



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 695 33 336 T2** 2005.01.13

(12)

Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) **EP 0 792 462 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **695 33 336.4**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/US95/14844**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **95 939 968.4**

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 96/015458**

(86) PCT-Anmeldetag: **13.11.1995**

(87) Veröffentlichungstag

der PCT-Anmeldung: **23.05.1996**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **03.09.1997**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **04.08.2004**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **13.01.2005**

(51) Int Cl.⁷: **G01R 1/073**
B23K 31/02

(30) Unionspriorität:

340144	15.11.1994	US
PCT/US94/13373	16.11.1994	WO
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

(73) Patentinhaber:

Formfactor, Inc., Livermore, Calif., US

(74) Vertreter:

Kahler, Käck & Mollekopf, 86899 Landsberg

(84) Benannte Vertragsstaaten:

CH, DE, FR, GB, LI

(72) Erfinder:

KHANDROS, Y., Igor, Orinda, US; MATHIEU, L., Gaetan, Dublin, US; ELDRIDGE, N., Benjamin, Danville, US; GRUBE, W., Gary, Pleasanton, US

(54) Bezeichnung: **TESTKARTE UND IHRE ANWENDUNG**

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 eingelegt, 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

TECHNISCHES GEBIET DER ERFINDUNG

[0001] Die Erfindung betrifft die Herstellung von zeitweiligen Druckverbindungen zwischen elektronischen Bauteilen und insbesondere Verfahren zum Durchführen von Prüf- und Voralterungsprozeduren an Halbleiterbauelementen vor ihrer Verkappung, vorzugsweise bevor die einzelnen Halbleiterbauelemente von einem Halbleiterwafer vereinzelt werden.

RÜCKVERWEISUNG AUF VERWANDTE ANMELDUNGEN

[0002] Diese Patentanmeldung ist eine Teilfortführung der im gemeinsamen Besitz stehenden, gleichzeitig anhängigen US 6 336 269 (nachstehend "HAUPTAKTE"), eingereicht am 26.5.95, welche eine Teilfortführung der im gemeinsamen Besitz stehenden, gleichzeitig anhängigen US 5 917 707, eingereicht am 15.11.94 und ihres Gegenstücks, der PCT-Patentanmeldung Nummer PCT/US94/13373, eingereicht am 16.11.94 (veröffentlicht am 26. Mai 95 als WO 95/14314), ist, die beide Teilfortführungen der im gemeinsamen Besitz stehenden, gleichzeitig anhängigen US 5 476 211, eingereicht am 16.11.93, sind.

[0003] Diese Patentanmeldung ist auch eine Teilfortführung der im gemeinsamen Besitz stehenden, gleichzeitig anhängigen US 5 772 451, eingereicht am 18.10.95.

[0004] Einzelne Halbleiter- (integrierte Schaltungs-) Bauelemente (Chips) werden typischerweise durch Erzeugen von mehreren identischen Bauelementen auf einem Halbleiterwafer unter Verwendung von bekannten Verfahren der Photolithographie, Abscheidung und dergleichen hergestellt. Im Allgemeinen sollen diese Prozesse vor dem Vereinzeln (Trennen) der einzelnen Chips vom Halbleiterwafer eine Vielzahl von voll funktionstüchtigen integrierten Schaltungsbauelementen erzeugen. In der Praxis können jedoch bestimmte physikalischen Defekte im Wafer selbst und bestimmte Fehler bei der Verarbeitung des Wafers unvermeidlich dazu führen, dass einige der Chips "gut" (voll funktionstüchtig) sind und einige der Chips "schlecht" (nicht-funktionstüchtig) sind. Es ist im Allgemeinen erwünscht, identifizieren zu können, welche der Vielzahl von Chips auf einem Wafer gute Chips sind, bevor sie verkappt werden und vorzugsweise bevor sie vom Wafer vereinzelt werden. Dazu kann ein Wafer-Prüfgerät oder eine Wafer-Prüfsonde vorteilhafterweise verwendet werden, um eine Vielzahl von diskreten Druckverbindungen mit einer gleichen Vielzahl von diskreten Verbindungskontaktstellen (Bondkontaktstellen) an den Chips herzustellen. Auf diese Weise können die Halbleiterchips vor der Vereinzelung der Chips vom Wafer getestet und

geprüft werden. Eine herkömmliche Komponente eines Waferprüfgeräts ist eine "Nadelkarte", mit der eine Vielzahl von Sondenelementen verbunden sind – wobei Spitzen der Sondenelemente die Druckverbindungen mit den jeweiligen Bondkontaktstellen der Halbleiterchips bewirken.

[0005] Bestimmte Schwierigkeiten wohnen einem beliebigen Verfahren zur Sondenprüfung von Halbleiterchips inne. Moderne integrierte Schaltungen umfassen beispielsweise viele Tausende von Transistorelementen, die viele Hunderte von Bondkontaktstellen erfordern, die in unmittelbarer Nähe zueinander angeordnet sind (z.B. 127 µm (5 mils) von Zentrum zu Zentrum). Überdies muss die Anordnung der Bondkontaktstellen nicht auf einzelne Reihen von Bondkontaktstellen, die nahe den Umfangskanten des Chips angeordnet sind, begrenzt sein (siehe z.B. US-Patent Nr. 5 453 583).

[0006] Um zuverlässige Druckverbindungen zwischen den Sondenelementen und dem Halbleiterchip zu bewirken, muss man verschiedene Parameter berücksichtigen, einschließlich, jedoch nicht begrenzt auf: Ausrichtung, Sondenkraft, Übersteuerung, Kontaktkraft, ausgeglichene Kontaktkraft, Scheuern, Kontaktwiderstand und Planarisierung. Eine allgemeine Erörterung dieser Parameter ist im US-Patent Nr. 4 837 622 mit dem Titel HIGH DENSITY PROBE CARD, zu finden, das durch den Hinweis hierin aufgenommen wird und eine Epoxyring-Nadelkarte mit hoher Dichte offenbart, die eine einheitliche Leiterplatte mit einer zentralen Öffnung umfasst, die dazu ausgelegt ist, eine vorgeformte Epoxyringmatrix von Sondenelementen aufzunehmen.

[0007] Im Allgemeinen umfassen Nadelkartenanordnungen des Standes der Technik eine Vielzahl von Wolframnadeln, die sich als Ausleger von einer Oberfläche einer Nadelkarte erstrecken. Die Wolframnadeln können in einer beliebigen geeigneten Weise an der Nadelkarte montiert sein, wie z.B. durch die Zwischenschaltung eines Epoxyrings, wie vorstehend erörtert. Im Allgemeinen sind die Nadeln in jedem Fall mit Anschlüssen der Nadelkarte durch die Zwischenschaltung eines separaten und eigenen Drahts, der die Nadeln mit den Anschlüssen der Nadelkarte verbindet, verdrahtet.

[0008] Nadelkarten sind typischerweise als kreisförmige Ringe ausgebildet, wobei sich Hunderte von Sondenelementen (Nadeln) von einem inneren Umfang des Rings erstrecken (und mit Anschlüssen der Nadelkarte verdrahtet sind).

[0009] Schaltungsmodule und Leiterbahnen (Leitungen) mit vorzugsweise gleicher Länge sind jedem der Sondenelemente zugeordnet. Diese Ringformanordnung macht es schwierig und in einigen Fällen unmöglich, eine Vielzahl von unvereinzelten Halbleiter-

chips (mehrere Stellen) auf einem Wafer zu prüfen, insbesondere wenn die Bondkontaktstellen jedes Halbleiterchips anders als in zwei linearen Matrices entlang zwei entgegengesetzten Kanten des Halbleiterchips angeordnet sind.

[0010] Waferprüfgeräte können alternativ eine Sondenmembran mit einem zentralen Kontakthöckerbereich verwenden, wie im US-Patent Nr. 5 422 574 mit dem Titel LARGE SCALE PROTRUSION MEMBRANE FOR SEMICONDUCTOR DEVICES UNDER TEST WITH VERY HIGH PIN COUNTS, erörtert ist. Wie in diesem Patent angegeben, "umfasst ein Prüfungssystem typischerweise eine Prüfsteuereinheit zum Ausführen und Steuern einer Reihe von Prüfprogrammen, ein Waferausgabesystem zum mechanischen Handhaben und Positionieren von Wafern zur Vorbereitung auf das Prüfen und eine Nadelkarte zum Aufrechterhalten eines genauen mechanischen Kontakts mit dem Prüfling (DUT)" (Spalte 1, Zeilen 41–46).

[0011] Zusätzliche Bezugsquellen, die den Stand der Technik beim Prüfen von Halbleiterbauelementen angeben, umfassen US-Patent Nrn. 5 442 282 (TESTING AND EXERCISING INDIVIDUAL UNSINGULATED DIES ON A WAFER); 5 382 898 (HIGH DENSITY PROBE CARD FOR TESTING ELECTRICAL CIRCUITS); 5 378 982 TEST PROBE FOR PANEL HAVING AN OVERLYING PROTECTIVE MEMBER ADJACENT PANEL CONTACTS); 5 339 027 (RIGID-FLEX CIRCUITS WITH RAISED FEATURES AS IC TEST PROBES); 5 180 977 (MEMBRANE PROBE CONTACT BUMP COMPLIANCY SYSTEM); 5 066 907 (PROBE SYSTEM FOR DEVICE AND CIRCUIT TESTING); 4 757 256 (HIGH DENSITY PROBE CARD); 4 161 692 (PROBE DEVICE FOR INTEGRATED CIRCUIT WAFERS); und 3 990 689 (ADJUSTABLE HOLDER ASSEMBLY FOR POSITIONING A VACUUM CHUCK).

[0012] Im Allgemeinen können Verbindungen zwischen elektronischen Bauteilen in die zwei breiten Kategorien von "relativ dauerhaft" und "leicht demontierbar" klassifiziert werden.

[0013] Ein Beispiel einer "relativ dauerhaften" Verbindung ist eine Lötverbindung. Sobald zwei Bauteile aneinander gelötet sind, muss ein Prozess des Loslöstens verwendet werden, um die Bauteile zu trennen. Eine Drahtbondverbindung ist ein weiteres Beispiel einer "relativ dauerhaften" Verbindung.

[0014] Ein Beispiel einer "leicht demontierbaren" Verbindung sind starre Anschlussstifte eines elektronischen Bauteils, die von elastischen Sockelelementen eines anderen elektronischen Bauteils aufgenommen werden. Die Sockelelemente üben eine Kontaktkraft (Druck) auf die Anschlussstifte in einem Ausmaß aus, das ausreicht, um eine zuverlässige

elektrische Verbindung zwischen diesen sicherzustellen.

[0015] Verbindungselemente, die einen Druckkontakt mit Anschlüssen eines elektronischen Bauteils herstellen sollen, werden hierin als "Federn" oder "Federelemente" bezeichnet. Im Allgemeinen ist eine gewisse minimale Kontaktkraft erwünscht, um einen zuverlässigen Druckkontakt mit elektronischen Bauteilen (z.B. mit Anschlüssen an elektronischen Bauteilen) zu bewirken. Eine Kontakt (Last-) Kraft von ungefähr 15 Gramm (einschließlich nicht größer als 2 Gramm oder weniger und nicht weniger als 150 Gramm oder mehr pro Kontakt) kann beispielsweise erwünscht sein, um sicherzustellen, dass eine zuverlässige elektrische Verbindung mit einem Anschluss eines elektronischen Bauteils hergestellt wird, das mit Filmen auf seiner Oberfläche verunreinigt sein kann oder das Korrosions- oder Oxidationsprodukte auf seiner Oberfläche aufweist. Die für jede Feder erforderliche minimale Kontaktkraft verlangt entweder, dass die Dehngrenze des Federmaterials oder dass die Größe des Federelements erhöht wird. Als allgemeiner Vorschlag gilt, je höher die Dehngrenze eines Materials ist, desto schwieriger ist mit diesem zu arbeiten (z.B. Stanzen, Biegen usw.). Und der Wunsch, die Federn kleiner zu machen, schließt es im Wesentlichen aus, sie im Querschnitt größer zu machen.

[0016] Sondenelemente sind eine Klasse von Federelementen von spezieller Relevanz für die vorliegende Erfindung. Sondenelemente des Standes der Technik werden üblicherweise aus Wolfram, einem relativ harten Material (mit hoher Dehngrenze) hergestellt. Wenn es erwünscht ist, solche relativ harten Materialien an Anschlüssen eines elektronischen Bauteils zu montieren, sind relativ "feindliche" (z.B. hohe Temperatur) Prozesse wie z.B. Hartlöten erforderlich. Solche "feindlichen" Prozesse sind im Allgemeinen im Zusammenhang mit bestimmten relativ "zerbrechlichen" elektronischen Bauteilen wie z.B. Halbleiterbauelementen nicht erwünscht (und häufig nicht brauchbar). Im Gegensatz dazu ist Drahtbonds ein Beispiel von relativ "freundlichen" Prozessen, welcher viel weniger potentiell die zerbrechlichen elektronischen Bauteile beschädigt als Hartlöten. Weichlöten ist ein weiteres Beispiel eines relativ "freundlichen" Prozesses. Sowohl Lötmittel als auch Gold sind jedoch relativ weiche Materialien (mit niedriger Dehngrenze), die als Federelemente nicht gut funktionieren.

[0017] Ein subtiles Problem, das mit Verbindungselementen, einschließlich Federkontakten, verknüpft ist, besteht darin, dass die Anschlüsse eines elektronischen Bauteils häufig nicht perfekt koplanar sind. Verbindungselemente, denen ein gewisser Mechanismus fehlt, der in diese integriert ist, um diesen "Toleranzen" Rechnung zu tragen (grobe Nicht-Planaritäten), wird schwierig gepresst, um einen Kontakt mit

konsistentem Kontaktdruck mit den Anschlüssen des elektronischen Bauteils herzustellen.

[0018] Die folgenden US-Patente werden als von allgemeinem Interesse in Anbetracht der Herstellung von Verbindungen, insbesondere Druckverbindungen, mit elektronischen Bauteilen angeführt: US-Patent Nrn. 5 386 344 (FLEX CIRCUIT CARD ELASTOMERIC CABLE CONNECTOR ASSEMBLY); 5 336 380 (SPRING BIASED TAPERED CONTACT ELEMENTS FOR ELECTRICAL CONNECTORS AND INTEGRATED CIRCUIT PACKAGES); 5 317 479 (PLATED COMPLIANT LEAD); 5 086 337 (CONNECTING STRUCTURE OF ELECTRONIC PART AND ELECTRONIC DEVICE USING THE STRUCTURE); 5 067 007 (SEMICONDUCTOR DEVICE HAVING LEADS FOR MOUNTING TO A SURFACE OF A PRINTED CIRCUIT BOARD); 4 989 069 (SEMICONDUCTOR PACKAGE HAVING LEADS THAT BREAK-AWAY FROM SUPPORTS); 4 893 172 (CONNECTING STRUCTURE FOR ELECTRONIC PART AND METHOD OF MANUFACTURING THE SAME); 4 793 814 (ELECTRICAL CIRCUIT BOARD INTERCONNECT); 4 777 564 (LEADFORM FOR USE WITH SURFACE MOUNTED COMPONENTS); 4 764 848 (SURFACE MOUNTED ARRAY STRAIN RELIEF DEVICE); 4 667 219 (SEMICONDUCTOR CHIP INTERFACE); 4 642 889 (COMPLIANT INTERCONNECTION AND METHOD THEREFOR); 4 330 165 (PRESS-CONTACT TYPE INTERCONNECTORS); 4 295 700 (INTERCONNECTORS); 4 067 104 (METHOD OF FABRICATING AN ARRAY OF FLEXIBLE METALLIC INTERCONNECTS FOR COUPLING MICROELECTRONICS COMPONENTS); 3 795 037 (ELECTRICAL CONNECTOR DEVICES); 3 616 532 (MULTILAYER PRINTED CIRCUIT ELECTRICAL INTERCONNECTION DEVICE); und 3 509 270 (INTERCONNECTION FOR PRINTED CIRCUITS AND METHOD OF MAKING SAME).

[0019] EP 0 369 112 A1 offenbart eine Nadelkartenanordnung mit einem Raumtransformator, der vertikal verschobene Kontaktstellen auf einer Nadelkarte an vertikal verschobene Kontaktstellen auf einem zu prüfenden Bauteil anpasst. In einem Ausführungsbeispiel wird eine Adapterplatte zwischen der Nadelkarte und dem Bauteil angeordnet, wobei die Adapterplatte elastische Kontaktvorsprünge umfasst, die jeweils den Kontaktstellen der Nadelkarte und des Bauteils zugeordnet sind. In einem weiteren Ausführungsbeispiel wird ein zusätzlicher Federträger zwischen die Nadelkarte und die Adapterplatte eingefügt. Federkontakte werden durch den Federträger geführt und verbinden die oberen Kontaktstellen der Nadelkarte elektrisch mit den unteren Kontaktstellen der Adapterplatte, so dass auch größere vertikale Verschiebungen der Kontaktstellen überbrückt werden können.

[0020] WO 91/12706 A1 zeigt eine Vielzahl von Ausführungsbeispielen von elastischen Kontaktstrukturen, die teilweise freistehend und teilweise mehrschichtig sind.

[0021] US 5 187 020 offenbart auch ein Verfahren zur Herstellung von elastischen Spitzenstrukturen für Verbindungskomponenten.

KURZBESCHREIBUNG (ZUSAMMENFASSUNG) DER ERFINDUNG

[0022] Es ist eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Nadelkartenanordnung und ein Verfahren zur Sondenprüfung von Halbleiterbauelementen bereitzustellen, welches ermöglicht, dass die Spitzen der Sondenelemente orientiert werden, ohne die Position der Nadelkarte zu verändern.

[0023] Die Erfindung ist in den Ansprüchen 1 bzw. 11 definiert.

[0024] Spezielle Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in den abhängigen Ansprüchen dargelegt.

[0025] In einem bevorzugten Ausführungsbeispiel umfasst eine Nadelkartenanordnung eine Nadelkarte (elektronisches Bauteil) mit einer oberen Oberfläche, einer unteren Oberfläche und einer Vielzahl von Anschlüssen auf deren oberer Oberfläche; eine Zwischenschalteinrichtung (elektronisches Bauteil) mit einer oberen Oberfläche, einer unteren Oberfläche, einer ersten Vielzahl von elastischen Kontaktstrukturen, die sich von Anschlüssen auf deren unterer Oberfläche erstrecken, und einer zweiten Vielzahl von Kontaktstrukturen, die sich von Anschlüssen auf deren oberer Oberfläche erstrecken; und einen Raumtransformator (elektronisches Bauteil) mit einer oberen Oberfläche, einer unteren Oberfläche, einer Vielzahl von Kontaktstellen (Anschlüssen), die auf dessen unterer Oberfläche angeordnet sind, und einer dritten Vielzahl von elastischen Kontaktstrukturen (Sondenelementen), die sich von Anschlüssen auf dessen oberer Oberfläche erstrecken.

[0026] Die Zwischenschalteinrichtung wird zwischen der oberen Oberfläche der Nadelkarte und der unteren Oberfläche des Raumtransformators angeordnet und ermöglicht, dass die Orientierung (Planarität) des Raumtransformators eingestellt wird, ohne die Orientierung der Nadelkarte zu verändern. Ein geeigneter Mechanismus zum Bewirken dieser Einstellung der Raumtransformatororientierung und ein Verfahren zum Festlegen der korrekten Orientierung des Raumtransformators werden hierin offenbart. Auf diese Weise können die Spitzen (distalen Enden) der Sondenelemente eingestellt werden, um einen zuverlässigen Druckkontakt zwischen den Spitzen der Sondenelemente und entsprechenden Bondkontaktstellen (Anschlüssen) eines geprüften Halbleiterbau-

elements sicherzustellen.

[0027] In einem Ausführungsbeispiel, das in den Ansprüchen nicht definiert ist, sind eine Vielzahl von elastischen Kontaktstrukturen auf der unteren Oberfläche des Raumtransformatorbauteils vorgesehen (d.h. an den Anschlüssen auf der unteren Oberfläche des Raumtransformators hergestellt) anstelle des Zwischenschaltbauteils, um einen Kontakt direkt (d.h. ohne die Zwischenschaltung der Zwischenschaltanordnung) mit den Anschlüssen auf der oberen Oberfläche der Nadelkarte herzustellen.

[0028] Im Allgemeinen ermöglicht das Raumtransformatorbauteil, dass eine Vielzahl von elastischen Kontaktstrukturen, die sich von seiner oberen Oberfläche erstrecken, mit Anschlüssen eines elektronischen Bauteils (d.h. Bondkontaktstellen auf Halbleiterbauelementen) mit einem relativ feinen Rastermaß (Abstand) einen Kontakt herstellen, während Verbindungen mit dem Raumtransformator (d.h. mit den Bondkontaktstellen oder alternativ elastischen Kontaktstrukturen) auf seiner unteren Oberfläche mit einem relativ größeren Rastermaß bewirkt werden.

[0029] Gemäß einem Aspekt, der kein Teil der beanspruchten Erfindung ist, können das Raumtransformator- und das Zwischenschaltbauteil der Nadelkartenanordnung als "Bausatz" bereitgestellt werden, der zur Verwendung mit einer Nadelkarte ausgelegt ist. Wahlweise kann der Mechanismus zum Einstellen der Orientierung des Raumtransformators im "Bausatz" enthalten sein.

[0030] Gemäß einem Aspekt der Erfindung sind die elastischen Kontaktstrukturen (Sondenelemente), die sich von der oberen Oberfläche des Raumtransformatorbauteils erstrecken, "zusammengesetzte Verbindungselemente" (nachstehend definiert). Im alternativen Fall von elastischen Kontaktstrukturen, die sich auch von der unteren Oberfläche des Raumtransformators erstrecken, können diese ebenso "zusammengesetzte Verbindungselemente" sein.

[0031] Gemäß einem Aspekt der Erfindung, der in den Ansprüchen nicht definiert ist, sind die elastischen Kontaktstrukturen, die sich von der oberen und der unteren Oberfläche des Zwischenschaltbauteils erstrecken, "zusammengesetzte Verbindungselemente" (nachstehend definiert).

[0032] Gemäß einem Aspekt der Erfindung werden die Sondenelemente (elastischen Kontaktstrukturen, die sich von der oberen Oberfläche des Raumtransformatorbauteils erstrecken) vorzugsweise als "zusammengesetzte Verbindungselemente" ausgebildet, die direkt an den Anschlüssen des Raumtransformatorbauteils der Nadelkartenanordnung hergestellt werden. Das "zusammengesetzte" (mehrlagige) Verbindungselement wird durch Montieren eines

länglichen Elements ("Kerns") an einem elektronischen Bauteil, Formen des Kerns so, dass er eine Federform aufweist, und Überziehen des Kerns, um die physikalischen (z.B. Feder-) Eigenschaften des resultierenden zusammengesetzten Verbindungselements zu verbessern und/oder das resultierende zusammengesetzte Verbindungselement sicher am elektronischen Bauteil zu verankern, hergestellt. Die elastischen Kontaktstrukturen des Zwischenschaltbauteils können auch als zusammengesetzte Verbindungselemente ausgebildet werden.

[0033] Die Verwendung des Begriffs "zusammengesetzt" in der ganzen hierin dargelegten Beschreibung ist mit einer "allgemeinen" Bedeutung des Begriffs konsistent (z.B. aus zwei oder mehr Elementen ausgebildet) und soll nicht mit irgendeiner Verwendung des Begriffs "zusammengesetzt" auf anderen Arbeitsgebieten verwechselt werden, wie er beispielsweise auf Materialien wie z.B. Glas, Kohlenstoff oder andere Fasern, die in einer Harzmatrix oder dergleichen getragen werden, angewendet werden kann.

[0034] Wie hierin verwendet, bezieht sich der Begriff "Federform" auf theoretisch jegliche Form eines länglichen Elements, das eine elastische (Rückstell-) Bewegung eines Endes (Spitze) des länglichen Elements bezüglich einer auf die Spitze aufgebrachten Kraft aufweist. Dies umfasst längliche Elemente, die so geformt sind, dass sie eine oder mehrere Biegungen aufweisen, sowie im Wesentlichen gerade längliche Elemente.

[0035] Wie hierin verwendet, beziehen sich die Begriffe "Kontaktfläche", "Anschluss", "Kontaktstelle" und dergleichen auf irgendeine leitende Fläche auf irgendeinem elektronischen Bauteil, an dem ein Verbindungselement montiert ist oder mit dem es einen Kontakt herstellt.

[0036] Alternativ wird der Kern vor dem Montieren an einem elektronischen Bauteil geformt.

[0037] Alternativ wird der Kern an einem Opfersubstrat montiert oder ist ein Teil von diesem, welches kein elektronisches Bauteil ist. Das Opfersubstrat wird nach dem Formen und entweder vor oder nach dem Überziehen entfernt. Gemäß einem Aspekt der Erfindung können Spitzen mit verschiedenen Topographien an den Kontaktenden der Verbindungselemente angeordnet werden. (Siehe auch Figuren 11A–11F der HAUPTAKTE.)

[0038] In einem Ausführungsbeispiel der Erfindung, das in den Ansprüchen nicht definiert ist, ist der Kern ein "weiches" Material mit einer relativ niedrigen Dehngrenze und ist mit einem "harten" Material mit einer relativ hohen Dehngrenze überzogen. Ein weiches Material wie z.B. ein Golddraht wird (z.B. durch Drahtbonden) beispielsweise an einer Bondkontakt-

stelle eines Halbleiterbauelements angebracht und wird mit einem harten Material wie z.B. Nickel und seinen Legierungen überzogen (z.B. durch elektrochemisches Plattieren).

[0039] In Anbetracht des Überziehens des Kerns werden ein- und mehrlagige Überzüge, "raue" Überzüge mit Mikrovorsprüngen (siehe auch Figuren 5C und 5D der HAUPTAKTE) und Überzüge, die sich auf der gesamten Länge oder nur auf einem Teil der Länge des Kerns erstrecken, beschrieben. Im letzteren Fall kann die Spitze des Kerns geeigneterweise freigelegt werden, um einen Kontakt mit einem elektronischen Bauteil herzustellen (siehe auch Figur 5B der HAUPTAKTE).

[0040] In der gesamten hierin dargelegten Beschreibung wird im Allgemeinen der Begriff "Plattieren" als beispielhaft für eine Anzahl von Verfahren zum Überziehen des Kerns verwendet. Es liegt innerhalb des Schutzbereichs dieser Erfindung, dass der Kern mit einem beliebigen geeigneten Verfahren überzogen werden kann, einschließlich, jedoch nicht begrenzt auf: verschiedene Prozesse, die die Abscheidung von Materialien aus wässrigen Lösungen beinhalten; elektrolytisches Plattieren; stromloses Plattieren; chemische Gasphasenabscheidung (CVD); physikalische Gasphasenabscheidung (PVD); Prozesse, die die Abscheidung von Materialien durch induzierten Zerfall von flüssigen oder festen Präkursoren bewirken; und dergleichen, wobei alle diese Verfahren zum Abscheiden von Materialien im Allgemeinen gut bekannt sind.

[0041] Zum Überziehen des Kerns mit einem Metallmaterial wie z.B. Nickel sind im Allgemeinen elektrochemische Prozesse bevorzugt, insbesondere stromloses Plattieren.

[0042] In einem weiteren Ausführungsbeispiel der Erfindung, das in den Ansprüchen nicht definiert ist, ist der Kern ein längliches Element aus einem "harten" Material, das sich von Natur aus zum Funktionieren als Federelement eignet, und ist an einem Ende an einem Anschluss eines elektronischen Bauteils montiert. Der Kern und mindestens ein benachbarter Bereich des Anschlusses ist mit einem Material überzogen, das die Verankerung des Kerns am Anschluss verbessert. Auf diese Weise ist es nicht erforderlich, dass der Kern vor dem Überziehen gut am Anschluss montiert wird, und Prozesse, die weniger potentiell das elektronische Bauteil beschädigen, können verwendet werden, um den Kern für das anschließende Überziehen an die Stelle zu "heften". Diese "freundlichen" Prozesse umfassen Weichlöten, Kleben und Bohren eines Endes des harten Kerns in einen weichen Teil des Anschlusses.

[0043] Vorzugsweise liegt der Kern in Form eines Drahts vor. Alternativ ist der Kern eine flache Kontakt-

nase (leitendes Metallband).

[0044] Repräsentative Materialien sowohl für den Kern als auch für die Überzüge werden offenbart.

[0045] Nachstehend werden im großen und ganzen Verfahren, die das Beginnen mit einem relativ weichen (niedrige Dehngrenze) Kern, welcher im Allgemeinen eine sehr kleine Abmessung (z.B. 76,2 µm (3,0 mil) oder weniger) aufweist, beinhalten, beschrieben. Weiche Materialien wie z.B. Gold, die leicht an Halbleiterbauelementen anhaften, fehlt es im Allgemeinen an ausreichender Elastizität, um als Federn zu funktionieren. (Solche weichen Metallmaterialien weisen vielmehr hauptsächlich eine plastische als elastische Verformung auf.) Andere weiche Materialien, die leicht an Halbleiterbauelementen befestigt werden können und geeignete Elastizität besitzen, sind häufig elektrisch nicht-leitend, wie im Fall der meisten Elastomer-materialien. In jedem Fall können die gewünschten strukturellen und elektrischen Eigenschaften dem resultierenden zusammengesetzten Verbindungselement durch den über den Kern aufgetragenen Überzug verliehen werden. Das resultierende zusammengesetzte Verbindungselement kann sehr klein gemacht werden und kann dennoch geeignete Kontaktkräfte aufweisen. Überdies kann eine Vielzahl von solchen zusammengesetzten Verbindungselementen in einem feinen Rastermaß (z.B. 254 µm (10 mils)) angeordnet werden, selbst wenn sie eine Länge (z.B. 2540 µm (100 mils)) aufweisen, die viel größer ist als der Abstand zu einem benachbarten zusammengesetzten Verbindungselement (wobei der Abstand zwischen benachbarten Verbindungselementen "Rastermaß" genannt wird).

[0046] Es liegt innerhalb des Schutzbereichs dieser Erfindung, dass zusammengesetzte Verbindungselemente in einem Mikrominiaturmaßstab, beispielsweise als "Mikrofedern" für Verbindungsstecker und Sockel, mit Querschnittsabmessungen in der Größenordnung von fünfundzwanzig Mikrometern (µm) oder weniger hergestellt werden können. Diese Fähigkeit, eine zuverlässige Verbindung mit in Mikrometern anstatt mils gemessenen Abmessungen herzustellen, wendet sich genau den sich entwickelnden Bedürfnissen der existierenden Verbindungstechnologie und der zukünftigen Flächenmatrixtechnologie zu.

[0047] Die zusammengesetzten Verbindungselemente der vorliegenden Erfindung weisen überlegene elektrische Eigenschaften auf, einschließlich elektrischer Leitfähigkeit, Lötbarkeit und niedrigen Kontaktwiderstandes. In vielen Fällen führt eine Auslenkung des Verbindungselements als Reaktion auf aufgetragene Kontaktkräfte zu einem "Schleif"-Kontakt, der hilft sicherzustellen, dass ein zuverlässiger Kontakt hergestellt wird.

[0048] Ein zusätzlicher Vorteil der vorliegenden Erfindung besteht darin, dass Verbindungen, die mit den Verbindungselementen der vorliegenden Erfindung hergestellt werden, leicht demontierbar sind. Weichlöten zum Bewirken der Verbindung mit einem Anschluss eines elektronischen Bauteils ist wahlweise, ist jedoch auf einer Systemebene im Allgemeinen nicht bevorzugt.

[0049] Verfahren zum Herstellen von Verbindungselementen mit gesteuerter Impedanz werden beschrieben. Diese Verfahren beinhalten im Allgemeinen das Überziehen (z.B. elektrophoretisch) eines leitenden Kerns oder eines ganzen zusammengesetzten Verbindungselements mit einem dielektrischen Material (Isolationsschicht) und das Überziehen des dielektrischen Materials mit einer äußeren Schicht aus einem leitenden Material. Durch Erden der äußeren leitenden Materialschicht kann das resultierende Verbindungselement effektiv abgeschirmt werden und seine Impedanz kann leicht gesteuert werden. (Siehe auch Figur 10K der HAUPTAKTE).

[0050] Verbindungselemente können als individuelle Einheiten zur späteren Befestigung an elektronischen Bauteilen vorgefertigt werden. Verschiedene Verfahren zum Bewerkstelligen dieses Ziels sind hierin dargelegt. Obwohl es in diesem Dokument nicht speziell erfasst ist, wird es als relativ unkompliziert erachtet, eine Maschine herzustellen, die die Montage einer Vielzahl von individuellen Verbindungselementen an einem Substrat oder alternativ das Aufhängen einer Vielzahl von individuellen Verbindungselementen in einem Elastomer oder an einem Trägersubstrat handhabt.

[0051] Es sollte natürlich verständlich sein, dass sich das zusammengesetzte Verbindungselement der vorliegenden Erfindung drastisch von Verbindungselementen des Standes der Technik unterscheidet, die beschichtet wurden, um ihre elektrischen Leitfähigkeitseigenschaften zu verbessern oder ihre Beständigkeit gegen Korrosion zu verbessern.

[0052] Der Überzug der vorliegenden Erfindung ist speziell vorgesehen, um die Verankerung des Verbindungselements an einem Anschluss eines elektronischen Bauteils wesentlich zu verbessern und/oder dem resultierenden zusammengesetzten Verbindungselement gewünschte elastische Eigenschaften zu verleihen. Spannungen (Kontaktkräfte) werden auf Teile der Verbindungselemente gerichtet, die speziell zum Absorbieren der Spannungen vorgesehen sind.

[0053] Es sollte auch erkannt werden, dass die vorliegende Erfindung im Wesentlichen ein neues Verfahren zur Herstellung von Federstrukturen bereitstellt. Die wirksame Struktur der resultierenden Feder

ist im Allgemeinen vielmehr ein Produkt des Plattierens als des Biegens und Formens. Dies öffnet die Tür für die Verwendung einer breiten Vielfalt von Materialien, um die Federform herzustellen, und einer Vielfalt von "freundlichen" Prozessen zum Befestigen des "Schalgerüsts" des Kerns an elektronischen Bauteilen. Der Überzug funktioniert als "Überstruktur" über dem "Schalgerüst" des Kerns, deren beide Begriffe ihre Ursprünge auf dem Gebiet des Hoch- und Tiefbaus haben.

[0054] Ein deutlicher Vorteil der vorliegenden Erfindung besteht darin, dass Sonderelemente (elastische Kontaktstrukturen) direkt an Anschlüssen eines Raumtransformator-Substratbauteils einer Nadelkartenanordnung hergestellt werden können, ohne zusätzliche Materialien wie z.B. Hartlöten oder Weichlöten zu erfordern.

[0055] Beliebige der elastischen Kontaktstrukturen können als mindestens zwei zusammengesetzte Verbindungselemente ausgebildet werden.

[0056] Weitere Merkmale und Vorteile der Erfindung werden anhand deren folgender Beschreibung ersichtlich.

KURZBESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0057] Auf bevorzugte Ausführungsbeispiele der Erfindung wird im einzelnen 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 dies nicht den Schutzbereich der Erfindung auf diese speziellen Ausführungsbeispiele begrenzen soll.

[0058] Fig. 1A ist eine Querschnittsansicht eines Längsteils, einschließlich eines Endes, eines Verbindungselements gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung.

[0059] Fig. 1B ist eine Querschnittsansicht eines Längsteils, einschließlich eines Endes, eines Verbindungselements gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel der Erfindung.

[0060] Fig. 1C ist eine Querschnittsansicht eines Längsteils, einschließlich eines Endes, eines Verbindungselements gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel der Erfindung.

[0061] Fig. 1D ist eine Querschnittsansicht eines Längsteils, einschließlich eines Endes, eines Verbindungselements gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel der Erfindung.

[0062] Fig. 1E ist eine Querschnittsansicht eines

Längsteils, einschließlich eines Endes, eines Verbindungselements gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel der Erfindung.

[0063] Fig. 2A ist eine Querschnittsansicht eines erfindungsgemäßen Verbindungselements, das an einem Anschluss eines elektronischen Bauteils montiert ist und einen mehrlagigen Mantel aufweist.

[0064] Fig. 2B ist eine Querschnittsansicht eines erfindungsgemäßen Verbindungselements mit einem mehrlagigen Mantel, wobei eine Zwischenschicht aus einem dielektrischen Material besteht.

[0065] Fig. 2C ist eine perspektivische Ansicht einer Vielzahl von erfindungsgemäßen Verbindungselementen, die an einem elektronischen Bauteil (z.B. einem Nadelkarteneinsatz) montiert sind.

[0066] Fig. 2D ist eine Querschnittsansicht eines beispielhaften ersten Schritts eines Verfahrens zur Herstellung von Verbindungselementen gemäß der Erfindung.

[0067] Fig. 2E ist eine Querschnittsansicht eines beispielhaften weiteren Schritts des Verfahrens von Fig. 2D zur Herstellung von Verbindungselementen gemäß der Erfindung.

[0068] Fig. 2F ist eine Querschnittsansicht eines beispielhaften weiteren Schritts des Verfahrens von Fig. 2E zur Herstellung von Verbindungselementen gemäß der Erfindung.

[0069] Fig. 2G ist eine Querschnittsansicht einer beispielhaften Vielzahl von erfindungsgemäßen einzelnen Verbindungselementen, die gemäß dem Verfahren von Fig. 2D–2F hergestellt werden.

[0070] Fig. 2H ist eine Querschnittsansicht einer beispielhaften Vielzahl von erfindungsgemäßen Verbindungselementen, die gemäß dem Verfahren von Fig. 2D–2F hergestellt werden und in einer vorgeschriebenen räumlichen Beziehung zueinander verbunden sind.

[0071] Fig. 2I ist eine Querschnittsansicht eines alternativen Ausführungsbeispiels zur Herstellung von erfindungsgemäßen Verbindungselementen, welche ein Ende eines Elements zeigt.

[0072] Fig. 3A ist eine Querschnittsansicht eines Ausführungsbeispiels einer erfindungsgemäßen Zwischenschaltanordnung.

[0073] Fig. 3B ist eine Querschnittsansicht eines weiteren Ausführungsbeispiels einer erfindungsgemäßen Zwischenschaltanordnung.

[0074] Fig. 3C ist eine Querschnittsansicht eines

weiteren Ausführungsbeispiels einer erfindungsgemäßen Zwischenschaltanordnung.

[0075] Fig. 4 ist eine Querschnittsansicht eines Ausführungsbeispiels eines allgemeinen erfindungsgemäßen Raumtransformators.

[0076] Fig. 5 ist eine Ansicht der Nadelkartenanordnung der vorliegenden Erfindung in auseinandergezogener Anordnung, teilweise im Querschnitt.

[0077] Fig. 5A ist eine perspektivische Ansicht eines erfindungsgemäßen Raumtransformatorbauteils, das sich zur Verwendung in der Nadelkartenanordnung von Fig. 5 eignet.

[0078] Fig. 5B ist eine perspektivische Ansicht eines weiteren erfindungsgemäßen Raumtransformatorbauteils, das sich zur Verwendung in der Nadelkartenanordnung von Fig. 5 eignet.

[0079] Fig. 5C ist eine Draufsicht auf ein erfindungsgemäßes Raumtransformatorbauteil von unten, welches sich zur Verwendung in der Nadelkartenanordnung von Fig. 5 eignet.

[0080] Fig. 6A ist eine Draufsicht auf entweder die obere oder die untere Oberfläche eines beispielhaften erfindungsgemäßen Zwischenschaltsubstrats von unten zur Verwendung in der Nadelkartenanordnung von Fig. 5.

[0081] Fig. 6B ist eine teilweise Querschnittsansicht des in Fig. 6A dargestellten erfindungsgemäßen Zwischenschaltbauteils.

[0082] Fig. 7 ist eine Ansicht, teilweise im Querschnitt und teilweise schematisch, einer Nadelkartenanordnung ähnlich der in Fig. 5 dargestellten Nadelkartenanordnung, die zur Verwendung beim Prüfen von Halbleiterwafern gemäß der Erfindung ausgerichtet wird.

[0083] Fig. 7A ist eine Ansicht, teilweise im Querschnitt und teilweise schematisch, eines Verfahrens zum automatischen Einstellen der Orientierung des Raumtransformatorbauteils gemäß der Erfindung.

[0084] Fig. 8A ist eine Querschnittsansicht eines Verfahrens zum Herstellen von Spitzenstrukturen für Sonderelemente gemäß der Erfindung.

[0085] Fig. 8B ist eine Querschnittsansicht von weiteren Schritten in dem Verfahren von Fig. 8A gemäß der Erfindung.

[0086] Fig. 8C ist eine Seitenansicht, teilweise im Querschnitt und teilweise vollständig, eines erfindungsgemäßen Raumtransformatorbauteils.

[0087] Fig. 8D ist eine Seitenansicht, teilweise im Querschnitt und teilweise vollständig, des erfindungsgemäßen Raumtransformatorbauteils von Fig. 8C, welches mit den Spitzenstrukturen von Fig. 8B verbunden ist.

[0088] Fig. 8E ist eine Seitenansicht, teilweise im Querschnitt und teilweise vollständig, eines weiteren Schritts beim Verbinden des erfindungsgemäßen Raumtransformatorbauteils von Fig. 8C, das mit den Spitzenstrukturen von Fig. 8B verbunden ist.

AUSFÜHRLICHE BESCHREIBUNG DER ERFINDUNG

[0089] Diese Patentanmeldung ist auf Nadelkartenanordnungen, deren Komponenten und Verfahren zur Verwendung derselben gerichtet. Wie aus der Beschreibung, die folgt, ersichtlich ist, ist die Verwendung von elastischen Kontaktstrukturen, um Druckverbindungen mit Anschlüssen eines elektronischen Bauteils zu bewirken, wesentlich. Vorzugsweise werden die elastischen Kontaktstrukturen als "zusammengesetzte Verbindungselemente" ausgeführt, wie sie z.B. in der Offenbarung der vorstehend erwähnten US 6 336 269, eingereicht am 26.5.95 ("HAUPTAKTE"), beschrieben wurden. Diese Patentanmeldung fasst verschiedene der in der HAUPTAKTE offenbarten Verfahren in den Erörterungen der Fig. 1A–1E und 2A–2I zusammen.

[0090] Ein wichtiger Aspekt des bevorzugten Verfahrens zum Ausführen der vorliegenden Erfindung besteht darin, dass ein "zusammengesetztes" Verbindungselement ausgebildet werden kann durch Beginnen mit einem Kern (der an einem Anschluss eines elektronischen Bauteils montiert sein kann), dann Überziehen des Kerns mit einem geeigneten Material zum: (1) Festlegen der mechanischen Eigenschaften des resultierenden zusammengesetzten Verbindungselements; und/oder (2) wenn das Verbindungselement an einem Anschluss eines elektronischen Bauteils montiert ist, zum sicheren Verankern des Verbindungselements am Anschluss. Auf diese Weise kann ein elastisches Verbindungselement (Federelement) beginnend mit einem Kern aus einem weichen Material, das sich leicht zu einer federfähigen Form formen lässt und das sich leicht an auch den zerbrechlichsten elektronischen Bauteilen anbringen lässt, hergestellt werden. Angesichts der Verfahren des Standes der Technik zum Ausbilden von Federelementen aus harten Materialien ist es nicht leicht ersichtlich und ist wohl gegenintuitiv, dass weiche Materialien die Basis von Federelementen bilden können. Ein solches "zusammengesetztes" Verbindungselement ist im Allgemeinen die bevorzugte Form einer elastischen Kontaktstruktur zur Verwendung in den Ausführungsbeispielen der vorliegenden Erfindung.

[0091] Fig. 1A, 1B, 1C und 1D stellen auf eine allgemeine Weise verschiedene Formen für zusammengesetzte Verbindungselemente gemäß der vorliegenden Erfindung dar.

[0092] Nachstehend werden im großen und ganzen zusammengesetzte Verbindungselemente, die Elastizität aufweisen, beschrieben.

[0093] Ferner werden nachstehend im großen und ganzen zusammengesetzte Verbindungselemente, die einen weichen (leicht geformten und zum Befestigen durch freundliche Prozesse an elektronischen Bauteilen zugänglichen) Kern aufweisen, der mit harten (federnden) Materialien überzogen ist, beschrieben.

[0094] In Fig. 1A umfasst ein elektrisches Verbindungselement **110** einen Kern **112** aus einem "weichen" Material (z.B. einem Material mit einer Dehngrenze von weniger als $2,8 \cdot 10^8$ Pa (40000 psi)) und einen Mantel (Überzug) **114** aus einem "harten" Material (z.B. einem Material mit einer Dehngrenze von mehr als $5,5 \cdot 10^8$ Pa (80000 psi)). Der Kern **112** ist ein längliches Element, das als im Wesentlichen gerader Auslegerbalken geformt (gestaltet) ist, und kann ein Draht mit einem Durchmesser von 0,0005–0,0030 Inch (0,001 Inch = 1 mil \approx 25 Mikrometer (μ m)) sein. Der Mantel **114** wird über den bereits geformten Kern **112** durch einen beliebigen geeigneten Prozess aufgebracht, wie z.B. durch einen geeigneten Plattierungsprozess (z.B. durch elektrochemisches Plattieren).

[0095] Fig. 1A stellt dar, was vielleicht die einfachste von Federformen für ein Verbindungselement der vorliegenden Erfindung ist – nämlich einen geraden Auslegerbalken, der in einem Winkel zu einer Kraft "F", die an seiner Spitze **110b** aufgebracht wird, orientiert ist. Wenn eine solche Kraft durch einen Anschluss eines elektronischen Bauteils aufgebracht wird, mit dem das Verbindungselement einen Druckkontakt herstellt, führt die Abwärts- (wie gesehen) Auslenkung der Spitze offensichtlich dazu, dass sich die Spitze über den Anschluss in einer "Schleif"-Bewegung bewegt. Ein solcher Schleifkontakt stellt sicher, dass ein zuverlässiger Kontakt zwischen dem Verbindungselement und dem kontaktierten Anschluss des elektronischen Bauteils hergestellt wird.

[0096] Aufgrund seiner "Härte" und durch Steuern seiner Dicke (0,00025–0,00500 Inch) verleiht der Mantel **114** dem gesamten Verbindungselement **110** eine gewünschte Elastizität. Auf diese Weise kann eine elastische Verbindung zwischen elektronischen Bauteilen (nicht dargestellt) zwischen den zwei Enden **110a** und **110b** des Verbindungselements **110** bewirkt werden. (In Fig. 1A gibt die Bezugsziffer **110a** einen Endteil des Verbindungselements **110** an und das tatsächliche Ende entgegengesetzt zum Ende

110b ist nicht gezeigt.) Beim Kontaktieren eines Anschlusses eines elektronischen Bauteils würde das Verbindungselement **110** einer Kontaktkraft (Druck) ausgesetzt werden, wie durch den mit "F" bezeichneten Pfeil angegeben.

[0097] Das Verbindungselement (z.B. **110**) biegt sich als Reaktion auf eine aufgebrachte Kontaktkraft durch, wobei die Durchbiegung (Elastizität) teilweise durch die Gesamtform des Verbindungselements, teilweise durch die dominante (größere) Dehngrenze des Überzugsmaterials (gegen jene des Kerns) und teilweise durch die Dicke des Überzugsmaterials festgelegt ist.

[0098] Wie hierin verwendet, werden die Begriffe "Ausleger" und "Auslegerbalken" verwendet, um anzugeben, dass eine längliche Struktur (z.B. der überzogene Kern **112**) an einem Ende montiert (befestigt) ist und das andere Ende sich frei bewegen kann, typischerweise als Reaktion auf eine Kraft, die im Allgemeinen quer zur Längsachse des länglichen Elements wirkt. Keine andere spezifische oder begrenzende Bedeutung soll durch die Verwendung dieser Begriffe vermittelt oder suggeriert werden.

[0099] In **Fig. 1B** umfasst ein elektrisches Verbindungselement **120** ebenso einen weichen Kern **122** (vergleiche **112**) und einen harten Mantel **124** (vergleiche **114**). In diesem Beispiel ist der Kern **122** so geformt, dass er zwei Biegungen aufweist, und kann somit als S-förmig betrachtet werden. Wie im Beispiel von **Fig. 1A** kann auf diese Weise eine elastische Verbindung zwischen elektronischen Bauteilen (nicht dargestellt) zwischen den zwei Enden **120a** und **120b** des Verbindungselements **120** bewirkt werden. (In **Fig. 1B** gibt die Bezugsziffer **120a** einen Endteil des Verbindungselements **120** an und das tatsächliche Ende entgegengesetzt zum Ende **120b** ist nicht gezeigt.) Beim Kontaktieren eines Anschlusses eines elektronischen Bauteils würde das Verbindungselement **120** einer Kontaktkraft (Druck) ausgesetzt werden, wie durch den mit "F" bezeichneten Pfeil angegeben.

[0100] In **Fig. 1C** umfasst ein elektrisches Verbindungselement **130** ebenso einen weichen Kern **132** (vergleiche **112**) und einen harten Mantel **134** (vergleiche **114**). In diesem Beispiel ist der Kern **132** so geformt, dass er eine Biegung aufweist, und kann als U-förmig betrachtet werden. Wie im Beispiel von **Fig. 1A** kann auf diese Weise eine elastische Verbindung zwischen elektronischen Bauteilen (nicht dargestellt) zwischen den zwei Enden **130a** und **130b** des Verbindungselements **130** bewirkt werden. (In **Fig. 1C** gibt die Bezugsziffer **130a** einen Endteil des Verbindungselements **130** an und das tatsächliche Ende entgegengesetzt zum Ende **130b** ist nicht gezeigt.) Beim Kontaktieren eines Anschlusses eines elektronischen Bauteils könnte das Verbindungsele-

ment **130** einer Kontaktkraft (Druck) ausgesetzt werden, wie durch den mit "F" bezeichneten Pfeil angegeben. Alternativ könnte das Verbindungselement **130** verwendet werden, um einen Kontakt anderswo als an seinem Ende **130b** herzustellen, wie durch den mit "F" bezeichneten Pfeil angegeben.

[0101] **Fig. 1D** stellt ein weiteres Ausführungsbeispiel eines elastischen Verbindungselements **140** mit einem weichen Kern **142** und einem harten Mantel **144** dar. In diesem Beispiel ist das Verbindungselement **140** im Wesentlichen ein einfacher Ausleger (vergleiche **Fig. 1A**) mit einer gekrümmten Spitze **140b**, die einer Kontaktkraft "F" ausgesetzt wird, die quer zu seiner Längsachse wirkt.

[0102] **Fig. 1E** stellt ein weiteres Ausführungsbeispiel eines elastischen Verbindungselements **150** mit einem weichen Kern **152** und einem harten Mantel **154** dar. In diesem Beispiel ist das Verbindungselement **150** im Allgemeinen "C-förmig", vorzugsweise mit einer geringfügig gekrümmten Spitze **150b** und eignet sich zur Herstellung eines Druckkontakts, wie durch den mit "F" bezeichneten Pfeil angegeben.

[0103] Es sollte selbstverständlich sein, dass der weiche Kern leicht zu einer beliebigen federfähigen Form geformt werden kann – mit anderen Worten, einer Form, die bewirkt, dass sich ein resultierendes Verbindungselement als Reaktion auf eine an seiner Spitze aufgebrachte Kraft elastisch durchbiegt. Der Kern könnte beispielsweise zu einer herkömmlichen Spulenform geformt werden. Eine Spulenform wäre jedoch aufgrund der Gesamtlänge des Verbindungselements und der mit dieser verbundenen Induktivitäten (und dergleichen) und der nachteiligen Wirkung derselben auf eine Schaltung, die mit hohen Frequenzen (Geschwindigkeiten) arbeitet, nicht bevorzugt.

[0104] Das Material des Mantels oder zumindest eine Schicht eines mehrlagigen Mantels (nachstehend beschrieben) weist eine signifikant höhere Dehngrenze auf als das Material des Kerns. Daher überschattet der Mantel den Kern beim Festlegen der mechanischen Eigenschaften (z.B. Elastizität) der resultierenden Verbindungsstruktur. Verhältnisse der Mantel:Kern-Dehngrenzen sind vorzugsweise mindestens 2:1, einschließlich mindestens 3:1 und mindestens 5:1, und können so hoch wie 10:1 sein. Es ist auch ersichtlich, dass der Mantel oder zumindest eine äußere Schicht eines mehrlagigen Mantels elektrisch leitend sein sollte, hauptsächlich in Fällen, in denen der Mantel das Ende des Kerns bedeckt. (Die Hauptakte beschreibt jedoch Ausführungsbeispiele, bei denen das Ende des Kerns freiliegt, in welchem Fall der Kern leitend sein muss).

[0105] Von einem wissenschaftlichen Gesichtspunkt ist es nur erforderlich, dass der federnde (fe-

derförmige) Teil des resultierenden zusammengesetzten Verbindungselements mit dem harten Material überzogen ist. Von diesem Gesichtspunkt ist es im Allgemeinen nicht wesentlich, dass beide der zwei Enden des Kerns überzogen sind. Praktisch ist es jedoch bevorzugt, den gesamten Kern zu überziehen. Spezielle Gründe für und Vorteile, die aus dem Überziehen eines Endes des Kerns, das an einem elektronischen Bauteil verankert (befestigt) ist, erwachsen, werden nachstehend genauer erörtert.

[0106] Geeignete Materialien für den Kern (**112, 122, 132, 142**) umfassen, sind jedoch nicht begrenzt auf: Gold, Aluminium, Kupfer und ihre Legierungen. Diese Materialien werden typischerweise mit kleinen Mengen anderer Metalle legiert, um gewünschte physikalische Eigenschaften zu erhalten, wie z.B. mit Beryllium, Cadmium, Silizium, Magnesium und dergleichen. Es ist auch möglich, Silber, Palladium, Platin; Metalle oder Legierungen, wie z.B. Metalle der Platingruppe der Elemente, zu verwenden. Lötmedium, das aus Blei, Zinn, Indium, Wismut, Cadmium, Antimon und ihren Legierungen besteht, kann verwendet werden.

[0107] In Anbetracht der Befestigung eines Endes des Kerns (Drahts) an einem Anschluss eines elektronischen Bauteils (nachstehend genauer erörtert) wäre im Allgemeinen ein Draht aus einem beliebigen Material (z.B. Gold), das für Bonden (unter Verwendung von Temperatur, Druck und/oder Ultraschallenergie zum Bewirken des Bondens) zugänglich ist, zur Ausführung der Erfindung geeignet. Es liegt innerhalb des Schutzbereichs dieser Erfindung, dass ein beliebiges Material, das für das Überziehen (z.B.

[0108] Plattieren), geeignet ist, einschließlich nicht-metallischen Materials, für den Kern verwendet werden kann.

[0109] Geeignete Materialien für den Mantel (**114, 124, 134, 144**) umfassen (und, wie nachstehend erörtert wird, für die einzelnen Schichten eines mehrschichtigen Mantels), sind jedoch nicht begrenzt auf: Nickel und seine Legierungen; Kupfer, Kobalt, Eisen und ihre Legierungen; Gold (insbesondere hartes Gold) und Silber, die beide ausgezeichnete Stromführungsfähigkeiten und gute Kontaktwiderstandseigenschaften aufweisen; Elemente der Platingruppe; Edelmetalle; Halbedelmetalle und ihre Legierungen, insbesondere Elemente der Platingruppe und ihre Legierungen; Wolfram und Molybdän. In Fällen, in denen eine lötmittelartige Oberflächengüte erwünscht ist, können Zinn, Blei, Wismut, Indium und ihre Legierungen auch verwendet werden.

[0110] Das Verfahren, das zum Aufbringen dieser Beschichtungsmaterialien über die verschiedenen Kernmaterialien, die vorstehend dargelegt sind, ausgewählt wird, variiert natürlich von Anwendung zu

Anwendung. Elektroplattieren und stromloses Plattieren sind im Allgemeinen bevorzugte Verfahren. Im Allgemeinen wäre es jedoch gegenintuitiv, über einen Goldkern zu plattieren. Gemäß einem Aspekt der Erfindung ist es, wenn ein Nickelmantel über einen Goldkern plattiert (insbesondere stromlos plattiert) wird, erwünscht, zuerst eine dünne Kupferstartschicht über den Golddraht aufzubringen, um das Plattierungsstarten zu erleichtern.

[0111] Ein beispielhaftes Verbindungselement, wie es z.B. in den **Fig. 1A–1E** dargestellt ist, kann einen Kerndurchmesser von ungefähr 25,4 μm (0,001 Inch) und eine Manteldicke von 25,4 μm (0,001 Inch) aufweisen – wobei das Verbindungselement somit einen Gesamtdurchmesser von ungefähr 76 μm (0,003 Inch) (d.h. Kerndurchmesser plus zweimal die Manteldicke) aufweist. Im Allgemeinen liegt diese Dicke des Mantels in der Größenordnung von 0,2 – 5,0 (ein Fünftel bis fünf) Mal der Dicke (z.B. Durchmesser) des Kerns.

[0112] Einige beispielhafte Parameter für zusammengesetzte Verbindungselemente sind:

(a) Ein Golddrahtkern mit einem Durchmesser von 1,5 mils wird so geformt, dass er eine Gesamthöhe von 1 mm (40 mils) und eine im Allgemeinen C-förmige Krümmung (vergleiche **Fig. 1E**) mit einem Radius von 228 μm (9 mils) aufweist, wird mit 19 μm (0,75 mils) Nickel (Gesamtdurchmesser = 76 μm ($1,5 + 2 \times 0,75 = 3$ mils)) plattiert und erhält wahlweise einen Endüberzug von 50 Mikromil Gold (z.B., um den Kontaktwiderstand zu senken und zu verbessern). Das resultierende zusammengesetzte Verbindungselement weist eine Federkonstante (k) von ungefähr 0,12–0,2 g/ μm (3–5 Gramm/mil) auf. Bei der Verwendung führt eine Auslenkung von 7–127 μm (3–5 mils) zu einer Kontaktkraft von 9–25 Gramm. Dieses Beispiel ist im Zusammenhang mit einem Federelement für eine Zwischenschalt-einrichtung nützlich.

(b) Ein Golddrahtkern mit einem Durchmesser von 25,4 μm (1,0 mils) wird so geformt, dass er eine Gesamthöhe von 35 mils aufweist, wird mit 32 μm (1,25 mils) Nickel (Gesamtdurchmesser = 89 μm ($1,0 + 2 \times 1,25 = 3,5$ mils)) plattiert und erhält wahlweise einen Endüberzug von 50 Mikromil Gold. Das resultierende zusammengesetzte Verbindungselement weist eine Federkonstante (k) von ungefähr 0,12 g/ μm (3 Gramm/mil) auf und ist im Zusammenhang mit einem Federelement für eine Sonde nützlich.

(c) Ein Golddrahtkern mit einem Durchmesser von 38 μm (1,5 mils) wird so geformt, dass er eine Gesamthöhe von 508 μm (20 mils) und eine im Allgemeinen S-förmige Krümmung mit Radien von ungefähr 127 μm (5 mils) aufweist, wird mit 19 μm (0,75 mils) Nickel oder Kupfer (Gesamtdurchmes-

ser = 76 μm ($1,5 + 2 \times 0,75 = 3$ mils)) plattiert. Das resultierende zusammengesetzte Verbindungselement weist eine Federkonstante (k) von ungefähr 0,08–0,12 g/ μm (2–3 Gramm/mil) auf und ist im Zusammenhang mit einem Federelement zum Montieren an einem Halbleiterbauelement nützlich.

[0113] Wie nachstehend genauer erläutert wird, muss der Kern keinen runden Querschnitt aufweisen, sondern kann vielmehr eine flache Kontakt Nase (mit einem rechteckigen Querschnitt) sein, die sich von einer Fläche erstreckt. Es sollte selbstverständlich sein, dass, wie hierin verwendet, der Begriff "Kontakt-nase" (tab) nicht mit dem Begriff "TAB" (Automatik-filmbonden) zu verwechseln ist.

MEHRLAGIGE MÄNTEL

[0114] Fig. 2A stellt ein Ausführungsbeispiel **200** eines Verbindungselements **210** dar, das an einem elektronischen Bauteil **212** montiert ist, welches mit einem Anschluss **214** versehen ist. In diesem Beispiel ist ein weicher (z.B. Gold) Drahtkern **216** an einem Ende **216a** an den Anschluss **214** gebondet (an diesem befestigt), ist so gestaltet, dass er sich vom Anschluss erstreckt und eine Federform aufweist (vergleiche die in Fig. 1B gezeigte Form) und ist abgetrennt, so dass er ein freies Ende **216b** aufweist. Das Bonden, Formen und Abtrennen eines Drahts auf diese Weise wird unter Verwendung einer Drahtbondanlage durchgeführt. Die Bondstelle am Ende **216a** des Kerns bedeckt nur einen relativ kleinen Teil der freiliegenden Oberfläche des Anschlusses **214**.

[0115] Ein Mantel (Überzug) ist über dem Drahtkern **216** angeordnet, der in diesem Beispiel als mehrlagig mit einer inneren Schicht **218** und einer äußeren Schicht **220** gezeigt ist, von denen beide Schichten geeigneterweise durch Plattierungsprozesse aufgebracht werden können. Eine oder mehrere Schichten des mehrlagigen Mantels wird (werden) aus einem harten Material (wie z.B. Nickel und seinen Legierungen) ausgebildet, um dem Verbindungselement **210** eine gewünschte Elastizität zu verleihen. Die äußere Schicht **220** kann beispielsweise aus einem harten Material bestehen und die innere Schicht kann aus einem Material bestehen, das als Puffer- oder Sperrschicht (oder als Aktivierungsschicht oder als Klebeschicht) beim Plattieren des harten Materials **220** auf das Kernmaterial **216** wirkt. Alternativ kann die innere Schicht **218** das harte Material sein und die äußere Schicht **220** kann ein Material (wie z.B. weiches Gold) sein, das überlegene elektrische Eigenschaften, einschließlich elektrischer Leitfähigkeit und Lötbarkeit, aufweist. Wenn ein Kontakt vom Weichlöt- oder Hartlöttyp erwünscht ist, kann die äußere Schicht des Verbindungselements Blei-Zinn-Weichlöt- bzw. Gold-Zinn-Hartlötmaterial sein.

VERANKERUNG AN EINEM ANSCHLUSS

[0116] Fig. 2A stellt auf eine allgemeine Weise ein weiteres Schlüsselmerkmal der Erfindung dar – nämlich, dass das elastische Verbindungselement sicher an einem Anschluss an einem elektronischen Bauteil verankert werden kann. Das befestigte Ende **210a** des Verbindungselements wird infolge einer Druckkraft (Pfeil "F"), die auf das freie Ende **210b** des Verbindungselements aufgebracht wird, einer signifikanten mechanischen Spannung ausgesetzt.

[0117] Wie in Fig. 2A dargestellt, bedeckt der Überzug (**218**, **220**) nicht nur den Kern **216**, sondern auch die gesamte restliche (d.h. andere als die Bondstelle **216a**) freigelegte Oberfläche des Anschlusses **214** benachbart zum Kern **216** auf eine durchgehende (ununterbrochene) Weise. Dies verankert das Verbindungselement **210** sicher und zuverlässig am Anschluss, wobei das Überzugsmaterial einen wesentlichen (z.B. größer als 50%) Beitrag zur Verankerung des resultierenden Verbindungselements am Anschluss liefert. Im Allgemeinen ist es nur erforderlich, dass das Überzugsmaterial zumindest einen Teil des Anschlusses benachbart zum Kern bedeckt. Es ist jedoch im Allgemeinen bevorzugt, dass das Überzugsmaterial die gesamte restliche Oberfläche des Anschlusses bedeckt. Vorzugsweise ist jede Schicht des Mantels metallisch.

[0118] Als allgemeiner Vorschlag eignet sich die relativ kleine Fläche, an der der Kern am Anschluss befestigt (z.B. an diesem gebondet) ist, nicht gut zum Aufnehmen von Spannungen, die sich aus Kontaktkräften ("F") ergeben, die dem resultierenden zusammengesetzten Verbindungselement auferlegt werden. Dadurch, dass der Mantel die gesamte freiliegende Oberfläche des Anschlusses (im Gegensatz zur relativ kleinen Fläche, die die Befestigung des Kernendes **216a** am Anschluss umfasst) bedeckt, wird die gesamte Verbindungsstruktur fest am Anschluss verankert. Die Haftfestigkeit und die Fähigkeit des Überzugs, auf Kontaktkräfte zu reagieren, übersteigt weitaus jene des Kernendes (**216a**) selbst.

[0119] Wie hierin verwendet, umfasst der Begriff "elektronisches Bauteil" (z.B. **212**), ist jedoch nicht begrenzt auf: Verbindungs- und Zwischenschaltsubstrate; Halbleiterwafer und -chips, die aus einem beliebigen geeigneten Halbleitermaterial wie z.B. Silizium (Si) oder Gallium-Arsenid (GaAs) bestehen; Produktionsverbindungssockel; Testsockel; Opferbauelemente, -elemente und -substrate, wie in der Hauptakte beschrieben; Halbleitergehäuse, einschließlich Keramik- und Kunststoffgehäusen, und Chipträger; und Verbindungsstecker.

[0120] Das Verbindungselement der vorliegenden Erfindung eignet sich besonders gut zur Verwendung als:

- Verbindungselemente, die direkt an Siliziumchips montiert sind, wobei der Bedarf für ein Halbleitergehäuse beseitigt wird;
- Verbindungselemente, die sich als Sonden von Substraten (nachstehend genauer beschrieben) zum Prüfen von elektronischen Bauteilen erstrecken; und
- Verbindungselemente von Zwischenschalteneinrichtungen (nachstehend genauer erörtert).

[0121] Das Verbindungselement der vorliegenden Erfindung ist insofern einzigartig, als es von den mechanischen Eigenschaften (z.B. hohe Dehngrenze) eines harten Materials profitiert, ohne durch die zugehörige typischerweise schlechte Bondeigenschaft von harten Materialien begrenzt zu sein. Wie in der Hauptakte ausführlich behandelt, wird dies weitgehend durch die Tatsache möglich gemacht, dass der Mantel (Überzug) als "Überstruktur" über dem "Schalgerüst" des Kerns funktioniert, zwei Begriffe, die aus der Umgebung des Hoch- und Tiefbaus ausgeliehen sind. Dies ist sehr unterschiedlich zu plattierten Verbindungselementen des Standes der Technik, bei denen die Plattierung als Schutz- (z.B. Antikorrosions-) Beschichtung verwendet wird und im Allgemeinen nicht in der Lage ist, der Verbindungsstruktur die gewünschte mechanische Eigenschaft zu verleihen. Und dies steht sicher in merklichem Kontrast zu irgendwelchen nicht-metallischen Antikorrosionsbeschichtungen wie z.B. Benzotriazol (BTA), das auf elektrische Verbindungen aufgebracht wird.

[0122] Unter den zahlreichen Vorteilen der vorliegenden Erfindung sind, dass eine Vielzahl von freistehenden Verbindungsstrukturen auf Substraten von verschiedenen Ebenen derselben, wie z.B. einer PCB mit einem Entkopplungskondensator, leicht auf eine gemeinsame Höhe über dem Substrat ausgebildet werden, so dass ihre freien Enden miteinander koplanar sind. Außerdem werden sowohl die elektrischen als auch die mechanischen (z.B. plastischen und elastischen) Eigenschaften eines gemäß der Erfindung ausgebildeten Verbindungselements leicht für spezielle Anwendungen zugeschnitten. Es kann beispielsweise bei einer gegebenen Anwendung erwünscht sein, dass die Verbindungselemente sowohl eine plastische als auch elastische Verformung aufweisen. (Eine plastische Verformung kann erwünscht sein, um groben Nicht-Planaritäten in Bauteilen Rechnung zu tragen, die durch die Verbindungselemente miteinander verbunden sind.) Wenn elastisches Verhalten erwünscht ist, ist es erforderlich, dass das Verbindungselement einen minimalen Schwellenbetrag an Kontaktkraft erzeugt, um einen zuverlässigen Kontakt zu bewirken. Es ist auch vorteilhaft, dass die Spitze des Verbindungselements aufgrund der gelegentlichen Anwesenheit von Verunreinigungsfilmen auf den Kontaktflächen einen Schleifkontakt mit einem Anschluss eines elektronischen Bauteils herstellt.

[0123] Wie hierin verwendet, impliziert der Begriff "elastisch", wie auf Kontaktstrukturen angewendet, Kontaktstrukturen (Verbindungselemente), die hauptsächlich elastisches Verhalten als Reaktion auf eine aufgebrachte Last (Kontaktkraft) zeigen, und der Begriff "nachgiebig" impliziert Kontaktstrukturen (Verbindungselemente), die sowohl elastisches als auch plastisches Verhalten als Reaktion auf eine aufgebrachte Last (Kontaktkraft) zeigen. Wie hierin verwendet, ist eine "nachgiebige" Kontaktstruktur eine "elastische" Kontaktstruktur. Die zusammengesetzten Verbindungselemente der vorliegenden Erfindung sind ein Spezialfall von entweder nachgiebigen oder elastischen Kontaktstrukturen.

[0124] Eine Anzahl von Merkmalen sind in der Hauptakte im einzelnen ausgeführt, einschließlich jedoch nicht begrenzt auf: Herstellung der Verbindungselemente auf Opfersubstraten; Simultanüberführung einer Vielzahl von Verbindungselementen zu einem elektronischen Bauteil; Versehen der Verbindungselemente mit Kontaktspitzen, vorzugsweise mit einer rauen Oberflächengüte; Verwenden der Verbindungselemente an einem elektronischen Bauteil, um vorübergehende, dann dauerhafte Verbindungen mit dem elektronischen Bauteil herzustellen; Anordnen der Verbindungselemente so, dass sie einen anderen Abstand an ihren einen Enden als an ihren entgegengesetzten Enden aufweisen; Herstellen von Federklemmen und Ausrichtungsstiften in denselben Prozessschritten wie der Herstellung der Verbindungselemente; Verwenden der Verbindungselemente, um Unterschiede der Wärmeausdehnung zwischen verbundenen Bauteilen Rechnung zu tragen; Beseitigen des Bedarfs für diskrete Halbleitergehäuse (wie z.B. für SIMMs); und wahlweise Weichlöten von elastischen Verbindungselementen (elastischen Kontaktstrukturen).

Gesteuerte Impedanz

[0125] Fig. 2B zeigt ein zusammengesetztes Verbindungselement **220** mit mehreren Schichten. Ein innerster Teil (inneres längliches leitendes Element) **222** des Verbindungselements **220** ist entweder ein unbeschichteter Kern oder ein Kern, der überzogen wurde, wie vorstehend beschrieben. Die Spitze **222b** des innersten Teils **222** ist mit einem geeigneten Maskierungsmaterial (nicht dargestellt) maskiert. Eine dielektrische Schicht **224** ist über den innersten Teil **222** wie z.B. durch einen elektrophoretischen Prozess aufgebracht. Eine äußere Schicht **226** aus einem leitenden Material ist über der dielektrischen Schicht **224** aufgebracht.

[0126] Bei der Verwendung führt das elektrische Erden der äußeren Schicht **226** dazu, dass das Verbindungselement **220** eine gesteuerte Impedanz aufweist. Ein beispielhaftes Material für die dielektrische Schicht **224** ist ein Polymermaterial, das auf eine be-

liebige geeignete Weise und mit einer beliebigen geeigneten Dicke, 2,54 – 76 µm (z.B. 0,1 – 3,0 mils), aufgebracht wird.

[0127] Die äußere Schicht **226** kann mehrlagig sein. In Fällen, in denen der innerste Teil **222** beispielsweise ein unbeschichteter Kern ist, ist mindestens eine Schicht der äußeren Schicht **226** ein Federmaterial, wenn es erwünscht ist, dass das gesamte Verbindungselement Elastizität aufweist.

ÄNDERUNG DES RASTERMAßES

[0128] Fig. 2C stellt ein Ausführungsbeispiel **250** dar, bei dem eine Vielzahl (sechs von vielen dargestellt) von Verbindungselementen **251..256** an einer Oberfläche eines elektronischen Bauteils **260** wie z.B. eines Nadelkarteneinsatzes (einer Unterbaugruppe, die auf eine herkömmliche Weise an einer Nadelkarte montiert ist) montiert sind. Die Anschlüsse und Leiterbahnen des Nadelkarteneinsatzes sind aus dieser Ansicht für die Darstellungsklarheit weggelassen. Die befestigten Enden **251a..256a** der Verbindungselemente **251..256** entspringen mit einem ersten Rastermaß (Abstand) wie z.B. 0,127–0,254 cm (0,05 – 0,10 Inch). Die Verbindungselemente **251..256** sind so geformt und/oder orientiert, dass ihre freien Enden (Spitzen) in einem zweiten, feineren Rastermaß, wie z.B. 127 – 254 µm (0,005 – 0,010 Inch), liegen. Eine Verbindungsanordnung, die Verbindungen von einem Rastermaß zu einem anderen Rastermaß herstellt, wird typischerweise als "Raumtransformator" bezeichnet.

[0129] Wie dargestellt, sind die Spitzen **251b..256b** der Verbindungselemente in zwei parallelen Reihen angeordnet, wie z.B. zur Herstellung eines Kontakts mit (zum Testen und/oder Voraltern eines) einem Halbleiterbauelement mit zwei parallelen Reihen von Bondkontaktstellen (Kontaktpunkten). Die Verbindungselemente können so angeordnet werden, dass sie andere Spitzenmuster aufweisen, um einen Kontakt mit elektronischen Bauteilen mit anderen Kontaktpunktmustern wie z.B. Matrizes herzustellen.

[0130] Obwohl in den gesamten hierin offenbarten Ausführungsbeispielen nur ein Verbindungselement gezeigt sein kann, ist die Erfindung im Allgemeinen auf die Herstellung einer Vielzahl von Verbindungskomponenten und die Anordnung der Vielzahl von Verbindungselementen in einer vorgeschriebenen räumlichen Beziehung zueinander, wie z.B. in einem Umfangsmuster oder in einem Muster einer rechteckigen Matrix, anwendbar.

VERWENDUNG VON OPFERSUBSTRATEN

[0131] Die Montage von Verbindungselementen direkt an Anschlüssen von elektronischen Bauteilen wurde vorstehend erörtert. Im Allgemeinen können

die Verbindungselemente der vorliegenden Erfindung auf einer beliebigen geeigneten Oberfläche eines beliebigen geeigneten Substrats, einschließlich Opfersubstraten, hergestellt oder an dieser montiert werden.

[0132] Die Aufmerksamkeit wird auf die HAUPTAKTE gerichtet, die beispielsweise bezüglich der Figuren 11A–11F die Herstellung einer Vielzahl von Verbindungsstrukturen (z.B. elastischen Kontaktstrukturen) als separate und unterschiedliche Strukturen für die anschließende Montage an elektronischen Bauteilen beschreibt und die bezüglich der Figuren 12A–12C die Montage einer Vielzahl von Verbindungselementen an einem Opfersubstrat (Träger), dann die Überführung der Vielzahl von Verbindungselementen massenweise zu einem elektronischen Bauteil beschreibt.

[0133] Fig. 2D–2F stellen ein Verfahren zur Herstellung einer Vielzahl von Verbindungselementen mit vorgeformten Spitzenstrukturen unter Verwendung eines Opfersubstrats dar.

[0134] Fig. 2D stellt einen ersten Schritt des Verfahrens **250** dar, in dem eine strukturierte Schicht aus Maskierungsmaterial **252** auf eine Oberfläche eines Opfersubstrats **254** aufgebracht wird. Das Opfersubstrat **254** kann als Beispiel aus einer dünnen (1–10 mil) Kupfer- oder Aluminiumfolie bestehen und das Maskierungsmaterial **252** kann üblicher Photoresist sein. Die Maskierungsschicht **252** wird so strukturiert, dass sie eine Vielzahl (drei von vielen dargestellt) von Öffnungen an den Stellen **256a, 256b, 256c** aufweist, an denen es erwünscht ist, Verbindungselemente herzustellen. Die Stellen **256a, 256b** und **256c** sind in dieser Hinsicht mit den Anschlüssen eines elektronischen Bauteils vergleichbar. Die Stellen **256a, 256b** und **256c** werden vorzugsweise in dieser Stufe behandelt, damit sie eine raue oder mit Strukturen versehene Oberflächentextur aufweisen. Wie gezeigt, kann dies mechanisch mit einem Prägewerkzeug **257** durchgeführt werden, das in der Folie **254** an den Stellen **256a, 256b** und **256c** Vertiefungen ausbildet. Alternativ kann die Oberfläche der Folie an diesen Stellen chemisch geätzt werden, so dass sie eine Oberflächentextur aufweist. Ein beliebiges Verfahren, das sich zum Bewirken dieses allgemeinen Zwecks eignet, liegt innerhalb des Schutzbereichs dieser Erfindung, beispielsweise Sandstrahlen, Kugelstrahlen und dergleichen.

[0135] Als nächstes werden eine Vielzahl (eine von vielen dargestellt) von leitenden Spitzenstrukturen **258** an jeder Stelle (z.B. **256b**) ausgebildet, wie durch Fig. 2E dargestellt. Dies kann unter Verwendung eines beliebigen geeigneten Verfahrens wie z.B. Elektroplattieren durchgeführt werden und kann Spitzenstrukturen mit mehreren Materialschichten umfassen. Die Spitzenstruktur **258** kann beispielsweise

eine dünne (z.B. 0,254–2,54 µm (10 – 100 Mikroiinch)) Sperrschicht aus Nickel aufweisen, die auf das Opfersubstrat aufgebracht wird, gefolgt von einer dünnen (z.B. 0,254 µm (10 Mikroiinch)) Schicht aus weichem Gold, gefolgt von einer dünnen (z.B. 0,508 µm (20 Mikroiinch)) Schicht aus hartem Gold, gefolgt von einer relativ dicken (z.B. 5,08 µm (200 Mikroiinch)) Schicht aus Nickel, gefolgt von einer dünnen (z.B. 2,54 µm (100 Mikroiinch)) Endschicht aus weichem Gold. Im Allgemeinen wird die erste dünne Sperrschicht aus Nickel bereitgestellt, um die anschließende Schicht aus Gold davor zu schützen, dass sie durch das Material (z.B. Aluminium, Kupfer) des Substrats **254** "vergiftet" wird, die relativ dicke Schicht aus Nickel soll der Spitzenstruktur Festigkeit verleihen und die dünne Endschicht aus weichem Gold sieht eine Oberfläche vor, an die leicht gebondet wird. Die Erfindung ist nicht auf irgendwelche Besonderheiten dessen begrenzt, wie die Spitzenstrukturen auf dem Opfersubstrat ausgebildet werden, da diese Besonderheiten von Anwendung zu Anwendung unvermeidlich variieren würden.

[0136] Wie durch **Fig. 2E** dargestellt, können eine Vielzahl (einer von vielen dargestellt) von Kernen **260** für Verbindungselemente an den Spitzenstrukturen **258**, wie z.B. durch ein beliebiges der Verfahren zum Bonden eines weichen Drahtkerns an einen Anschluss eines elektronischen Bauteils, die vorstehend beschrieben wurden, ausgebildet werden. Die Kerne **260** werden dann mit einem vorzugsweise harten Material **262** auf die vorstehend beschriebene Weise überzogen und das Maskierungsmaterial **252** wird dann entfernt, was zu einer Vielzahl (drei von vielen dargestellt) von freistehenden Verbindungselementen **264**, die an einer Oberfläche des Opfersubstrats montiert sind, wie durch **Fig. 2F** dargestellt, führt.

[0137] Auf eine Weise analog zum Überzugsmaterial, das zumindest den benachbarten Bereich eines Anschlusses (**214**) bedeckt, was mit Bezug auf **Fig. 2A** beschrieben wurde, verankert das Überzugsmaterial **262** die Kerne **260** fest an ihren jeweiligen Spitzenstrukturen **258** und verleiht, falls erwünscht, den resultierenden Verbindungselementen **264** elastische Eigenschaften. Wie in der HAUPTAKTE angegeben, kann die Vielzahl von am Opfersubstrat montierten Verbindungselementen zu den Anschlüssen eines elektronischen Bauteils simultanüberführt werden. Alternativ können zwei weit auseinandergehende Wege genommen werden.

[0138] Es liegt innerhalb des Schutzbereichs dieser Erfindung, dass ein Siliziumwafer als Opfersubstrat verwendet werden kann, auf dem die Spitzenstrukturen hergestellt werden, und dass so hergestellte Spitzenstrukturen mit elastischen Kontaktstrukturen, die bereits an einem elektronischen Bauteil montiert wurden, verbunden (z.B. weichgelötet, hartgelötet) wer-

den können. Die weitere Erörterung dieser Verfahren ist in den **Fig. 8A–8E** nachstehend zu finden.

[0139] Wie durch **Fig. 2G** dargestellt, kann das Opfersubstrat **254** einfach durch einen beliebigen geeigneten Prozess wie z.B. selektives chemisches Ätzen entfernt werden. Da die meisten selektiven chemischen Ätzprozesse ein Material mit einer viel größeren Rate ätzen als ein anderes Material und das andere Material in dem Prozess geringfügig geätzt werden kann, wird dieses Phänomen vorteilhaft verwendet, um die dünne Sperrschicht aus Nickel in der Spitzenstruktur gleichzeitig mit der Entfernung des Opfersubstrats zu entfernen. Wenn es jedoch erforderlich ist, kann die dünne Nickelsperrschicht in einem anschließenden Ätzschritt entfernt werden. Dies führt zu einer Vielzahl (drei von vielen gezeigt) von einzelnen, diskreten, vereinzeltten Verbindungselementen **264**, wie durch die gestrichelte Linie **266** angegeben, die später an Anschlüssen an elektronischen Bauteilen montiert (wie z.B. durch Weichlöten oder Hartlöten) werden können.

[0140] Es ist erwähnenswert, dass das Überzugsmaterial in dem Prozess der Entfernung des Opfersubstrats und/oder der dünnen Sperrschicht auch geringfügig verdünnt werden kann.

[0141] Es ist jedoch bevorzugt, dass dies nicht geschieht.

[0142] Um die Verdünnung des Überzugs zu verhindern, ist es bevorzugt, dass eine dünne Schicht aus Gold oder beispielsweise ungefähr 10 Mikroiinch weiches Gold, das über ungefähr 20 Mikroiinch hartes Gold aufgebracht wird, als Endschicht über das Überzugsmaterial **262** aufgebracht wird. Eine solche äußere Schicht aus Gold ist hauptsächlich wegen ihrer überlegenen Leitfähigkeit, ihres überlegenen Kontaktwiderstandes und ihrer überlegenen Lötbarkeit vorgesehen und ist im Allgemeinen für die meisten Ätzlösungen, deren Verwendung zum Entfernen der dünnen Sperrschicht und des Opfersubstrats in Betracht gezogen wird, sehr undurchlässig.

[0143] Alternativ, wie durch **Fig. 2H** dargestellt, können vor dem Entfernen des Opfersubstrats **254** die Vielzahl (drei von vielen gezeigt) von Verbindungselementen **264** in einer gewünschten räumlichen Beziehung zueinander durch eine beliebige geeignete Trägerstruktur **266** wie z.B. durch eine dünne Platte mit einer Vielzahl von Löchern darin "befestigt" werden, woraufhin das Opfersubstrat entfernt wird. Die Trägerstruktur **266** kann aus einem dielektrischen Material oder aus einem leitenden Material, das mit einem dielektrischen Material überzogen ist, bestehen. Weitere Bearbeitungsschritte (nicht dargestellt), wie z.B. Montieren der Vielzahl von Verbindungselementen an einem elektronischen Bauteil wie z.B. einem Siliziumwafer oder einer Leiterplatte, können

dann vor sich gehen. Außerdem kann es in einigen Anwendungen erwünscht sein, die Spitzen (entgegengesetzt zu den Spitzenstrukturen) der Verbindungselemente **264** gegen eine Bewegung zu stabilisieren, insbesondere wenn Kontaktkräfte auf diese aufgebracht werden. Dazu kann es auch erwünscht sein, die Bewegung der Spitzen der Verbindungselemente mit einer geeigneten Platte **268** mit einer Vielzahl von Löchern, wie z.B. einem aus dielektrischem Material bestehenden Netz, einzuschränken.

[0144] Ein deutlicher Vorteil des vorstehend beschriebenen Verfahrens **250** besteht darin, dass die Spitzenstrukturen (**258**) aus theoretisch jeglichem gewünschten Material und mit theoretisch jeglicher gewünschter Textur ausgebildet werden können. Wie vorstehend erwähnt, ist Gold ein Beispiel eines Edelmetalls, das ausgezeichnete elektrische Eigenschaften von elektrischer Leitfähigkeit, niedrigem Kontaktwiderstand, Lötbarkeit und Korrosionsbeständigkeit aufweist. Da Gold auch kaltverformbar ist, ist es als Endüberzug, der über irgendwelche der hierin beschriebenen Verbindungselemente aufgebracht wird, insbesondere die hierin beschriebenen elastischen Verbindungselemente, äußerst gut geeignet. Andere Edelmetalle weisen ähnliche wünschenswerte Eigenschaften auf. Bestimmte Materialien, wie z.B. Rhodium, die solche ausgezeichneten elektrischen Eigenschaften aufweisen, wären jedoch im Allgemeinen für das Überziehen eines ganzen Verbindungselements ungeeignet. Rhodium ist beispielsweise erheblich brüchig und würde als Endüberzug auf einem elastischen Verbindungselement nicht gut arbeiten. In dieser Hinsicht beseitigen Verfahren, die durch das Verfahren **250** veranschaulicht werden, leicht diese Begrenzung. Die erste Schicht einer mehrlagigen Spitzenstruktur (siehe **258**) kann beispielsweise Rhodium (anstatt Gold, wie vorstehend beschrieben) sein, wodurch seine überlegenen elektrischen Eigenschaften für die Herstellung eines Kontakts mit elektronischen Bauteilen ausgenutzt werden, ohne überhaupt irgendeine Auswirkung auf das mechanische Verhalten des resultierenden Verbindungselements zu haben.

[0145] Fig. 2I stellt ein alternatives Ausführungsbeispiel **270** zur Herstellung von Verbindungselementen dar. In diesem Ausführungsbeispiel wird ein Maskierungsmaterial **272** auf die Oberfläche eines Opfersubstrats **274** aufgebracht und wird so strukturiert, dass es eine Vielzahl (eine von vielen dargestellt) von Öffnungen **276** aufweist, auf eine Weise ähnlich zum vorstehend mit Bezug auf Fig. 2D beschriebenen Verfahren. Die Öffnungen **276** legen Bereiche fest, in denen Verbindungselemente als freistehende Strukturen hergestellt werden. (Wie in den gesamten hierin dargelegten Beschreibungen verwendet, ist ein Verbindungselement "freistehend", wenn ein Ende desselben an einen Anschluss eines elektronischen Bauteils oder an eine Fläche eines Opfersubstrats

gebondet ist und das entgegengesetzte Ende des Verbindungselements nicht an das elektronische Bauteil oder Opfersubstrat gebondet ist.)

[0146] Die Fläche innerhalb der Öffnung kann auf eine beliebige geeignete Weise texturiert sein, so dass sie eine oder mehrere Vertiefungen aufweist, wie durch die einzelne Vertiefung **278** gezeigt, die sich in die Oberfläche des Opfersubstrats **274** erstreckt.

[0147] Ein Kern (Drahtschaft) **280** wird an die Oberfläche des Opfersubstrats innerhalb der Öffnung **276** gebondet und kann eine beliebige geeignete Form aufweisen. In dieser Darstellung ist nur ein Ende eines Verbindungselements für die Darstellungsklarheit gezeigt. Das andere Ende (nicht dargestellt) kann an einem elektronischen Bauteil befestigt sein. Es kann nun leicht beobachtet werden, dass sich das Verfahren **270** vom vorstehend erwähnten Verfahren **250** insofern unterscheidet, als der Kern **280** vielmehr direkt an das Opfersubstrat **274** als an eine Spitzenstruktur **258** gebondet wird. Als Beispiel wird ein Golddrahtkern (**280**) leicht unter Verwendung von herkömmlichen Drahtbondverfahren an die Oberfläche eines Aluminiumsubstrats (**274**) gebondet.

[0148] In einem nächsten Schritt des Prozesses (**270**) wird eine Schicht **282** aus Gold über den Kern **280** und auf die freigelegte Fläche des Substrats **274** innerhalb der Öffnung **276**, einschließlich innerhalb der Vertiefung **278**, (z.B. durch Plattieren) aufgebracht. Der Hauptzweck dieser Schicht **282** besteht darin, eine Kontaktfläche am Ende des resultierenden Verbindungselements (d.h. sobald das Opfersubstrat entfernt ist) auszubilden.

[0149] Als nächstes wird eine Schicht **284** aus relativ hartem Material, wie z.B. Nickel, über der Schicht **282** aufgebracht. Wie vorstehend erwähnt, besteht ein Hauptzweck dieser Schicht **284** darin, dem resultierenden zusammengesetzten Verbindungselement gewünschte mechanische Eigenschaften (z.B. Elastizität) zu verleihen. In diesem Ausführungsbeispiel besteht ein weiterer Hauptzweck der Schicht **284** darin, die Haltbarkeit der am unteren (wie gesehen) Ende des resultierenden Verbindungselements hergestellten Kontaktfläche zu verbessern. Eine Endschicht aus Gold (nicht dargestellt) kann über der Schicht **284** aufgebracht werden, um die elektrischen Eigenschaften des resultierenden Verbindungselements zu verbessern.

[0150] In einem Endschrift werden das Maskierungsmaterial **272** und das Opfersubstrat **274** entfernt, was entweder zu einer Vielzahl von vereinzelten Verbindungselementen (vergleiche Fig. 2G) oder zu einer Vielzahl von Verbindungselementen mit einer vorbestimmten räumlichen Beziehung zueinander (vergleiche Fig. 2H) führt.

[0151] Dieses Ausführungsbeispiel **270** ist für ein Verfahren zur Herstellung von texturierten Kontaktspitzen an den Enden von Verbindungselementen beispielhaft. In diesem Fall wurde ein ausgezeichnetes Beispiel für eine Kontaktspitze mit "Gold über Nickel" beschrieben. Es liegt jedoch innerhalb des Schutzbereichs der Erfindung, dass andere analoge Kontaktspitzen an den Enden von Verbindungselementen gemäß den hierin beschriebenen Verfahren hergestellt werden könnten. Ein weiteres Merkmal dieses Ausführungsbeispiels **270** besteht darin, dass die Kontaktspitzen vielmehr vollständig auf dem Opfersubstrat (**274**) als innerhalb der Oberfläche des Opfersubstrats (**254**), wie durch das vorherige Ausführungsbeispiel **250** in Erwägung gezogen, konstruiert werden.

ZWISCHENSCHALTEINRICHTUNGEN, ALLGEMEIN

[0152] Die vorstehend beschriebenen Verfahren legen im Allgemeinen ein neues Verfahren zur Herstellung von zusammengesetzten Verbindungselementen dar, deren physikalische Eigenschaften leicht so zugeschnitten werden, dass sie einen gewünschten Grad an Elastizität aufweisen.

[0153] Im Allgemeinen werden die zusammengesetzten Verbindungselemente der vorliegenden Erfindung leicht an einem Substrat montiert (oder auf diesem hergestellt), welches als Zwischenschalteinrichtung funktioniert, die zwischen zwei elektronischen Bauteilen angeordnet wird und diese miteinander verbindet, wobei eines der zwei elektronischen Bauteile auf jeder Seite der Zwischenschalteinrichtung angeordnet wird. Die Herstellung und Verwendung der zusammengesetzten Verbindungselemente in Zwischenschalteinrichtungen ist in der vorstehend erwähnten, im gemeinsamen Besitz stehenden, gleichzeitig anhängigen US-Patentanmeldung Nr. 08/526 426 im einzelnen erörtert.

[0154] Die vorstehend beschriebenen Verfahren legen im Allgemeinen ein neues Verfahren zur Herstellung von zusammengesetzten Verbindungselementen, deren physikalische Eigenschaften leicht so zugeschnitten werden, dass sie einen gewünschten Grad an Elastizität aufweisen, und die Fähigkeit zur Herstellung von Zwischenschalteinrichtungen unter Verwendung solcher zusammengesetzter Verbindungselemente dar.

[0155] Im Allgemeinen werden die zusammengesetzten Verbindungselemente der vorliegenden Erfindung auf eine Weise, in der die Spitzen der Verbindungselemente so angeordnet werden, dass sie mit ausgewählten Bereichen (z.B. Bondkontaktstellen) von Halbleiterbauelementen einen Kontakt herstellen, leicht an einem Substrat montiert (oder auf diesem hergestellt).

[0156] Die HAUPTAKTE offenbart verschiedene Verfahren zur Sondenprüfung von Halbleiterbauelementen.

[0157] Der Grund für die Verwendung der Verbindungselemente der Erfindung in Zwischenschalteinrichtungen wurde vorstehend erwähnt. Wie hierin verwendet, ist eine "Zwischenschalteinrichtung" im Allgemeinen ein Substrat mit Kontakten auf zwei entgegengesetzten Oberflächen desselben, das zwischen zwei elektronischen Bauteilen angeordnet wird, um die zwei elektronischen Bauteile miteinander zu verbinden. Häufig ist es erwünscht, dass die Zwischenschalteinrichtung ermöglicht, dass mindestens eines der zwei miteinander verbundenen elektronischen Bauteile entfernt wird (z.B. zum Austausch, Aufrüsten und dergleichen).

ZWISCHENSCHALTEINRICHTUNGS-AUSFÜHRUNGSBEISPIEL #1

[0158] Fig. 3A stellt ein Ausführungsbeispiel **300** einer Zwischenschalteinrichtung unter Verwendung der Verbindungselemente der Erfindung dar. Im Allgemeinen ist ein Isolationssubstrat **302** wie z.B. ein Substrat vom PCB-Typ mit einer Vielzahl (zwei von vielen dargestellt) von elektrisch leitenden Durchgangslöchern (z.B. plattierten Kontaktlöchern) **306**, **308** oder dergleichen versehen, die jeweils leitende Teile aufweisen, die auf der oberen (oberen) **302a** und unteren (unteren) **302b** Oberfläche des Isolationssubstrats **302** freiliegen.

[0159] Ein Paar von weichen Kernen **311** und **312** werden am freigelegten Teil des Durchgangslochs **306** auf der oberen Oberfläche **302a** des Substrats **302** befestigt. Ein Paar von weichen Kernen **313** und **314** werden am freigelegten Teil des Durchgangslochs **306** auf der unteren Oberfläche des Substrats **302** befestigt. Ebenso werden ein Paar von weichen Kernen **315** und **316** am freigelegten Teil des Durchgangslochs **308** auf der oberen Oberfläche des Substrats **302** befestigt und ein Paar von weichen Kernen **317** und **318** werden am freigelegten Teil des Durchgangslochs **308** auf der unteren Oberfläche des Substrats **302** befestigt. Die Kerne **311**..**318** werden dann mit einem harten Material **320** überzogen, um Verbindungsstrukturen **322** und **324** auf der oberen Oberfläche **302a** des Substrats **302** auszubilden und Verbindungsstrukturen **326** und **328** auf der unteren Oberfläche **302b** des Substrats **302** auszubilden. Auf diese Weise werden die einzelnen Kerne **311**..**318** sicher an den jeweiligen freigelegten Teilen der Durchgangslöcher verankert, die Verbindungsstruktur **322** wird mit der Verbindungsstruktur **326** elektrisch verbunden und die Verbindungsstruktur **324** wird mit der Verbindungsstruktur **328** elektrisch verbunden. Es ist selbstverständlich, dass durch Vorsehen jeder Verbindungsstruktur (z.B. **322**) als Paar von Verbindungselementen (z.B. **311**, **312**) mehr zuverlässige

Verbindungen mit externen Bauteilen (nicht dargestellt) bewirkt werden (d.h. als mit einzelnen Verbindungselementen).

[0160] Wie gezeigt ist, ist die obere Gruppe von Verbindungselementen **311**, **312**, **315** und **316** alle mit derselben Form ausgebildet und die untere Gruppe von Verbindungselementen weisen alle dieselbe Form auf. Es sollte selbstverständlich sein, dass die untere Gruppe von Verbindungselementen mit einer Form versehen werden kann, die anders ist als die der oberen Gruppe von Verbindungselementen, die die Gelegenheit vorsehen würde, Verbindungsstrukturen, die sich von der oberen Oberfläche des Isolationssubstrats erstrecken, mit von den Verbindungsstrukturen, die sich von der unteren Oberfläche des Substrats erstrecken, verschiedenen mechanischen Eigenschaften zu erzeugen.

ZWISCHENSCHALTEINRICHTUNGS-AUSFÜHRUNGSBEISPIEL #2

[0161] Fig. 3B stellt ein weiteres Ausführungsbeispiel **330** einer Zwischenschalteinrichtung unter Verwendung der Verbindungselemente der Erfindung dar. In diesem Ausführungsbeispiel werden eine Vielzahl (eines von vielen gezeigt) von Verbindungselementen **332** in einem gewünschten Muster (z.B. einer Matrix) auf einem Opfersubstrat (nicht dargestellt) hergestellt. Ein Trägersubstrat **334** wird mit einer gleichen Anzahl von Löchern **336** in einem entsprechenden Muster versehen. Das Trägersubstrat **334** wird über den Verbindungselementen **332** so angeordnet, dass sich die Verbindungselemente **332** durch die Löcher **336** erstrecken. Die Verbindungselemente **332** werden innerhalb des Trägersubstrats durch ein geeignetes Material **338** (wie z.B. ein Elastomer), das die Löcher **336** füllt, locker gehalten und erstrecken sich sowohl von der oberen als auch der unteren Oberfläche des Trägersubstrats. Das Opfersubstrat wird dann entfernt. Offensichtlich kann das Trägersubstrat **334** (vergleiche **266**) einfach auf eine Vielzahl von Verbindungselementen (vergleiche **264**) "fallen gelassen" werden, welche an einem Opfersubstrat (**254**) in dem Prozess der Herstellung dieser Zwischenschalteinrichtungsanordnung montiert werden.

ZWISCHENSCHALTEINRICHTUNGS-AUSFÜHRUNGSBEISPIEL #3

[0162] Fig. 3C stellt ein weiteres Ausführungsbeispiel **360** einer Zwischenschalteinrichtung unter Verwendung der Verbindungselemente der Erfindung dar. Dieses Ausführungsbeispiel **360** ist zum vorher beschriebenen Ausführungsbeispiel **330** ähnlich, mit der Ausnahme, dass die Verbindungsstruktur **362** (vergleiche **332**) innerhalb der Löcher **366** (vergleiche **336**) des Trägersubstrats **364** (vergleiche **334**) durch Weichlötens der mittleren Teile der Verbindungsstrukturen **362** an die Plattierung **368** an den Durchgangslöchern **366** des Trägersubstrats abgestützt ist. Wiederum kann das Trägersubstrat **364** (vergleiche **266**) einfach auf eine Vielzahl von Verbindungselementen (vergleiche **264**) "fallen gelassen" werden, welche an einem Opfersubstrat (**254**) im Prozess der Herstellung dieser Zwischenschalteinrichtungsanordnung montiert werden.

[0163] Die Fig. 3B und 3C stellen die Tatsache dar, dass ein einzelnes Verbindungselement (**332**, **362**) verwendet werden kann, um eine einzelne Verbindung mit jeweiligen Anschlüssen von zwei elektronischen Bauteilen zu bewirken. Es sollte selbstverständlich sein und es liegt innerhalb des Schutzbereichs dieser Erfindung, dass ein beliebiges leitendes Element anstelle des Verbindungselements der vorliegenden Erfindung verwendet werden könnte, wie durch die Fig. 3B und 3C dargestellt.

[0164] Es sollte selbstverständlich sein, dass in den Zwischenschalteinrichtungs-Ausführungsbeispielen der Fig. 3A, 3B und 3C elektronische Bauteile (nicht dargestellt) auf beiden Seiten der Zwischenschalteinrichtung (**300**, **330**, **360**) angeordnet werden würden, damit die Zwischenschalteinrichtung zwischen deren Anschlüssen (nicht dargestellt) eine elektrische Verbindung herstellt.

AUSBILDEN VON VERBINDUNGSELEMENTEN AUS BLECHEN

[0165] Die vorstehende Erörterung hat sich hauptsächlich auf das Ausbilden von Verbindungselementen aus weichen Drahtkernen, die geformt und mit einem harten Material überzogen werden, konzentriert. Die vorliegende Erfindung ist auch auf das Ausbilden von Verbindungselementen anwendbar, die aus weichen Metallblechen ausgebildet werden, die (wie z.B. durch Prägen oder Ätzen) zu flachen, länglichen Elementen (Kontaktnasen, Bändern) strukturiert werden und mit einem harten Material überzogen werden. Dieser Gegenstand ist in der vorstehend erwähnten US-Patentanmeldung Nr. 08/526 246 ausgeführt.

RAUMTRANSFORMATOR

[0166] Die unmittelbar vorstehend dargelegten Fig. 3A–3C beschreiben Zwischenschalteinrichtungen und Verfahren zur Herstellung derselben, wie sie auf die vorliegende Erfindung anwendbar (für diese geeignet) sind. Obwohl die zusammengesetzten Verbindungselemente der vorliegenden Erfindung im großen und ganzen erörtert wurden, sollte es klar verständlich sein, dass ein beliebiges elastisches Verbindungselement (Feder) verwendet werden kann, einschließlich Federstrukturen, die aus monolithischen Materialien bestehen, die von Natur aus federnd sind und aus Phosphorbronze und Berylliumkupfer bestehen.

[0167] "Raumtransformation" (manchmal als "Rastermaßausbreitung" bezeichnet) ist ein wichtiges Konzept, das auf die vorliegende Erfindung anwendbar ist. Einfach ausgedrückt, ist es wichtig, dass die Spitzen der elastischen Kontaktstrukturen enger voneinander beabstandet sind (relativ feines Rastermaß) als Verbindungen mit ihren Basen. Wie in vorstehend erörterter Fig. 2C dargestellt, kann dies durch Formen und Orientieren der einzelnen Federelemente (251..256) so, dass sie aufeinander zulaufen, durchgeführt werden, was zu einer Tendenz führt, dass die einzelnen elastischen Kontaktstrukturen verschiedene Längen aufweisen. Im Allgemeinen ist es im Zusammenhang mit einer Nadelkartenanordnung sehr wichtig, dass alle Sonderelemente (elastischen Kontaktstrukturen) dieselbe Länge zueinander aufweisen, um eine Konstanz in der Vielzahl von beteiligten Signalwegen sicherzustellen.

[0168] Fig. 4 stellt eine beispielhafte Konstruktion eines erfindungsgemäßen Raumtransformators 400 dar, wobei die gewünschte Raumtransformation vielmehr durch das Substrat 402 des Raumtransformators als durch das Formen der einzelnen elastischen Kontaktstrukturen (nicht dargestellt), die an diesem befestigt sind, durchgeführt wird.

[0169] Das Raumtransformatorsubstrat 402 weist eine obere (wie gesehen) Oberfläche 402a und eine untere (wie gesehen) Oberfläche 402b auf und ist vorzugsweise als mehrlagiges Bauteil mit abwechselnden Schichten aus Isolationsmaterial (z.B. Keramik) und leitendem Material ausgebildet. In diesem Beispiel ist eine Verdrahtungsschicht als mit zwei (von vielen) Leiterbahnen 404a und 404b dargestellt.

[0170] Eine Vielzahl (zwei von vielen gezeigt) von Anschlüssen 406a und 406b sind auf der oberen Oberfläche 402a des Raumtransformatorsubstrats 402 in einem relativ feinen Rastermaß (relativ eng zueinander) angeordnet. Eine Vielzahl (zwei von vielen gezeigt) von Anschlüssen 408a und 408b sind auf der unteren Oberfläche 402b des Raumtransformatorsubstrats 402 in einem relativ groben Rastermaß (relativ zu den Anschlüssen 406a und 406b weiter voneinander entfernt) angeordnet. Die unteren Anschlüsse 408a und 408b können beispielsweise in einem Rastermaß von 1270 – 2540 µm (50–100 mil) (vergleichbar zu Rastermaßeinschränkungen von Leiterplatten) angeordnet sein und die oberen Anschlüsse 406a und 406b können als Rastermaß von 127–254 µm (5–10 mil) (vergleichbar zum Abstand von Halbleiterchip-Bondkontaktstellen von Mitte zu Mitte) angeordnet sein, was eine Rastermaßtransformation von 10:1 ergibt. Die oberen Anschlüsse 406a und 406b sind mit den entsprechenden unteren Anschlüssen 408a bzw. 408b durch zugehörige Leiter 410a/412a bzw. 410b/412b verbunden, welche die Anschlüsse mit den Leiterbahnen 404a bzw. 404b verbinden. Dies ist alles im Allgemeinen im Zusam-

menhang mit mehrlagigen Kontaktfleck-Gittermatrix-(LGA) Trägersubstraten und dergleichen gut bekannt.

NADELKARTENANORDNUNG

[0171] Fig. 5 stellt ein Ausführungsbeispiel einer Nadelkartenanordnung 500 dar, die als ihre Hauptfunktionsbauteile eine Nadelkarte 502, eine Zwischenschalteinrichtung 504 und einen Raumtransformator 506 umfasst und die bei der Verwendung zur Herstellung von vorübergehenden Verbindungen mit einem Halbleiterwafer 508 geeignet ist. In dieser Querschnittsansicht in auseinandergezogener Anordnung sind bestimmte Elemente von bestimmten Bauteilen der Darstellungsdeutlichkeit halber übertrieben dargestellt. Die vertikale (wie gezeigt) Ausrichtung der verschiedenen Bauteile ist jedoch durch die gestrichelten Linien in der Figur korrekt angegeben. Es sollte beachtet werden, dass die Verbindungselemente (514, 516, 524, die nachstehend genauer erörtert werden) vielmehr vollständig als im Schnitt dargestellt sind.

[0172] Die Nadelkarte 502 ist im Allgemeinen ein herkömmliches Leiterplattensubstrat mit einer Vielzahl (zwei von vielen gezeigt) von Kontaktflächen (Anschlüssen) 510, die auf dessen oberer (wie gesehen) Oberfläche angeordnet sind. Zusätzliche Bauteile (nicht dargestellt) können an der Nadelkarte montiert sein, wie z.B. aktive und passive elektronische Bauteile, Verbindungsstecker und dergleichen. Die Anschlüsse 510 auf der Leiterplatte können typischerweise in einem Rastermaß von 2,54 mm (100 mil) (Rastermaß ist vorstehend definiert) angeordnet sein. Die Nadelkarte 502 ist geeigneterweise rund mit einem Durchmesser in der Größenordnung von 30 cm (12 Inch).

[0173] Die Zwischenschalteinrichtung 504 umfasst ein Substrat 512 (vergleiche das Substrat 302). Auf die vorstehend beschriebene Weise werden eine Vielzahl (zwei von vielen gezeigt) von elastischen Verbindungselementen 514 (durch ihre proximalen Enden) an der unteren (wie gesehen) Oberfläche des Substrats 512 montiert und erstrecken sich von dieser nach unten (wie gesehen), und eine entsprechende Vielzahl (zwei von vielen gezeigt) von elastischen Verbindungselementen 516 werden (durch ihre proximalen Enden) an der oberen (wie gesehen) Oberfläche des Substrats 512 montiert und erstrecken sich von dieser nach oben (wie gesehen). Beliebige der vorstehend erwähnten Federformen sind für die elastischen Verbindungselemente 514 und 516 geeignet, die vorzugsweise die zusammengesetzten Verbindungselemente der vorliegenden Erfindung sind. Als allgemeiner Vorschlag liegen die Spitzen (distalen Enden) sowohl der unteren Vielzahl 514 als auch der oberen Vielzahl 516 von Verbindungselementen 514 und 516 in einem Rastermaß, das jenem der An-

schlüsse **510** der Nadelkarte **502** entspricht, beispielsweise 2,54 mm (100 mils).

[0174] Die Verbindungselemente **514** und **516** sind der Darstellungsdeutlichkeit halber mit übertriebenem Maßstab dargestellt. Typischerweise würden sich die Verbindungselemente **514** und **516** zu einer Gesamthöhe von 508–2540 µm (20–100 mils) von der jeweiligen unteren und oberen Oberfläche des Zwischenschaltsubstrats **512** erstrecken. Im Allgemeinen wird die Höhe der Verbindungselemente durch das erwünschte Ausmaß an Nachgiebigkeit vorgeschrieben.

[0175] Der Raumtransformator **506** umfasst ein geeignetes mit Schaltungen versehenes Substrat **518** (vergleiche 402, vorstehend beschrieben), wie z.B. ein mehrlagiges Keramiksubstrat mit einer Vielzahl (zwei von vielen gezeigt) von Anschlüssen (Kontaktflächen, Kontaktstellen) **520**, die auf dessen unterer (wie gesehen) Oberfläche angeordnet sind, und einer Vielzahl (zwei von vielen gezeigt) von Anschlüssen (Kontaktflächen, Kontaktstellen) **522**, die auf dessen oberer (wie gesehen) Oberfläche angeordnet sind. In diesem Beispiel ist die untere Vielzahl von Kontaktstellen **520** im Rastermaß der Spitzen der Verbindungselemente **516** (z.B. 2540 µm (100 mils)) angeordnet und die obere Vielzahl von Kontaktstellen **522** ist in einem feineren (engeren) Rastermaß (z.B. 1270 µm (50 mils)) angeordnet. Diese elastischen Verbindungselemente **514** und **516** sind vorzugsweise, aber nicht notwendigerweise, die zusammengesetzten Verbindungselemente der vorliegenden Erfindung (vergleiche **210** vorstehend).

[0176] Eine Vielzahl (zwei von vielen gezeigt) von elastischen Verbindungselementen **524** ("Sonden", "Sondenelementen") sind (durch ihre proximalen Enden) direkt (d.h. ohne Zwischenschaltung von zusätzlichen Materialien wie z.B. Drähten, die die Sondenelemente mit den Anschlüssen verbinden, oder Hartlöt- oder Weichlöt- der Sondenelemente an die Anschlüsse) an den Anschlüssen (Kontaktstellen) **522** montiert und erstrecken sich von der oberen (wie gesehen) Oberfläche des Raumtransformatorsubstrats **518** nach oben (wie gesehen). Wie dargestellt, sind diese elastischen Verbindungselemente **524** geeignet angeordnet, so dass ihre Spitzen (distalen Enden) in einem noch feineren Rastermaß (z.B. 254 µm (10 mils)) beabstandet sind als ihre proximalen Enden, wodurch die Rastermaßverringerung des Raumtransformators **506** gesteigert wird. Diese elastischen Kontaktstrukturen (Verbindungselemente) **524** sind vorzugsweise, aber nicht notwendigerweise, die zusammengesetzten Verbindungselemente der vorliegenden Erfindung (vergleiche **210** vorstehend).

[0177] Es liegt innerhalb des Schutzbereichs der Erfindung, dass die Sondenelemente (**524**) auf einem

Opfersubstrat (vergleiche **Fig. 2D–2F**) hergestellt und anschließend einzeln an den Anschlüssen (**522**) des Raumtransformatorbauteils (**506**) montiert (vergleiche **Fig. 2G**) oder zu diesen simultanüberführt (vergleiche **Fig. 2H**) werden können.

[0178] Wie bekannt ist, umfasst ein Halbleiterwafer **508** eine Vielzahl von Chipstellen (nicht dargestellt), die durch Photolithographie, Abscheidung, Diffusion und dergleichen auf seiner vorderen (unteren, wie gesehen) Oberfläche ausgebildet werden. Typischerweise werden diese Chipstellen so hergestellt, dass sie zueinander identisch sind. Wie jedoch bekannt ist, können Defekte entweder im Wafer selbst oder in irgendeinem der Prozesse, denen der Wafer unterzogen wird, um die Chipstellen auszubilden, dazu führen, dass bestimmte Chipstellen gemäß gut begründeten Prüfkriterien nicht funktionstüchtig sind. Aufgrund der mit der Sondenprüfung von Chipstellen vor dem Vereinzeln von Halbleiterchips von einem Halbleiterwafer verbundenen Schwierigkeiten, wird die Prüfung häufig nach dem Vereinzeln und Verkappen der Halbleiterchips durchgeführt. Wenn ein Defekt nach dem Verkappen des Halbleiterchips entdeckt wird, wird der Nettoverlust durch die mit dem Verkappen des Chips verbundenen Kosten verschlimmert. Halbleiterwafer weisen typischerweise einen Durchmesser von mindestens 6 Inch, einschließlich mindestens 8 Inch, auf.

[0179] Jede Chipstelle weist typischerweise eine Anzahl von Kontaktflächen (z.B. Bondkontaktstellen) auf, die an einem beliebigen Ort und in einem beliebigen Muster auf der Oberfläche der Chipstelle angeordnet sein können. Zwei (von vielen) Bondkontaktstellen **526** von einer der Chipstellen sind in der Figur dargestellt.

[0180] Eine begrenzte Anzahl von Verfahren sind zum Prüfen der Chipstellen vor dem Vereinzeln der Chipstellen in einzelne Halbleiterchips bekannt. Ein repräsentatives Verfahren des Standes der Technik beinhaltet das Herstellen eines Nadelkarteneinsatzes mit einer Vielzahl von Wolfram-"Nadeln", die in ein Keramiksubstrat eingebettet sind und sich von diesem erstrecken, wobei jede Nadel eine vorübergehende Verbindung mit einer gegebenen der Bondkontaktstellen herstellt. Solche Nadelkarteneinsätze sind teuer und etwas komplex herzustellen, was zu ihren relativ hohen Kosten und zu einer signifikanten Vorbereitungszeit zum Erhalten führt. Unter der Voraussetzung der breiten Vielfalt von Bondkontaktstellenanordnungen, die in Halbleiterchips möglich sind, erfordert jede einzigartige Anordnung einen anderen Nadelkarteneinsatz.

[0181] Die Schnelligkeit, mit der einzigartige Halbleiterchips hergestellt werden, hebt den dringenden Bedarf für einfach und kostengünstig herzustellende Nadelkarteneinsätze mit einer kurzen Fertigstel-

lungszeit hervor. Die Verwendung einer Zwischenschalteinrichtung (**504**) und eines Raumtransformators (**506**) als Nadelkarteneinsatz wendet sich genau diesem zwingenden Bedarf zu.

[0182] Bei der Verwendung wird die Zwischenschalteinrichtung **504** auf der oberen (wie gesehen) Oberfläche der Nadelkarte **502** angeordnet und der Raumtransformator **506** wird auf (wie gesehen) die Zwischenschalteinrichtung **504** gestapelt, so dass die Verbindungselemente **514** einen zuverlässigen Druckkontakt mit den Kontaktanschlüssen **510** der Nadelkarte **502** herstellen und so dass die Verbindungselemente **516** einen zuverlässigen Druckkontakt mit den Kontaktstellen **520** des Raumtransformators **506** herstellen. Ein beliebiger geeigneter Mechanismus zum Stapeln dieser Bauteile und zum Sicherstellen solcher zuverlässigen Druckkontakte kann verwendet werden, von welchem ein geeigneter nachstehend beschrieben wird.

[0183] Die Nadelkartenanordnung **500** umfasst die folgenden Hauptkomponenten zum Stapeln der Zwischenschalteinrichtung **504** und des Raumtransformators **506** auf die Nadelkarte **502**:

eine hintere Montageplatte **530**, die aus einem starren Material wie z.B. rostfreiem Stahl besteht, eine Stellglied-Montageplatte **532**, die aus einem starren Material wie z.B. rostfreiem Stahl besteht, eine vordere Montageplatte **534**, die aus einem starren Material wie z.B. rostfreiem Stahl besteht, eine Vielzahl (zwei von vielen gezeigt, drei sind bevorzugt) von Differentialschrauben mit einem äußeren Differentialschraubenelement **536** und einem inneren Differentialschraubenelement **538**, einen Montagering **540**, der vorzugsweise aus einem federnden Material wie z.B. Phosphorbronze besteht und der ein Muster von federnden Kontaktnasen (nicht dargestellt) aufweist, die sich von diesem erstrecken, eine Vielzahl (zwei von vielen gezeigt) von Schrauben **542** zum Halten des Montagerings **540** an der vorderen Montageplatte **534**, wobei der Raumtransformator **506** zwischen diesen eingeschlossen ist, wahlweise einen Abstandsring **544**, der zwischen dem Montagering **540** und dem Raumtransformator **506** angeordnet ist, um Fertigungstoleranzen Rechnung zu tragen, und eine Vielzahl (zwei von vielen gezeigt) von Drehkugeln **546**, die auf (wie gesehen) den Differentialschrauben (z.B. auf dem inneren Differentialschraubenelement **538**) angeordnet sind.

[0184] Die hintere Montageplatte **530** ist eine Metallplatte oder ein Metallring (als Ring dargestellt), die oder der auf der unteren (wie gezeigt) Oberfläche der Nadelkarte **502** angeordnet ist. Eine Vielzahl (eines von vielen gezeigt) von Löchern **548** erstrecken sich durch die hintere Montageplatte.

[0185] Die Stellglied-Montageplatte **532** ist eine Metallplatte oder ein Metallring (als Ring dargestellt), die oder der auf der unteren (wie gezeigt) Oberfläche der hinteren Montageplatte **530** angeordnet ist. Eine Vielzahl (eines von vielen gezeigt) von Löchern **550** erstrecken sich durch die Stellglied-Montageplatte. Bei der Verwendung ist die Stellglied-Montageplatte **532** an der hinteren Montageplatte **530** auf eine beliebige geeignete Weise befestigt, wie z.B. mit Schrauben (aus der Figur der Darstellungsdeutlichkeit halber weggelassen).

[0186] Die vordere Montageplatte **534** ist ein starrer Ring vorzugsweise aus Metall. Bei der Verwendung ist die vordere Montageplatte **534** an der hinteren Montageplatte **530** auf eine beliebige geeignete Weise befestigt, wie z.B. mit Schrauben (aus der Figur der Darstellungsdeutlichkeit halber weggelassen), die sich durch entsprechende Löcher (aus der Figur der Darstellungsdeutlichkeit halber weggelassen) durch die Nadelkarte **502** erstrecken, wodurch die Nadelkarte **502** sicher zwischen der vorderen Montageplatte **534** und der hinteren Montageplatte **530** festgehalten wird.

[0187] Die vordere Montageplatte **534** weist eine flache untere (wie gesehen) Oberfläche auf, die an der oberen (wie gesehen) Oberfläche der Nadelkarte **502** angeordnet ist. Die vordere Montageplatte **534** weist eine große zentrale Öffnung durch diese hindurch auf, die durch eine innere Kante **552** derselben festgelegt ist, die so bemessen ist, dass sie ermöglicht, dass die Vielzahl von Kontaktanschlüssen **510** der Nadelkarte **502** innerhalb der zentralen Öffnung der vorderen Montageplatte **534** liegen, wie gezeigt.

[0188] Wie erwähnt, ist die vordere Montageplatte **534** eine ringartige Struktur mit einer flachen unteren (wie gesehen) Oberfläche. Die obere (wie gesehen) Oberfläche der vorderen Montageplatte **534** ist abgestuft, wobei die vordere Montageplatte in einem äußeren Bereich derselben dicker (vertikale Ausdehnung, wie gesehen) ist als in einem inneren Bereich derselben. Die Stufe oder der Absatz befindet sich an der Position der gestrichelten Linie (mit **554** bezeichnet) und ist so bemessen, dass diese (r) ermöglicht, dass der Raumtransformator **506** den äußeren Bereich der vorderen Montageplatte freimacht und auf dem inneren Bereich der vorderen Montageplatte **534** aufliegt (obwohl, wie zu sehen ist, der Raumtransformator tatsächlich auf den Drehkugeln **546** aufliegt).

[0189] Eine Vielzahl (eines von vielen gezeigt) von Löchern **554** erstrecken sich in den äußeren Bereich der vorderen Montageplatte **534** von deren oberer (wie gesehen) Oberfläche zumindest teilweise durch die vordere Montageplatte **534** (diese Löcher sind in der Figur als sich nur teilweise durch die vordere Montageplatte **534** erstreckend dargestellt), die, wie

zu sehen ist, die Enden einer entsprechenden Vielzahl der Schrauben **542** aufnehmen. Dazu sind die Löcher **554** Gewindelöcher. Dies ermöglicht, dass der Raumtransformator **506** an der vorderen Montageplatte durch den Montagering **540** befestigt wird und daher an die Nadelkarte **502** gedrückt wird.

[0190] Eine Vielzahl (eines von vielen gezeigt) von Löchern **558** erstrecken sich vollständig durch den dünneren, inneren Bereich der vorderen Montageplatte **534** und sind auf eine Vielzahl (eines von vielen gezeigt) von entsprechenden Löchern **560** ausgerichtet, die sich durch die Nadelkarte **502** erstrecken und die wiederum auf die Löcher **548** in der hinteren Montageplatte und die Löcher **550** in der Stellglied-Montageplatte **538** ausgerichtet sind.

[0191] Die Drehkugeln **546** sind locker innerhalb der ausgerichteten Löcher **558** und **560** am oberen (wie gesehen) Ende der inneren Differentialschraubenelemente **538** angeordnet. Die äußeren Differentialschraubenelemente **536** werden in die (Gewinde-) Löcher **550** der Stellglied-Montageplatte **532** und die inneren Differentialschraubenelemente **538** in eine Gewindebohrung der äußeren Differentialschraubenelemente **536** geschraubt. Auf diese Weise können sehr feine Einstellungen in den Positionen der individuellen Drehkugeln **546** vorgenommen werden. Die äußeren Differentialschraubenelemente **536** weisen beispielsweise ein Außengewinde mit 72 Windungen pro Inch auf und die inneren Differentialschraubenelemente **538** weisen ein Außengewinde mit 80 Windungen pro Inch auf. Durch Verschieben eines äußeren Differentialschraubenelements **536** um eine Drehung in die Stellglied-Montageplatte **532** und durch Halten des entsprechenden inneren Differentialschraubenelements **538** stationär (bezüglich der Stellglied-Montageplatte **532**), ist die Nettoänderung in der Position der entsprechenden Drehkugel **546** "plus" **353** "minus" **317** μm ("plus 1/72 (0,0139) "minus" 1/80 (0,0125 Inch)) oder 35,5 μm (0,0014 Inch). Dies ermöglicht eine leichte und genaue Einstellung der Planarität des Raumtransformators **506** gegenüber der Nadelkarte **502**. Daher können die Positionen der Spitzen (oberen Enden, wie gesehen) der Sonden (Verbindungselemente) **524** geändert werden, ohne die Orientierung der Nadelkarte **502** zu ändern. Die Bedeutung dieses Merkmals, ein Verfahren zum Durchführen der Ausrichtung der Spitzen der Sonden, und alternative Mechanismen (Mittel) zum Einstellen der Planarität des Raumtransformators werden nachstehend mit Bezug auf **Fig. 7** genauer erörtert. Offensichtlich stellt die Zwischenschalteinrichtung **504** sicher, dass elektrische Verbindungen zwischen dem Raumtransformator **506** und der Nadelkarte **502** im gesamten Einstellbereich des Raumtransformators aufgrund der elastischen oder nachgiebigen Kontaktstrukturen, die auf den zwei Oberflächen der Zwischenschalteinrichtung angeordnet sind, aufrechterhalten werden.

[0192] Die Nadelkartenanordnung **500** wird durch Anordnen der Zwischenschalteinrichtung **504** innerhalb der Öffnung **552** der vorderen Montageplatte **534**, so dass die Spitzen der Verbindungselemente **514** die Kontaktanschlüsse **510** der Nadelkarte **502** kontaktieren, Anordnen des Raumtransformators **506** auf der Zwischenschalteinrichtung **504**, so dass die Spitzen der Verbindungselemente **516** die Kontaktstellen **520** des Raumtransformators **506** kontaktieren, wahlweise Anordnen eines Abstandhalters **544** auf dem Raumtransformator **506**, Anordnen des Montagerings **540** über dem Abstandhalter **544** und Einfügen der Schrauben **542** durch den Montagering **540**, durch den Abstandhalter **544** und in die Löcher **554** der vorderen Montageplatte **534** und Montieren dieser "Unterbaugruppe" an der Nadelkarte **502** durch Einfügen von Schrauben (eine teilweise als **555** dargestellt) durch die hintere Montageplatte **530** und durch die Nadelkarte **502** in Gewindelöcher (nicht dargestellt) in der unteren (wie gesehen) Oberfläche der vorderen Montageplatte **534** einfach zusammengesetzt. Die Stellglied-Montageplatte **538** kann dann mit der hinteren Montageplatte **530** zusammengefügt werden (z.B. mit Schrauben, von denen eine teilweise als **556** dargestellt ist), wobei die Drehkugeln **560** in die Löcher **550** der Stellglied-Montageplatte **532** fallen gelassen werden und die Differentialschraubenelemente **536** und **538** in die Löcher **550** der Stellglied-Montageplatte **532** eingesetzt werden.

[0193] Auf diese Weise wird eine Nadelkartenanordnung mit einer Vielzahl von elastischen Kontaktstrukturen (**524**) bereitgestellt, die sich von dieser zur Herstellung eines Kontakts mit einer Vielzahl von Bondkontaktstellen (Kontaktflächen) auf Halbleiterchips vor ihrer Vereinzelung von einem Halbleiterwafer in einem feinen Rastermaß, welches dem heutigen Bondkontaktstellen-Abstand entspricht, erstrecken. Bei der Verwendung würde die Anordnung **500** im Allgemeinen von dem, was in der Figur gezeigt ist, auf dem Kopf stehend verwendet werden, wobei der Halbleiterwafer (durch externe Mechanismen, nicht dargestellt) auf die Spitzen der elastischen Kontaktstrukturen (**524**) nach oben geschoben werden würde.

[0194] Wie aus der Figur ersichtlich ist, legte die vordere Montageplatte (Basisplatte) **534** die Position der Zwischenschalteinrichtung **504** gegenüber der Nadelkarte **502** fest. Um eine genaue Positionierung der vorderen Montageplatte **534** gegenüber der Nadelkarte **502** sicherzustellen, können eine Vielzahl von Ausrichtungsmerkmalen (aus der Figur der Darstellungsdeutlichkeit halber weggelassen), wie z.B. Stifte, die sich von der vorderen Montageplatte erstrecken, und Löcher, die sich in die Nadelkarte **502** erstrecken, vorgesehen sein.

[0195] Es liegt innerhalb des Schutzbereichs dieser

Erfindung, dass beliebige geeignete elastische Kontaktstrukturen (**514**, **516**, **524**) auf der Zwischenschalteneinrichtung (**504**) und/oder dem Raumtransformator (**506**) verwendet werden, einschließlich Kontaktnasen (Bändern) aus Phosphorbronzematerial oder dergleichen, die an Kontaktflächen auf der jeweiligen Zwischenschalteneinrichtung oder dem Raumtransformator hartgelötet oder weichgelötet sind.

[0196] Es liegt innerhalb des Schutzbereichs dieser Erfindung, dass die Zwischenschalteneinrichtung (**504**) und der Raumtransformator (**506**) vorab miteinander zusammengefügt werden können, wie z.B. mit Federklemmen, die als Element **486** von Figur 29 der vorstehend erwähnten, gleichzeitig anhängigen, im gemeinsamen Besitz stehenden PCT/US94/13373 beschrieben sind und sich vom Zwischenschaltensubstrat erstrecken.

[0197] Es liegt nicht innerhalb des Schutzbereichs dieser Erfindung, dass die Zwischenschalteneinrichtung (**504**) weggelassen ist und statt dessen eine Vielzahl von elastischen Kontaktstrukturen vergleichbar zu **514** direkt an den Kontaktstellen (**520**) auf der unteren Oberfläche des Raumtransformators montiert sind. Das Erzielen einer Koplanarität zwischen der Nadelkarte und dem Raumtransformator wäre schwierig. Eine Hauptfunktion der Zwischenschalteneinrichtung besteht darin, Nachgiebigkeit bereitzustellen, um eine solche Koplanarität sicherzustellen.

[0198] Fig. 5A stellt in einer perspektivischen Ansicht ein geeignetes Raumtransformatorsubstrat **518** für die Nadelkartenanordnung **500** von Fig. 5 dar. Wie darin gezeigt, ist das Raumtransformatorsubstrat **518** geeigneterweise ein rechteckiger fester Körper mit einer Länge "L", einer Breite "W" und einer Dicke "T". In dieser Figur ist die obere Oberfläche **518a** des Raumtransformatorsubstrats **518** sichtbar, an welcher die Sondenverbindungselemente (vergleiche **524**) montiert werden. Wie gezeigt, sind eine Vielzahl (wie z.B. mehrere hundert) von Kontaktstellen **522** auf der oberen Oberfläche **518a** des Raumtransformatorsubstrats **518** in einer gegebenen Fläche desselben angeordnet. Die gegebene Fläche ist durch die mit 570 bezeichneten gestrichelten Linien angegeben und, wie ersichtlich ist, können die Kontaktstellen **522** in einem beliebigen geeigneten Muster innerhalb der gegebenen Fläche **570** angeordnet sein.

[0199] Wie vorstehend erwähnt, ist das Raumtransformatorsubstrat **518** geeigneterweise als mehrlagiges Keramiksubstrat mit abwechselnden Schichten aus keramischem und strukturiertem leitenden Material ausgebildet.

[0200] Die Herstellung von solchen mehrlagigen Keramiksubstraten ist gut bekannt und wird beispielsweise bei der Herstellung von Kontaktfleckgit-

termatrix- (LGA) Halbleiterbausteinen verwendet. Durch geeignete Leitungsführung des strukturierten leitenden Materials innerhalb eines solchen mehrlagigen Substrats ist es einfach und unkompliziert, Kontaktstellen (in dieser Ansicht nicht sichtbar, vergleiche **520**) auf der unteren Oberfläche (in dieser Ansicht nicht sichtbar) des Substrats **518** in einem Rastermaß anzuordnen, das anders ist als (z.B. größer als) das Rastermaß der Kontaktstellen **522** auf der oberen Oberfläche **518a** des Substrats **518**, und die Kontaktstellen **520** mit den Kontaktstellen **522** intern innerhalb des Substrats **518** miteinander zu verbinden. Das Erzielen eines Rastermaßes von ungefähr 10 mils zwischen den Kontaktstellen **522** auf einem solchen Substrat ist sehr brauchbar.

[0201] Fig. 5A stellt ein bevorzugtes Merkmal des Raumtransformatorsubstrats **518** dar, wie erwähnt, ist das Substrat **518** ein rechteckiger fester Körper mit einer oberen Oberfläche **518a**, einer unteren Oberfläche (von der Ansicht in dieser Figur verborgen) und mit vier Seitenkanten **518b**, **518c**, **518d** und **518e**. Wie gezeigt ist, sind Kerben **572b**, **572c**, **572d** und **572e** entlang der Schnittstellen der jeweiligen Seitenkanten **518b**, **518c**, **518d** und **518e** und der oberen Oberfläche **518a** des Substrats **518** entlang fast der gesamten Länge (ausschließlich der Ecken) der jeweiligen Seitenkanten **518b**.. **518e** vorgesehen. Diese Kerben **572b**.. **572e** erleichtern im Allgemeinen die Herstellung des Raumtransformatorsubstrats **518** als mehrlagige Keramikstruktur und sind auch in der Darstellung von Fig. 5 sichtbar. Es sollte selbstverständlich sein, dass die Kerben keine Notwendigkeit darstellen. Da die vier Ecken des Substrats **518** offensichtlich nicht gekerbt sind (was grundsätzlich durch den Prozess der Herstellung eines mehrlagigen Keramiksubstrats vorgeschrieben wird), muss die Montageplatte (**540** von Fig. 5) offensichtlich diese Ecken-"Merkmale" aufnehmen.

[0202] Fig. 5B stellt ein Ausführungsbeispiel eines Raumtransformatorsubstrats **574** dar, das zum Raumtransformatorsubstrat **518** der vorherigen Darstellung vergleichbar ist und das ebenso in der Nadelkartenanordnung **500** von Fig. 5 verwendet werden kann: In diesem Fall sind eine Vielzahl (vier von vielen gezeigt) Flächen **570a**, **570b**, **570c** und **570d** festgelegt, in jeder von denen eine Vielzahl von Kontaktstellen **522a**, **522b**, **522c** leicht in einem beliebigen gewünschten Muster angeordnet werden kann. Es ist im Allgemeinen beabsichtigt, dass der Abstand der Flächen **570a**.. **570d** dem Abstand von Chipstellen auf einem Halbleiterwafer entspricht, so dass eine Vielzahl von Chipstellen gleichzeitig mit einem einzigen "Durchlauf" der Nadelkarte geprüft werden können. (Dies ist zur Sondenprüfung von mehreren Speicherchips, die sich auf einem Halbleiterwafer befinden, besonders nützlich.) Typischerweise ist das Muster der Kontaktstellen **522a**.. **522d** innerhalb der jeweiligen Flächen **570a**.. **570d** des Substrats **574** zu-

einander identisch, obwohl dies nicht absolut erforderlich ist.

[0203] Die Darstellung von **Fig. 5B** demonstriert deutlich, dass ein einzelner Raumtransformator mit Sonderelementen zur Sondenprüfung (Herstellung von Druckkontakten mit) einer Vielzahl (z.B. vier, wie dargestellt) von benachbarten Chipstellen auf einem Halbleiterwafer versehen werden kann. Dies ist beim Verringern der Anzahl von Absetzungen (Schritten), die zum Prüfen aller Chipstellen auf einem Wafer erforderlich sind, vorteilhaft. Wenn sich beispielsweise einhundert Chipstellen auf einem Wafer und vier Sätze von Sonderelementen auf dem Raumtransformator befinden, muss der Wafer nur fünfundzwanzigmal am Raumtransformator positioniert werden (wobei für die Zwecke dieses Beispiels ignoriert wird, dass die Effizienz an der Kante (Umfang) des Wafers etwas geschwächt wäre). Es liegt innerhalb des Schutzbereichs dieser Erfindung, dass die Anordnung von Sondenstellen (z.B. **570a..570d**) sowie die Orientierung der einzelnen Sonderelemente (z.B. versetzt) optimiert werden können, um die Anzahl von Aufsetzungen, die zum Prüfen eines ganzen Wafers erforderlich sind, zu minimieren. Es liegt auch innerhalb des Schutzbereichs dieser Erfindung, dass die Sonderelemente auf der Oberfläche des Raumtransformators auf eine Weise angeordnet werden können, dass abwechselnde Sonderelemente mit verschiedenen von zwei benachbarten Chipstellen auf dem Wafer einen Kontakt herstellen. Vorausgesetzt, dass es im Allgemeinen erwünscht ist, dass die Sonderelemente alle dieselbe Gesamtlänge aufweisen, ist es ersichtlich, dass die uneingeschränkte Weise, mit der die Sonderelemente direkt an irgendeinem Punkt auf der zweidimensionalen Oberfläche des Raumtransformators befestigt (montiert) werden können, gegenüber jeglichem Verfahren überlegen ist, das den Ort einschränkt, an dem die Sonderelemente an einer Nadelkarte befestigt werden (z.B. Ringanordnungen, wie vorstehend beschrieben). Es liegt auch innerhalb des Schutzbereichs dieser Erfindung, dass eine Vielzahl von nicht-benachbarten Chipstellen auf einem Wafer auf diese Weise geprüft werden könnten. Die vorliegende Erfindung ist für die Sondenprüfung von unvereinzelteten Speicherbauelementen auf einem Wafer besonders vorteilhaft und ist zur Sondenprüfung von Chipstellen mit einem beliebigen Seitenverhältnis nützlich.

[0204] **Fig. 5C** stellt eine beispielhafte Anordnung von Kontaktstellen **520** auf der unteren Oberfläche des Raumtransformatorssubstrats **518** dar, wobei die Kontaktstellen **520** in einem Muster mit einem Rastermaß von 100 mil angeordnet sind, wobei jede Reihe von Kontaktstellen zur benachbarten Reihe von Kontaktstellen versetzt ist und jede Kontaktstelle einen Durchmesser von ungefähr 55 mils aufweist.

[0205] **Fig. 6A** ist eine Draufsicht auf entweder die obere oder die untere Oberfläche eines beispielhaften Zwischenschaltsubstrats **580** (vergleiche **512**), welche eine beispielhafte Anordnung von leitenden Flächen (in **Fig. 5** nicht dargestellt, vergleiche **Fig. 3A**) zeigt, an denen die Verbindungselemente (**514**, **516**) montiert werden. **Fig. 6B** ist eine Querschnittsansicht eines Teils desselben Zwischenschaltsubstrats **580**. Wie in **Fig. 6B** dargestellt, erstrecken sich eine Vielzahl von plattierten Durchgangslöchern **582** durch das Substrat **580** von einer Oberfläche **580a** zu einer entgegengesetzten Oberfläche **580b** desselben. Das Substrat (Platine) selbst wird aus herkömmlichen Leiterplattenmaterialien unter Verwendung von herkömmlichen Verfahren zur Herstellung von plattierten Durchgangslöchern ausgebildet. In diesem Beispiel wird die "Basis"-Platine **584** anfänglich mit einer extrem dünnen (z.B. 2,54 µm (100 Mikromil)) "unstrukturierten" Kupferschicht **586** bedeckt. Eine Photoresistschicht **588** wird auf beide Oberflächen der Platine aufgebracht und so strukturiert, dass sie Öffnungen aufweist, die die Plattierung auf die Durchgangslöcher **582** ermöglicht. Die Durchgangslöcher **582** werden mit einer ungefähr 25,4 µm (1 mil) dicken Schicht **590** aus Kupfer plattiert, über der eine dünne (z.B. mindestens 2,54 µm (100 Mikromil)) Sperrschicht **592** aus Nickel abgeschieden wird, über welcher eine dünne (z.B. mindestens 1,27 µm (50 Mikromil)) Schicht **594** aus weichem (reinem) Gold abgeschieden wird. Der Photoresist **588** wird dann entfernt und Spuren der anfänglichen äußerst dünnen Kupferschicht **586** werden von Bereichen außerhalb des plattierten Durchgangslochs **582** entfernt. Wie in **Fig. 6A** dargestellt, ist die Draufsicht auf jede Kontaktfläche, die durch ein plattiertes Durchgangsloch **582** ausgebildet wird, jene eines kreisförmigen Rings, wobei sich von diesem eine Kontakt Nase erstreckt. Die Kontakt Nase legt die Orientierung der leitenden Fläche (Kontaktstelle) des Durchgangslochs fest, die (zum Montieren von Verbindungselementen) auf der Oberfläche des Substrats **580** freigelegt ist. Die Kontaktstellen sind in einem Rastermaß von 2540 µm (100 mil) in versetzten Reihen angeordnet, wobei sich ihre Orientierungen (wie durch ihre Kontaktnasen festgelegt) an einer Mittellinie der Substratoberfläche umkehren.

[0206] In bezug auf die vorstehend beschriebene beispielhafte Nadelkartenanordnung **500** sind die folgenden Abmessungen und Materialien für eine gegebene Anwendung beispielhaft:

- a. Das Raumtransformatorssubstrat **518** weist eine Länge (L) von 6,35 cm (2,5 Inch), eine Breite (W) von 6,35 cm (2,5 Inch) und eine Dicke (T) von 0,63 cm (0,25 Inch) auf und weist mindestens drei abwechselnde Schichten aus Keramik und strukturiertem Leiter auf.
- b. Die Verbindungselemente **524**, die sich vom Raumtransformatorssubstrat **518** erstrecken, sind

die zusammengesetzten Verbindungselemente der vorliegenden Erfindung mit einem Golddrahtkern mit einem Durchmesser von 25,4 μm (1,0 mils), der mit 38 μm (1,5 mils) Nickel überzogen ist, für einen Gesamtdurchmesser von 101 μm (4,0 mils). Die Gesamthöhe der Verbindungselemente **524** beträgt 1016 μm (40 mils).

c. Das Zwischenschaltsubstrat **512** wird aus herkömmlichen Leiterplattenmaterialien ausgebildet, weist Seitenabmessungen von 47 μm (1,850 Inch) und eine Dicke von 406 μm (16 mils) auf.

d. Die Verbindungselemente **514** und **516**, die sich vom Zwischenschaltsubstrat **512** erstrecken, sind die zusammengesetzten Verbindungselemente der vorliegenden Erfindung mit einem Golddrahtkern mit einem Durchmesser von 25,4 μm (1,0 mils), der mit 38 μm (1,5 mils) Nickel überzogen ist, für einen Gesamtdurchmesser von 101 μm (4,0 mils). Die Gesamthöhe der Verbindungselemente **524** beträgt 1524 μm (60 mils).

[0207] Es liegt innerhalb des Schutzbereichs der Erfindung und ist im Allgemeinen bevorzugt, dass, obwohl die Verbindungselemente **514** und **516** in **Fig. 5** als einzelne Verbindungselemente dargestellt sind, jedes dargestellte Element leicht als Verbindungsstruktur mit zwei oder mehr Verbindungselementen auf die vorstehend mit Bezug auf **Fig. 3A** beschriebene Weise ausgeführt wird, um sicherzustellen, dass zuverlässige Druckkontakte mit den jeweiligen Kontaktanschlüssen **510** der Nadelkarte **502** und Kontaktstellen **520** des Raumtransformators **506** hergestellt werden.

[0208] Es sollte deutlich verständlich sein, dass der Raumtransformator (**506**, **518**, **574**) und die Zwischenschalteinrichtung (**504**, **580**) als "Bausatz" (oder "Unterbaugruppe") zu einem Endanwender geliefert werden können, in welchem Fall der Endanwender die Nadelkarte und die zugehörigen Montagebaueinheiten (z.B. **530**, **532**, **534**, **536**, **538**, **540**, **544**) liefern würde.

[0209] Obwohl die Erfindung in den Zeichnungen und in der vorangehenden Beschreibung im einzelnen dargestellt und beschrieben wurde, soll dasselbe als im Charakter erläuternd und nicht einschränkend betrachtet werden – wobei es selbstverständlich ist, dass nur bevorzugte Ausführungsbeispiele gezeigt und beschrieben wurden. Zweifellos kommen viele andere "Veränderungen" an den vorstehend dargelegten "Themen" einem üblichen Fachmann in den Sinn, den die vorliegende Erfindung am nächsten betrifft. Verschiedene dieser Veränderungen sind in der Hauptakte dargelegt.

AUSRICHTEN DER NADELKARTENANORDNUNG

[0210] **Fig. 7** stellt ein Verfahren **700** zum Ausrichten einer Nadelkartenanordnung wie z.B. der Nadel-

kartenanordnung **500** von **Fig. 5** dar. Dazu tragen verschiedene der Elemente der Nadelkartenanordnung **500** von **Fig. 5** in dieser Figur dieselbe Nummerierung (5xx). Die Ansicht von **Fig. 7** ist teilweise zusammengesetzt, wobei die Hauptkomponenten miteinander in Kontakt stehen.

[0211] Ein von dieser Erfindung geradewegs angegangenes Problem besteht darin, dass es häufig schwierig ist, die Kontaktspitzen einer Nadelkarte (oder eines Nadelkarteneinsatzes) bezüglich eines geprüften Halbleiterwafers auszurichten. Es ist wesentlich, dass Toleranzen für die Koplanarität der Spitzen der Sonden und der Oberfläche des Wafers auf einem Minimum gehalten werden, um einen gleichmäßigen, zuverlässigen Kontaktdruck an jeder Spitze **524a** (obere Enden, wie gesehen) jeder Sonde (d.h. der elastischen Kontaktstrukturen **524**) sicherzustellen. Wie vorstehend erörtert, ist ein Mechanismus (z.B. Differentialschrauben **536** und **538**) in der Nadelkartenanordnung zum Einstellen der Planarität der Spitzen **524a** der Sonden durch Einwirken auf den Raumtransformator **506** vorgesehen. In dieser Figur ist das Raumtransformatorsubstrat **506** mit einer internen Verbindung zwischen den oberen Anschlüssen und den unteren Anschlüssen desselben auf die in vorstehend beschriebener **Fig. 4** dargestellte Weise dargestellt.

[0212] Vor der Verwendung der Nadelkartenanordnung zum Durchführen einer Prüfung an einem Halbleiterwafer wird die Ausrichtung der Sondenspitzen gemessen und, falls erforderlich, eingestellt, um sicherzustellen, dass die Sondenspitzen **524a** mit Halbleiterwafern koplanar sind, die anschließend der Nadelkartenanordnung präsentiert werden (d.h. gegen die Sondenspitzen gedrückt werden).

[0213] Im Allgemeinen weist ein Waferprüfgerät (nicht dargestellt), in dem die Nadelkartenanordnung montiert ist, einen Mechanismus (nicht dargestellt) zum Befördern von Halbleiterwafern in den Bereich der Nadelkartenanordnung und zum Drücken der Halbleiterwafer gegen die Sondenspitzen **524a** auf. Dazu werden die Halbleiterwafer durch einen Spannmechanismus (nicht dargestellt) gehalten. Für die Zwecke dieser Erörterung wird angenommen, dass das Prüfgerät und der Spannmechanismus in der Lage sind, Wafer nach Wafer in eine genau, wiederholbare Position und Orientierung zu bewegen – wobei die genaue Position des Wafers als "Bezugsebene" fungiert.

[0214] Um die Spitzen **524a** in Anbetracht der erwarteten Orientierung eines Halbleiterwafers, mit anderen Worten, in Anbetracht der Bezugsebene, auszurichten, wird gemäß der Erfindung eine flache, elektrisch leitende Metallplatte **702** anstelle eines Halbleiterwafers in dem Prüfgerät montiert. Die flache Metallplatte **702** funktioniert als "Ersatz-" oder

"virtueller" Wafer für die Zwecke des Ausrichtens der Spitzen **524a** der Sonden.

[0215] Jede Sonde **524** ist einem einer Vielzahl von Anschlüssen (nicht dargestellt) auf der Nadelkarte **502** zugeordnet, wobei ein leitender Weg zwischen diesen durch eine ausgewählte der Sonden **524**, eine zugehörige ausgewählte der elastischen Kontaktstrukturen **516** und eine zugehörige ausgewählte der elastischen Kontaktstrukturen **514** und Verdrahtungsschichten (nicht dargestellt) innerhalb der Nadelkarte **502** gebildet wird. Die Nadelkartenanschlüsse können in Form von Oberflächenanschlüssen, Anschlüssen einer Steckbuchse oder dergleichen vorliegen. Ein Kabel **704** verbindet die Nadelkarte **502** mit einem Computer (Prüfgerät) **706**, welcher einen Anzeigemonitor **708** aufweist. Die vorliegende Erfindung ist weder auf die Verwendung einer Rechenvorrichtung noch auf einen Anzeigemonitor begrenzt.

[0216] In diesem Beispiel wird angenommen, dass angestrebt wird, einhundert Druckkontakte zwischen einhundert Sondenspitzen **524a**, die in einer rechteckigen 10×10-Matrix angeordnet sind, und einhundert Anschlüssen (z.B. Bondkontaktstellen) eines Halbleiterwafers zu bewirken. Die vorliegende Erfindung ist jedoch nicht auf irgendeine spezielle Anzahl von Sondenspitzen oder irgendeine spezielle Anordnung von Bondkontaktstellen begrenzt.

[0217] Die flache Metallplatte **702** wird durch die Spannvorrichtung (nicht dargestellt) getragen und gegen die Sondenspitzen **524a** gedrückt (vorgeschoben, wie durch den mit "A" bezeichneten Pfeil angegeben). Dies wird auf eine relativ allmähliche Weise durchgeführt, so dass festgestellt werden kann, ob die Sondenspitzen **524a** alle die flache Metallplatte gemeinsam berühren (nicht wahrscheinlich), oder ob bestimmte der Sondenspitzen **524a** von der flachen Metallplatte **702** vor restlichen der Sondenspitzen **524a** kontaktiert werden. In der Darstellung geben die einundsiebzig gefüllten Kreise (Punkte) innerhalb des Bereichs **710** auf dem Monitor **708** an, dass einundsiebzig der Sondenspitzen **524a** durch die flache Metallplatte **702** kontaktiert wurden, bevor die restlichen neunundzwanzig der Sondenspitzen **524a** (als leere Kreise dargestellt) durch die flache Metallplatte **702** kontaktiert wurden. Auf der Basis dieser visuellen Darstellung ist ersichtlich, dass der Raumtransformator **506** (oder möglicherweise die Metallplatte **702**) nach links (wie gesehen) unten (aus der Seite, wie gesehen) geneigt (gekippt) ist, und die Orientierung des Raumtransformators **506** kann durch geeignete Einstellungen der Differentialschrauben **536** und **538** leicht eingestellt werden.

[0218] Die zum Erzielen des gewünschten Ziels eines planaren, gleichzeitigen Kontakts aller Spitzen **524a** mit der flachen Metallplatte **702** erforderlichen Einstellungen, ohne die Orientierung der Nadelkarte

502 zu verändern, so dass alle Sondenspitzen **524a** einen im Wesentlichen gleichzeitigen Kontakt mit der flachen Metallplatte **702** herstellen, werden leicht entweder online oder offline berechnet. Durch Vornehmen der berechneten Einstellungen stellen die Spitzen **524a** der Sonden **524** anschließend einen im Wesentlichen gleichzeitigen Kontakt mit Bondkontaktstellen auf geprüften Halbleiterwafern her.

[0219] Die Art der Prüfung "gut/schlecht" (Kontakt/kein Kontakt), die im vorherigen Absatz erörtert wurde, erläutert eine erste "Ordnung" der Ausrichtung, die durch die Nadelkartenanordnung der vorliegenden Erfindung erleichtert wird. Eine zweite "Ordnung" der Ausrichtung wird durch Aufzeichnen (z.B. im Computerspeicher) der Folge (Reihenfolge), in der die Sonderelementspitzen die Metallplatte kontaktieren, leicht durchgeführt. Die erste Spitze, die die Metallplatte kontaktiert, stellt im Allgemeinen eine Ecke des Raumtransformators dar, die zu "hoch" liegt und abgesenkt werden muss (z.B. durch Einstellen der Differentialschrauben). Ebenso stellt die letzte Spitze, die die Metallplatte kontaktiert, im Allgemeinen eine Ecke des Raumtransformators dar, die zu "niedrig" liegt und angehoben werden muss (z.B. durch Einstellen der Differentialschrauben). Es liegt innerhalb des Schutzbereichs dieser Erfindung, dass ein beliebiger geeigneter Algorithmus verwendet werden kann, um die Einstellungen, die durchgeführt werden müssen, auf der Basis der Folge von Spitzen, die die Metallplatte kontaktieren, zu ermitteln. Es liegt auch innerhalb des Schutzbereichs dieser Erfindung, dass ein Widerstand (z.B. zur Erdung) zwischen jeder Sondenspitze **524a** und der flachen Metallplatte **702** gemessen und als Zahl oder Symbol oder Punktfarbe oder dergleichen, welche den gemessenen Widerstand anzeigt, anstatt nur als gefüllter Kreis gegen einen ungefüllten Kreis auf dem Anzeigemonitor angezeigt werden kann, obwohl derartiges im Allgemeinen nicht bevorzugt ist.

[0220] Es liegt innerhalb des Schutzbereichs dieser Erfindung, dass ein beliebiger geeigneter Mechanismus zum Einstellen der Orientierung des Raumtransformators **506** – mit anderen Worten zum Planarisieren der Spitzen **524a** der Sonden **524** – verwendet werden kann. Alternativen zur Verwendung der vorstehend erörterten Differentialschrauben- (**536**, **538**) Anordnung bestünden darin, Servomechanismen, piezoelektrische Treiber oder Stellglieder, magnetostriktive Vorrichtungen, Kombinationen davon (z.B. zur Grob- und Feineinstellung) oder dergleichen zu verwenden, um eine solche Planarisierung zu bewerkstelligen.

[0221] Fig. 7A stellt ein automatisiertes Verfahren **750** zum Einstellen der räumlichen Orientierung des Raumtransformators (in dieser Ansicht nicht dargestellt) dar. In diesem Beispiel sind die Differentialschrauben (**536**, **538**) gegen einen Stellgliedmecha-

nismus **552** (mit "ACT" bezeichnet) ausgetauscht und dieser arbeitet als Reaktion auf Signale vom Computer **706**. Die drei Paare von Differentialschraubenelementen können gegen drei derartige Mechanismen **552** auf eine unkomplizierte Weise ausgetauscht werden. Ähnliche Elemente in **Fig. 7A** sind mit identischen Ziffern, wie sie in **Fig. 7** erscheinen, beschriftet und verschiedene Elemente, die in **Fig. 7** erscheinen, sind aus der Ansicht von **Fig. 7A** der Darstellungsdeutlichkeit halber weggelassen.

[0222] Es liegt auch innerhalb des Schutzbereichs dieser Erfindung, dass der Mechanismus (insbesondere ein automatisierter Mechanismus, wie in **Fig. 7A** dargestellt) zum Planarisieren des Raumtransformators (**506**) anders als in den hierin beschriebenen beispielhaften Ausführungsbeispielen dargestellt angeordnet werden kann. Ein geeigneter Mechanismus könnte beispielsweise zwischen der oberen (wie gesehen) Oberfläche der Nadelkarte (**502**) und der vorderen Montageplatte (**534**) angeordnet werden oder in die vordere Montageplatte (**534**) integriert werden. Das Schlüsselmerkmal der Verwendung von irgendeinem dieser Mechanismen ist die Fähigkeit, den Winkel (Orientierung) des Raumtransformators (z.B. **506**) zu verändern, ohne zu erfordern, dass die Orientierung der Nadelkarte (**502**) verändert wird.

VORFERTIGUNG VON SPITZENSTRUKTUREN FÜR DIE SONDENELEMENTE, VERARBEITUNG VON SONDENELEMENTEN UND VERBINDEN DER SPITZENSTRUKTUREN MIT DEN SONDENELEMENTEN

[0223] Die **Fig. 2D–2F**, die vorstehend erörtert wurden, offenbaren ein Verfahren zur Herstellung von Spitzenstrukturen (**258**) auf einem Opfersubstrat (**254**) und die Herstellung von zusammengesetzten Verbindungselementen **264** an den Spitzenstrukturen (**258**) zur anschließenden Montage an Anschlüssen eines elektronischen Bauteils. Ein solches Verfahren kann sicher bezüglich der Montage von zusammengesetzten Verbindungselementen mit gefertigten Spitzenstrukturen auf der oberen Oberfläche des Raumtransformators (**518**) verwendet werden.

[0224] **Fig. 8A** stellt ein alternatives Verfahren **800** zur Herstellung von zusammengesetzten Verbindungselementen mit gefertigten Spitzenstrukturen dar, die als elastische Kontaktstrukturen, die sich auf dem Raumtransformator befinden, besonders nützlich sind, und dies wird nun erörtert. In diesem Beispiel wird ein Siliziumsubstrat (Wafer) **802** mit einer oberen (wie gesehen) Oberfläche als Opfersubstrat verwendet. Eine Schicht **804** aus Titan wird auf der oberen Oberfläche des Siliziumsubstrats **802** (z.B. durch Sputtern) abgeschieden und weist eine Dicke von ungefähr 250 Å ($1 \text{ Å} = 0,1 \text{ nm} = 10^{-10} \text{ m}$) auf. Eine Schicht **806** aus Aluminium wird auf der Titanschicht **804** (z.B. durch Sputtern) abgeschieden und

weist eine Dicke von ungefähr 10000 Å auf. Die Titanschicht **804** ist wahlfrei und dient als Haftschrift für die Aluminiumschicht **806**. Eine Schicht **808** aus Kupfer wird auf der Aluminiumschicht **806** (z.B. durch Sputtern) abgeschieden und weist eine Dicke von ungefähr 5000 Å auf. Eine Schicht **810** aus Maskierungsmaterial (z.B. Photoresist) wird auf der Kupferschicht **808** abgeschieden und weist eine Dicke von ungefähr 2 mils auf. Die Maskierungsschicht **810** wird auf eine beliebige geeignete Weise bearbeitet, damit sie eine Vielzahl (drei von vielen gezeigt) von Löchern **812** aufweist, die sich durch die Photoresistschicht **810** zur darunterliegenden Kupferschicht **808** erstrecken. Jedes Loch **812** kann beispielsweise einen Durchmesser von 6 mils aufweisen und die Löcher **812** können in einem Rastermaß (Mitte zu Mitte) von 10 mils angeordnet sein. Das Opfersubstrat **802** wurde auf diese Weise zur Herstellung einer Vielzahl von mehrlagigen Kontaktspitzen innerhalb der Löcher **812** folgendermaßen vorbereitet:

[0225] Eine Schicht **814** aus Nickel wird wie z.B. durch Plattieren auf der Kupferschicht **808** abgeschieden und weist eine Dicke von ungefähr 1,0 – 1,5 mils auf. Wahlweise kann eine dünne Schicht (nicht dargestellt) aus einem Edelmetall wie z.B. Rhodium auf der Kupferschicht vor der Abscheidung des Nickels abgeschieden werden. Als nächstes wird eine Schicht **816** aus Gold wie z.B. durch Plattieren auf dem Nickel **814** abgeschieden. Die mehrlagige Struktur aus Nickel und Aluminium (und wahlweise Rhodium) dient als gefertigte Spitzenstruktur (**820**, wie in **Fig. 8B** gezeigt).

[0226] Wie in **Fig. 8B** dargestellt, wird als nächstes der Photoresist **810** abgelöst (unter Verwendung eines beliebigen geeigneten Lösungsmittels), wobei eine Vielzahl von gefertigten Spitzenstrukturen **820** belassen werden, die auf der Kupferschicht **808** sitzen. Als nächstes wird das Kupfer (**808**) einem schnellen Ätzprozess unterzogen, wodurch die Aluminiumschicht **806** freigelegt wird. Wie offensichtlich ist, ist Aluminium in den anschließenden Schritten nützlich, da es im Wesentlichen bezüglich Weichlöt- und Hartlötmaterialien nicht benetzbar ist.

[0227] Es ist erwähnenswert, dass es bevorzugt ist, den Photoresist mit zusätzlichen Löchern zu strukturieren, in denen "Ersatz"-Spitzenstrukturen **822** in denselben Prozessschritten, die zur Herstellung der Spitzenstrukturen **820** verwendet werden, hergestellt werden können. Diese Ersatz-Spitzenstrukturen **822** dienen zum Vereinheitlichen der vorstehend erwähnten Plattierungsschritte auf eine Weise, die gut bekannt und verstanden ist, durch Verringern von abrupten Gradienten (Ungleichmäßigkeiten), die sich über der plattierten Oberfläche zeigen. Solche Strukturen (**822**) sind auf dem Gebiet der Plattierung als "Räuber" bekannt.

[0228] Als nächstes wird Weich- oder Hartlötpaste ("Verbindungsmaterial") **824** auf den oberen (wie gesehen) Oberflächen der Spitzenstrukturen **820** abgeschieden. (Es besteht kein Bedarf, die Paste auf den Oberseiten der Ersatz-Spitzenstrukturen **822** abzuschneiden). Dies wird auf eine beliebige geeignete Weise wie z.B. mit einem Sieb oder einer Schablone aus rostfreiem Stahl ausgeführt. Eine typische Paste (Verbindungsmaterial) **824** würde eine Gold-Zinn-Legierung (in einer Flussmatrix) enthalten, die beispielsweise Kugeln (Kügelchen) von 1 mil aufweist.

[0229] Die Spitzenstrukturen **820** sind nun bereit, an Enden (Spitzen) von elastischen Kontaktstrukturen, vorzugsweise den zusammengesetzten Verbindungselementen der vorliegenden Erfindung, montiert (z.B. hartgelötet) zu werden. Es ist jedoch bevorzugt, dass die zusammengesetzten Verbindungselemente zuerst speziell "vorbereitet" werden, um die Spitzenstrukturen **820** aufzunehmen.

[0230] Fig. 8C stellt ein Verfahren **850** zum Vorbereiten eines Raumtransformators substrats **830** (vergleiche **506**) mit einer Vielzahl (zwei von vielen gezeigt) von zusammengesetzten Verbindungselementen **832** (vergleiche **524**) in Erwartung darauf, dass die Spitzenstrukturen (**820**) an den Enden der zusammengesetzten Verbindungselemente **832** montiert werden, dar. Die zusammengesetzten Verbindungselemente (Sondenelemente) **832** sind vollständig (anstatt im Querschnitt) dargestellt.

[0231] In diesem Beispiel sind die zusammengesetzten Verbindungselemente **832** mehrlagig (vergleiche Fig. 2A) und weisen einen Gold- (Draht) Kern, der mit einer Schicht (nicht dargestellt) aus Kupfer überzogen ist und ferner mit einer Schicht (nicht dargestellt) aus Nickel (vorzugsweise einer Nickel-Kobalt-Legierung mit Anteilen von 90:10 von Ni:Co) überzogen ist und ferner mit einer Schicht (nicht dargestellt) aus Kupfer überzogen ist, auf. Wie offensichtlich ist, ist es bevorzugt, dass die Nickelschicht nur mit einem wesentlichen Teil (z.B. 80%) ihrer gewünschten Enddicke abgeschieden wird, wobei der restliche kleine Teil (z.B. 20%) der Nickeldicke in einem anschließenden Schritt, der nachstehend beschrieben wird, abgeschieden wird.

[0232] In diesem Beispiel ist das Raumtransformators substrat **830** mit einer Vielzahl (zwei von vielen gezeigt) von säulenartigen Strukturen **834** versehen, die sich von seiner oberen (wie gesehen) Oberfläche erstrecken und die, wie ersichtlich ist, als Polier-"Anschläge" fungieren. Es ist nicht erforderlich, dass eine große Anzahl dieser Polieransschläge vorhanden ist, und sie werden leicht mit und aus demselben Material wie das Substrat (z.B. Keramik) ausgebildet.

[0233] Das Raumtransformators substrat **830** wird dann mit einem geeigneten Gießmaterial **836**, wie

z.B. wärmeschmelzbarem, lösungslöslichem Polymer, das zum Abstützen der zusammengesetzten Verbindungselemente **832**, die sich von der oberen Oberfläche des Raumtransformators substrats erstrecken, dient, "begossen". Die obere (wie gesehen) Oberfläche des überformten Substrats wird dann Polieren unterzogen, wie z.B. mit einem Polierad **838**, das auf die obere Oberfläche des Gießmaterials herabgedrückt (wie gesehen) wird. Die vorstehend erwähnten Polieransschläge **834** legen die Endposition des Polierrades fest, wie durch die mit "P" bezeichnete gestrichelte Linie angegeben. Auf diese Weise werden die Spitzen (oberen Enden, wie gesehen) der zusammengesetzten Verbindungselemente **832** so poliert, dass sie im Wesentlichen perfekt miteinander koplanar sind.

[0234] Wie vorstehend erörtert, ist ein Mechanismus (z.B. Differentialschrauben oder ein automatisierter Mechanismus) in der gesamten Nadelkartenanordnung (**500**) vorgesehen, um den Raumtransformator zu orientieren, um sicherzustellen, dass die Spitzen der elastischen Kontaktstrukturen mit einem geprüften Halbleiterwafer koplanar sind und dass die Spitzen planarisiert sind, um einen im Wesentlichen gleichzeitigen Kontakt mit dem Wafer herzustellen. Sicher trägt das Beginnen mit Spitzen, die durch Polieren (oder durch irgendein anderes geeignetes Mittel) planarisiert wurden, zum Erreichen dieses wichtigen Ziels bei. Das Sicherstellen anfangs, dass die Spitzen der Sondenelemente (**832**) koplanar sind, lockert (verringert) überdies die Zwänge, die dem Zwischenschaltbauteil (**534**) auferlegt werden, um (durch Nachgiebigkeit) Nicht-Planaritäten in den Spitzen der Sondenelemente (**832**), die sich vom Raumtransformatorbauteil erstrecken, Rechnung zu tragen.

[0235] Nachdem die Spitzen der Sondenelemente durch Polieren planarisiert wurden, wird das Gießmaterial **836** mit einem geeigneten Lösungsmittel entfernt. (Die Polieransschläge **834** werden zu diesem Zeitpunkt entfernt.) Gießmaterialien sind ebenso wie ihre Lösungsmittel gut bekannt. Es liegt innerhalb des Schutzbereichs dieser Erfindung, dass Gießmaterialien wie z.B. Wachs, die einfach weggeschmolzen werden können, verwendet werden können, um die Sondenelemente (**832**) zum Polieren abzustützen. Der Raumtransformator wurde auf diese Weise vorbereitet, um die vorstehend erwähnten Spitzenstrukturen (**820**) aufzunehmen.

[0236] Ein vorteilhafter Nebeneffekt des Poliervorgangs besteht darin, dass das Material, das den Golddrahtschaft (Kern) des zusammengesetzten Verbindungselements **832** überzieht, an der Spitze entfernt wird, wobei der Goldkern freigelassen wird. Insofern als es erwünscht ist, Spitzenstrukturen (**820**) an die Spitzen der zusammengesetzten Verbindungselemente hartzulöten, ist es erwünscht, dass

freigelegtes Goldmaterial zum Hartlöten an dieses vorliegt.

[0237] Nachdem dies gesagt wurde, ist es bevorzugt, den Raumtransformator zum Aufnehmen der Spitzenstrukturen weiter "vorzubereiten", indem zuerst ein zusätzlicher Plattierungsschritt durchgeführt wird – nämlich Nickelplattieren der zusammengesetzten Verbindungselemente **832**, um die zusammengesetzten Verbindungselemente mit dem vorstehend erwähnten restlichen kleinen Teil (z.B. 20%) ihrer gewünschten gesamten Nickeldicke zu versehen.

[0238] Das in **Fig. 8B** gezeigte vorbereitete Substrat wird nun auf dem vorbereiteten Raumtransformator zum Aufliegen gebracht. Wie in **Fig. 8D** gezeigt, werden die Spitzenstrukturen **820** (nur zwei Spitzenstrukturen sind wegen der Darstellungsdeutlichkeit in der Ansicht von **Fig. 8D** gezeigt) auf die Spitzen der zusammengesetzten Verbindungselemente **832** unter Verwendung von Standard-Flip-Chip-Verfahren (z.B. Zerlegungsprisma) ausgerichtet und die Anordnung wird durch einen Hartlötoven geleitet, um das Verbindungsmaterial **824** aufzuschmelzen, wodurch die vorgefertigten Spitzenstrukturen **820** mit den Enden der Kontaktstrukturen **832** verbunden (z.B. an diese hartgelötet) werden.

[0239] Es liegt innerhalb des Schutzbereichs dieser Erfindung, dass dieses Verfahren zum Verbinden (z.B. Hartlöten) von vorgefertigten Spitzenstrukturen mit (an) Enden von nichtelastischen Kontaktstrukturen, elastischen Kontaktstrukturen, zusammengesetzten Verbindungselementen und dergleichen verwendet werden kann.

[0240] Während des Aufschmelzprozesses verhindert die freigelegte Aluminiumschicht (**806**), die nicht benetzbar ist, dass Lötmetall (d.h. Hartlot) zwischen den Spitzenstrukturen **820** fließt, d.h. verhindert, dass sich Lötmetallbrücken zwischen benachbarten Spitzenstrukturen bilden. Zusätzlich zu dieser Antibetzungsfunktion der Aluminiumschicht dient die Aluminiumschicht auch als Löseschicht. Unter Verwendung eines geeigneten Ätzmittels wird das Aluminium bevorzugt (gegenüber den anderen Materialien der Anordnung) weggeätzt und das Siliziumsubstrat **802** "springt" einfach ab, was zu einem Raumtransformator mit zusammengesetzten Verbindungselementen (Sondenelementen) mit jeweils einer vorgefertigten Spitzenstruktur führt, wie in **Fig. 8E** dargestellt. (Man beachte, dass das Verbindungsmaterial **824** als "Ausrundungen" an Endteilen der Sondenelemente **832** aufgeschmolzen ist.) In einem Endschritt des Prozesses wird das restliche Kupfer (**808**) weggeätzt, wobei die Spitzenstruktur **820** mit Nickel (oder Rhodium, wie vorstehend erörtert), die zur Herstellung eines Kontakts mit Anschlüssen eines geprüften elektronischen Bauteils freiliegt, belassen wird.

[0241] Es liegt zwar innerhalb des Schutzbereichs dieser Erfindung, es ist jedoch im Allgemeinen nicht bevorzugt, dass zusammengesetzte Verbindungselemente (wie z.B. **832**) zuerst an den Spitzenstrukturen selbst im "Geiste" des mit Bezug auf die **Fig. 2D–2F** beschriebenen Verfahrens unter Verwendung der Spitzenstrukturmetallurgie, die mit Bezug auf **Fig. 8A** beschrieben wurde, hergestellt und anschließend an dem Raumtransformatorsubstrat montiert werden können.

[0242] Es liegt innerhalb des Schutzbereichs der Erfindung, dass die Hartlöt- (Weichlöt-) Paste **824** weggelassen wird und an ihrer Stelle eine Schicht aus eutektischem Material (z.B. Gold-Zinn) auf die elastischen Kontaktstrukturen vor der Montage der Kontaktspitzen (**820**) an diesen plattiert wird.

[0243] Obwohl die Erfindung in den Zeichnungen und in der vorangehenden Beschreibung im einzelnen dargestellt und beschrieben wurde, soll dasselbe als im Charakter erläuternd und nicht einschränkend betrachtet werden – wobei es selbstverständlich ist, dass nur bevorzugte Ausführungsbeispiele gezeigt und beschrieben wurden. Zweifellos kommen viele andere "Veränderungen" an den vorstehend dargelegten "Themen" einem üblichen Fachmann in den Sinn, den die vorliegende Erfindung am nächsten betrifft. Verschiedene dieser Veränderungen sind in der Hauptakte dargelegt.

[0244] In irgendeinem der hierin beschriebenen oder vorgeschlagenen Ausführungsbeispiele, in denen beispielsweise ein Maskierungsmaterial (z.B. Photoresist) auf ein Substrat aufgebracht und wie z.B. durch Belichten mit Licht, das durch eine Maske hindurchtritt, und chemisches Entfernen von Teilen des Maskierungsmaterials (d.h. herkömmliche photolithographische Verfahren) strukturiert wird, können alternative Verfahren verwendet werden, einschließlich Richten eines geeigneten kollimierten Lichtstrahls (z.B. von einem Excimerlaser) auf Teile des Maskierungsmaterials (z.B. unstrukturierter, gehärteter Photoresist), dessen Entfernung angestrebt wird, wodurch diese Teile des Maskierungsmaterials abgetragen werden, oder direktes (ohne Verwendung einer Maske) Härten von Teilen des Maskierungsmaterials mit einem geeigneten kollimierten Lichtstrahl, dann chemisches Abwaschen des nicht-gehärteten Maskierungsmaterials.

[0245] Vorstehend wurde angedeutet, dass die zusammengesetzten Verbindungselemente der vorliegenden Erfindung nur ein Beispiel von geeigneten elastischen Kontaktstrukturen sind, die direkt an Anschlüssen eines Raumtransformatorbauteils einer Nadelkartenanordnung montiert werden können. Es liegt beispielsweise innerhalb der Schutzbereichs dieser Erfindung, dass Nadeln aus einem von Natur aus elastischen Material (mir relativ hoher Dehngren-

ze), wie z.B. Wolfram, mit einem Material, wie z.B. Weichlot oder Gold, überzogen werden kann, um sie lötfähig zu machen, wobei sie wahlweise in einem gewünschten Muster abgestützt werden und an die Anschlüsse des Raumtransformators weichgelötet werden.

Patentansprüche

1. Nadelkartenanordnung mit:
einer Nadelkarte (**502**) mit einer Vielzahl von elektrischen Kontakten (**510**);
einem Raumtransformator (**506**), der beweglich an der Nadelkarte befestigt ist und eine Vielzahl von länglichen, elastischen Sondenelementen (**524**) umfasst, wobei gewisse der länglichen, elastischen Sondenelemente (**524**) mit gewissen der elektrischen Kontakte (**510**) in elastischer oder nachgiebiger elektrischer Verbindung stehen; und
einem Einstellmittel (**536**, **538**, **546**), das so angeordnet ist, dass es eine Orientierung des SONDENSUBSTRATS (**506**) bezüglich der Nadelkarte (**502**) beeinflusst, ohne die Orientierung der Nadelkarte zu verändern, um die Spitzen der Sondenelemente (**524**) zu planarisieren.

2. Nadelkartenanordnung nach Anspruch 1, wobei die Bewegung des Einstellmittels (**536**, **538**, **546**) in einer ersten Richtung bewirkt, dass sich zumindest ein Teil des Raumtransformators (**506**) von der Nadelkarte (**502**) wegbewegt.

3. Nadelkartenanordnung nach Anspruch 2, wobei die Bewegung des Einstellmittels (**536**, **538**, **546**) in einer zweiten Richtung ermöglicht, dass sich zumindest ein Teil des Raumtransformators (**506**) in Richtung der Nadelkarte (**502**) bewegt.

4. Nadelkartenanordnung nach Anspruch 1, wobei das Einstellmittel (**536**) eine Differentialschraube umfasst.

5. Nadelkartenanordnung nach Anspruch 1, wobei das Einstellmittel (**536**, **538**, **546**) einen Servomechanismus (**552**) umfasst.

6. Nadelkartenanordnung nach Anspruch 1, wobei das Einstellmittel (**536**, **538**, **546**) ein piezoelektrisches Stellglied umfasst.

7. Nadelkartenanordnung nach Anspruch 1, welche ferner eine Vielzahl der Einstellmittel (**536**, **538**, **546**) umfasst.

8. Nadelkartenanordnung nach Anspruch 1, wobei die Sondenelemente (**324**) einen Kern aus einem ersten Material (**112**) und eine Beschichtung aus einem zweiten Material (**114**) umfassen, wobei das zweite Material elastischer ist als das erste Material.

9. Nadelkartenanordnung nach Anspruch 1, welche ferner umfasst eine Zwischenschalteinrichtung (**504**), die zum Vorsehen von nachgiebigen elektrischen Verbindungen zwischen der Nadelkarte (**502**) und dem Raumtransformator (**506**) angeordnet ist.

10. Nadelkartenanordnung nach Anspruch 9, wobei die Zwischenschalteinrichtung längliche, elastische Kontaktelemente (**514**, **516**) umfasst, die die Nadelkarte (**502**) und den Raumtransformator (**506**) elektrisch miteinander verbinden.

11. Verfahren zum Ausrichten von Spitzen von Sondenelementen, umfassend:
Vorsehen einer Nadelkarte (**502**) mit einer Vielzahl von elektrischen Kontakten (**510**);
Vorsehen eines Raumtransformators (**506**), der beweglich an der Nadelkarte (**502**) befestigt ist und eine Vielzahl von länglichen, elastischen Sondenelementen (**524**) umfasst, wobei gewisse der länglichen, elastischen Sondenelemente (**524**) mit gewissen der elektrischen Kontakte in elastischer oder nachgiebiger elektrischer Verbindung stehen; und
Ausrichten der Spitzen der Sondenelemente (**524**) durch Verändern einer Orientierung des Raumtransformators (**506**) bezüglich der Nadelkarte (**502**), ohne die Orientierung der Nadelkarte zu verändern, um die Spitzen der Sondenelemente zu planarisieren.

12. Verfahren nach Anspruch 11, wobei das Verändern das Bewegen eines Einstellmittels (**536**, **538**, **546**) umfasst, das so angeordnet ist, dass es eine Orientierung des Raumtransformators (**506**) bezüglich der Nadelkarte (**502**) beeinflusst.

13. Verfahren nach Anspruch 12, wobei das Einstellmittel eine Differentialschraube umfasst.

14. Verfahren nach Anspruch 11, wobei das Bewegen des Einstellmittels (**536**, **538**, **546**) in einer ersten Richtung bewirkt, dass sich zumindest ein Teil des Raumtransformators (**506**) in Richtung der Nadelkarte bewegt.

15. Verfahren nach Anspruch 14, wobei das Bewegen des Einstellmittels (**536**, **538**, **546**) in einer zweiten Richtung ermöglicht, dass sich zumindest ein Teil des Raumtransformators (**506**) von der Nadelkarte wegbewegt.

16. Verfahren nach Anspruch 11, welches ferner das Bewegen einer Vielzahl der Einstellmittel (**536**, **538**, **546**) umfasst.

17. Verfahren nach Anspruch 11, wobei das Verändern das Betätigen eines Servomechanismus umfasst, der zum Verändern einer Position des Raumtransformators (**506**) bezüglich der Nadelkarte angeordnet ist.

18. Verfahren nach Anspruch 11, wobei das Verändern das Betätigen eines piezoelektrischen Stellgliedes umfasst, das zum Verändern einer Position des Raumtransformators bezüglich der Nadelkarte angeordnet ist.

19. Verfahren nach Anspruch 11, wobei die Sonderelemente einen Kern aus einem ersten Material und eine Beschichtung aus einem zweiten Material umfassen, wobei das zweite Material elastischer ist als das erste Material.

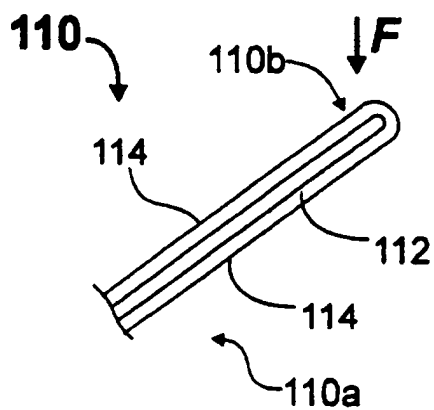
20. Verfahren nach Anspruch 11, wobei das Ausrichten das Ausrichten der Spitzen auf eine Ausrichtungsplatte (**534**, **538**) umfasst.

21. Verfahren nach Anspruch 11, welches ferner umfasst: Vorsehen einer Zwischenschalteinrichtung (**504**), die zum Vorsehen von nachgiebigen elektrischen Verbindungen zwischen der Nadelkarte und dem Raumtransformator angeordnet ist.

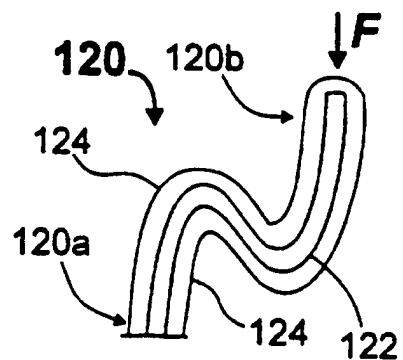
22. Verfahren nach Anspruch 21, wobei die Zwischenschalteinrichtung längliche, elastische Kontaktelemente (**514**, **516**) umfasst, die die Nadelkarte und den Raumtransformator elektrisch miteinander verbinden.

Es folgen 12 Blatt Zeichnungen

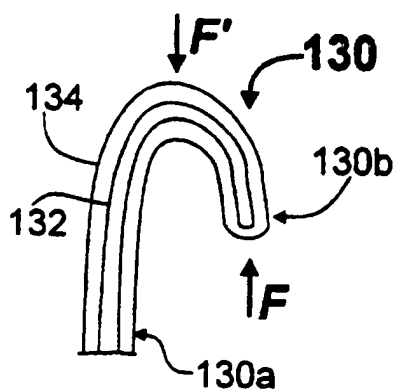
Figur 1A



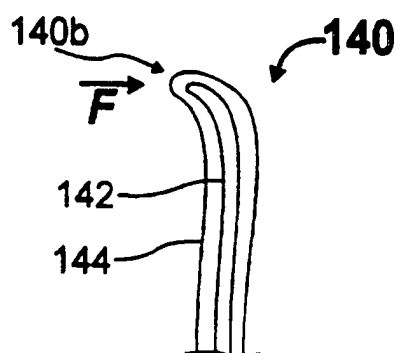
Figur 1B



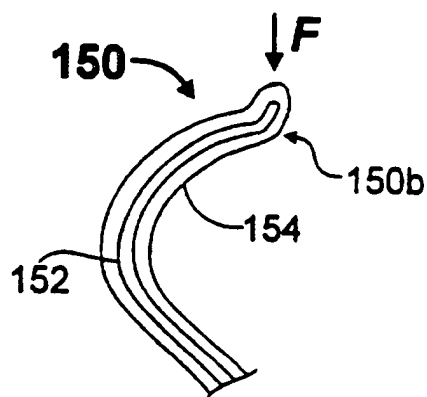
Figur 1C



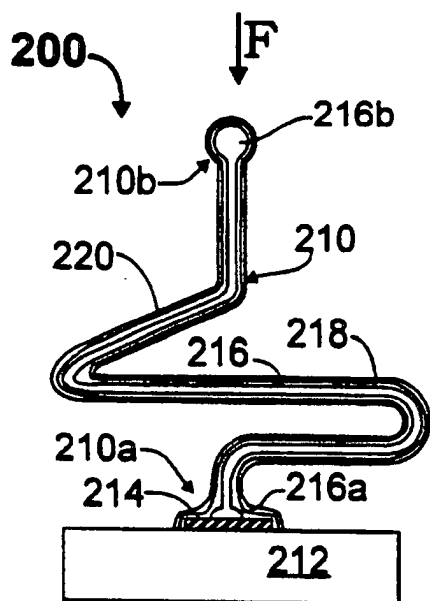
Figur 1D



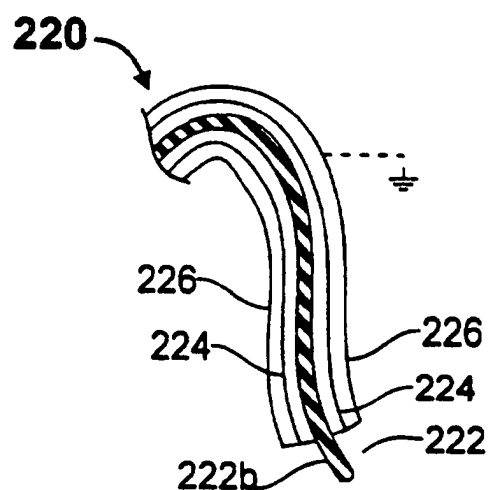
Figur 1E



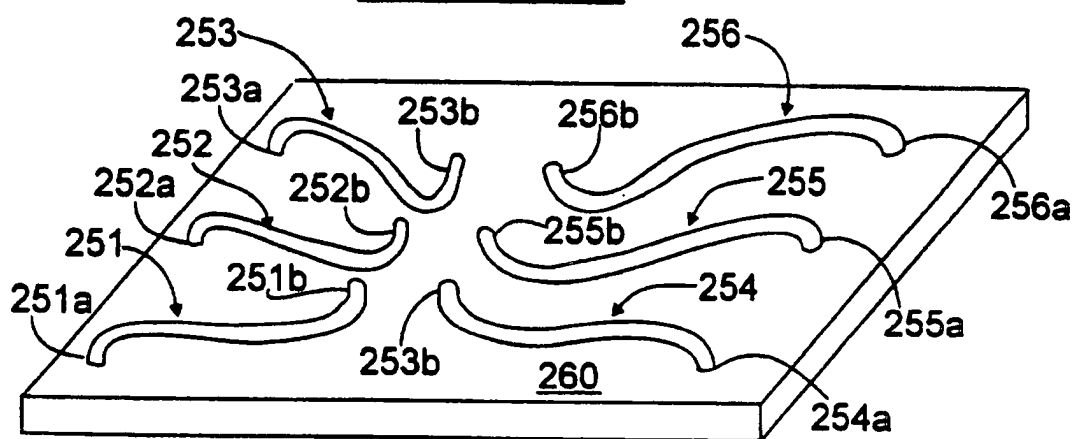
Figur 2A



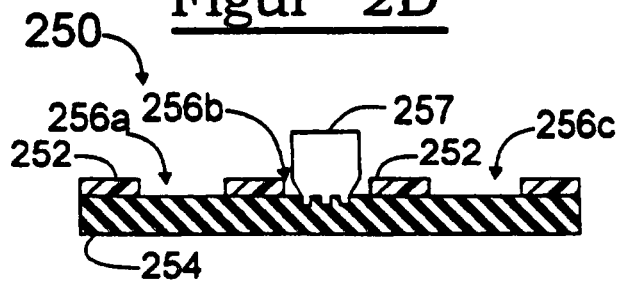
Figur 2B



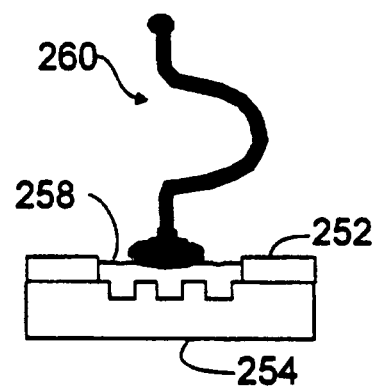
Figur 2C



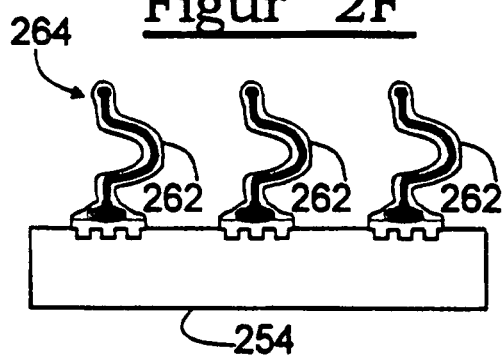
Figur 2D



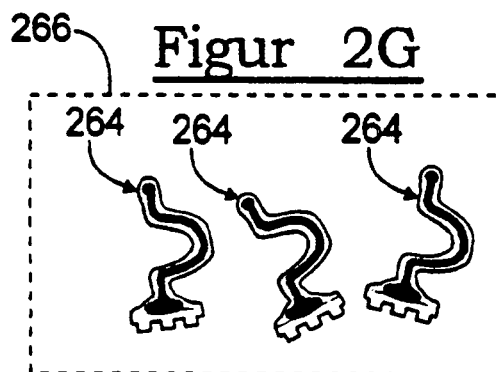
Figur 2E



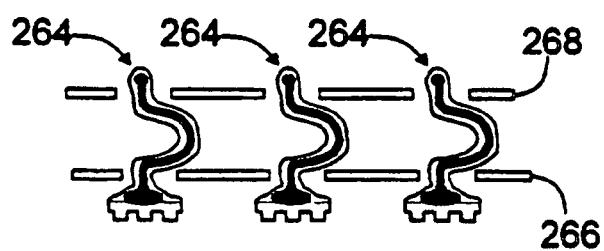
Figur 2F



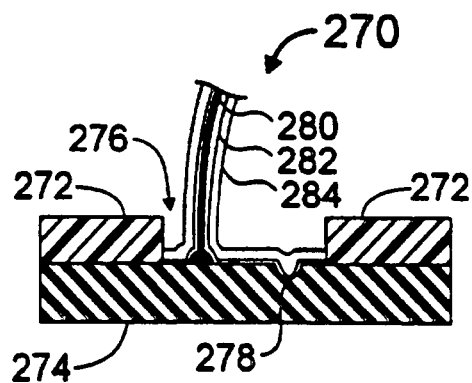
Figur 2G



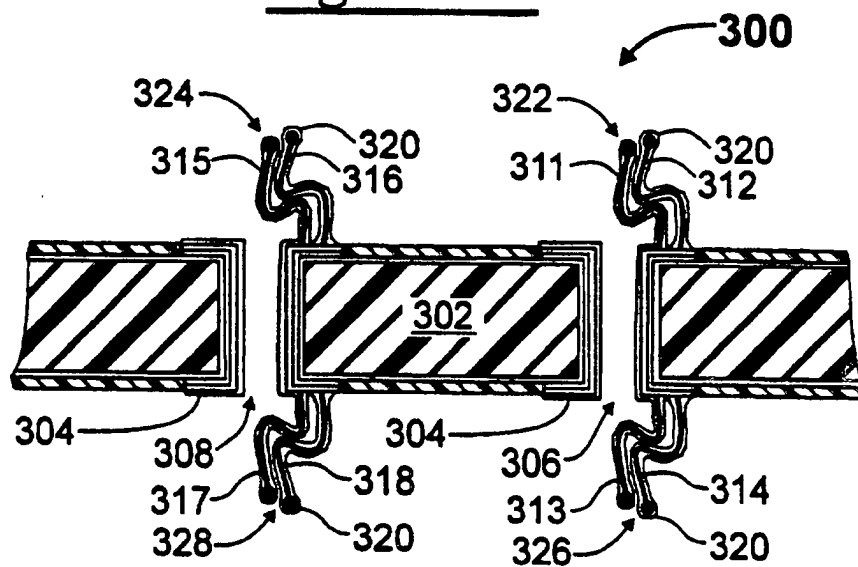
Figur 2H



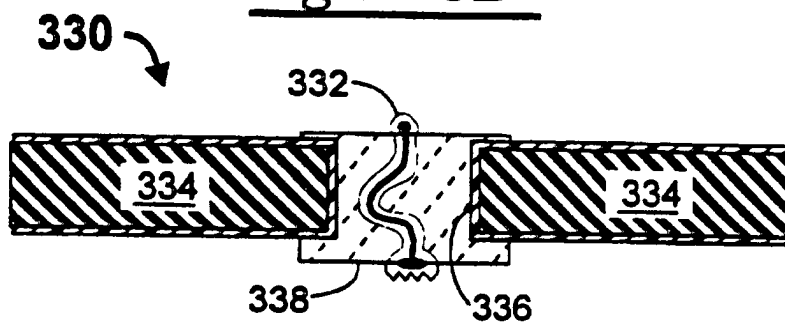
Figur 2I



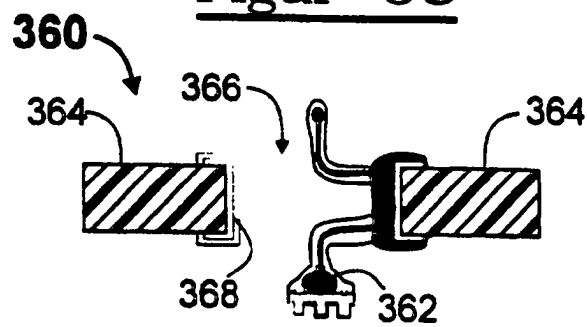
Figur 3A



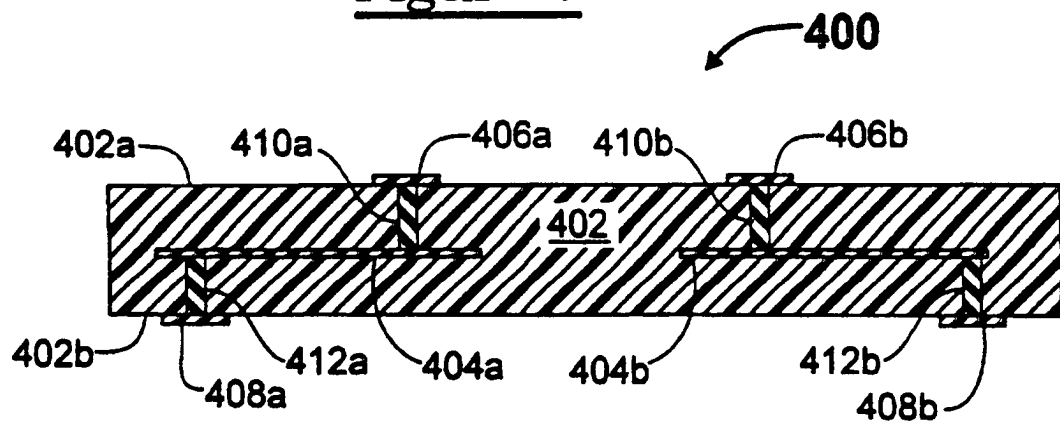
Figur 3B



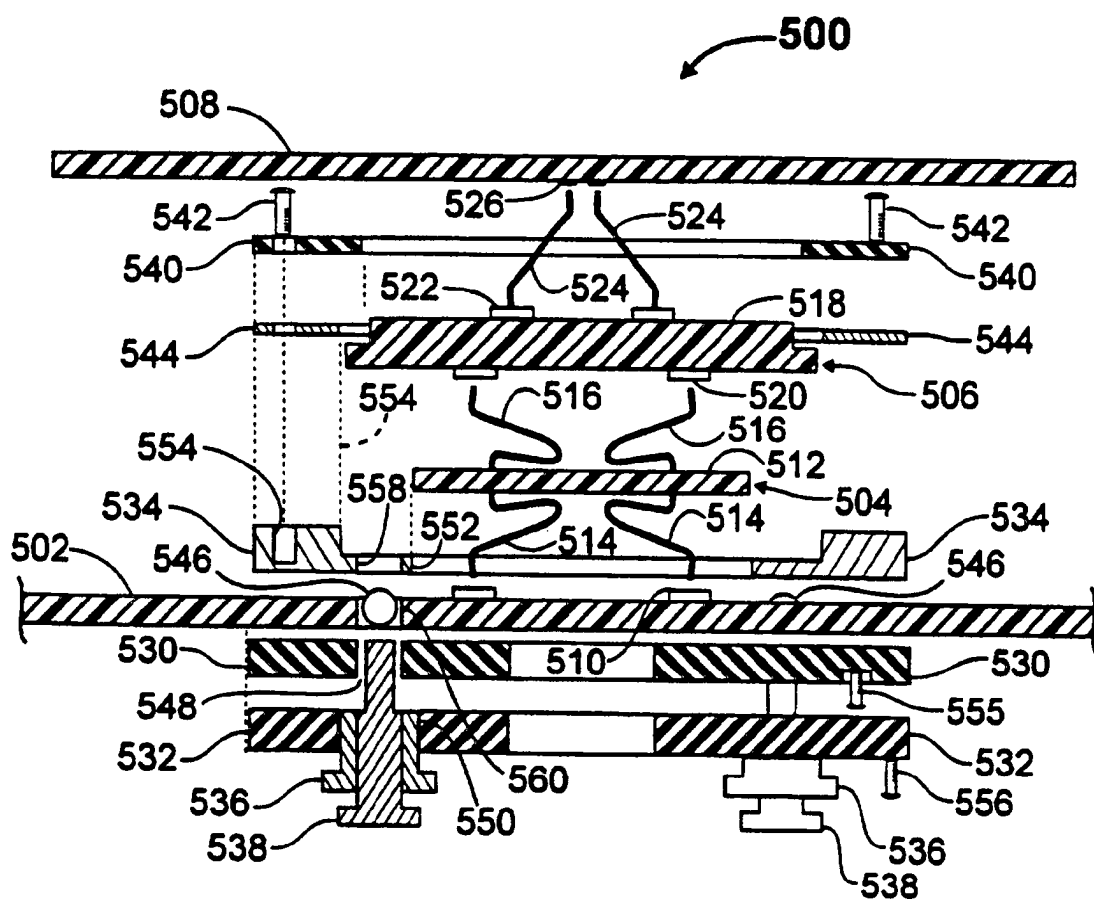
Figur 3C



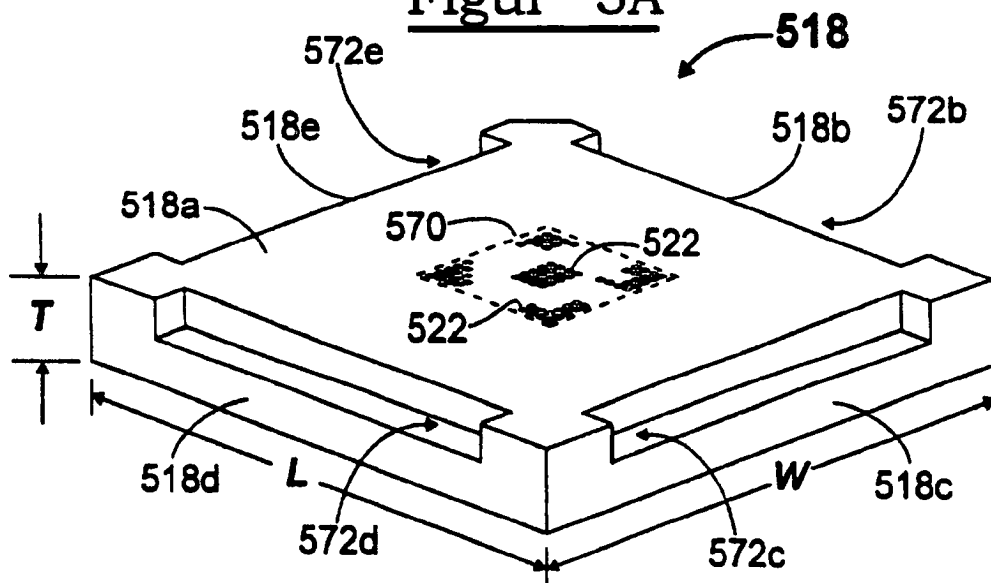
Figur 4



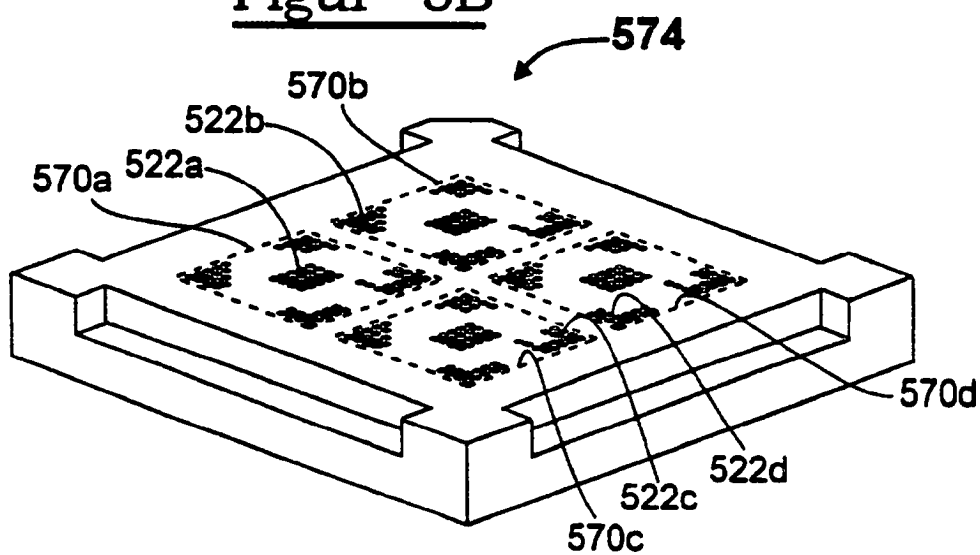
Figur 5

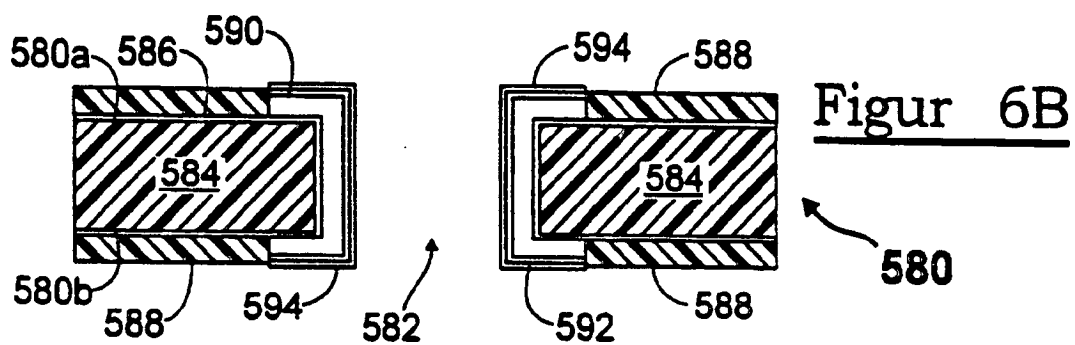
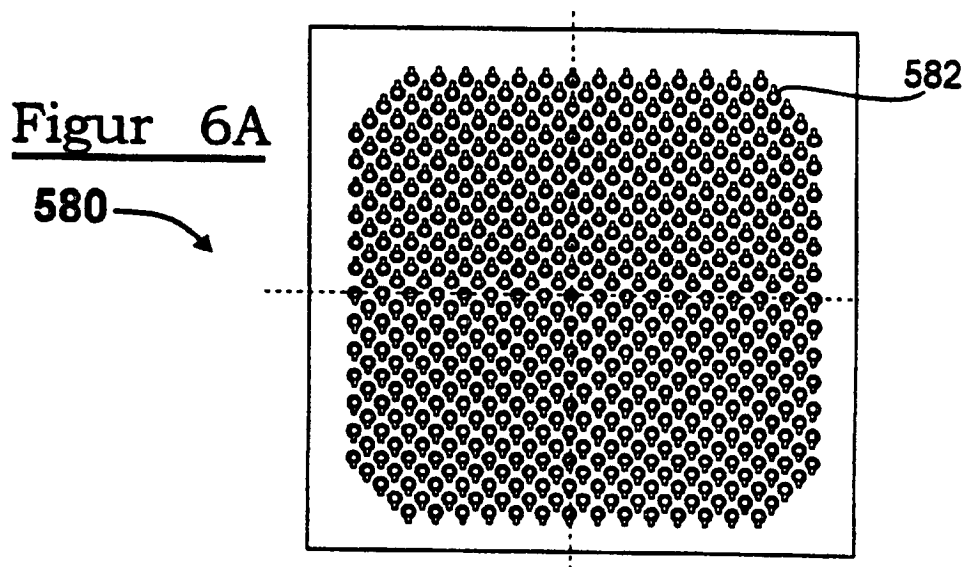
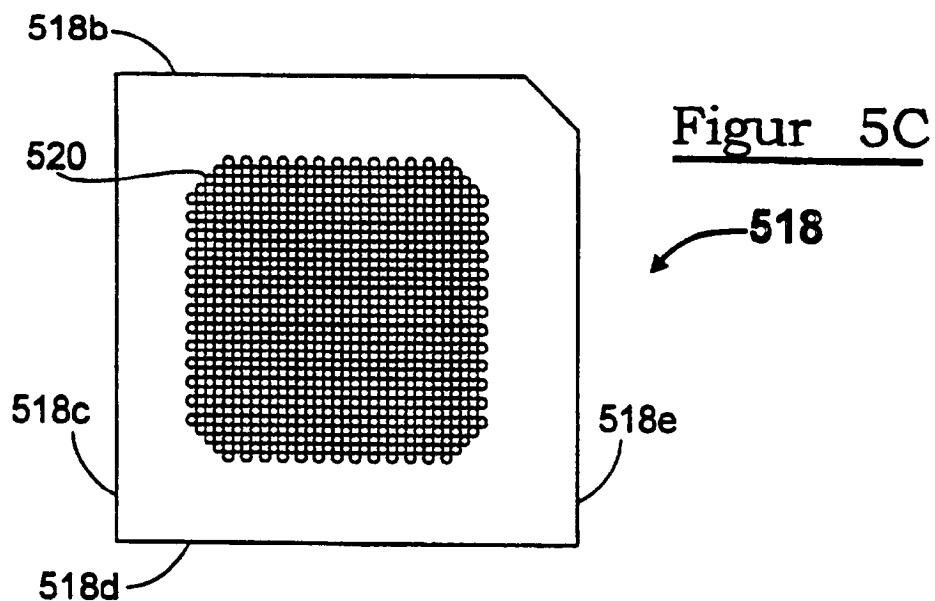


Figur 5A

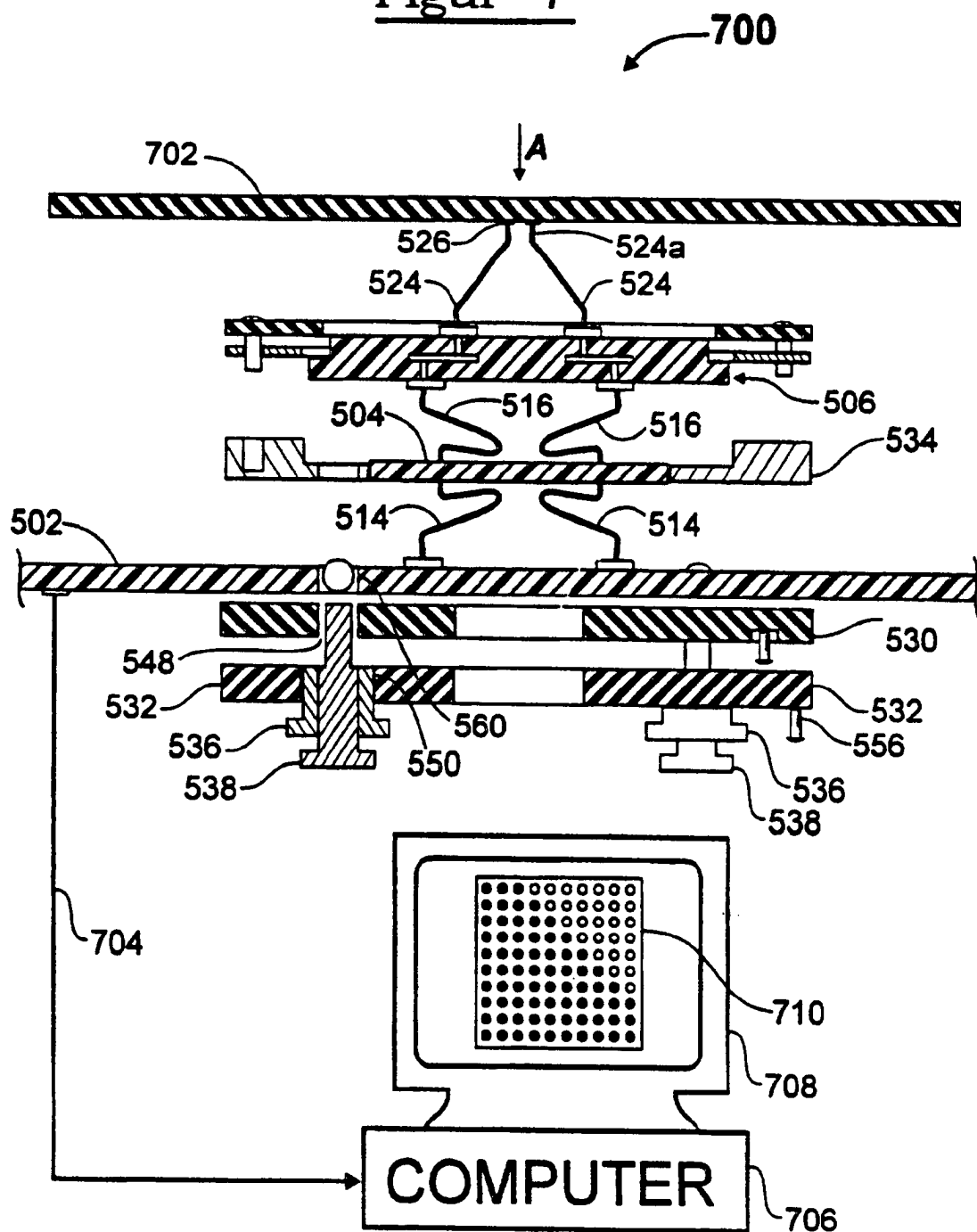


Figur 5B

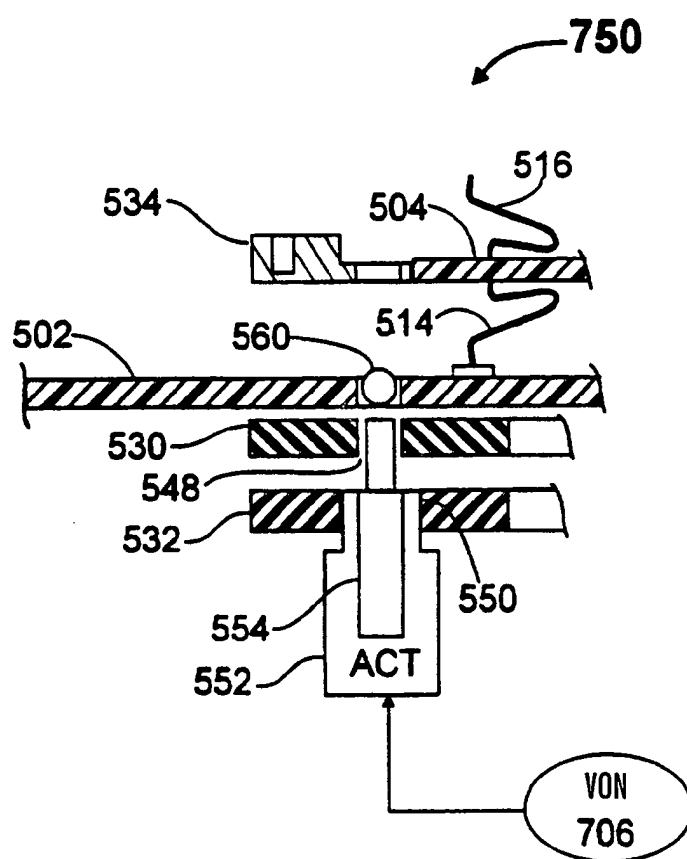




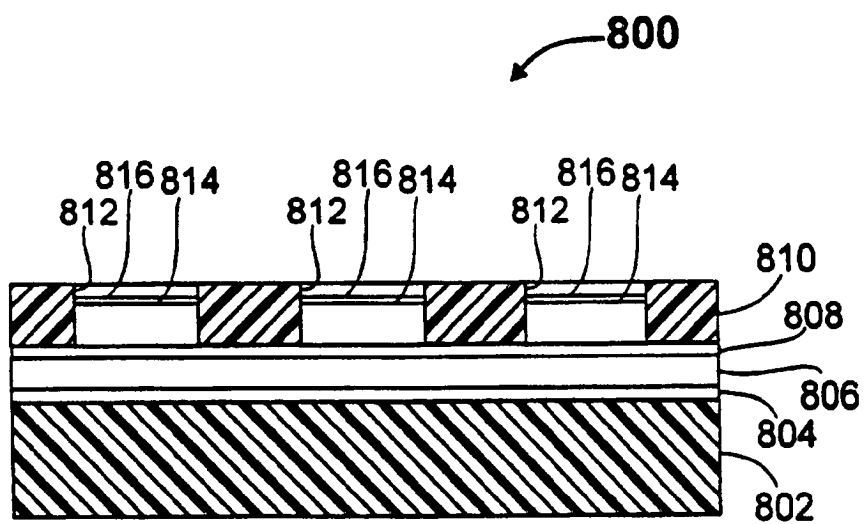
Figur 7



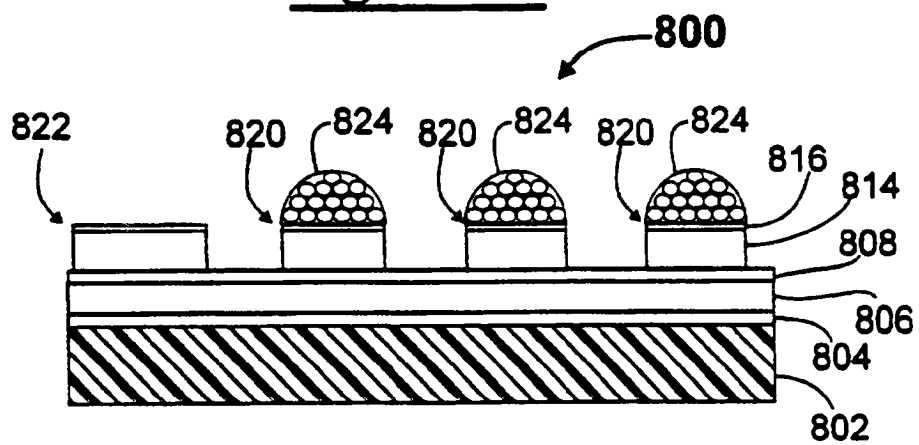
Figur 7A



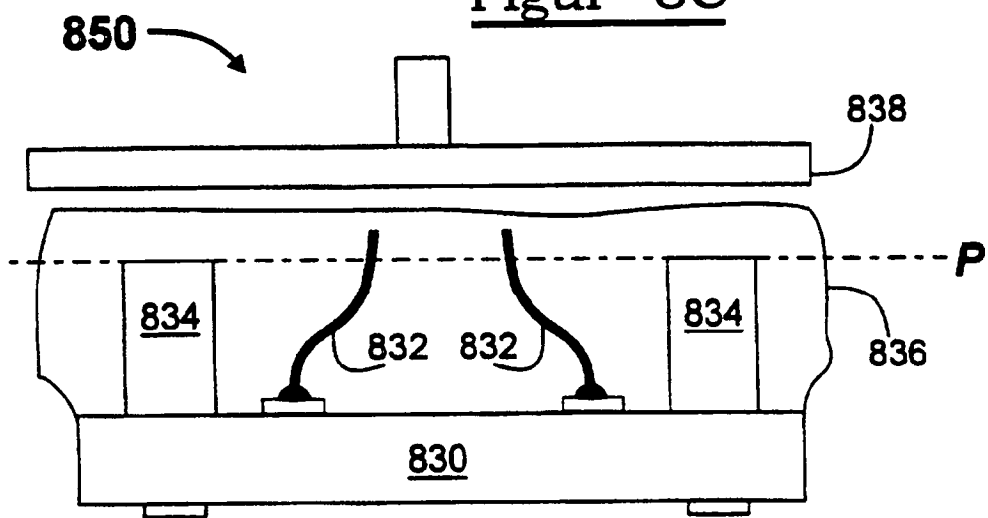
Figur 8A



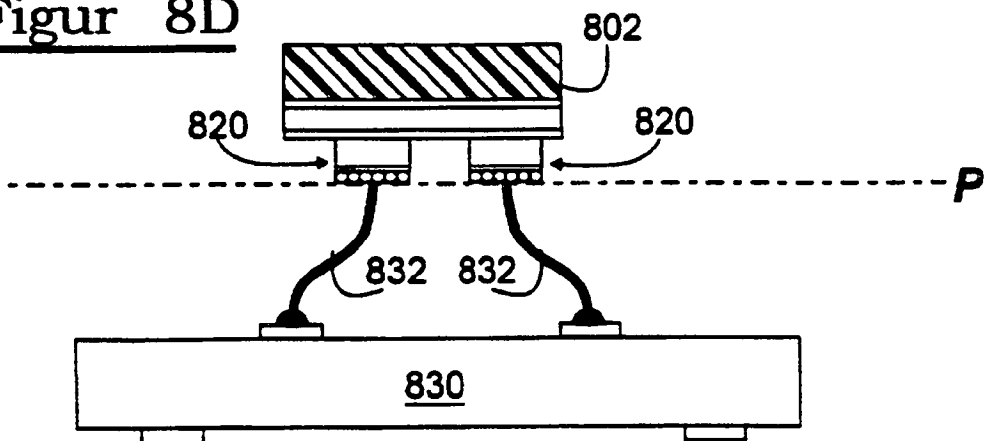
Figur 8B



Figur 8C



Figur 8D



Figur 8E

