



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 699 08 638 T2 2004.04.29**

(12)

## Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) **EP 1 135 690 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **699 08 638.8**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/US99/28597**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **99 964 067.5**

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 00/33089**

(86) PCT-Anmeldetag: **01.12.1999**

(87) Veröffentlichungstag  
der PCT-Anmeldung: **08.06.2000**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **26.09.2001**

(97) Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung beim EPA: **04.06.2003**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **29.04.2004**

(51) Int Cl.<sup>7</sup>: **G01R 1/067**

**G01R 3/00, H01L 23/48, H01L 21/48,  
G01B 7/34, G01N 27/00**

(30) Unionspriorität:

<b>205023</b>	<b>02.12.1998</b>	<b>US</b>
<b>205022</b>	<b>02.12.1998</b>	<b>US</b>

(73) Patentinhaber:

**Formfactor, Inc., Livermore, Calif., US**

(74) Vertreter:

**Kahler, Käck & Mollekopf, 86899 Landsberg**

(84) Benannte Vertragsstaaten:

**DE, FR, GB, IT**

(72) Erfinder:

**MATHIEU, L., Gaetan, Livermore, US; ELDRIDGE,  
N., Benjamin, Danville, US; GRUBE, W., Gary,  
Pleasanton, US**

(54) Bezeichnung: **LITHOGRAPHISCHE KONTAKTSTRUKTUREN**

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**

HINTERGRUND DER ERFINDUNG Gebiet der Erfindung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verbindungs- (Kontakt-) Element, das sich für wirksame Druckverbindungen zwischen elektronischen Bauteilen eignet.

Beschreibung des Standes der Technik

[0002] Verbindungs- oder Kontaktelemente können verwendet werden, um Bauelemente eines elektronischen Bauteils oder ein elektronisches Bauteil mit einem anderen elektronischen Bauteil zu verbinden. Ein Kontaktelement kann beispielsweise verwendet werden, um zwei Schaltungen eines integrierten Schaltkreischips oder mit einer anwendungsspezifischen integrierten Schaltung (ASIC) zu verbinden. Kontaktelemente können auch verwendet werden, um den integrierten Schaltkreischip mit einem Chipgehäuse zu verbinden, das sich zum Montieren auf einer Leiterplatte eines Computers oder eines anderen elektronischen Geräts eignet. Kontaktelemente können ferner verwendet werden, um den integrierten Schaltkreischip mit einem Testbauelement wie z. B. einer Nadelkartenanordnung oder einer anderen Leiterplatte (PCB) zu verbinden, um den Chip zu testen.

[0003] Im Allgemeinen können Verbindungs- oder Kontaktelemente zwischen elektronischen Bauteilen in zumindest die zwei breiten Kategorien von "relativ permanent" und "leicht demontierbar" klassifiziert werden.

[0004] Ein Beispiel eines "relativ permanenten" Kontaktelements ist ein Bonddraht. Sobald zwei elektronische Bauteile durch Bonden eines Kontaktelements mit jedem elektronischen Bauteil miteinander verbunden sind, muss ein Prozess des Entbondens verwendet werden, um die Bauteile zu trennen. Ein Bonddraht-Kontaktelement, wie z. B. zwischen einem integrierten Schaltkreischip oder -plättchen und den inneren Anschlussleitungen eines Chips oder Gehäuses (oder den inneren Enden von Anschlusskammzinken), verwendet typischerweise ein "relativ permanentes" Kontaktelement.

[0005] Ein Beispiel eines "leicht demontierbaren" Kontaktelements ist das Kontaktelement zwischen starren Stiften eines elektronischen Bauteils, die von elastischen Hülselementen eines anderen elektronischen Bauteils aufgenommen werden. Eine zweite Art eines "leicht demontierbaren" Kontaktelements ist ein Kontaktelement, das selbst elastisch oder federartig ist oder in oder an einem Feder- oder elastischen Medium montiert ist. Ein Beispiel eines Kontaktelements ist eine Wolframnadel eines Nadelkartenbauteils. Das Kontaktelement eines Nadelkartenbauteils ist typischerweise vorgesehen, um eine vorübergehende Druckverbindung zwischen einem elektronischen Bauteil, an dem das Federkontaktele-

ment montiert ist, und Anschlüssen eines zweiten elektronischen Bauteils wie z. B. eines getesteten Halbleiterbauelements zu bewirken.

[0006] Hinsichtlich Federkontaktelementen ist im Allgemeinen eine bestimmte minimale Kontaktkraft erwünscht, um einen zuverlässigen Druckkontakt mit einem elektronischen Bauteil (z. B. mit Anschlüssen an einem elektronischen Bauteil) zu bewirken. Eine Kontakt- (Last-) Kraft von ungefähr 15 Gramm (einschließlich nicht mehr als 2 Gramm oder weniger oder nicht weniger als 150 Gramm oder mehr pro Anschluss) kann beispielsweise erwünscht sein, um eine zuverlässige elektrische Druckverbindung mit einem Anschluss eines elektronischen Bauteils zu bewirken.

[0007] Ein zweiter interessierender Faktor bezüglich Federkontaktelementen ist die Form und Metallurgie des Teils des Federkontaktelements, der eine Druckverbindung mit dem Anschluss des elektronischen Bauteils herstellt. Bezüglich der Wolframnadel als Federkontaktelement ist das Kontaktende beispielsweise durch die Metallurgie des Verbindungselements (z. B. Wolfram) begrenzt, und wenn die Wolframnadel im Durchmesser kleiner wird, wird es entsprechend schwieriger, eine gewünschte Form am Kontaktende zu steuern oder herzustellen.

[0008] In bestimmten Fällen sind Federkontaktelemente selbst nicht elastisch, sondern werden vielmehr durch eine elastische Membran abgestützt. Membransonden veranschaulichen diese Situation, wobei eine Vielzahl von Mikrohöckern auf einer elastischen Membran angeordnet sind. Wiederum begrenzt die zum Herstellen solcher Kontaktelemente erforderliche Technologie die Entwurfswahl für die Form und Metallurgie des Kontaktteils der Kontaktelemente.

[0009] Die im gemeinsamen Besitz stehende US-Patentanmeldung Nr. 08/152 812, eingereicht am 16. November 1993 (nun US-Patent Nr. 4 576 211, herausgegeben am 19. Dezember 1995), und ihr Gegenstück, die im gemeinsamen Besitz stehende, gleichzeitig anhängige "Ausscheidungs"-US-Patentanmeldung Nrn. 08/457 479, eingereicht am 1. Juni 1995 (nun US-Patent Nr. 6 049 976) und 08/570 230, eingereicht am 11. Dezember 1995 (nun US-Patent Nr. 5 892 871), alle von Khandros, offenbaren Verfahren zur Herstellung von Federkontaktelementen. In einem bevorzugten Ausführungsbeispiel beinhalten diese Federkontaktelemente, die sich besonders für mikroelektronische Anwendungen eignen, das Montieren eines Endes eines biegsamen, langgestreckten Kernelements (z. B. eines Draht-"Stegs" oder -"Gerüsts") an einem Anschluss an einem elektronischen Bauteil, das Beschichten des biegsamen Kernelements und einer benachbarten Oberfläche des Anschlusses mit einem "Mantel" aus einem oder mehreren Materialien. Ein Fachmann kann eine Kombination aus Dicke, Dehngrenze und Elastizitätsmodul des Kern- und Mantelmaterials auswählen, um eine zufriedenstellende Kraft-Durch-

biegungs-Kennlinie der resultierenden Federkontaktelemente bereitzustellen. Beispielhafte Materialien für das Kernelement umfassen Gold. Beispielhafte Materialien für die Beschichtung umfassen Nickel und seine Legierungen. Das resultierende Federkontaktelement wird geeignet verwendet, um Druck- oder demontierbare Verbindungen zwischen zwei oder mehr elektronischen Bauteilen, einschließlich Halbleiterbauelementen, zu bewirken.

[0010] Die im gemeinsamen Besitz stehende, gleichzeitig anhängige US-Patentanmeldung Nr. 08/340 144, eingereicht am 15. November 1994, und ihre entsprechende PCT-Patentanmeldung Nr. PCT/US94/13373, eingereicht am 16. November 1994 (WO 95/14314, veröffentlicht am 16. Mai 1995), beide von Khandros und Mathieu, offenbaren eine Anzahl von Anwendungen für die vorstehend erwähnten Federkontaktelemente und offenbaren auch Verfahren zum Herstellen von Kontaktstellen an den Enden der Federkontaktelemente. Eine Vielzahl von negativen Vorsprüngen oder Löchern, die in Form von umgekehrten Pyramiden, die in Spitzen enden, vorliegen können, werden beispielsweise in der Oberfläche einer Opferschicht (Substrat) ausgebildet. Diese Löcher werden dann mit einer Kontaktstruktur gefüllt, die Schichten aus Material wie z. B. Gold oder Rhodium und Nickel umfasst. Ein biegsames, langgestrecktes Element wird an der resultierenden Kontaktelementstruktur montiert und kann in der vorstehend beschriebenen Weise überzogen werden. In einem Endschrift wird das Opfersubstrat entfernt. Das resultierende Federkontaktelement weist eine Kontaktstelle mit gesteuerter Geometrie (z. B. einen scharfen Punkt) an seinem freien Ende auf.

[0011] Die im gemeinsamen Besitz stehende, gleichzeitig anhängige US-Patentanmeldung Nr. 08/452 255, eingereicht am 26. Mai 1995, und ihre entsprechende PCT-Patentanmeldung Nr. PCT/US95/14909, eingereicht am 13. November 1995 (WO96/17278, veröffentlicht am 6. Juni 1996), beide von Eldridge, Grube, Khandros und Mathieu, offenbaren zusätzliche Verfahren und Metallurgien zum Herstellen von Kontaktspitzenstrukturen auf Opfersubstraten sowie Verfahren zum Überführen einer Vielzahl von daran montierten Federkontaktelementen massenweise zu Anschlüssen eines elektronischen Bauteils.

[0012] Die im gemeinsamen Besitz stehende, gleichzeitig anhängige vorläufige US-Patentanmeldung Nr. 60/005 189, eingereicht am 17. Mai 1996, und ihre entsprechende PCT-Patentanmeldung Nr. PCT/US96/08107, eingereicht am 24. Mai 1996 (WO 96/37332, veröffentlicht am 28. November 1996), beide von Eldridge, Khandros und Mathieu, offenbaren Verfahren, durch die eine Vielzahl von Kontaktspitzenstrukturen mit einer entsprechenden Vielzahl von langgestreckten Kontaktelementen verbunden werden, die bereits an einem elektronischen Bauteil montiert sind. Es werden auch Verfahren zum Her-

stellen von "langgestreckten" Kontaktspitzenstrukturen in Form von Kragarmen offenbart. Die Kragarmspitzenstrukturen können zwischen einem Ende derselben und einem entgegengesetzten Ende derselben verjüngt sein. Die Kragarmspitzenstrukturen eignen sich zum Montieren an bereits existierenden (d. h. vorher hergestellten) erhabenen Kontaktelementen, die sich (z. B. frei stehend) von entsprechenden Anschlüssen eines elektronischen Bauteils erstrecken.

[0013] Die im gemeinsamen Besitz stehende, gleichzeitig anhängige US-Patentanmeldung Nr. 60/024 555, eingereicht am 26. August 1996, von Eldridge, Khandros und Mathieu, offenbart repräsentativ ein Verfahren, durch das eine Vielzahl von langgestreckten Spitzenstrukturen mit verschiedenen Längen zueinander so angeordnet werden können, dass ihre äußeren Enden in einem größeren Abstand angeordnet werden als ihre inneren Enden. Die inneren "Kontakt"-Enden können zueinander kollinear sein, um Verbindungen mit elektronischen Bauteilen mit Anschlüssen, die entlang einer Linie wie z. B. einer Mittellinie des Bauteils angeordnet sind, zu bewirken.

[0014] Da die elektronischen Bauteile immer kleiner werden und der Abstand zwischen Anschlüssen an den elektronischen Bauteilen immer enger wird oder das Rastermaß immer feiner wird, wird es immer schwieriger, Verbindungen, einschließlich Federkontaktelementen, herzustellen, die sich zum Herstellen einer elektrischen Verbindung mit Anschlüssen eines elektronischen Bauteils eignen. Die gleichzeitig anhängige und im gemeinsamen Besitz stehende US-Patentanmeldung Seriennr. 08/802 054 mit dem Titel "Microelectronic Contact Structure, and Method of Making Same" offenbart ein Verfahren zum Herstellen von Federkontaktelementen durch lithographische Verfahren. In einem Ausführungsbeispiel offenbart diese Anmeldung das Ausbilden eines Federkontaktelements (einschließlich eines Federkontaktelements, das ein Kragarmbalken ist) auf einem Opfersubstrat und dann das Überführen und Montieren des Kontaktelements zu bzw. an einem Anschluss an einem elektronischen Bauteil. In dieser Offenbarung wird das Federkontaktelement in dem Substrat selbst durch Ätzverfahren ausgebildet. In der gleichzeitig anhängigen, im gemeinsamen Besitz stehenden US-Patentanmeldung Seriennr. 08/852 152 (nun US-Patent Nr. 6 184 053) mit dem Titel "Microelectronic Spring Contact Elements", werden Federkontaktelemente auf einem Substrat, einschließlich eines Substrats, das ein elektronisches Bauteil ist, durch Abscheiden und Strukturieren einer Vielzahl von Maskierungsschichten, um eine Öffnung entsprechend einer Form, die für das Federkontaktelement verkörpert wird, auszubilden, Abscheiden von leitendem Material in der Öffnung, die durch die strukturierten Maskierungsschichten hergestellt wird, und Entfernen der Maskierungsschicht, um das frei stehende Federkontaktelement auszubilden, ausgebildet.

[0015] Die gleichzeitig anhängige und im gemeinsamen Besitz stehende US-Patentanmeldung Seriennr. 09/023 859 mit dem Titel "Microelectronic Contact Structures and Methods of Making Same" beschreibt ein Kontaktelement mit einem Basisenteil (Pfostenkomponente), einem mittleren Teil (Balkenkomponente) und einem Kontaktenteil (Spitzenkomponente) und Verfahren, die jeden Teil separat ausbilden und den Pfostenteil nach Wunsch an einem elektronischen Bauteil miteinander verbinden.

[0016] Der Stand der Technik, wie im Oberbegriff der Ansprüche 1 bzw. 15 definiert, ist durch US-A-5 828 226 veranschaulicht.

[0017] Ferner offenbart WO-A-98 52 224 ein Verfahren, bei dem vor einem Schritt des Abscheidens eines leitenden Metallmaterials eine dünne Keimschicht in einer Öffnung einer Maskierungsschicht abgeschieden werden kann.

[0018] Daneben offenbart WO-A-96 37 332 die Verwendung eines Opfersubstrats in Verbindung mit dem Ausbilden einer elastischen Kontaktstruktur.

[0019] Was erforderlich ist, ist ein Verfahren zur Herstellung von Verbindungen, die sich für die vorliegenden elektrischen Verbindungen mit feinem Rastermaß eignen und die für zukünftige Technologien skalierbar sind. Verbesserte Verfahren zur Herstellung von Kontaktelementen, insbesondere Verfahren, die reproduzierbar, konsistent und kostengünstig sind, sind auch erforderlich.

#### ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

[0020] Die Erfindung ist in den Ansprüchen 1, 15, 24 bzw. 34 dargelegt. Bevorzugte Ausführungsbeispiele sind in den abhängigen Ansprüchen definiert.

[0021] Insbesondere umfasst das in Anspruch 24 definierte Verfahren das Aufbringen eines Maskierungsmaterials über einem ersten Teil eines Substrats, wobei das Maskierungsmaterial eine Öffnung aufweist, die einen ersten Teil einer Federstruktur festlegt, das Abscheiden eines Strukturmaterials (z. B. leitenden Materials) in der Öffnung und das Überfüllen der Öffnung mit dem Strukturmaterial, das Entfernen eines Teils des Strukturmaterials und das Entfernen eines ersten Teils des Maskierungsmaterials, wobei zumindest ein Teil des ersten Teils der Federstruktur von dem Maskierungsmaterial befreit wird, wobei vor dem Schritt des Abscheidens von leitendem Material als Strukturmaterial ein Keimmateriale auf zumindest einen Teil der Fläche des Maskierungsmaterials geimpft wird; wobei das Keimmateriale zum Verbinden von benachbarten Schichten aus leitendem Material beiträgt. In einem Aspekt der Erfindung umfasst das Verfahren das Planarisieren der Maskierungsmaterialschicht und des Strukturmaterials, um einen Teil des Strukturmaterials zu entfernen. In einem weiteren Aspekt umfasst die ausgebildete Federstruktur einen von einem Pfostenteil, einem Balkenteil und einem Spitzenstrukturteil.

[0022] Die hierin dargestellten Verfahren können

verwendet werden, um beispielsweise Kontaktelemente, einschließlich Federkontaktelementen, auf Substraten, einschließlich elektronischen Bauteilen, wie z. B. Bauteilen auf Keramik- oder Halbleiterbasis, auszubilden. Die Kontaktelemente können insgesamt oder teilweise direkt auf einem elektronischen Bauteil ausgebildet werden oder separat wie auf einem Opfersubstrat ausgebildet und zu einem elektronischen Bauteil überführt werden.

[0023] Das hierin dargestellte Verfahren stellt ein verbessertes Verfahren zum Herstellen eines Kontaktelements bereit. Die Verwendung von lithographischen Verfahren zum Herstellen des Kontaktelements eignet sich gut für die Welt von mikroelektronischen Bauteilen mit feinem Rastermaß und enger Toleranz. Die Erfindung wendet sich der Herstellung von Verbindungen mit elektronischen Bauteilen zu und eignet sich besonders gut für diese, deren Anschlüsse (z. B. Bondkontaktstellen) in einem feinen Rastermaß angeordnet sind. Wie hierin verwendet, bezieht sich der Begriff "feines Rastermaß" auf elektronische Bauteile, deren Anschlüsse in einem Abstand von zumindest weniger als 0,127 mm (5 mils) wie z. B. 0,0635 mm (2,5 mils) oder 65 µm angeordnet sind. Wie aus der Beschreibung, die folgt, ersichtlich ist, wird dies vorzugsweise durch Ausnutzen der engen Toleranzen, die unter Verwendung von lithographischen anstatt mechanischen Verfahren zur Herstellung der Kontaktelemente leicht realisiert werden können, erzielt. Der Einschluss von Planarisierungsschritten in die Ausführungsbeispiele des Verfahrens der Erfindung ermöglicht, dass mehrere Kontaktelemente auf einem Substrat mit minimalen Toleranzen hergestellt werden. Somit können beispielsweise eine Vielzahl von Federkontaktelementen mit einer Struktur, wie z. B. vorstehend beschrieben, auf einem elektronischen Bauteil derart hergestellt oder zu diesem überführt werden, dass jeder ihrer Spitzenteile eine ähnliche Höhe aufweist und bei Kontakt mit beispielsweise einem zweiten elektronischen Bauteil diese um einen ähnlichen Abstand verschoben werden. In dieser Weise bieten die durch das Verfahren der Erfindung ausgebildeten Kontaktelemente eine zuverlässigere Kontakthöhe und Kontaktkraft als Strukturen des Standes der Technik.

[0024] Ein Kontaktelement wird auch in den Ansprüchen 1 bzw. 15 offenbart. In einem Aspekt der Erfindung ist das Kontaktelement ein elastisches Kontaktelement oder Federkontaktelement in Form eines Kragarms, der einen 1anggestreckten Balkenteil, der sich um die erste Achse erstreckt und eine Oberfläche aufweist, die zu einer zweiten Oberfläche im Wesentlichen parallel ist, einen Pfostenteil, der mit einer ersten Oberfläche gekoppelt ist und sich durch eine zweite Achse in einer ersten Richtung erstreckt, und einen Spitzenteil, der mit einer zweiten Oberfläche gekoppelt ist und sich in einer zweiten Richtung oberhalb der zweiten Achse erstreckt, umfasst. Der Pfostenteil ist dazu ausgelegt, mit einem elektronischen Bauteil wie z. B. mit Anschlüssen an einem elektroni-

schen Bauteil auf Keramik- oder Halbleiterbasis gekoppelt zu werden. Der Balkenteil bildet einen Kragarm, der an einem Ende am Pfostenteil abgestützt ist, wobei der Spitzenteil mit einem zweiten Ende gekoppelt ist.

[0025] Das Kontaktelement der Erfindung eignet sich zur Herstellung entweder einer vorübergehenden oder permanenten elektrischen Verbindung zwischen Anschlüssen von elektronischen Bauteilen wie z. B. einer PCB und einem getesteten Chip. Das Kontaktelement kann als permanentes Element direkt an einem elektronischen Bauteil wie z. B. einem Raumtransformator einer Nadelkartenanordnung hergestellt werden. Alternativ kann das Kontaktelement der Erfindung separat auf einem Opfersubstrat hergestellt und an seinem Pfostenende beispielsweise durch Weichlöten an einem elektronischen Bauteil befestigt werden.

[0026] Zum Herstellen einer vorübergehenden Verbindung wird das elektronische Bauteil, an dem das Kontaktelement hergestellt wird, mit einem anderen elektronischen Bauteil zusammengebracht, so dass das Spitzenende des Federkontaktelements mit einem Anschluss des anderen elektronischen Bauteils in Druckkontakt steht. Das Kontaktelement reagiert elastisch, um den Kontaktdruck und jegliche elektrische Verbindung zwischen den zwei Bauteilen aufrechtzuerhalten.

[0027] Zur Herstellung von permanenten Verbindungen wird das elektronische Bauteil, an dem das Kontaktelement hergestellt oder befestigt wird, mit einem anderen elektronischen Bauteil zusammengebracht und das Spitzenende des Kontaktelements wird wie z. B. durch Weichlöten oder Hartlöten oder mit einem leitenden Klebstoff mit einem Anschluss des anderen elektronischen Bauteils verbunden oder an diesen gebondet. In einem Ausführungsbeispiel ist das Kontaktelement nachgiebig und kann eine unterschiedliche Wärmeausdehnung zwischen den zwei elektronischen Bauteilen aufnehmen.

[0028] Wie vorstehend angemerkt, kann das Kontaktelement der Erfindung zusammen mit einer Vielzahl von anderen Kontaktelementen direkt auf der Oberfläche eines Bauelements wie z. B. eines Halbleiterbauelements oder auf den Oberflächen einer Vielzahl von Halbleiterbauelementen, die sich auf einem Halbleiterwafer befinden, hergestellt werden. In dieser Weise können eine Vielzahl von Bauelementen, die sich auf einem Halbleiterwafer befinden, zur Voralterung und/oder zum Testen "bereit gemacht" werden, bevor sie vom Halbleiterwafer vereinzelt werden. Alternativ kann das Kontaktelement der Erfindung typischerweise mit einer Vielzahl von anderen Kontaktelementen auf einem Opfersubstrat hergestellt und zu einem elektronischen Bauteil überführt werden.

[0029] Weitere Ausführungsbeispiele, Merkmale und Vorteile der Erfindung werden angesichts der folgenden Beschreibung derselben ersichtlich.

## KURZBESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0030] Die Merkmale, Aspekte und Vorteile der Erfindung werden aus der folgenden ausführlichen Beschreibung, den beigefügten Ansprüchen und den zugehörigen Zeichnungen gründlicher ersichtlich, in welchen gilt:

[0031] **Fig. 1(a)** ist eine Querschnittsseitenansicht eines Beispiels eines Kontaktelements der Erfindung, das mit einem elektronischen Bauteil gekoppelt ist.

[0032] **Fig. 1(b)** zeigt das Kontaktelement von **Fig. 1(a)** in Kontakt mit einem zweiten elektronischen Bauteil gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung.

[0033] **Fig. 2** ist eine Querschnittsseitenansicht eines Substrats mit elektrischen Kontakten oder Anschlüssen, die auf zwei Oberflächen desselben ausgebildet und verbunden sind, gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel der Erfindung.

[0034] **Fig. 3** zeigt das Substrat von **Fig. 2** nach dem weiteren Bearbeitungsschritt des Abscheidens einer ersten Maskierungsmaterialschicht über dem Substrat und des Freilegens von Anschlüssen auf einer Oberfläche desselben durch eine Öffnung hindurch gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel der Erfindung.

[0035] **Fig. 4** zeigt das Substrat von **Fig. 2** nach dem weiteren Bearbeitungsschritt des Abscheidens eines ersten leitenden Materials in der Öffnung in der ersten Maskierungsmaterialschicht zu einem Anschluss auf dem Substrat gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel der Erfindung.

[0036] **Fig. 5** zeigt das Substrat von **Fig. 2** nach dem weiteren Bearbeitungsschritt des Planarisierens der ersten Maskierungsmaterialschicht und des ersten leitenden Materials gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel der Erfindung.

[0037] **Fig. 6** zeigt das Substrat von **Fig. 2** nach dem weiteren Bearbeitungsschritt des Abscheidens eines Keimmaterials über einem Teil der planarisierten Oberfläche gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel der Erfindung.

[0038] **Fig. 7** zeigt das Substrat von **Fig. 2** nach dem weiteren Bearbeitungsschritt des Strukturierens einer zweiten Maskierungsmaterialschicht über dem Substrat mit einer Öffnung zum ersten leitenden Material, wobei sich die Öffnung seitlich und/oder quer über das Substrat vom ersten leitenden Material erstreckt, gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel der Erfindung.

[0039] **Fig. 8** zeigt das Substrat von **Fig. 2** nach dem weiteren Bearbeitungsschritt des Abscheidens einer zweiten leitenden Materialschicht in der Öffnung des zweiten Maskierungsmaterials gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel der Erfindung.

[0040] **Fig. 9** zeigt das Substrat von **Fig. 2** nach dem weiteren Bearbeitungsschritt des Planarisierens der zweiten Maskierungsmaterialschicht und des zweiten leitenden Materials gemäß einem ersten

Ausführungsbeispiel der Erfindung.

[0041] **Fig. 10(a)** zeigt eine Draufsicht auf eine erste beispielhafte Anordnung des zweiten leitenden Materials über dem Substrat gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel der Erfindung.

[0042] **Fig. 10(b)** zeigt eine Draufsicht auf eine zweite beispielhafte Anordnung des zweiten leitenden Materials über dem Substrat gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel der Erfindung.

[0043] **Fig. 10(c)** zeigt eine Draufsicht auf eine dritte beispielhafte Anordnung des zweiten leitenden Materials über dem Substrat gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel der Erfindung.

[0044] **Fig. 10(d)** zeigt eine Draufsicht auf eine vierte beispielhafte Anordnung des zweiten leitenden Materials über dem Substrat gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel der Erfindung.

[0045] **Fig. 10(e)** zeigt eine Draufsicht auf eine fünfte beispielhafte Anordnung des zweiten leitenden Materials über dem Substrat gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel der Erfindung.

[0046] **Fig. 10(f)** zeigt eine Draufsicht auf eine sechste beispielhafte Anordnung des zweiten leitenden Materials über dem Substrat gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel der Erfindung.

[0047] **Fig. 11(a)** zeigt eine Querschnittsseitenansicht einer vierten beispielhaften Anordnung des zweiten leitenden Materials über dem Substrat gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel der Erfindung.

[0048] **Fig. 11(b)** zeigt eine Querschnittsseitenansicht einer fünften beispielhaften Anordnung des zweiten leitenden Materials über dem Substrat gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel der Erfindung.

[0049] **Fig. 12(a)** zeigt das Substrat von **Fig. 2** nach dem weiteren Bearbeitungsschritt des Entfernens der ersten Maskierungsmaterialschicht und der zweiten Maskierungsmaterialschicht, um ein frei stehendes Kontaktelement mit einem Pfostenteil und einem Balkenteil auszubilden, gemäß einem Aspekt eines ersten Ausführungsbeispiels der Erfindung.

[0050] **Fig. 12(b)** zeigt das Substrat von **Fig. 12(a)** nach dem weiteren Bearbeitungsschritt des Befestigens eines separat hergestellten Spitzenteils am Balkenteil des Kontaktelements gemäß einem Aspekt eines ersten Ausführungsbeispiels der Erfindung.

[0051] **Fig. 13(a)** zeigt das Substrat von **Fig. 2** mit der beispielhaften Anordnung des zweiten leitenden Materials wie in **Fig. 8** und nach dem weiteren Bearbeitungsschritt des Abscheidens einer dritten Maskierungsmaterialschicht über dem Substrat und des Ausbildens einer Öffnung zur zweiten leitenden Materialschicht gemäß einem zweiten Aspekt eines ersten Ausführungsbeispiels der Erfindung.

[0052] **Fig. 13(b)** zeigt das Substrat von **Fig. 13(a)** nach dem weiteren Bearbeitungsschritt des Abscheidens eines dritten leitenden Materials in der Öffnung in der dritten Maskierungsmaterialschicht, um einen

Spitzenteil eines Kontaktelements auszubilden, gemäß einem zweiten Aspekt eines ersten Ausführungsbeispiels der Erfindung.

[0053] **Fig. 13(c)** zeigt das Substrat von **Fig. 13(b)** nach dem weiteren Bearbeitungsschritt des Entfernens der dritten Maskierungsmaterialschicht, um ein frei stehendes Kontaktelement mit einem Pfostenteil, einem Balkenteil und einem Spitzenteil auszubilden, gemäß einem zweiten Aspekt eines ersten Ausführungsbeispiels der Erfindung.

[0054] **Fig. 14** ist eine Querschnittsseitenansicht eines Substrats mit einer dreieckförmigen Struktur, die in einer Oberfläche des Substrats ausgebildet ist, wobei leitende Schichten über einer Oberfläche des Substrats und der dreieckförmigen Struktur liegen, gemäß einem zweiten Ausführungsbeispiel der Erfindung.

[0055] **Fig. 15** zeigt das Substrat von **Fig. 14** nach dem weiteren Bearbeitungsschritt des Abscheidens einer ersten Maskierungsmaterialschicht über einer Oberfläche des Substrats und des Freilegens der dreieckförmigen Struktur durch eine Öffnung in der ersten Maskierungsmaterialschicht gemäß einem zweiten Ausführungsbeispiel der Erfindung.

[0056] **Fig. 16** zeigt das Substrat von **Fig. 14** nach dem weiteren Bearbeitungsschritt des Abscheidens eines ersten leitenden Materials in der Öffnung in der ersten Maskierungsmaterialschicht gemäß einem zweiten Ausführungsbeispiel der Erfindung.

[0057] **Fig. 17** zeigt das Substrat von **Fig. 14** nach dem weiteren Bearbeitungsschritt des Planarisierens der ersten Maskierungsmaterialschicht und des ersten leitenden Materials gemäß einem zweiten Ausführungsbeispiel der Erfindung.

[0058] **Fig. 18(a)** zeigt das Substrat von **Fig. 17** nach dem weiteren Bearbeitungsschritt des Entfernens der ersten Maskierungsmaterialschicht, um ein frei stehendes Kontaktelement mit dem Spitzenteil auszubilden, gemäß einem Aspekt eines zweiten Ausführungsbeispiels der Erfindung.

[0059] **Fig. 18(b)** zeigt die Spitzenteile von **Fig. 18(a)** nach dem weiteren Bearbeitungsschritt des Befestigens des hergestellten Spitzenteils an dem Balkenteil eines separat hergestellten Kontaktelements gemäß einem Aspekt eines zweiten Ausführungsbeispiels der Erfindung.

[0060] **Fig. 19(a)** zeigt das Substrat von **Fig. 17** nach dem weiteren Bearbeitungsschritt des Abscheidens eines Keimmaterials über einem Teil der planarisierten Oberfläche gemäß einem zweiten Aspekt eines zweiten Ausführungsbeispiels der Erfindung.

[0061] **Fig. 19(b)** zeigt das Substrat von **Fig. 17** nach dem weiteren Bearbeitungsschritt des Strukturierens einer zweiten Maskierungsmaterialschicht über dem Substrat mit einer Öffnung zum ersten leitenden Material, wobei sich die Öffnung seitlich und/oder quer über das Substrat vom ersten leitenden Material erstreckt, gemäß einem zweiten Aspekt eines zweiten Ausführungsbeispiels der Erfindung.

[0062] **Fig. 19(c)** zeigt das Substrat von **Fig. 17**

nach dem weiteren Bearbeitungsschritt des Abscheidens eines leitenden Materials in der Öffnung der zweiten Maskierungsmaterialschicht gemäß einem zweiten Aspekt eines zweiten Ausführungsbeispiels der Erfindung.

[0063] **Fig. 19(d)** zeigt das Substrat von **Fig. 17** nach dem weiteren Bearbeitungsschritt des Planarisierens der zweiten Maskierungsmaterialschicht und des zweiten leitenden Materials gemäß einem zweiten Aspekt eines zweiten Ausführungsbeispiels der Erfindung.

[0064] **Fig. 20(a)** zeigt das Substrat von **Fig. 19(d)** nach dem weiteren Bearbeitungsschritt des Entfernens der ersten Maskierungsmaterialschicht und der zweiten Maskierungsmaterialschicht zum Ausbilden eines Kontaktelements mit einem Balkenteil und einem Spitzenteil gemäß einem dritten Aspekt eines zweiten Ausführungsbeispiels der Erfindung.

[0065] **Fig. 20(b)** zeigt den Balkenteil und den Spitzenteil von **Fig. 20(a)** nach dem weiteren Bearbeitungsschritt des Befestigens des Balkenteils an einem separat hergestellten Pfostenteil zum Ausbilden eines frei stehenden Kontaktelements gemäß einem dritten Aspekt eines zweiten Ausführungsbeispiels der Erfindung.

[0066] **Fig. 21(a)** zeigt das Substrat von **Fig. 19(d)** nach dem weiteren Bearbeitungsschritt des Abscheidens einer dritten Maskierungsmaterialschicht über dem Substrat und des Ausbildens einer Öffnung zum zweiten leitenden Material gemäß einem vierten Aspekt eines zweiten Ausführungsbeispiels der Erfindung.

[0067] **Fig. 21(b)** zeigt das Substrat von **Fig. 19(d)** nach den weiteren Bearbeitungsschritten des Abscheidens eines dritten leitenden Materials in der Öffnung einer dritten Maskierungsmaterialschicht und des Planarisierens der dritten Maskierungsmaterialschicht und des dritten leitenden Materials gemäß einem vierten Aspekt eines zweiten Ausführungsbeispiels der Erfindung.

[0068] **Fig. 21(c)** zeigt ein elektronisches Bauteil nach dem weiteren Bearbeitungsschritt des Befestigens des Kontaktelements an einem Bauteil gemäß einem vierten Aspekt eines zweiten Ausführungsbeispiels der Erfindung.

[0069] **Fig. 22(a)** zeigt ein zweites Verfahren des Befestigens des Kontaktelements, das gemäß dem vierten Aspekt des zweiten Ausführungsbeispiels der Erfindung ausgebildet ist, an einem elektronischen Bauteil, wobei das Kontaktelement an dem Opfersubstrat befestigt bleibt, während das Kontaktelement an dem elektronischen Bauteil befestigt wird.

[0070] **Fig. 22(b)** zeigt die Struktur von **Fig. 22(a)** nach dem weiteren Bearbeitungsschritt des Trennens des Kontaktelements von dem Opfersubstrat.

[0071] **Fig. 23** zeigt eine Seitenansichtsdarstellung einer Anwendung für ein Ausführungsbeispiel des Kontaktelements der Erfindung, das an einem elektronischen Bauteil befestigt ist und mit einem Anschluss eines zweiten elektronischen Bauteils in

Kontakt steht.

[0072] **Fig. 24** zeigt eine Draufsichtsdarstellung auf eine Anwendung für ein Ausführungsbeispiel des Kontaktelements der Erfindung, wobei eine Vielzahl von Kontaktelementen an einem elektronischen Bauteil befestigt sind und mit einer Vielzahl von Anschlüssen in Kontakt stehen, die entlang der Kante eines zweiten elektronischen Bauteils angeordnet sind.

[0073] **Fig. 25** zeigt eine Draufsichtsdarstellung auf eine zweite Anwendung für ein Ausführungsbeispiel des Kontaktelements der Erfindung, wobei eine Vielzahl von Kontaktelementen an einem elektronischen Bauteil befestigt sind und mit Anschlüssen in Kontakt stehen, die in einer Reihe auf einem zweiten elektronischen Bauteil angeordnet sind.

[0074] **Fig. 26(a)** zeigt eine Querschnittsseitenansicht einer Anordnung von benachbarten Kontaktelementen, die mit minimalen Abstandstoleranzen auf einem Substrat gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung hergestellt sind.

[0075] **Fig. 26(b)** zeigt eine perspektivische Draufsicht auf die Anordnung von Kontaktelementen von **Fig. 26(a)** gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung.

[0076] **Fig. 27(a)** zeigt eine Querschnittsseitenansicht einer Anordnung von benachbarten Kontaktelementen, die mit minimalen Abstandstoleranzen auf einem Substrat gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung hergestellt sind.

[0077] **Fig. 27(b)** zeigt eine perspektivische Draufsicht auf die Anordnung von Kontaktelementen von **Fig. 27(a)**, die gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung hergestellt sind.

[0078] **Fig. 28(a)** zeigt eine Draufsichtsdarstellung auf eine Vielzahl von Kontaktelementen, die an einem elektronischen Bauteil in einer übereinandergelegten Weise befestigt sind, so dass ihre Spitzenteile fluchten, gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung.

[0079] **Fig. 28(b)** zeigt eine Draufsichtsdarstellung auf eine Vielzahl von Kontaktelementen, die an einem elektronischen Bauteil in einer übereinandergelegten Weise befestigt sind, so dass ihre Spitzenteile versetzt sind, gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung.

## AUSFÜHRLICHE BESCHREIBUNG DER ERFINDUNG

[0080] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Ausbilden eines Verbindungselements, einschließlich eines Kontaktelements, durch Lithographieverfahren. Die Erfindung bietet ein verbessertes Verfahren zur Herstellung von Kontaktelementen, insbesondere zur Verwendung beim Verbinden von mikroelektronischen Bauteilen. Die Erfindung betrifft auch ein Kontaktelement. Gemäß einem Aspekt der Erfindung sind die Grenzen für die Größe und das Rastermaß des Kontaktelements der Erfindung, oder welches

durch das Verfahren der Erfindung ausgebildet wird, ein Faktor von Photolithographieverfahren. Durch Einschließen von Planarisierungsschritten als Teil der Photolithographieverfahren zieht die Erfindung die konsistente Ausbildung von Kontaktelementen, einschließlich freitragenden Federkontaktelementen, mit ähnlicher Größe und ähnlichen mechanischen (z. B. Verschiebungs-) Eigenschaften in Betracht.

[0081] Geeignete elektronische Bauteile umfassen, sind jedoch nicht begrenzt auf, ein aktives Halbleiterbauelement, einen Speicherchip, einen Teil eines Halbleiterwafers, einen Raumtransformator, eine Nadelkarte, einen Chipträger und eine Hülse. Das elektronische Bauteil kann ein aktives Bauelement oder ein passives Bauelement sein, das eine oder mehrere elektronische Verbindungen trägt. Die unabhängige Herstellung vermeidet auch, dass das elektronische Bauteil den Prozessbedingungen ausgesetzt wird, die mit dem Ausbilden des Kontaktelements verbunden sind.

[0082] Das Kontaktelement oder die Kontaktelemente der Erfindung kann bzw. können auf oder unabhängig von dem elektronischen Bauteil hergestellt werden, mit dem es oder sie verbunden wird oder werden. Im Fall der unabhängigen Herstellung ermöglicht die Erfindung, dass das Kontaktelement oder die Kontaktelemente mit einer Form, Größe und Metallurgie hergestellt werden, die nicht durch die Materialien und Anordnungsbetrachtungen begrenzt sind, die mit der Herstellung des elektronischen Bauteils verbunden sind.

[0083] Auf einem elektronischen Bauteil wie z. B. einem Raumtransformator einer Nadelkartenanordnung angeordnet werden die Kontaktelemente der Erfindung dazu ausgelegt, Kontakte oder Anschlüsse von elektronischen Bauteilen mit minimalen Rastermaß- oder Abstandstoleranzen aufzunehmen. Die Kontaktelemente können auch eine abwechselnde Orientierung (z. B. links-rechts-links-rechts) annehmen, um ein größeres Rastermaß zwischen ihrem Pfostenteil als am Spitzenteil zu erzielen. In einem weiteren Ausführungsbeispiel können die Kontaktelemente abwechselnde Längen (z. B. kurz-lang-kurz-lang) annehmen, um ein größeres Rastermaß zwischen dem Pfostenteil als am Spitzenteil von benachbarten Kontaktelementen zu erzielen. Ebenso können abwechselnde Kontaktelemente so hergestellt werden, dass sie an ihren Spitzenteilen ein größeres Rastermaß aufweisen als an ihren Pfostenteilen. Zusammengefasst können die Kontaktelemente, ob sie auf oder unabhängig von dem elektronischen Bauteil hergestellt werden, mit dem sie verbunden werden, eine Vielfalt von Orientierungen annehmen, um verschiedenen Konfigurationen gerecht zu werden, die mit den elektronischen Bauteilen, mit denen sie in Kontakt stehen, verbunden sind.

[0084] **Fig. 1a** und **1b** stellen ein Ausführungsbeispiel eines Kontaktelements der Erfindung dar. **Fig. 1a** zeigt ein Kontaktelement **10** mit einem Pfo-

tenteil **13**, einem Balkenteil **14** und einem Spitzenteil **16**. Der Pfostenteil **13** ist am Anschluss **11** des elektronischen Bauteils **9** angeordnet. Der Pfostenteil **13** weist eine Höhe  $h_2$  auf. Der Balkenteil **14** ist an einem Ende mit dem Pfostenteil **13** gekoppelt. Der Balkenteil **14** weist eine Höhe  $h_B$  und eine Länge  $l_B$  auf. Am anderen Ende des Balkenteils **14** befindet sich der Spitzenteil **16** und dieser ist mit einer Seite entgegengesetzt zum Pfostenteil **13** gekoppelt. Der Spitzenteil weist eine Höhe  $h_T$  auf.

[0085] **Fig. 1b** zeigt das Kontaktelement **10** unter Belastung, wie z. B. wenn es ein getestetes Substrat aufnimmt. In diesem Fall wird das Substrat **20** mit dem Anschluss **21** mit dem Kontaktelement **10** in Kontakt gebracht und eine Abwärtskraft  $F$  wird am Spitzenteil **16** des Kontaktelements **10** aufgebracht, um das Kontaktelement **10** nach unten auszulenken. In diesem Ausführungsbeispiel legt die Länge des Balkenteils **14**,  $L_B$ , die maximale Auslenkung des Kontaktelements **10** fest. Eine geeignete Auslenkung ist beispielsweise 0,0762–0,203 mm (3–8 mils). Um die geeignete Auslenkung unterzubringen, sollte die Höhe des Pfostenteils **13**,  $h_2$ , größer sein als die Höhe des Spitzenteils **16**,  $h_T$ . In einem solchen Fall minimiert die größere Höhendifferenz das mögliche "Aufsitzen" des Kontaktelements **10** auf der Oberfläche des elektronischen Bauteils **9**. **Fig. 1(b)** zeigt das ausgelenkte Kontaktelement **10**, das an seinem Spitzenteil um eine Höhe  $h_3$  getrennt ist. Die Höhe des Pfostenteils **13** kann auch so ausgelegt sein, dass sie größer ist als die Höhe eines Kondensators oder einer anderen Struktur, die mit der Oberfläche des elektronischen Bauteils **9** gekoppelt werden könnte. **Fig. 1(a)** zeigt einen Kondensator **18** mit einer Höhe  $h_C$ , die geringer ist als die Höhe des Pfostenteils **13**,  $h_2$ .

[0086] **Fig. 1(b)** zeigt auch, dass die Höhe des Pfostenteils **13** und die Höhe des Balkenteils **14** ( $h_2 + h_B$ ) weiter die Auslenkung des Kontaktelements **10** festlegen, wenn die Kraft  $F$  durch das Substrat **20** aufgebracht wird. Ein "Aufsitzen" des Substrats **20** am Pfostenteil des Balkenteils **14** begrenzt den maximalen Druck, der auf das Kontaktelement **10** aufgebracht werden kann, und dient in einer Weise zum Begrenzen einer Beschädigung am Kontaktelement **10**.

[0087] Unter einer Belastung, wie z. B. bei Kontakt mit dem Substrat **20**, lenkt sich der Balkenteil **14** um ein Ausmaß aus, das in **Fig. 1(b)** durch  $x$  dargestellt ist. Eine Federkonstante kann für diese Auslenkung wie folgt berechnet werden:

$$k = F/x$$

[0088] In einem Ausführungsbeispiel ist die Federkonstante  $k$  zur Dicke des Balkenteils **14** proportional:

$$k \propto h_B^3$$



[0089] Auf der Basis der obigen Beziehung sieht die Steuerung der Dicke des Balkenteils **14** somit eine enge Steuerung der Federkonstante vor. Die Steuerung der Federkonstante für jedes Kontaktelement eines elektronischen Bauteils wie z. B. des Raumtransformators einer Nadelkartenanordnung ermöglicht, dass eine konsistente Kontaktkraft auf jeden Anschluss wie z. B. einen Anschluss **21** eines getesteten Substrats (wie z. B. des Substrats **20**) aufgebracht wird.

[0090] **Fig. 2-13(c)** stellen ein Verfahren zum Ausbilden einer Verbindung, die ein Kontaktelement ist, auf einem elektronischen Bauteil gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel der Erfindung dar. Ein Kontaktelement, das ein Kragarm mit einem Pfostenteil, einem Balkenteil und einem Spitzenteil ist, wird in diesem Ausführungsbeispiel ausgebildet. Es ist zu erkennen, dass zu einem gegebenen Zeitpunkt eine Anzahl von Kontaktelementen auf einem Substrat ausgebildet werden können. Das nachstehend beschriebene Verfahren konzentriert sich auf die Ausbildung eines einzelnen Kontaktelements. Es soll selbstverständlich sein, dass die Erörterung gleichermaßen gut für die Herstellung einer Anzahl von Kontaktelementen auf einem Substrat wie z. B. einem elektronischen Bauteil zu einem gegebenen Zeitpunkt gibt. Typischerweise weist jedes der auf einem Substrat hergestellten Kontaktelemente im Wesentlichen ähnliche Eigenschaften (d. h. Abmessungen, Form etc.) auf. Es ist jedoch auch zu erkennen, dass die Eigenschaften der Kontaktelemente eines Substrats für gegebene Anwendungsanforderungen individuell gesteuert und festgelegt werden können.

[0091] **Fig. 2** zeigt eine Querschnittsseitenansicht eines elektronischen Bauteils **100**. Das elektronische Bauteil **100** ist beispielsweise ein Raumtransformator einer Nadelkartenanordnung oder einer integrierten Schaltung. Das elektronische Bauteil **100** umfasst beispielsweise ein Substrat **105** auf Halbleiter- oder Keramikbasis mit Kontakten oder Anschlüssen **110** und **115** auf entgegengesetzten Oberflächen des Substrats **105**. Im Fall eines kommerziell erhältlichen elektronischen Bauteils **100** auf Keramikbasis enthält das elektronische Bauteil **100** beispielsweise Anschlüsse **110** und **115** auf entgegengesetzten Oberflächen des Substrats **105**. Die Anschlüsse **110** und **115** sind beispielsweise durch eine leitende Schaltung **120**, die durch das elektronische Bauteil **100** verläuft, wie beispielsweise eine Molybdän- oder Wolfram- und Molybdän/Wolfram-Schaltung **120**, verbunden. Die Anschlüsse **110** und **115** auf dem Substrat **105** sind beispielsweise Anschlüsse aus Kupfer (Cu), Nickel (Ni) und Gold (Au), die sich zum Verbinden mit einem Kontaktelement, das durch die Abscheidung eines leitenden Materials ausgebildet wird, durch beispielsweise Weichlöten eignen können. In einem Beispiel erleichtert das Kupfer den Galvanisierungsprozess und ist die obere Schicht. Das Nickel wirkt als Barriere zwischen dem Gold und dem Kupfer. **Fig. 2** zeigt auch eine Kurzschlusschicht

**117** auf der Unterseitenfläche des Substrats **105**. Die Kurzschlusschicht **117**, wie beispielsweise eine Titan-Wolfram- (Ti-W) Schicht, dient in diesem Beispiel zum Kurzschließen des Anschlusses **115** während der Herstellung von Kontaktelementen auf dem Substrat **105**. Wie aus der Beschreibung, die folgt, ersichtlich wird, kann dieses Kurzschlussmerkmal der Kurzschlusschicht **117** vorteilhafterweise verwendet werden, um ein geeignetes Potential für einen elektrolytischen Prozess (z. B. einen Galvanisierungsprozess) zur Herstellung von Kontaktelementen auf dem Substrat **105** aufzubauen. Die Kurzschlusschicht **117** kann beispielsweise durch einen Sputter- oder chemischen Ätzprozess entfernt werden, sobald die Kontaktelemente auf der entgegengesetzten Oberfläche des Substrats **105** ausgebildet sind.

[0092] Bei der Anwendung, bei der Kontaktelemente durch Metallisieren ausgebildet werden sollen und sich keine Durchgangsschaltung durch die Substrate erstreckt, die ermöglicht, dass eine Kurzschlusschicht auf einer Rückseite des Substrats ausgebildet wird, ist eine leitende Schicht wie z. B. eine Keimschicht im Allgemeinen erforderlich, um das anschließende Metallisieren durchzuführen. Somit wird in einem ersten Schritt eines solchen Prozesses eine leitende Schicht über der Oberfläche des Substrats **105** abgeschieden. Eine geeignete leitende Schicht ist beispielsweise eine Schicht aus Titan, Wolfram oder Titan-Wolfram (Ti-W), die formgetreu über der Oberfläche des Substrats (**105**) abgeschieden wird. In dieser Weise schließt die Abscheidung der "unstrukturierten" Schicht alle freiliegenden Anschlüsse (**110**) auf der Oberfläche des Substrats (**105**) elektrisch miteinander kurz.

[0093] **Fig. 3** zeigt das elektronische Bauteil **100** von **Fig. 2** nach dem weiteren Bearbeitungsschritt des Abscheidens einer ersten Maskierungsmaterialschicht **125** über dem Substrat **105**. In einem bevorzugten Ausführungsbeispiel ist die erste Maskierungsmaterialschicht **125** ein Photoresist, der auf die Oberfläche des Substrats **105** aufgeschleudert und wie auf dem Fachgebiet bekannt strukturiert wird.

[0094] Wie in **Fig. 3** gezeigt, wird das erste Maskierungsmaterial **125** so abgeschieden und strukturiert, dass es eine Öffnung **122** enthält, die sich durch die erste Maskierungsmaterialschicht **125** erstreckt. Die Öffnung **122** kann sich in einer Position befinden, die direkt über einem Teil des Anschlusses **110** liegt, oder kann in einigen Fällen in einer Position angeordnet sein, die vom Anschluss **110** entfernt ist. Durch Anordnen der Öffnungen (**122**) in einer Position, die von den Anschlüssen (**110**) entfernt ist, können eine Vielzahl von Kontaktelementen auf einem elektronischen Bauteil mit einer Anordnung hergestellt werden, die sich von jener der Anschlüsse des elektronischen Bauteils unterscheidet. Eine Konfiguration besteht beispielsweise darin, die Öffnungen (**122**) so zu positionieren, dass in diesen aufgebaute Kontaktelemente Spitzenteile aufweisen, die in einer Flächenmatrix angeordnet sind, die mit einer Kugeligittermat-

rix vergleichbar ist. Die Öffnungen können mit Anschlüssen auf dem elektronischen Bauteil verbunden werden, die beispielsweise als periphere Kontaktstellen angeordnet sind. Es kann vorteilhaft sein, die Kontaktelemente im Wesentlichen identisch ohne Verschiebung von den Anschlüssen (**110**) herzustellen. In diesem Fall ist es nützlich, die Öffnungen (**122**) in einer Flächenmatrix anzuordnen, die der Matrix der Spitzenteile der Kontaktelemente entspricht.

[0095] Die Seitenwände der ersten Maskierungsmaterialschicht **125** um die Öffnung **122** können verjüngt sein, so dass die Öffnung **122** an der Oberfläche der ersten Maskierungsmaterialschicht **125** größer sein kann als an der leitenden Schicht **112**, d.h. eine positive Verjüngung. Geeignete Verjüngungswinkel umfassen, sind jedoch nicht begrenzt auf, 60°–90°. Ein Fachmann wird leicht verstehen, wie die verjüngte Öffnung in der ersten Maskierungsmaterialschicht **125** auszubilden ist. Es ist zu erkennen, dass die Öffnung **122** in einer beliebigen geeigneten Weise ausgebildet werden kann und wie ein umgekehrter, abgestufter Pyramidenstumpf abgestuft werden kann.

[0096] Die erste Maskierungsmaterialschicht **125** wird mit einer Dicke der gewünschten Höhe des Pfostenteils eines Kontaktelements abgeschieden, wobei die anschließende Formung (z. B. Planarisierung) des Materials, das der Pfostenteil sein soll, in Betracht gezogen wird. Mit anderen Worten, die Dicke der ersten Maskierungsmaterialschicht **125**, die hauptsächlich den Abstand festlegt, um den der Hauptkörper (d.h. der Balkenteil und der Spitzenteil) von der Oberfläche des elektronischen Bauteils beabstandet ist. In dem Beispiel eines Kontaktelements, bei dem Elastizität erwünscht ist, können beispielsweise die Abmessungen des Pfostenteils, des Balkenteils und des Spitzenteils koordiniert werden, um die Kontaktkraft des Spitzenteils beispielsweise mit einem Anschluss eines elektronischen Bauteils zu maximieren und das potentielle "Aufsitzen" des ausgelenkten Balkenteils zu minimieren. Eine solche Koordination ist im einzelnen vorstehend mit Bezug auf die **Fig. 1(a)–1(b)** und den zugehörigen Text erörtert. Für derzeitige Technologien ist eine geeignete Höhe der ersten Maskierungsmaterialschicht **125** ungefähr 5–30 mils.

[0097] **Fig. 3** zeigt die erste Maskierungsmaterialschicht **125** mit einer Öffnung **122** benachbart zum Anschluss **110**. Es ist zu erkennen, dass die Öffnung **122** eine Vielzahl von Formen aufweisen kann, einschließlich, jedoch nicht begrenzt auf, im Wesentlichen rechteckig, zylindrisch oder pyramidenförmig (umgekehrt) oder konisch, indem sie z. B. an der freiliegenden Oberfläche an der leitenden Schicht **112** eine breitere Öffnung aufweist.

[0098] Wie in **Fig. 4** gezeigt, wird als nächstes erstes leitendes Material **130** in der Öffnung **122** in der ersten Maskierungsmaterialschicht **125** zum Anschluss **110** abgeschieden. Geeignete Abscheidungsverfahren umfassen, sind jedoch nicht be-

grenzt auf, Galvanisieren, chemische Gasphasenabscheidung (CVD), Sputterabscheidung und stromloses Metallisieren. In einem Beispiel wird das erste leitende Material **130** durch einen Galvanisierungsprozess abgeschieden. Das erste leitende Material **130** ist in diesem Beispiel eine Galvanisierungslegierung wie z. B. Kupfer oder eine Nickellegierung wie z. B. Nickel-Kobalt. Das erste leitende Material **130** wird typischerweise in Form einer kommerziell erhältlichen Galvanisierungslösung oder eines Galvanisierungsbades aufgebracht. Als nächstes wird ein Strom zwischen dem Anschluss **110** und einer Anode einer Galvanisierungszelle (nicht dargestellt) angelegt. Ein Aufbau von negativer Ladung am Anschluss **110** bewirkt, dass Metallionen von der Galvanisierungslösung in einen Metallzustand reduziert werden und daher das erste leitende Material **130** wie beispielsweise Nickel-Kobalt am Anschluss **110** abgeschieden wird. In diesem Beispiel wird das erste leitende Material **130** mit einer Dicke von zumindest der Dicke der ersten Maskierungsmaterialschicht **125** abgeschieden und vorzugsweise mit einer Dicke, die größer ist als jene der ersten Maskierungsmaterialschicht **125** (Übermetallisieren) abgeschieden.

[0099] **Fig. 5** zeigt das Substrat **100** nach dem weiteren Bearbeitungsschritt des Planarisierens des ersten leitenden Materials **130** und der ersten Maskierungsmaterialschicht **125** gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung. Die Planarisierung wird beispielsweise durch ein Schleifverfahren oder chemisch-mechanisches Polieren mit einer geeigneten Aufschlämmung durchgeführt. Eine geeignete Aufschlämmung für chemisch-mechanisches Polieren ist beispielsweise Siliziumdioxid, Aluminiumoxid und Cäsiumoxid in einer hinsichtlich des pH-Werts eingestellten Aufschlämmung.

[0100] Der Planarisierungsschritt von **Fig. 5** legt die Höhe des Pfostenteils eines mit dem Substrat **105** gekoppelten Kontaktelements fest. Der Planarisierungsschritt sieht eine Abmessungssteuerung des Kontaktelements durch Festlegen einer bekannten Höhe für den Pfostenteil des Kontaktelements vor. Wie bemerkt, spielt die Höhe des Pfostenteils eine wichtige Rolle beim Festlegen der Kontaktkraft, die das Kontaktelement beispielsweise zu einem Anschluss eines elektronischen Bauteils liefert. Die Höhe des Pfostenteils spielt auch beim Minimieren des "Aufsitzens" des ausgelenkten Balkenteils eine Rolle. Somit ist die Fähigkeit, die Höhe des Pfostenteils des Kontaktelements zu steuern, sehr vorteilhaft.

[0101] Der Planarisierungsschritt der Erfindung sollte auch bis zu einem geeigneten Stoppunkt verlaufen, wie beispielsweise einer Ebenheit von etwa 1 um pro Zentimeter (oder 0,1 mils pro Inch). Die Toleranz unter einer Vielzahl von Kontaktelementen auf einem Substrat variiert mit der Anwendung und kann durch einen Fachmann festgelegt werden.

[0102] Bevorzugte Toleranzen von weniger als 5 um pro Zentimeter und vorzugsweise weniger als 2 um

pro Zentimeter werden in Betracht gezogen.

[0103] Sobald der Pfostenteil eines Kontaktelements ausgebildet ist, zeigt **Fig. 5** das Substrat **105** nach dem weiteren Bearbeitungsschritt, einen Bereich auf der Oberfläche der ersten Maskierungsmaterialschicht **125** leitend zu machen, so dass der Bereich als geeignete Elektrode für einen Galvanisierungsprozess wirken kann. In einem Ausführungsbeispiel wird ein Teil eines Bereichs über der ersten Maskierungsmaterialschicht **125** mit einer dünnen Haft/Keimschicht aus leitendem Metall oder einer Metalllegierung **135** wie z. B. einer Titan-, einer Titan-Wolfram-Legierungsschicht oder einer Titan/Gold-Doppelschicht bedeckt. Die Keimschicht **135** kann über eine unstrukturierte Abscheidung wie z. B. eine Sputterabscheidung abgeschieden werden. Für eine galvanisierte Nickel-Kobalt-Schicht wird beispielsweise eine Keimschicht mit einer Dicke von etwa 500 nm (5000 Angström) geeignet durch beispielsweise einen unstrukturierten Sputterabscheidungsprozess über der Oberfläche des ersten Maskierungsmaterials **125** abgeschieden. Alternativ kann die Keimschicht **135** als Vielzahl von "Leiterbahnen" abgeschieden werden, wobei jede Leiterbahn einem Bereich über der ersten Maskierungsmaterialschicht **125** entspricht, in dem der Balkenteil des Kontaktelements ausgebildet werden soll, um in einer Weise als Elektroform zu dienen, auf der der Balkenteil hergestellt werden kann.

[0104] In noch einem weiteren Ausführungsbeispiel kann eine Schablone (Schattenmaske) über der Oberfläche der ersten Maskierungsmaterialschicht **125** abgeschieden werden. Die Schablone weist typischerweise eine Vielzahl von Öffnungen auf, die sich seitlich von einem Bereich über entsprechenden Pfostenteilen (die durch das erste leitende Material **130** angegeben sind) erstrecken, um Bereiche zum Ausbilden von Balkenteilen der Kontaktelemente festzulegen. Die Schablone kann geeigneterweise eine dünne (z. B. etwa 0,05 mm (2 mils) dicke) Folie aus rostfreiem Stahl sein, die gestanzt oder geätzt werden kann, so dass sie Öffnungen aufweist. Die Schablone kann ein beliebiges geeignetes Material mit einer beliebigen geeigneten Dicke sein, die ermöglicht, dass die Keimschicht **135** auf der ersten Maskierungsmaterialschicht **125** in einer Struktur von leitenden Leiterbahnen entsprechend den Formen der Öffnungen in der Schablone abgeschieden wird. Wenn sich die Schablone an Ort und Stelle befindet, wird die Keimschicht **135** wie z. B. durch Aufputtern auf die freiliegende Oberfläche der ersten Maskierungsmaterialschicht **125** abgeschieden. Die Schablone kann dann entfernt werden.

[0105] Die Auswahl des Materials für die erste Maskierungsmaterialschicht **125** und des Prozesses für die Abscheidung der Keimschicht **135** sollten zusammen betrachtet werden. Das Maskierungsmaterial muss in der Umgebung des Abscheidungsverfahrens stabil sein. Ein typisches positives Photoresistmaterial enthält beispielsweise ein gewisses Lösungsmittel,

das unter einer Hochvakuumbedingung entgasen kann. Es ist in diesem Fall bevorzugt, das Material beispielsweise durch Härten oder Belichten zu modifizieren, um das Maskierungsmaterial zu vernetzen oder anderweitig zu festigen. Polyimid ist ein nützliches Maskierungsmaterial und toleriert eine Sputterumgebung ohne signifikante Verschlechterung. Die Abscheidung kann auch mittels chemischer Gasphasenabscheidung (CVD) oder Elektronenstrahlprozessen stattfinden. Diese erfordern ein geringeres Vakuum als das Sputtern. Für diese Prozesse können herkömmliche Novolak-Photoresistharze möglicherweise mit einer gewissen mäßigen Vernetzung verwendet werden. Eine weitere Erwägung besteht darin, dass irgendeine Modifikation an dem Maskierungsmaterial, um es unter Vakuum stabil zu machen, es schwieriger machen kann, es später in dem Prozess zu entfernen. Ein geeignetes Material und ein geeigneter Prozess können von einem Fachmann ausgewählt werden. Ein spezieller Prozess besteht darin, Novolak-Photoresist zu verwenden, der wie vorstehend beschrieben strukturiert wird, dann durch Erhitzen teilweise vernetzt wird. Die Abscheidung der Keimschicht **135** wird unter Verwendung von CVD durchgeführt.

[0106] Wie in **Fig. 6** gezeigt, wird als nächstes ein Bereich über dem Substrat **100** mit einer zweiten Maskierungsmaterialschicht **140** bedeckt, wiederum wie z. B. Photoresist, wobei die Erwägungen der Verwendung von mehreren Maskierungsmaterialien in Gegenwart von leitenden Schichten im Auge behalten werden. Die zweite Maskierungsmaterialschicht **140** wird strukturiert, um einen Bereich **132** über dem Substrat **100** freizulegen, der einen Bereich für einen Balkenteil des Kontaktelements festlegt.

[0107] **Fig. 8** zeigt das Substrat **100** nach dem weiteren Bearbeitungsschritt des Abscheidens von zweitem leitenden Material **145** über der oberen Oberfläche des Substrats. In einem Ausführungsbeispiel wird das zweite leitende Material **145** durch einen Galvanisierungsprozess mit einer Galvanisierungslegierung wie z. B. Nickel-Kobalt abgeschieden. In **Fig. 8** wird das zweite leitende Material **145** mit einer Dicke abgeschieden, die größer ist als die Dicke der zweiten Maskierungsmaterialschicht **140**. Das zweite leitende Material **145** dient als Balkenteil des Kontaktelements. Es ist zu erkennen, dass die abgeschiedene Menge und somit die Dicke des zweiten leitenden Materials **145** teilweise von der gewünschten Dicke des Balkenteils abhängen.

[0108] Wie in **Fig. 9** gezeigt werden nach der Abscheidung des zweiten leitenden Materials **145** über dem Substrat **105** das zweite leitende Material **145** und die zweite Maskierungsmaterialschicht **140** durch einen Schleifprozess oder chemisch-mechanisches Polieren wie z. B. vorstehend beschrieben planarisiert, um einen Balkenteil des Kontaktelements auf dem Substrat **105** auszubilden. Wie vorstehend bemerkt, ist im Fall eines freitragenden Federkontaktelements die Dicke des Balkenteils direkt proportio-

nal zur Federkonstante ( $k \propto h_B^3$ ). Die Planarisierung des zweiten leitenden Materials **145** und des zweiten Maskierungsmaterials **140** sieht eine enge Steuerung der Dicke des Balkenteils des Kontaktelements (d. h. die Steuerung der Dicke des zweiten leitenden Materials **145**) vor, wobei somit ermöglicht wird, dass eine festlegbare und konsistente Kontaktkraft durch jedes Kontaktelement aufgebracht wird.

[0109] Der vorstehend beschriebene Prozess des Strukturierens einer Maskierungsmaterialschicht, des Abscheidens einer Keimschicht, des Abscheidens eines leitenden Materials und des Planarisierens kann mehrere Male wiederholt werden, um komplexe Strukturen aufzubauen. Einige Beispiele werden später in dieser Beschreibung im einzelnen erörtert.

[0110] **Fig. 10(a)–11(b)** zeigen verschiedene repräsentative, nützliche Konfigurationen für einen Balkenteil eines auf einem Substrat **105** ausgebildeten Kontaktelements. Es ist zu erkennen, dass es verschiedene andere Konfigurationen geben kann, die sich für spezielle Anwendungen für die Kontaktelemente der Erfindung eignen. **Fig. 10(a)–11(b)** sollen als für diese verschiedenen Konfigurationen repräsentativ betrachtet werden.

[0111] **Fig. 10(a)–10(f)** zeigen Draufsichten auf verschiedene Konfigurationen des Balkenteils eines auf einem Substrat **105** ausgebildeten Kontaktelements in einer xy-Ebene. **Fig. 10(a)** zeigt zweites leitendes Material **145a**, das über dem ersten leitenden Material **130** zu einem Balkenteil strukturiert ist und sich seitlich von einem Bereich über dem ersten leitenden Material **130** in einer im Wesentlichen rechteckigen Weise erstreckt. **Fig. 10(b)** zeigt eine zweite Konfiguration, bei der das zweite leitende Material **145b** so gestaltet ist, dass es eine Verjüngung in der y-Richtung ("y-Verjüngung") aufweist, während sich das zweite leitende Material **145c** seitlich (in einer x-Richtung) von einem Bereich über der Oberfläche des ersten leitenden Materials **130** erstreckt. Diese Konfiguration verteilt die Spannung an dem Kontaktelement gleichmäßiger, indem die Größe des Endes des Balkenteils (z. B. des Kragarms) des Kontaktelements verringert ist. In **Fig. 10(b)** ist ein sich seitlich erstreckender Teil des zweiten leitenden Materials **145b** mit im Wesentlichen geradlinigen Kanten dargestellt. Es ist zu erkennen, dass die Kanten nicht im Wesentlichen geradlinig sein müssen, sondern beispielsweise in einer konkaven Weise gekrümmt sein können.

[0112] **Fig. 10(c)** zeigt eine dritte Konfiguration des Balkenteils eines Kontaktelements gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel der Erfindung. In dieser Konfiguration erstreckt sich das zweite leitende Material **145c** seitlich (in einer x-Richtung) und quer (in einer y-Richtung) vom Pfostenteil **130**, um einen gekrümmten Balkenteil zu bilden. **Fig. 10(d)** und **10(e)** zeigen eine vierte bzw. eine fünfte Konfiguration, bei denen sich der Balkenteil (des zweiten leitenden Materials **145d** bzw. **145e**) seitlich und quer erstreckt.

Die sich seitlich und quer erstreckenden Balkenteile können beispielsweise wünschenswert sein, wenn Kontaktelemente hergestellt werden, um das Rastermaß zwischen benachbarten Kontaktelementen besonders zu minimieren. **Fig. 10(f)** zeigt eine sechste Konfiguration eines Balkenteils, bei dem das zweite leitende Material **145f** den Pfostenteil **130** teilweise umgibt.

[0113] **Fig. 11(a)** und **11(b)** zeigen eine vierte und eine fünfte Konfiguration des Balkenteils des Kontaktelements gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel der Erfindung in einer xz-Ebene. **Fig. 11(a)** zeigt das zweite leitende Material **145g** mit einer planaren oberen Oberfläche und einer konkaven unteren Oberfläche. **Fig. 11(b)** zeigt das zweite leitende Material **145h** mit einer planaren unteren Oberfläche und einer geradlinig absinkenden oberen Oberfläche in Richtung des Endes. Die leitenden Materialien **145g** und **145h** können in dieser Weise in einer Anzahl von Weisen ausgebildet werden, einschließlich Verändern der Lichtquelle, um den Barunterliegenden und benachbarten Photoresist zu formen, der das Maskierungsmaterial bildet, und Galvanisieren in Gegenwart einer nicht-leitenden Maske, um das galvanisierte Material dorthin zu verteilen, wo es erwünscht ist.

[0114] **Fig. 12(a)** und **12(b)** zeigen einen Aspekt des ersten Ausführungsbeispiels der Erfindung. In diesem Aspekt ist die Herstellung der Komponenten für das Kontaktelement auf einem elektronischen Bauteil **105** durch lithographische Verfahren mit der Ausbildung eines Federkontaktelements mit einem Pfostenteil aus einem ersten leitenden Element **130** und einem Balkenteil aus einem zweiten leitenden Material **145** im Wesentlichen vollständig. **Fig. 12(a)** zeigt das Substrat **105** nach dem weiteren Bearbeitungsschritt des Entfernens der ersten Maskierungsmaterialschicht **125** und der zweiten Maskierungsmaterialschicht **140**. In dem Beispiel, in dem eine erste Maskierungsmaterialschicht **125** und eine zweite Maskierungsmaterialschicht **140** Photoresist sind, kann ein Schritt des Entfernens der ersten Maskierungsmaterialschicht **125** und der zweiten Maskierungsmaterialschicht **140** mit Sauerstoffplasmaätzen (z. B. Sauerstofflackentfernung) durchgeführt werden. Andere Verfahren zum Entfernen der Maskierungsmaterialschichten umfassen, sind jedoch nicht begrenzt auf, Laserabtragung und nasschemisches Ätzen. Zusätzliches Ätzen kann erforderlich sein, um überschüssige oder unerwünschte Teile der Keimschicht **135** zu entfernen. Da jedoch die Keimschicht **135** typischerweise dünn (z. B. etwa 500 nm (5000 Å)) ist, wird jegliches überschüssige oder unerwünschte Keimschichtmaterial typischerweise mit der Entfernung des Maskierungsschichtmaterials entfernt. In dieser Weise zeigt **Fig. 12(a)** ein frei stehendes Kontaktelement, das am elektronischen Bauteil **105** am Anschluss **110** befestigt ist und einen Pfostenteil, der durch das erste leitende Material **130** dargestellt ist, und einen sich seitlich und/oder quer erstreckenden Balkenteil, der durch das zweite lei-

tende Material **145** dargestellt ist, aufweist. Eine Struktur wie z. B. diese kann als nützliche Kontaktstruktur durch beispielsweise Beschichten eines gewissen Teils des Balkenteils mit einem geeigneten Kontaktmaterial dienen.

[0115] In einem bevorzugten Beispiel kann ein separat ausgebildeter Spitzenteil 1500 am distalen Ende des Balkenteils beispielsweise durch Hartlöten, Weichlöten, Schweißen (z. B. Punktschweißen), leitendes Epoxid, Heften usw. befestigt werden, um das in **Fig. 12(b)** gezeigte Kontaktelement auszubilden. Ein Verfahren zum Ausbilden eines Spitzenteils wird hierin mit Bezug auf die **Fig. 14-18(b)** und den zugehörigen Text beschrieben. Andere Verfahren zum Ausbilden und Überführen von Spitzenteilen sind im einzelnen in dem im gemeinsamen Besitz stehenden US-Patent Nr. 5 829 128 und der PCT-Anmeldung Nr. PCT/US97/08606, veröffentlicht am 20. November 1997 als WO97/43653, beschrieben. In der PCT-Anmeldung Nr. PCT/US97/08606 ist beispielsweise ein Verfahren zum Herstellen einer Vielzahl von Kontaktspitzenanteilen mit einer relativ genauen Positionsbeziehung zueinander auf einem Opfersubstrat wie z. B. einem Siliziumwafer beschrieben. Die Kontaktspitzenanteile werden auf einem Opfersubstrat mit äußerst engen Toleranzen mit gegebenen herkömmlichen Halbleiterbearbeitungsverfahren (z. B. Photolithographie, Abscheidung usw.) leicht hergestellt, um eine räumliche Beziehung zueinander vorzuschreiben. Solange die Kontaktspitzenstrukturen auf dem Opfersubstrat bleiben, werden die Toleranzen der räumlichen Beziehung bewahrt. Die in dieser gleichzeitig anhängigen Anmeldung beschriebene Erfindung erleichtert die Konstruktion von Kontaktelementen durch Verbinden einer Vielzahl von Kontaktspitzenanteilen mit einer entsprechenden Vielzahl von Verbindungselementen (z. B. Balkenteilen von Kontaktelementen). Die Spitzenteile werden mit den Kontaktelementen verbunden, indem die Spitzenteile, die sich noch auf dem Opfersubstrat befinden, mit dem Kontaktelement in Kontakt gebracht werden und beispielsweise durch Hartlöten verbunden werden, und dann das Opfersubstrat entfernt wird. Diese Verfahren können verwendet werden, um den Spitzenteil zur Struktur von **Fig. 12(a)** zu überführen.

[0116] **Fig. 13(a)–13(c)** zeigen einen zweiten Aspekt des ersten Ausführungsbeispiels der Erfindung, wobei der Spitzenteil des Kontaktelements auf dem Substrat **105** unter Verwendung von weiteren Lithographieverfahren hergestellt wird. **Fig. 13(a)** zeigt ein elektronisches Bauteil **100** nach dem weiteren Bearbeitungsschritt des Abscheidens einer dritten Maskierungsmaterialschicht **150** über dem Substrat **105** und des Strukturierens der Öffnung **155** zum zweiten leitenden Material **145** am distalen Ende des zweiten leitenden Materials **145** (d. h. distal relativ zur Stelle des ersten leitenden Materials **130**). Die Öffnung **155** weist einen Durchmesser auf, der für die Ausbildung eines gewünschten Spitzenteils des Kontaktelements geeignet ist. Eine geeignete Öffnung weist bei-

spielsweise einen Durchmesser von 6 mils auf. Rechteckige und/oder schräge Öffnungen können auch eingeschlossen werden.

[0117] **Fig. 13(b)** zeigt das elektronische Bauteil **100** nach dem weiteren Bearbeitungsschritt des Ausbildens eines Spitzenteils des Kontaktelements in der Öffnung **155** der dritten Maskierungsmaterialschicht **150**. Der Spitzenteil des Federkontaktelements wird aus einem dritten leitenden Material **160** hergestellt. In einem Ausführungsbeispiel ist das dritte leitende Material **160** ein mehrlagiges Material, das durch einen Galvanisierungsprozess ausgebildet wird.

[0118] Das dritte leitende Material **160** kann beispielsweise aus einer Schicht aus Gold von ungefähr 0,0254 mm (1 mil), gefolgt von einer wahlweisen dünnen Schicht aus einem Edelmetall wie z. B. Rhodium, gefolgt von einer Schicht aus Nickel mit einer Dicke von ungefähr 0,0254–0,0381 mm (1,0–1,5 mils), bestehen.

[0119] Es ist in bestimmten Anwendungen erwünscht, eine äußere Kontaktschicht für einen letztlichen Kontakt mit einem zweiten elektronischen Bauteil aufzunehmen. Diese kann in Form einer Schicht vorliegen, die am Ende der Konstruktion einer Spitzenstruktur abgeschieden wird. Diese Schicht ist in Abhängigkeit von den Anwendungen und den Entwurfskriterien entschieden wahlfrei. Sie kann auf eine fertiggestellte Struktur wie z. B. die Spitze in **Fig. 13(b)** plattiert werden.

[0120] Bei Wunsch kann eine Schicht aus Kontaktmetall als Endsicht auf einer Kontaktstruktur plattiert werden. Palladium (Pd), Palladium-Kobalt (Pd-Co), Gold (Au) (weiches oder hartes Gold) und Rhodium (Rh) sind besonders nützlich. Diese Materialien, ihre Eigenschaften und Abscheidungsverfahren sind auf dem Fachgebiet von Kontaktstrukturen für die Elektronik bekannt. Ein besonders bevorzugtes Material ist eine Legierung aus Palladium und Kobalt (PdCo). Eine nützliche Dicke kann etwa 0 bis 5 µm (0 bis etwa 200 Mikron) sein, aber mehr kann verwendet werden – selbst zig Mikrometer (Mikrometer) oder mehr. In einer alternativen Konstruktion wird die gesamte Kontaktstrukturschicht aus diesem Material hergestellt. In einem besonders bevorzugten Ausführungsbeispiel wird ein gewisser Teil der Endkontaktstrukturschicht aus diesem Material hergestellt.

[0121] Die obere oder oben liegende Oberfläche des dritten leitenden Materials **160** kann wie z. B. in **Fig. 13(b)** gezeigt, wie z. B. spitz, um beispielsweise eine umgekehrte Pyramidenstruktur zu ergeben, durch gesteuertes Ätzen des dritten leitenden Materials **160** geformt werden.

[0122] **Fig. 13(c)** zeigt das elektronische Bauteil **100** nach dem weiteren Bearbeitungsschritt des Entferns der ersten Maskierungsmaterialschicht **125**, der zweiten Maskierungsmaterialschicht **140** und der dritten Maskierungsmaterialschicht **150**, um ein freistehendes Kontaktelement auf dem Substrat **105** zu ergeben. In dem Ausführungsbeispiel, in dem die erste Maskierungsmaterialschicht **125**, die zweite Mas-

kierungsmaterialschicht **140** und die dritte Maskierungsmaterialschicht **150** jeweils ein Photoresist sind, können die Maskierungsmaterialschichten durch einen Sauerstofflackentfernungsprozess, wie vorstehend angemerkt, entfernt werden. Weitere Verfahren, einschließlich, jedoch nicht begrenzt auf, Laserabtragung und nasschemisches Ätzen können auch angewendet werden, um die Maskierungsmaterialschichten zu entfernen. **Fig. 13(c)** zeigt ein frei stehendes Kontaktelement **101**, das über dem Substrat **105** liegt und am Anschluss **110** des Substrats **105** befestigt ist. Zu diesem Zeitpunkt kann jegliche Kurzschlusschicht (z. B. die Kurzschlusschicht **117**) entfernt werden.

[0123] Die obige Beschreibung stellte das erste Ausführungsbeispiel des Prozesses der Erfindung dar, durch den ein Kontaktelement direkt auf einem elektronischen Bauteil wie z. B. einem Raumtransformator einer Nadelkartenanordnung hergestellt wird. Ein besonders nützliches Substrat für ein elektronisches Bauteil ist ein Substrat auf Keramikbasis. In einem Aspekt der Erfindung wird ein elektronisches Bauteil auf Keramikbasis gewählt, das beispielsweise Anschlüsse aufweist, um entsprechende Kontaktelemente, die durch einen Prozess, wie z. B. beschrieben, ausgebildet werden, zum Testen von beispielsweise mehreren integrierten Schaltkreislplättchen oder -chips auf einmal aufzunehmen. Ein solches elektronisches Bauteil kann leicht 1500 oder mehr Kontakte (Anschlüsse) aufweisen. Wie vorstehend bemerkt, kann dasselbe beschriebene Verfahren zum Ausbilden eines einzelnen Kontaktelements verwendet werden, um die zusätzlichen Kontaktelemente auszubilden.

[0124] Ein zweites nützliches Substrat für ein elektronisches Bauteil ist ein Halbleitersubstrat. Metallsubstrate können auch verwendet werden. Ein Vorteil eines Verfahrens auf Halbleiterbasis besteht darin, dass es im Fall von beispielsweise elektronischen Bauteilen mit "Chipgröße" die Fähigkeit bietet, mehr elektronische Bauteile mit Kontaktelementen zu einem einzelnen Zeitpunkt herzustellen, als ein elektronisches Bauteil auf Keramikbasis, das denkbar auf die Ausbildung von Kontaktelementen auf dem einzelnen elektronischen Bauteil auf Keramikbasis begrenzt sein kann.

[0125] Wie in **Fig. 13(c)** ersichtlich ist, können eine Vielzahl von Kontaktelementen wie z. B. ein langgestrecktes oder freitragendes Kontaktelement **101** an einem elektronischen Bauteil mit einer Vielzahl von Anschlüssen auf einer Oberfläche desselben befestigt werden. In diesem Aspekt des Ausführungsbeispiels weist jedes Kontaktelement **101** einen Pfostenteil **130**, einen Balkenteil **145** und einen Spitzenteil **160** entgegengesetzt zum Pfostenteil **130** auf und ist an seinem Pfostenteil an einem entsprechenden Anschluss des elektronischen Bauteils **105** befestigt. Der Spitzenteil **160** von jedem Kontaktelement erstreckt sich über der Oberfläche des elektronischen Bauteils **105** durch eine Position, die seitlich und/oder

quer gegenüber dem Pfostenteil **130** versetzt ist, was eine frei stehende Kragarmstruktur bildet.

[0126] In einem Ausführungsbeispiel ist das Kontaktelement **101** elastisch und ist ein Federkontaktelement. Das Kontaktelement **101** weist eine "effektive" Höhe von "L1" auf, wobei diese der Abstand zwischen dem höchsten Teil des Spitzenteils **160** und der am weitesten innen liegenden Position, in der der Pfostenteil **130** am elektronischen Bauteil **105** befestigt ist, ist. Die tatsächliche Höhe "h<sub>1</sub>" stellt den Abstand dar, auf dem sich der höchste Teil des Spitzenteils **160** vom elektronischen Bauteil **105** erstreckt. Der Abstand zwischen der Unterseite des Balkenteils **145** und der Oberfläche des elektronischen Bauteils **105** ist durch "h<sub>2</sub>" dargestellt und stellt den Abstand dar, um den sich das Kontaktelement **101** als Reaktion auf Druckkräfte, die an dessen Spitzenteil **160** aufgebracht werden, auslenken kann.

[0127] **Fig. 14-21(c)** stellen ein zweites Ausführungsbeispiel zur Herstellung eines Kontaktelements gemäß der Erfindung dar. **Fig. 14** zeigt eine Struktur **400** mit einem Substrat **410**, das ein Opfersubstrat wie beispielsweise ein Halbleitersubstrat ist. Für Erläuterungszwecke ist das Substrat **410** orientiert, um ein fertiggestelltes Kontaktelement mit derselben Orientierung wie das (die) in den **Fig. 1(a)–13(c)** dargestellte(n) Kontaktelemente(n) zu zeigen.

[0128] In einer Oberfläche des Substrats **410** ist eine pyramidenförmige Struktur ausgebildet. Verfahren zum Ausbilden einer pyramidenförmigen Struktur sind im einzelnen in der im gemeinsamen Besitz stehenden, anhängigen PCT-Anmeldung Nr. PCT/US97/08606, veröffentlicht am 20. November 1997 als WO97/43653, beschrieben. In der PCT-Anmeldung Nr. PCT/US97/08606 ist ein Verfahren beschrieben, durch das eine pyramidenförmige Struktur durch die Strukturierung eines Maskierungsmaterials mit einer vorzugsweise quadratischen Öffnung, die ungefähr 0,0254–0,10 mm (1–4 mils) misst, auf einer Seite über einem Halbleitersubstrat ausgebildet wird. Als nächstes wird das Substrat geätzt, um die pyramidenförmige Vertiefung auszubilden. Im Fall von bestimmten Silizium-Halbleitersubstraten ist Silizium gewöhnlich selbstbegrenzend, wenn das Ätzen entlang der Kristallebene fortschreitet, wie z. B. bei ungefähr 54,74° für Silizium. Mit anderen Worten, die Vertiefung erstreckt sich in eine Tiefe, die durch die Größe der Maskenöffnung und die Art des Substrats vorgegeben wird. Bei quadratischen Öffnungen von 0,063 mm (2,5 mils) pro Seite ist die Tiefe der Vertiefung beispielsweise ungefähr 0,0508 mm (2 mils).

[0129] Weitere Verfahren zum Ausbilden von pyramidenförmigen Strukturen sind in dem im gemeinsamen Besitz stehenden US-Patent Nr. 5 809 128 und in der gleichzeitig anhängigen und im gemeinsamen Besitz stehenden US-Patentanmeldung, Seriennr. 08/802 054 mit dem Titel "Microelectronic Contact Structure, and Method of Making Same" beschrieben.

[0130] Über der Oberfläche des Substrats **410** liegt

eine Löseschicht **425**. Die Löseschicht **425** ist beispielsweise ein Metall wie z. B. Aluminium, das mit einer Dicke von ungefähr 500 nm (5000 Angström (Å)) unter Verwendung von herkömmlichen Abscheidungsverfahren abgeschieden wird. Über der Löseschicht **425** auf der Oberfläche des Substrats **410** liegt eine Keimschicht **430**. Die Keimschicht **430** ist beispielsweise Kupfer, das einen Kupfergalvanisierungsprozess erleichtert. In einem Ausführungsbeispiel wird die Keimschicht **430** aus Kupfer mit einer Dicke von ungefähr 500 nm (5000 Å) unter Verwendung von herkömmlichen Abscheidungsverfahren abgeschieden.

[0131] **Fig. 15** zeigt die Struktur **400** nach dem weiteren Bearbeitungsschritt des Abscheidens und Strukturierens der ersten Maskierungsmaterialschicht **435** über dem Substrat **410**. Die erste Maskierungsmaterialschicht **435** ist beispielsweise ein Photoresist, wie z. B. in dem vorstehend mit Bezug auf **Fig. 2-13(d)** und den zugehörigen Text beschriebenen Ausführungsbeispiel verwendet, welcher mit einer Dicke der gewünschten Höhe des Spitzenteils eines Kontaktelements abgeschieden wird, wobei die Möglichkeit der Planarisierung eines Teils der ersten Maskierungsmaterialschicht **435** mit dem Spitzenteilmaterial in Betracht gezogen wird. Die erste Maskierungsmaterialschicht **435** wird so strukturiert, dass sie eine Öffnung über der Struktur **420** aufweist.

[0132] Wie in **Fig. 16** gezeigt, wird erstes leitendes Material **440** als nächstes in der Öffnung in der ersten Maskierungsschicht **435** abgeschieden. Das erste leitende Material **440** ist in diesem Beispiel eine Galvanisierungslegierung wie z. B. eine Nickel-Kobalt-Legierung ähnlich der Galvanisierungslegierung, die vorstehend mit Bezug auf das mit Bezug auf **Fig. 2-13(d)** beschriebene Ausführungsbeispiel beschrieben wurde. Wie vorstehend mit Bezug auf das in **Fig. 13(b)** und den zugehörigen Text beschriebene Ausführungsbeispiel angemerkt, kann es erwünscht sein, eine äußere Kontaktschicht aufzunehmen. Bei Wunsch kann folglich eine Schicht aus Kontaktmetall beispielsweise über der Löseschicht **425** metallisiert werden. Geeignete Materialien umfassen Palladium (Pd), Palladium-Kobalt (PdCo), Gold (Au) und Rhodium (Rh). Ein besonders bevorzugtes Material ist PdCo, das mit einer Dicke von etwa 0 bis 5 µm (Mikrometer) abgeschieden wird, aber mehr kann verwendet werden – sogar zig Mikrometer oder mehr. In einem zweiten bevorzugten Ausführungsbeispiel wird das gesamte Kontaktelement aus diesem Material hergestellt. In einem weiteren bevorzugten Ausführungsbeispiel wird nur die Endkontaktstrukturschicht aus diesem Material hergestellt. In einem besonders bevorzugten Ausführungsbeispiel wird ein gewisser Teil der Endkontaktstrukturschicht aus diesem Material hergestellt.

[0133] In einem Ausführungsbeispiel wird das erste leitende Material **440** mit einer Dicke von zumindest der Höhe der ersten Maskierungsmaterialschicht **435** und vorzugsweise mehr als einer solchen Höhe

(Übermetallisieren) abgeschieden.

[0134] **Fig. 17** zeigt die Struktur **400** nach dem weiteren Bearbeitungsschritt des Planarisierens des ersten leitenden Materials **440** und der ersten Maskierungsschicht **435** gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung. Die Planarisierung wird beispielsweise durch ein Schleifverfahren oder chemisch-mechanisches Polieren mit einer geeigneten Aufschlämmung, wie z. B. vorstehend mit Bezug auf **Fig. 5** und den zugehörigen Text beschrieben, durchgeführt. Der Planarisierungsschritt von **Fig. 17** legt die Höhe des Spitzenteils eines Kontaktelements fest.

[0135] In einem ersten Aspekt des zweiten Ausführungsbeispiels der Erfindung kann der Spitzenteil des ersten leitenden Materials **440** entfernt und separat an einem Kontaktelement befestigt werden, wie beispielsweise dem Kontaktelement, das einen Pfosten- und einen Balkenteil enthält, die auf einem elektronischen Bauteil in **Fig. 12(a)** ausgebildet sind, und an einen Spitzenteil hartgelötet, weichgelötet oder anders mit diesem kombiniert wird, wie in **Fig. 12(b)** gezeigt. **Fig. 18(a)** zeigt die Struktur **400** nach dem weiteren Bearbeitungsschritt des Entfernens der ersten Maskierungsmaterialschicht **435**. In dem Beispiel, in dem die erste Maskierungsmaterialschicht **435** ein Photoresist ist, kann die erste Maskierungsmaterialschicht **435** durch Sauerstofflackentfernung, Laserabtragung oder Naßätzen entfernt werden. Sobald die erste Maskierungsmaterialschicht **435** entfernt ist, kann der Spitzenteil des ersten leitenden Materials **440** vom Substrat **410** an der Löseschicht **425** getrennt werden. In dem Beispiel, in dem die Löseschicht **425** Aluminium ist, kann das erste leitende Material **440** von dem Substrat **410** durch Auflösen der Löseschicht **425** unter Verwendung einer Natriumhydroxid- (NaOH) Lösung entfernt werden, wie auf dem Fachgebiet bekannt. Weitere Verfahren zum Abtrennen, einschließlich, jedoch nicht begrenzt auf, chemisches Ätzen und Wärme, können auch geeignet sein.

[0136] Bevor der Spitzenteil des ersten leitenden Materials **440** vom Substrat **410** abgetrennt wird, kann der Spitzenteil mit einem Pfosten- und einem Balkenteil beispielsweise durch Hartlöten, Weichlöten oder Schweißen kombiniert werden, wie in **Fig. 18(b)** gezeigt. **Fig. 18(b)** zeigt ein Beispiel eines Kontaktelements **4001**, das mit dem elektronischen Bauteil **4000** gekoppelt ist. Das Kontaktelement **4001** umfasst einen Pfosten- und einen Balkenteil **4650**, der mit dem Anschluss **4010** des elektronischen Bauteils **4000** gekoppelt ist, einen Balkenteil **4550** und einen Spitzenteil **440**, der am Balkenteil **4550** befestigt ist.

[0137] **Fig. 19(a)** zeigt einen zweiten Aspekt des zweiten Ausführungsbeispiels der Erfindung. Ausgehend von der Struktur **400**, wie in **Fig. 17** gezeigt, zeigt **Fig. 19(a)** die Struktur **400** nach dem weiteren Bearbeitungsschritt, einen Teil der ersten Maskierungsmaterialschicht **435** leitend zu machen, um einen Elektrodenbereich für einen Balkenteil des Kontaktelements festzulegen, der in einem Galvanisie-

rungsprozess ausgebildet werden soll. Wie vorstehend bemerkt (siehe **Fig. 6** und den zugehörigen Text), gibt es andere Verfahren zum Ausbilden eines Balkenteils, die auch geeignet sind.

[0138] **Fig. 19(a)** zeigt die Struktur **400** nach dem weiteren Bearbeitungsschritt, einen Bereich auf der Oberfläche der ersten Maskierungsmaterialschicht **435** leitend zu machen, so dass der Bereich als Elektrode für einen Galvanisierungsprozess geeignet ist. In einem Ausführungsbeispiel wird ein Teil eines Bereichs der ersten Maskierungsmaterialschicht **435** mit einer Keimschicht **445** aus einem leitenden Metall oder einer Metalllegierung wie z. B. einer Titanschicht, einer Titan-Wolfram-Legierungsschicht oder einer Titan- oder Titan-Wolfram/Gold-Doppelschicht bedeckt. Für eine galvanisierte Nickel/Kobalt-Schicht weist die Keimschicht **445** beispielsweise eine Dicke von ungefähr 500 nm (5000 Å) auf. Wie vorstehend mit Bezug auf **Fig. 6** und den zugehörigen Text bemerkt, kann die Keimschicht **445** als unstrukturierte Schicht oder selektiv als Leiterbahnen abgeschieden werden.

[0139] Wie in **Fig. 19(b)** gezeigt, wird als nächstes ein Bereich über der Struktur **400** mit einer zweiten Maskierungsmaterialschicht **450** wiederum wie z. B. Photoresist bedeckt. Die zweite Maskierungsmaterialschicht **450** wird strukturiert, um einen Bereich der Keimschicht **445** freizulegen und einen Balkenteil des Kontaktelements festzulegen.

[0140] **Fig. 19(c)** zeigt die Struktur **400** nach dem weiteren Bearbeitungsschritt des Abscheidens von zweitem leitenden Material **455** über der oberen Oberfläche der Struktur. In einem Ausführungsbeispiel wird das zweite leitende Material **455** durch einen Galvanisierungsprozess mit einer Galvanisierungslegierung wie z. B. Nickel-Kobalt abgeschieden. In dem bevorzugten Ausführungsbeispiel wird das zweite leitende Material **455** mit einer Dicke von zumindest der Dicke der zweiten Maskierungsmaterialschicht **450** und im Allgemeinen größer als der Dicke der zweiten Maskierungsmaterialschicht **450** (Übermetallisieren) abgeschieden.

[0141] Wie in **Fig. 19(d)** gezeigt, werden nach der Abscheidung des zweiten leitenden Materials **455** über der Struktur **400** das zweite leitende Material **445** und die zweite Maskierungsmaterialschicht **450** durch einen Schleifprozess oder chemisch-mechanisches Polieren, wie z. B. vorstehend beschrieben, planarisiert, um einen Balkenteil des Kontaktelements auf dem Substrat **410** auszubilden, wobei der Balkenteil eine bekannte Dicke aufweist, die durch den Planarisierungsschritt festgelegt wird. An diesem Punkt wird auf die **Fig. 10(a)–11(b)** und den zugehörigen Text Bezug genommen, die verschiedene Konfigurationen für einen Balkenteil eines Kontaktelements zeigen, das auf einem elektronischen Bauteil ausgebildet wird. Es ist zu erkennen, dass dieselben Verfahren verwendet werden können, um den Balkenteil mit verschiedenen Konfigurationen auf einem Opfersubstrat **410** auszubilden.

[0142] **Fig. 20(a)** und **20(b)** zeigen einen dritten Aspekt des zweiten Ausführungsbeispiels der Erfindung. In diesem Aspekt können der Spitzenteil und der Balkenteil des Kontaktelements von dem Opfersubstrat **410** entfernt und an einem separat ausgebildeten Pfostenteil **4650** auf einem elektronischen Bauteil befestigt werden. Um den Spitzenteil aus dem ersten leitenden Material **440** und den Balkenteil aus dem zweiten leitenden Material **455** abzutrennen, kann ein Sauerstoffplasma, Laserabtragung oder Naßätzen verwendet werden, um die erste Maskierungsmaterialschicht **435** und die zweite Maskierungsmaterialschicht **450** in dem Beispiel zu entfernen, in dem die erste Maskierungsmaterialschicht **435** und die zweite Maskierungsmaterialschicht **450** Photoresist sind. Das gewählte Verfahren entfernt im Allgemeinen die überschüssigen Keimschichtmaterialien oder diese Überschüsse können separat entfernt werden, wie vorstehend bemerkt.

[0143] Das erste leitende Material **440** kann an diesem Punkt vom Opfersubstrat **410** an der Löseschicht **425** abgetrennt werden. In dem Beispiel, in dem die Löseschicht **425** Aluminium ist, besteht ein Verfahren zum Abtrennen des ersten leitenden Materials **440** vom Opfersubstrat **410** darin, die Löseschicht **425** mit einer NaOH-Lösung zur Reaktion zu bringen. **Fig. 20(a)** zeigt, dass der Spitzenteil aus dem ersten leitenden Material **440** und der Balkenteil aus dem zweiten leitenden Material **455** vom Opfersubstrat **410** getrennt sind. Der Balkenteil aus dem zweiten leitenden Material **455** soll an einem separat hergestellten Pfostenteil **4650** befestigt werden, der mit dem elektronischen Bauteil **4010** an einem Anschluss des elektronischen Bauteils **4010** gekoppelt ist. Der Pfostenteil **4650** kann direkt auf einem elektronischen Bauteil durch die mit Bezug auf die **Fig. 2-4** und den zugehörigen Text beschriebenen Verfahren ausgebildet werden. Der Balkenteil aus dem zweiten leitenden Material **455** kann am Pfostenteil **4650** befestigt werden, nach, jedoch vorzugsweise vor dem Abtrennen des Spitzenteils aus dem ersten leitenden Material **440** vom Opfersubstrat **410**. **Fig. 20(b)** zeigt die Kopplung wie beispielsweise durch Weichlöten, Hartlöten oder Schweißen.

[0144] Anstelle des Abtrennens eines Kontaktelements, das einen Spitzenteil aus dem ersten leitenden Material **440** und einen Balkenteil aus dem zweiten leitenden Material **455** enthält, vom Opfersubstrat **410**, zieht das zweite Ausführungsbeispiel des Verfahrens der Erfindung alternativ den Bearbeitungsschritt des Ausbildens eines Pfostenteils für das Kontaktelement in Betracht. **Fig. 21(a)–21(c)** stellen diesen Prozess dar.

[0145] **Fig. 21(a)** zeigt die Struktur **400** von **Fig. 19(d)** nach dem weiteren Bearbeitungsschritt des Abscheidens einer Keimschicht **458** aus einem leitenden Metall oder einer Metalllegierung, einschließlich, jedoch nicht begrenzt auf, Titan oder eine Titan/Gold-Doppelschicht.

[0146] **Fig. 21(a)** zeigt auch die Struktur **400** nach



dem weiteren Bearbeitungsschritt des Strukturierens einer dritten Maskierungsmaterialschicht **460** über der Struktur **400** und des Strukturierens einer Öffnung zum zweiten leitenden Material **455** am distalen Ende des zweiten leitenden Materials **455** (d. h. distal relativ zur Stelle des ersten leitenden Materials **440**). Die dritte Maskierungsmaterialschicht **460** ist beispielsweise ein Photoresistmaterial ähnlich der ersten Maskierungsmaterialschicht **435** und der zweiten Maskierungsmaterialschicht **450**. Die dritte Maskierungsmaterialschicht wird zu einer geeigneten Höhe für einen Pfostenteil eines Kontaktelements strukturiert, einschließlich der Berücksichtigung für einen anschließenden Planarisierungsschritt, um die Höhe des Pfostenteils festzulegen. Eine vollständige Erörterung der Höhenerwägungen für den Pfostenteil eines Kontaktelements ist hierin mit Bezug auf **Fig. 3** und den zugehörigen Text bereitgestellt.

[0147] **Fig. 21(b)** zeigt die Struktur **400** nach dem weiteren Bearbeitungsschritt des Abscheidens eines dritten leitenden Materials **465** in der Öffnung in der dritten Maskierungsmaterialschicht **460** über beispielsweise einen Galvanisierungsprozess. In einem Beispiel ist das dritte leitende Material **465** Nickel-Kobalt ähnlich dem ersten leitenden Material **440** und dem zweiten leitenden Material **455**. Das dritte leitende Material **465** wird vorzugsweise mit einer Dicke von zumindest der Dicke der dritten Maskierungsmaterialschicht **460** und im Allgemeinen größer als der Dicke der dritten Maskierungsmaterialschicht **460** (Übermetallisieren) abgeschieden. **Fig. 21(b)** zeigt auch die Struktur **400** nach dem weiteren Bearbeitungsschritt des Planarisierens des dritten leitenden Materials **465** und der dritten Maskierungsmaterialschicht **460**, um einen Pfostenteil aus dem dritten leitenden Material **465** mit einer durch den Planarisierungsschritt festgelegten Dicke festzulegen.

[0148] In dem Beispiel, in dem die erste Maskierungsmaterialschicht **435**, die zweite Maskierungsmaterialschicht **450** und die dritte Maskierungsmaterialschicht **460** Photoresist sind, wird ein Sauerstofflackentfernungs-, Laserabtragungs- oder nasschemischer Ätzschritt zuerst verwendet, um die Maskierungsmaterialschicht zu entfernen. An diesem Punkt kann das Kontaktelement **470** vom Opfersubstrat **410** an der Löseschicht **425** abgetrennt werden. In dem Beispiel, in dem die Löseschicht **425** Aluminium ist, wird das Aluminium beispielsweise mit einer NaOH-Lösung zur Reaktion gebracht, um das Kontaktelement **470** vom Opfersubstrat **410** abzutrennen.

[0149] **Fig. 21(c)** zeigt das Kontaktelement **470**, das mit dem elektronischen Bauteil **480** wie z. B. dem Raumtransformator einer Nadelkartenanordnung gekoppelt ist. Das Kontaktelement **470** wird an seinem Pfostenteil (aus dem dritten leitenden Material **465**) mit einem Anschluss des elektronischen Bauteils **480** beispielsweise durch Weichlöten, Hartlöten, Schweißen, leitendes Epoxid, Heften oder ein anderes Verfahren gekoppelt.

[0150] Das Kontaktelement **470** von **Fig. 21(c)** kann

mit dem Kontaktelement **469** von **Fig. 20(b)** verglichen werden. In **Fig. 20(b)** wird der Balkenteil **455** am separat hergestellten Pfostenteil **4650** durch beispielsweise Hartlöten oder Weichlöten befestigt. In **Fig. 21(c)** wird das Kontaktelement **470** zu einer einzelnen Einheit mit einem Pfostenteil, einem Balkenteil und einem Spitzenteil durch eine Reihe von Abscheidungsschritten ausgebildet. In jedem Fall können die Abmessungen und die Elastizitätseigenschaften unter Verwendung von lithographischen Verfahren, die Planarisierungsschritte beinhalten, genau gesteuert werden.

[0151] **Fig. 22(a)** stellt ein zweites und bevorzugtes Verfahren zum Montieren eines Kontaktelements, das auf einem Opfersubstrat hergestellt wird, an einem elektronischen Bauteil dar. **Fig. 22(a)** stellt das Verfahren dar, bei dem das Kontaktelement **471** auf dem Opfersubstrat **410** beispielsweise durch das vorstehend mit Bezug auf **Fig. 14-21(b)** und den zugehörigen Text beschriebene Verfahren hergestellt wird. **Fig. 22(a)** zeigt das Kontaktelement **471**, das an seinem Spitzenteil mit dem Opfersubstrat **410** gekoppelt ist. Die erste Maskierungsmaterialschicht, die zweite Maskierungsmaterialschicht und die dritte Maskierungsmaterialschicht, die verwendet werden, um das Kontaktelement zu strukturieren, wurden entfernt. Wie in **Fig. 22(a)** gezeigt, wird der Pfostenteil des Kontaktelements **471** mit einem entsprechenden Anschluss **486** auf dem elektronischen Bauteil **480** in Kontakt gebracht, woraufhin der Pfostenteil geeigneterweise an den Anschluss **486** weichgelötet, hartgelötet, geschweißt usw. wird. Es ist zu erkennen, dass ein beliebiges geeignetes Verfahren und/oder Material zum Befestigen des Pfostenteils des Kontaktelements **471** an einem Anschluss eines elektronischen Bauteils in jedem der vorstehend beschriebenen Ausführungsbeispiele verwendet werden kann, einschließlich Hartlöten, Schweißen (z. B. Punktschweißen), Weichlöten, leitendes Epoxid, Heften des Kontaktelements in einer geeigneten Weise an den Anschluss und sicheres Befestigen des Kontaktelements an dem Anschluss durch Metallisieren (z. B. Galvanisieren) und dergleichen.

[0152] Sobald das Kontaktelement **471** am elektronischen Bauteil **480** befestigt ist, wird das Opfersubstrat **410** in einer geeigneten Weise wie z. B. den vorstehend beschriebenen (z. B. chemisches Ätzen, Erhitzen, Auflösung der Löseschicht usw.) entfernt, was zu dem elektronischen Bauteil **480** mit dem an diesem befestigten Kontaktelement **471** führt, wie in **Fig. 22(b)** dargestellt. Wie in **Fig. 22(b)** ersichtlich ist, können eine Vielzahl von länglichen oder freitragenden Kontaktelementen, wie z. B. beschrieben, an einem elektronischen Bauteil mit einer Vielzahl von Anschlüssen auf einer Oberfläche desselben befestigt werden. In diesem Ausführungsbeispiel weist jedes Kontaktelement einen Pfostenteil, einen Balkenteil und einen Spitzenteil entgegengesetzt zum Pfostenteil auf. Jedes Kontaktelement wird an seinem Pfostenteil an einem entsprechenden Anschluss des

elektronischen Bauteils befestigt. Der Spitzenteil von jedem Kontaktelement erstreckt sich oberhalb der Oberfläche des elektronischen Bauteils durch eine Position, die seitlich und/oder quer gegenüber seinem Pfostenteil versetzt ist, was eine frei stehende Kragarmstruktur bildet.

[0153] In einem Ausführungsbeispiel ist das Kontaktelement elastisch und ist ein Federkontaktelement. Wenn es an einem elektronischen Bauteil befestigt ist, weist das Kontaktelement der Erfindung eine "effektive" Auslenkungshöhe "L2" auf, wobei diese der Abstand zwischen dem höchsten Teil des Spitzenteils und der am weitesten innen liegenden Position, in der der Pfostenteil am elektronischen Bauteil **480** befestigt ist, ist. Die tatsächliche Höhe "h<sub>1</sub>" stellt den Abstand dar, um den sich der höchste Teil des Spitzenteils **160** vom elektronischen Bauteil **480** erstreckt. Der Abstand zwischen der Unterseite des Balkenteils und der Oberfläche des elektronischen Bauteils **480** ist durch "h<sub>2</sub>" dargestellt und stellt den Abstand dar, um den sich das Kontaktelement als Reaktion auf Druckkräfte, die auf dessen Spitzenteil (z. B. an der Spitzenendstruktur) aufgebracht werden, auslenken kann.

[0154] **Fig. 23** stellt eine Anwendung für ein Ausführungsbeispiel des Kontaktelements der Erfindung, insbesondere ein elastisches Kontaktelement oder Federkontaktelement, dar. In **Fig. 23** sind Kontaktelemente **471** und **472** beispielsweise in der mit Bezug auf **Fig. 13(c)** oder **Fig. 22(b)** beschriebenen Weise an einem Raumtransformator einer Nadelkartenanordnung so befestigt, dass die Spitzenteilenden **4711** und **4721** Druckverbindungen mit Anschlüssen **492** des elektronischen Bauteils **490** wie z. B. eines Halbleiterbauelements oder einer Fläche eines Halbleiterwafers (nicht dargestellt), die eine Vielzahl von Halbleiterbauelementen enthält, herstellen.

[0155] **Fig. 24** stellt eine Anwendung dar, bei der eine Vielzahl von Kontaktelementen **500** wie z. B. die vorstehend beschriebenen auf einem Substrat wie z. B. einem Raumtransformator einer Nadelkartenanordnung angeordnet sind und an diesem in der vorstehend beschriebenen Weise befestigt sind, so dass ihre Spitzenenden in einer Weise angeordnet sind, die sich zur Herstellung eines Kontakts mit der Bondkontaktstelle eines Halbleiterbauelements, dessen Anschlüsse oder Bondkontaktstellen entlang seines Umfangs angeordnet sind, eignet. Diese Anwendung ist ähnlich zu der Anwendung, die in der gleichzeitig anhängigen, im gemeinsamen Besitz stehenden US-Patentanmeldung, Seriennr. 08/802 054 mit dem Titel "Microelectronic Contact Structure, and Method of Making Same" beschrieben ist. In **Fig. 24** umfasst jedes Kontaktelement **500** einen Pfostenteil **502** und einen Spitzenteil **504** und ist an einem elektronischen Bauteil wie z. B. einem Raumtransformator (schematisch durch die gestrichelte Linie **510** dargestellt) einer Nadelkartenanordnung montiert. Die Spitzenteilenden **504** sind in einem Muster angeordnet, das das Muster der Bondkontaktstellen **522** (schematisch

durch Kreise dargestellt) eines elektronischen Bauteils (schematisch durch die gestrichelte Linie **520** dargestellt) wie z. B. eines Halbleiterbauelements spiegelt. Die Kontaktelemente **500** "fächern" von ihren Spitzenteilen **504** aus, so dass jeder ihrer Pfostenteile **502** in einem größeren Rastermaß (Abstand voneinander) als ihre Spitzenteile **504** angeordnet ist. [0156] **Fig. 25** stellt eine weitere Anwendung dar (auch ähnlich in der gleichzeitig anhängigen, im gemeinsamen Besitz stehenden US-Patentanmeldung, Seriennr. 08/802 054 beschrieben), wobei eine Vielzahl von Kontaktelementen **600**, wie z. B. die vorstehend beschriebenen, auf einem Substrat wie z. B. einem Raumtransformator einer Nadelkartenanordnung angeordnet sind und an diesem in der vorstehend beschriebenen Weise befestigt sind, so dass ihre Spitzenteile in einer Weise angeordnet sind, die sich zum Herstellen eines Kontakts mit den Bondkontaktstellen oder Anschlüssen eines Halbleiterbauelements, dessen Bondkontaktstellen oder Anschlüsse in einer Reihe entlang einer Mittellinie desselben angeordnet sind, eignet. In **Fig. 25** umfasst jedes Kontaktelement, das im Allgemeinen mit der Bezugsziffer **600** bezeichnet ist, einen Pfostenteil **602** und einen Spitzenteil **604** und sie sind an einem elektronischen Bauteil wie z. B. einem Raumtransformator einer Nadelkartenanordnung (schematisch durch die gestrichelte Linie **610** dargestellt) montiert. Die Spitzenteile **604** sind in einem Muster angeordnet, das jenes der Bondkontaktstelle **622** (schematisch durch Kreise dargestellt) eines elektronischen Bauteils (schematisch durch die gestrichelte Linie **620** dargestellt) wie z. B. eines Halbleiterbauelements spiegelt. Die Kontaktelemente **600** sind in der folgenden Sequenz angeordnet. Ein erstes Kontaktelement **600a** ist relativ kurz (weist z. B. in einer x-Richtung die Länge von ungefähr 60 mils auf) und ist so angeordnet, dass es sich zu einer Seite (rechts, wie verwendet) des elektronischen Bauteils **620** erstreckt. Ein zweites Kontaktelement **600b** liegt benachbart zum ersten Kontaktelement **600a** und ist auch relativ kurz (z. B. eine Länge in einer x-Richtung von ungefähr 1,524 mm (60 mils)) und ist so angeordnet, dass es sich zu einer entgegengesetzten Seite (links, wie verwendet) des elektronischen Bauteils **620** erstreckt. Ein drittes Kontaktelement **600c** liegt benachbart zum zweiten Kontaktelement **600b** und ist relativ lang (weist z. B. in einer x-Richtung eine Länge von 2,032 mm (80 mils)) auf und ist so angeordnet, dass es sich zu der einen Seite (rechts, wie verwendet) des elektronischen Bauteils **620** erstreckt. Schließlich liegt ein viertes Kontaktelement **600d** benachbart zum dritten Kontaktelement **600c** und ist auch relativ lang (weist z. B. in einer x-Richtung eine Länge von 2,032 mm (80 mils)) auf und ist so angeordnet, dass es sich zur entgegengesetzten Seite (links, wie verwendet) des elektronischen Bauteils **620** erstreckt. In dieser Weise sind die Spitzenteile **604** mit einem feinen Rastermaß entsprechend jenem der Bondkontaktstelle **622** angeordnet und die Pfostenenden **602** sind in einem

signifikant größeren Abstand voneinander angeordnet.

[0157] Unter Verwendung von Photolithographieverfahren, wie vorstehend beschrieben, können die erfindungsgemäßen Kontaktelemente mit minimalem Rastermaß hergestellt werden. Folglich sind die erfindungsgemäßen Kontaktelemente für die Umgebung von mikroelektronischen Bauteilen mit feinem Rastermaß und enger Toleranz gut geeignet. **Fig. 26(a)-26(b)** stellen eine Anordnung dar, bei der der Abstand zwischen benachbarten Kontaktelementen weiter minimiert werden kann. **Fig. 26(a)** und **26(b)** zeigen zwei verschiedene Ansichten von benachbarten Kontaktelementen **740A** und **740B**. Benachbarte Kontaktelemente **740A** und **740B** können direkt auf einem elektronischen Bauteil gemäß den vorstehend beschriebenen Verfahren, insbesondere mit Bezug auf **Fig. 2-13(c)**, hergestellt werden. In dieser Weise wird jede Maskierungsmaterialschicht strukturiert, um einzelne Teile von benachbarten Kontaktelementen auszubilden. Mit Bezug auf beispielsweise **Fig. 3** vorstehend wird die erste Maskierungsmaterialschicht **125** beispielsweise mit einer Öffnung für zwei Pfostenteile strukturiert. Das erste leitende Material **130** dient als Material für die Pfostenteile **730A** und **730B**. Alternativ können die Kontaktelemente **740A** und **740B** auf einem Opfersubstrat hergestellt und zu einem elektronischen Bauteil überführt werden, ähnlich den vorstehenden Prozessschritten mit Bezug auf **Fig. 14-22(b)** und den zugehörigen Text.

[0158] Das Kontaktelement **740A** umfasst einen Pfostenteil **730A**, einen Balkenteil **745A** und einen Spitzenteil **760A**. Als weitere Verbesserung umfasst das Kontaktelement **740A** auch Abstandsteile **731A** und **732A**, um in diesem Beispiel den Balkenteil **745A** des Kontaktelements **740A** vom darunterliegenden Kontaktelement **740B** zu trennen. In der Weise, in der die Kontaktelemente **740A** und **740B** gleichzeitig ausgebildet werden, wird der Abstandsteil **731A** zur gleichen Zeit wie der Balkenteil **745B** des Kontaktelements **740B** strukturiert und ausgebildet. Die Abstandsteile in diesem Ausführungsbeispiel werden gemäß den Verfahren hergestellt, die für die Herstellung der Pfostenteile und Balkenteile der Kontaktelemente beschrieben wurden (z. B. im ersten Ausführungsbeispiel der Erfindung unter Verwendung einer Maskierungsschicht und einer Maske mit einer Öffnung beispielsweise über dem Pfostenteil **730A** des Kontaktelements **740B** und einer zweiten Öffnung, die einen Balkenteil für das Kontaktelement **740B** festlegt).

[0159] Das Kontaktelement **740B** umfasst einen Pfostenteil **730B**, einen Balkenteil **745B** und einen Spitzenteil **760B**. Das Kontaktelement **740B** umfasst ferner Abstandhalter **732B** und **733B**, um das Kontaktelement **740B** in einer ähnlichen Höhe (in einer y-Richtung) wie das Kontaktelement **740A** auszurichten. In der Weise, in der die Kontaktelemente **740A** und **740B** gleichzeitig ausgebildet werden, können

die Abstandsteile **732A** und **732B** in derselben Maskierungsmaterialschicht (z. B. einer dritten Maskierungsmaterialschicht gemäß der Reihenfolge der Maskierungsmaterialschichten mit Bezug auf **Fig. 2-13(c)** und den zugehörigen Text) strukturiert werden. Die Abstandsteile **732A** und **732B** können dann aus derselben Abscheidung von leitendem Material (z. B. dem dritten leitenden Material **160** mit Bezug auf **Fig. 2-13(c)** und den zugehörigen Text) ausgebildet werden. Ebenso können der Abstandsteil **733B** des Kontaktelements **740A** und der Balkenteil **745A** des Kontaktelements **740B** gleichzeitig (z. B. aus einem vierten leitenden Material) strukturiert und ausgebildet werden.

[0160] Unter Verwendung von photolithographischen Verfahren kann in diesem Ausführungsbeispiel die Länge der rechteckförmigen Balkenteile **745A** und **745B** von benachbarten Kontaktelementen **740A** und **740B** verändert werden. Die benachbarten Kontaktelemente **740A** und **740B** werden entlang derselben Achse (z. B. x-Achse) an ihren Pfostenteilen (Pfostenteil **730A** und **730B**) und entlang einer zweiten Achse (z. B. z-Achse) an ihren Spitzenteilen (Spitzenteile **760A** und **760B**) hergestellt. Wie bemerkt, wird der Balkenteil **745A** des Kontaktelements **740A** direkt über dem Pfostenteil **730B** des Kontaktelements **740B** strukturiert. Folglich werden die Pfostenteile (**730A** und **730B**) in einer x-Richtung axial gefluchtet. Am Spitzenteil von jedem Kontaktelement (**760A** und **760B**) sind die Kontaktelemente **740A** und **740B** entlang einer y-Achse axial gefluchtet. Somit zeigen die **Fig. 26(a)** und **26(b)** benachbarte Kontaktelemente, die ein größeres Rastermaß zwischen ihren Spitzenteilen und ihren Pfostenteilen erreichen. Eine solche Konfiguration ist beispielsweise geeignet, um ein elektronisches Bauteil mit einer Vielzahl von Kontaktelementen zum Sondenprüfen eines zweiten elektronischen Bauteils, dessen Bondkontaktstellen oder Anschlüsse entlang seines Umfangs angeordnet sind und ein ultrafeines Rastermaß aufweisen, zu erzeugen.

[0161] **Fig. 27(a)-27(b)** beschreiben eine zweite Orientierung von benachbarten Kontaktelementen gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung. Das Kontaktelement **840A** umfasst einen Pfostenteil **830A**, einen Balkenteil **845A** und einen Spitzenteil **860A**. Das Kontaktelement **840A** umfasst auch Abstandsteile **831A** und **832A**, die über dem Pfostenteil **830A** ausgebildet sind. Die Abstandsteile **831A** und **832A** trennen in diesem Beispiel den Balkenteil **845A** vom darunter liegenden Kontaktelement **840B**. Das Kontaktelement **840B** umfasst einen Pfostenteil **830B**, einen Balkenteil **845B** und einen Spitzenteil **860B**. Das Kontaktelement **840B** umfasst ferner Abstandsteile **832B** und **833B**, die den Spitzenteil **860B** auf den Spitzenteil **860A** des Kontaktelements **840A** entlang einer y-Achse ausrichten. In den **Fig. 27(a)** und **27(b)** sind die Kontaktelemente **840A** und **840B** sowohl an ihren Pfostenteilen als auch ihren Spitzenteilen axial gefluchtet.

[0162] Die benachbarten Kontaktelemente **840A** und **840B**, die in den **Fig. 27(a)** und **27(b)** gezeigt sind, sind sowohl an ihren Pfostenteilen als auch ihren Spitzenteilen axial gefluchtet. Unter Verwendung von photolithographischen Verfahren wird der rechteckförmige Balkenteil von jedem Kontaktelement mit ungefähr derselben Länge hergestellt und das resultierende Kontaktelement ist um den Abstand zwischen den Pfostenteilen entlang derselben Achse versetzt. Eine solche Konfiguration ist beispielsweise geeignet, um ein elektronisches Bauteil mit einer Vielzahl von Kontaktelementen zum Sondenprüfen eines zweiten elektronischen Bauteils, dessen Bondkontaktstellen oder Anschlüsse in einer Reihe mit einem ultrafeinen Rastermaß entlang einer Mittellinie desselben angeordnet sind, zu erzeugen.

[0163] **Fig. 28(C)** und **28(b)** stellen noch weitere Anordnungen unter Verwendung von ähnlichen Überlagerungsstrukturverfahren zum Ausbilden von Kontaktelementen, wie mit Bezug auf die **Fig. 26(a)–27(b)** beschrieben, dar. **Fig. 28(a)** zeigt eine Vielzahl von Kontaktelementen, die gemäß den vorstehend beschriebenen Verfahren ausgebildet werden und auf einem elektronischen Bauteil (nicht dargestellt) angeordnet werden. Die Kontaktelemente **900A**, **900B**, **900C** und **900D** sind so angeordnet, dass ihre entsprechenden Spitzenteile **960A**, **960B**, **960C** bzw. **960D** in einer y-Richtung gefluchtet sind, während die Basisteile **930A**, **930B**, **930C** und **930D** in einer x-Richtung versetzt sind. **Fig. 28(b)** zeigt eine zweite Konfiguration, bei der eine Vielzahl von Kontaktelementen **980A**, **980B**, **980C** und **980D** auf einem elektronischen Bauteil (nicht dargestellt) so angeordnet sind, dass ihre entsprechenden Spitzenteile **985A**, **985B**, **985C** bzw. **985D** in einer x-Richtung ebenso wie ihre entsprechenden Basisteile **990A**, **990B**, **990C** bzw. **990D** versetzt sind.

[0164] **Fig. 24–28(b)** betreffen Anordnungen eines elektronischen Bauteils unter Verwendung eines Kontaktelements der Erfindung. Es ist zu erkennen, dass die in den **Fig. 24–28(b)** beschriebenen Beispiele lediglich beispielhaft sind und dass eine Vielzahl von anderen Konfigurationen, einschließlich Kontaktelementen mit mehr als zwei verschiedenen Längen, die auf einem gemeinsamen Bauteil angeordnet sind, in Betracht gezogen werden. Es ist auch zu erkennen, dass die in den **Fig. 24–28(b)** dargestellten Verfahren verwendet werden können, um ein elektronisches Bauteil mit einer Vielzahl von Kontaktelementen in einer beliebigen Anordnung zu erzeugen, die für das Sondenprüfen von entweder peripheren Bauelementen oder Bauelementen mit den Anschlussleitungen in der Mitte (LOC) erforderlich sind.

[0165] In der vorangehenden ausführlichen Beschreibung ist die Erfindung mit Bezug auf spezielle Ausführungsbeispiele derselben beschrieben. Es ist jedoch ersichtlich, dass verschiedene Modifikationen und Veränderungen an diesen vorgenommen werden können, ohne vom Schutzbereich der Ansprüche abzuweichen. Die Beschreibung und Zeichnungen

sind folglich vielmehr in einer erläuternden als einer einschränkenden Hinsicht zu betrachten.

## Patentansprüche

1. Kontaktelement in Kombination mit einem elektronischen Bauteil, wobei das Kontaktelement umfasst:  
eine Pfostenkomponente (**13**; **130**; **465**); und  
eine Balkenkomponente (**14**; **145**; **455**), die mit der Pfostenkomponente verbunden ist, wobei die Balkenkomponente eine erste planarisierte Oberfläche aufweist;  
gekennzeichnet durch  
eine Schicht (**135**; **458**) aus Keimmaterial, die auf einer ersten der Pfostenkomponente (**13**; **130**; **465**) und der Balkenkomponente (**14**; **145**; **455**) abgeschieden und mit dieser integral verbunden ist; wobei die zweite der Pfostenkomponente und der Balkenkomponente auf der Schicht (**135**; **458**) aus Keimmaterial abgeschieden und mit dieser integral verbunden ist.

2. Kontaktelement nach Anspruch 1, wobei die Balkenkomponente (**14**; **145**; **455**) eine zweite planarisierte Oberfläche aufweist.

3. Kontaktelement nach Anspruch 1, wobei die Schicht (**135**; **458**) aus Keimmaterial eine Keimschicht ist.

4. Kontaktelement nach Anspruch 1, wobei die Schicht aus Keimmaterial mehrere Schichten aus Keimmaterial umfasst.

5. Kontaktelement nach Anspruch 1, wobei die Pfostenkomponente (**13**; **130**; **465**) eine planarisierte Oberfläche aufweist, die direkt oder indirekt mit der Balkenkomponente (**14**; **145**; **455**) verbunden ist.

6. Kontaktelement nach Anspruch 1, wobei die Balkenkomponente (**14**; **145**; **455**) eine erste planare Oberfläche aufweist, von welcher ein Teil direkt oder indirekt mit der Pfostenkomponente (**13**; **130**; **465**) verbunden ist.

7. Kontaktelement nach Anspruch 1, wobei die Balkenkomponente (**14**; **145**; **455**) die erste planarisierte Oberfläche aufweist, die zu einer zweiten Oberfläche entgegengesetzt liegt und von welcher ein Teil direkt oder indirekt mit der Pfostenkomponente (**13**; **130**; **465**) verbunden ist.

8. Kontaktelement nach Anspruch 1, wobei die Balkenkomponente (**14**; **145**; **455**) mit der Pfostenkomponente über eine oder mehrere metallisierte Schichten zwischen der Balkenkomponente und der Pfostenkomponente (**13**; **130**; **465**) verbunden ist.

9. Kontaktelement nach Anspruch 1, welches fer-

ner umfasst:

eine Spitzenstrukturkomponente (**16; 160; 440**), die mit der Balkenkomponente (**14; 145; 455**) über eine oder mehrere metallisierte Schichten zwischen der Balkenkomponente und der Spitzenstrukturkomponente verbunden ist.

10. Kontaktelement nach Anspruch 1, wobei die Balkenkomponente (**14; 145; 455**) langgestreckt ist, ein Ende und ein entgegengesetztes Ende aufweist; und die Pfostenkomponente (**13; 130; 465**) mit dem einen Ende der Balkenkomponente verbunden ist.

11. Kontaktelement nach Anspruch 10, welches ferner eine Spitzenkomponente (**16; 160; 440**) umfasst, die mit dem entgegengesetzten Ende der Balkenkomponente (**14; 145; 455**) verbunden ist.

12. Kontaktelement nach Anspruch 11, wobei die Balkenkomponente (**14; 145; 455**) eine Oberfläche und eine entgegengesetzte Oberfläche aufweist; die Pfostenkomponente (**13; 130; 465**) mit der einen Oberfläche der Balkenkomponente (**14; 145; 455**) verbunden ist; und die Spitzenkomponente (**16; 160; 440**) mit der entgegengesetzten Oberfläche der Balkenkomponente verbunden ist.

13. Kontaktelement nach Anspruch 12, wobei die eine Oberfläche der Balkenkomponente (**14; 145; 455**) planarisiert wurde.

14. Kontaktelement nach Anspruch 1, wobei die Pfostenkomponente (**13; 130; 465**) mit dem elektronischen Bauteil (**9; 105; 480**) verbunden ist.

15. Kontaktelement in Kombination mit einem elektronischen Bauteil, wobei das Kontaktelement umfasst:

eine Spitzenstrukturkomponente (**16; 160; 440**); und eine Balkenkomponente (**14; 145; 455**), die mit der Spitzenstrukturkomponente verbunden ist, wobei die Balkenkomponente eine erste planarisierte Oberfläche aufweist;

gekennzeichnet durch

eine Schicht (**143; 445**) aus leitendem Material, die auf einer ersten der Spitzenstrukturkomponente und der Balkenkomponente abgeschieden und mit dieser integral verbunden ist; wobei die Schicht aus leitendem Material eine Keimschicht ist.

16. Kontaktelement nach Anspruch 15, wobei die Balkenkomponente (**14; 145; 455**) eine zweite planarisierte Oberfläche aufweist.

17. Kontaktelement nach Anspruch 15, wobei die zweite der Spitzenstrukturkomponente (**16; 160; 440**) und der Balkenkomponente (**14; 145; 455**) auf der Schicht (**143; 445**) aus leitendem Material abgeschieden und mit dieser integral verbunden ist.

18. Kontaktelement nach Anspruch 15, wobei die Schicht (**143; 445**) aus leitendem Material mehrere Schichten aus leitendem Material umfasst.

19. Kontaktelement nach Anspruch 15, wobei die Spitzenstrukturkomponente (**16; 160; 440**) eine planarisierte Oberfläche aufweist, die direkt oder indirekt mit der Balkenkomponente (**14; 145; 455**) verbunden ist.

20. Kontaktelement nach Anspruch 15, wobei die Balkenkomponente (**14; 145; 455**) eine erste planare Oberfläche aufweist, von welcher ein Teil direkt oder indirekt mit der Spitzenstrukturkomponente (**16; 160; 440**) verbunden ist.

21. Kontaktelement nach Anspruch 15, wobei die Balkenkomponente (**14; 145; 455**) eine erste planarisierte Oberfläche aufweist, die zu einer zweiten Oberfläche entgegengesetzt liegt, von welcher ein Teil direkt oder indirekt mit der Spitzenstrukturkomponente (**16; 160; 440**) verbunden ist.

22. Kontaktelement nach Anspruch 15, wobei: die Balkenkomponente (**14; 145; 455**) mit der Spitzenstrukturkomponente (**16; 160; 440**) über eine oder mehrere metallisierte Schichten zwischen der Balkenkomponente und der Spitzenstrukturkomponente verbunden ist.

23. Kontaktelement nach Anspruch 15, welches ferner umfasst:

eine Pfostenkomponente (**13; 130; 445 [465]**), die mit der Balkenkomponente (**14; 145; 455**) über eine oder mehrere metallisierte Schichten zwischen der Balkenkomponente und der Pfostenkomponente verbunden ist.

24. Verfahren zum Erzeugen eines Teils einer elastischen Kontaktstruktur, wobei das Verfahren umfasst:

Aufbringen eines Maskierungsmaterials (**125; 140; 150; 435; 450; 460**) über einen ersten Teil eines Substrats (**105; 410**), wobei das Maskierungsmaterial eine Öffnung (**122; 132; 155; 420**) aufweist, die einen ersten Teil (**130; 145; 160; 465; 455; 440**) der Kontaktstruktur festlegt;

Abscheiden eines Strukturmaterials (**130; 145; 160; 440; 455; 465**) in der Öffnung und Überfüllen der Öffnung mit dem Strukturmaterial;

Entfernen eines Teils des Strukturmaterials (**130; 145; 160; 440; 455; 465**); und

Entfernen eines ersten Teils des Maskierungsmaterials (**125; 140; 150; 435; 450; 460**), wobei zumindest ein Teil des ersten Teils der Kontaktstruktur von dem Maskierungsmaterial befreit wird;

wobei vor dem Schritt des Abscheidens des leitenden Materials als Strukturmaterial ein Keimmaterial (**135; 143; 445; 458**) auf zumindest einen Teil der Fläche des Maskierungsmaterials geimpft wird; wobei das

Keimmaterial zur Verbindung von benachbarten Schichten aus leitendem Material beiträgt.

25. Verfahren nach Anspruch 24, wobei der Schritt des Aufbringens des Maskierungsmaterials umfasst: Aufbringen des Maskierungsmaterials (**125**; **140**; **150**; **435**; **450**; **460**) und Strukturieren des Maskierungsmaterials, um die Öffnung (**122**; **132**; **155**; **420**) festzulegen.

26. Verfahren nach Anspruch 24, wobei der erste Teil der elastischen Kontaktstruktur einen von (a) einem Pfostenteil (**130**; **465**); (b) einem Balkenteil (**145**; **455**); oder (c) einem Spitzenstrukturteil (**160**; **440**) umfasst.

27. Verfahren nach Anspruch 24, wobei die elastische Kontaktstruktur einen elektromechanischen Kontakt vorsieht.

28. Verfahren nach Anspruch 27, wobei der erste Teil der elastischen Kontaktstruktur sich mechanisch biegt und elektrisch leitet, wenn die elastische Kontaktstruktur den elektromechanischen Kontakt vorsieht.

29. Verfahren nach Anspruch 24, wobei das Entfernen des Teils des Strukturmaterials das Entfernen zumindest des Strukturmaterials, das die Öffnung überfüllt hat, umfasst.

30. Verfahren nach Anspruch 29, wobei das Entfernen des Teils des Strukturmaterials (**130**; **145**; **160**; **440**; **455**; **465**) ferner das Entfernen eines zweiten Teils des Maskierungsmaterials (**125**; **140**; **150**; **435**; **450**; **460**) umfasst.

31. Verfahren nach Anspruch 29, wobei das Entfernen des Teils des Strukturmaterials (**130**; **145**; **160**; **440**; **455**; **465**) eines von (a) Schleifen, (b) chemisch-mechanischem Polieren; und (c) Ätzen umfasst.

32. Verfahren nach Anspruch 27, wobei das Abscheiden des Plattieren des leitenden Materials in die Öffnung (**122**; **132**; **155**; **420**) umfasst.

33. Verfahren nach Anspruch 24, wobei das Entfernen des ersten Teils des Maskierungsmaterials (**125**; **140**; **150**; **435**; **450**; **460**) das Maskierungsmaterial vollständig vom Substrat entfernt.

34. Verfahren zum Ausbilden eines Kontaktelements mit:  
sukzessives Strukturieren einer Vielzahl von Schichten (**125**; **140**) aus Maskierungsmaterial über einem Substrat (**105**), wobei jede Schicht aus Maskierungsmaterial eine Öffnung (**122**; **132**) aufweist;  
Abscheiden von leitendem Material (**130**; **145**) nach jedem Strukturierungsschritt, um ein Kontaktelement

auszubilden mit:

einer Pfostenkomponente, die mit dem Substrat (**105**) gekoppelt wird und in einer Öffnung (**122**) in einer ersten Maskierungsmaterialschicht (**125**) ausgebildet wird,

einer Balkenkomponente, die an einer ersten Stelle mit der Pfostenkomponente gekoppelt wird und sich von der Pfostenkomponente erstreckt und in einer Öffnung (**132**) in einer zweiten Maskierungsmaterialschicht (**140**) ausgebildet wird, und

Entfernen der Vielzahl von Schichten aus Maskierungsmaterial (**125**, **140**);

wobei vor dem Schritt des Abscheidens von leitendem Material ein Keimmaterial (**143**) auf zumindest einen Teil der Fläche des zweiten Maskierungsmaterials (**140**) geimpft wird;

wobei das Keimmaterial zum Verbinden von benachbarten Schichten aus leitendem Material beiträgt.

35. Verfahren nach Anspruch 34, welches ferner das Abscheiden von leitendem Material (**160**) umfasst, um eine Spitzenkomponente auszubilden, die mit einer zweiten Stelle der Balkenkomponente gekoppelt wird und in einer Öffnung (**155**) in einer dritten Maskierungsmaterialschicht (**150**) ausgebildet wird.

36. Verfahren nach Anspruch 34, welches ferner das Planarisieren einer Oberfläche des leitenden Materials (**130**) und der ersten Maskierungsmaterialschicht (**125**) nach dem Abscheiden von leitendem Material umfasst.

37. Verfahren nach Anspruch 36, welches ferner das Planarisieren einer Oberfläche des leitenden Materials (**145**) und der zweiten Maskierungsmaterialschicht (**140**) nach dem Abscheiden von leitendem Material umfasst.

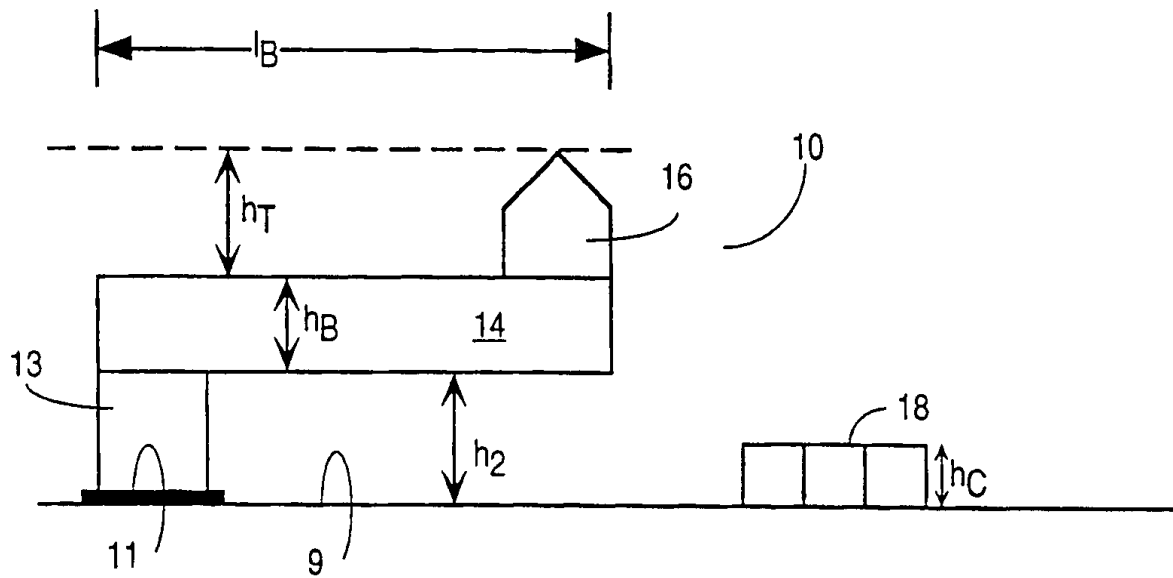
38. Verfahren nach Anspruch 34, wobei das Substrat (**105**) ein elektronisches Bauteil ist und die Pfostenkomponente mit einem Kontakt (**110**) auf dem Substrat (**105**) gekoppelt wird.

39. Verfahren nach Anspruch 34, wobei das Substrat ein erstes Substrat ist, und welches ferner umfasst:

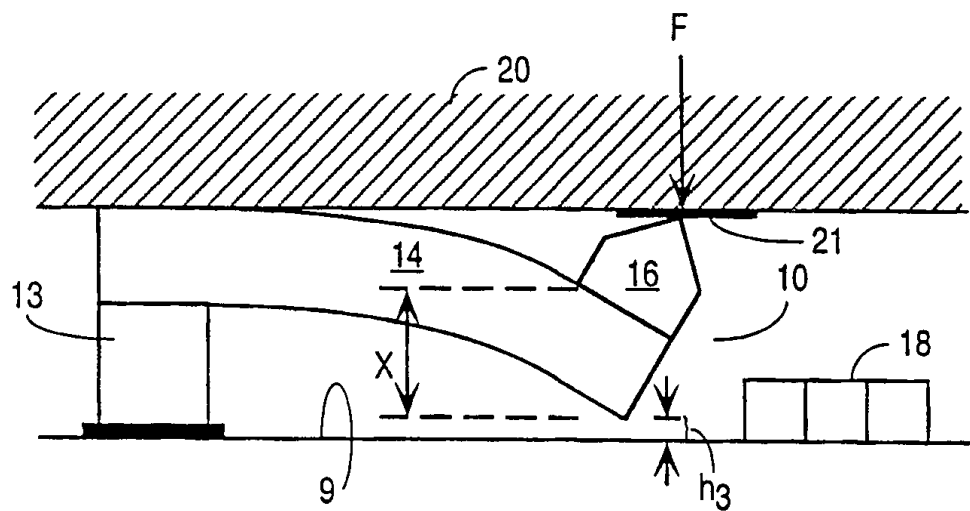
Entfernen des Kontaktelements (**471**) vom ersten Substrat (**410**); und

Befestigen des Kontaktelements an einem zweiten Substrat (**480**).

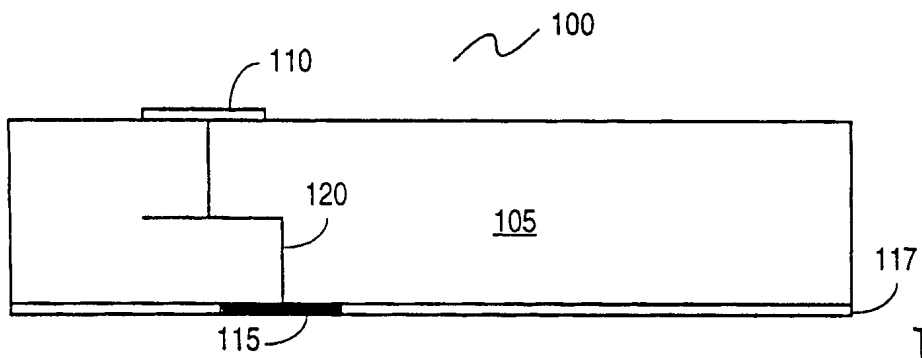
Es folgen 18 Blatt Zeichnungen



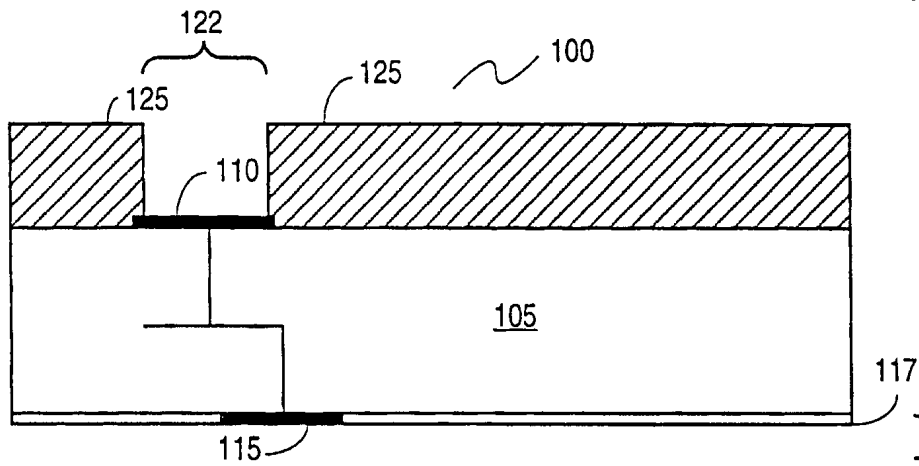
**Fig. 1a**



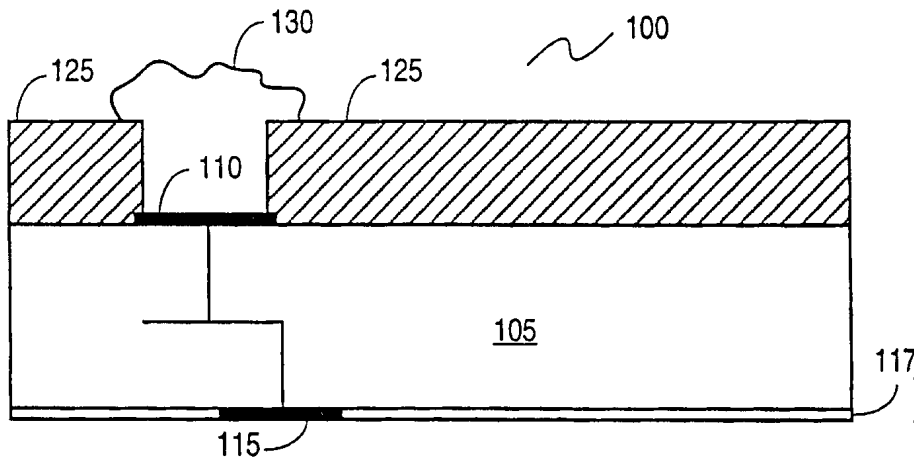
**Fig. 1b**



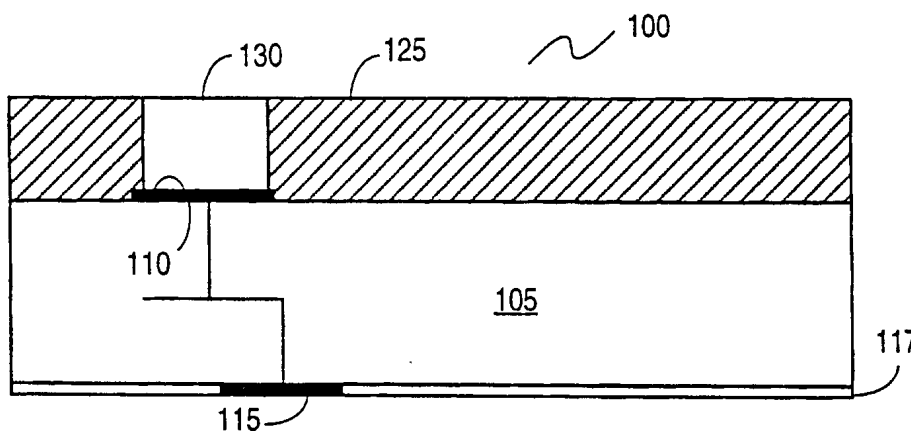
**Fig. 2**



**Fig. 3**

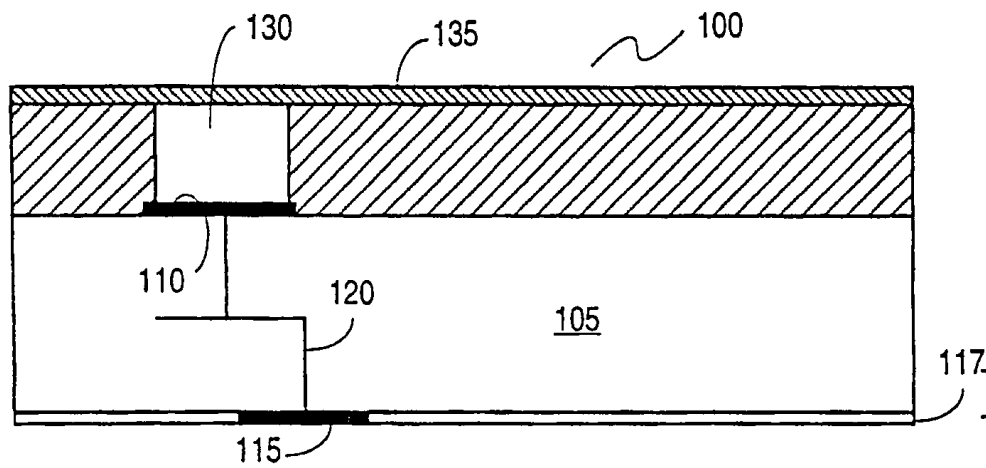


**Fig. 4**

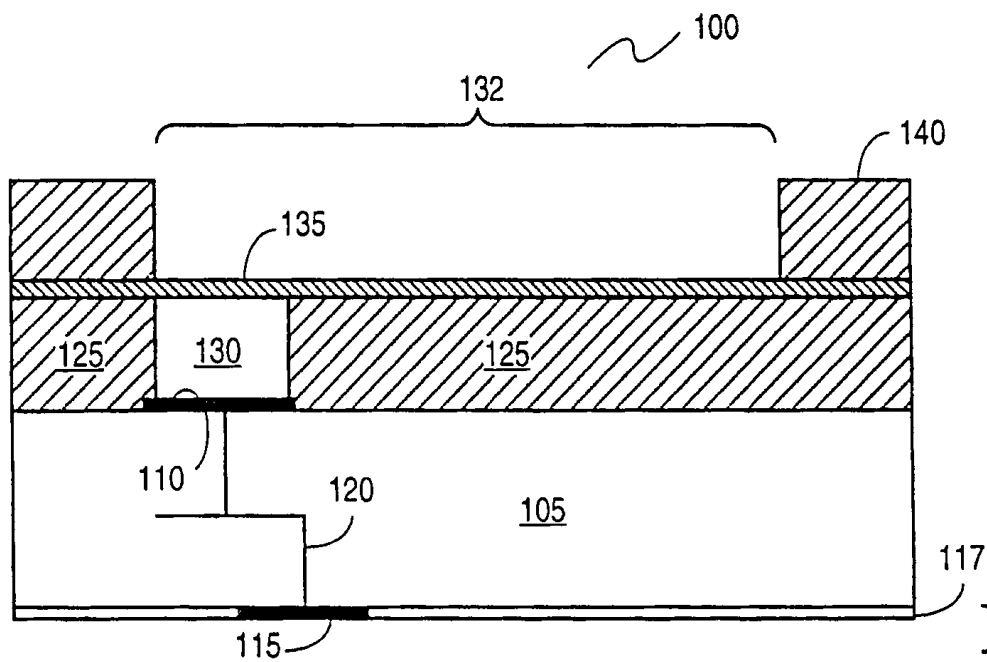


**Fig. 5**

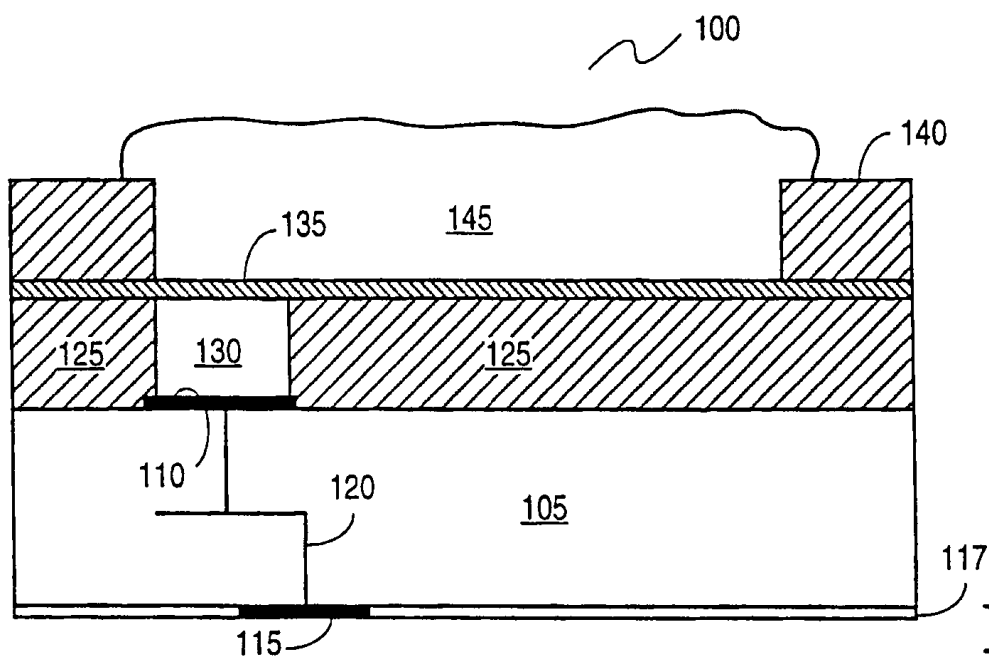




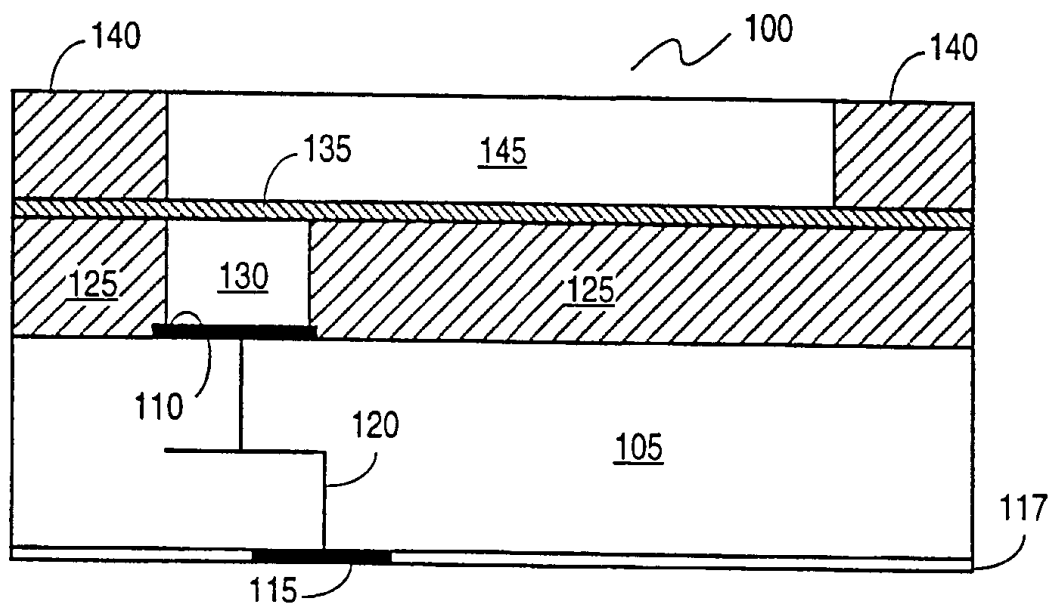
**Fig. 6**



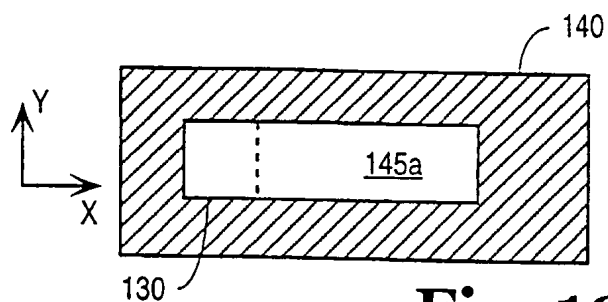
**Fig. 7**



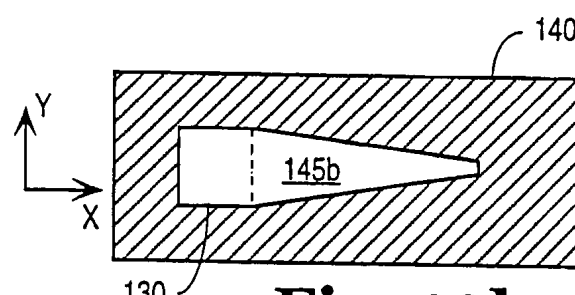
**Fig. 8**



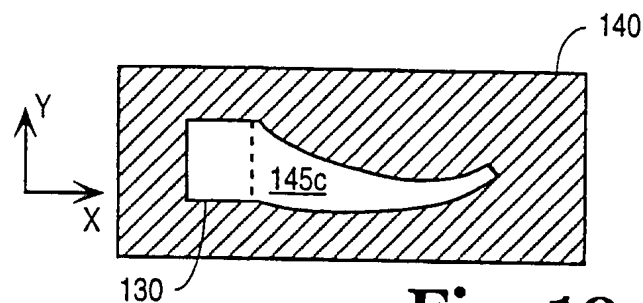
**Fig. 9**



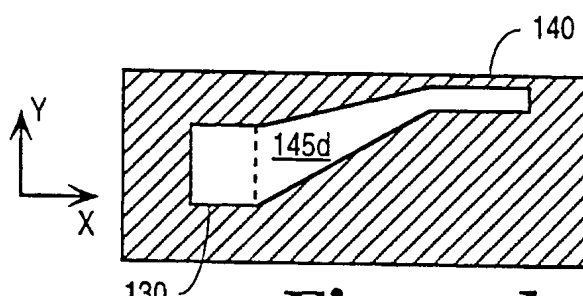
**Fig. 10a**



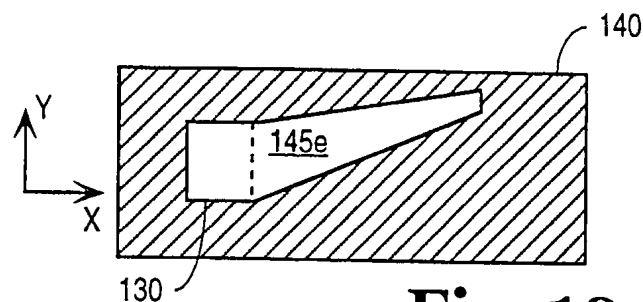
**Fig. 10b**



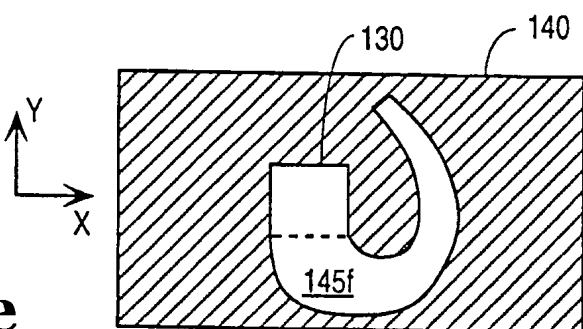
**Fig. 10c**



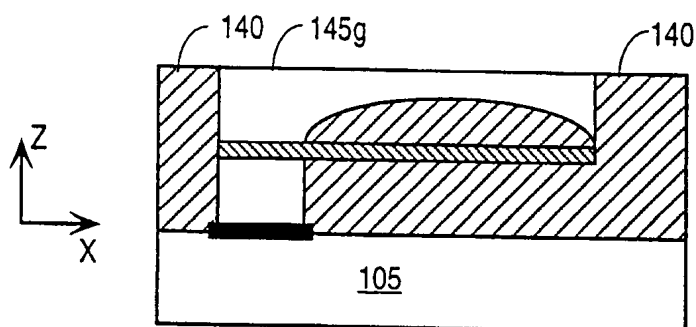
**Fig. 10d**



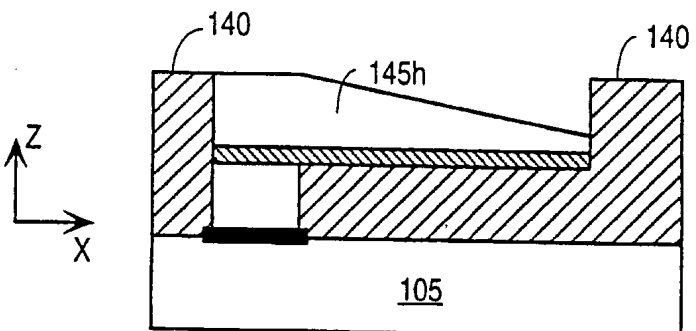
**Fig. 10e**



**Fig. 10f**



**Fig. 11a**



**Fig. 11b**

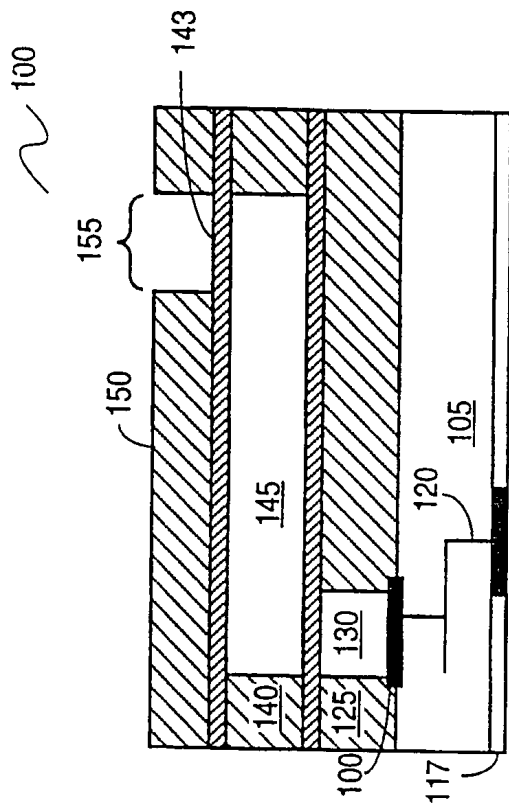


Fig. 13a

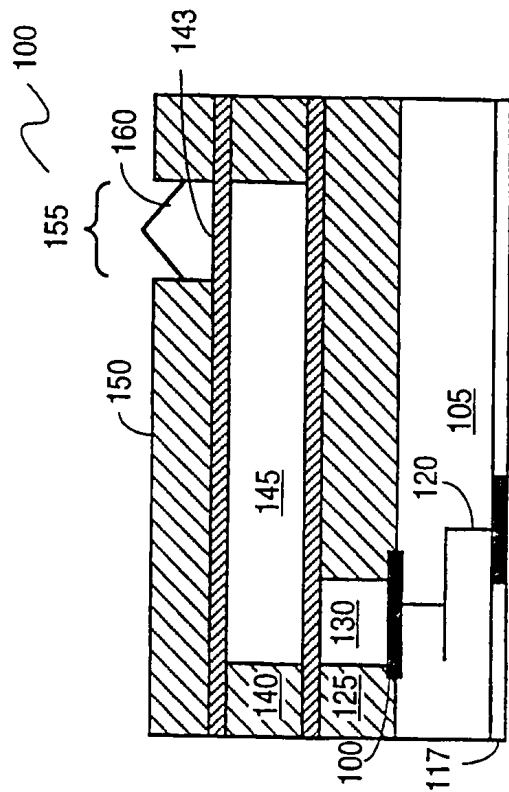


Fig. 13b

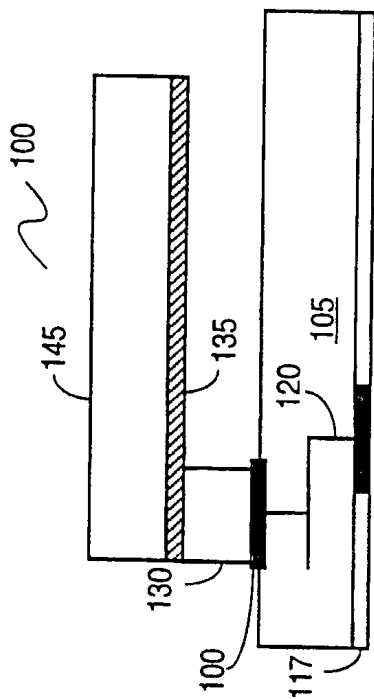


Fig. 12a

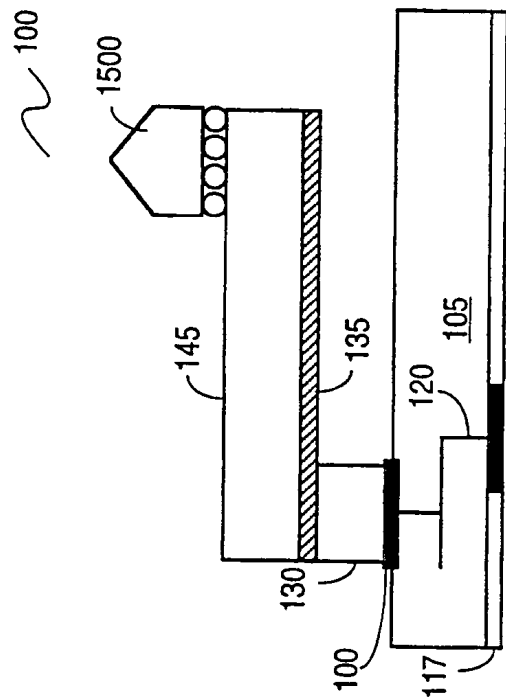
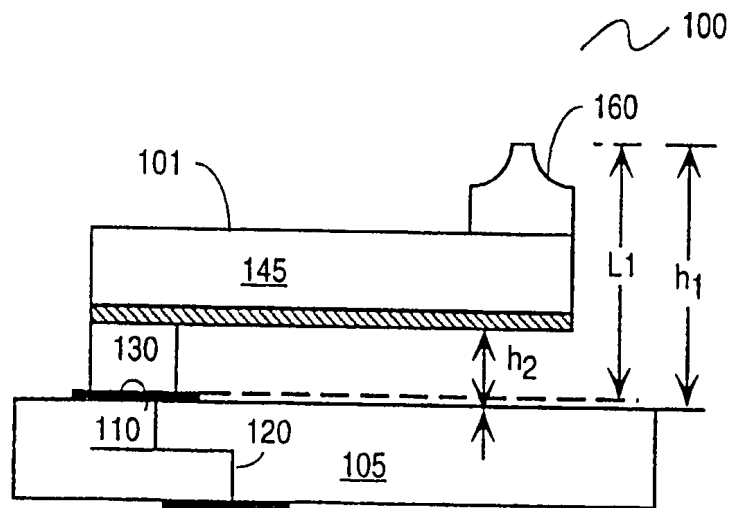
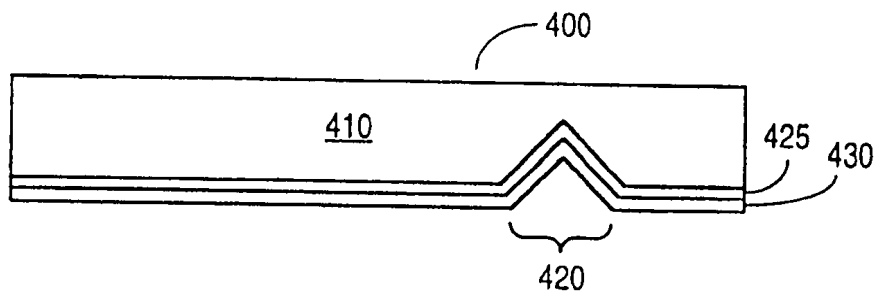


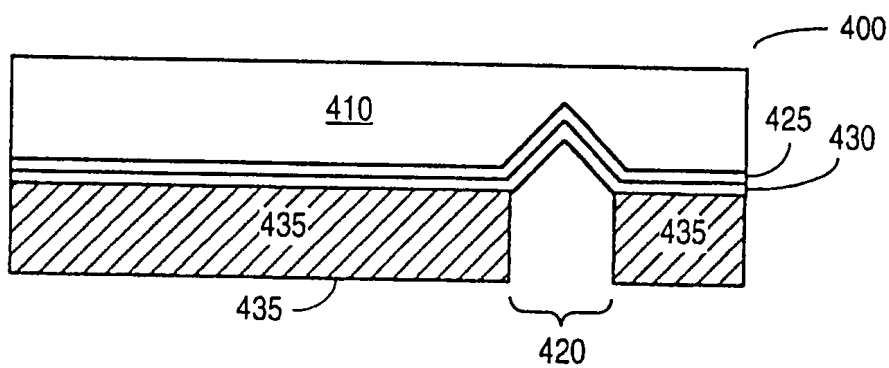
Fig. 12b



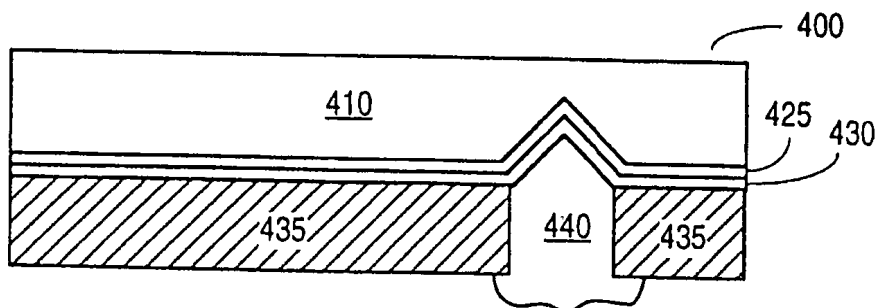
**Fig. 13c**



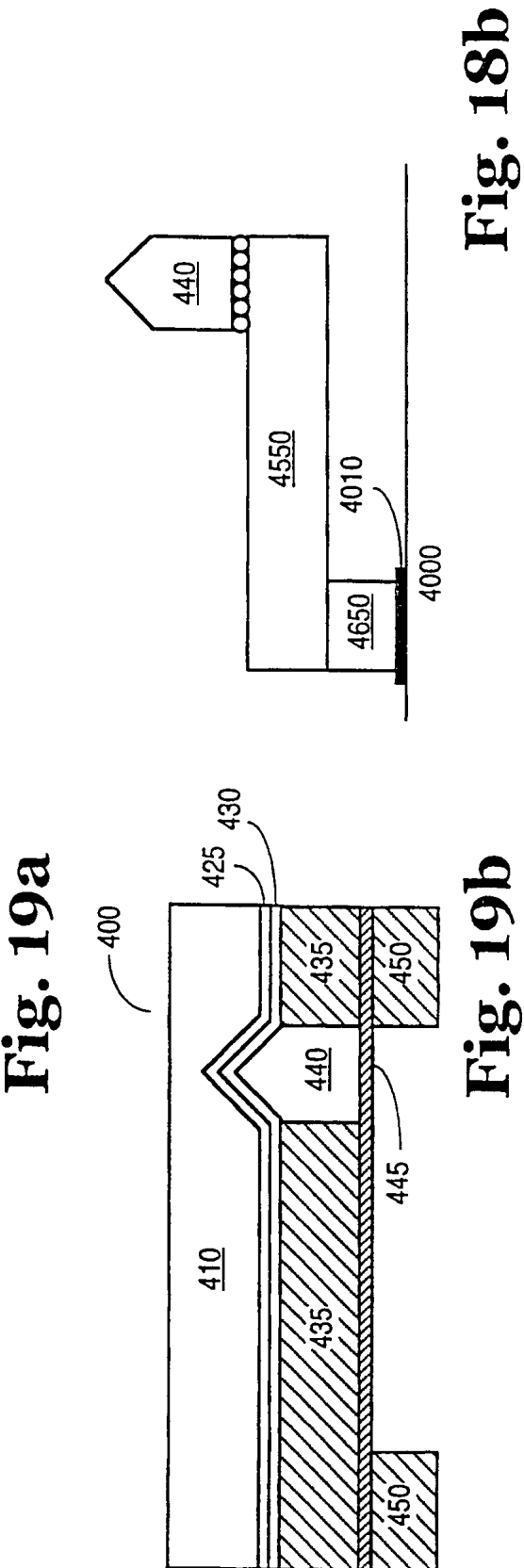
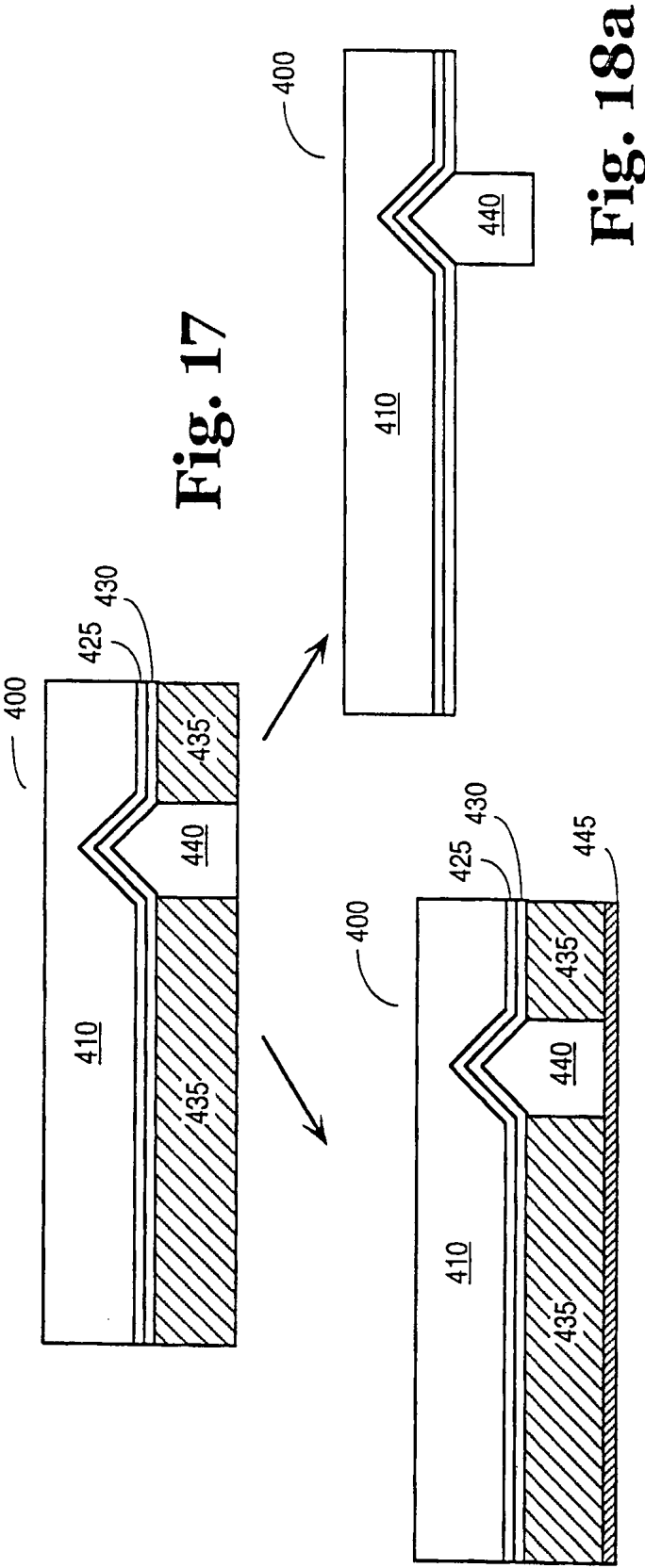
**Fig. 14**

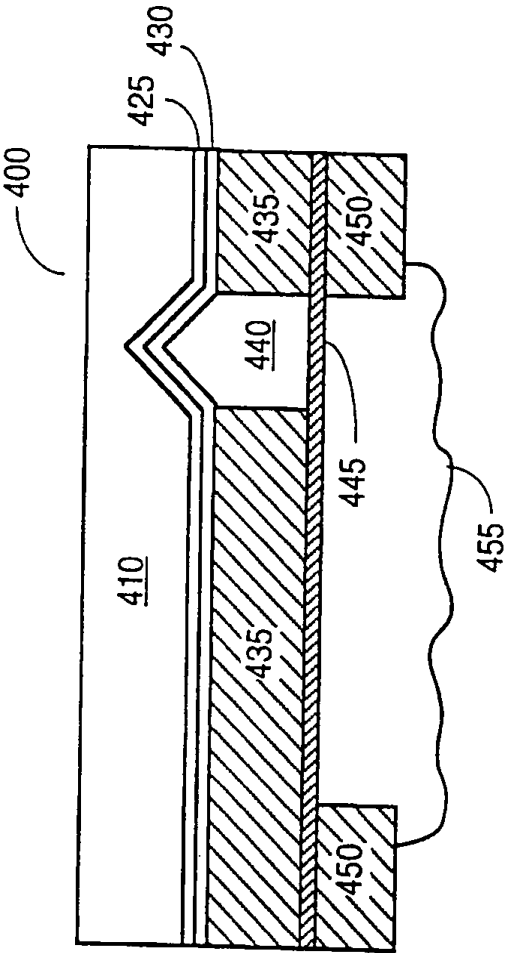


**Fig. 15**



**Fig. 16**





**Fig. 19c**

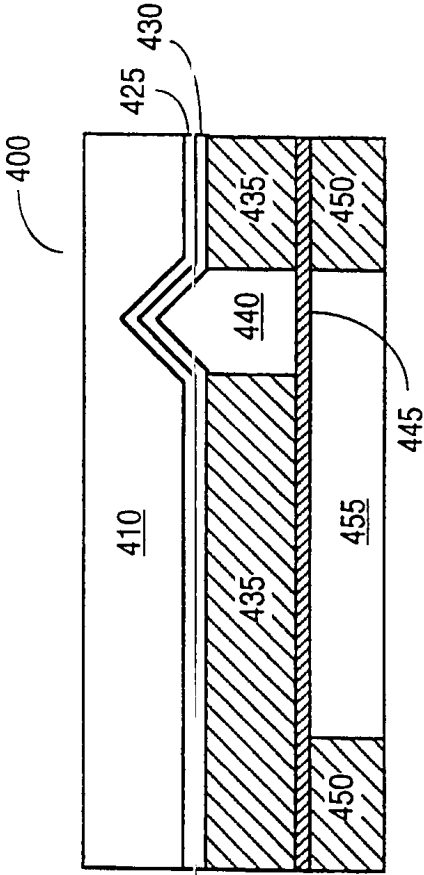


Fig. 19d

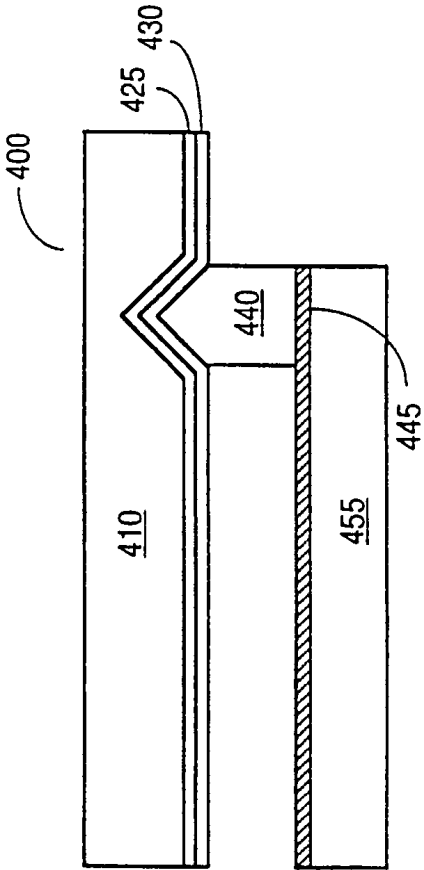


Fig. 20a

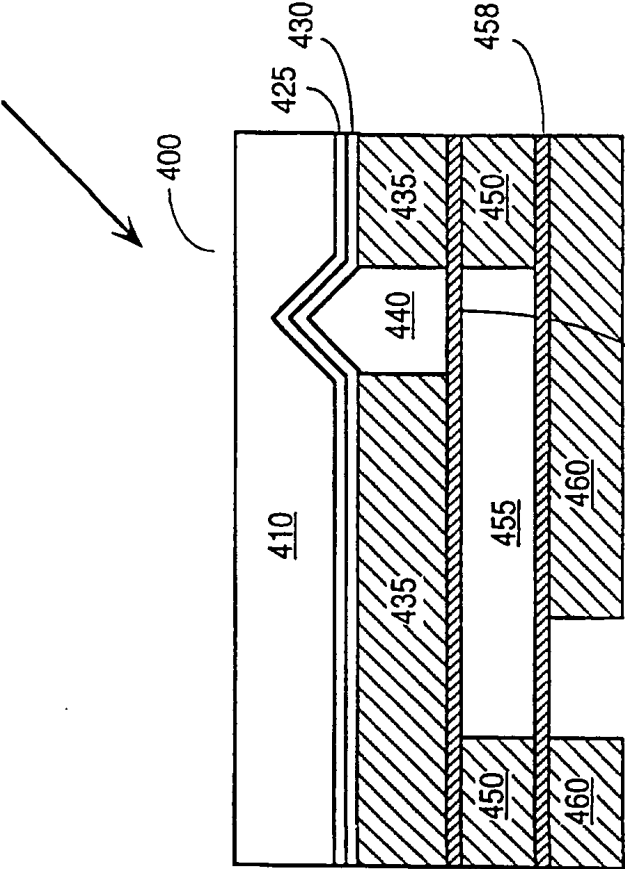


Fig. 21a



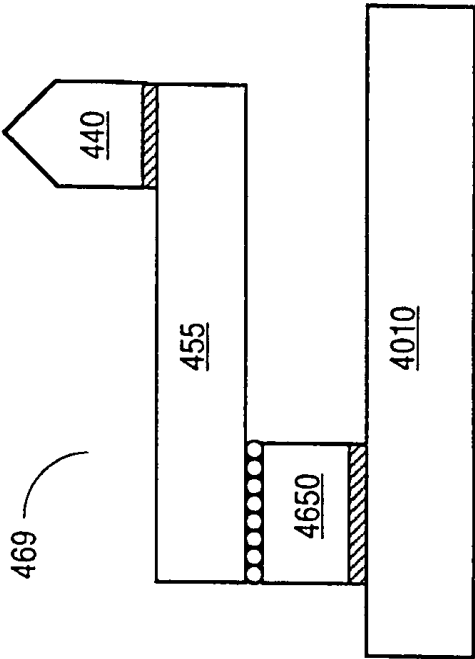


Fig. 20b

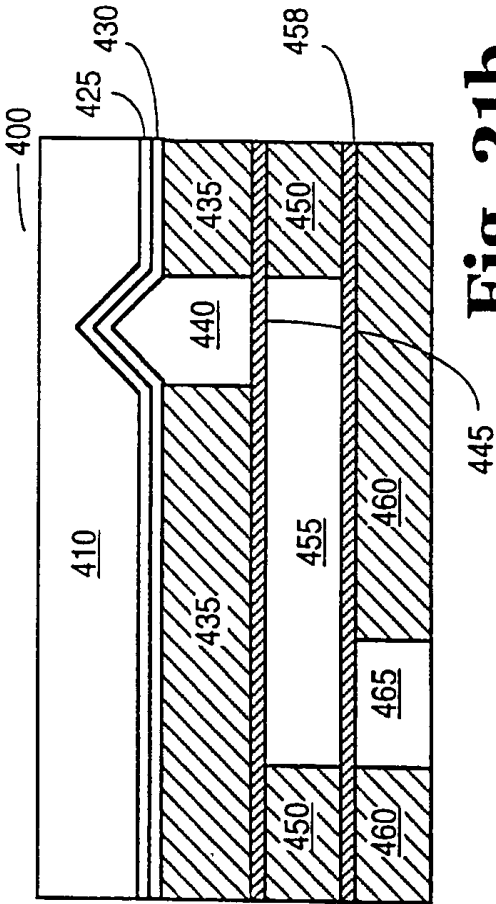
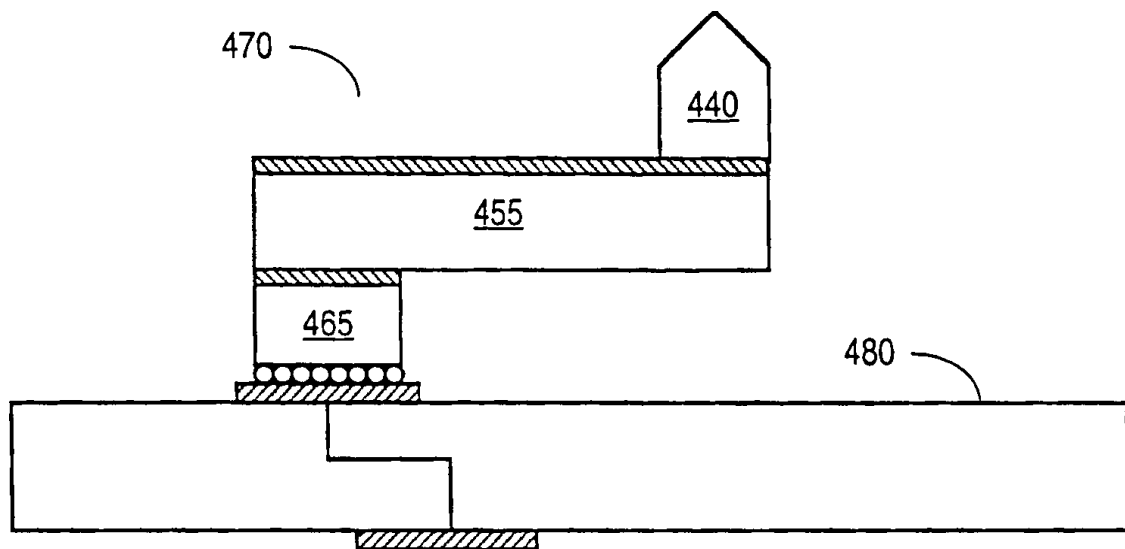
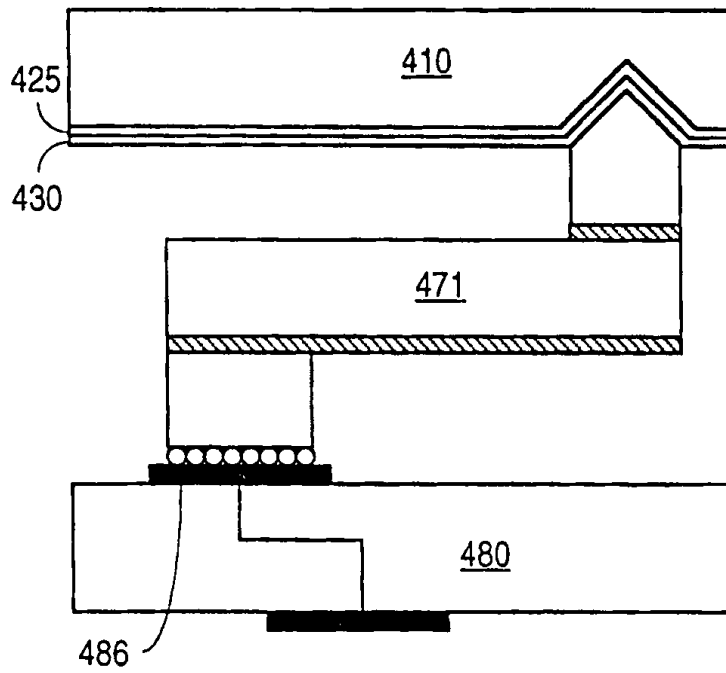


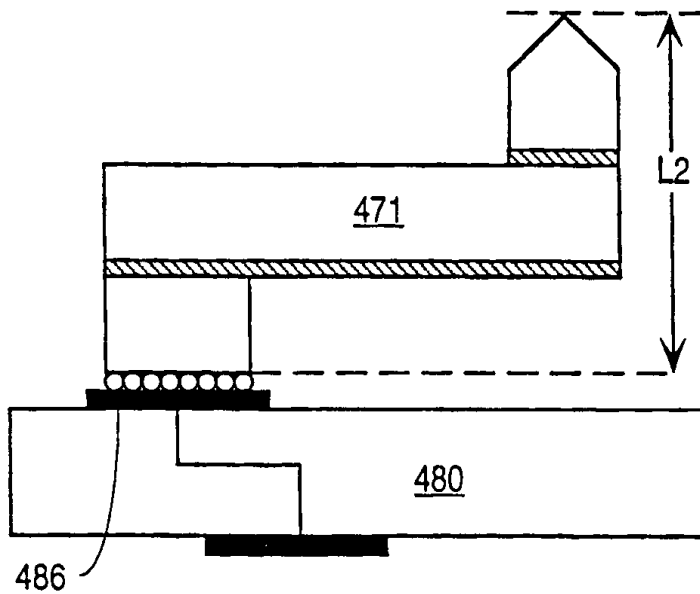
Fig. 21b



**Fig. 21c**



**Fig. 22a**



**Fig. 22b**

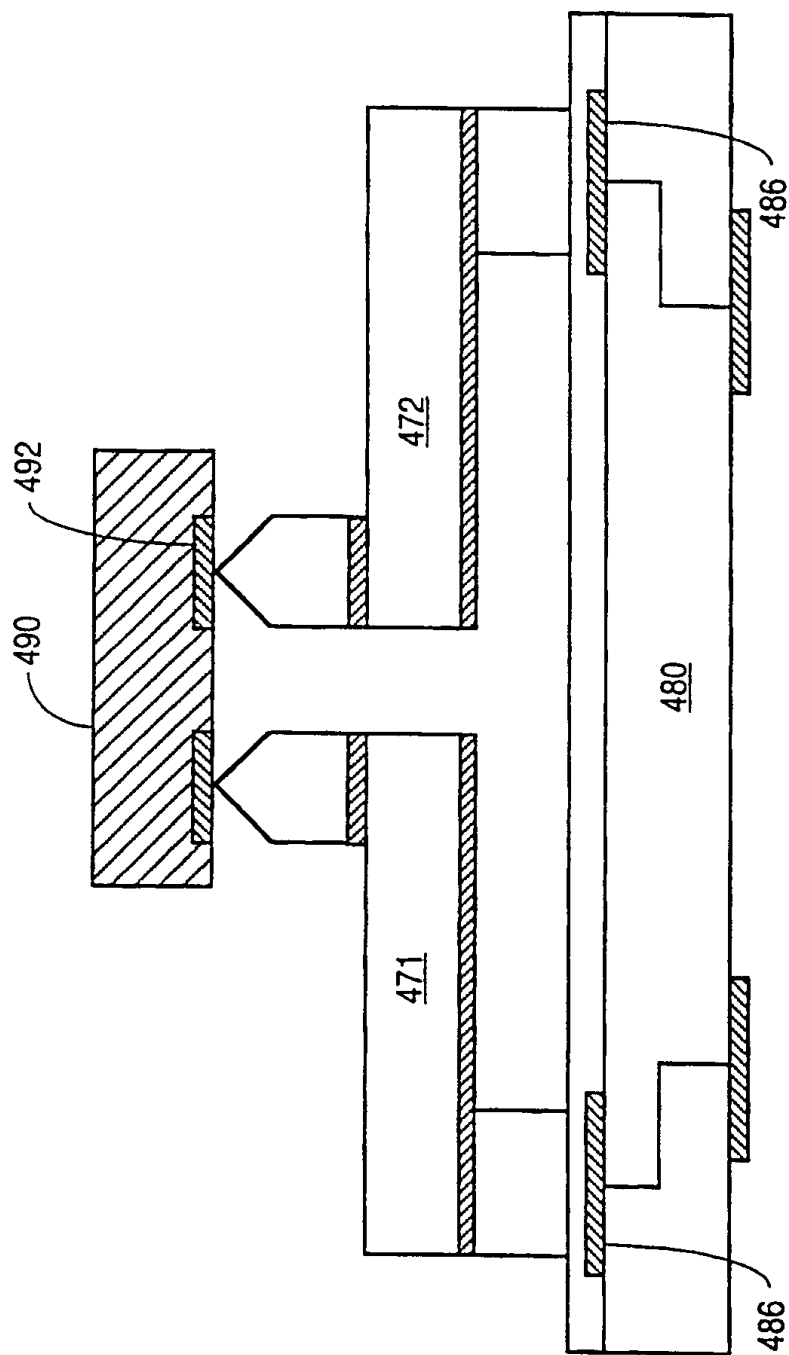
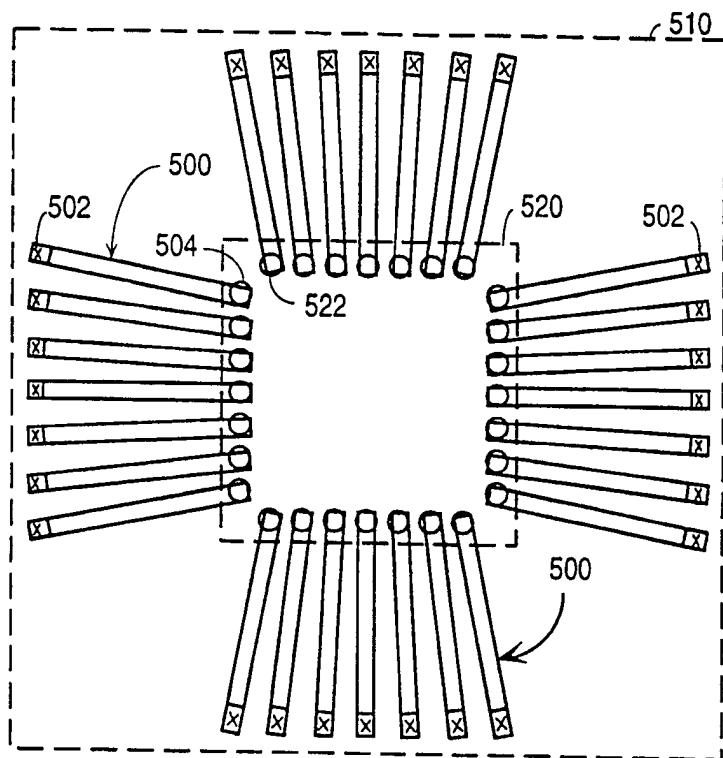
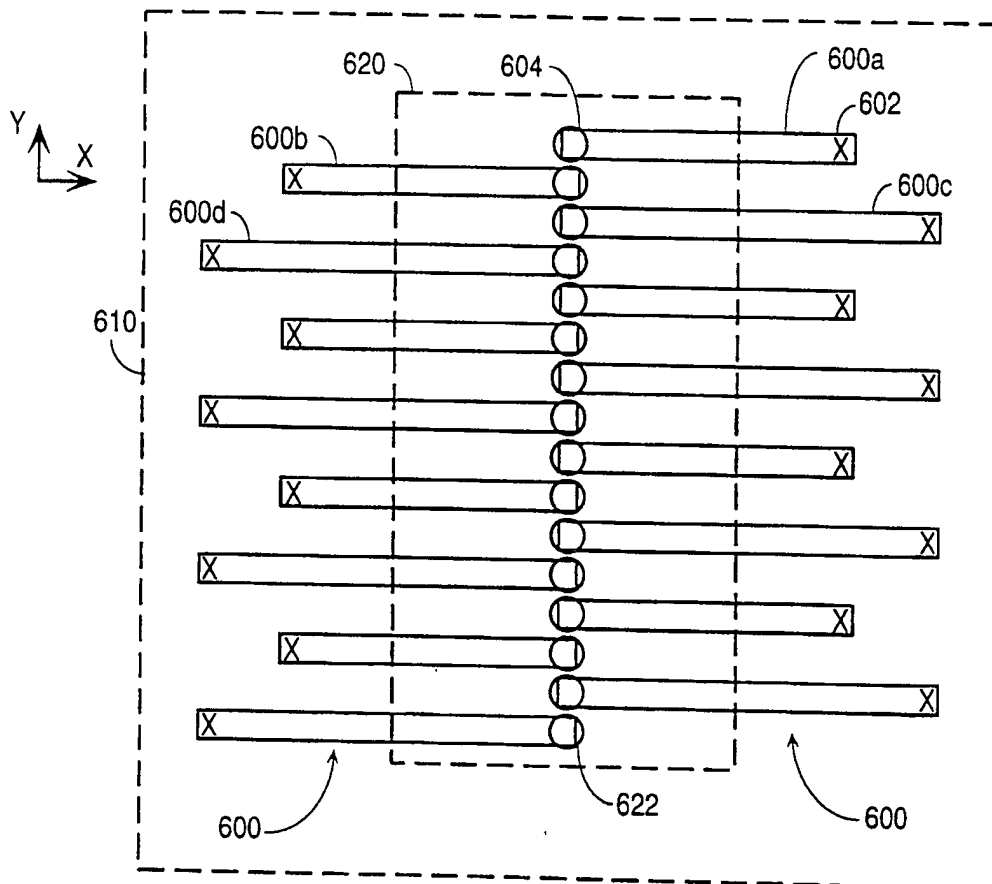


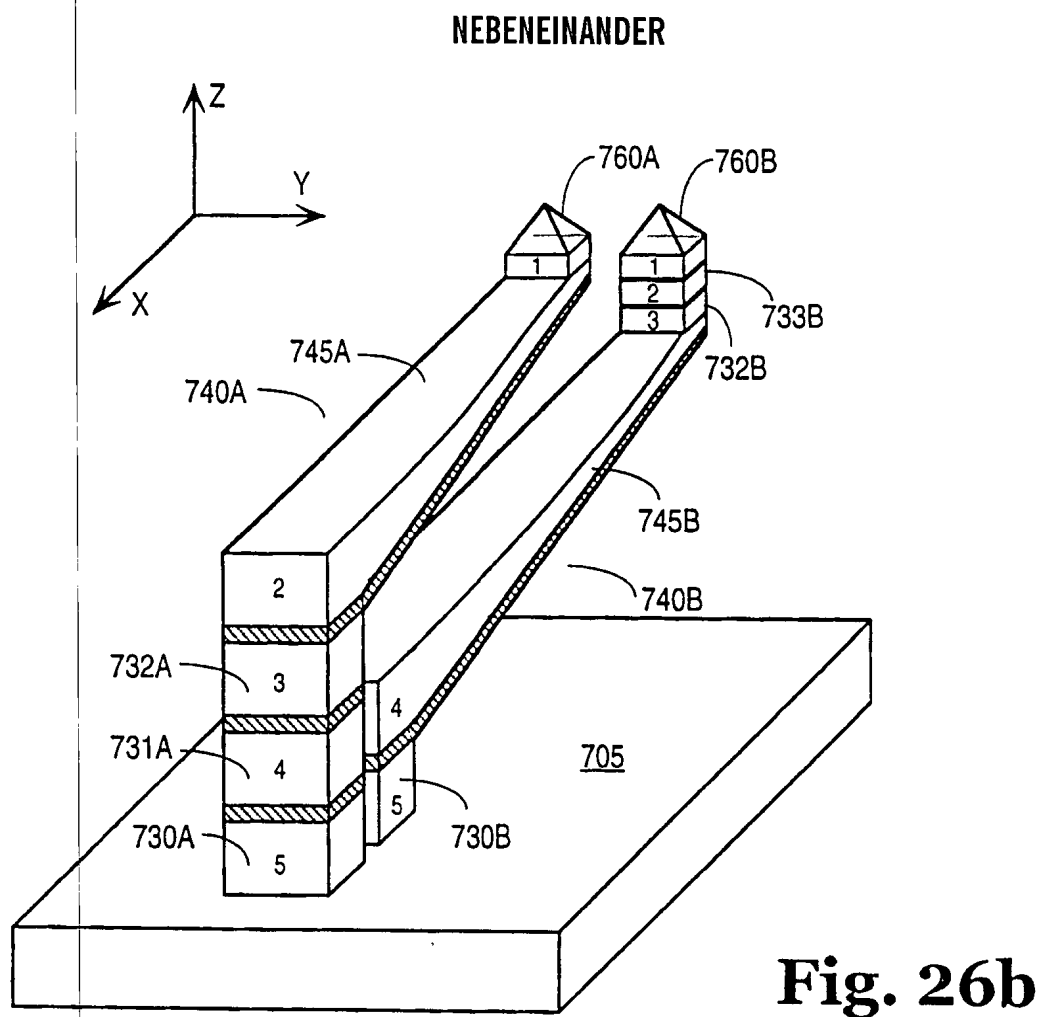
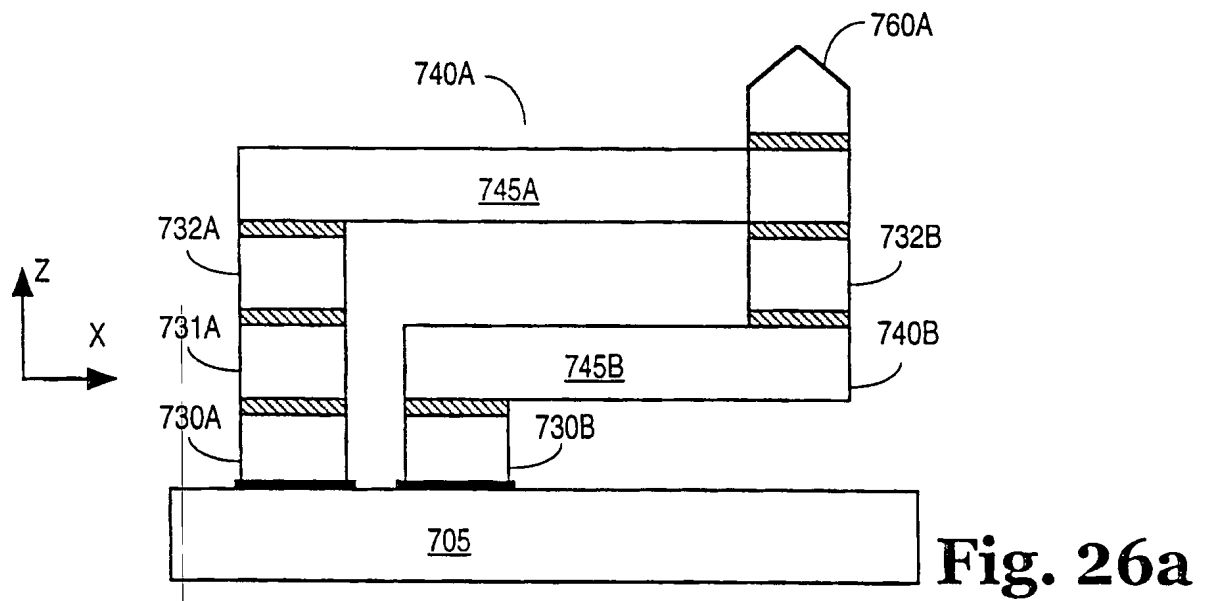
Fig. 23

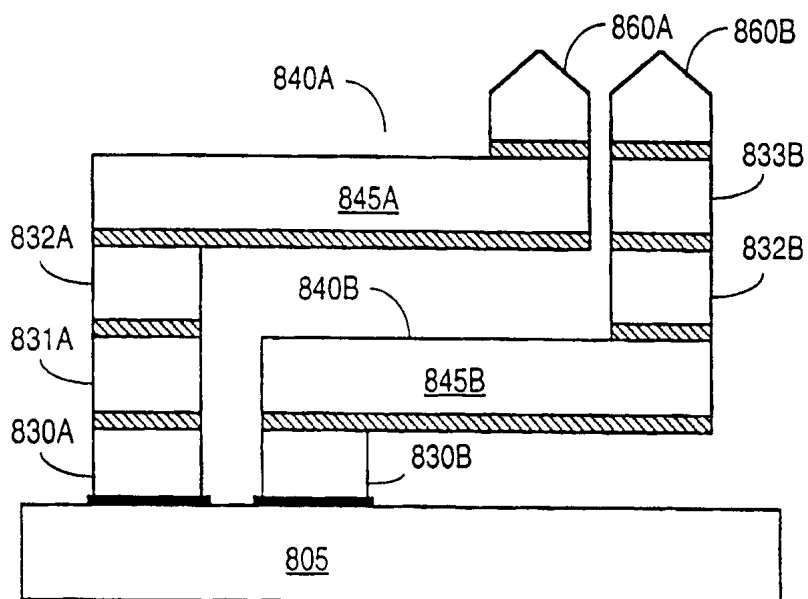


**Fig. 24**

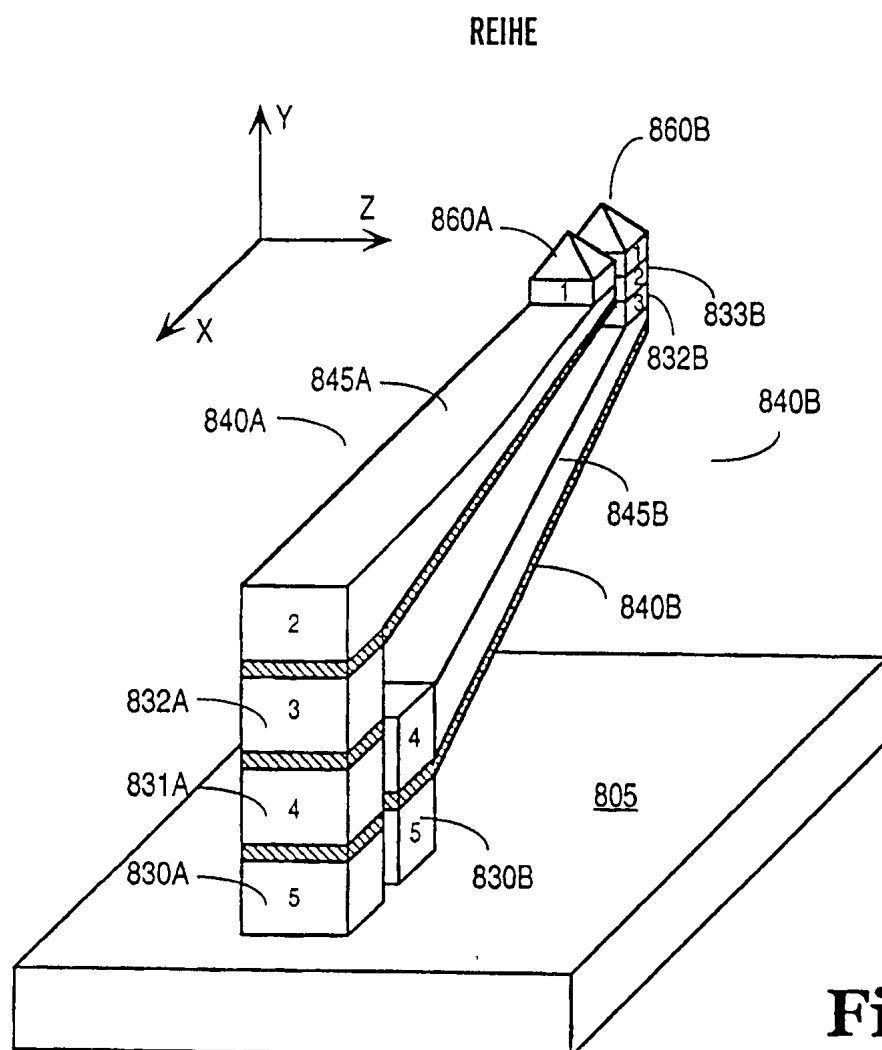


**Fig. 25**

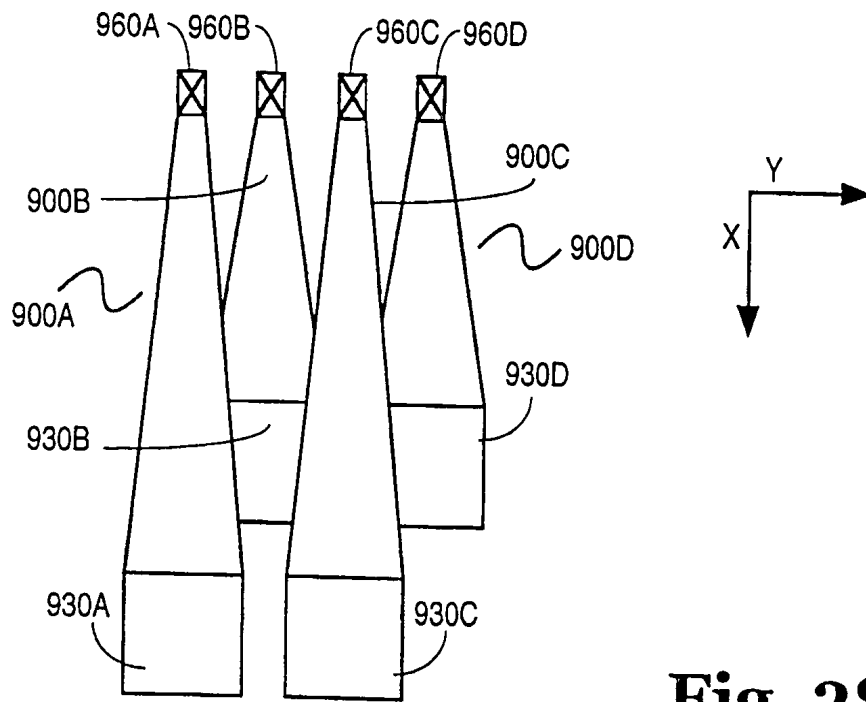




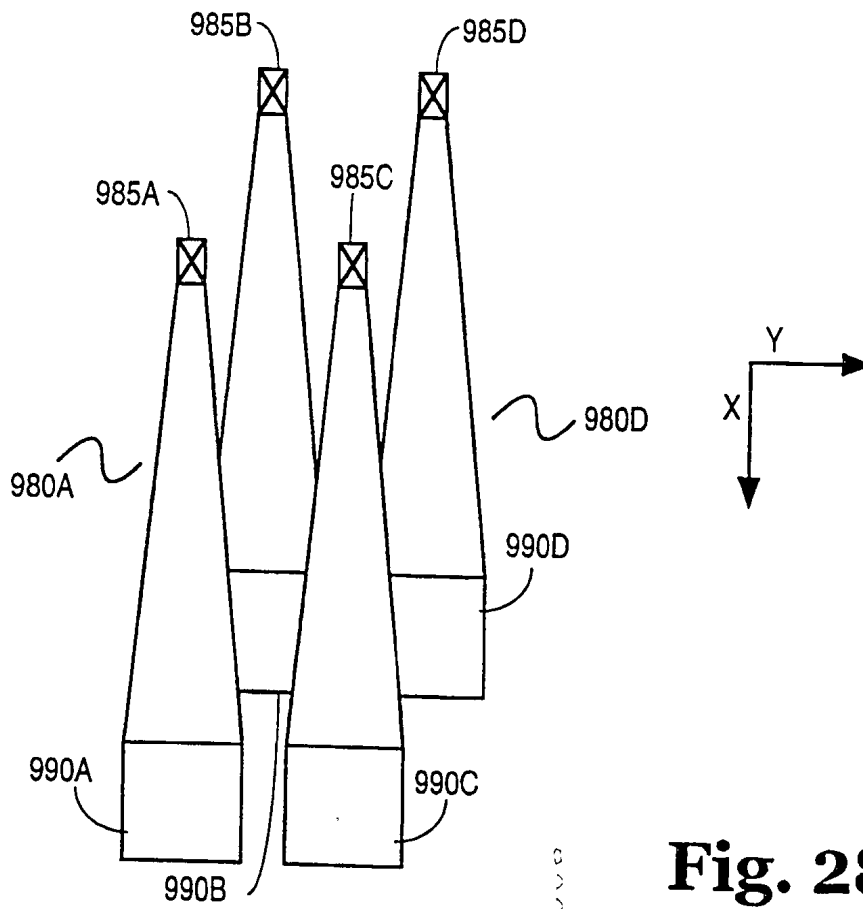
**Fig. 27a**



**Fig. 27b**



**Fig. 28a**



**Fig. 28b**