



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) DE 696 33 334 T2 2005.02.17

(12)

## Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) EP 0 834 243 B1

(21) Deutsches Aktenzeichen: 696 33 334.1

(86) PCT-Aktenzeichen: PCT/US96/08018

(96) Europäisches Aktenzeichen: 96 916 778.2

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: WO 96/041506

(86) PCT-Anmeldetag: 30.05.1996

(87) Veröffentlichungstag

der PCT-Anmeldung: 19.12.1996

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: 08.04.1998

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: 08.09.2004

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: 17.02.2005

(51) Int Cl.<sup>7</sup>: H05K 1/14  
G01R 1/073

(30) Unionspriorität:

478578 07.06.1995 US

(84) Benannte Vertragsstaaten:

CH, DE, ES, FR, GB, IT, LI, NL, SE

(73) Patentinhaber:

Xerox Corp., Stamford, Conn., US

(72) Erfinder:

SMITH, Leonard, Donald, Palo Alto, US;  
ALIMONDA, Sebastian, Andrew, Los Altos, US

(74) Vertreter:

Grünecker, Kinkeldey, Stockmair &  
Schwanhäusser, 80538 München

(54) Bezeichnung: PHOTOLITHOGRAPHISCH GEMUSTERTER FEDERKONTAKT

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 eingelebt, 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****Gebiet der Erfindung**

**[0001]** Die Erfindung betrifft allgemein fotolithografisch gemusterte Federkontakte zur Verwendung in elektrisch angeschlossenen integrierten Schaltungen, Leiterplatten, Elektrodenfeldern oder anderen Vorrichtungen.

**Beschreibung des Standes der Technik**

**[0002]** Zu den Standardanschlusstechniken zum elektrischen Anschließen integrierter Schaltungen oder Chips an eine Leiterplatte oder an eine andere Vorrichtung zählen das Drahtverbinden (wire bonding), das Streifenverbinden (tab bonding), das Lötperlen-Umdrehverbinden (solder-bump flip-chip bonding), das Goldperlen-Umdrehverbinden (gold-bump flip-chip bonding) und andere. **Fig. 1** zeigt eine auf einem Chip **2** ausgebildete Kontaktfläche **3**, die mit einer entsprechenden auf einem Substrat **1** ausgebildeten Kontaktfläche **3** mittels Drahtverbinden verbunden worden ist. Die Kontaktflächen **3** sind elektrisch durch einen Draht **4** verbunden beziehungsweise aneinander angeschlossen. Da der Chip **2** üblicherweise Dutzende oder sogar Hunderte von Kontaktflächen **3** aufweist, ist das Drahtverbinden jeder Kontaktfläche **3** auf dem Chip mit der entsprechenden Kontaktfläche **3** auf dem Substrat arbeitsintensiv, kostenaufwändig und langsam. Darüber hinaus müssen die Kontaktflächen **3** ausreichend groß sein, um sowohl dem Draht **4** als auch der Genauigkeit der Drahtverbindungsvorrichtung gerecht zu werden, die zur Herstellung der Drahtverbindung eingesetzt wird. Aus diesem Grunde werden die Kontaktflächen **3** größer als eigentlich notwendig ausgebildet, um so einen Ausgleich für derartige Beschränkungen hinsichtlich des Drahtes **4** und der Drahtverbindungsvorrichtung zu schaffen.

**[0003]** **Fig. 2** zeigt die auf dem Chip **2** ausgebildete Kontaktfläche **3**, die mit der entsprechenden Kontaktfläche **3** auf dem Substrat **1** mittels Streifenverbinden verbunden worden ist. Ein flexibles Substrat **5** mit an seiner Unterseite ausgebildeten Leiterbahnen wird gegen die Kontaktflächen **3** gedrückt. Eine Schicht aus anisotropem Klebstoff (nicht gezeigt) wird zwischen der Kontaktfläche **3** und dem flexiblen Substrat **5** angeordnet. Wird das flexible Substrat **5** gegen die Kontaktflächen **3** gedrückt, so wirken der anisotrope Klebstoff und die auf dem flexiblen Substrat **5** ausgebildeten Leiterbahnen zusammen, damit die elektrische Verbindung zwischen den Kontaktflächen **3** fertiggestellt wird. Genauso wie das Drahtverbinden krankt das Streifenverbinden an geringem Ausstoß, an Verbindungsbrüchigkeit und an hohen Kosten.

**[0004]** Ein weiteres herkömmliches Verfahren zum Verbinden der auf dem Chip **2** ausgebildeten Kon-

taktflächen **3** mit den auf dem Substrat **1** ausgebildeten Kontaktflächen **3** oder mit einer anderen Vorrichtung ist das Lötperlen-Umdrehverbinden (solder-bump flip-chip bonding). **Fig. 3** zeigt, dass der Chip **2** umgedreht ist, sodass die Kontaktflächen **3** zu dem Substrat **1** hin weisen. Der Name „Umdrehverbinden“ (flip-chip bonding) röhrt vom Umdrehen des Chips **2** her, da der Chip **2** „umgedreht“ („geflippt“) wird, sodass die Kontaktflächen **3** hin zu dem Substrat **1** weisen, was beim Streifenverbinden und beim Drahtverbinden nicht der Fall ist, da hier die Kontaktflächen **3** auf dem Chip **2** weg von dem Substrat **1** weisen. Es sei am Rande bemerkt, dass auch das Streifenverbinden derart vorgenommen werden kann, dass der Chip **2** „umgedreht“ ist. Beim Standardumdrehverbinden werden an den Kontaktflächen **3** auf dem Substrat **1** oder auf dem Chip **2** Lötperlen **6** ausgebildet. Die elektrische Verbindung zwischen den entsprechenden Kontaktflächen **3** erfolgt mittels Drücken der Kontaktflächen **3** auf dem Chip **2** gegen die Lötperlen **6** und mittels Schmelzen der Lötperlen **6**.

**[0005]** Das Umdrehverbinden stellt im Vergleich zum Drahtverbinden und zum Streifenverbinden eine Verbesserung dar. Die vergleichsweise weichen Lötperlen **6** neigen dazu, sich dauerhaft zu verformen, wenn der Chip **2** gegen die Lötperlen **6** nach unten gedrückt wird. Diese Verformung der Lötperlen **6** schafft einen Ausgleich hinsichtlich eventueller Höhenunregelmäßigkeiten der Kontaktflächen **3** und eventueller ungleichmäßiger Kontaktdrücke, die den Chip **2** gegen die Lötperlen **6** drücken.

**[0006]** Gleichwohl krankt das Umdrehverbinden sowohl an mechanischen wie auch an thermischen Schwankungen in den Lötperlen **6**. Für den Fall, dass viele der Lötperlen **6** höhenmäßig nicht gleichmäßig sind, oder das Substrat **1** verbogen ist, kann der Kontakt zwischen den Kontaktflächen **3** und den Lötperlen **6** verloren gehen. Für den Fall, dass der Kontaktdruck, der den Chip nach unten gegen die Lötperlen **6** drückt, ungleichmäßig ist, kann der Kontakt zwischen einigen Kontaktflächen **3** und den entsprechenden Lötperlen **6** ebenfalls verloren gehen. Darüber hinaus zerstören Spannungen aufgrund thermischer Expansionsverschiebungen zwischen dem Chip **2** und dem Substrat **1** die von den Lötperlen **6** gebildeten Verbindungen.

**[0007]** Im Gegensatz zu den vorstehend beschriebenen vergleichsweise dauerhaften Verbindungen zeigt **Fig. 4** eine Standardtechnik zum Herstellen eines vorübergehenden elektrischen Kontaktes zwischen zwei Vorrichtungen. Eine Sondenkarte **7** mit einer Mehrzahl von Sondennadeln **8** kontaktiert die Kontaktflächen **3**, indem die Sondennadeln **8** gegen die Kontaktflächen **3** gedrückt werden. Der physikalische Kontakt zwischen den Sondennadeln **8** und den Kontaktflächen **3** erzeugt eine elektrische Verbin-

dung zwischen den Sondennadeln **8** und den auf dem Substrat **1** ausgebildeten Bahnen **9**.

**[0008]** Die Sondenkarten **7** werden im Allgemeinen dazu verwendet, vorübergehende Kontakte zwischen den Sondennadeln **8** und den Kontaktflächen **3** herzustellen, sodass die Vorrichtung **10** geprüft, abgefragt oder auf andere Weise angesprochen werden kann. Die Vorrichtung **10** kann eine Matrix aus Anzeigeelektroden sein, die Teil einer Aktivmatrix-Flüssigkristallanzeige sind. Das Prüfen der Vorrichtungen **10**, so beispielsweise der Flüssigkristallanzeige-Elektrodenmatrizen ist eingehend in der Druckschrift US-A-6531953 beschrieben.

**[0009]** Die Sondenkarten **7** haben neben dem Prüfen von Flüssigkristallanzeigen viele weitere Anwendungen. Eine beliebige Vorrichtung **10** mit zahlreichen und vergleichsweise kleinen Kontaktflächen **3**, die ähnlich denjenigen auf dem Chip **2** sind, kann unter Verwendung der Sondenkarte **7** geprüft werden. Dem steht gegenüber, dass die Standardtechniken zur Herstellung der Sondenkarte **7** zeitaufwändig und arbeitsintensiv sind. Jede Sondenkarte **7** muss für die jeweilige zu prüfende Vorrichtung **10** einzeln hergestellt werden. Üblicherweise werden die Sondennadeln **8** auf der Sondenkarte **7** manuell hergestellt. Da die Sondenkarten **7** einzeln hergestellt und vergleichsweise kostenintensiv sind, werden üblicherweise keine Sondenkarten **7** hergestellt, die sämtliche Kontaktflächen **3** an der Vorrichtung **10** auf einmal kontaktieren. Aus diesem Grunde können lediglich Teile der Vorrichtung **10** gleichzeitig angesprochen, geprüft oder abgefragt werden, sodass eine Bewegung der Sondenkarte **7** notwendig wird, um das Ansprechen, Prüfen oder Abfragen der gesamten Vorrichtung **10** zu ermöglichen.

**[0010]** Die Sondenkarten **7** werden darüber hinaus verwendet, um die Chips **2** zu prüfen, wenn diese noch Teil eines Monokristallsiliziumwafers sind. Eine derartige Sondenkarte **7** wird in einem fotolithografischen Musterplattierverfahren hergestellt, das beispielsweise in dem Beitrag „Probing at Die Level“ (Corwrith, Advanced Packaging, Februar 1995, Seiten 26 bis 28) offenbart ist. Das fotolithografische Musterplattierverfahren erzeugt Sondenkarten **7**, die im Wesentlichen dasselbe Aussehen wie die Standardsondenkarte **7** aufweisen. Es hat sich jedoch herausgestellt, dass dieser neue Typ von Verfahren bei einem automatisierten Verfahren zur Herstellung von Sondennadeln **8** zum Einsatz kommen kann, sodass die manuelle Herstellung der Sondennadeln **8** vermieden wird. Darüber hinaus offenbart der genannte Beitrag eine Sondenkarte **7**, die an dem den Sondennadeln **8** näheren Ende gebogen ist, was **Fig. 5** zeigt. Die Biegung in der Sondenkarte **7** ermöglicht, dass die Sondennadeln **8** die Kontaktfläche **3** unter einem Winkel kontaktieren. Da die Sondenkarte **7** die Sondennadeln **8** in den Kontaktflächenbereich hinein-

schiebt, tritt eine mechanische Scheuerwirkung auf, durch die ermöglicht wird, dass die Sondennadeln **8** durch das an der Oberseite der Kontaktfläche **3** gebildete Oxid hindurchgelangen. Sämtliche Standardsondenkarten **7** können jedoch nur zum Prüfen von Kontaktflächen **3** eingesetzt werden, die in einem linearen Feld angeordnet sind.

#### Zusammenfassung der Erfindung

**[0011]** Entsprechend stellt die vorliegende Erfindung einen Federkontakt bereit, bei dem das Lötperlen-Umdrehverbinden schnell und einfach erfolgen kann, während die Notwendigkeit zur Schaffung gleichmäßiger Lötperlen oder eines gleichmäßigen Kontaktdruckes beseitigt wird. Darüber hinaus stellt die Erfindung Kontaktfelder bereit, die im Vergleich zum Lötperlen-Umdrehverbinden feinmaschiger sind.

**[0012]** Erfindungsgemäß umfasst der Federkontakt ein Substrat; eine Kontaktobерfläche, die gegenüber dem Substrat angeordnet ist; und ein elastisches Element mit einem Verankerungsabschnitt und einem freien Abschnitt, wobei der Verankerungsabschnitt mit dem Substrat verbunden ist, und der freie Abschnitt von dem Substrat getrennt ist; wobei das elastische Element eine Mehrzahl von Schichten mit einem inhärenten Spannungsgradienten aufweist, der den freien Abschnitt weg von dem Substrat und hin zu einem Kontakt mit der gegenüber dem Substrat angeordneten Oberfläche vorbelastet.

**[0013]** Die Erfindung stellt darüber hinaus einen Federkontakt bereit, der elastische Eigenschaften aufweist, wodurch er in die Lage versetzt wird, ungeachtet eventueller Schwankungen hinsichtlich der Höhe der Kontaktflächen und des Kontaktdruckes, thermischer Schwankungen oder mechanischer Erschütterungen den physikalischen Kontakt mit einer Kontaktfläche zu halten.

**[0014]** Schließlich stellt die vorliegende Erfindung auch eine Sondenkarte und ein Verfahren zum Herstellen der Sondenkarte bereit, die Federkontakte anstelle von Standardsondenadeln aufweist.

#### Kurze Beschreibung der Zeichnung

**[0015]** Die Erfindung wird nachstehend anhand der Zeichnung beschrieben, in der gleiche Bezugszeichen gleiche Elemente bezeichnen, und die sich wie folgt zusammensetzen.

**[0016]** **Fig. 1** zeigt einen Chip, der mittels Drahtverbinden mit einem Substrat verbunden worden ist.

**[0017]** **Fig. 2** zeigt einen Chip, der mittels Streifenverbinden mit dem Substrat verbunden worden ist.

[0018] **Fig.** 3 zeigt einen Chip, der mittels Lötperlen-Umdrehverbinden mit dem Substrat verbunden worden ist.

[0019] **Fig.** 4 zeigt eine Sondenkarte, die mit einer elektronischen Vorrichtung in Kontakt steht.

[0020] **Fig.** 5 zeigt eine Sondenkarte mit einer gewinkelten Sondennadel.

[0021] **Fig.** 6 zeigt einen Federkontakt in einem unverformten freien Zustand und einen weiteren Federkontakt, der bei Kontakt mit einer Kontaktfläche verformt wird.

[0022] **Fig.** 7 zeigt einen Metallstreifen ohne Spannungsgradient.

[0023] **Fig.** 8 zeigt ein Modell zum Bestimmen der Krümmung eines Federkontakte aufgrund des Spannungsgradienten.

[0024] **Fig.** 9 zeigt ein Modell zum Bestimmen der Größe der Reaktionskraft, die an der Spitze des Federkontakte wirkt.

[0025] **Fig.** 10 zeigt die ersten Schritte eines Verfahrens zum Herstellen eines Federkontakte entsprechend der vorliegenden Erfindung.

[0026] **Fig.** 11 zeigt zusätzliche Schritte im Anschluss an diejenigen von **Fig.** 10 bei einem Verfahren zum Herstellen eines Federkontakte entsprechend der vorliegenden Erfindung.

[0027] **Fig.** 12 zeigt zusätzliche Schritte im Anschluss an diejenigen von **Fig.** 11 bei einem Verfahren zum Herstellen eines Federkontakte entsprechend der vorliegenden Erfindung.

[0028] **Fig.** 13 zeigt einen letzten Schritt bei einem der Verfahren zum Herstellen eines Federkontakte entsprechend der vorliegenden Erfindung.

[0029] **Fig.** 14 ist eine grafische Darstellung der Schichtspannung in einer mittels Sputtern aufgebrachten Nickel-Zirkon-Legierung als Funktion des Plasmagasdrucks.

[0030] **Fig.** 15 ist eine Draufsicht auf einen Federkontakt.

[0031] **Fig.** 16 ist eine Vorrichtung zum Prüfen des Kontaktwiderstandes einer Mehrzahl von Federkontaktepaaren.

[0032] **Fig.** 17 ist eine grafische Darstellung des gemessenen Widerstandes der Mehrzahl von Federkontaktepaaren.

[0033] **Fig.** 18 ist eine grafische Darstellung des Kontaktwiderstandes eines Federkontakte als Funktion des Abstandes zwischen der Kontaktfläche und dem Substrat.

[0034] **Fig.** 19 ist ein Federkontakt mit einem flachen Ende.

[0035] **Fig.** 20 ist ein Federkontakt mit einem spitzen Ende.

[0036] **Fig.** 21 ist ein Federkontakt mit zwei Spitzen an dem spitzen Ende.

[0037] **Fig.** 22 ist ein Federkontakt mit mehreren Spitzen an dem spitzen Ende.

[0038] **Fig.** 23 ist ein Federkontakt mit einem verformbaren Streifen an dem spitzen Ende.

[0039] **Fig.** 24 zeigt einen Federkontakt mit einem verformbaren Streifenende, wenn dieses gegen eine Kontaktfläche gedrückt wird.

[0040] **Fig.** 25 zeigt einen Chip mit einer Mehrzahl von Federkontakte, die mit einem Substrat elektrisch verbunden sind.

[0041] **Fig.** 26 zeigt einen Chip, der mit einer Staubabdeckung verbunden und elektrisch an ein Substrat mit einer Mehrzahl von Federkontakte und einer Staubabdeckung angeschlossen ist.

[0042] **Fig.** 27 zeigt einen Chip, der mit einem Substrat und elektrisch mit einer Mehrzahl von Federkontakte auf dem Substrat verbunden ist.

[0043] **Fig.** 28 zeigt einen Chip, der elektrisch mit einem Substrat über einen Zwischenwafer mit einer Mehrzahl von Federkontakte verbunden ist.

[0044] **Fig.** 29 zeigt eine Sondenkarte mit einer Mehrzahl von Federkontakte, die zum Prüfen einer elektronischen Vorrichtung verwendet werden.

[0045] **Fig.** 30 zeigt eine Flüssigkristallanzeige und eine Vorrichtung zum Prüfen der Funktion der Anzeige.

Detaillierte Beschreibung der bevorzugten Ausführungsbeispiele

[0046] **Fig.** 6 ist eine Seitenansicht einer Verbindungsstruktur **100** mit einer Mehrzahl von Federkontakte **15**. Jeder Federkontakt **15** umfasst einen freien Abschnitt **11** und einen Verankerungsabschnitt **12**, der an einer isolierenden Unterschicht **13** befestigt und elektrisch mit einer Kontaktfläche **3** verbunden ist. Jeder Federkontakt **15** ist aus einem hochelastischen Material, so beispielsweise einer Chrom-Mo-

lybdän-Legierung oder einer Nickel-Zirkon-Legierung, hergestellt. Vorzugsweise sind die Federkontakte **15** aus einem elastischen leitenden Material hergestellt. Sie können jedoch auch aus einem nichtleitenden oder halbleitenden Material hergestellt sein, wobei sie dann mit einem leitenden Material beschichtet oder plattiert werden. Insbesondere bestehen die Federkontakte **15** aus einer Nickel-Zirkon-Legierung mit einem Zirkon-Anteil von 1%. Das Zirkon wird dem Nickel zugesetzt, um die elastischen Eigenschaften der Legierung zu verbessern, ohne die Leitfähigkeit des Nickels übermäßig zu verringern. Für den Fall, dass das elastische Material nichtleitend ist, erfolgt eine Beschichtung mit einem leitenden Material, so beispielsweise mit einem Metall oder einer Metalllegierung, auf wenigstens einer Seite.

**[0047]** Die Kontaktfläche **3** ist das terminale Ende einer Verbindungsleitung, die elektrisch mit einer elektronischen Vorrichtung in Verbindung steht, die auf dem Substrat **14** oder der Vorrichtung **101** ausgebildet ist, so beispielsweise einem Transistor, einer Anzeigeelektrode oder einer beliebigen anderen elektrischen Vorrichtung. Die Kontaktfläche besteht üblicherweise aus Aluminium, kann jedoch auch aus einem beliebigen anderen leitenden Material bestehen. Für den Fall, dass die Kontaktfläche **3** an der Vorrichtung **101** aus Aluminium besteht, ist die Kontaktfläche **3** vorzugsweise mit einem leitenden Material, beispielsweise mit Gold, Indium-Zinn-Oxid oder Nickel beschichtet. Dies ermöglicht, dass der Federkontakt **15** einen besseren elektrischen Kontakt zu der Kontaktfläche **3** aufbaut, da der Federkontakt **15** nicht an der unbeschichteten Kontaktfläche **2** „scheuern“ kann, um durch die Aluminiumoxidschicht hindurch zu gelangen, die sich an einer unbeschichteten Aluminium-Kontaktfläche **3** bildet. Die isolierende Unterschicht **13** besteht aus Siliziumnitrid oder einem beliebigen anderen ätzbaren isolierenden Material. Man beachte, dass die isolierende Unterschicht **13** nicht notwendig ist und weggelassen werden kann. Die isolierende Unterschicht **13** und die Kontaktfläche **3** sind an oder über einem Substrat **14** ausgebildet, das ebenfalls aus einem isolierenden Material gebildet ist, so beispielsweise aus oxidiertem Silizium oder Glas.

**[0048]** Wie in **Fig. 7** gezeigt, ist ein Streifen aus Metall ohne inhärenten Spannungsgradienten flach. Wird der Streifen zu einem Bogen geformt, so wird dem Streifen, wie in **Fig. 8** gezeigt, jedoch ein gleichmäßiger Spannungsgradient  $\Delta\sigma/h$  aufgeprägt. Entsprechend bildet für den Fall, dass dem flachen Metallstreifen ein gleichmäßiger Spannungsgradient  $\Delta\sigma/h$  aufgeprägt wird, der Metallstreifen eine Bogenform aus.

**[0049]** Jeder Federkontakt **15** ist derart ausgebildet, dass dem Federkontakt **15** ein Spannungsgradient  $\Delta\sigma/h$  aufgeprägt wird. Bei der Herstellung des Feder-

kontakte **15** wird die Metallschicht mit dem Federkontakt **15** derart aufgebracht, dass in oberen Abschnitten der Metallschicht eine Druckspannung (kompressive Spannung) und in unteren Abschnitten der Metallschicht eine Zugspannung (tensile Spannung) vorhanden ist. Die Druckspannung in den oberen Abschnitten der Metallschicht ist durch nach innen gerichtete Pfeile angedeutet. Die Zugspannung in den unteren Abschnitten der Metallschicht ist durch nach außen gerichtete Pfeile angedeutet. Der Spannungsgradient  $\Delta\sigma/h$  bewirkt, dass der Federkontakt **15** durch Biegung die Form eines Bogens mit einem Radius  $r$  annimmt. Gleichung 1 gibt den Krümmungsradius  $r$  des Federkontakte **15** an.

$$r = Yh/[(1 - \nu)\Delta\sigma] \quad (1)$$

**[0050]** Hierbei bezeichnen  $Y$  den Young'schen Modul des Metalls,  $h$  die Dicke der den Federkontakt **15** bildenden Metallschicht,  $\Delta\sigma$  die Gesamtspannungsdifferenz und  $\nu$  die Poisson'sche Zahl des Metalls.

**[0051]** Wie **Fig. 6** zu entnehmen ist, ist  $r$  der Krümmungsradius des freien Abschnittes **11** des Federkontakte **15** entsprechend Gleichung 1, während  $\Theta$  den Winkel bezeichnet, der die zu der Verbindungsstelle des freien Abschnittes **11** und dem Verankurungsabschnitt **12** weisende Radiuslinie und die zu der Spitze **30** des freien Abschnittes **11** weisende Radiuslinie voneinander trennt. Gleichung 2 gibt die ungefähre Höhe  $b$  der Federkontaktspitze **30** von dem Substrat **14** für Winkel mit  $\theta < 50^\circ$  an.

$$b \approx L^2/2r \quad (2)$$

**[0052]** Hierbei ist  $L$  die Länge des freien Abschnittes, während  $r$  den Krümmungsradius des freien Abschnittes **11** bezeichnet.

**[0053]** Da jeder Federkontakt **15** vorzugsweise aus einem hochelastischen Material besteht, kann jeder Federkontakt **15** an der Spitze **30** nach unten gedrückt und, wie in **Fig. 6** gezeigt, verformt werden, wobei keine plastische Verformung auftritt. Typischerweise übt die Kontaktfläche **30** einer Vorrichtung **101** eine auf die Spitze **30** wirkende Abwärtskraft aus und kontaktiert die Spitze **30** elektrisch. Der Federkontakt **15** wirkt der Abwärtskraft auf die Spitze **30** entgegen und verbleibt in elektrischem Kontakt mit der Kontaktfläche **3**. Lässt die Kraft auf die Spitze **30** nach, so kehrt der Federkontakt in seinen unverformten Zustand zurück. Aus diesem Grunde ermöglicht die Elastizität der Federkontakte **15**, dass diese zahlreiche leitende elektrische Verbindungen zu verschiedenen Kontaktflächenbereichen aufbauen, während die Integrität der elektrischen Verbindungen zwischen der Federkontaktspitze **30** und der Kontaktfläche **3** erhalten bleibt.

**[0054]** Darüber hinaus besteht der Federkontakt **15**

vorzugsweise aus einem kriechfesten Material. Aus diesem Grunde wirkt der Federkontakt **15**, wenn er über einen ausgedehnten Zeitraum von einer die Federkontaktepitze **30** noch unten drückenden Kontaktfläche **3** elastisch verformt wird, der Abwärtskraft entgegen und schiebt die Federkontaktepitze **30** gegen die Kontaktfläche **3**, sodass die elektrische Verbindung erhalten bleibt.

**[0055]** **Fig.** 9 zeigt ein Modell zur Bestimmung der Größe  $F_{tip}$ , die von der Federkontaktepitze **30** als Reaktion auf eine Kraft der Kontaktfläche **3**, die die Federkontaktepitze **30** nach unten drückt, auf eine Kontaktfläche **3** einwirkt. Gleichung 3 gibt die Reaktionskraft  $F_{tip}$  der Federkontaktepitze **30** an.

$$F_{tip} = wh^2\Delta\sigma/12x \quad (2)$$

**[0056]** Hierbei bezeichnen  $w$  die Breite des Federkontakte **15**,  $h$  die Dicke des Federkontakte **15**,  $\Delta\sigma$  die Gesamtspannungsdifferenz und  $x$  den horizontalen Abstand zwischen der Federkontaktepitze **30** und dem Punkt, an dem der Federkontakt **15** das Substrat **14** erstmals berührt.

**[0057]** Für eine gegebene Breite  $w$ , eine gegebene Dicke  $h$  und eine gegebene Spannungsdifferenz  $\Delta\sigma$  variiert die Reaktionskraft  $F_{tip}$  der Spitze **30** reziprok mit dem Abstand  $x$ . Aus diesem Grunde steigt die Reaktionskraft  $F_{tip}$ , je näher die Federkontaktepitze **30** dem Substrat **14** kommt, da der Abstand  $x$  abnimmt, wenn der Federkontakt **15** zusammengedrückt wird und gegen das Substrat **14**, wie in **Fig.** 6 gezeigt, drückt. Die Zunahme der Reaktionskraft  $F_{tip}$  für den Fall, dass die Kontaktfläche **3** die Federkontaktepitze **30** näher an das Substrat **14** herandrückt, verbessert allgemein die elektrische Verbindung zwischen der Federkontaktepitze **30** und der Kontaktfläche **3**. Die zunehmende Reaktionskraft  $F_{tip}$  bewirkt, dass die Federkontaktepitze **30** und/oder die Kontaktfläche **3** in einem Kontaktbereich eine lokale Verformung erfahren, sodass der Kontaktbereich zwischen der Kontaktfläche **3** und der Federkontaktepitze **30** zunimmt.

**[0058]** **Fig.** 10 bis 13 zeigen die grundlegenden Schritte zur Herstellung eines Federkontakte **15**. Wie in **Fig.** 10 gezeigt, wird eine Kontaktfläche **3** auf einem Orovera-Substrat **14** ausgebildet. Darüber hinaus wird eine isolierende Unterschicht **13** an oder über dem Substrat **14** gebildet. Es sei nochmals darauf hingewiesen, dass die isolierende Unterschicht **13** nicht notwendig ist und weggelassen werden kann.

**[0059]** Wie in **Fig.** 11 gezeigt, wird eine Schicht aus einem Metall **16** an oder über dem Substrat **14** aufgebracht. Bei dem bevorzugten Ausführungsbeispiel der Erfindung ist das Metall **16** die vorstehend beschriebene Nickel-Zirkon-Legierung. Ein Teil der Metallschicht **16** wird an oder über der isolierenden Un-

terschicht **13** aufgebracht. Es gibt viele Verfahren, die zur Aufbringung einer Metallschicht **16** an oder über dem Substrat **14** geeignet sind, darunter die Elektronenstrahlauflaufbringung, die thermische Aufdampfung, die chemische Dampfaufbringung, die Sputterauflaufbringung und andere Verfahren. Vorzugsweise wird die Metallschicht **16** mittels Sputtern aufgebracht.

**[0060]** Bei der Aufbringung eines Metalls mittels Sputtern wird eine Target genannte Metallplatte an einer Kathode angeordnet, die an einem hohen negativen Potential liegt und in eine Niederdruckgasatmosphäre von typischerweise 1 bis 100 mTorr (0,13 bis 133 Pa) eingetaucht wird. Dies bewirkt, dass ein Glühentladungsplasma zündet, aus dem positive Ionen zu dem negativen Target hin beschleunigt werden. Dieses Ionenbombardement schlägt Metallatome aus dem Target, woraufhin sich viele dieser Atome an naheliegenden Flächen, so beispielsweise an dem Substrat **14**, ablagnern.

**[0061]** Die Metallschicht **16** kann man sich derart vorstellen, dass sie mit mehreren Unterschichten **16-1** bis **16-n** bis zu einer Enddicke  $h$  von ungefähr 1  $\mu\text{m}$  beschichtet ist. Der Spannungsgradient  $\Delta\theta/h$  wird der Metallschicht **16** dadurch aufgeprägt, dass der jeder der Unterschichten **16-1** bis **16-n** der Metallschicht **16** inhärente Spannungsgradient, wie in **Fig.** 11 gezeigt, derart verändert wird, dass jede Unterschicht **16-x** eine inhärente Spannung anderer Größe innehat.

**[0062]** Unterschiedliche Größen der Spannung können jeder der Unterschichten **16-x** der aufgebrachten Metallschicht **16** während der Sputterauflaufbringung auf verschiedene Arten aufgeprägt werden, darunter durch Einbringen eines reaktiven Gases in das Plasma; Aufbringen des Metalls unter einem Winkel und Ändern des Druckes des Plasmagases. Vorzugsweise werden der Metallschicht **16** verschiedene Größen der Spannung dadurch aufgeprägt, dass der Druck des Plasmagases, das vorzugsweise Argon ist, variiert wird.

**[0063]** **Fig.** 14 zeigt einen Graph, der eine typische Beziehung zwischen der Schichtspannung in einer mittels Sputtern aufgebrachten Nickel-Zirkon-Legierung und dem Druck des bei der Aufbringung eingesetzten Plasmagases zeigt. Für niedrige Drücke des Plasmagases im Bereich von ungefähr 1 mTorr (0,13 Pa) ist die Schichtspannung in dem aufgebrachten Material eine Druckspannung. Steigt der Druck des Plasmagases, so ändert sich die Schichtspannung in der aufgebrachten Unterschicht in eine Zugspannung und steigt mit zunehmendem Plasmagasdruk.

**[0064]** Vorzugsweise wird die Metallschicht **16** in Form von fünf Unterschichten **16-1** bis **16-5** aufgebracht. Die erste Unterschicht **16-1** wird bei einem Plasmagasdruk von 1 mTorr aufgebracht, wie durch

das Bezugszeichen **1** in **Fig. 14** angedeutet ist. Die erste Unterschicht **16-1** ist die am weitesten unten liegende Schicht in der Metallschicht **16** und weist eine inhärente Druckspannung auf. Die zweite Unterschicht **16-2** wird auf die erste Unterschicht **16-1** bei einem Plasmagasdruck von ungefähr sechs 6 mTorr (1 Pa) aufgebracht. Die zweite Unterschicht **16-2** weist eine geringe inhärente Zugspannung auf, was durch das Bezugszeichen **2** in **Fig. 14** angedeutet ist. Die Unterschichten **16-3**, **16-4** und **16-5** werden sodann übereinander bei Plasmagasdrücken aufgebracht, die in **Fig. 14** durch die Bezugszeichen **3**, **4** und **5** bezeichnet sind.

**[0065]** Das Verfahren zum Aufbringen der Metallschicht **16** in Form von fünf einzelnen Unterschichten **16-1** bis **16-5** führt zu einer Metallschicht **16** mit einem Spannungsgradienten  $\Delta\theta/h$ , der in dem unteren Abschnitt der Metallschicht **16** kompressiv (Druckspannung) ist, und der hin zu der Oberseite der Metallschicht **16** in zunehmendem Maße tensil (Zugspannung) wird. Obwohl der Spannungsgradient  $\Delta\theta/h$  die Metallschicht **16** dazu bringt, durch Biegung die Form eines Bogens anzunehmen, haftet die Metallschicht **16** an der isolierenden Unterschicht **13**, dem Substrat **14** und der Kontaktfläche **3** an und ist daher flach.

**[0066]** Nach der Ablagerung der Metallschicht **16** wird die Metallschicht **16** fotolithografisch zu Federkontakte **15** gemustert. Das fotolithografische Muster ist ein bekanntes Verfahren und wird in der Halbleiterchipindustrie standardmäßig eingesetzt. Zunächst wird ein positiver lichtempfindlicher Schutzlack **17** auf der Oberseite der Metallschicht **16** aufgebracht und bei 90°C weichgebacken, um Lösungsmittel in dem Schutzlack **17** auszutreiben. Der lichtempfindliche Schutzlack **17** wird einem geeigneten Muster ultravioletten Lichtes ausgesetzt und anschließend entwickelt. Die belichteten Bereiche des Schutzlackes **17** werden während der Entwicklung entfernt, woraufhin der verbleibende Schutzlack **17** bei 120°C hartgebacken wird. Nassätzen oder Plasmaätzen werden sodann eingesetzt, um die belichteten Bereiche der Metallschicht **16** zu entfernen. Die nach dem Ätzen verbleibenden Bereiche der Metallschicht **16** bilden die Federkontakte **15**. Eine Draufsicht auf einen Federkontakt **15** ist in **Fig. 15** gezeigt. Der durch Ätzen entfernte Bereich der Metallschicht **16** ist durch die gestrichelte Linie **18** angedeutet.

**[0067]** Anschließend wird, wie in **Fig. 12** gezeigt, der freie Bereich **11** des Federkontakte **15** von der isolierenden Unterschicht **13** in einem Unterätzverfahren befreit. Bis der freie Abschnitt **11** von der isolierenden Unterschicht **13** befreit ist, haftet der freie Abschnitt **11** an der isolierenden Unterschicht **13** an, und der Federkontakt **15** ist flach auf dem Substrat **14**. Es gibt zwei Verfahren zum Befreien der Federkontakte **15** von dem Substrat **14** oder der isolieren-

den Unterschicht **13**. Beim ersten Verfahren wird die isolierende Unterschicht **13**, üblicherweise Siliziumnitrid, mittels PECVD (plasma chemical vapor deposition) bei einer Temperatur von 200 bis 250°C aufgebracht. Dies führt zu einer hohen Ätzrate für die isolierende Unterschicht **13**. Die isolierende Unterschicht **13** wird sodann, bevor die Metallschicht **16** aufgebracht wird, zu Inseln gemustert, auf denen die Federkontakte **15** gebildet werden. Nachdem die Federkontakte **15** an oder über den Inseln der isolierenden Unterschicht **13** gebildet worden sind, werden die Federkontakte **15** von den Inseln der isolierenden Unterschicht **13** durch Ätzen der Inseln mit einem selektiven Ätzmittel befreit. Das selektive Ätzmittel ist typischerweise eine HF-Lösung. Das Ätzmittel wird selektives Ätzmittel genannt, da es die isolierende Unterschicht **13** schneller ätzt, als es das Metall von den Federkontakten **15** entfernt. Dies bedeutet, dass die Federkontakte **15** von der isolierenden Unterschicht **13** befreit werden und so in der Lage sind, sich nach oben und weg von der isolierenden Unterschicht **13** zu biegen, was durch den Spannungsgradienten  $\Delta\sigma/h$  in den Federkontakten **15** bedingt ist. Die Inseln können zudem aus einem Niederschmelztemperaturmaterial, so beispielsweise Lot oder Kunststoff, gebildet werden. Nachdem die Federkontakte **15** gebildet worden sind, wird das Niederschmelztemperaturmaterial erwärmt, um die Federkontakte **15** freizulegen.

**[0068]** Bei dem zweiten Verfahren zum Freilegen der Federkontakte **15** wird die isolierende Unterschicht **13**, so sie verwendet wird, nicht zu Inseln vormustert. Anstelle dessen wird, nachdem die Federkontakte **15** gebildet worden sind, eine Passivierungsschicht, so beispielsweise aus Siliziumoxynitrid, auf die Federkontakte **15** und die umgebenden Bereiche mittels PECVD aufgebracht. Die Passivierungsschicht ist zu Fenstern gemustert, die in **Fig. 15** durch schattierte Bereiche angedeutet sind, um den freien Abschnitt **11** der Federkontakte **15** und die umgebenden Bereiche der isolierenden Unterschicht **13** freizulegen. Das gleiche selektive Ätzmittel, nämlich die HF-Lösung, wird verwendet, um die isolierende Unterschicht **13** zu ätzen und die Federkontakte **15** freizulegen. Bei diesem Verfahren wird eine Stufen-diskontinuität in dem Metall des Federkontakte **15** an der Kante des Verankerungsabschnittes **12** vermieden, wodurch eine isolierende Abdeckung auf dem Verankerungsabschnitt **12** zurückbleibt. Die isolierende Abdeckung schützt den Verankerungsabschnitt **12** vor Kurzschlussbildungen und trägt zudem dazu bei, den Verankerungsabschnitt **12** an dem Substrat **14** zu halten.

**[0069]** Nur die Bereiche der isolierenden Unterschicht **13** unter dem freien Abschnitt **11** des Federkontakte **15** werden unterätzt. Der Bereich der isolierenden Unterschicht **13**, der für jeden Federkontakt **15** unterätzt wurde, ist in **Fig. 15** durch einen schat-

tierten Bereich angedeutet. Dies bedeutet, dass der Verankerungsabschnitt **12** des Federkontakte **15** an der isolierenden Unterschicht **13** befestigt bleibt und kein Wegziehen von der isolierenden Unterschicht **13** erfolgt. Man beachte, dass das Verfahren zum Muster der Metallschicht **16** zu Federkontakte **15** nicht zu einem Glühen der Metallschicht **16** führt.

**[0070]** Zusätzlich zu dem Unterätzverfahren können weitere Schritte ausgeführt werden, um das Verfahren gegebenenfalls zu verbessern. So können beispielsweise Ätzdurchgänge (Vias) oder kleine Fenster in die freien Abschnitte **11** der Federkontakte **15** geätzt werden. Die Ätzmitteldurchgänge wirken derart, dass sie einen schnelleren Zugang zu der isolierenden Unterschicht **13** für das selektive Ätzmittel schaffen, wodurch das Verfahren zum Freilegen der freien Abschnitte **11** von der isolierenden Unterschicht **13** beschleunigt wird. Darüber hinaus kann eine Hartmaske, beispielsweise aus Silizium, auf der Oberseite der Federkontakte **15** aufgebracht werden, um sicherzustellen, dass das Ätzmittel kein Material von der Oberseite der Federkontakte **15** für den Fall entfernt, dass das lichtempfindliche Material **17**, das die Oberseite der Federkontakte **15** schützt, während der Musterung des Federkontakte **15** wirkungslos bleibt.

**[0071]** Sobald der freie Abschnitt **11** von der isolierenden Unterschicht **13** freigelegt ist, bewirkt der Spannungsgradient  $\Delta\sigma/h$ , dass der freie Abschnitt **11** nach oben und weg von dem Substrat **14** gebogen wird. Der Spannungsgradient  $\Delta\sigma/H$  ist dem Verankerungsabschnitt **12** nach wie vor inhärent und bewirkt, dass der Verankerungsabschnitt **12** von dem Substrat **14** weggezogen wird.

**[0072]** Um die Möglichkeit des Wegziehens des Verankerungsabschnittes **12** von dem Substrat **14** zu verringern, kann der Federkontakt **15** gegläht werden, um die Spannung in dem Verankerungsabschnitt **12** zu beseitigen. Der Glühvorgang hat keinerlei Auswirkung auf den freien Abschnitt **11**, da, sobald der freie Abschnitt **11** freiliegt und in die Lage versetzt wird, sich nach oben zu biegen, keine Spannung in dem freien Abschnitt **11** verbleibt, die mittels Glühen beseitigt werden müsste. Auf diese Weise bleibt der freie Abschnitt **11** nach dem Glühen nach oben und weg von dem Substrat **14** gebogen.

**[0073]** Schließlich zeigt **Fig. 13** eine Goldschicht **19**, die über der Außenseite jedes Federkontakte **15** plattiert ist. Die Goldschicht **19** wird vorzugsweise verwendet, um den Widerstand in den Federkontakte **15** zu verringern; sie kann jedoch durch ein beliebiges anderes leitendes Material ersetzt werden. Vorzugsweise wird die Goldschicht **19** auf die Federkontakte **15** unter Verwendung eines autokatalytischen Plättierverfahrens aufplattiert.

**[0074]** Da der Vorgang der Bildung der Federkontakte **15** nur durch räumliche Vorgaben für das fotolithografische Mustern beschränkt ist, können Hunderte oder Tausende von Federkontakten **15** nahe aneinander in einem vergleichsweise kleinen Bereich auf dem Substrat **14** ausgebildet werden. Die typische Breite  $w$  eines Federkontakte **15** beträgt 10 bis 100  $\mu\text{m}$ . Daher können die Federkontakte **15** nahe aneinander ausgebildet werden, und zwar mit einem gegenseitigen Abstand von ungefähr 10 bis 20  $\mu\text{m}$ . Hierdurch beträgt der Mitte-zu-Mitte-Abstand zwischen benachbarten Federkontakten **15** ungefähr 20 bis 120  $\mu\text{m}$ , was dem typischen Mitte-zu-Mitte-Abstand zwischen benachbarten Kontaktflächen **3** auf einem Standardhalbleiterchip **2** entspricht oder weniger als dieser ist.

**[0075]** Zum Prüfen der Wirksamkeit der Federkontakte **15** in Anwendungen, die denjenigen beim Lötpolen-Umdrehverbinden ähnlich sind, wurde ein Prüffeld aus Federkontakten **15** mit einem Mitte-zu-Mitte-Abstand von 80  $\mu\text{m}$ , siehe **Fig. 16**, entwickelt. Vier Sätze aus Feldern **20** von Federkontakten **15** wurden auf einem unteren Substrat **21** ausgebildet. Vier entsprechende Felder verbundener Kontaktflächen **22** wurden auf einem oberen Substrat **23** ausgebildet. Das obere Substrat **23** und das untere Substrat **21** wurden derart zusammengebracht, dass die Federkontakte **15** mit einer entsprechenden Kontaktfläche **3** in Kontakt traten. Der Widerstand  $R$  wurde sodann über Paare von Leitungen der Federkontakte **15** gemessen.

**[0076]** **Fig. 17** zeigt grafisch den gemessenen Widerstand  $R$  für jedes Federkontaktpaar in der Prüfvorrichtung. Der gemessene Widerstand  $R$  innerhalb jedes Feldes weist im Allgemeinen von links nach rechts einen Aufwärtstrend auf, der von der zunehmenden Leiterlänge der rechts angeordneten Federkontakte **15** im Vergleich zu den links angeordneten Federkontakte **15** in jedem Feld herröhrt. Ein Großteil des Widerstandes von ungefähr 25 bis 30 Ohm, der für jedes Paar von Federkontakten **15** gemessen wurde, ist durch die Länge und Geometrie der Leiter bedingt, die sich zwischen den Federkontakten **15** und den Sondenpunkten des Widerstandes  $R$  erstrecken.

**[0077]** **Fig. 18** zeigt den Gesamtwiderstand der Verbindung zwischen einem Federkontakt **15** und einer entsprechenden Kontaktfläche **3**, wobei ein Großteil des in **Fig. 17** gezeigten Widerstandes durch Verwendung einer Vierpunktsondengeometrie wegfällt. Wie in **Fig. 18** gezeigt, röhrt der Widerstand von annähernd 1,3 Ohm von den Leitern her, die zu der Kontaktfläche **3** und dem Federkontakt **15** führen. Der Widerstand von annähernd 0,2 Ohm röhrt von der Form der Federkontaktspitze **30** her. Der übrige Widerstand, nämlich ungefähr 0,1 Ohm für  $b < 80 \mu\text{m}$ , ist der Widerstand an der Grenzfläche zwischen der

Kontaktfläche 3 und der Federkontaktepitze 30.

**[0078]** Im Allgemeinen sinkt der Widerstand an der Grenzfläche zwischen der Kontaktfläche 3 und der Federkontaktepitze 30, wenn die Höhe b abnimmt. Wie vorstehend ausgeführt, steigt die Reaktionskraft  $F_{tip}$ , die die Federkontaktepitze 30 auf die Kontaktfläche 3 ausübt, wenn die Kontaktfläche 3 die Federkontaktepitze 30 näher an das Substrat 14 heranschiebt. Die vergrößerte Reaktionskraft  $F_{tip}$  bewirkt, dass die Federkontaktepitze 30 eine lokale Verformung an der Kontaktfläche 3 erfährt, wodurch der Kontaktbereich zu- und der Widerstand an der Grenzfläche abnimmt.

**[0079]** Die Federkontaktepitze 30 kann verschiedene Formen aufweisen, was von der jeweiligen Anwendung abhängt. Da die Federkontakte 15 fotolithografisch gemustert sind, können die Federkontaktepitzen 30 auf einfache Weise in einer Mehrzahl von Formen ausgebildet werden. **Fig. 19** zeigt eine Federkontaktepitze 30 mit einem flachen Ende. Die Federkontaktepitze 30 gemäß **Fig. 20** weist ein spitzes Ende auf, das die Kraft  $F_{tip}$ , die von dem Federkontakt 15 ausgeübt wird, in einem einzigen Punkt auf der Kontaktfläche 3 konzentriert. Die spitze Form unterstützt den Vorgang, wenn die Federkontaktepitze 30 durch eventuell auf den Kontaktflächen vorhandene Oxide hindurchscheuern. **Fig. 21** und 22 zeigen Federkontaktepitzen 30 mit mehreren Punkten für Anwendungen, in denen eine Redundanz der Kontakte erforderlich ist. **Fig. 23** zeigt eine Federkontaktepitze 30 mit einem verformbaren Streifen. Der verformbare Streifen steigert den Kontaktbereich mit der Kontaktfläche 3 durch Verformung, siehe **Fig. 24**, wenn der Federkontakt 15 die Spitze 30 gegen die Kontaktfläche 3 drückt.

**[0080]** Es gibt weitere Verfahren, um den Kontaktwiderstand zwischen der Federkontaktepitze 30 und der Kontaktfläche 3 zu senken. Die Federkontaktepitzen 30 können mit Ultraschall in die Kontaktflächen 3 eingescheuert werden, um den Kontaktbereich zu vergrößern. Darüber hinaus können die Federkontaktepitzen 30 und die Kontaktflächen 3 mit Lot beschichtet werden, das geschmolzen wird, nachdem die Spitzen 30 und die Kontaktflächen 3 miteinander in Kontakt gebracht worden sind. Das Schmelzen des Lotes verbindet die Federkontakte 15 mit den Kontaktflächen 3.

**[0081]** Wie vorstehend ausgeführt, können, da die Herstellung der Federkontakte 15 nur durch die räumlichen Vorgaben des fotolithografischen Musterns beschränkt ist, die Federkontakte 15 dazu verwendet werden, verschiedene Typen von Vorrichtungen miteinander zu verbinden. So zeigt **Fig. 25** beispielsweise ein bevorzugtes Ausführungsbeispiel der Erfindung. Die Federkontakte 15 werden an der Unterseite des Chips 2 ausgebildet. Die Federkontakte

15 kontaktieren entsprechende Kontaktflächen 3 auf dem Substrat 14. Ein Klebstoff 24 hält den Chip 2 in Bezug auf das Substrat 14 stationär. **Fig. 26** zeigt das Substrat 14 mit einer Mehrzahl von Federkontakte 15, die an der Oberseite des Substrates 14 ausgebildet sind. Die Kontaktflächen 3, die an der Unterseite des Chips 2 ausgebildet sind, sind elektrisch mit entsprechenden Federkontakte 15 an dem Substrat 14 verbunden. Ein Klebstoff 14 hält den Chip 2 in Bezug auf eine Staubabdeckung oder Haube 25 stationär, die den Chip 2 bedeckt und die Staubabdeckung 25 gegen das Substrat 14 abdichtet. Die Staubabdeckung 25 stellt sicher, dass Feuchtigkeit und Fremdstoffe keine Korrodierung der Federkontakte 15 oder der Kontaktflächen 3 bewirken oder auf andere Weise auf die elektrischen Verbindungen zwischen den einzelnen Federkontakte 15 und den entsprechenden Kontaktflächen 3 Einfluss nehmen. Gegebenenfalls vorhandene Kühlrippen 50 sowie die Staubabdeckung 25 stellen eine Wärmesenke zur Kühlung des Chips 2 bereit. **Fig. 27** zeigt eine alternative Form des Ausführungsbeispiels von **Fig. 26**. Der Klebstoff 24 hält den Chip 2 stationär an dem Substrat 14. Es ist keine Wärmesenke durch die Staubabdeckung 25 gegeben.

**[0082]** **Fig. 28** zeigt ein alternatives Ausführungsbeispiel einer Verbindungsvorrichtung zur elektrischen Verbindung zweier Vorrichtungen. Es ist ein Wafer 26 gezeigt, der eine Mehrzahl von Federkontakte 15 aufweist, die an gegenüberliegenden Seiten des Wafers 26 ausgebildet sind. Paare von Federkontakte 15 an den gegenüberliegenden Seiten des Wafers 26 stehen miteinander über Durchgänge in Verbindung, die in den Wafer 26 geätzt sind und die Kontaktflächen 3 sowohl auf dem Chip wie auch auf dem Substrat 14 elektrisch miteinander verbinden. Dieses Ausführungsbeispiel der Erfindung ermöglicht eine Weiterverarbeitung des Chips 2 und des Substrats 14, ohne dass eine Beschädigung der Federkontakte 15 riskiert würde. Der Wafer 26 wird verwendet, um den Chip 2 und das Substrat 14 erst dann miteinander zu verbinden, nachdem die gesamte Bearbeitung des Chips 2 und des Substrats 14 beendet ist.

**[0083]** Die Federkontakte 15 sind nicht auf die Verbindung eines Chips 2 und eines Substrates 14 oder einer Leiterplatte beschränkt. Die Federkontakte 15 werden gleichermaßen eingesetzt, um zwei Chips 2, zwei Leiterplatten oder andere elektrische Vorrichtungen miteinander zu verbinden. Die beiden beispielhalber aufgeführten Anwendungen sind das Anbringen von Treiberchips an visuellen Anzeigen und das Zusammensetzen von MCMs (multi-chip modules) für Computer. Eine weitere alternative Verwendung für die Federkontakte 15 sind Sondenkarten. Wie vorstehend ausgeführt, werden die Sondenkarten 7 verwendet, um eine vorübergehende Verbindung zweier Vorrichtungen herzustellen, und zwar üblicherweise dann, wenn eine der Vorrichtungen ge-

prüft wird. Eine derartige Prüfung ist in der Halbleiterindustrie üblich, in der die Sondenkarten 7 zum Einsatz kommen, um Halbleiterchips zu prüfen, während die Chips noch Teil eines Monokristallsiliziumwafers sind.

**[0084]** Fig. 29 zeigt ein Ausführungsbeispiel der Erfindung, in dem die Sondenkarte 27 ein Feld von Federkontakte 15 aufweist, das anstelle der Standardsondennadeln 8 zum Einsatz kommt. Die Sondenkarte 27 funktioniert auf gleiche Weise wie die Sondenkarte 7, außer dass sie Federkontakte 15 aufweist. Die Sondenkarte 27 ist auf die Vorrichtung 10 derart ausgerichtet, dass die Federkontakte 15 von sich aus die entsprechenden Kontaktflächen 3 auf der Vorrichtung 10 kontaktieren. Die Vorrichtung 10 wird sodann geprüft oder angesprochen, indem eine Prüfvorrichtung mit der Sondenkarte 27 elektrisch verbunden wird.

**[0085]** Eine als Beispiel angegebene Prüfvorrichtung ist in Fig. 30 gezeigt. Die Vorrichtung ist eingehend in der Anmeldung JAO34053 beschrieben, die zeitgleich eingereicht wurde. Ein Anzeigmustergenerator 40 steht mit Treiberchips 42 in Verbindung, die an zwei Vollbreitensondenkarten 27 angebracht sind. Die Sondenkarten 27 weisen Federkontakte 15 auf, die zugehörige Adressleitungen 43 kontaktieren, die an der Anzeigeplatte 44 ausgebildet sind. Die Adressleitungen 43 stehen mit Anzeigeelektroden (nicht gezeigt) in Verbindung. Aus diesem Grund kann der Anzeigmustergenerator 40 die Anzeigeelektroden steuern, sodass eine Matrix elektrischer Potentiale entsteht, die einem Prüfbild entsprechen. (Nicht gezeigte) Sensoren an der Sensorplatte 45 erfassen die Matrix der elektrischen Potentiale an den Anzeigeelektroden und erzeugen Signale, von denen jedes dem jeweiligen elektrischen Potential entspricht. Die Signale werden von Scannerchips 46 ausgelesen, die an der Sensorplatte 55 angebracht sind. Das Prüfsignalanalysegerät 41 empfängt die Signale von den Scannerchips 46 und bildet ein Messbild, das den Signalen entspricht. Das Prüfsignalanalysegerät 41 vergleicht das Messbild mit dem Prüfbild, das von dem Anzeigmustergenerator 40 ausgegeben wurde, um festzustellen, ob die Anzeigeplatte 44 und die Anzeigeelektroden richtig funktionieren.

**[0086]** Da das Herstellen einer Standardsondenkarte 7 mit Sondennadeln 8 arbeitsintensiv und zeitaufwändig ist, werden Standardsondenkarten 7 üblicherweise nicht derart hergestellt, dass sie sämtliche Adressleitungen 43 auf der Anzeigeplatte 44 kontaktieren. Aus diesem Grund muss das Prüfen der Anzeigeplatte 44 in Schritten erfolgen, da die Sondenkarten 7 der vollen Breite der Adressleitungen 43 nicht gerecht werden. Dem steht gegenüber, dass die mit Federkontakte 15 versehene Sondenkarte 27 einfach und kostengünstig hergestellt werden kann.

Darüber hinaus können die Federkontakte 15 aufweisenden Sondenkarten 27 mit beliebigen Breiten hergestellt werden und daher alle Daten oder Adressleitungen einer Vorrichtung, so beispielsweise diejenigen der Anzeige von Fig. 30, gleichzeitig prüfen.

**[0087]** Bei einem weiteren Beispiel können das Wafer-Scale-Prüfen und das Einbrennen (Burning-in) von Chips 2 mittels einer einzigen Sondenkarte 27 vorgenommen werden, die sämtliche Kontaktflächen 3 sämtlicher Chips kontaktiert, während die Chips 2 noch Teil eines einzelnen Halbleiterwafers sind. Die Sondenkarte 27 kann ein Siliziumwafer mit Mikroschaltungen zur Verteilung von Prüfsignalen an jeden Chip 2 (oder in Umkehrrichtung) auf dem geprüften Wafer sein. Die Prüfsignale können entweder alle gleichzeitig oder nacheinander an die Chips 2 verteilt werden.

**[0088]** Die vorliegende Erfindung wurde anhand spezifischer Ausführungsbeispiele beschrieben. Die Beschreibung der spezifischen Ausbildungsbeispiele ist rein illustrativ und in keinster Weise als den Umfang der Erfindung beschränkend gedacht. Verschiedene weitere Änderungen und Abwandlungen erschließen sich einem Fachmann unmittelbar, ohne dass durch diese der Schutzmfang der Erfindung gemäß den beigefügten Ansprüchen verlassen würde.

## Patentansprüche

1. Federkontakt, umfassend:  
ein Substrat (14);  
eine Kontaktobерfläche (3), die gegenüber dem Substrat angeordnet ist; und ein elastisches Element (15) mit einem Verankerungsabschnitt (12) und einem freien Abschnitt (11), wobei der Verankerungsabschnitt (12) an dem Substrat befestigt ist, und der freie Abschnitt (11) von dem Substrat getrennt ist; und  
wobei das elastische Element (15) eine Mehrzahl von Schichten mit einem inhärenten Spannungsgradient umfasst, der den freien Abschnitt weg von dem Substrat und hin zu einem Kontakt mit der gegenüber dem Substrat (14) angeordneten Oberfläche (3) vorbelastet.

2. Federkontakt nach Anspruch 1, wobei der Verankerungsabschnitt (12) mit einem ersten über dem Substrat (14) ausgebildeten Kontakt (3) elektrisch verbunden ist, und der freie Abschnitt (11) die über einem zweiten Substrat (101) ausgebildete Kontaktobерfläche (3) von sich aus kontaktiert.

3. Sondenkarte und mittels Sonden geprüfte Vorrichtung, umfassend:  
ein Substrat (14), das Teil der Sonde ist;  
eine Mehrzahl leitender Signalbahnen, die auf dem Substrat ausgebildet sind; und

eine Mehrzahl von Federkontakteen nach Anspruch 1 oder 2, die in einem Muster angeordnet sind, das auf ein Feld von Kontaktflächen (3) an der mittels Sonden zu prüfenden und gegenüber dem Substrat (14) angeordneten Vorrichtung abgestimmt ist, wobei ein jeder von der Mehrzahl von Federkontakteen eine entsprechende von der Mehrzahl leitender Signalbahnen elektrisch kontaktiert.

4. Sondenkarte und Vorrichtung nach Anspruch 3, wobei

die mittels Sonden zu prüfende Vorrichtung eine visuelle Anzeigematrix ist, und ein jeder von der Mehrzahl von Federkontakteen (15) mit einer entsprechenden Kontaktfläche (3) des Feldes von Kontaktflächen in Kontakt tritt, und  
einige ausgewählte von der Mehrzahl von Anzeigeelektroden der visuellen Anzeigematrix, die mit wenigstens einer von der Mehrzahl leitender Signalbahnen in Verbindung stehen, aktiviert werden.

5. Sondenkarte und Vorrichtung nach Anspruch 3, wobei die zu prüfende Vorrichtung ein Halbleiterwafer mit einer Mehrzahl von Chips und dem Feld von Kontaktflächen ist, wobei ein jeder von der Mehrzahl von Chips einem der Vorgänge Wafer-Scale-Prüfung and Burning-in unterzogen wird.

6. Kontaktvorrichtung, umfassend:

ein Substrat (14) mit einer Oberseite und einer gegenüberliegenden Unterseite;  
wenigstens einen oberen Federkontakt (15) nach Anspruch 1 oder 2, der an der Oberseite des Substrates (14) ausgebildet ist, wobei der wenigstens eine obere Federkontakt derart angeordnet ist, dass er auf eine entsprechende wenigstens eine Kontaktfläche (3) an einer ersten Vorrichtung über der Substanz abgestimmt ist und diese kontaktiert; und  
wenigstens einen unteren Federkontakt (15) nach Anspruch 1 oder 2, der an der Unterseite des Substrates (14) ausgebildet ist, wobei der wenigstens eine untere Federkontakt derart angeordnet ist, dass er auf eine entsprechende wenigstens eine Kontaktfläche (3) an einer zweiten Vorrichtung unter dem Substrat abgestimmt ist und diese kontaktiert, wobei jeder wenigstens eine untere Federkontakt (15) elektrisch mit einem entsprechenden des wenigstens einen oberen Federkontakte (15) in Verbindung steht.

7. Federkontakt, Sondenkarte oder Kontaktvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei (A) das oder jedes elastische Element (15) aus einem elektrisch leitenden Material gebildet ist, oder (B) eine elektrisch leitende Schicht an wenigstens einem Teil einer Außenfläche des oder jedes elastischen Elementes (15) ausgebildet ist.

8. Federkontakt, Sondenkarte und Vorrichtung oder Kontaktvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei ein freies Ende des freien

Abschnittes (11) des oder eines jeden von der Mehrzahl von Federkontakteen (15) mit einem Material beschichtet ist, das weicher als ein Material ist, das den oder einen jeden von der Mehrzahl von Federkontakteen bildet, wobei das weichere Material den Kontakt zwischen dem freien Ende eines jeden von der Mehrzahl von Federkontakteen und den entsprechenden Kontaktflächen (3) verbessert.

9. Verfahren zum Herstellen eines Federkontakte nach Anspruch 1, umfassend die nachfolgenden Schritte:

Aufbringen einer Schicht aus elastischem Material auf einem Substrat (14), wobei das elastische Material einen inneren Spannungsgradient aufweist, der das elastische Material weg von dem Substrat vorbelastet;

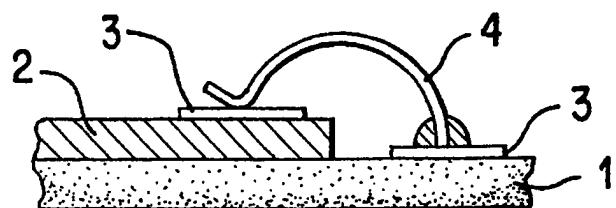
fotolithografisches Mustern der Schicht aus elastischem Material zur Bildung wenigstens eines Federkontakte (15) mit einem freien Abschnitt (11) und einem Verankerungsabschnitt (12); und

Unterätzen eines Abschnittes des Substrates (14) unter dem wenigstens einen Federkontakt (15) zur Freilegung des freien Abschnittes (11) des wenigstens einen Federkontakte von dem Substrat, wobei der Verankerungsabschnitt (12) des wenigstens einen Federkontakte an dem Substrat befestigt bleibt, und wobei der freie Abschnitt vorbelastet ist, um sich, wenn der freie Abschnitt freigelegt ist, aufgrund des inhärenten Spannungsgradient weg von dem Substrat zu bewegen, um eine Oberfläche zu kontaktieren, die gegenüber dem Substrat angeordnet ist.

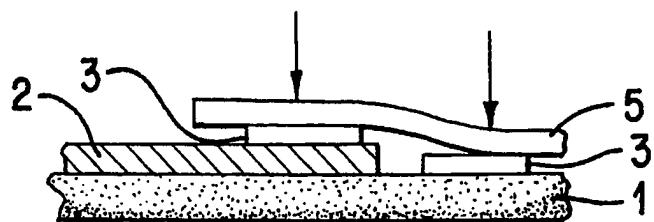
10. Verfahren nach Anspruch 9, wobei der Schritt des Unterätzens die nachfolgenden Schritte umfasst: fotolithografisches Bilden von Ätzmitteldurchgängen in dem wenigstens einen Federkontakt (15); und Einsetzen eines Ätzmittels zum Ätzen des Substrates (14) unter dem wenigstens einen Federkontakt (15) zur Freilegung des freien Abschnittes (11) des Federkontakte von dem Substrat, wobei vorzugsweise der Schritt des Aufbringens der Schicht aus dem elastischen Material den Schritt des Aufbringens einer Mehrzahl von Unterschichten aus einer Metalllegierung mittels Sputtern umfasst, wobei eine jede von der Mehrzahl von Unterschichten bei einem anders gewählten Plasmagasdruck aufgebracht wird, und wobei jeder anders gewählte Plasmagasdruck eine inhärente Spannung einer entsprechend anderen Größe in einer entsprechenden von der Mehrzahl von Unterschichten erzeugt.

Es folgen 16 Blatt Zeichnungen

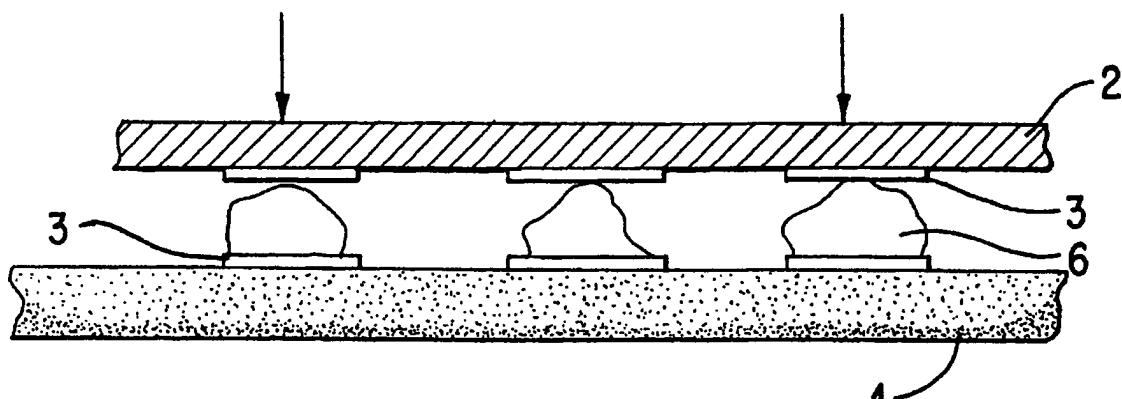
Anhängende Zeichnungen



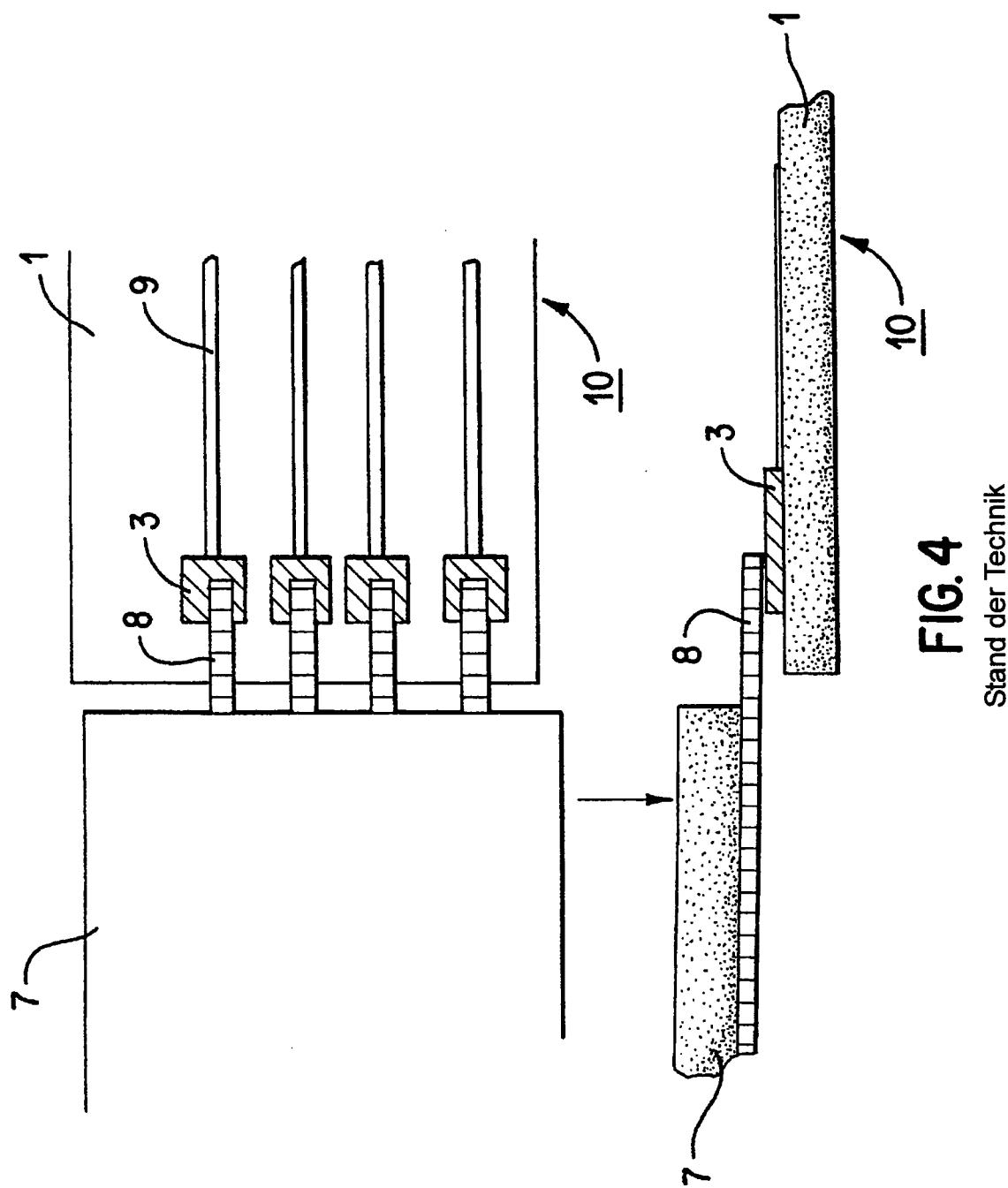
**FIG. 1**  
Stand der Technik



**FIG. 2**  
Stand der Technik

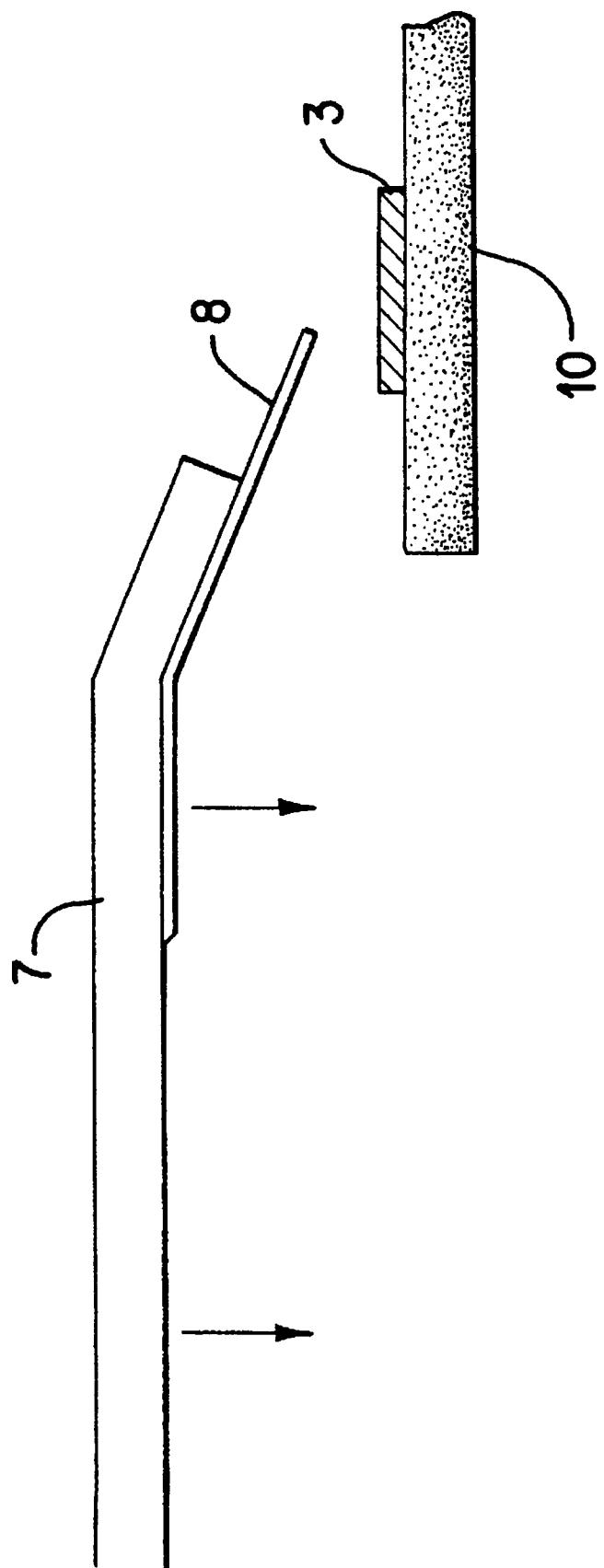


**FIG. 3**  
Stand der Technik



**FIG. 4**

Stand der Technik



**FIG. 5**

Stand der Technik

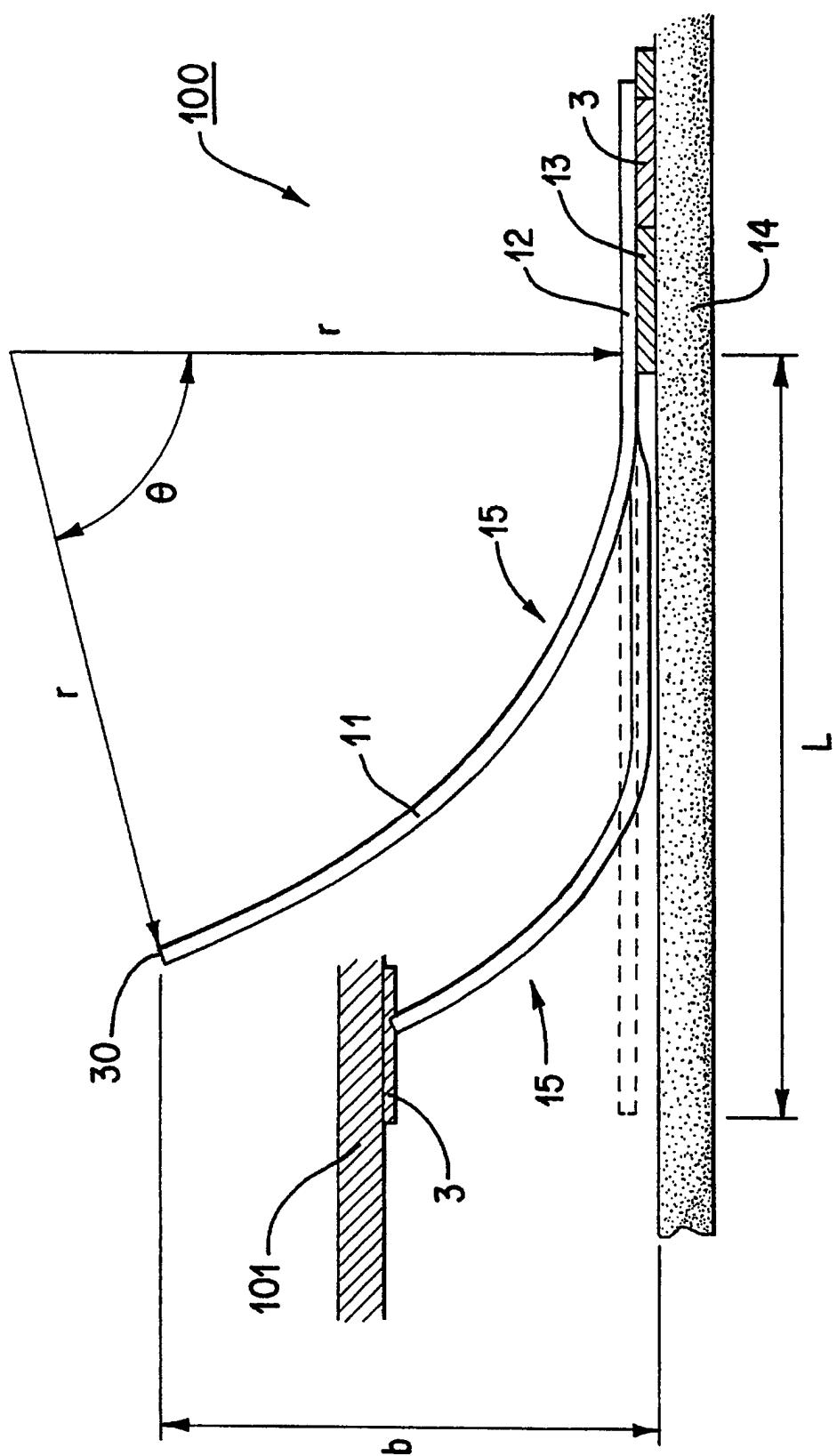


FIG. 6

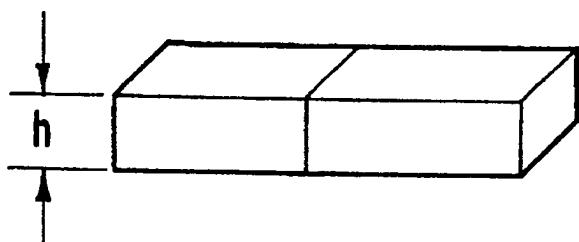


FIG. 7

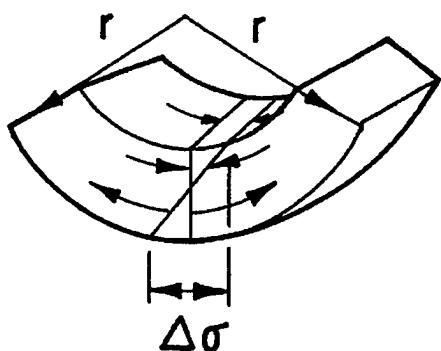


FIG. 8

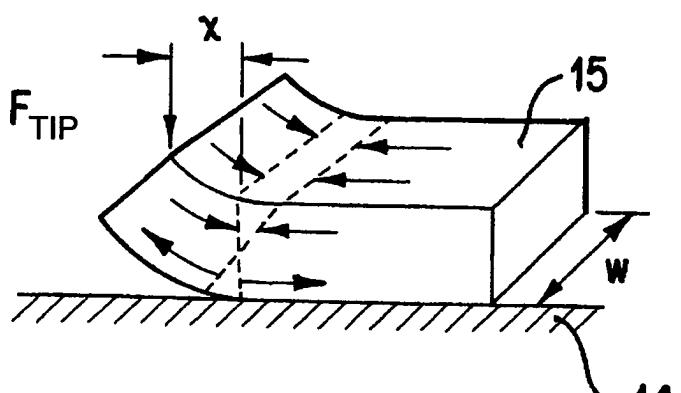
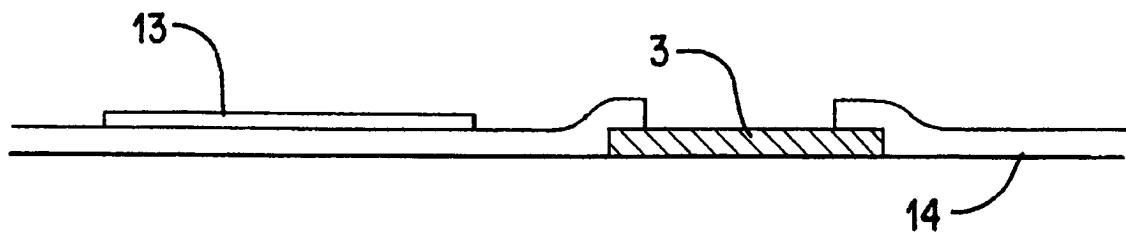
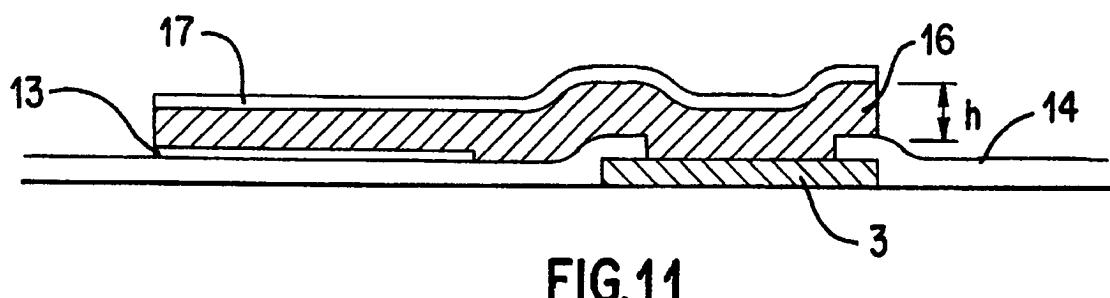


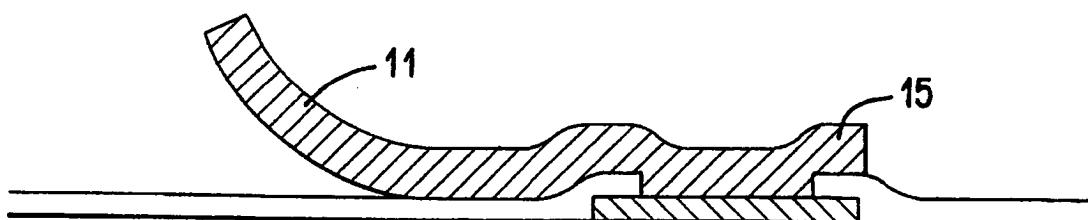
FIG. 9



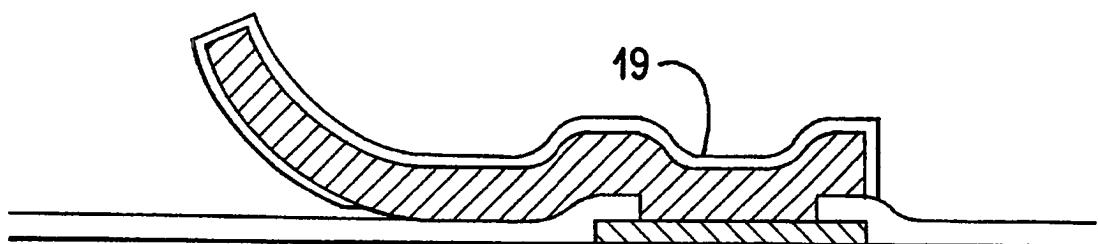
**FIG. 10**



**FIG. 11**



**FIG. 12**



**FIG. 13**

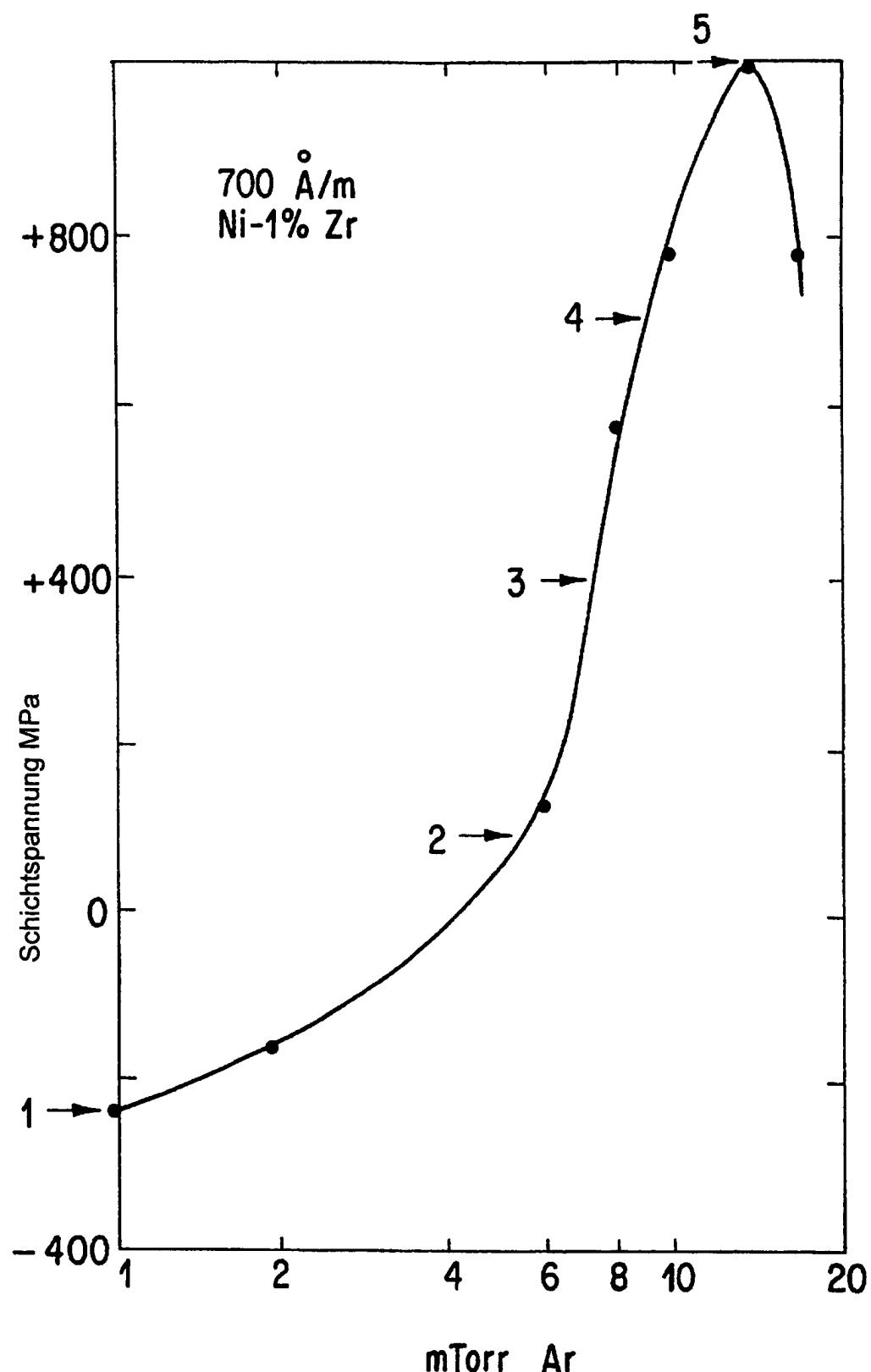


FIG.14

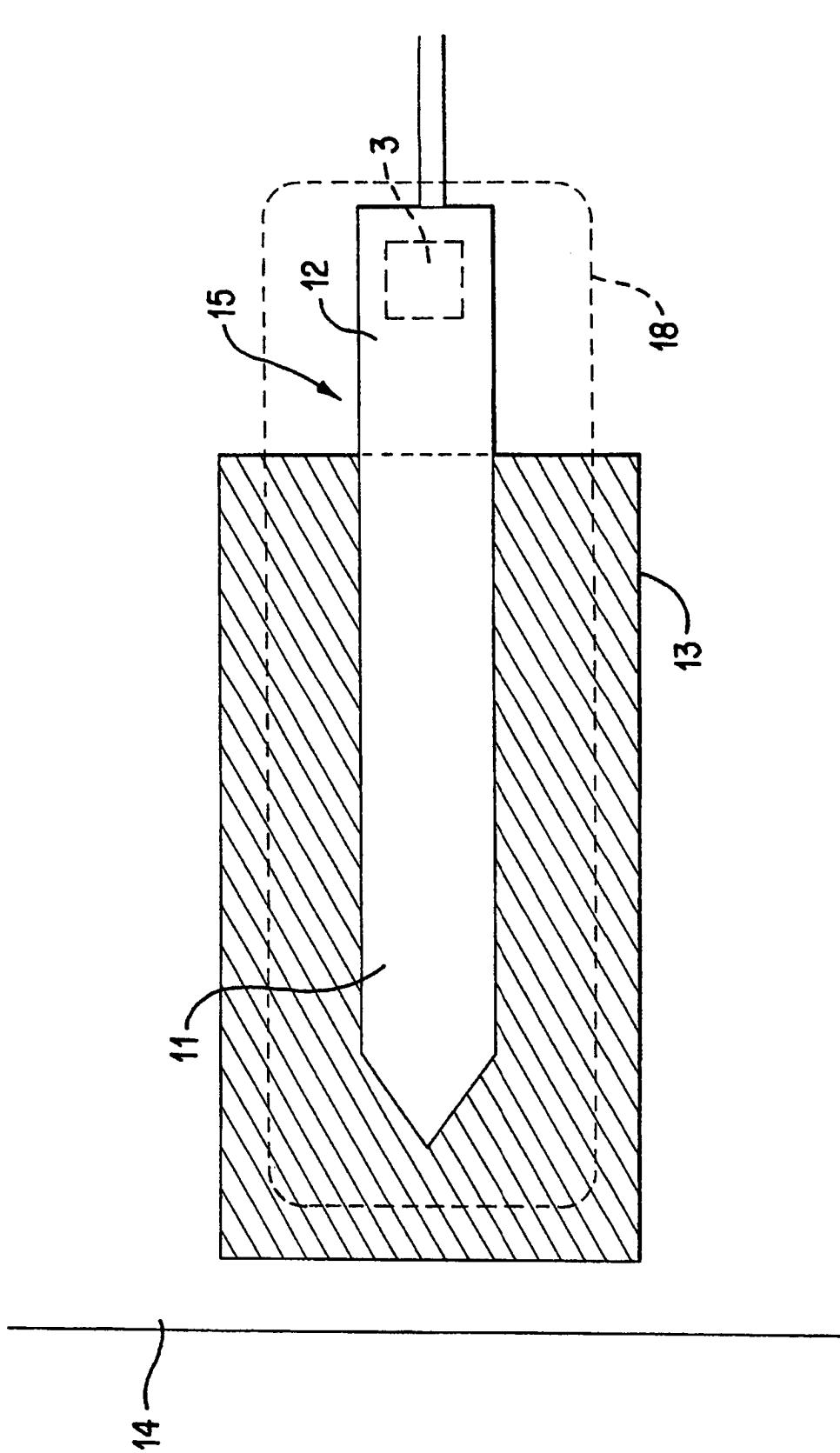
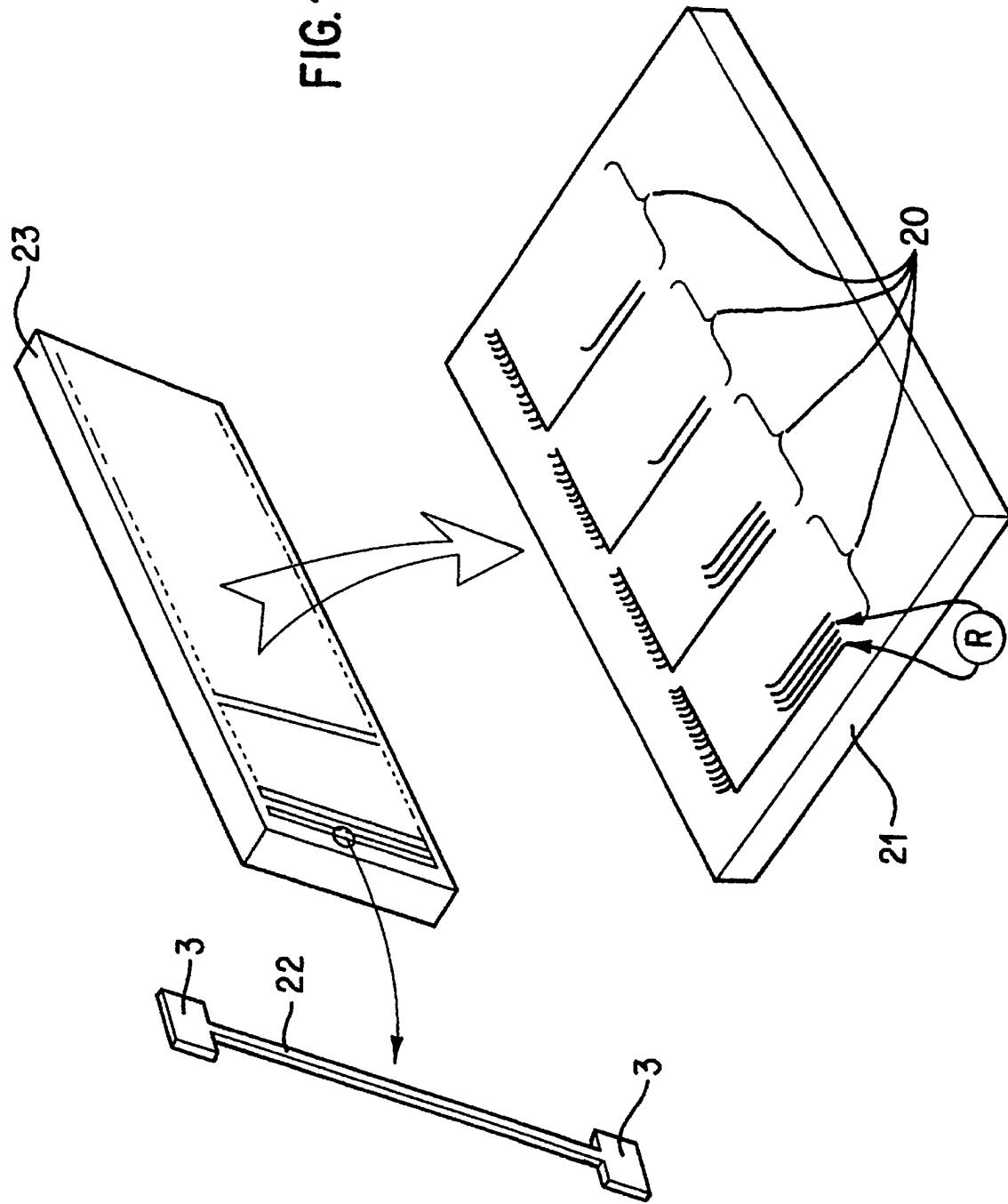


FIG. 15

FIG. 16



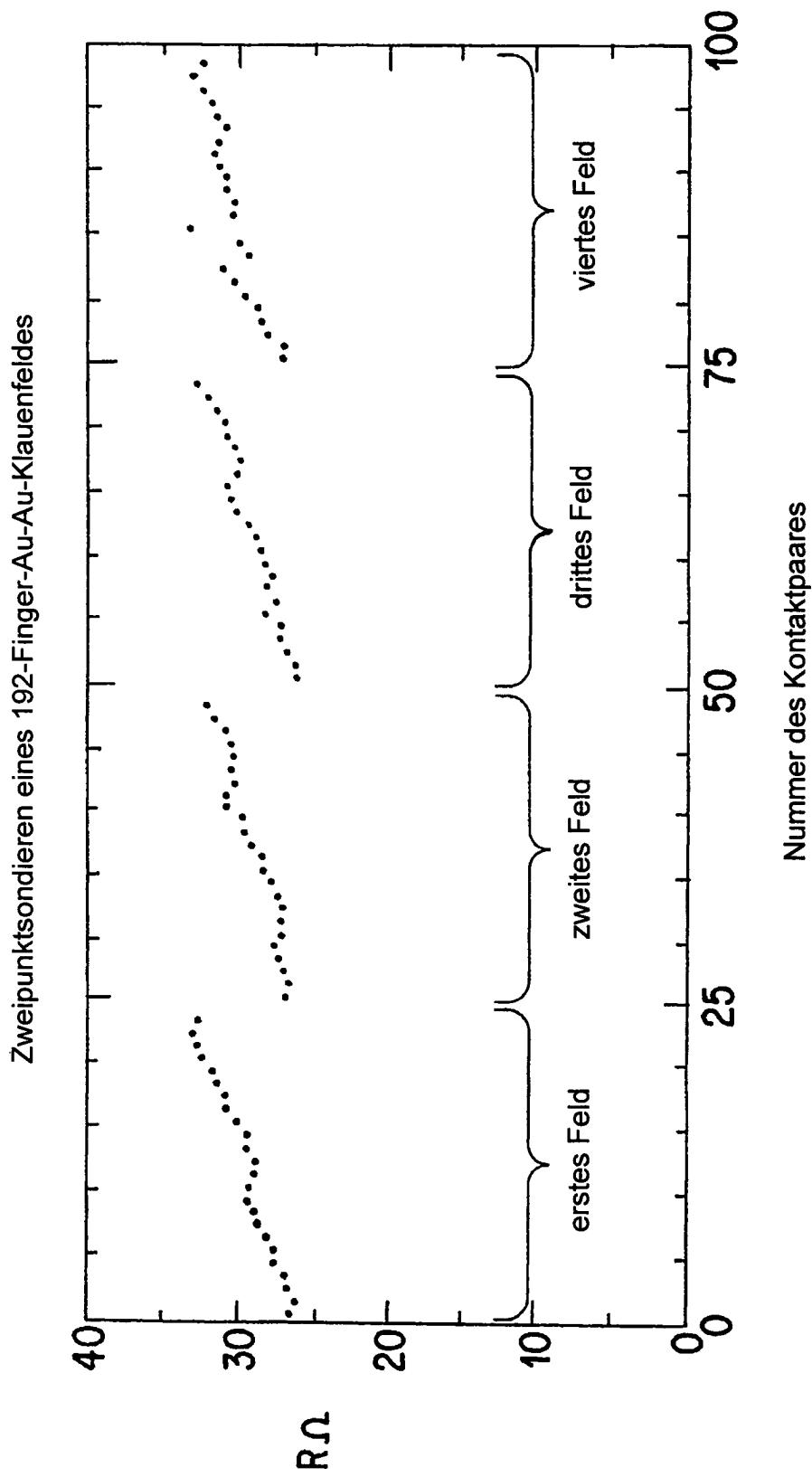
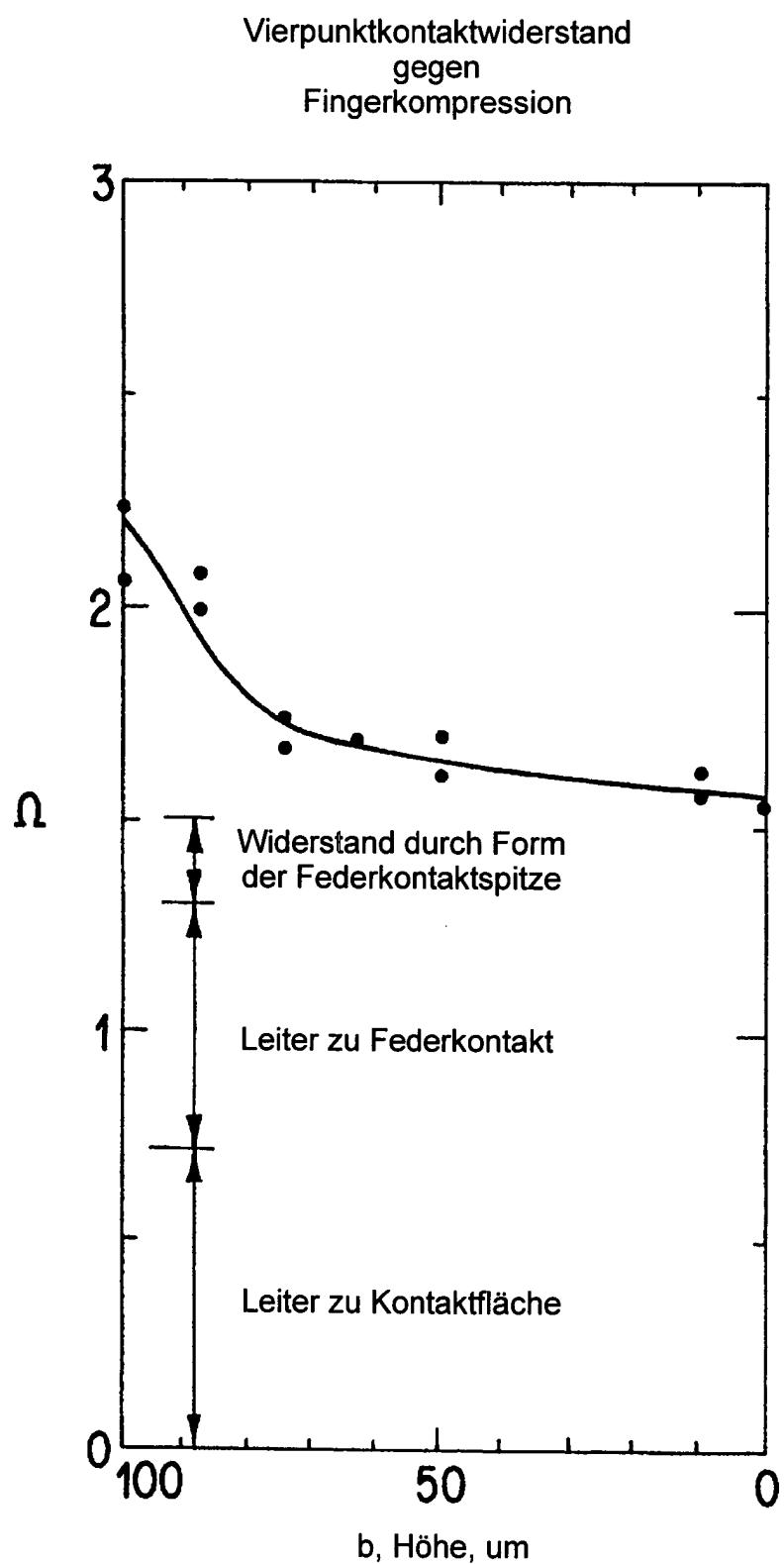


FIG. 17



**FIG. 18**

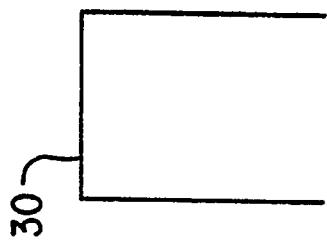


FIG. 19

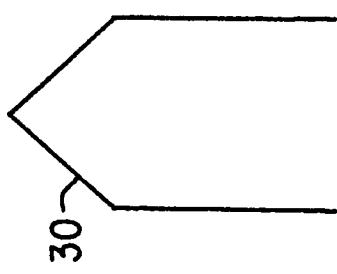


FIG. 20

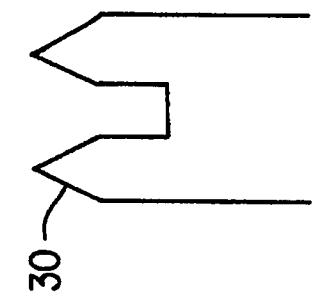


FIG. 21

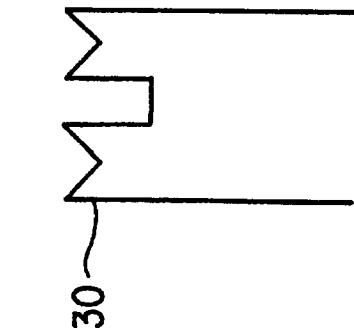


FIG. 22

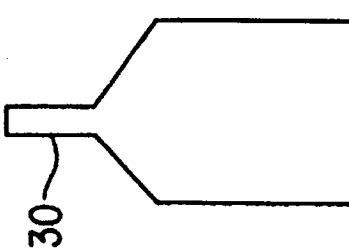


FIG. 23

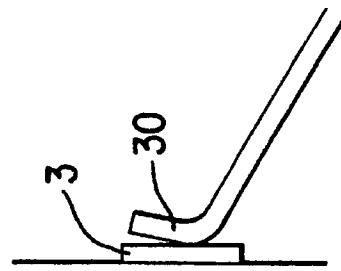
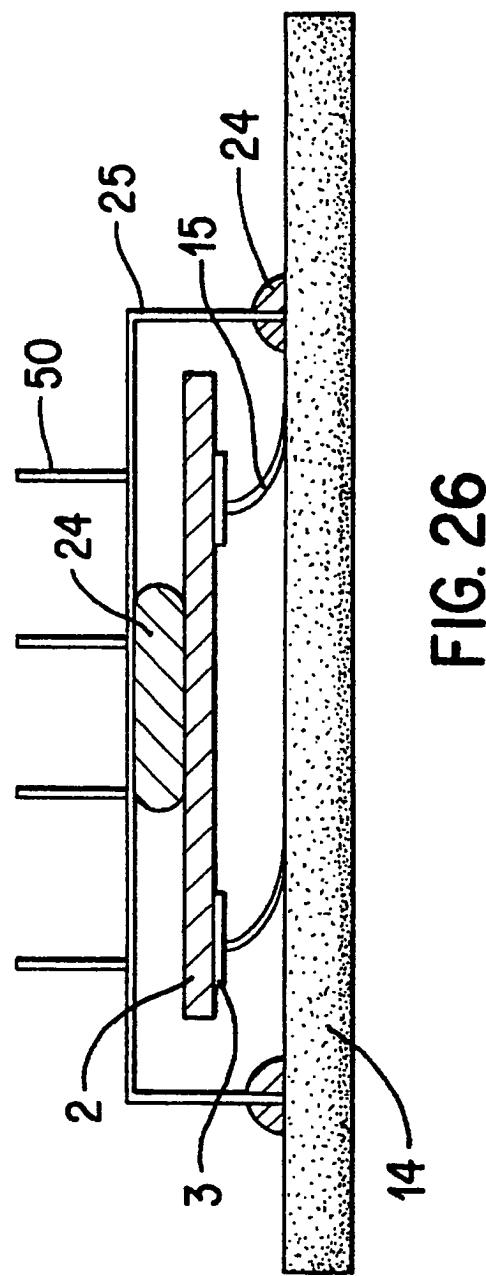
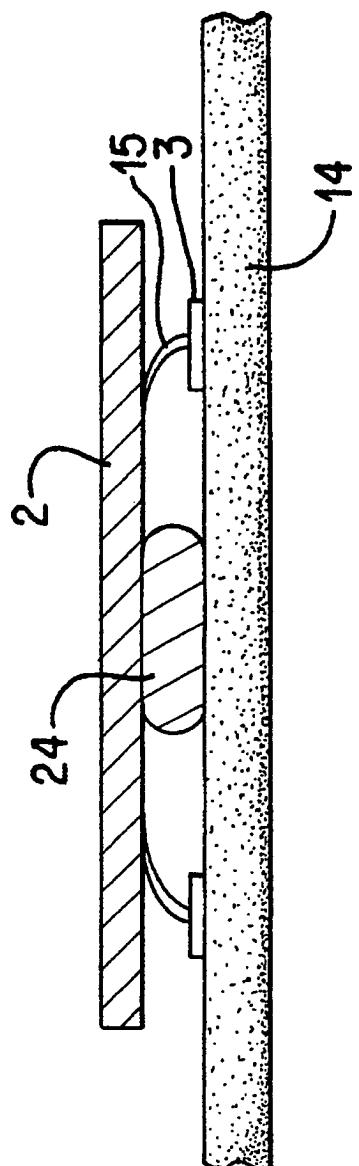


FIG. 24



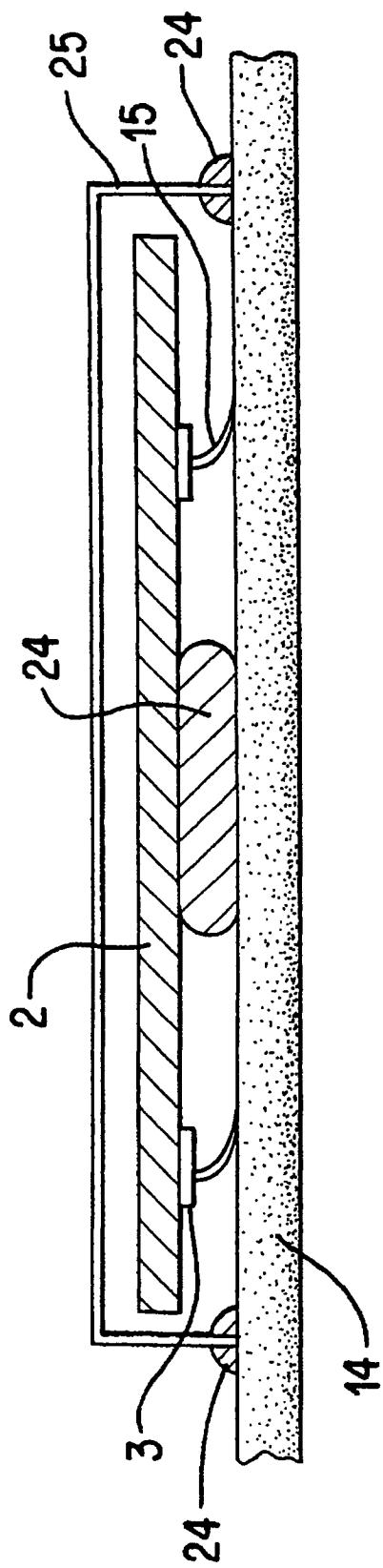


FIG. 27

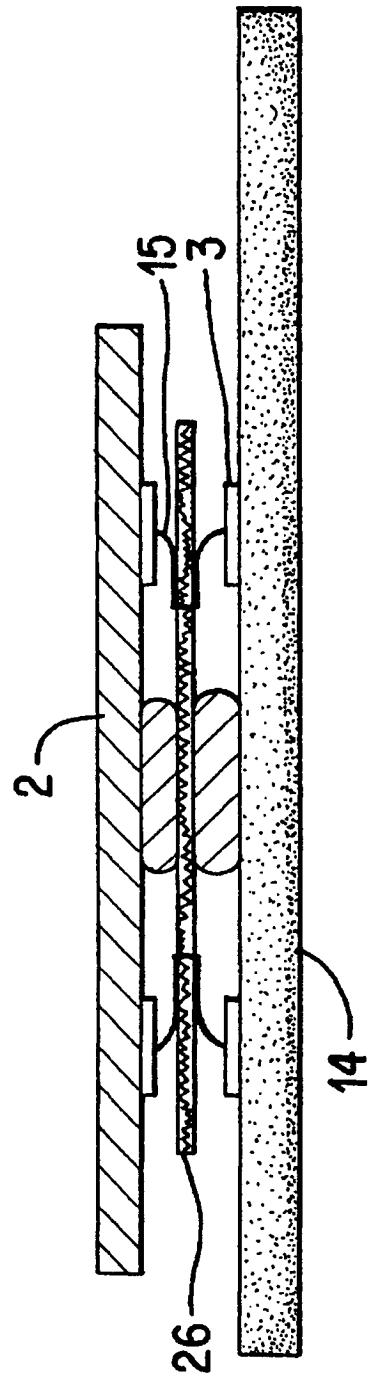


FIG. 28

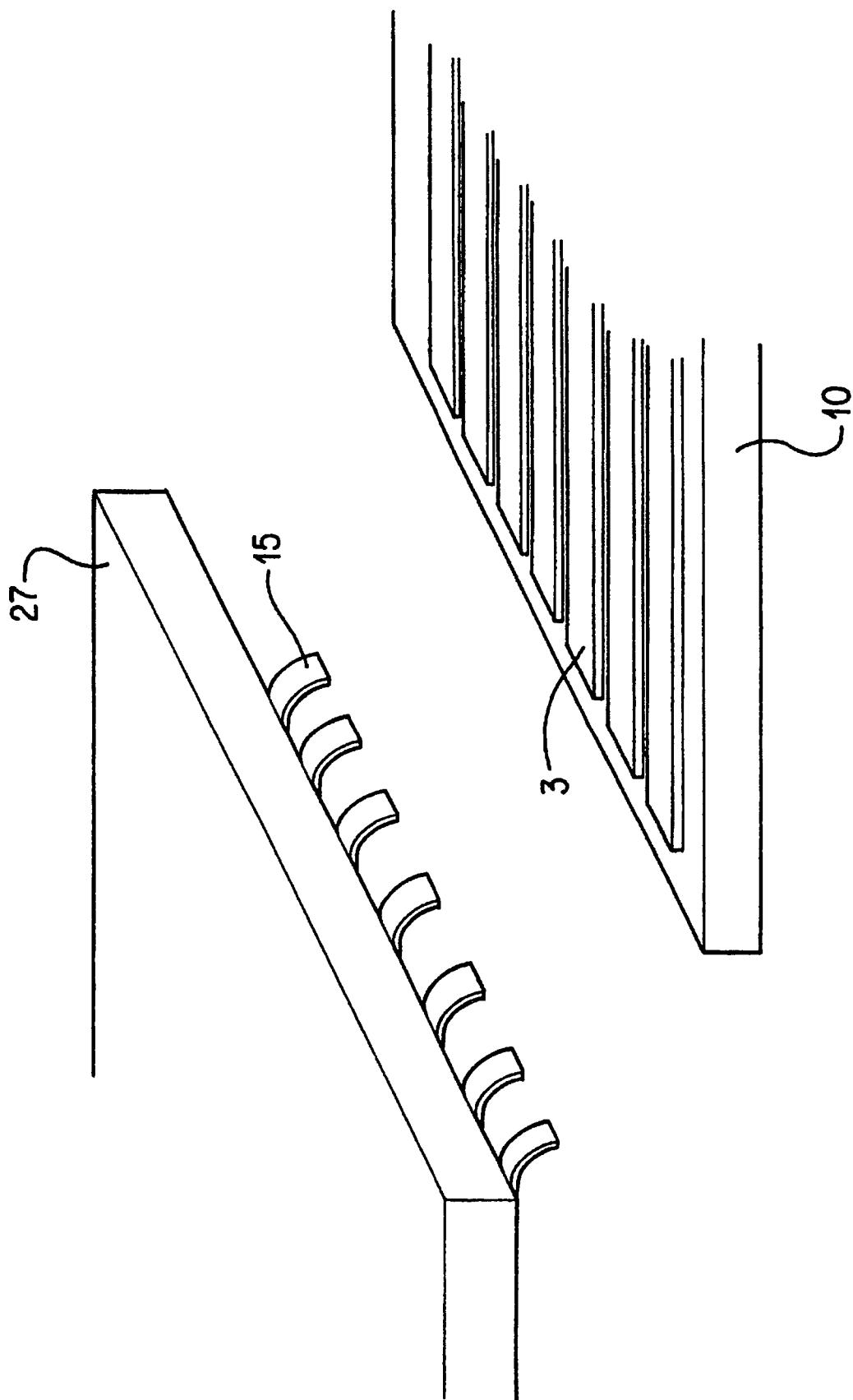


FIG. 29

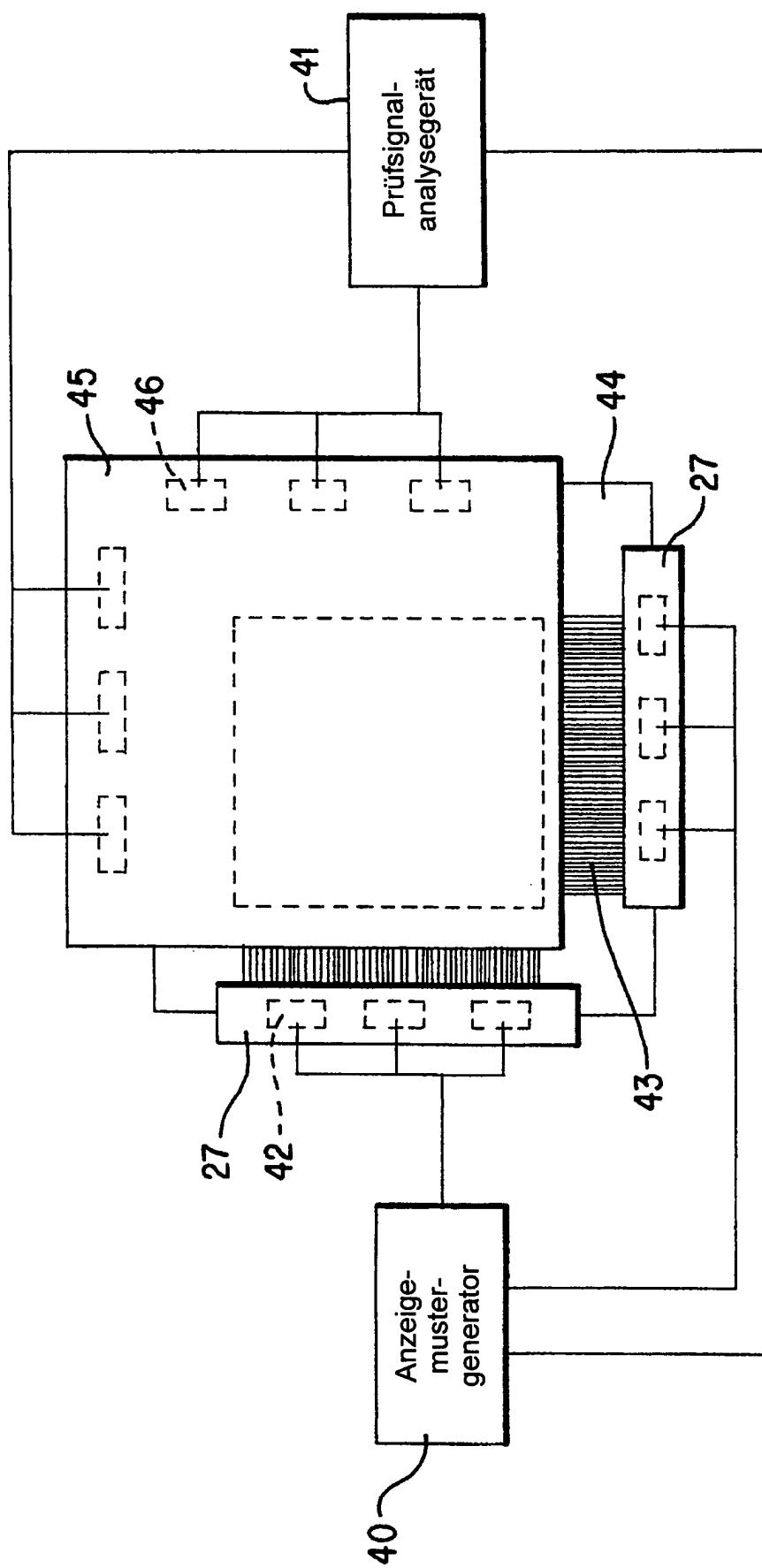


FIG. 30