:

Ausbilden der Kontaktspitzenstruktur auf dem Opfersubstrat (**1204, 1104, 902**);

Befestigen des Verbindungselementes (**1130, 1132, 1230, 912, 914**) an der Kontaktspitzenstruktur, wobei das Verbindungselement ein freies Spitzenende aufweist, das zum Kontaktieren eines elektronischen Bauteils geeignet ist.

3. Verfahren nach Anspruch 2, welches ferner umfasst:

Vorsehen einer ausgewählten Topographie (**904**) in einem ausgewählten Bereich des Opfersubstrats vor der Konstruktion der Kontaktspitzenstruktur, wobei die Kontaktspitzenstruktur auf dem ausgewählten Bereich ausgebildet wird.

4. Verfahren nach Anspruch 3, welches ferner umfasst:

Vorsehen der ausgewählten Topographie durch Vorsehen einer Gliederung in dem Opfersubstrat.

5. Verfahren nach Anspruch 3, welches ferner das Vorsehen einer ausgewählten Topographie durch Ätzen umfasst.

6. Verfahren nach Anspruch 3, welches ferner das Vorsehen einer ausgewählten Topographie durch Mikrobearbeitung umfasst.

7. Verfahren nach Anspruch 3, welches ferner das Vorsehen einer ausgewählten Topographie durch einen lithographischen Prozess umfasst.

8. Verfahren nach Anspruch 3, welches ferner das Vorsehen einer ausgewählten Topographie umfasst, durch:

Abscheiden eines Maskierungsmaterials auf dem Opfersubstrat;

Strukturieren des Maskierungsmaterials, um ausgewählte Bereiche des Opfersubstrats freizulegen; und Entfernen von Material vom Opfersubstrat an Stellen gemäß dem strukturierten Maskierungsmaterial.

9. Verfahren nach Anspruch 3, wobei die ausgewählte Topographie mindestens einen spitzen Punkt umfasst.

10. Verfahren nach Anspruch 3, wobei die ausgewählte Topographie geometrische Strukturen an der Kontaktspitzenstruktur umfasst, die zum Bewirken eines zuverlässigen elektrischen Kontakts mit einem

Anschluss eines anderen elektronischen Bauteils nützlich sind, wenn sie mit dem Anschluss in einer Weise in Kontakt gebracht wird, von der erwartet wird, dass sie einen solchen Kontakt bewirkt.

11. Verfahren nach Anspruch 2, welches ferner das Ausbilden der Kontaktspitzenstruktur so umfasst, dass eine Vielzahl von Metallschichten (966, 968, 970, 972) enthalten sind.

12. Verfahren nach Anspruch 11, welches ferner das Einschließen eines Oberflächenmaterials (966) in die Kontaktspitzenstruktur umfasst, welches im fertiggestellten Produkt eine Kontaktsschicht der Kontaktspitzenstruktur bildet.

13. Verfahren nach Anspruch 12, wobei: das Oberflächenmaterial ein Material umfasst, das zur Herstellung eines Kontakts mit einem elektronischen Bauteil geeignet ist.

14. Verfahren nach Anspruch 12, wobei: das Oberflächenmaterial ein Material umfasst, das aus der Liste ausgewählt ist, die aus hartem Gold und Rhodium besteht.

15. Verfahren nach Anspruch 11, welches ferner das Einschließen eines Hauptspitzenmaterials (970) in die Kontaktspitzenstruktur umfasst, um der Kontaktspitzenstruktur Festigkeit zu verleihen.

16. Verfahren nach Anspruch 15, wobei: das Hauptspitzenmaterial Nickel umfasst.

17. Verfahren nach Anspruch 15, wobei: das Hauptspitzenmaterial ein Material umfasst, das aus der Liste ausgewählt ist, die aus Nickel, Kobalt und Eisen besteht.

18. Verfahren nach Anspruch 11, welches ferner das Einschließen eines Bondmaterials (972) in die Kontaktspitzenstruktur zum Verbinden mit der Kontaktspitzenstruktur umfasst.

19. Verfahren nach Anspruch 18, wobei: das Bondmaterial ein Material umfasst, das zum Bonden an ein Verbindungselement geeignet ist.

20. Verfahren nach Anspruch 18, wobei: das Bondmaterial ein Material umfasst, das aus der Liste ausgewählt ist, die aus weichem Gold und hartem Gold besteht.

21. Verfahren nach Anspruch 1, welches die Kontaktspitzenstruktur als Teil einer freitragenden Verbindungsstruktur (930) ausbildet.

22. Verfahren nach Anspruch 2, wobei das Verbindungselement umfasst: ein langgestrecktes Element (912) aus dem biegsa-

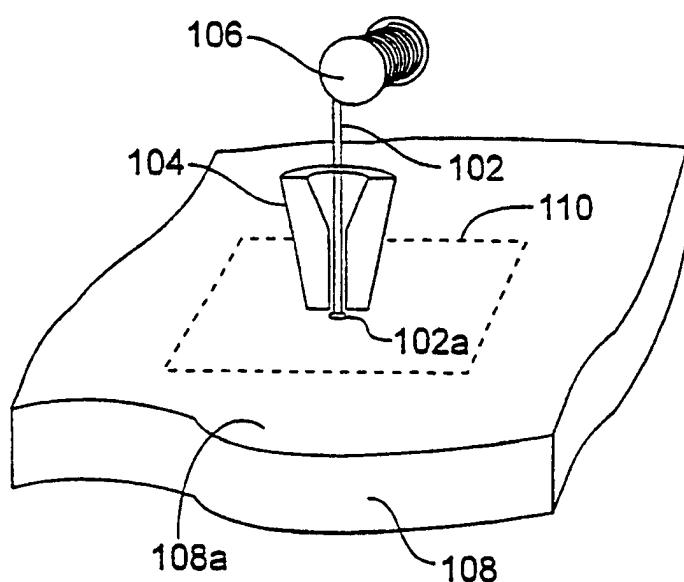
men Kernmaterial; wobei das Überzugsmaterial (914) auf dem biegsamen langgestreckten Vorstufen-element abgeschieden wird.

23. Verfahren nach Anspruch 1, wobei: das Überzugsmaterial ein Material umfasst, das aus der Gruppe ausgewählt ist, die aus Nickel und Kobalt besteht.

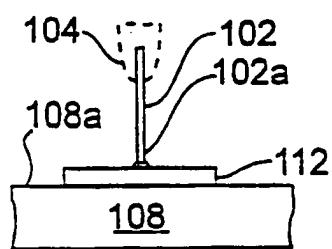
24. Verfahren nach Anspruch 1, wobei: das Kernmaterial Gold umfasst.

Es folgen 14 Blatt Zeichnungen

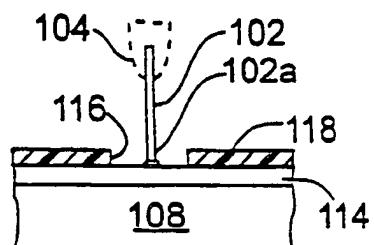
Figur 1
STAND DER TECHNIK



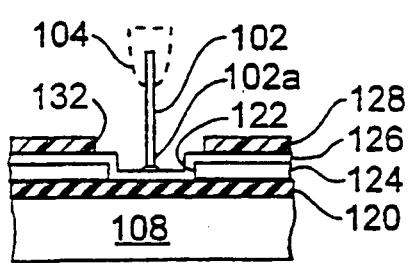
Figur 1A



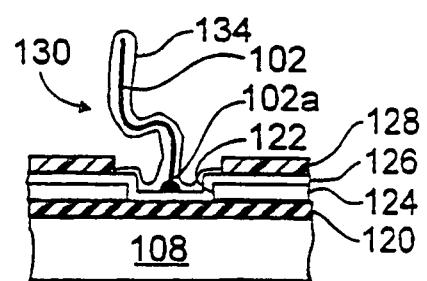
Figur 1B



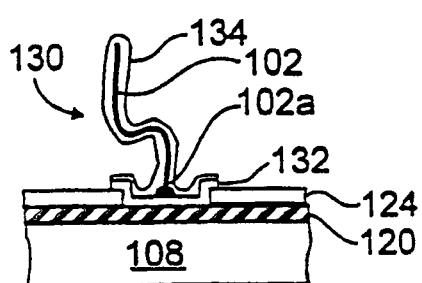
Figur 1C



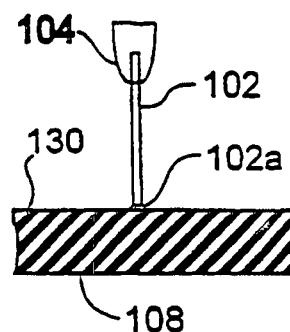
Figur 1D

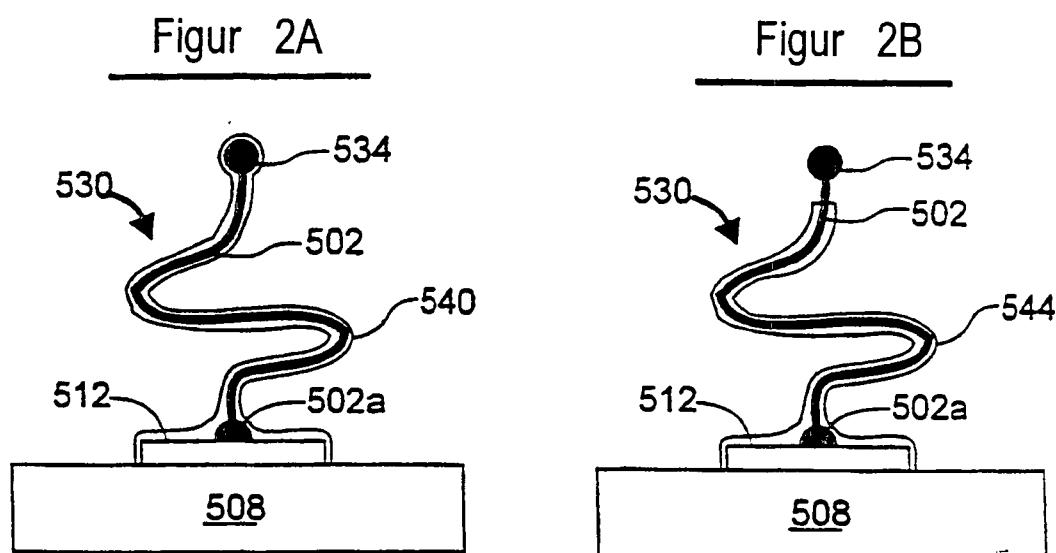
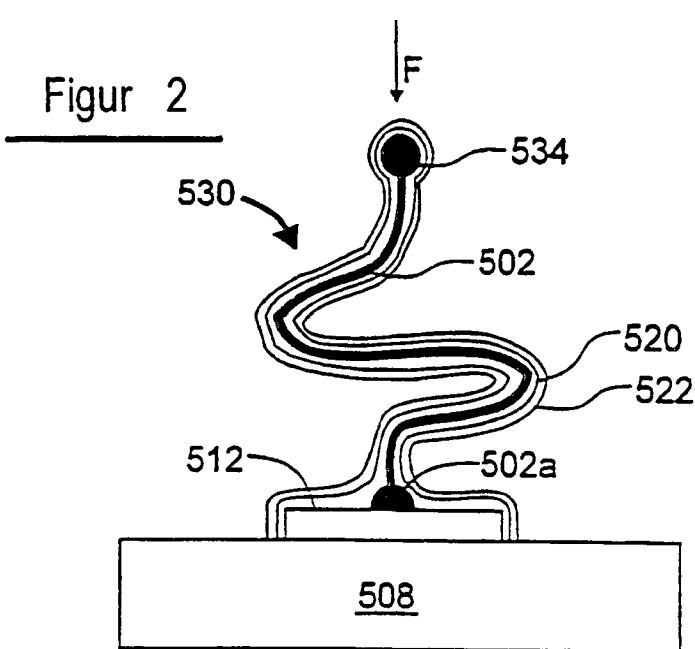


Figur 1E

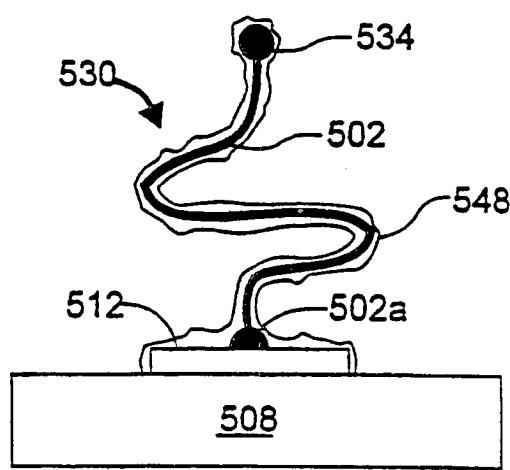


Figur 1F

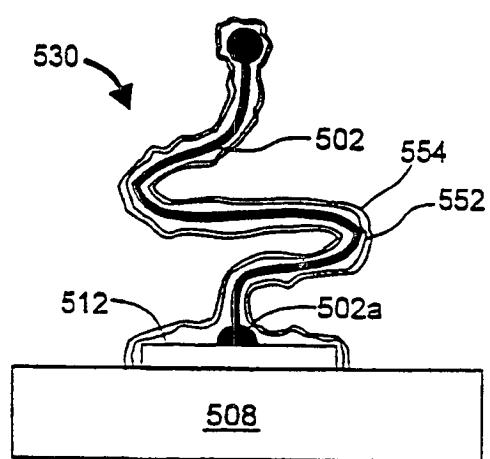




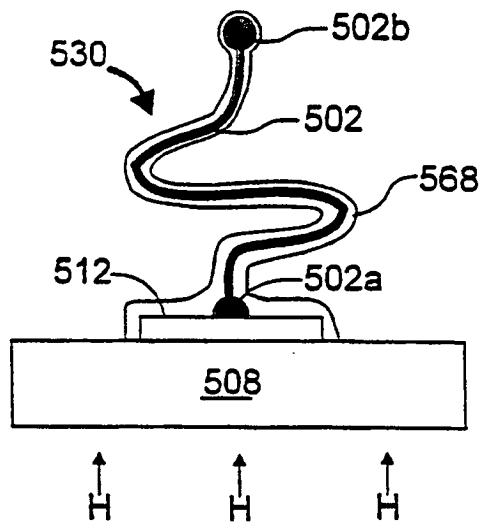
Figur 2C



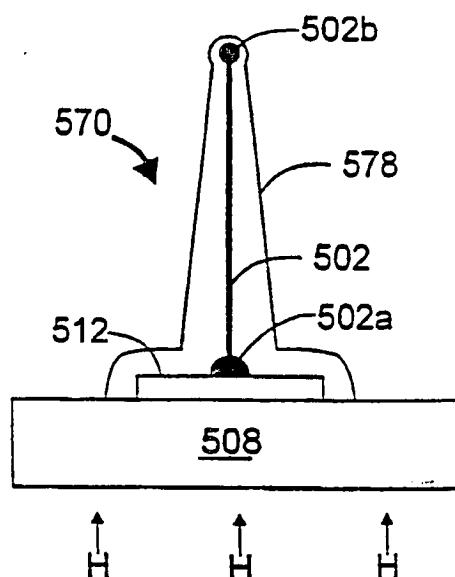
Figur 2D



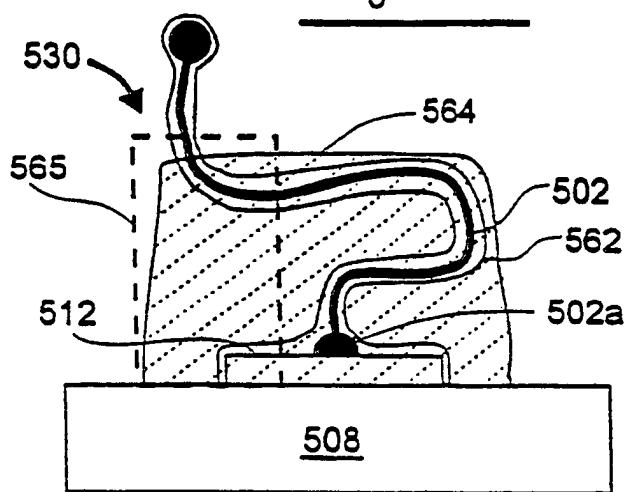
Figur 2G



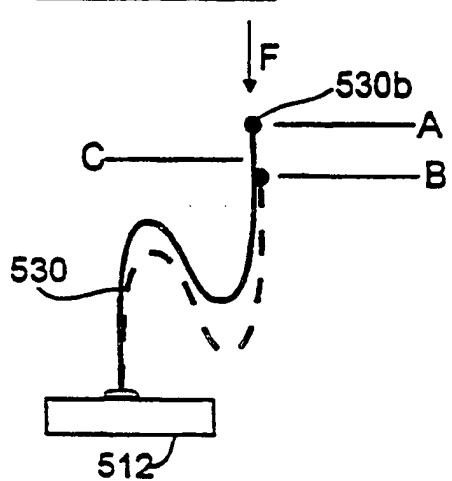
Figur 2H



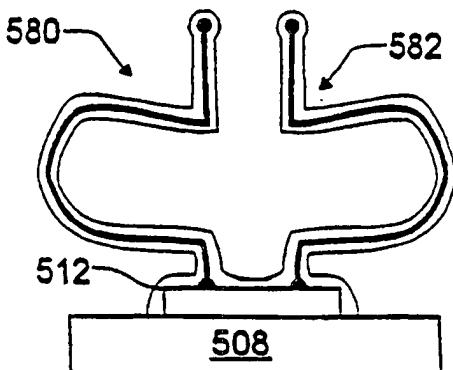
Figur 2E



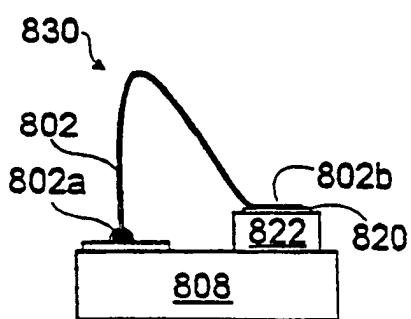
Figur 2F



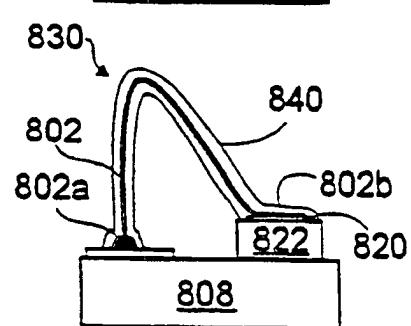
Figur 2I



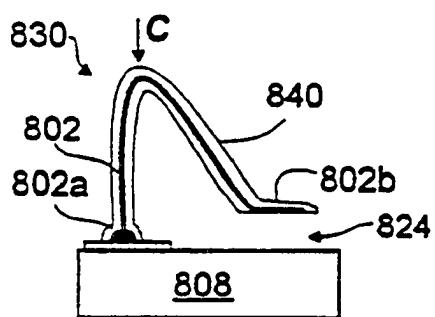
Figur 3A



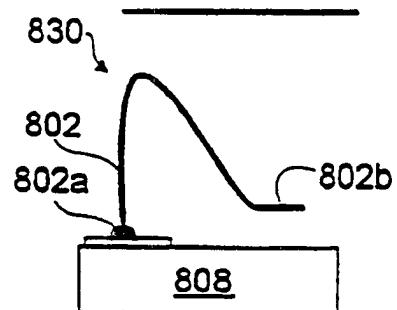
Figur 3B



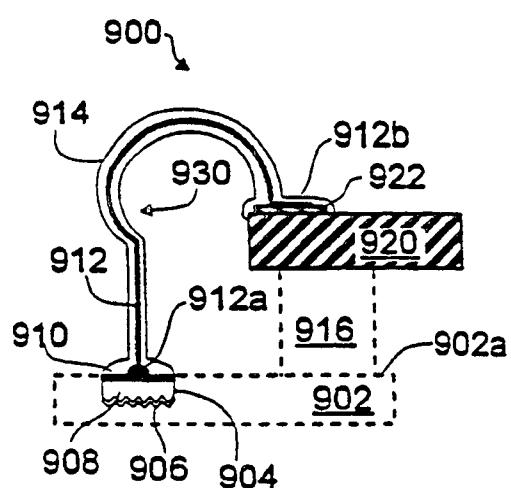
Figur 3C



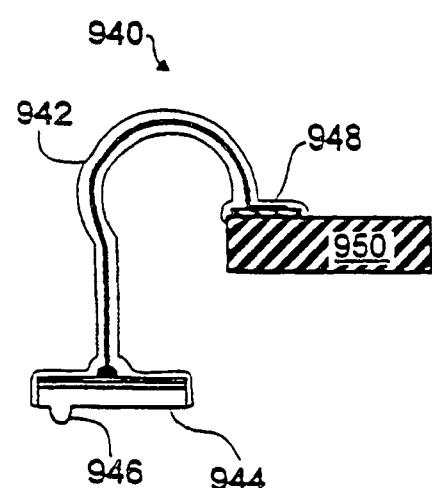
Figur 3D



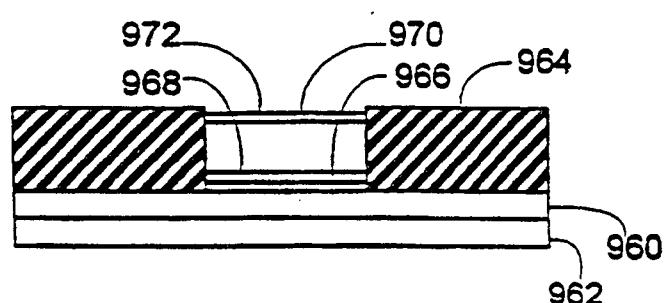
Figur 4A



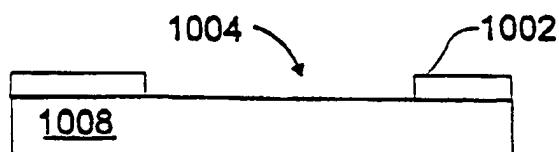
Figur 4B



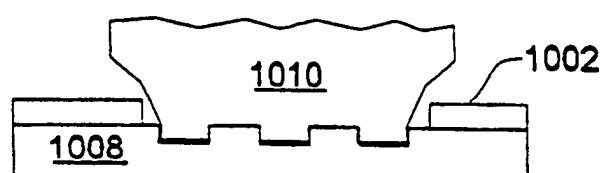
Figur 4C



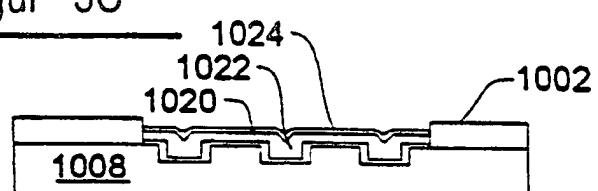
Figur 5A



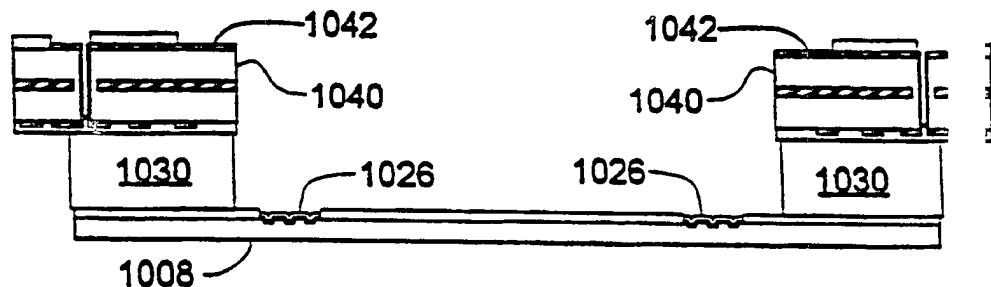
Figur 5B



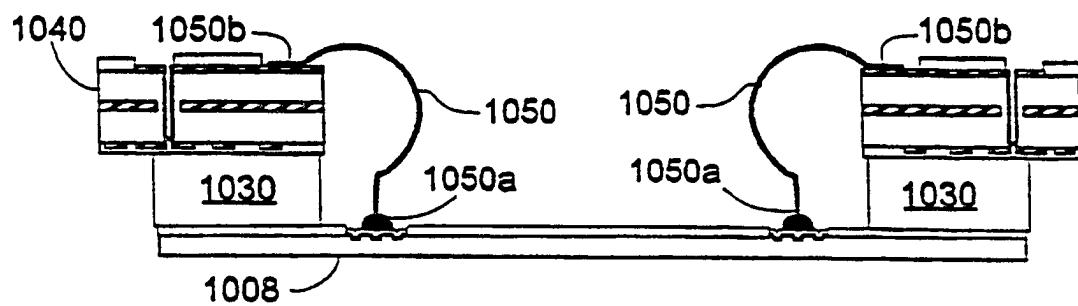
Figur 5C



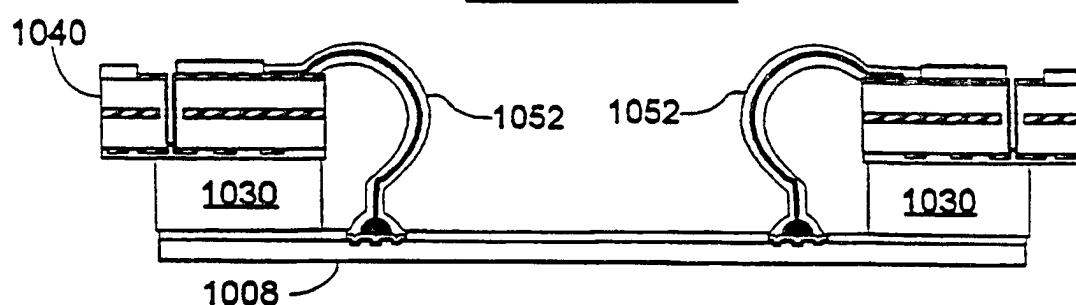
Figur 5D



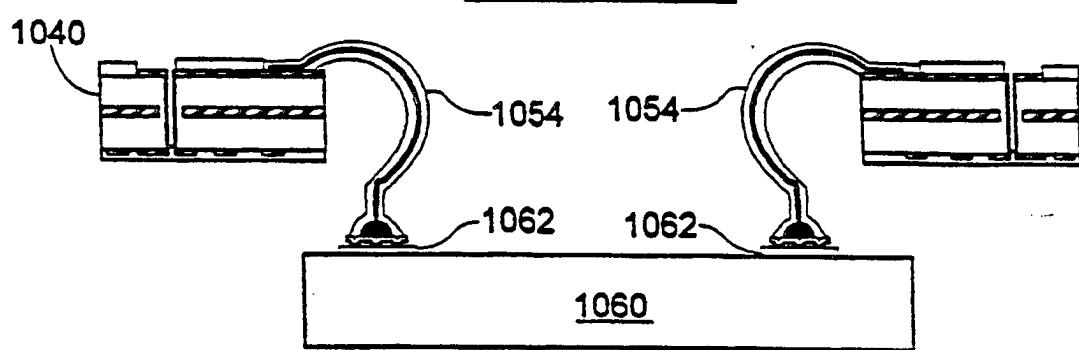
Figur 5E



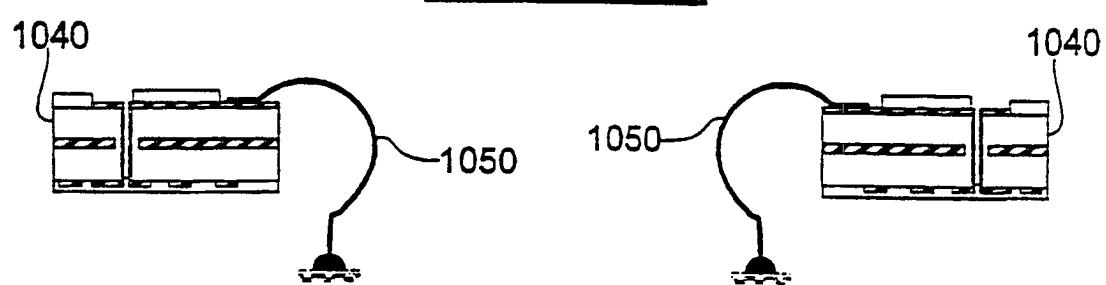
Figur 5F



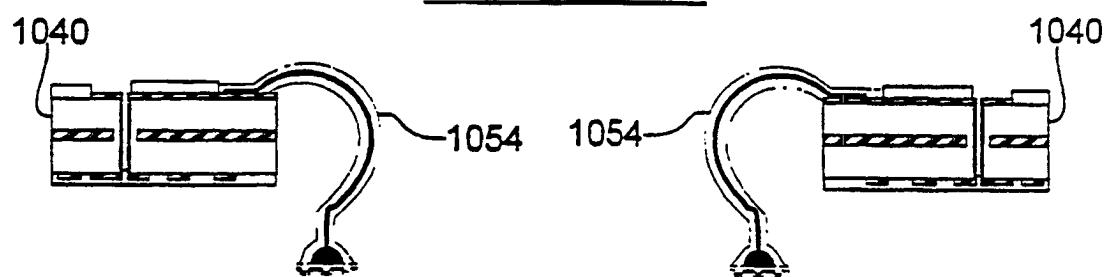
Figur 5G



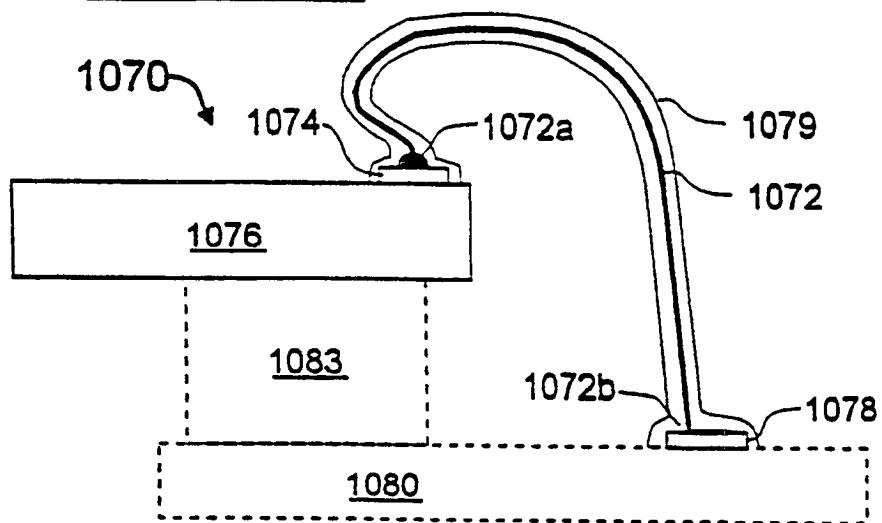
Figur 5H



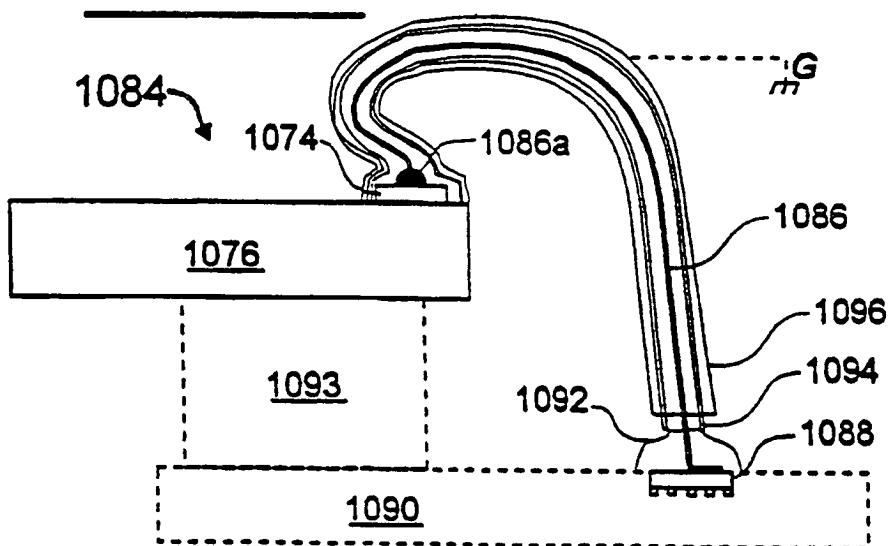
Figur 5I



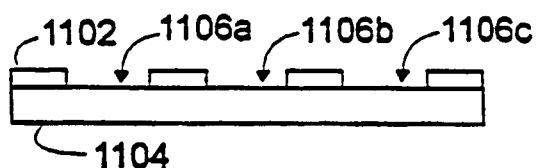
Figur 5J



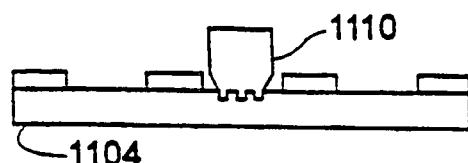
Figur 5K



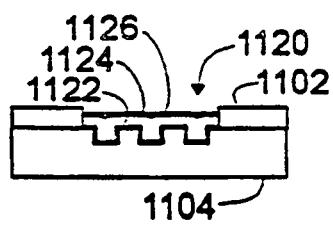
Figur 6A



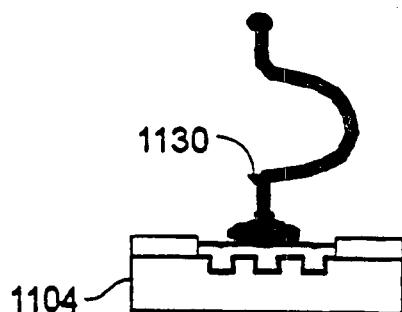
Figur 6B



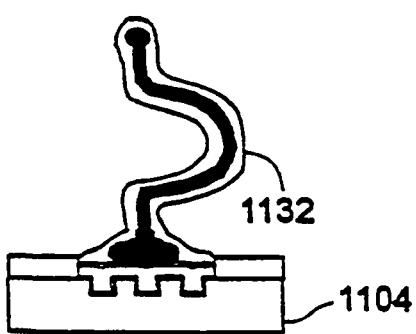
Figur 6C



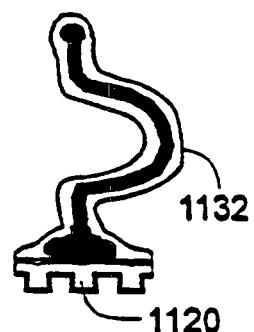
Figur 6D

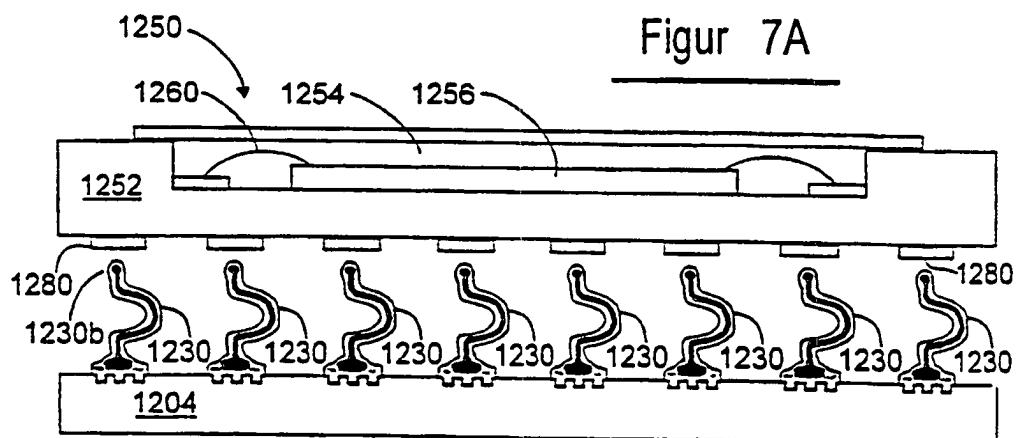


Figur 6E

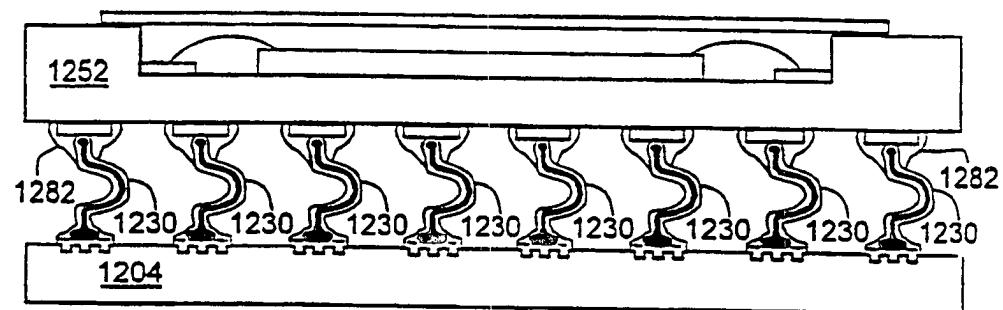


Figur 6F

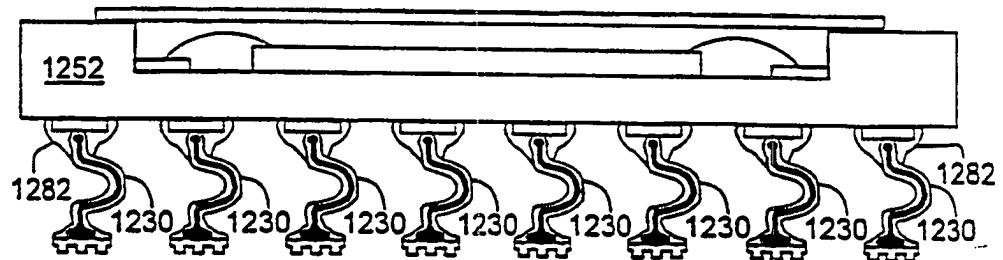




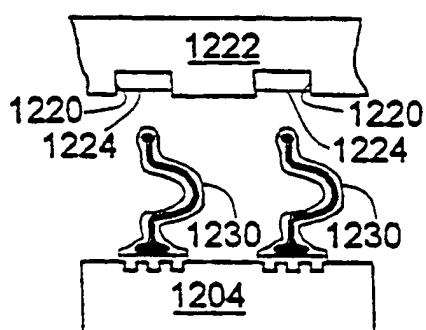
Figur 7B



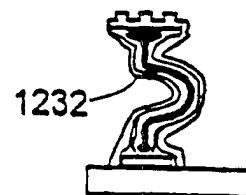
Figur 7C



Figur 7D



Figur 7F



Figur 7E

