



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 602 20 022 T2 2008.01.10**

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 1 362 005 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **602 20 022.9**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/US02/03938**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **02 709 455.6**

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2002/064496**

(86) PCT-Anmeldetag: **06.02.2002**

(87) Veröffentlichungstag
der PCT-Anmeldung: **22.08.2002**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **19.11.2003**

(97) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung beim EPA: **09.05.2007**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **10.01.2008**

(51) Int Cl.⁸: **B81B 3/00 (2006.01)**

H01L 23/48 (2006.01)

G01R 1/073 (2006.01)

G01R 1/067 (2006.01)

G01R 3/00 (2006.01)

(30) Unionspriorität:
781833 12.02.2001 US

(73) Patentinhaber:
Formfactor, Inc., Livermore, Calif., US

(74) Vertreter:
Kahler, Käck & Mollekopf, 86899 Landsberg

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE, FR, GB, IT

(72) Erfinder:
**ELDRIDGE, Benjamin N., Danville, CA 94526, US;
WENZEL, Stuart W., Oakland, CA 94602, US**

(54) Bezeichnung: **VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG ELEKTRISCH LEITENDER 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 vorliegende Erfindung bezieht sich auf elektrische Kontaktelemente für elektrische Vorrichtungen und insbesondere auf mikroelektronische Federkontakte in lithographischer Größenordnung mit verbesserten Profilen.

Beschreibung des Standes der Technik

[0002] Neuere technologische Fortschritte, wie in US Patent Nr. 5,917,707 von Khandros et al. beschrieben, haben kleine flexible und elastische mikroelektronische Federkontakte zum direkten Anbringen an Substraten wie Halbleiterchips vorgesehen. Das '707 Patent offenbart mikroelektronische Federkontakte, die unter Verwendung eines Wirebonding-Prozesses hergestellt werden, der das Bonden eines sehr feinen Drahts an ein Substrat und ein nachfolgendes Metallisieren des Drahts einschließt, um ein elastisches Element auszubilden. Diese mikroelektronischen Kontakte haben wesentliche Vorteile bei Anwendungen ergeben, wie der Waferverarbeitung in der Endphase und insbesondere bei der Verwendung als Kontaktstrukturen für Prüfkarten, bei der sie feine Wolframdrähte ersetzt haben. Es ist weiter anerkannt, wie z.B. in US Patent Nr. 6,032,446 und 5,983,493 von Eldridge et al. beschrieben, dass solche Substrat-befestigten, mikroelektronischen Federkontakte wesentliche Vorteile bieten können beim Ausbilden elektrischer Verbindungen zwischen Halbleitereinrichtungen im Allgemeinen und insbesondere für den Zweck auf Waferebene Prüf- und Einbrennprozesse auszuführen. Tatsächlich bieten fein gerasterte Federkontakte mögliche Vorteile für jede Anwendung bei der Anordnungen von verlässlichen elektronischen Verbindern benötigt werden, einschließlich zur Herstellung von sowohl vorübergehenden als auch permanenten elektrischen Verbindungen, bei nahezu jeder Art von elektronischer Einrichtung.

[0003] In der Praxis haben jedoch die Kosten der Herstellung von fein gerasterten Federkontakten ihren Bereich der Anwendbarkeit auf weniger kostensensible Anwendungen begrenzt. Ein Großteil der Anfertigungskosten ist mit der Herstellungsausrüstung und der Prozesszeit verbunden. Kontakte, wie in den zuvor genannten Patenten beschrieben, werden in einem seriellen Prozess (d.h. einer nach dem anderen) angefertigt, der nicht leicht in einen parallelen simultanen Massen-Prozess umgewandelt werden kann. Daher wurden neue Arten von Kontaktstrukturen, hierin bezeichnet als mikroelektronische Feder- (oder Kontakt-, oder Federkontakt-)Strukturen in lithographischer Größenordnung entwickelt unter Ver-

wendung von lithografischen Herstellungsprozessen, die gut geeignet sind, um mehrere Federstrukturen parallel anzufertigen, wobei die mit jedem Kontakt verbundenen Kosten deutlich reduziert sind. Beispielhafte Federkontakte in lithographischer Größenordnung und Prozesse, um sie herzustellen, werden beschrieben in der parallelen US Patentanmeldung "LITHOGRAPHICALLY DEFINED MICROELECTRONIC CONTACT STRUCTURES", Seriennr. 09/032,473, angemeldet am 26. Februar 1998 von Pedersen und Khandros (entspricht WO 98/052 224 A1) und "MICROELECTRONIC CONTACT STRUCTURES", US 2004/0121627 A1 (Seriennr. 60/073,679), am 4. Februar 1998 von Pedersen und Khandros, vom gleichen Anmelder angemeldet.

[0004] Im Allgemeinen ermöglichen lithographische Prozesse eine große Vielseitigkeit bei der Ausgestaltung von Federkontakten, welche wiederum eine Vielzahl von Verbesserungen gegenüber den Ausgestaltungen des Standes der Technik ermöglichen. Obwohl z.B. lithografisch ausgebildete Strukturen gemäß dem Stand der Technik im Allgemeinen typischerweise im Wesentlichen flache rechteckige Querschnitte haben, sind profilierte nicht-rechteckige Querschnitte für viele Federkontaktanwendungen wünschenswert. Bei einer vorgegebenen Dicke eines elastischen Materials kann ein Federkontakt in lithographischer Ausführung durch das Vorsehen eines geeignet profilierten nicht-rechteckigen Querschnitts steifer und stärker gemacht werden. Andere Ausführungsvorteile können durch die Verwendung verschiedener anderer komplexerer Formen realisiert werden. Jedoch sind die Herstellungsverfahren gemäß dem Stand der Technik ungeeignet zur Herstellung von Federkontakten in lithographischer Ausführung mit derart geeignet profilierten, nicht-rechteckigen Querschnitten und anderer Ausführungen mit komplexeren Formen. Zusätzlich fertigen frühere Verfahren, z.B. offenbart in den oben genannten US Patentanmeldungen 09/032,473 und 60/073,679, die Federstrukturen unter Verwendung einer Reihe von lithographischen Schritten an, und bilden dabei eine z-Komponenten-Ausdehnung aus (d.h. Ausdehnung der Federspitze weg von der Substratfläche) mit mehreren lithografischen Schichten. Jedoch fügt die Verwendung von mehreren Schichten dem Herstellungsprozess unerwünschte Kosten und Komplexität zu. Geschichtete Strukturen unterliegen auch unerwünschten Spannungskonzentrationen und dem Reißen aufgrund von Spannungskorrosion wegen der Unstetigkeiten (d.h. gestufte Strukturen), die aus dem Schichtungsprozess resultieren.

[0005] Es besteht daher ein Bedarf mikroelektronische Federstrukturen durch das Beseitigen von Prozess-Schichtungs-schritten und den zugehörigen Kosten schneller und einfacher herzustellen, während Federn mit verbesserten Eigenschaften, wie verbesserte Stärke, verbesserte Steifheit, verbesser-

ter Widerstand gegen ein Reißen aufgrund Spannungskonzentration und einem verbesserten Elastizitätsbereich, vorgesehen werden. Zusätzlich besteht ein Bedarf für ein Verfahren zur Herstellung von lithografisch ausgebildeten, mikroelektronischen Federstrukturen mit festgelegten Profilflächen und komplexeren Formen.

[0006] Die US-A-5,688,699 schlägt einen verbesserten Typ eines Strahlungsmessers vor. Der Infrarot-Strahlungsmesser ist auf eine stark thermisch isolierende Weise auf einem Substrat angebracht. Das IR-strahlungsempfindliche Material wird auf thermisch isolierenden Beinen, die aus thermisch isolierendem Silikonnitrit hergestellt sind, mechanisch unterstützt, welches zur gleichen Zeit die mechanische Eigenschaft zur Unterstützung des Strahlungsmessers vorsieht. Über diesen Silikonnitrit-Beinen ist ein elektrisch leitfähiges Material zur elektrischen Verbindung mit dem IR-empfindliche Material vorgesehen. Das Entfernen einer Opferschicht wird ausgeführt nachdem der Strahlungsmesser die zwei Enden der Beine überbrückt.

[0007] Die US 6,184,053 B1 offenbart das Ausbilden von elastischen Kontaktelementen auf einer elektronischen Komponente. Mehrere Opfermaskenschichten werden aufgebracht und strukturiert, um eine strukturierte Vertiefung in den Maskenschichten auszubilden. Ein leitendes Material wird in die Vertiefung aufgebracht und danach werden die Opfermaskenschichten entfernt, so dass ein elastisches Kontaktelement auf der Oberfläche der elektronischen Komponente verbleibt.

[0008] Die WO 01/09952 A1 offenbart die allgemeine Anwendung eines Presswerkzeugs. Auf einer elektronischen Komponente ist eine Opferschicht aufgebracht und eine Vertiefung wird innerhalb der Opferschicht unter Verwendung des Presswerkzeugs mit einem strukturierten Vorsprung ausgebildet. Eine Metallschicht wird aufgebracht und strukturiert, um ein elastisches Kontaktelement auszubilden.

[0009] Es ist eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein effizientes Verfahren zur Ausbildung einer Vielzahl von leitenden Kontaktstrukturen mit einem hohen Grad an relativer Ausrichtung vorzusehen.

[0010] Die Erfindung ist in Anspruch 1 definiert.

[0011] Besondere Ausgestaltungen sind in den Unteransprüchen festgelegt.

Zusammenfassung der Erfindung

[0012] Die vorliegende Erfindung sieht ein Verfahren zur Ausbildung mikroelektronischer Federstrukturen und Verfahren vor, die die vorangehenden Bedürfnisse angehen, während eine angemessene

z-Ausdehnung erreicht wird, ohne dass mehreren gestuften lithographischen Schichten benötigt werden.

[0013] Die vorliegende Erfindung sieht vor: ein Verfahren zur Anfertigung geformter mikroelektronischer Federstrukturen und Verfahren zur Herstellung und Verwendung solcher Strukturen, unter Verwendung einer geformten Vorstufenform. Bei einer Ausgestaltung ist ein Verfahren zur Herstellung von elastischen Kontaktstrukturen vorgesehen. Zuerst wird eine Schicht Opfermaterial über einem Substrat ausgebildet. Dann wird eine profilierte Fläche im Opfermaterial ausgebildet, bevorzugt durch das Formen des Opfermaterials mittels einer Form oder eines Stempels. Die profilierte Fläche sieht eine Form für wenigstens eine Federform vor, und bevorzugt für eine Anordnung von Federformen vor. Falls nötig wird die Opferschicht dann ausgeheilt oder gehärtet. Eine Schicht des elastischen Materials wird auf der profilierten Fläche des Opfermaterials aufgebracht und strukturiert, um wenigstens eine Federform festzulegen, und bevorzugt eine Anordnung von Federformen. Das Opfermaterial wird dann zumindest teilweise unter der Federform entfernt, um zumindest eine freistehende Federstruktur offenzulegen. Wahlweise ist eine leitende Spitze an jeder der resultierenden Federstrukturen befestigt und jede Struktur wird, je nach Wunsch, optional mit einer zusätzlichen Materialschicht oder -schichten beschichtet oder bedeckt.

[0014] Das Verfahren gemäß der vorliegenden Erfindung ist leicht anpaßbar für eine Verwendung bei zurzeit erhältlichen Lithographie-Herstellungsausrüstungen und -prozessen, um große Mengen von mikroelektronischen Federstrukturen parallel herzustellen. Das Verfahren ist insbesondere geeignet zur Herstellung lithografisch ausgebildeter, mikroelektronischer Federkontaktstrukturen, die einen Querschnitt mit einem kleinen Rechtecks-Seitenverhältnis und eine z-Komponenten-Ausdehnung entlang einer linearen oder gekrümmten Neigung haben. Das Verfahren sieht auch ein Formen von Federn in Draufsicht vor, z.B. durch das Vorsehen von Federn mit sich verjüngenden dreieckigen Formen. Insbesondere ist das Verfahren geeignet, Federstrukturen auf einem geformten Substrat auszubilden, die im Wesentlichen in einem einzigen Prozessschritt ausgebildet werden, wodurch die Anzahl der Prozessschritte reduziert wird, die benötigt werden, um Federn mit den gewünschten Formen auszubilden. Das Verfahren sieht zusätzlich profilierte Formsubstrate zur Ausbildung von Federn mit einer Vielzahl von Ergebnis-Verbesserungen vor. Zum Beispiel kann das Verfahren verwendet werden, um Strukturen mit einem U-förmigen Querschnitt, einem V-förmigen Querschnitt und/oder einer Rippe, die entlang einer Länge der Feder verläuft, leicht auszubilden.

[0015] Ein vollständigeres Verständnis des Verfahrens zur Ausbildung mikroelektronischer Federstruk-

turen, ebenso wie eine Erkenntnis der zusätzlichen Vorteile und Aufgaben davon, wird den Fachleuten durch eine Berücksichtigung der folgenden detaillierten Beschreibung der bevorzugten Ausgestaltung ermöglicht. Es wird Bezug genommen auf die anhängenden Zeichnungen, welche zunächst kurz beschrieben werden.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

- [0016] [Fig. 1](#) ist ein Flußdiagramm, das beispielhafte Schritte eines Verfahrens gemäß der Erfindung zeigt.
- [0017] [Fig. 2A-Fig. 2H](#) sind Querschnittsansichten eines Substrates und darauf geschichteter Materialien während beispielhafter Schritte eines Verfahrens gemäß der Erfindung.
- [0018] [Fig. 3A](#) ist eine perspektivische Ansicht eines Substrates mit darauf eingedrückten Abdruckflächen, wie während eines beispielhaften Schrittes eines Verfahrens gemäß der Erfindung.
- [0019] [Fig. 3B](#) ist eine perspektivische Ansicht eines Teils eines beispielhaften Presswerkzeugs zur Verwendung bei einem Verfahren gemäß der Erfindung.
- [0020] [Fig. 3C-Fig. 3G](#) sind perspektivische Ansichten von beispielhaften Zähnen zur Verwendung an einem Presswerkzeug bei einem Verfahren gemäß der Erfindung.
- [0021] [Fig. 4](#) ist ein Flussdiagramm, das beispielhafte Schritte zur Herstellung einer Abdruckfläche gemäß einer Ausgestaltung der Erfindung zeigt, die insbesondere geeignet zur Ausbildung von Federstrukturen auf unebenen Substraten sind.
- [0022] [Fig. 5A-Fig. 5G](#) sind Querschnittsansichten eines Substrates und darauf geschichteter Materialien während beispielhafter Schritte einer Ausgestaltung der Erfindung, die insbesondere geeignet sind Federstrukturen auf unebenen Substraten auszubilden.
- [0023] [Fig. 6](#) ist ein Flussdiagramm, das beispielhafte Schritte zur Ausbildung einer Abdruckfläche gemäß einer Ausgestaltung der Erfindung zeigt, die auch geeignet zur Ausbildung von Federstrukturen auf unebenen Substraten sind.
- [0024] [Fig. 7](#) ist ein Flussdiagramm, das beispielhafte Schritte zur Ausbildung einer Abdruckfläche gemäß einer Ausgestaltung zeigt, die nicht Teil der beanspruchten Erfindung sind, die eine Flüssigkeit zum Formen einer Abdruckfläche in der Form eines Fluidmeniskus verwenden.
- [0025] [Fig. 8A](#) ist eine Draufsicht eines Substrates und darauf geschichteter Materialien während einem der beispielhaften, in [Fig. 7](#) gezeigten Schritte.
- [0026] [Fig. 8B-Fig. 8F](#) sind Querschnittsansichten eines Substrates und darauf geschichteter Materialien während der in [Fig. 7](#) gezeigten beispielhaften Schritte.
- [0027] [Fig. 8G](#) ist eine perspektivische Ansicht einer beispielhaften Federstruktur, die unter Verwendung der beispielhaften Schritte von [Fig. 7](#) ausgebildet wurde.
- [0028] [Fig. 9](#) ist ein Flussdiagramm, das beispielhafte Schritte zur Ausbildung einer Federstruktur gemäß einer Ausgestaltung der Erfindung zeigt, die geeignet sind für eine Verwendung bei PVD- und CVD-Materialabscheidetechniken.
- [0029] [Fig. 10A-Fig. 10D](#) sind Querschnittsansichten eines Substrates und darauf geschichteter Materialien während der beispielhaften in [Fig. 9](#) gezeigten Schritte.
- [0030] [Fig. 11A](#) ist eine Querschnittsansicht eines Teils eines beispielhaften Presswerkzeugs mit einer einspringenden Zahnform zum Bilden einer Eindruck-Vertiefung mit einer überhängenden Lippe.
- [0031] [Fig. 11B](#) ist eine Querschnittsansicht eines typischen Eindrucks, ausgebildet durch das in [Fig. 11A](#) gezeigte Presswerkzeug.
- [0032] [Fig. 12A](#) ist eine perspektivische Ansicht eines beispielhaften progressiven Presswerkzeugs zur Bildung einer Eindruck-Vertiefung mit einer überhängenden Lippe.
- [0033] [Fig. 12B](#) ist eine Querschnittsansicht eines Bereichs des in [Fig. 12A](#) gezeigten Presswerkzeugs.
- [0034] [Fig. 12C-Fig. 12D](#) sind Querschnittsansichten von typischen Eindrücken, die durch die in [Fig. 12A-Fig. 12B](#) gezeigten Presswerkzeuge während aufeinanderfolgender Schritte eines progressiven Pressprozesses ausgebildet werden.
- [0035] [Fig. 12E-Fig. 12F](#) sind Draufsichten von beispielhaften Eindrücken, nach der Vervollständigung eines progressiven Pressprozesses, ausgebildet durch die in [Fig. 12A-Fig. 12B](#) gezeigten Presswerkzeuge.
- [0036] [Fig. 13](#) ist ein Flussdiagramm, das beispielhafte Schritte zur Ausbildung einer Federstruktur gemäß einer Ausgestaltung der Erfindung zeigt, die einen Maskierungsschritt durch das Ausbilden einer Abdruckvertiefung mit einer überhängenden Lippe vermeidet.

[0037] [Fig. 14A-Fig. 14C](#) sind Querschnittsansichten eines Substrates und darauf geschichteter Materialien während der beispielhaften, in [Fig. 13](#) gezeigten Schritte.

[0038] [Fig. 14D](#) ist eine perspektivische Ansicht einer beispielhaften Federstruktur, die durch ein Verfahren, wie in [Fig. 13](#) gezeigt, ausgebildet ist.

[0039] [Fig. 15](#) ist ein Flussdiagramm, das beispielhafte Schritte zur Ausbildung einer Federstruktur gemäß einer Ausgestaltung der Erfindung zeigt, die Maskierungsschritte durch Verwendung einer teilweise einkreisenden, überhängenden Lippe vermeidet.

[0040] [Fig. 16A](#) ist eine Draufsicht einer beispielhaften Abdruckvertiefung mit darauf geschichteten Materialien während eines der beispielhaften, in [Fig. 15](#) gezeigten Schritte.

[0041] [Fig. 16B-Fig. 16D](#) sind Querschnittsansichten eines Substrates und darauf geschichteter Materialien während der beispielhaften, in [Fig. 15](#) gezeigten Schritte.

[0042] [Fig. 17](#) ist ein Flussdiagramm das beispielhafte Schritte zur Ausbildung einer Federstruktur gemäß einer Ausgestaltung der Erfindung zeigt, die das Strahlungsaushärtbare Substrat verwendet.

[0043] [Fig. 18A-Fig. 18E](#) sind Querschnittsansichten eines Substrates und darauf geschichteter Materialien während der beispielhaften, in [Fig. 17](#) gezeigten Schritte.

[0044] [Fig. 18F](#) ist eine perspektivische Ansicht einer beispielhaften Abdruckfläche, die durch ein wie in [Fig. 17](#) gezeigtes Verfahren ausgebildet wird.

[0045] [Fig. 19](#) ist ein Flussdiagramm, das beispielhafte Schritte zur Ausbildung einer Federstruktur gemäß einer Ausgestaltung der Erfindung unter Verwendung eines gerichteten Abscheideverfahrens zur Strukturierung des elastischen Materials zeigt.

[0046] [Fig. 20A](#) ist eine perspektivische Ansicht eines Substrates und geformten Materials während eines beispielhaften Schrittes des in [Fig. 19](#) gezeigten Verfahrens.

[0047] [Fig. 20B-Fig. 20E](#) sind Querschnittsansichten eines Substrates und darauf geschichteter Materialien während der beispielhaften, in [Fig. 19](#) gezeigten Schritte.

[0048] [Fig. 21A-Fig. 21C](#) sind Querschnittsansichten eines Substrates und darauf geschichteter Materialien während beispielhafter Schritte des in [Fig. 19](#) gezeigten Verfahrens, wobei der Galvanisierungsschritt weggelassen ist; und zeigt weiterhin eine Aus-

gestaltung der Erfindung zur Ausbildung einer Federstruktur mit einer integrierten Umverteilungsbahn.

[0049] [Fig. 21D](#) ist eine perspektivische Ansicht einer beispielhaften Federstruktur mit einer integrierten Umverteilungsbahn mit erhöhten Brücken.

[0050] [Fig. 22](#) ist eine perspektivische Ansicht einer Vielzahl von Federstrukturen mit integrierten Umverteilungsbahnen, die eine beispielhafte Anordnung davon zeigt.

[0051] [Fig. 23A-Fig. 23C](#) sind perspektivische Ansichten, genommen bei schrittweise höheren Vergrößerungsgraden einer beispielhaften Federstruktur und Stopp-Struktur, die durch ein Verfahren gemäß der Erfindung ausgebildet wurden, wobei das Substrat einen Wafer aufweist.

Detaillierte Beschreibung der bevorzugten Ausgestaltung

[0052] Die vorliegende Erfindung befriedigt den Bedarf nach einem Verfahren zur Ausbildung mikroelektronischer Federstrukturen, das die Beschränkungen früherer Ausbildungsverfahren überwindet. Bei der folgenden detaillierten Beschreibung werden Bezugszeichen gleicher Elemente zur Bezeichnung gleicher Elemente verwendet, die in einer oder mehreren Figuren dargestellt sind.

[0053] Verschiedene Begriffe und Abkürzungen werden überall in der detaillierten Beschreibung verwendet, einschließlich der folgenden:

"Mikroelektronisch" meint betreffend die Branche der Elektronik, die sich mit Komponenten in Miniaturgröße befasst, wie integrierte Schaltkreise. Eine "mikroelektronische Feder" ist nicht auf Federn begrenzt, die als elektrische Kontakte verwendet werden, sondern schließt auch Federn ein, die als elektromechanische Vorrichtungen und als reine mechanische Federn verwendet werden.

"Opferschicht", "Schicht aus Opfermaterial" und "Opfermaterialschicht" meint eine Schicht aus Photolack oder ähnlichem Material, das auf einem Substrat während der Ausbildung einer gewünschten Komponente oder Struktur aufgebracht wird, wie eine mikroelektronische Federkomponente, und später vom Substrat entfernt wird.

"Opfersubstrat" meint ein Substrat, das zur Ausbildung einer gewünschten Komponente oder Struktur, wie eine mikroelektronische Federkomponente, verwendet wird und später von der Komponente oder Struktur entfernt wird.

"Substrat" meint ein Material mit einer tragenden Fläche zum Unterstützen einer gewünschten Struktur oder Komponente. Geeignete Substrate auf welchen mikroelektronische Federkontakte gemäß der vorliegenden Erfindung ausgebildet werden können, schließen ein – sind aber nicht begrenzt auf – Halblei-

termaterialien, wie Halbleiter-Wafer und -Plättchen (mit oder ohne integriertem Schaltkreis), Metalle, Keramiken und Plastiken; jedes der vorangegangenen Materialien kann in verschiedenen geometrischen Anordnungen sein und für verschiedene Anwendungen sein.

[0054] Die vorangegangenen Definitionen sollen den Schutzbereich der vorliegenden Erfindung nicht begrenzen, sondern eher Begriffe klären, die von Personen mit gewöhnlicher Fachkenntnis gut verstanden werden, und Begriffe einführen, die zur Beschreibung der vorliegenden Erfindung hilfreich sind. Es sollte anerkannt werden, dass die festgelegten Begriffe auch andere Bedeutungen für Personen mit gewöhnlicher Fachkenntnis haben können. Diese und andere Begriffe werden unten in der detaillierten Beschreibung verwendet.

[0055] Die vorliegende Erfindung sieht Verfahren zur Ausbildung mikroelektronischer Federn auf einem Substrat unter Verwendung von Lithographie-Techniken vor, die leicht von den Herstellern von Halbleiter-Elektronikeinrichtungen anwendbar sind. Die mikroelektronischen Federstrukturen sind vorzugsweise wie bezogen auf den obigen ERSTEN STAMMANMELDUNGS-FALL beschrieben aufgebaut, obwohl verschiedene andere Gestaltungen unter Verwendung der hier beschriebenen Verfahren ausgebildet werden können. Verschiedene beispielhafte Verfahren sind hier offenbart und es sollte offensichtlich sein, dass die Wahl eines bevorzugten Verfahrens abhängt von Faktoren wie der Art der verfügbaren Herstellungsausrüstung, den Eigenschaften des Substrates, den gewünschten Eigenschaften der Federn usw., die sich in Abhängigkeit der Umstände verändern werden. In einigen Fällen können zwei oder mehrere Verfahren gleich bevorzugt sein. Zusätzlich können ausgewählte Schritte der beispielhaften Verfahren auf verschiedene Weise kombiniert werden, und optionale Schritte können weggelassen werden, abhängig von diesen und ähnlichen veränderlichen Faktoren.

[0056] [Fig. 1](#) zeigt beispielhafte Schritte eines allgemein anwendbaren Verfahrens gemäß der Erfindung und [Fig. 2A-Fig. 2H](#) zeigen Ansichten eines Substrates **32** und darauf geschichteter Materialien während der Schritte des in [Fig. 1](#) gezeigten Verfahrens. Beim Schritt **102** wird eine Schicht Opfermaterial **30** auf einer Fläche eines Substrates **32** aufgebracht, wie auf eine Oberfläche einer Halbleiter-Einrichtung, eines Chips, eines Plättchens oder eines Wafers. Das Substrat **32** ist typischerweise ein Halbleitersubstrat für einen integrierten Schaltkreis mit einer Vielzahl von elektrischen Anschlussstellen von denen eine als die Kontaktfläche **46** in [Fig. 2A](#) gezeigt ist. Kontaktflächen wie die Kontaktfläche **46** werden typischerweise durch leitende Bahnen, wie die Bahn **44**, an innere Schaltungen innerhalb des integrierten Schaltkreises

gekoppelt. Jedoch ist die vorliegende Erfindung nicht auf eine Verwendung mit einer bestimmten Art oder Anordnung des Substrates begrenzt. In einigen Ausgestaltungen der Erfindung ist die Kontaktfläche **46** elektrisch und mechanisch an eine leitende Zwischenschicht (nicht gezeigt) gekoppelt, die über ihr aufgebracht ist. Wenn vorhanden, ist die Zwischenschicht typischerweise ein Herstellungsprodukt einer Kurzschlusschicht, die während eines Galvanisierungsschrittes eines Prozesses zur Ausbildung der mikroelektronischen Federstruktur verwendet wird. Das Verfahren **100** kann verwendet werden, um eine Federstruktur zur Leitung elektrischer Signale und/oder Strom zwischen einem gepaarten Substrat und der Kontaktfläche **46** auszubilden.

[0057] Wie in der Halbleitertechnik bekannt, weist das Substrat **32** typischerweise eine Vielzahl von Schichten auf, wie isolierende Schichten, die zwischen leitenden und halbleitenden Schichten eingefügt sind, und eine passivierende Schicht (nicht gezeigt), die optional auf einer Oberseite des Substrates **32** vorgesehen ist. Die passivierende Schicht kann eine isolierende Schicht, eine Polysiliziumschicht oder eine andere der in der Technik bekannten Schichten sein und ist üblicherweise auf Halbleitereinrichtungen vorhanden. Wenn eine passivierende Schicht vorhanden ist, ist die Kontaktfläche **46** vorzugsweise durch eine Öffnung in der passivierenden Schicht freigelegt. Vor dem Aufbringen nachfolgender Schichten kann eine passivierende Schicht (falls eine vorhanden ist) zunächst aufgeraut werden, wie durch das Aussetzen mit einem Sauerstoffplasma, um die Haftung der ersten nachfolgenden Schicht zu erhöhen. Die Wahl von Aufrauungstechniken und -materialien, die zum Aufbringen auf passivierende Schichten geeignet sind, sind in der Technik bekannt.

[0058] In Bezug auf [Fig. 1](#) und [Fig. 2A](#) wird in einem Vorbereitungsschritt **102** eines Verfahrens zur Herstellung einer profilierten Feder ein Substrat **32**, das optional mit einer Kontaktfläche **46** zum Verbinden mit einem integrierten Schaltkreis versehen ist, mit einer formbaren Opferschicht **30** beschichtet. Die Opferschicht **30** kann jede Materialanzahl haben, wie PMMA (Polymethylmethacrylat), welches auf ein Substrat bis zu der gewünschten Dicke geschichtet werden kann, welche sich verformt, wenn sie mit einer Form oder einem Stempel gepresst wird, welche das darauf aufzubringende elastische Material aufnimmt, und welche dann leicht entfernt werden kann, ohne die darauf ausgebildeten Federstrukturen zu beschädigen. Zusätzliche mögliche Materialien für die Schicht **30** umfassen Acrylpolymer, Polycarbonate, Polyurethane, ABS-Kunststoff, verschiedene Photolackharze, wie Phenol-Formaldehyd-Novolac-Harze, Epoxide und Wachse. Die Opferschicht **30** hat bevorzugt eine gleichförmige Dicke, die leicht größer ist als die gewünschte Höhe der Kontaktpit-

zen der fertigen Federstruktur über dem Substrat **32**. Falls zum Beispiel die gewünschte Höhe 50 Mikrometer (etwa 2 mils) ist, kann die Schicht **30** eine Dicke von 55 Mikrometern (2,2 mils) haben. Verschiedene in der Technik bekannte Verfahren, z.B. Rotationsbeschichtung, können verwendet werden, um die Schicht **30** auf das Substrat **32** aufzubringen.

[0059] Bei einer Ausgestaltung der Erfindung weist die Schicht **30** mehrere Schichten auf, z.B. ist ein weiches Material, das in Kontakt mit dem Substrat **32** ist, auf der Oberseite mit einem harten oder spröden Material bedeckt, das sauber getrennt oder geschnitten wird, wenn es durch das Formwerkzeug **34** eingedrückt wird. Diese Art von Bi-Schicht könnte ausgebildet werden durch aufeinanderfolgendes Hinzufügen und Aushärten von nassen Materialien, durch Rotationsbeschichten oder Gießen, durch aufeinanderfolgendes Laminieren von trockenen Polymer-Filmen, oder durch Laminieren eines trockenen Films, der aus mehreren Schichten besteht. Die oben erwähnte spröde Schicht könnte auch eine metallische Schicht sein, die sich trennen lassen würde und den Metallschicht-Aufbringschritt beseitigen würde, der benötigt wird, um eine wie beim Schritt **106** in [Fig. 1](#) gezeigte, leitende Fläche auszubilden. Bei noch einer weiteren Ausgestaltung weist die Schicht **30** wenigstens eine Schicht eines photostrukturierbaren Materials und wenigstens eine Schicht eines formbaren Materials auf, das nicht photostrukturierbar ist. Dies würde z.B. die Fähigkeit vorsehen, einige Bereiche lithographisch zu strukturieren und dann dem Photostrukturierungsschritt einen Abdruck-Schritt folgen zu lassen, oder umgekehrt.

[0060] Auch wird ein Presswerkzeug **34** mit einer Abdruckvorderseite, bei der verschiedene Abdruckbereiche **36**, **38** und **42** vorgesehen sind, zum Formen der Opferschicht **30** vorgesehen. Verschiedene Verfahren können verwendet werden, um das Werkzeug **34** bereitzustellen. Zum Beispiel kann das Presswerkzeug **34** aus einem relativ harten Material ausgebildet werden unter Verwendung eines computergesteuerten ultraviolett ("UV") Laser-Ablationsprozesses, unter Verwendung eines Excimer-Lasers oder eines gepulsten NdYag-Lasers, wie sie erhältlich sind von Lambda Physik, Inc., ansässig in Fort Lauderdale, Florida, oder von Heidelberg Instruments Mikrotechnik GmbH, ansässig in Heidelberg, Deutschland. Alternativ kann ein mikrochemischer Laser-Prozess, auch laserunterstütztes Ätzen genannt, erhältlich von Revise, Inc., ansässig in Burlington, Massachusetts, verwendet werden, um das Presswerkzeug auszubilden. Noch eine andere Alternative ist das Verwenden einer Graustufen-Photolithografie-Maske, wie von Canyon Materials, Inc., aus San Diego, Kalifornien, erhältlich, um eine Struktur mit einem Oberflächenprofil in einem photostrukturierbaren Glas oder einer Schicht Photolack auszubilden (welche als Form für das Presswerkzeug ver-

wendet werden kann). Das letztere Verfahren – das Verwenden einer Graustufen-Maske, um eine Photolackschicht zu strukturieren – kann auch verwendet werden, um die Opferschicht **30** direkt auszubilden, aber dies ist weniger bevorzugt, da es im Allgemeinen langsamer als die Verwendung eines Presswerkzeugs ist. Alle die vorangegangenen Verfahren zur Ausbildung eines Presswerkzeugs sind geeignet, Merkmale in Submikrometer-Auflösung festzulegen, und können daher zur Ausbildung von Federstrukturen mit einer Größe der geformten Merkmale bis etwa 0,1 Mikrometer verwendet werden. Zum Beispiel kann eine Federstruktur mit einem freitragenden Ausleger, so schmal wie etwa 0,1 Mikrometer, unter Verwendung des Verfahrens **100** hergestellt werden. Maximal hervorstehende Abdruckbereiche oder "Zähne" **36** des Werkzeugs **34** werden zum Verformen der Opferschicht **30** im Bereich der Kontaktflächen **46** verwendet, wo die Basen der Kontaktstrukturen ausgebildet werden. Profilierte Abdruckbereiche **38** werden verwendet, um die Schicht **30** in einem Auslegerbereich der auszubildenden Kontaktstrukturen zu verformen. Maximal vertiefte Abdruckbereiche **42** werden verwendet, um überschüssiges Material aufzunehmen, d.h. den "Grat", der von den Zähnen **36** beiseite geschoben wird. Die Abdruckbereiche **42** legen auch den Abstand zwischen benachbarten Federstrukturen auf dem Substrat **32** fest. In Abhängigkeit von der Wahl der Materialien für die Opferschicht **30** und das Presswerkzeug **34** ist optional eine Schicht eines Form-Lösungsmaterials (nicht gezeigt) auf der Abdruckvorderseite des Werkzeugs **34** vorgesehen. Es sollte erkannt werden, dass weitere Schichten und Materialien auf dem Substrat **32** vorhanden sein können, ohne von dem hierin beschriebenen Verfahren abzuweichen. Zum Beispiel ist optional eine metallische Kurzschlusschicht (nicht gezeigt) zwischen der Schicht **30** und dem Substrat **32** vorgesehen, um jegliche integrierte Schaltkreise, die im Substrat eingebettet sind, während der Prozessabläufe zu schützen. In einer Anfangsphase des Ausbildungs- und Aushärtungsschrittes **104** wird das Presswerkzeug **34** mit ausreichendem Druck gegen das Substrat **32** angewendet, um die Zähne **36** nahezu an die Oberfläche des Substrates **32** zu bringen, und um die Schicht **30** in allen profilierten Abdruckbereichen **48** voll auszuformen, wie in [Fig. 2B](#) gezeigt. Um das Beschädigen des Substrates **32** zu vermeiden, und insbesondere da die Fläche des Substrates **32** typischerweise nicht perfekt planar ist, werden die Zähne **36** bevorzugt nicht in Kontakt mit dem Substrat **32** gebracht. Werkzeugdrücke sind bevorzugt relativ niedrig, wie weniger als etwa 7 mega-Pascal ("MPa", etwa 1000 Pfund/Quadratzoll ("PSI")), und weiter bevorzugt weniger als etwa 0,7 MPa (etwa 100 PSI).

[0061] Bei einer bevorzugten Ausgestaltung, wenn die Zähne **36** in eine gewünschte Tiefe der Schicht **30** eingesunken sind, füllt im Wesentlichen der Grat die

maximal vertieften Bereiche **42** und bildet eine Fläche, die ausreichend gleichförmig ist, um ein späteres Aufbringen einer Schicht von Maskenmaterial zwischen den Federstrukturen zu ermöglichen, nachdem das Presswerkzeug **34** von der Schicht **30** entfernt wurde. Das Presswerkzeug **34** kann erhitzt werden, um die Verformung der Schicht **30** zu unterstützen, und dann abgekühlt werden, um die Schicht **30** an ihrem Platz zu härten. Bei einer alternativen Ausgestaltung ist die Schicht **30** aus einem Material ausgewählt, dass ausreichend verformbar ist, um ohne die Anwendung von Wärme unter Druck zu fließen, und ausreichend zäh, um seine Form nach der Entfernung des Werkzeugs **30** beizubehalten. Bei noch einer weiteren, alternativen Ausgestaltung werden Hitze, UV-Licht oder chemische Katalysatoren verwendet, um die Opferschicht zu härten während sie unter dem Presswerkzeug **34** ist, und dann wird das Werkzeug **34** entfernt. Bei noch einer weiteren Ausgestaltung wird Ultraschallenergie durch das Werkzeug **34** angewendet, um die Schicht **30** zum Formen weich zu machen. Gleich welche Abdrucktechnik verwendet wird sind die Taktzeiten bevorzugt relativ kurz, um einen höheren Herstellungsdurchsatz zu ermöglichen.

[0062] [Fig. 2C](#) zeigt die Form der Opferschicht **30** nach dem Entfernen des Presswerkzeugs **34** bei einer nachfolgenden Phase des Abdruck- und Aushärtungsschritts **104**. Eine dünne Schicht eines Rückstands **51** ist über dem Bereich jeder Kontaktfläche **46** gezeigt; jedoch ist bei einigen alternativen Ausgestaltungen die Kontaktfläche **46** nach der Entfernung des Presswerkzeugs im Wesentlichen frei von Rückständen. Negative Abdruckflächen **48** sind auch vorhanden, von denen jede einen negativen Eindruck des gewünschten Profils für die darauf auszubildenden profilierten Ausleger trägt. Falls vorhanden, ist es nötig den Rückstand **51** zu entfernen, um das Substrat **32** in den Bereichen **50** freizulegen, in denen die Basen der Kontaktstrukturen ausgebildet werden sollen. Um den Rückstand **51** zu entfernen, kann das ganze Substrat mit seiner geformten Schicht **30** isotrop geätzt werden durch das Eintauchen in ein Bad nasser Ätzmittel, durch ein Sauerstoffplasma oder andere in der Technik bekannter Verfahren. Das Isotropie Ätzen ist für relativ flache Substrate geeignet, bei denen der Rückstand **51** eine relativ gleichförmige Dicke in allen Bereichen **50** auf dem Substrat **32** hat. Bevorzugt wird das isotrope Ätzen ausgeführt, um den Rückstand **51** zu entfernen, während gleichzeitig die Dicke der Schicht **30** reduziert wird, um sie an die gewünschte Höhe der auszubildenden Federstrukturen anzugleichen. Alternativ kann ein anisotropes Ätzverfahren verwendet werden, das schneller in eine Richtung senkrecht zum Substrat **32** ätzt, wie reaktives Ionenätzen. Ein anisotropes Ätzen wird bevorzugt in Fällen verwendet, bei denen das Substrat relativ uneben ist und dadurch eine Ungleichmäßigkeit in der Dicke des Rückstands **51** verursacht, oder

in Fällen, bei denen die seitlichen Dimensionen in engen Toleranzgrenzen gehalten werden müssen.

[0063] In [Fig. 2D](#) ist das Aussehen der geformten Opferschicht **30** nach dem Ätzen zu einem späteren Zeitpunkt während des Form- und Teilungsschritts **104** gezeigt. Die Kontaktflächen **46** sind bevorzugt freigelegt, zusammen mit einem umgebenden Bereich des Substrats **50**, der ausreicht, um eine Adhäsion der Basis der auszubildenden Federstruktur vorzusehen. Bei typischen Halbleiteranwendungen ist ein freigelegter Bereich des Substrates **32** vorgesehen, der zwischen etwa 10.000 und etwa 40.000 Quadratmikrometern liegt, besonders bevorzugt mehr als etwa 30.000 Quadratmikrometer vorsieht. Nach dem Ätzen nehmen die Abdruckflächen **48** bevorzugt die gewünschte profilierte Form an und die entfernt vom Substrat **32** liegenden Enden aller Abdruckflächen **48** liegen bevorzugt innerhalb in der im Wesentlichen gleichen Ebene.

[0064] Beim Schritt **106** wird eine Keimschicht über die Fläche der Opferschicht **30** und die freigelegten Basisbereiche **50** gesputtert. Die Keimschicht ist typischerweise eine relativ dünne Schicht von gleichförmiger Dicke, wie etwa 4.500 Å (Angstroms; oder etwa 0,45 Mikrometer) dick, aus gesputtertem Metall, das zur Galvanisierung des elastischen Federmaterials verwendet wird. Geeignete Metalle für die Opferschicht **52** umfassen Kupfer, Gold oder Palladium; oder möglicherweise Titan-Wolfram (Ti-W). Weniger bevorzugt können Oberflächenveränderungen der Schicht **30** und der Basisbereiche **50**, z.B. eine Plasmabehandlung, verwendet werden, um sie leitend zu machen und dabei eine Keimschicht in einer Oberflächenschicht der Materialien zu erzeugen.

[0065] Bei einer alternativen Ausgestaltung wird ein elektrisch leitendes Abdruckmaterial, wie ein leitendes Polymer, ein leitendes Verbundmaterial oder eine Metalllegierung mit einem niedrigen Schmelzpunkt, verwendet, um die geformte Schicht **30** auszubilden, wodurch die Notwendigkeit der Abscheidung einer Keimschicht zur Vorbereitung einer Beschichtung beseitigt wird. Bei einer solchen Ausgestaltung kann das elastische Federmaterial direkt auf das leitende Formmaterial abgeschieden werden. Zusätzlich ist das Substrat optional mit einer schützenden Kurzschlusschicht bedeckt, wie in der Technik bekannt, bevor die Schicht des leitenden Abdruckmaterials auf das Substrat angewendet wird. Falls vorhanden, schützt die Kurzschlusschicht alle integrierten Schaltkreiselemente im Substrat und trägt den Beschichtungsstrom.

[0066] Beim Schritt **108** wird eine strukturierte Schicht eines Maskenmaterials, wie eine Photolackschicht **54**, aufgebracht, um Bereiche der Keimschicht abzudecken, in denen kein elastisches Material aufgebracht werden soll. Die Photolackschicht **54**

kann aus verschiedenen kommerziell erhältlichen Photolackmaterialien ausgewählt werden, einschließlich nasser oder trockener positiver oder negativer Photolacke, oder nasser positiver oder negativer elektrophoretischer Photolacksysteme. Die Photolackschicht kann unter Verwendung irgendeines angemessenen Verfahrens strukturiert werden, zum Beispiel indem sie UV-Licht durch eine Maske ausgesetzt wird, ausgenommen dort wo die Federstrukturen ausgebildet werden sollen, wodurch er in den freigelegten Bereichen aushärtet (im Fall eines negativ wirkenden Photolacks). [Fig. 2E](#) zeigt das Substrat **32** nach dem Applizieren einer Keimschicht **52** und einer Photolackschicht **54**. Bei [Fig. 2E](#) bis [Fig. 2H](#) ist die relative Dicke der Keimschicht **52** übertrieben dargestellt. Die ungehärteten Teile der Photolackschicht **54** werden dann durch ein geeignetes Lösungsmittel weggelöst, wie in der Technik bekannt.

[0067] Das Maskenmaterial **54** ist bevorzugt in der Umgebung der nachfolgenden Aufbringverfahren stabil. Zum Beispiel enthält ein typisches Photolack-Maskenmaterial Lösungsmittel- oder Monomer-Rückstände, die unter den Hochvakuumbedingungen während der Sputter-Vorgänge ausgasen können. Ähnliche Schwierigkeiten können auftreten, wenn auf eine Schicht eines Opfermaterials gesputtert wird, das typischerweise ein organisches Material ist, welches auch Lösungsmittelrückstände oder andere Bestandteile mit niedrigen molekularem Gewicht beinhalten kann. Bei der Vorbereitung eines nachfolgenden Aufbringsschritts wird das Masken- oder Opfermaterial bevorzugt vorbehandelt, zum Beispiel durch Backen oder durch das Aussetzen mit Licht, um Lösungsmittelrückstände oder vernetzte Monomerrückstände je nach Fall zu entfernen, oder um das Material auf andere Weise zu stabilisieren. Ein Nachteil der Vorbehandlung ist, dass das Masken- oder Opfermaterial dadurch später im Prozess schwieriger zu entfernen sein kann. Ein geeignetes Opfermaterial und ein Aufbringverfahren können durch einen Fachmann ausgewählt werden.

[0068] Nachdem die ungehärteten Bereiche der Photolackschicht **54** weggelöst sind, sind die belichteten Bereiche **56** der Keimschicht **52** freigelegt, wie in [Fig. 2F](#) gezeigt. Die belichteten Bereiche **56** haben in Draufsicht die Projektionsform der gewünschten mikroelektronischen Federstruktur. Wenn z.B. ein dreieckiger Ausleger gewünscht ist, hat der belichtete Bereich in Draufsicht eine im Wesentlichen dreieckige Form. Beim Schritt **110** werden dann eine oder mehrere Schichten eines elastischen Materials **58** auf die Keimschicht bei den belichteten Bereichen **56** aufgebracht, unter Verwendung verschiedener in der Technik bekannter Verfahren, wie Galvanisierung. Dort wo die Keimschicht von der Photolackschicht **54** bedeckt ist, tritt keine Galvanisierung auf. Alternativ kann eine Schicht eines elastischen Materials aufgebaut werden unter Verwendung eines Prozesses wie

CVD oder PVD, die wahlweise auf Bereiche **56** durch eine Maske (wie eine Schattenmaske) angewendet werden, was die Notwendigkeit des Schritts **106** zum Aufbringen einer Keimschicht beseitigt. Unter Verwendung jedweder der verschiedenen Aufbringverfahren wird eine Federstruktur **60**, die eine einteilig ausgebildete Basis und einen Ausleger aufweist, auf den belichteten Bereichen **56** ausgebildet, wie in [Fig. 2G](#) gezeigt. Beim Schritt **112** werden die Schichten des Opfermaterials **30** und des Maskenmaterials **54** entfernt unter Verwendung eines geeigneten Lösungsmittels, wie Aceton, das nicht das Substrat **32** oder das elastische Material **58** angreift, wie in der Technik bekannt. Das Ergebnis sind freistehende Federstrukturen **60**, wie in [Fig. 2H](#) gezeigt.

[0069] Geeignete Materialien für das elastische Material schließen ein, sind aber nicht begrenzt auf: Nickel, und seine Legierungen; Kupfer, Kobalt, Eisen und ihre Legierungen; Gold (speziell Hartgold) und Silber, von denen beide ausgezeichnete Stromleitungsfähigkeiten und gute Kontaktwiderstandseigenschaften aufweisen; Elemente der Platingruppe; Edelmetalle; halbedle Metalle und ihre Legierungen, insbesondere Elemente der Palladiumgruppe und ihre Legierungen; und Wolfram-Molybdän und andere hitzebeständige Metalle und ihre Legierungen. Die Verwendung von Nickel und Nickellegierungen ist besonders bevorzugt. In Fällen, bei denen eine Lot-ähnliche Oberfläche gewünscht ist, können auch Zinn, Blei, Bismuth, Indium, Gallium und ihre Legierungen verwendet werden. Das elastische Material kann weiterhin mehr als eine Schicht aufweisen. Zum Beispiel kann das elastische Material zwei Metallschichten aufweisen, wobei eine erste Metallschicht, wie Nickel oder eine seiner Legierungen, wegen seiner Elastizitätseigenschaften ausgewählt wird, und eine zweite Metallschicht, wie Gold, wegen seiner elektrischen Leitfähigkeitseigenschaft ausgewählt wird. Zusätzlich können Schichten aus leitenden und isolierenden Materialien aufgebracht werden, um Übertragungsartige Strukturen auszubilden.

[0070] Nach der Ausbildung der Federstrukturen **60** ist das Substrat **32** optional mit einer strukturierten Schicht beschichtet mit einem isolierendem, Kapselungs-Material auf seiner Oberfläche, wie weiter in dem oben genannten ZWEITEN STAMM FALL beschrieben. Die Kapselungs-Schicht (nicht gezeigt) bedeckt bevorzugt die Basisbereiche **50** der Kontaktstrukturen und verstärkt dabei mechanisch die Befestigung der elastischen Kontaktstrukturen auf der Oberfläche des Substrates. Zusätzlich sind die Federstrukturen **60** optional mit separaten Spitzenstrukturen versehen. Separate Spitzenstrukturen können auf einem Opfersubstrat ausgebildet werden und auf die Struktur **60** übertragen werden, um nahe an ihrer freien Spitze verbunden zu sein.

[0071] Es sollte offensichtlich sein, dass das Verfah-

ren **100**, und Variationen davon, verwendet werden kann, um leicht eine Vielzahl von profilierten Federstrukturen auf einem Substrat während eines einzigen Produktionszyklus auszubilden. Zum Beispiel kann das Verfahren **100** verwendet werden, um Zehntausende profilierte Federstrukturen auf einem Wafer mit mehreren Plättchen zu produzieren. Zusätzlich wird jede der derart ausgebildeten Zehntausenden von Strukturen eine präzise Größe, Form und Position haben, wie dies während des Präge- und lithographischen Herstellungsprozesses festgelegt wurde. Im Allgemeinen werden Maßfehler erwartet, die in der Größenordnung von 10 Mikrometer oder weniger liegen. Weil so viele Strukturen zur gleichen Zeit ausgebildet werden können, werden die Kosten zur Ausbildung jeder Struktur relativ niedrig sein.

[0072] Weiterhin wird dem Fachmann eine Vielzahl von Variationen der oben beschriebenen Reihenfolge von Schritten zur Herstellung integral ausgeformter Federstrukturen gemäß der vorliegenden Erfindung offensichtlich werden. Zum Beispiel kann eine Federkontaktstruktur in einem Bereich des Substrates hergestellt werden, der von einer Kontaktfläche entfernt ist, mit der er elektrisch verbunden ist. Im Allgemeinen kann die Federkontaktstruktur auf einer leitenden Linie (nicht gezeigt) angebracht werden, die von einer Kontaktfläche des Substrates zu einer entfernten Position erstreckt. Auf diese Weise kann eine Vielzahl von Federkontaktstrukturen auf dem Substrat angebracht werden, so dass ihre Spitzen in einer Struktur und in Positionen angebracht sind, die nicht auf die Struktur der Kontaktflächen auf dem Substrat begrenzt ist. Zusätzlich werden bei einer Ausgestaltung der Erfindung sowohl Formen für die gewünschten Federstrukturen als auch die Umverteilungsschicht gleichzeitig durch das Eindrücken eines geeignet geformten Presswerkzeugs in die verformbaren Substrate ausgebildet. Bei noch einer weiteren Ausgestaltung werden Formen für Federkontakte auf gegenüberliegenden oder benachbarten Flächen des Substrates ausgebildet, was nützlich ist z.B. zur Ausbildung von Zwischen- oder Abstandsübertragungskomponenten. Solche Formen können mit geeignetem Werkzeug entweder nacheinander oder gleichzeitig ausgebildet werden.

[0073] Als weiteres Beispiel kann das Verfahren **100** weiter angepasst werden, um es dem elastischen Material zu erlauben, permanent in Bereichen des Substrates aufgebracht zu sein, die nicht speziell zum Ausbilden von Zwischenverbindungen vorgesehen sind. Im Allgemeinen wird jeder Bereich auf dem Substrat, der nicht maskiert ist, beschichtet. Dies kann nützlich sein z.B. für das Aufbauen von mechanischen Elementen auf der Vorderseite des Rohchips als Abstandhalter. Zum Beispiel könnten die Kanten des Substrates beschichtet werden, um Abstandhalter oder Stoppstrukturen für die Federstrukturen **60** vorzusehen. Alternativ kann die gegenüberliegende

Seite des Substrates mit einer Abschirm- oder Kurzschlusschicht beschichtet werden. Variationen, wie die vorangegangenen, können in jeder der hierin offenbarten alternativen Verfahren auf ähnliche Weise gemacht werden.

[0074] Obwohl verschiedene Anpassungen an dem hierin offenbarten Verfahren gemacht werden können, ist im Allgemeinen ein Abdruck- oder anderer Formungsprozess unter Verwendung einer relativ dicken Schicht eines Opfermaterials, wie Schicht **30**, bevorzugt, um eine angemessene Höhe der Federstruktur vorzusehen, ohne dass das Aufbauen von mehreren Photolackschichten benötigt wird. Zusätzlich erleichtert die Verwendung einer umformbaren (verformbaren) Opfermaterialschicht die Vervielfältigung und Massenproduktion relativ komplexer, profilierter Auslegerformen.

[0075] Entsprechend ist bei den bevorzugten Ausgestaltungen des Verfahrens die gesamte Federstruktur (mit der Ausnahme von optionalen Merkmalen wie separaten Spitzen) in einer Materialschicht festlegbar, die auf der Fläche einer Abdruckform abgedruckt ist (wie durch Galvanisierung, CVD oder PVD). Die sich ergebenden Federstrukturen weisen daher eine integrale Lage auf, die eine einzelne Schicht oder eine Vielzahl von flächengleichen Schichten aus elastischem-, leitendem- und/oder Widerstands-Material aufweisen kann. Die einteilige Platte kann gefaltet und profiliert sein und ist bevorzugt im Wesentlichen frei von überlappenden Bereichen in der Richtung, in der die Materialien aufgebracht werden (typischerweise von oberhalb der Struktur in Richtung des Substrates), so dass sie durch das Aufbringen einer Schicht oder Schichten eines Materials auf einer geformten Schicht des Opfermaterials leichter ausgebildet werden kann, gemäß der hierin beschriebenen Verfahren. Jedoch kann eine wesentliche Überlappung durch Verwendung einiger Abscheidungsverfahren erreicht werden, wie Galvanisierung in Verbindung mit einem "Robber", um elektrisch geladenes Material unter einen Überstand zu treiben.

[0076] Es sollte offensichtlich sein, dass das offene Formverfahren **100** gemäß der vorliegenden Erfindung angepasst werden kann, um profilierte Ausleger für Federstrukturen in einer großen Vielfalt von Formen und Größen auszubilden. Für die Verwendung von mikroelektronischen Federkontaktstrukturen sind bestimmte Größen und strukturelle Eigenschaften bevorzugt, wie weiter im oben erwähnten ERSTEN STAMM FALL beschrieben. Jedoch ist das Verfahren **100** geeignet, Strukturen auszubilden, die sowohl kleiner als auch größer sind als die bevorzugten Bereiche. Derzeit verfügbare Techniken zur Ausbildung von Presswerkzeugen setzen eine untere Grenze der Strukturgröße bei etwa 0,1 Mikrometer. Während es keine klar definierte obere Grenze der

Strukturgröße über einer bestimmten Strukturgröße gibt, z.B.

[0077] Strukturen, die das Ausbilden der Opferschicht **30** mit Dicken benötigen, die größer als etwa 10.000 Mikrometer (etwa 1 cm oder 400 mils) sind, sind Herstellungsverfahren gemäß dem Stand der Technik, wie die Blechverarbeitung, wahrscheinlich ökonomischer ausführbar.

[0078] Eine perspektivische Ansicht eines beispielhaften durch ein Presswerkzeug ausgebildeten Eindrucks ist in [Fig. 3A](#) gezeigt. Eine ähnliche Ansicht eines beispielhaften Bereichs eines Presswerkzeugs, das zur Herstellung des Eindrucks verwendet wurde, ist in [Fig. 3B](#) gezeigt. Es sollte jedoch verstanden werden, dass der Eindruck nicht die Draufsichtsform der gewünschten Federstruktur festlegt oder ihr entspricht, da die gewünschte Draufsichtsform unter Verwendung einer Strukturmaske festgelegt werden kann. Der Eindruck muss nur das gewünschte Profil in z-Richtung für die auszubildende Federstruktur festlegen. Bei alternativen Ausgestaltungen der Erfindung kann die Draufsichtsform des Eindrucks – z.B. eine in dem formbaren Substrat ausgebildete Vertiefung – verwendet werden, um die Federform festzulegen. Beispiele dieser Ausgestaltungen sind später detaillierter in der Beschreibung beschrieben.

[0079] Wie in [Fig. 3B](#) gezeigt, sind eine Vielzahl von Zähnen **36** auf einer Vorderseite **35** des Presswerkzeugs **34** angeordnet, wobei jeder eine identisch profilierte Oberfläche **38** aufweist, die einer in der Schicht **30** auf dem Substrat **32** ausgebildeten Abdruckfläche **48** entspricht. Die Zähne **36** können in einer rechteckigen Anordnung oder in einem jedweden auf der Vorderseite **35** gewünschten Muster angeordnet sein. Die Zähne **36** können im Wesentlichen identisch zueinander gefertigt sein, oder können verschiedene unterschiedliche Formen auf dem gleichen Presswerkzeug **34** aufweisen, abhängig von den gewünschten, auszubildenden Federstrukturen. Beispielhafte Zahnformen schließen ein: einen Zahn **36** mit einer gerippten Fläche zur Ausbildung eines gerippten Auslegers einer Federstruktur, wie in [Fig. 3C](#) gezeigt; einen Zahn **36** mit einer geriffelten Fläche **64**, wie in [Fig. 3D](#) gezeigt, zur Ausbildung eines geriffelten Auslegers; und einen Zahn **36** mit einer V-förmigen Fläche **66**, wie in [Fig. 3E](#) gezeigt, zur Ausbildung eines V-förmigen Auslegers. Zähne können zusätzlich unterschiedlich geformt sein, um Federstrukturen auszubilden mit verschiedenen Formen in Draufsicht. Zum Beispiel zeigt [Fig. 3C](#) einen Zahn zur Ausbildung einer Federstruktur mit einem Ausleger und einer Basis, die in Draufsicht beide rechteckig sind; [Fig. 3D](#) zeigt einen Zahn zur Ausbildung eines rechteckigen Auslegers und einer halb-elliptischen Basis; und [Fig. 3E](#) zeigt einen Zahn zur Ausbildung eines dreieckigen Auslegers und einer

halb-elliptischen Basis. Ein beispielhafter Zahn **36** zur Ausbildung einer Struktur mit einem Ausleger der in Draufsicht U-förmig ist, ist in [Fig. 3F](#) gezeigt; und ein beispielhafter Zahn **36** zur Ausbildung eines gegabelten Auslegers mit parallelen Armen ist in [Fig. 3G](#) gezeigt. Vorteile und Eigenschaften von verschiedenen profilierten Federstrukturen sind im oben erwähnten ERSTEN STAMM FALL beschrieben. Es wird offensichtlich sein, dass die gewünschte Form des Zahns **36** durch das Formgegenstück der gewünschten Federstrukturform festgelegt wird.

[0080] Weiterhin sollte es offensichtlich sein, dass, obwohl eine spezielle Gestaltung des Presswerkzeugs **34** in [Fig. 3D](#) gezeigt ist, das Werkzeug **34** (und daher der durch das Werkzeug hergestellte Abdruck) in verschiedenen Ausgestaltungen vorgesehen sein kann, ohne vom Schutzbereich der Erfindung abzuweichen. Zum Beispiel kann das Werkzeug **34** nur einen einzelnen Prägezahn aufweisen. Alternativ kann das Werkzeug **34** eine Vielzahl von Prägezähnen **36** aufweisen, die in einem Muster angeordnet sind. In einem solchen Fall können die prägenden Zähne zur Ausbildung von Abdrücken auf einer gesamten Fläche eines Substrates oder auf einem ausgewählten Bereich einer Substratfläche positioniert werden. Bei einem Werkzeug **34** mit einer Vielzahl von Prägezähnen **36** können alle Zähne die gleiche Größe und Form haben. Alternativ können Zähne auf dem gleichen Werkzeug verschiedene, unterschiedliche Größen und Formen haben, in Abhängigkeit der Anwendungsanforderungen. Die Prägezähne **26** können in der gleichen Ebene angeordnet sein, oder in verschiedenen Ebenen angeordnet sein oder auf einer gekrümmten Fläche wie einem Zylinder angeordnet sein. Zum Beispiel kann ein zylindrisches Presswerkzeug verwendet werden, um durch das Rollen über ein Substrat Abdruckflächen auszubilden, was z.B. bei der Ausbildung von Federstrukturen auf durchgehenden Materialbahnen nützlich sein kann.

[0081] In vielen Fällen wird die obere Fläche des Siliziumsubstrates wesentliche Unregelmäßigkeiten (Unebenheiten) haben, die sich auf die obere Fläche einer gleichförmigen Schicht eines Opfermaterials, wie einer rotationsbeschichteten Schicht, übertragen. Die Spitzen der Federstrukturen, die durch das vorangegangene Formverfahren ausgebildet wurden, werden dementsprechend nicht im Wesentlichen in der gleichen Ebene liegen. Falls die Unregelmäßigkeiten größer als etwa 10% der Spitzenhöhe der Federstrukturen über dem Substrat sind, wird eine Anordnung von Federstrukturen auf dem Substrat für das Herbeiführen eines Kontakts mit einem anderen planaren Substrat ungeeignet sein. Auch weil die gepaarten Substrate auch unebene Flächen haben werden, ist es erwünscht, die Unebenheiten bei den Spitzen der Federstrukturen zu reduzieren, um Fehler aufgrund sich addierender Toleranzen zu vermei-

den. Entsprechend sieht die vorliegende Erfindung ein Verfahren **400** vor zur Herstellung von Federstrukturen mit Spitzen, die relativ zu Oberflächenunregelmäßigkeiten eines Substrates im Wesentlichen in der gleichen Ebene liegen.

[0082] Beispielhafte Schritte des Verfahrens **400** sind in [Fig. 4](#) gezeigt und Querschnittsansichten eines Substrates und geschichteter Materialien während der Schritte des Verfahrens sind in [Fig. 5A-Fig. 5G](#) vorgesehen. Bei einem ersten Schritt **402** wird ein Substrat **42** mit einer unregelmäßigen Oberfläche **33** in einer Form **71** montiert, die eine Abdeckplatte **68**, Abstandhalter **70**, eine Befestigungsfläche **74** und einen Einspritzanschluss **72** aufweist. Eine Innenfläche **77** der Abdeckplatte **68** wird mit der gewünschten Toleranz eingeebnet und für das gewünschte Oberflächenfinish poliert. Das Substrat **32** wird auf der Montagefläche **74** montiert, z.B. einer Wafer-Einspannvorrichtung, so dass die obere Fläche **33** des Substrates **32** im Wesentlichen parallel zur Innenfläche **77** ist. Die Tiefe der in der Form **71** auszubildenden Opferschicht **30** wird durch die Dicke der Abstandhalter **70** kontrolliert.

[0083] Beim Schritt **404** wird ein formbares Material (zur Ausbildung der Opferschicht **30**) durch den Anschluss **72** eingespitzt, um das Innere der Form **71** zu füllen. Das verformbare Material kann jedes geeignete verformbare Material sein, einschließlich der zuvor beschriebenen Materialien zur Ausbildung einer beschichteten Opferschicht. Beim Schritt **406** wird das Material bis zur gewünschten Härte gekühlt oder ausgehärtet. Beim Schritt **408** wird die Abdeckplatte **68** vom Substrat **32** mit der anhaftenden Schicht **30** entfernt, wie in [Fig. 5C](#) gezeigt. Nach dem Formprozess ist die obere Fläche **78** der Schicht **30** relativ zu der unregelmäßigen oberen Fläche **33** des Substrates **32** im Wesentlichen planar. Beim Schritt **410** werden profilierte Abdruckflächen in der Opferschicht **30** unter Verwendung eines Presswerkzeugs **34** ausgebildet, wie in [Fig. 5D](#) gezeigt. Einzelheiten des Schritts **410** sind im Wesentlichen die gleichen wie beim Schritt **104** des oben beschriebenen Verfahrens **100**. Alternativ können Strukturen zur Ausbildung der profilierten geformten Fläche **48** direkt in die Innenfläche **77** der Abdeckplatte **68** eingearbeitet werden und Schritt **410** kann weggelassen werden. Das Aussehen der geformten Opferschicht nach der Ausbildung der geformten Fläche **48** ist in [Fig. 5E](#) gezeigt. Die obere Fläche des Rückstands **51** auf den Basisbereichen **50** ist in einer gleichförmigen Tiefe h von der durch die Innenfläche **77** der Abdeckplatte **68** festgelegten Bezugsebene angeordnet. Die Bezugsebene selbst ist in einem Abstand d_1 von der Montageebene **82** des Substrates **32** angeordnet, wobei d_1 größer ist als h .

[0084] Beim Schritt **412** ist das Substrat bei den Basisbereichen **50** freigelegt, bevorzugt durch das Ät-

zen der Opferschicht **30** unter Verwendung eines wie zuvor beschriebenen anisotropischen Ätzens **76**. Das Ätzen **76** wird fortgesetzt, bis alle Substratbereiche freigelegt sind, wie durch die gestrichelten Linien in [Fig. 5E](#) gezeigt. Gewöhnliche Endpunktermittlungs-Techniken können verwendet werden, um den Endpunkt des Ätzprozesses zu bestimmen. Nach dem Ätzen sind die Basisbereiche **50** auf der unregelmäßigen oberen Fläche **33** angeordnet und sind daher nicht länger in einer gleichmäßigen Tiefe von der Referenzfläche angeordnet. Jedoch ist die obere Fläche der Schicht **30** immer noch innerhalb in der im Wesentlichen gleichen Ebene in einem Abstand d_2 von der Montageebene **82** des Substrates **32** angeordnet, wobei d_2 kleiner als d_1 ist. Eine Schicht elastischen Materials wird dann auf die Opferschicht aufgebracht und strukturiert und die Opferschicht wird von dem Substrat **32** entfernt, wie zuvor in Verbindung mit dem Verfahren **100** beschrieben. Die daraus resultierenden Federstrukturen **60** haben ihre Spitzen **80** in der im Wesentlichen gleichen Ebene angeordnet, in einem Abstand d_2 von der Montageebene **82** des Substrates **32** gelegen. Der Abstand d_2 ist vorzugsweise konstant, kann aber auf eine regelmäßige Weise über jeden geraden Abschnitt des Substrates (d.h. die Ebene der Federstrukturspitzen muss nicht exakt parallel zu der Montageebene des Substrates **32** sein) variieren, innerhalb von Grenzen von etwa 20% der durchschnittlichen Spitzenhöhe der Federstrukturen **60** über dem Substrat **32**.

[0085] Ähnliche Ergebnisse können unter Verwendung eines alternativen Verfahrens **600** erhalten werden, von dem beispielhafte Schritte in [Fig. 6](#) gezeigt sind. Beim Schritt **602** wird eine Opferschicht auf das Substrat aufgebracht, wie zuvor in Verbindung mit dem Schritt **102** des Verfahrens **100** beschrieben. Beim Schritt **604** wird eine Abdruckfläche in der Opfermaterialschicht ausgebildet, wie zuvor in Verbindung mit Schritt **104** beschrieben. Dann wird beim Schritt **606** die obere Fläche der Opfermaterialschicht eingeebnet, unter Verwendung eines in der Technik bekannten Prozesses, wie chemisch-mechanisches Polieren. Wie zuvor in Verbindung mit dem Verfahren **400** beschrieben, wird daher die obere Fläche der Opferschicht innerhalb einer Ebene aufgebracht, die im Wesentlichen parallel oder leicht geneigt ist zu der Montageebene des Substrates **32**. Die übrigen Schritte des Verfahrens **600** sind im Wesentlichen die gleichen, wie zuvor in Verbindung mit den Schritten **106-112** des Verfahrens **100** beschrieben.

[0086] Unter bestimmten Umständen kann es vorteilhaft sein, das Ausbilden der Abdruckflächen auf einer Opferschicht mittels eines Verfahrens, das ein Presswerkzeug und zusätzliche Ausrüstung benötigt, zu vermeiden. Ein Verfahren **700** ist vorgesehen, um profilierte, geformte Flächen in einer Opferschicht ohne die Notwendigkeit eines Presswerkzeugs aus-

zubilden. Beispielhafte Schritte des Verfahrens **700** sind in [Fig. 7](#) gezeigt. Entsprechende Ansichten eines Substrates mit geschichteten Materialien während der Schritte des Verfahrens **700** und eine Ansicht einer beispielhaften, daraus resultierenden Federstruktur sind in [Fig. 8A-Fig. 8G](#) gezeigt. Bei einem ersten Schritt **702** wird eine Schicht Opfermaterial **30** auf ein Substrat aufgebracht. Die Opferschicht **30** wird bevorzugt mit einer Schicht mit gleichförmiger Dicke aufgebracht, unter Verwendung irgendeines der zuvor beschriebenen Verfahren. Beim Schritt **704** wird die Schicht des Opfermaterials strukturiert, um eine oder mehrere Vertiefungen **86** auszubilden, wie in [Fig. 8B](#) gezeigt, wobei sich wenigstens einen Teil der Vertiefung **86** zur Fläche des Substrates **32** erstreckt. Verschiedene in der Technik bekannte Verfahren, wie Photostrukturieren, können verwendet werden, um die Vertiefung **86** auszubilden. In Draufsicht wie in [Fig. 8A](#) gezeigt hat die Vertiefung **86** die Form der auszubildenden Federstruktur, welche jede der zuvor beschriebenen Formen sein kann, oder jede andere geeignete Form. Zum Beispiel ist bei einer Ausgestaltung der Erfindung die Auslegerform in Draufsicht dreieckig und die Basisfläche ist rechteckig, wie in [Fig. 8A](#) gezeigt.

[0087] Beim Schritt **706** sind bevorzugt die Flächen der Vertiefung **86** und insbesondere die Seitenwände behandelt, um ihre Benetzungseigenschaften wie gewünscht zu verändern. Die Benetzungseigenschaften können durch verschiedene, in der Technik bekannte Techniken verändert werden, wie durch Silanisierung. Als weiteres Beispiel kann das Aussetzen mit Plasmen aus Sauerstoff, Stickstoff/Wasserstoff und anderen Gasen die Oberflächenbenetzungseigenschaften verändern. Des Weiteren wird eine erhöhte Oberflächenrauigkeit im Allgemeinen die Benetzbarkeit der Fläche erhöhen. Die Seitenwände der Vertiefung **86** werden behandelt, um die Oberflächenenergie zu verändern, welche die Benetzbarkeit relativ zum gewählten Benetzungsfluid bestimmt. Falls ein konkaver Meniskus gewünscht ist, wird die Oberflächenenergie der Seitenwände derart verringert (falls nötig), dass das ausgewählte Benetzungsfluid an den Seitenwänden haftet und einen konkaven Meniskus in der Vertiefung **86** ausbildet. Umgekehrt, falls ein konvexer Meniskus gewünscht ist, werden die Seitenwände behandelt, um die Benetzungsflüssigkeit abzustößen, was bewirkt, dass die Flüssigkeit einen Tropfen mit einem konvexen Meniskus bildet. Bei der bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung werden das Opfermaterial, die Benetzungsflüssigkeit und die Vertiefungsform derart ausgewählt, dass keine Oberflächenbehandlung der Vertiefung **86** benötigt wird, um die gewünschte Meniskusform zu erreichen. Im Allgemeinen wird es bevorzugt, dass die Fläche der Vertiefung leicht benetzt wird, um Schwierigkeiten beim Füllen von mehreren Vertiefungen mit einer gleichmäßigen Menge an Flüssigkeit zu vermeiden.

[0088] Beim Schritt **708** wird die Vertiefung **86** teilweise mit einem geeigneten Benetzungsfluid **84** gefüllt. Ein geeignetes Fluid ist eines mit einer ausreichend geringen Viskosität und Oberflächenspannung, um die Vertiefung **86** zu benetzen, welches verfestigt werden kann ohne ein erhebliches Schrumpfen oder ein anderweitiges Verzerren der gewünschten Meniskusform, und welches später von dem Substrat **32** entfernt werden kann, aufgelöst zusammen mit Schicht **30**. Bei einer Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung ist das Fluid **84** ein photostrukturierbares Material, wie ein Photolack (z.B. SU8-25 oder SU-8-2). Mehrere Verfahren können verwendet werden, um ein spezifisches Volumen des Fluids **84** in die Vertiefung **86** zu bekommen. Im Allgemeinen sind die Vertiefungen **86** klein, z.B. etwa 250 Mikrometer breit, 250 Mikrometer tief und 1000 Mikrometer lang. Das Volumen einer "Manhattan" (rechteckigen) Vertiefung mit diesen Abmessungen ist 62,5 Nanoliter, und spezielle Techniken müssen verwendet werden, um ein festgelegtes Flüssigkeitsvolumen genau einzubringen, welches Vorzugsweise geringer als das Volumen der Vertiefung ist. Bei einer Ausgestaltung wird ein Substrat mit Vertiefungen **86** mit einem Volumen, das kleiner als etwa 100 Nanoliter ist, mit einem Fluid **84** rotationsbeschichtet. Der Rotationsbeschichtungsprozess hinterlässt eine kleine Menge des Fluids **84** in jeder Vertiefung, dessen Volumen abhängig ist von der Fluidviskosität, den Oberflächenbenetzungseigenschaften des Fluids **84** und der Vertiefung **86**, der Form der Vertiefung **86** und den Rotationsprozessparametern, wie die Rotationsgeschwindigkeit und Beschleunigung, und dem radialen Abstand von der Rotationsachse. Das Fluid **84** kann durch das Richten (wie beim Sprayen) eines Fluidnebels auf ein rotierendes Substrat oder durch Tauchen appliziert werden. Ein Teil des Fluids **84** wird auch durch den Rotationsbeschichtungsprozess aus der Vertiefung **86** entfernt, so dass das Fluid **84** nur teilweise die Vertiefung **86** füllt, wie im Querschnitt in [Fig. 8C](#) gezeigt.

[0089] Die relativen Oberflächenenergien des Fluids **84** und der Seitenwände der Vertiefung **86** sind derart, dass das Fluid **84** einen Meniskus mit einer ersten profilierten Form **88** in der Längsrichtung der Vertiefung **86** hat, wie in [Fig. 8C](#) gezeigt, und eine zweite profilierte Form **89** in Richtung der Breite hat, wie in [Fig. 8D](#) gezeigt. Wenn die Vertiefung **86** enger ist, wie in Richtung des Punkts des in [Fig. 8A](#) gezeigten Dreiecks, verursacht die Oberflächenspannung des Fluids **84** bevorzugt einen Anstieg der Fläche **88**, wie in [Fig. 8C](#) gezeigt. Über die Breite der Vertiefung **86** zieht die Oberflächenspannung die Fläche **89** in eine konkave U-Form.

[0090] Nachdem das Fluid **84** teilweise die Vertiefung **89** füllt, wird beim Schritt **710** das Fluid verfestigt, z.B. durch das Aushärten mit einem chemischen Katalysator oder UV-Licht, durch Erhitzen, um Lö-

sungsmittel auszutreiben, oder durch das Abkühlen unterhalb seines Schmelzpunktes. Das verfestigte Fluid **92** kann dann weiter strukturiert werden, um eine Form für die Federstruktur festzulegen. Zum Beispiel kann, wie in [Fig. 8E](#) gezeigt, ein Teil des verfestigten Fluids **92** aus einem Basisbereich **50** entfernt werden, indem das verfestigte Fluid **92** einem anisotropischen Ätzen **76** durch eine Maske **90** ausgesetzt wird. Das verbleibende, verfestigte Fluid **92** legt eine profilierte Abdruckfläche **48** und einen freigelegten Basisbereich **50** fest, wie in [Fig. 8F](#) gezeigt, auf welchen ein geeignetes elastisches Material aufgebracht werden kann, gemäß dem zuvor beschriebenen Verfahren **100** oder einem anderen geeigneten Verfahren. Die sich ergebende Federstruktur hat einen Ausleger mit einem über seiner Breite U-förmigen Profil, wie in [Fig. 8G](#) gezeigt.

[0091] Jedes der vorangegangenen Herstellungsverfahren kann verwendet werden, um eine Federstruktur mit einer festgelegten, profilierten Form festzulegen. Im Allgemeinen ist einer der Vorteile des Profilierens des Auslegers einer Federstruktur, dass ein Profil verwendet werden kann, um die Dicke des Materials zu reduzieren, die benötigt wird, um einen Ausleger mit einer ausreichenden Festigkeit für die Verwendung als mikroelektronischer Federkontakt zu erhalten. Entsprechend können alternative Aufbringetechniken wie Abscheiden aus der Dampfphase ("PVD") oder die Gasphasenabscheidung ("CVD") verwendet werden, um das elastische Federmaterial auf der geformten Fläche aufzubringen. Zum Beispiel sind PVD und CVD zum Aufbringen von Schichten mit mehr als 5 Mikrometern, was ein geeigneter Dickenbereich für profilierte Federn ist, im Allgemeinen weniger geeignet als Galvanisieren. Entsprechend sieht die vorliegende Erfindung ein Verfahren **900** zur Ausbildung einer mikroelektronischen Federstruktur unter Verwendung einer alternativen Materialaufbring-Technik vor, wie in [Fig. 9](#) gezeigt. Ansichten eines Substrates und darauf geschichteter Materialien während beispielhafter Schritte des Verfahrens **900** sind in [Fig. 10A-Fig. 10D](#) gezeigt.

[0092] Schritte **902** und **904** des Verfahrens **900** zum Aufbringen einer Opferschicht **30** auf dem Substrat **32** und zur Ausbildung der Abdruckflächen sind im Wesentlichen die gleichen, wie die entsprechenden Schritte **102** und **104** des zuvor beschriebenen Verfahrens **100**. Andere Verfahren, wie das hierin auch beschriebene Verfahren **400**, können auch verwendet werden, um eine Formfläche in dem Opfermaterial auszubilden. Beim Schritt **906** wird die Fläche der Opferschicht **30** beschichtet mit einer Schicht eines elastischen Materials **58** unter Verwendung eines Prozesses wie CVD oder PVD bis zu einer gleichförmigen Dicke von zumindest etwa 1 Mikrometer und bevorzugt etwa 5 Mikrometern. Um eine Dicke größer als etwa 5 Mikrometer zu erreichen, ist es bevorzugt, das elastische Material **58** durch Galvani-

sieren aufzubringen, nachdem zuerst eine Keimschicht aufgebracht wird, wie in Verbindung mit Verfahren **100** beschrieben. Ein Querschnitt des Substrats nach dem Prozess des Aufbringens ist in [Fig. 10A](#) gezeigt. Beim Schritt **908** wird eine strukturierte Schicht eines Maskenmaterials, wie eine Photolackschicht **54**, angewendet, um das elastische Material in Bereichen abzudecken, in denen Federstrukturen ausgebildet werden sollen, wie in [Fig. 10B](#) gezeigt. Beim Schritt **901** wird das überschüssige (unmaskierte) elastische Material unter Verwendung eines wie zuvor beschriebenen Ätzprozesses entfernt, was die in [Fig. 10C](#) gezeigten geschichteten Materialien ergibt. Beim Schritt **912** werden die Opferschicht **30** und die Maskenschicht **54** in einem geeignetem Lösungsmittel entfernt, was die Federstruktur **60**, die aus dem elastischen Material **58** besteht, an dem Substrat **32** haftend hinterlässt. Die Federstruktur **60** wird dann typischerweise nachbehandelt, z.B. durch das Beschichten mit Gold und/oder durch das Befestigen einer separaten Spitzenstruktur (nicht gezeigt), wie weiter hierin und in Bezug auf die hierin genannten parallelen Anmeldungen beschrieben.

[0093] Die benötigten Schritte, um die Schichten des elastischen Materials und/oder die Keimschichten zu strukturieren, können verringert oder beseitigt werden durch das Vorsehen von wenigstens einem Bereich der Abdruckflächen und der Basisbereiche mit einer überhängenden Lippe. Solche Techniken können im Allgemeinen auf die zuvor beschriebenen Verfahren angewendet werden, um Herstellungskosten zu verringern. Eine überhängende Lippe kann durch die Verwendung eines Formzahns in einer geeigneten Form vorgesehen werden, wie der einspringende Zahn **98**, der am Werkzeug **34** vorgesehen und in [Fig. 11A](#) gezeigt ist. Wenn der einspringende Zahn **98** in eine Schicht des Opfermaterials eingepresst wird, ist die dadurch ausgebildete Vertiefung mit einer überhängenden Lippe **96** versehen. Es sollte offensichtlich sein, dass es zur Entfernung des Zahns **98** von der Schicht **30** nachdem er ohne Beschädigung der Lippe **96** darin ganz hineingepresst ist hilfreich ist, wenn die Opfermaterialschicht **30** ein visko-elastisches Material ist. Ein visko-elastisches Material wird sich ausreichend verformen, um eine Entfernung des Zahns **98** ohne Beschädigung der Lippe **96** zu erlauben, aber es wird seine Form wiedererlangen nachdem der Zahn entfernt ist. Ähnliche Vorteile können erzielt werden, wenn die Schicht **30** aus einem weichen, elastischen Material ausgebildet ist, das nicht an dem Werkzeug **34** anhaftet. Im Allgemeinen sollte die Schicht **30** ein festes Material mit einem niedrigen Schermodul aufweisen, d.h. ein Gel. Das Gel kann eine viskose Komponente haben, die es viskoelastisch macht, oder es kann rein elastisch sein, z.B. ein weich-elastisches Material.

[0094] Als Alternative zur Verwendung eines einspringenden Zahns können stufenweise Presswerk-

zeuge zur Ausbildung einer überhängenden Lippe verwendet werden. [Fig. 12A](#) zeigt ein beispielhaftes stufenweises Presswerkzeug mit einem primären Zahn **36** und einem sekundären Zahn **37**. Der primäre Zahn **36** ist wie zuvor beschrieben geformt. Der sekundäre Zahn **37** ist als relativ flacher Ring geformt, der teilweise oder voll den Umfang der durch den Zahn **36** ausgebildeten Vertiefung umschließt. Eine Querschnittsansicht des primären Zahns **36** und ein repräsentativer Bereich des sekundären Zahns **37** sind in [Fig. 12B](#) gezeigt. Die primären und sekundären Zähne sind ausgestaltet, um aufeinanderfolgend in das Substrat **30** gepresst zu werden, indem zuerst der primäre Zahn **36** eingepresst wird, das Presswerkzeug **34** vom Opfermaterial **30** angehoben wird, das Presswerkzeug **34** verschoben wird, so dass der sekundäre Zahn **37** über der von dem primären Zahn ausgebildeten Vertiefung positioniert ist, und das Werkzeug zum zweiten Mal eingepresst wird. Alternativ können die primären und sekundären Zähne auf separaten Presswerkzeugen vorgesehen sein (nicht gezeigt), welche dann aufeinanderfolgend auf die Opferschicht **30** angewendet werden. Es sollte offensichtlich sein, dass das stufenweise Pressen nicht auf die Verwendung von zwei stufenweisen Werkzeugen begrenzt ist und jede Anzahl von aufeinanderfolgenden Einpresswerkzeugen verwendet werden kann, ohne sich vom Geltungsbereich der Erfindung zu entfernen.

[0095] Die sich ergebenden Eindrücke, die durch das aufeinanderfolgende Eindrücken der primären und sekundären Zähne ausgebildet werden, sind in [Fig. 12C-Fig. 12F](#) gezeigt. [Fig. 12C](#) zeigt einen Querschnittsbereich einer beispielhaften Schicht eines Opfermaterials **30** nachdem sie mit dem primären Zahn **36** eingedrückt wurde. [Fig. 12D](#) zeigt die gleiche beispielhafte Materialschicht **30** nachdem das schrittweise Presswerkzeug **34** um eine Strecke verschoben und wieder in das Material eingepresst wurde, wobei eine überhängende Lippe **96** um den Umfang der Formfläche **48** und des Basisbereichs **50** ausgebildet wird. Die Abfolge kann wiederholt werden, um die nächste Vertiefung, die durch den primären Zahn **36** ausgebildet wurde, mit einer überhängenden Lippe vorzusehen usw., während das Werkzeug **34** über die Fläche der Materialschicht **30** fortschreitet. Eine Draufsicht einer beispielhaften dreieckigen/rechteckigen Vertiefung **86** mit einer überhängenden Lippe ist in [Fig. 12E](#) gezeigt und eine ähnliche rechteckige Vertiefung **86** ist in [Fig. 12F](#) gezeigt.

[0096] Eine voll umschließende, überhängende Lippe, wie in [Fig. 12E](#) und [Fig. 12F](#) gezeigt, kann verwendet werden, um eine Schicht eines elastischen Materials gemäß dem in [Fig. 13](#) gezeigten Verfahren **1300** zu strukturieren. Querschnittsansichten des Substrates und der geschichteten Materialien während der Schritte des Verfahrens **1300** sind in den [Fig. 14A](#) bis [Fig. 14C](#) gezeigt. Bei einem ersten

Schritt **1302** wird eine Schicht eines leitenden Materials **53** gemäß den in der Technik bekannten Verfahren auf ein Substrat **32** aufgebracht, um als Kurzschlusschicht zu dienen. Die leitende Schicht **53** kann eine Titan-Wolfram (Ti-W) Legierung, eine Chrom-Gold (Cr-Au) Doppelschicht oder jede andere angemessene leitende Präkursorsschicht sein, die typischerweise durch Sputtern bis zu einer Dicke zwischen etwa 300 und 10.000 Å aufgebracht wird. Die Kurzschlusschicht **53** passt sich im Wesentlichen an das Substrat an und bedeckt angrenzend die Fläche des Substrates **32** und jede Kontaktfläche oder andere Strukturen, die auf dem Substrat vorhanden sein können. Alternativ (aber weniger bevorzugt für die Zwecke des Verfahrens **1300**) kann die Kurzschlusschicht **53** in einem Muster aus mehreren, nicht-aneinandergrenzenden Bereichen aufgebracht werden. Die Strukturierung der Kurzschlusschicht **53** dient im Allgemeinen für den Zweck des Festlegen einer Umverteilungsschicht zwischen den Kontaktflächen auf dem Substrat **32** und den auszubildenden Federstrukturen.

[0097] Beim Schritt **1304** wird die Opfermaterialschicht **30** gemäß einem zuvor beschriebenen Verfahren aufgebracht. Beim Schritt **1306** wird eine Abdruckfläche **48** mit einer überhängenden Lippe **96** in der Schicht des Opfermaterials ausgebildet, bevorzugt unter Verwendung eines wie zuvor beschriebenen einspringenden Zahns oder eines stufenweisen Presswerkzeugs. Beim Schritt **1308** wird eine Keimschicht **52** und **55** auf der Fläche der Opferschicht aufgebracht unter Verwendung eines Prozesses wie Sputtern (insbesondere ionisierte physikalische Dampfabcheidung (I-PVD)) oder einem ähnlichen gerichteten Abscheidungsprozess. Es ist offensichtlich, dass die überhängende Lippe **96** den Umfang der Formfläche gegen das Aufbringen der Keimschicht schützt, woraus sich ein erster Bereich **52** der Keimschicht, der auf der Formfläche **48** und dem Basisbereich in der Vertiefung **86** aufgebracht ist, und ein zweiter Bereich **55** der Keimschicht auf dem umgebenden Bereich der Opfermaterialschicht ergibt, wie in [Fig. 14A](#) gezeigt. Es ist weiterhin offensichtlich, dass, solange die überhängende Lippe **96** die Vertiefung **86** voll umschließt, der erste Bereich **52** der Keimschicht mit der Kurzschlusschicht **53** verbunden ist und der zweite Bereich **55** von der Kurzschlusschicht **53** und vom ersten Bereich **52** isoliert ist.

[0098] Beim Schritt **1310** wird dann das Substrat unter Verwendung der Kurzschlusschicht **53** mit einem elastischen Material galvanisiert, um ein Galvanisierungspotential auf den ersten Bereich **52** anzuwenden. Das elastische Material wird daher selektiv auf den ersten Bereich **52** der Keimschicht aufgebracht und bedeckt nicht den zweiten Bereich **55**. Beim Schritt **1312** wird dann die Opfermaterialschicht und der zweite Bereich **55** der Keimschicht, wie zuvor be-

schrieben, durch Auflösen des Opfermaterials in einem geeigneten Lösungsmittel entfernt. Es sollte jedoch angemerkt werden, dass sogar falls das elastische Material **58** zufällig auf den zweiten Bereich **55** geschichtet wird, dieses unerwünschte Beschichtungsmaterial später leicht wieder entfernt werden kann, ohne die gewünschten Federstrukturen zu beeinträchtigen, solange es nicht durchgängig zu dem auf den ersten Bereich **52** abgeschiedenen, elastischen Material **58** ist. In beiden Fällen ergibt sich aus der Anwendung des Verfahrens **1300** eine separate freistehende Federstruktur, von der eine beispielhafte in [Fig. 14D](#) gezeigt ist, ohne die Notwendigkeit irgendeines separaten Strukturierungsschritts.

[0099] Ein ähnlicher Prozess kann verwendet werden, indem eine teilweise umschließenden überhängenden Lippe verwendet wird, gemäß des in [Fig. 15](#) gezeigten Verfahrens **1500**. Für das Verfahren **1500** wird keine Kurzschlusschicht benötigt, jedoch wird ein zusätzlicher Schritt benötigt, um das elastische Material der Federstrukturen vom umgebenden Material zu trennen. Eine Draufsicht des Substrates während eines Schrittes des Verfahrens ist in [Fig. 16A](#) gezeigt und Querschnittsansichten des Substrates und der darauf geschichteten Materialien sind in [Fig. 16B-Fig. 16D](#) während der Schritte des Verfahrens gezeigt. Beim Schritt **1502** wird eine Schicht eines Opfermaterials gemäß einem der zuvor beschriebenen Verfahren aufgebracht. Beim Schritt **1504** wird eine wie oben beschriebene Abdruckfläche ausgebildet, mit der Ausnahme, dass die überhängende Lippe **96** die Abdruckfläche innerhalb der Vertiefung **86** nicht komplett umschließt. Wie in [Fig. 16A](#) gezeigt, ist die überhängende Lippe **96** ausgebildet, um die Vertiefung **86** auf drei Seiten zu umschließen, und auf der Seite, die neben der Oberseite der Opferschicht liegt und die Spitze der Federstruktur ausgebildet wird, ist keine Lippe ausgebildet. Beim Schritt **1506** ist eine Keimschicht **52** auf der Fläche der Opferschicht **30** unter Verwendung eines wie zuvor beschriebenen gerichteten Verfahrens aufgebracht. Da die Vertiefung **86** nicht komplett durch die überhängende Lippe umschlossen ist, ist die Keimschicht **52** mit der ansonsten überall auf der Fläche der Schicht **30** aufgetragenen Keimschicht elektrisch verbunden, wie in [Fig. 16A](#) gezeigt. Die Keimschicht **52** kann daher zur Galvanisierung des elastischen Materials **58** verwendet werden, und es wird keine Kurzschlusschicht für diesen Zweck benötigt (obwohl für andere Zwecke eine optional vorhanden sein kann).

[0100] Das Aussehen des Substrates nach dem Aufbringen der elastischen Materialschicht ist in [Fig. 16B](#) gezeigt. Wie auch aus [Fig. 16A](#) klar wird, wird die Schicht des elastischen Materials **58** auf allen Seiten der Vertiefung **86** geteilt sein, an denen keine Keimschicht aufgebracht war, ausgenommen in der Nähe der Oberfläche der Schicht **30**, wo sie mit

einer allgemeiner ausgebreiteten Schicht verbunden ist. Es ist daher nötig, das überschüssige elastische Material zu entfernen, was in Schritt **1510** gemacht wird, mittels irgendeines geeigneten Präzisionsbearbeitungsverfahrens, wie durch chemisch/mechanisches Polieren. Zur gleichen Zeit wird die Oberfläche der Schicht **30** bevorzugt geebnet, so dass die Spitzen der Federstrukturen aus den zuvor diskutierten Gründen in der gleichen Ebene angeordnet sind. Ein Querschnitt des Substrats nach dem Schritt **1510** ist in [Fig. 16C](#) gezeigt. Im nächsten Schritt wird der übriggebliebene Teil der Opferschicht **30** unter Verwendung irgendeines hierin beschriebenen Verfahrens entfernt, um die freistehende Federstruktur **60** zurückzulassen, wie in [Fig. 16D](#) gezeigt.

[0101] In einigen Fällen kann es vorteilhaft sein, eine Vielzahl von mikroelektronischen Federkontakten durch die wiederholte Verwendung eines einzelnen Formzahns (oder einer relativ kleinen Gruppe von Zähnen) auszubilden, anstelle der Verwendung eines Press- oder Formwerkzeuges mit einer Vielzahl von Zähnen, die einen relativ großen Bereich bedecken, wie den Bereich eines Plättchens oder Wafers. Die vorliegende Erfindung sieht ein "Eins-vor"-Verfahren **1700** vor, von dem für solche Fälle beispielhafte Schritte in [Fig. 17](#) gezeigt sind. Zum Beispiel kann das Verfahren **1700** vorteilhaft für kleine Produktionsabläufe sein oder Abläufe, die ein atypisches "Kundenspezifisches" Positionieren der Federstrukturen einschließen, da es die Notwendigkeit eines komplexen Presswerkzeuges mit vielen Zähnen vermeidet. [Fig. 18A-Fig. 18E](#) zeigen Querschnittsansichten eines Substrates und geschichteter Materialien während der Schritte des Verfahrens **1700**. [Fig. 18F](#) zeigt eine perspektivische Ansicht einer beispielhaften Formfläche **48**, die unter Verwendung des Verfahrens **1700** ausgebildet werden kann, zum Formen von Federstrukturen oder zur Verwendung als Presswerkzeug mit vielen Zähnen. Bei einem ersten Schritt **1702** wird eine Schicht Opfermaterial **30** auf das Substrat **32** aufgebracht. Bei einer Ausgestaltung der Erfindung ist die Schicht **30** ein Material, das durch eine Strahlen-Belichtung, wie dem Belichten mit UV-Licht oder mittels eines Elektronenstrahls, ausgehärtet (gehärtet) werden kann. [Fig. 18A](#) zeigt die Opferschicht nach dem Aufbringen während des Schrittes **1702**. Es ist auch ein beispielhaftes Einzelzahn-Presswerkzeug **34** mit einem Zahn **36** gezeigt. Der Zahn **36** ist wie zuvor beschrieben; jedoch ist bei einer Ausgestaltung der Erfindung der Zahn **36** zusätzlich mit einem strahlungstransparenten Bereich **39** und einem undurchsichtigen Bereich **41** versehen.

[0102] Eine Prozessschleife wird dann ausgeführt, die die Schritte **1704** bis **1708** aufweist. Bei einem ersten Zyklus der Schleife wird beim Schritt **1704** eine einzelne profilierte Abdruckfläche unter Verwendung des Zahns **36** ausgebildet. [Fig. 18B](#) zeigt das Substrat **32**, die Schicht **30** und den Zahn **36** wäh-

rend des Schrittes **1704**, bei dem der Zahn **36** voll in das Substrat **30** eingedrückt ist. Auf jeder Seite des Zahns **36** wird ein Grat **49** offensichtlich. Beim Schritt **1706**, während der Zahn **36** positioniert ist, wird die Abdruckfläche **48**, welche unter dem transparenten Bereich **39** des Zahns **36** liegt, vorzugsweise selektiv ausgehärtet. Bei einer Ausgestaltung der Erfindung wird UV-Licht durch den Zahn **36** gestrahlt, um den Bereich **31** zu härten. Der undurchsichtige Bereich **41** verhindert vorzugsweise, dass die Opferschicht **30** im Bereich der Basis ausgehärtet wird, so dass das Substrat dort leichter einer Schicht des elastischen Materials ausgesetzt werden kann. Die Schritte **1704** und **1706** werden wiederholt, bis die gewünschte Anzahl der Abdruckflächen **48** festgelegt wurde, wie durch den Entscheidungsschritt **1708** angezeigt. Das Aussehen des Substrats während eines zweiten Zyklus der Prozessschleife ist in [Fig. 18C](#) gezeigt und das Aussehen des Substrats nach dem zweiten Zyklus ist in [Fig. 18D](#) gezeigt. Zwei gehärtete Bereiche **31**, umgeben von ungehärteten Bereichen des Grates **49**, sind gezeigt. Diese ungehärteten Bereiche werden beim Schritt **1710** durch das Lösen in einem geeigneten Lösungsmittel leicht entfernt, wobei sie nur die Abdruckflächen **48**, die die ausgehärteten Bereiche **31** aufweisen, hinterlassen. Die Abdruckflächen können verwendet werden, um wie zuvor beschriebene Federstrukturen herzustellen. Alternativ können die Abdruckflächen **48** als Zähne eines Presswerkzeugs verwendet werden. Es sollte offensichtlich sein, dass Pressverfahren, die einen transparenten Zahn verwenden, wie beim Verfahren **1700**, leicht an Verfahren angepasst werden können, die Werkzeuge mit einer Vielzahl von transparenten Zähnen verwenden, die durch undurchsichtige Bereiche getrennt sind, welche z.B. verwendet werden können, um eine Vielzahl von parallelen Federstrukturen in Einzelpfättchen-, Mehrpfättchen- und Wafer-Größenordnungen auszubilden.

[0103] Ein ähnliches "Eins-vor"-Verfahren kann verwendet werden, um Abdruckflächen für Federkontakte unter Verwendung von Tauch-EDM auszubilden. Gemäß einem Tauch-EDM Verfahren ist ein geeignetes Tauch-EDM Werkzeug geformt wie der oben in Bezug auf das Verfahren **1700** diskutierte transparente Presszahn **36** und ersetzt diesen. Anstatt ein verformbares Substrat einzuprägen, wird das Tauch-EDM Werkzeug verwendet, um Abdruckflächen in einem im Wesentlichen nicht verformbaren, elektrisch leitfähigen Substrat auszubilden. Kandidaten für Abdruckflächen umfassen Metalle und Polymere, die mit leitenden Partikeln oder Fasern gefüllt sind. Die so ausgebildete Fläche kann als Form zur Ausbildung von Federkontakten verwendet werden oder als Mehrfachzahn-Ausbildungswerkzeug, abhängig von den Eigenschaften des leitenden Substrates und dem gewünschten Ziel.

[0104] Bei noch einer weiteren Ausgestaltung der

Erfindung wird die Federstruktur auf einem geformten Substrat unter Verwendung der Eigenschaften einer gerichteten Materialabscheidungstechnik wie Sputtern oder Aufdampfen ausgebildet, um so bestimmte Prozessschritte zu beseitigen. Beispielhafte Schritte eines Verfahrens **1900**, das eine gerichtete Abscheidungstechnik benutzt, sind in [Fig. 19](#) gezeigt. Beispielhafte Ansichten eines Substrats und von geschichteten Materialien während des Verfahrens **1900** sind in [Fig. 20A-Fig. 20E](#) gezeigt. Beim Schritt **1902** ist ein Substrat **32** vorgesehen, das typischerweise wenigstens eine freigelegte Kontaktfläche **46** hat. Beim Schritt **1904** ist die dielektrische Schicht **43** optional aufgebracht und strukturiert, wie in der Technik bekannt. Bei dem optionalen Schritt **1906** wird eine Kurzschluss- oder Adhäsionsschicht **53**, wie eine Schicht aus Titan, Titan-Wolfram oder Chrom, auf der Schicht **43** und der Kontaktfläche **46** aufgebracht, wie in der Technik bekannt. Der Zweck der Schicht **53** ist es, den nachfolgenden optionalen Beschichtungsschritt **1916** zu erleichtern. Falls Schritt **1916** weggelassen werden soll, wird der Schritt **1906** bevorzugt ebenfalls weggelassen. Beim Schritt **1908** wird eine Opferschicht eines verformbaren Materials **30** auf das Substrat **32** aufgebracht und geformt, wie durch das Einprägen mit einem Presswerkzeug, um eine Form für eine mikroelektronische Feder vorzusehen. Jedes hierin beschriebene geeignete, verformbare Material kann verwendet werden. Beim Schritt **1910** wird jeder Rückstand des verformbaren Materials **30**, das die Kontaktfläche **46** bedeckt, entfernt, wie z.B. durch die Verwendung eines geeigneten anisotropen Ätzprozesses. Eine Schicht eines metallischen Materials **52** wird dann auf die verformbare Schicht **32** unter Verwendung eines gerichteten Prozesses wie Sputtern oder Aufdampfen beim Schritt **1912** aufgebracht.

[0105] Beispielhafte Ansichten eines Substrates und geschichteter Materialien nach der Vervollständigung des Schrittes **1912** sind in [Fig. 20A](#) und [Fig. 20B](#) gezeigt. Eine Vertiefung **86** mit vertikalen oder relativ steilen Seitenwänden **87** wurde in Schicht **30** vorgesehen, wie z.B. durch ein Presswerkzeug mit einem geeignet geformten einprägenden Zahn. Für den Zweck des Verfahrens **1900** bedeutet "steil" weniger als etwa 45° zur Vertikalen und bevorzugt weniger als etwa 30° zu der Vertikalen geneigt (positiv oder negativ). Besonders bevorzugt sind die Seitenwände **87** zwischen etwa 0° bis 5° zur Vertikalen geneigt. Eine Bodenfläche der Vertiefung **86** weist eine Abdruckfläche **48** zum Festlegen der Form einer mikroelektronischen Federstruktur auf. Die Abdruckfläche **48** ist von der Oberseite **57** der formbaren Schicht **30** durch die Seitenwände **87**, welche bevorzugt den gesamten Umfang der Vertiefung **86** umgeben, isoliert und trennt dabei die Abdruckfläche **48** von der oberen Fläche **57** der Schicht **30**. Wie in [Fig. 20C](#) gezeigt, ist wegen der Eigenschaften des gerichteten Aufbringens die Dicke " t_1 " der Schicht **52**

auf der Formfläche **48** der Schicht **30** wesentlich größer als die Dicke " t_2 " auf den Seitenwänden **87**. Falls insbesondere die Seitenwände **87** im Wesentlichen vertikal sind oder über die Abdruckfläche **48** überhängen (d.h., sie sind in Bezug auf die Richtung des Aufbringens des gerichteten Aufbringungsverfahrens so geneigt, dass sie keine Stirnfläche zur Abscheidung von Material darauf anbieten), wird kein Material auf die Seitenwände aufgebracht. Obwohl die obere Fläche **57** der Schicht **30** als im Wesentlichen horizontal und eben gezeigt wird, ist die Form und Neigung der Fläche **57** nicht kritisch und kann eine Vielzahl von verschiedenen Formen haben, solange die Seitenwände **87** vorhanden sind und so geneigt sind, dass die Fläche **57** von der geformten Fläche **48** isoliert ist.

[0106] Beim Schritt **1914**, falls auf den Seitenwänden **87** vorhanden, wird die Schicht **52** isotrop geätzt, um die ganze an den Seitenwänden **87** anhaftende Schicht **52** zu entfernen, während sie auf der Formfläche **48** und der oberen Fläche **57** im Wesentlichen intakt bleibt. Das bedeutet, der Ätzschritt **1914** wird bevorzugt angehalten, sobald die Seitenwände **87** frei von aufgebrachtem metallischen Material sind, wobei zu diesem Zeitpunkt die Schicht **52** auf der Abdruckfläche **48** vorzugsweise eine gewünschte Dicke hat. Nach dem Schritt **1914** wird die Schicht **52** auf der Abdruckfläche **48** mit der Kurzschlusschicht **53** elektrisch verbunden bleiben. Ein isolierter Bereich **55** der Schicht **52** auf der oberen Fläche **57** der Schicht **30** wird physikalisch von der Schicht **52** auf der Abdruckfläche **48** isoliert, und vorzugsweise auch elektrisch isoliert von der Kurzschlusschicht **53**. Die Schicht **52** wird dann strukturiert, um eine Federstruktur festzulegen, indem die Abdruckfläche **48** von der oberen Fläche **57** durch die Seitenwände **87** getrennt wird und das metallische (oder elastische) Material von den Seitenwänden entfernt wird. Es sollte offensichtlich sein, dass, falls keine metallische Schicht **52** auf den Seitenwänden **87** nach dem Abscheidungsschritt **1912** vorliegt (falls z.B. die Seitenwände **87** vertikal oder überhängend sind), der Schritt **1914** unnötig sein wird und weggelassen werden kann.

[0107] Bei dem optionalen Schritt **1916** wird eine Schicht eines elastischen Materials **58** auf den Bereich der Schicht **52** auf der Abdruckfläche **48** aufgalvanisiert. Bevorzugt wird kein zusätzliches Material auf den isolierten Bereich **55** aufgebracht, weil er bevorzugt nicht mit der Kurzschlusschicht **53** verbunden ist, durch welche der Galvanisierungsstrom fließt. Eine Ansicht des Substrats und der geschichteten Materialien nach der Vervollständigung des Schritts **1916** ist in [Fig. 20D](#) gezeigt. Es wird bemerkt, dass die elastische Schicht **58** nicht den isolierten Bereich **55** berührt. Daher wird der isolierte Bereich **55** und die verformbare Opferschicht **30** leicht beim Schritt **1918** entfernt, wie durch die Auflösung in einem Ätzmittel, ohne das auf der Abdruckflä-

che **48** aufgebrachte elastische Material **58** zu verletzen. Es sollte weiterhin offensichtlich sein, dass, falls die metallische Schicht **52** ausreichend dick ist, um die gewünschte Stärke und Steifheit vorzusehen, der Beschichtungsschritt **1916** weggelassen werden kann. Insbesondere, wenn die Federstruktur mit versteifenden Strukturen versehen ist, wie z.B. ein profilierter oder gerippter Auslegerbereich, ist es weniger wahrscheinlich, dass die aufgalvanisierte Schicht **58** (welche verwendet werden kann, um Stärke und Steifheit vorzusehen) nötig ist. [Fig. 20E](#) zeigt eine Querschnittsansicht der sich ergebenden Federstruktur **60** nach der Entfernung der verformbaren Opferschicht **30** beim Schritt **1918**. Der isolierte Bereich **55** und die freigelegten Bereiche der Kurzschlusschicht **53** werden ebenfalls beim Schritt **1918** entfernt. Eine Vielzahl von mikroelektronischen Federstrukturen, wie die Struktur **60**, können daher parallel unter Verwendung des Verfahrens **1900** ausgebildet werden, ohne die Notwendigkeit irgendeines Struktur-Maskierungsschrittes.

[0108] Andere Strukturen können auf der Fläche eines Substrats zur gleichen Zeit und unter Verwendung der gleichen Prozesse wie bei der Ausbildung einer mikroelektronischen Feder ausgebildet werden. Insbesondere können Umverteilungsbahnen, Brücken und Kontakte mit einer Federstruktur gemäß der vorliegenden Erfindung ausgebildet werden. [Fig. 21A-Fig. 21D](#) zeigen ein Substrat und geschichtete Materialien während beispielhafter Schritte eines Verfahrens zur Ausbildung einer Umverteilungsbahn **45** und von Brücken **59** mit einer Federstruktur **60**. Obwohl das Verfahren **1900** für diesen Zweck angepasst ist, um eine Anwendung davon darzustellen, bei der die Galvanisierungsschritte weggelassen ist, kann jedes andere hierin beschriebene, geeignete Verfahren auch verwendet werden, um Strukturen parallel zu einer Federstruktur auszubilden. [Fig. 21A](#) zeigt ein Substrat mit einer Kontaktfläche, einer dielektrischen Schicht und einer verformbaren Schicht **30**, wie oben in Verbindung mit dem Verfahren **1900** beschrieben. Nach der Vorbereitung einer verformbaren Schicht **30** wird ein Presswerkzeug **34** verwendet, um eine Abdruckfläche **48**, einen Bahnfestlegenden Bereich **63** zum Ausbilden einer Umverteilungsbahn und Erhebungen **61** festzulegen.

[0109] [Fig. 21B](#) zeigt das Substrat mit dem Presswerkzeug **34**, das voll in die verformbare Schicht **30** eingepresst ist. Erhebungen **61** können jede geeignete Form haben und haben eine geringere Höhe als die Spitzenhöhe der auszubildenden Federstruktur. Bei einer Ausgestaltung der Erfindung haben die Erhebungen **61** eine Höhe und Form, die geeignet ist für eine Verwendung als Stopp-Strukturen, d.h. Strukturen die geeignet sind eine Über-Komprimierung ihrer begleitenden Federstrukturen zu verhindern. Zum Beispiel schließen geeignete Formen diese mit gebogenen, halbkreisförmigen, dreieckigen

oder rechteckigen Querschnitten ein, mit einer Höhe über dem Substrat, die ausreichend ist, um ein übermäßiges Zusammendrücken der Federstruktur zu verhindern. Die Erhebungen **61** können so ausgebildet werden, dass sie mit dem Bahnfestlegenden Bereich **63** verbunden sind oder von ihm isoliert sind.

[0110] Typischerweise ist ein Rückstand **51** auf dem Substrat **32** vorhanden nachdem das Werkzeug **34** entfernt wurde. Ein solcher Rückstand wird entfernt, um die Kontaktfläche **46** und die dielektrische Schicht **43** am Boden der Vertiefung **86** im Bereich der Umverteilungsbahn und der Basis für die Federstruktur freizulegen. Durch eine geeignete Ausgestaltung des Werkzeugs **34** ist die Vertiefung **86** durch steile Seitenwände **87** umgeben, welche die Abdruckfläche **48** und den Boden der Vertiefung **86** von der oberen Fläche **57** der verformbaren Schicht **30** trennen, wie zuvor hierin beschrieben. Eine Schicht eines elastischen Materials wird Allgemein auf das Substrat aufgebracht, einschließlich auf dem Boden der Vertiefung **86** und auf der Abdruckfläche **48**, unter Verwendung einer gerichteten Aufbringtechnik. [Fig. 21C](#) zeigt das geformte elastische Material **52** nach dem Aufbringen der elastischen Schicht **58**. Bei diesem Beispiel ist die Schicht **58** ausreichend dick, so dass keine zusätzliche elastische Schicht benötigt wird.

[0111] Die verformbare Schicht **30** wird dann entfernt, was eine Federstruktur **60** mit einer einteiligen Umverteilungstrasse freilegt, wie in [Fig. 21D](#) gezeigt. Bei diesem Beispiel hat die Federstruktur **60** einen profilierten Ausleger für eine erhöhte Steifheit. Die Brücken **59** entsprechen den durch das Werkzeug **34** ausgebildeten Erhebungen **61**. Die Brücken **59** können dazu dienen, eine Druckentlastung für die Bahn **45** vorzusehen, insbesondere falls die Bahn **45** relativ lang ist. Die Brücken **59** können auch als Anschlag-Strukturen für die Federstruktur **60** dienen. Zusätzliche Brücken (nicht gezeigt) können zusätzlich vorgesehen sein, die von jedem Kontaktelement elektrisch isoliert sind und daher eine rein mechanische Funktion erfüllen, wie z.B. einen mechanischen Anschlag. Daher kann ein komplettes Kontaktsystem, einschließlich einer Vielzahl von Federkontakten, zugehöriger Umverteilungsbahnen und Anschlag-Strukturen unter Verwendung relativ weniger Prozessschritte hergestellt werden. Um weiter eine Anwendung des Verfahrens darzustellen, zeigt [Fig. 22](#) beispielhaft zwei von vielen Kontaktstrukturen mit integralen Umverteilungsbahnen, um eine Abstandspreizungsfunktion von einem relativen kleinen Abstand "p1" an den Kontaktflächen zu einem größeren Abstand "p2" an den Spitzen der Federelemente auszuführen. Eine große Variation von geometrischen Ausgestaltungen zur Abstandspreizung und anderer Umverteilungszwecke ist möglich, ohne sich vom Schutzbereich der Erfindung zu entfernen.

[0112] Bei einer alternativen Ausgestaltung wird eine separat ausgebildete Anschlag-Struktur vorgesehen, wie weiter in der parallelen Anmeldung Seriennr. 09/364,855, angemeldet am 30. Juli 1999, Titel "INTERCONNECT ASSEMBLIES AND METHODS" von Eldridge and Mathieu beschrieben, welche hiermit hierin durch Bezug eingeschlossen ist, um ein übermäßiges Zusammendrücken der mikroelektronischen Federstrukturen bei der Anwendung einer Kontaktkraft zu vermeiden, gemäß den hierin beschriebenen Verfahren. Perspektivische Ansichten eines Substrats **32** mit einer Anordnung von profilierten, mikroelektronischen Federkontakten **60** und versehen mit Anschlag-Strukturen **47**, sind in [Fig. 23A](#) bis [Fig. 23C](#) gezeigt. Das Substrat ist in [Fig. 23C](#) auf Wafer-Ebene gezeigt. Eine Ansicht eines einzelnen Plättchens **97** auf dem Wafer, die eine Anordnung von Federstrukturen **60** auf dem Plättchen zeigt, ist in [Fig. 23B](#) gezeigt. Eine detaillierte Ansicht einer einzelnen, profilierten Federstruktur **60** und einer umgebenden Anschlag-Struktur **47** ist in [Fig. 23C](#) gezeigt. Es sollte offensichtlich sein, dass die Federstrukturen in jeglichem gewünschten Muster auf dem Substrat aufgebracht sein können. Insbesondere können Federstrukturen an Stellen des Substrates aufgebracht werden, die entfernt von den unterliegenden Kontaktflächen und Durchführungen liegen durch das Erzeugen einer Zwischen-Umverteilungsschicht zwischen den Kontaktflächen oder den Durchführungen und den Federstrukturen, wie weiter beschrieben in der oben genannten parallelen Anmeldung Seriennr. 09/364,855.

[0113] Es sollte offensichtlich sein, dass die hierin beschriebenen profilierten mikroelektronischen Federstrukturen, wie die in [Fig. 23A](#) bis [Fig. 23C](#) gezeigten, auch für andere Arten von Verbindungsanordnungen verwendet werden können, wie z.B. Prüfkartenanordnungen, Zwischenelemente und andere Verbindungssysteme, bei denen ein elektrischer Kontakt zu oder durch ein Substrat gewünscht ist. Insbesondere können solche Federstrukturen verwendet werden sowohl zur Herstellung von temporären Verbindungen bei hohen Temperaturen während eines Einbrennprozesses auf Wafer- oder Chip Ebene, als auch nachfolgend zur Herstellung von permanenteren Verbindungen bei Zimmertemperatur zwischen dem Substrat und einer elektronischen Komponente, wie einer gedruckten Leiterplatte. Es wird angenommen, dass die niedrigen Kosten und die Vielseitigkeit der Federstrukturen die Kosten, die mit Hochtemperatur-Testen verbunden sind, durch das Ermöglichen des Testens bei höheren Temperaturen erheblich reduzieren werden und daher einen höheren Durchsatz erreichen als bei der Verwendung von Verfahren gemäß dem Stand der Technik möglich ist.

[0114] Die Verfahren der vorliegenden Erfindung werden weiter durch das folgende Beispiel erläutert:

Beispiel

[0115] Ein Silizium-Wafer mit einer 0,5 Mikrometer Oberflächenoxidschicht wurde als Prototyp-Substrat ausgewählt. Eine Schicht Chrom wurde auf eine Fläche des Substrats aufgesputtert, gefolgt von einer Schicht Gold, um eine Kurzschlusschicht vorzusehen. Eine 4,0 mil (100 Mikrometer) dicke Schicht eines negativen Trockenfilm-Photolacks wurde auf die gesputterte Goldschicht unter Verwendung eines Vakuumbeschichters aufgebracht. Eine zweite, 3,0 mil (75 Mikrometer) dicke Schicht der gleichen Art von Photolack wurde auf die erste Schicht aufgebracht. Das Substrat wurde auf einer heißen Platte plaziert und erhitzt bis der Photolack weich war. Ein Einprägwerkzeug mit vorstehenden dreieckigen Zähnen, die zur Herstellung der gewünschten Federform profiliert sind, wurde in die Photolackbeschichtung gepresst, während die Beschichtung weich war. Das Substrat wurde gekühlt und das Einprägwerkzeug wurde entfernt. Eine Photolithographie-Maske und UV-Licht wurden verwendet, um die Photolackschicht überall, mit Ausnahme des Bereichs der Federbasiskontakte, zu belichten (und daher zu vernetzen). Der Photolack wurde unter Verwendung eines Spray-Entwicklers mit einer Standard-Natriumcarbonat-Entwicklerlösung entwickelt, welche den nicht entwickelten Photolack von den Federbasiskontakten entfernte. Die Federbasiskontakte wurden dann unter Verwendung eines Sauerstoffplasma-Deskum für 10 Minuten gereinigt. Eine Keimschicht aus Metall (Palladium/Gold) für einen nachfolgenden Galvanisierungsschritt wurde auf die gesamte Fläche der Photolackbeschichtung und die freiliegenden Basisbereiche gesputtert. Eine 4,0 mil Schicht eines Trockenfilm-Photolacks wurde auf die gesputterte Schicht unter Verwendung eines Vakuumbeschichters bei 80°C aufgebracht. Der Photolack wurde unter Verwendung einer Photolithographie-Maske dem UV-Licht ausgesetzt, um den Lack über der Abdruckfläche, in der die Federn auszubilden waren, abzuschirmen. Der Photolack wurde dann entwickelt, um in dem Bereich der Abdruckfläche entfernt zu werden, und dann wurde ein Plasma-Deskum verwendet, um die Abdruckfläche wie zuvor zu reinigen. Ein elastisches Federmetall (Nickel) wurde in die Abdruckform durch Galvanisieren für 20 Minuten bei etwa 50 ASF Stromdichte aufgebracht. Das Substrat wurde aus der Galvanisierungslösung entfernt und in eine Lösung von RD87 Negativ-Photolackentferner getaucht, um alle Schichten des Photolacks zu entfernen. Eine freistehende Federstruktur verblieb auf dem Substrat mit einer Dicke von 12 Mikrometern (etwa 0,5 mil), ein in Draufsicht dreieckiger freitragender Ausleger, der sich etwa 180 Mikrometer (7 mils) von der Oberfläche des Substrats weg erstreckte.

[0116] Mit der hierin beschriebenen bevorzugten Ausgestaltung eines Verfahrens zur Ausbildung mikroelektronischer Federstrukturen sollte es dem

Fachmann offensichtlich sein, dass bestimmte Vorteile der Erfindung erreicht wurden. Es sollte auch offensichtlich sein, dass innerhalb des Schutzbereichs der vorliegenden Erfindung verschiedene Veränderungen, Anpassungen und alternative Ausgestaltungen davon gemacht werden können. Zum Beispiel wurde ein Verfahren zur Ausbildung mikroelektronischer Federkontaktstrukturen erläutert, aber es sollte offensichtlich sein, dass die oben beschriebenen erfinderischen Konzepte ebenso anwendbar wären, um ähnliche Strukturen für andere Zwecke auszubilden. Zum Beispiel könnten elektromechanische Federkontakte, wie Relais oder reine mechanische Federn, auf einer Vielzahl von Substraten für verschiedene Anwendungen unter Verwendung der hierin beschriebenen Verfahren ausgebildet werden. Zusätzlich können andere lithografische Arten von Strukturen, die offene profilierte Materiallagen aufweisen, wie Kanäle, Trichter und Klingen, durch ein geeignetes Anpassen der hier genannten Verfahren in mikroskopischer Größenordnung hergestellt werden. Die Erfindung ist weiter durch die folgenden Ansprüche definiert.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Ausbildung einer Vielzahl von elektrisch leitenden Kontaktstrukturen (**60**) auf einem elektronischen Bauelement (**32**), das eine Vielzahl von elektrisch leitenden Kontaktelementen (**44**, **46**) aufweist, wobei jede Kontaktstruktur (**60**) eine Basis, die mit einem der Kontaktelemente (**44**, **46**) verbunden ist, und einen Ausleger aufweist, wobei das Verfahren aufweist:

Aufbringen (**102**) einer Schicht (**30**) aus verformbarem Material auf das elektronische Bauteil (**32**);
 Bereitstellen eines Presswerkzeugs (**34**), das eine Vielzahl von Zähnen aufweist, wobei jeder der Zähne einen vorspringenden Bereich (**36**), einen profilierten Bereich (**38**), und einen vertieften Bereich (**42**) aufweist, wobei jeder vorspringende Bereich (**36**) eine Basis (**50**) für eine der Kontaktstrukturen (**60**) festlegt und zu einem der Kontaktelemente (**44**, **46**) auf dem elektronischen Bauelement (**32**) korrespondiert, wobei jeder profilierte Bereich (**38**) zwischen dem vorspringenden Bereich (**36**) und dem vertieften Bereich (**42**) verläuft und einen Ausleger einer der Kontaktstrukturen (**60**) festlegt, und wobei jeder vertiefte Bereich (**42**) eine Abtrennung zwischen den angrenzenden Kontaktstrukturen (**60**) festlegt;
 Ausrichten der vorspringenden Bereiche des Presswerkzeugs (**34**) zu den Kontaktelementen (**44**, **46**) des elektronischen Bauelements (**32**);
 Pressen des Presswerkzeugs (**34**) in das verformbare Material (**30**), wobei die Vielzahl der vorspringenden Bereiche (**36**) Abdrücke von Basen (**50**) der Kontaktstrukturen (**60**) in das verformbare Material einformt und die Vielzahl der profilierten Bereiche (**38**) Auslegerabdrücke von Ausleger der Kontaktstrukturen (**60**) in das verformbare Material einformt;

Entfernen des Presswerkzeugs (34);
 Aufbringen (106) einer Keimschicht (52) aus leitendem Material auf dem verformbaren Material;
 Strukturieren (108) einer Maskenmaterialschicht (54) auf der Keimschicht (52), wobei Strukturen im Maskenmaterial mit Paaren der Ausleger- und Basenabdrücke übereinstimmen;
 Aufbringen (110) eines Kontaktstrukturmaterials (58) in den Abdrücken durch Aufbringen des Kontaktstrukturmaterials auf die Keimschicht (52) durch die Strukturen im Maskenmaterial (54); und
 Entfernen (112) des Maskenmaterials (54) und des verformbaren Materials (30);
 gekennzeichnet dadurch, dass der profilierte Bereich (38) ein Profil über die Breite des festgelegten Auslegers ausbildet und eine gekrümmte Neigung aufweist.

2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei der Schritt des Aufbringen (102) einer Schicht von verformbarem Material (30) auf ein elektronisches Bauelement (32) aufweist:
 Platzieren (402) des elektronischen Bauelements (32) in eine Form (71); und
 Einspritzen (404) des verformbaren Materials (30) in die Form (71).

3. Verfahren nach Anspruch 1, das ferner eine Planarisierung der Schicht aus verformbarem Material (30), das auf das elektrische Bauelement aufgebracht wurde, aufweist.

4. Verfahren nach Anspruch 1, das ferner während dem Schritt des Pressens des Presswerkzeugs in das verformbare Material (30), ein Erhitzen des Presswerkzeugs (34) aufweist.

5. Verfahren nach Anspruch 4, das ferner nach dem Erhitzen des Presswerkzeugs (34) ein Abkühlen des Presswerkzeugs, während das Presswerkzeug in das verformbare Material (30) gepresst wird, aufweist.

6. Verfahren nach Anspruch 1, das weiter ein Abkühlen des Presswerkzeugs, während das Presswerkzeug (34) in das verformbare Material gepresst wird, aufweist.

7. Verfahren nach Anspruch 1, wobei wenigstens eine der profilierten Bereiche (38) eine gerippte Oberfläche (62, 66) oder eine geriffelte Oberfläche (64) aufweist.

8. Verfahren nach Anspruch 1, wobei wenigstens einer der profilierten Bereiche (38) aus einer Gruppe bestehend aus einer V-Form, einer U-Form oder einer Verzweigung ausgewählt wird.

9. Verfahren nach Anspruch 1, wobei das Profil eine Kurve aufweist, die aus der Gruppe bestehend

aus einer U-Kurve, einer V-Kurve (66), einer S-Kurve und einer gefalteten Linie ausgewählt wird, um wenigstens eine vorspringende Rippe (62) bereitzustellen.

10. Verfahren nach Anspruch 1, wobei das verformbare Material (30) elastisch ist.

11. Verfahren nach Anspruch 1, wobei der Schritt des Aufbringen (110) von Kontaktstrukturmaterial (58) das Aufbringen des Kontaktstrukturmaterials unter Verwendung eines elektronenfreien Aufdampfprozesses aufweist.

12. Verfahren nach Anspruch 1, wobei das elektronische Bauelement (32) eine Vielzahl von Plättchen aufweist, die einen ungeteilten Halbleiter-Wafer bilden.

13. Verfahren nach Anspruch 12, wobei die Kontaktelemente (44, 46) die Anschlussstellen der Plättchen sind.

14. Verfahren nach Anspruch 1, wobei das verformbare Material (30) aus einer Gruppe bestehend aus Polymethylmethacrylaten, Polycarbonaten, Polyurethanen, ABS-Kunststoffen, Photolacken, Novolac-Harzen, Epoxies und Wachsen ausgewählt wird.

15. Verfahren nach Anspruch 1, wobei das verformbare Material (30) aus einer Gruppe bestehend aus Polymethylmethacrylaten, Photopolymeren, Novolac-Harzen und Epoxies ausgewählt wird.

16. Verfahren nach Anspruch 1, wobei das verformbare Material (30) ein thermoplastisches Material aufweist.

Es folgen 17 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

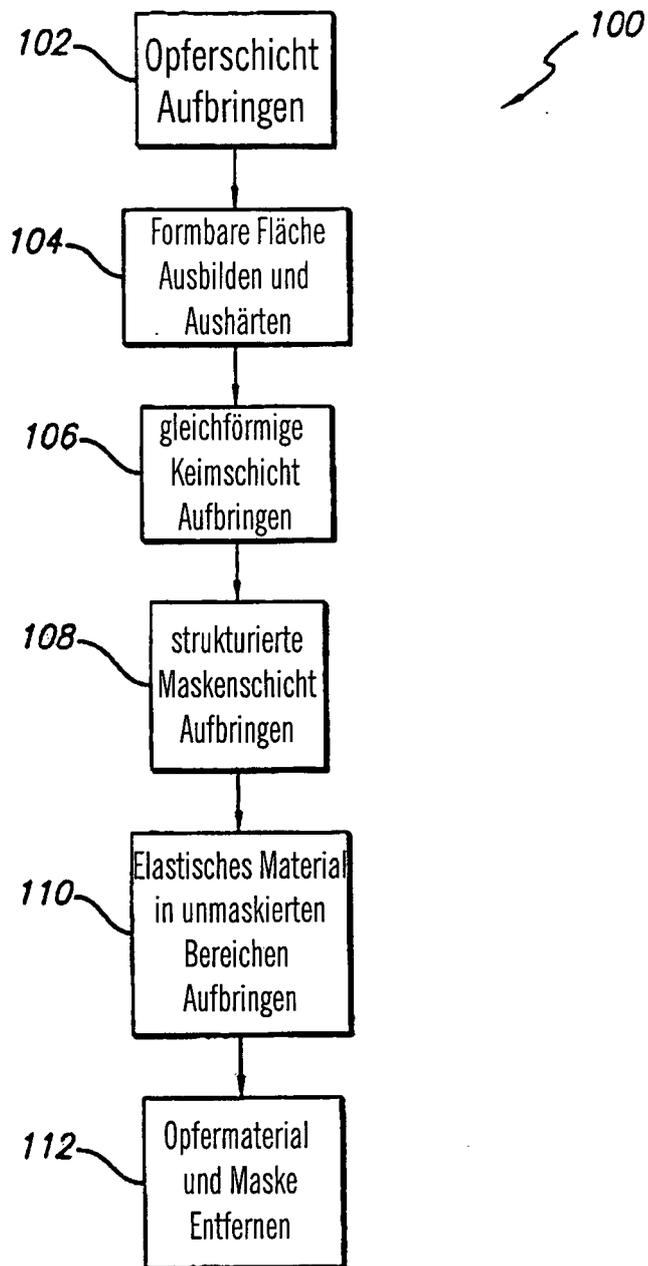


FIG. 1

FIG. 2A

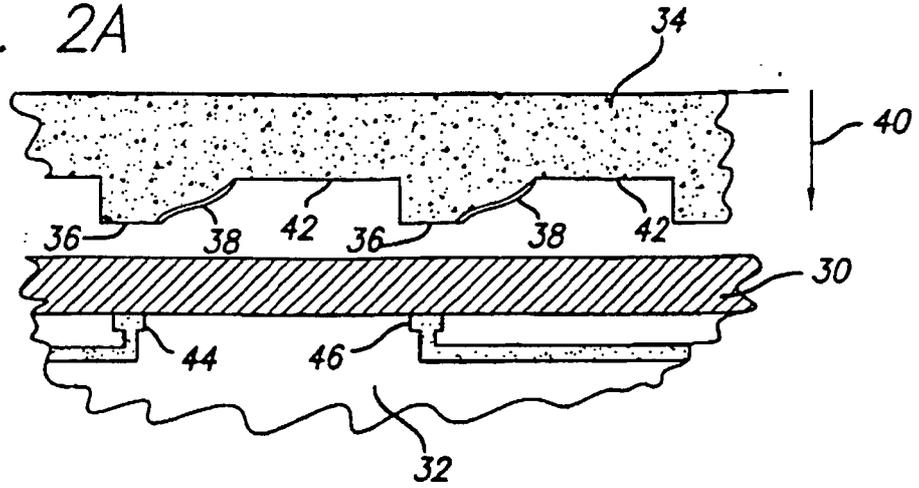


FIG. 2B

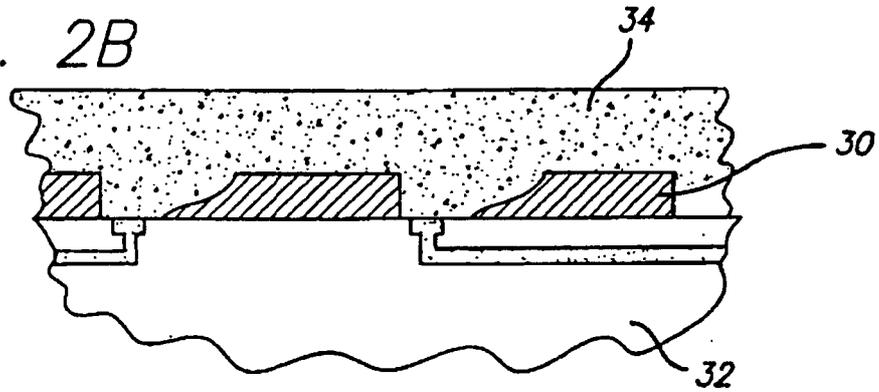


FIG. 2C

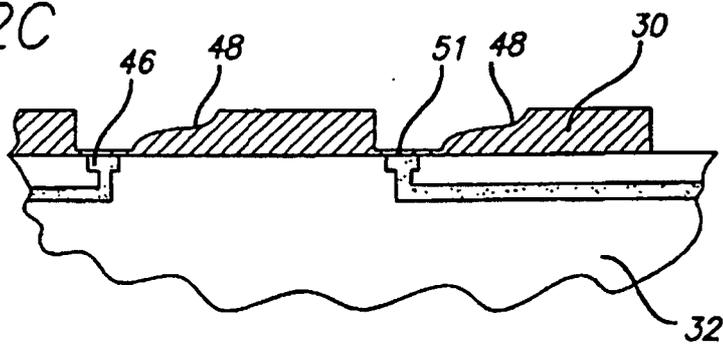
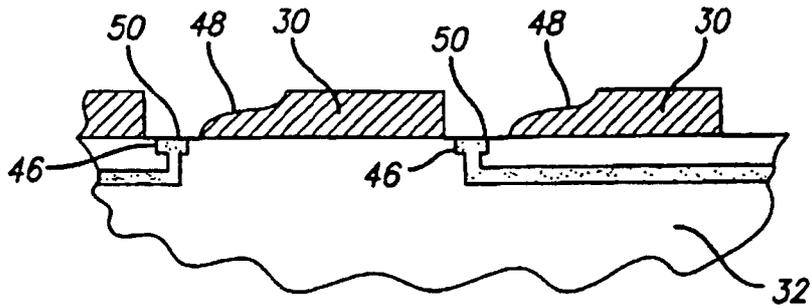
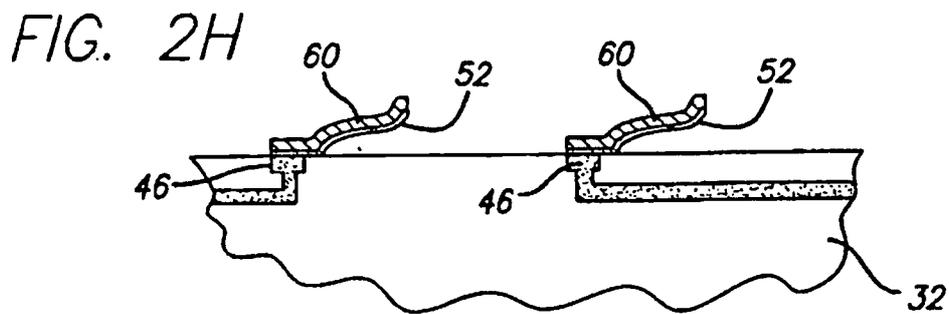
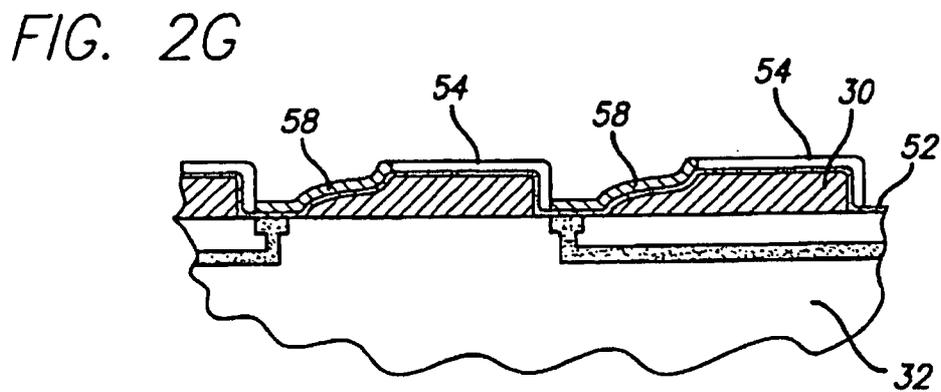
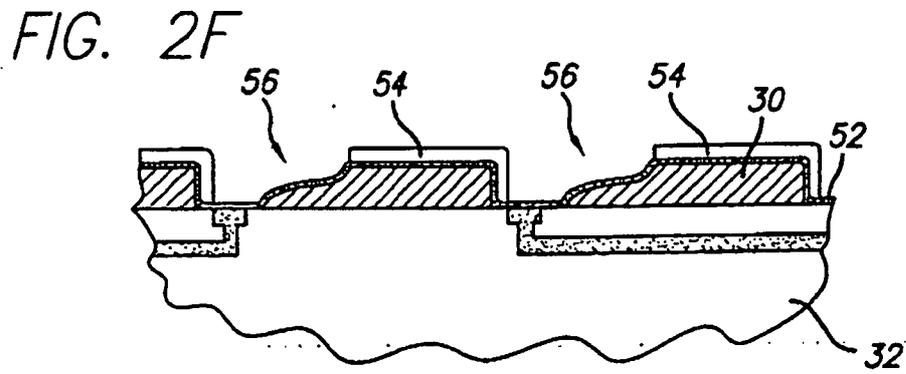
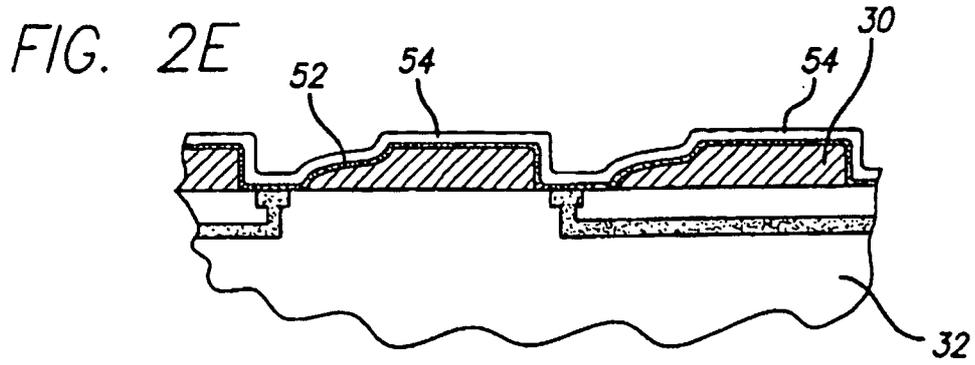


FIG. 2D





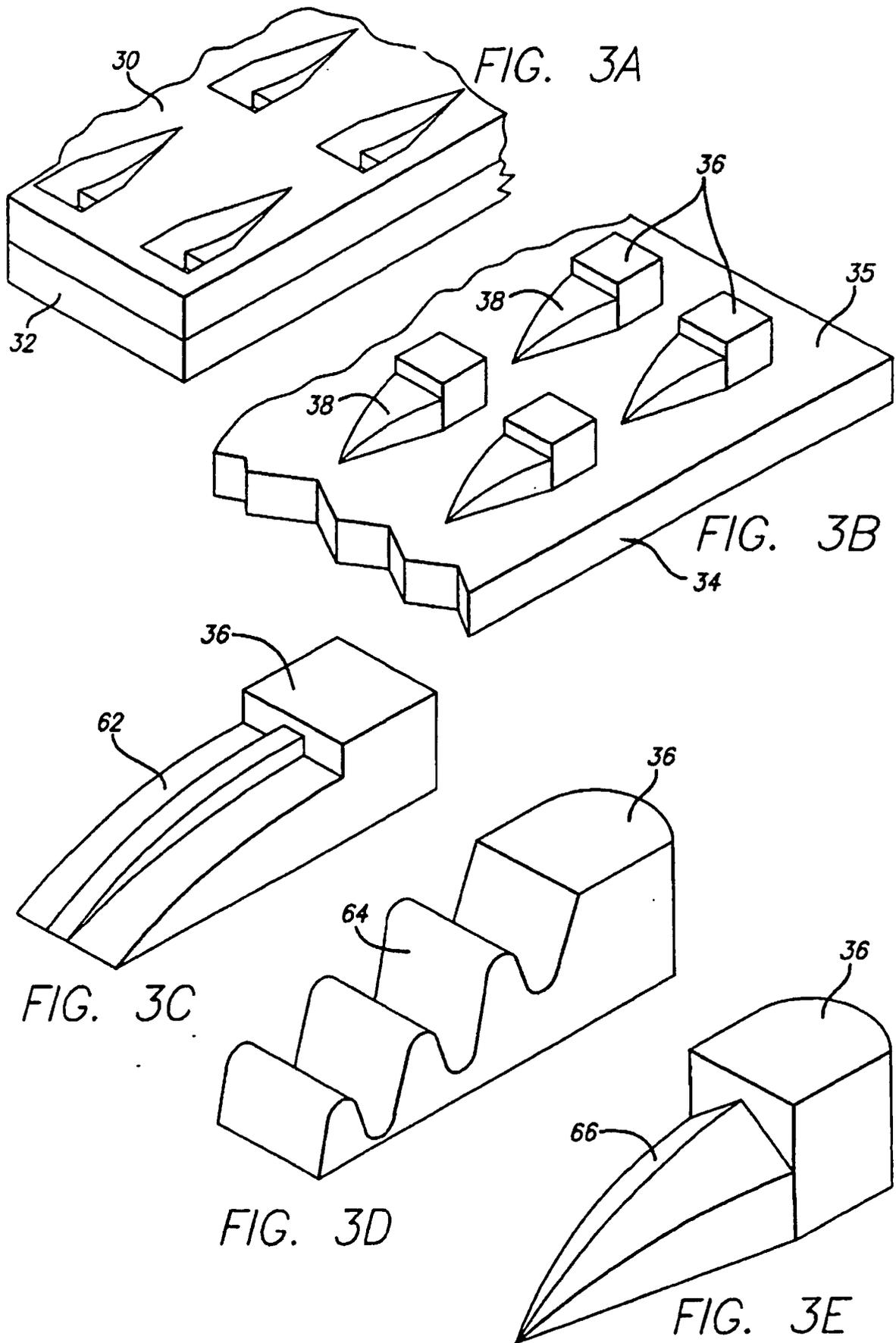


FIG. 3F

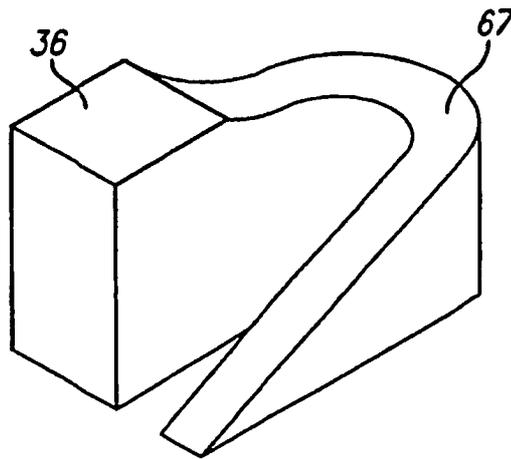


FIG. 3G

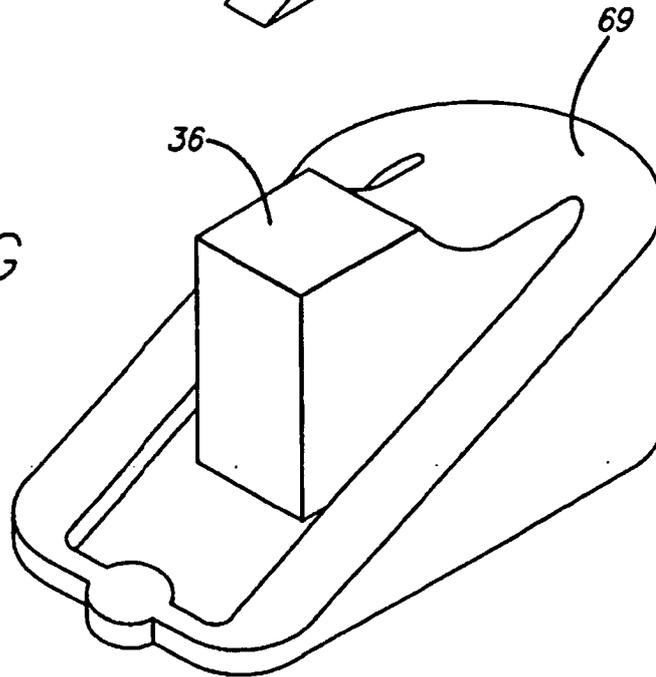
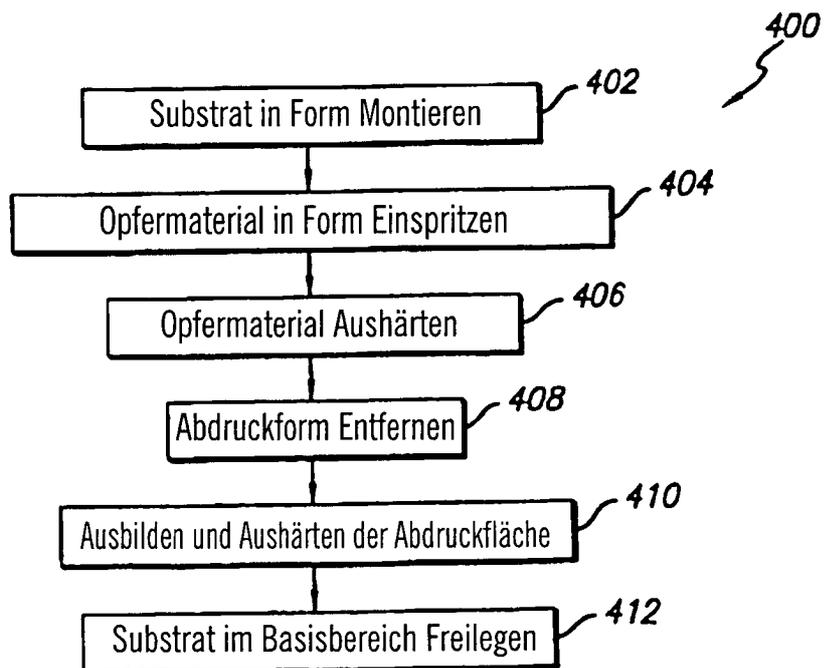
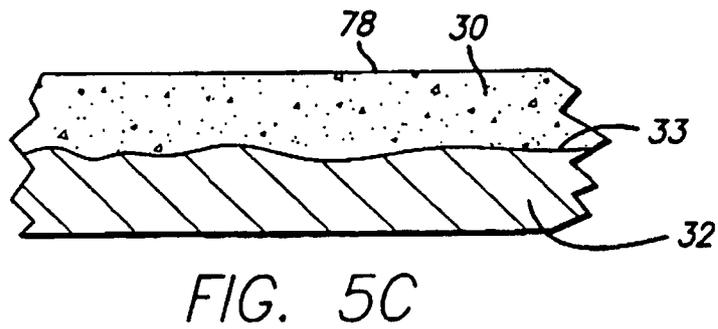
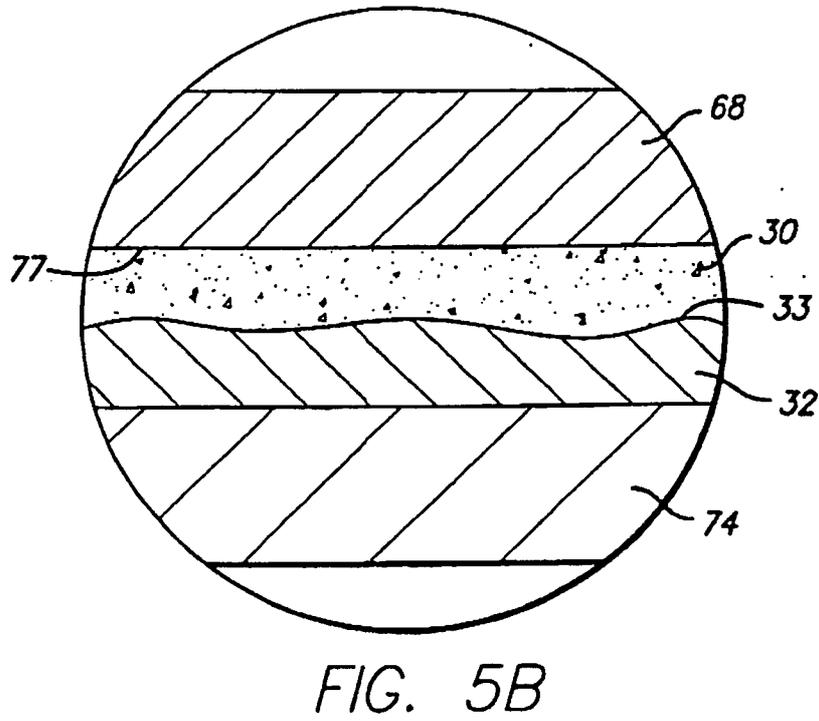
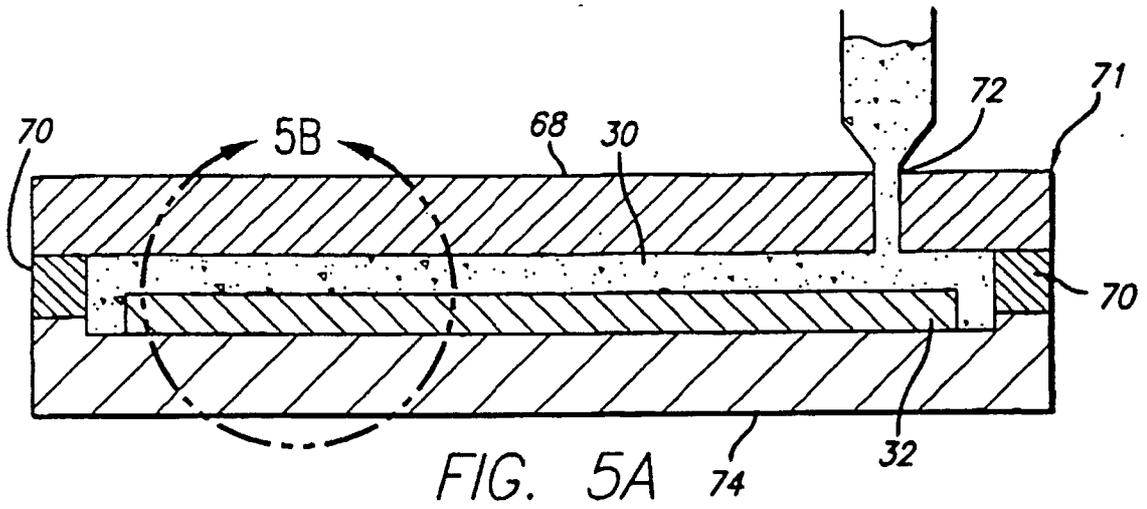


FIG. 4





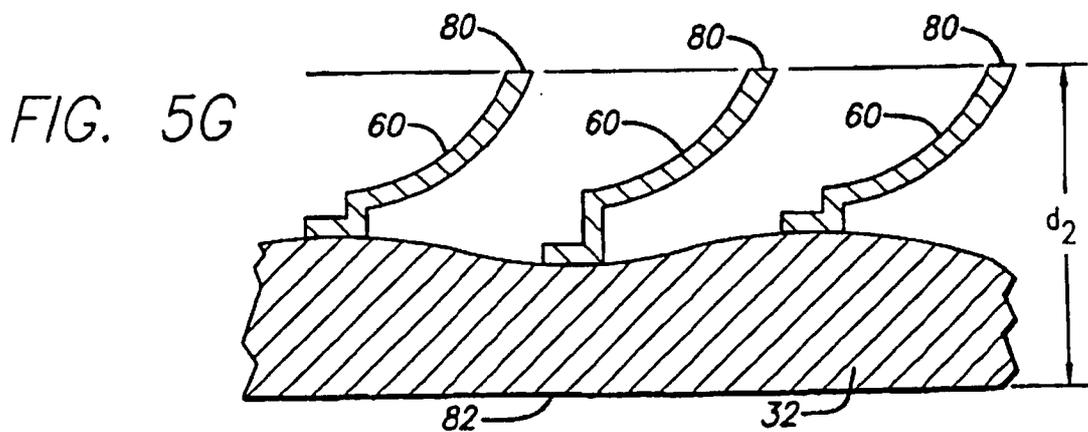
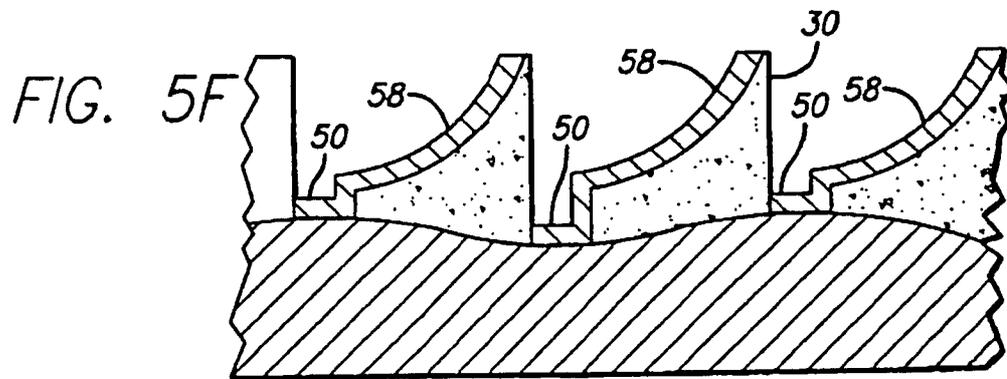
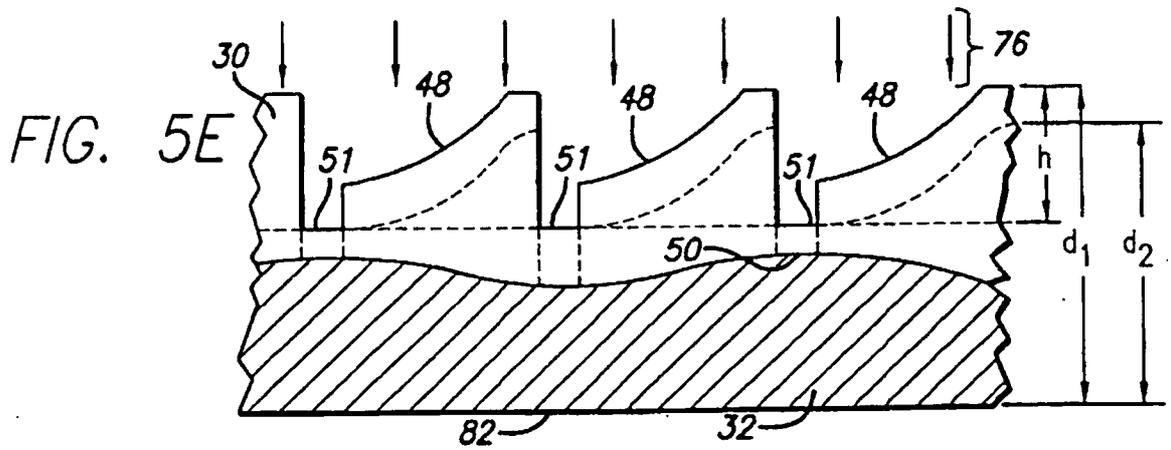
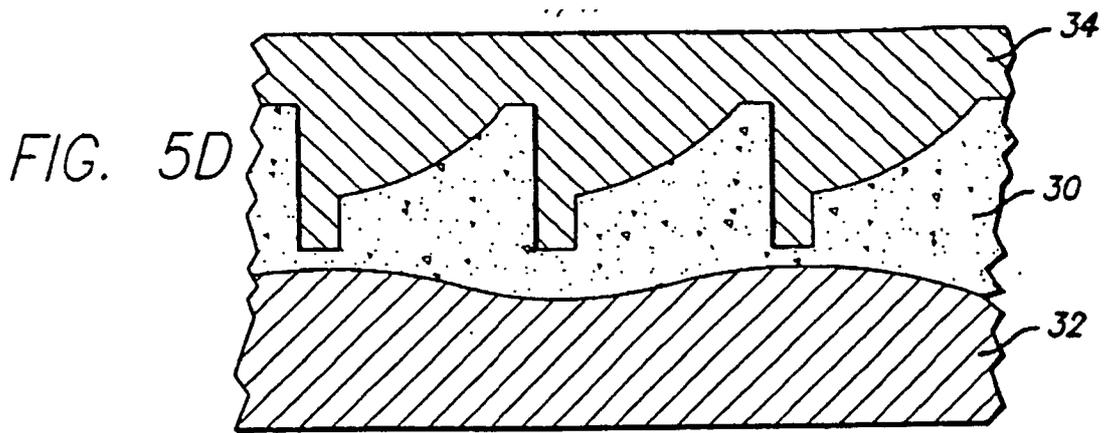


FIG. 6

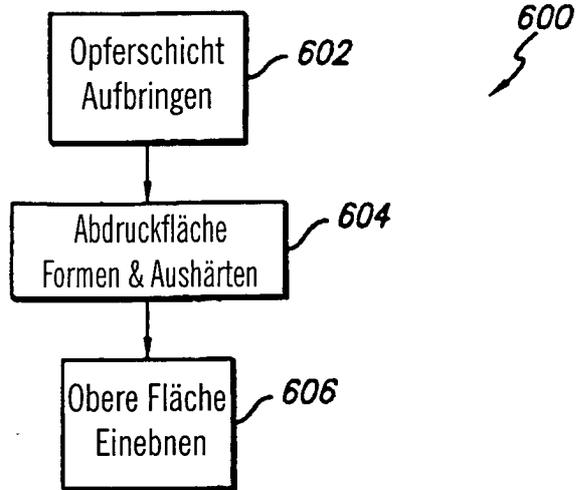
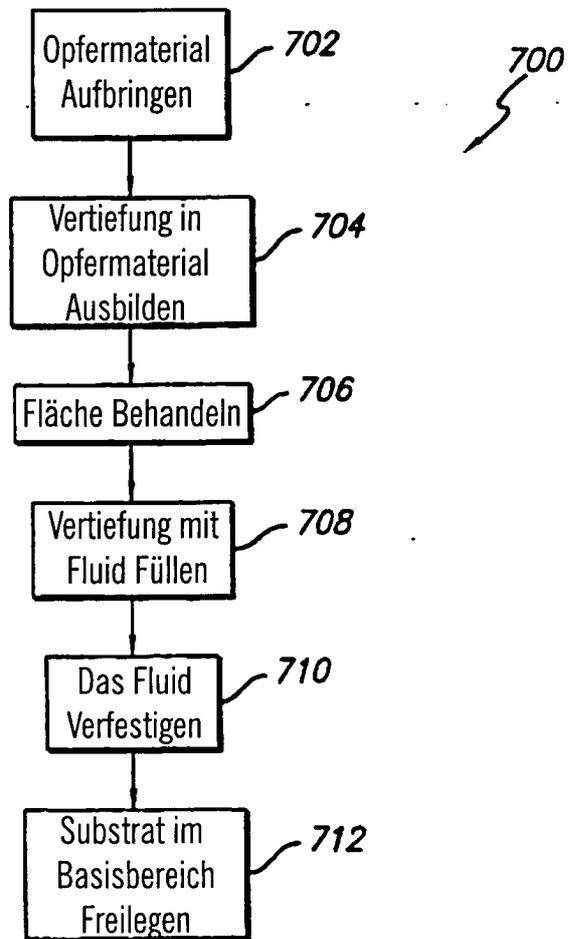
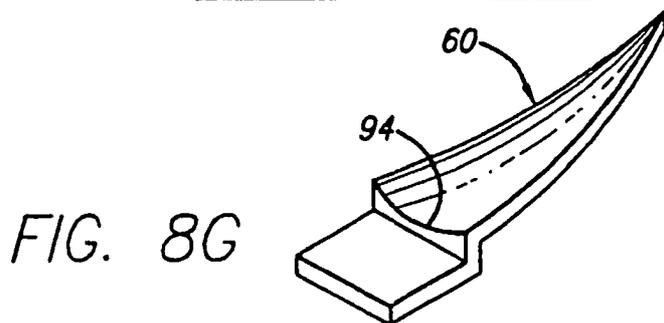
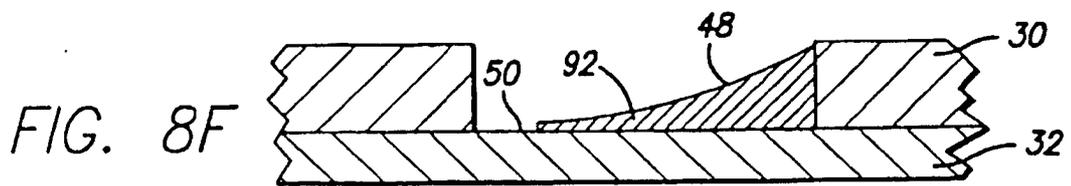
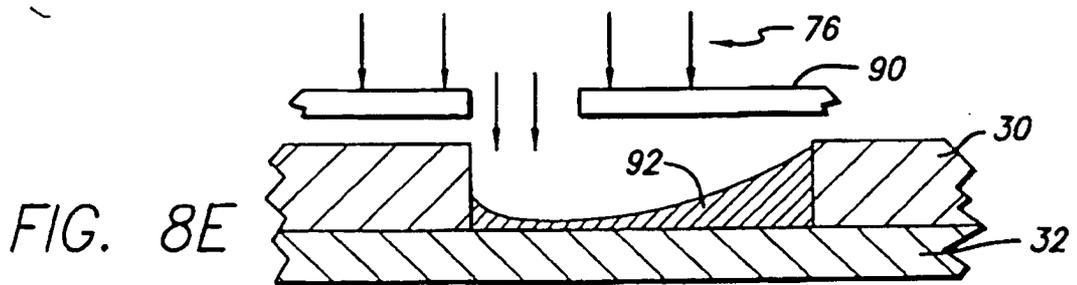
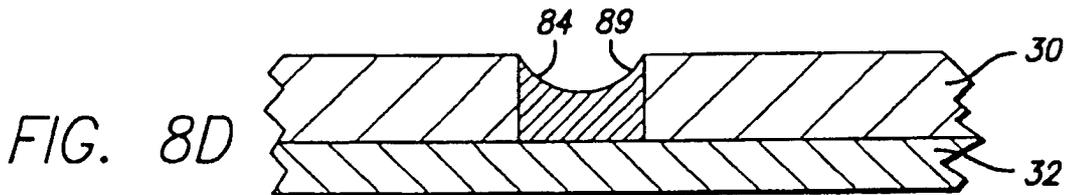
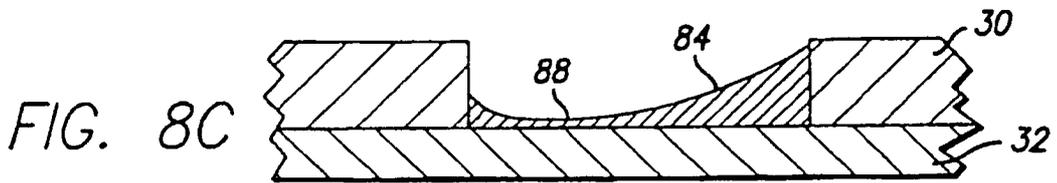
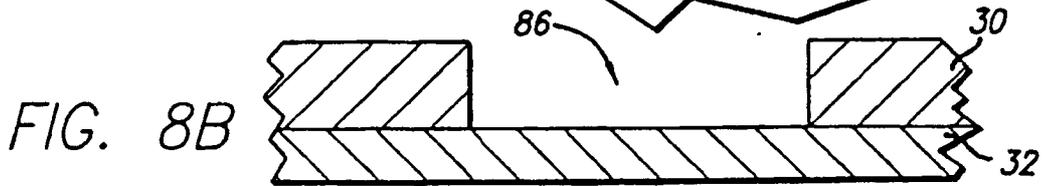
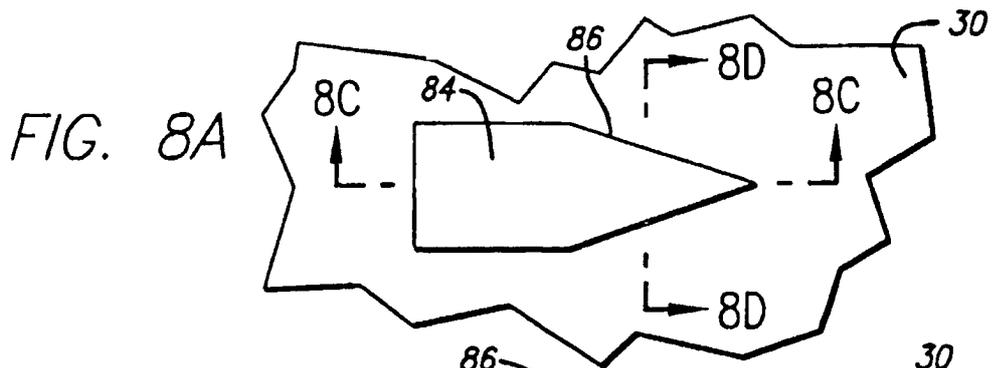
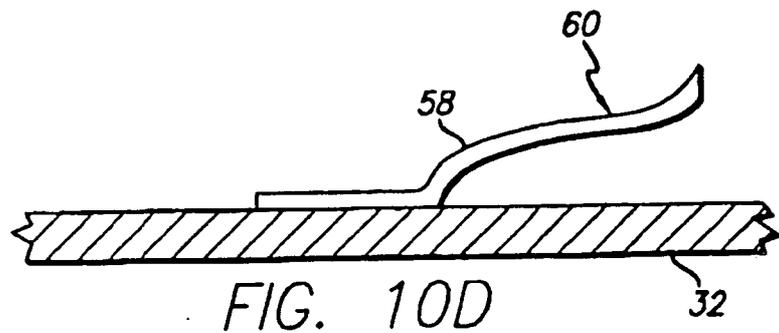
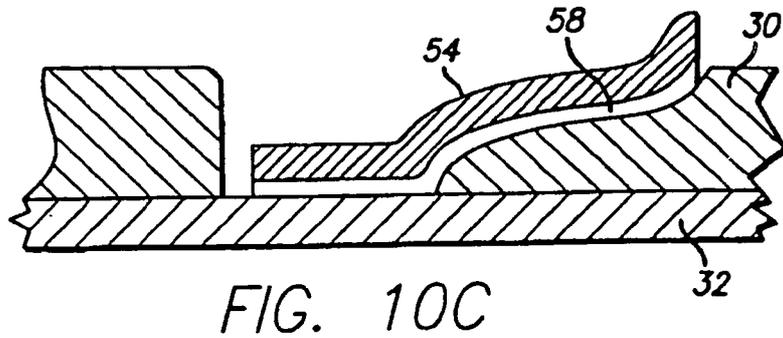
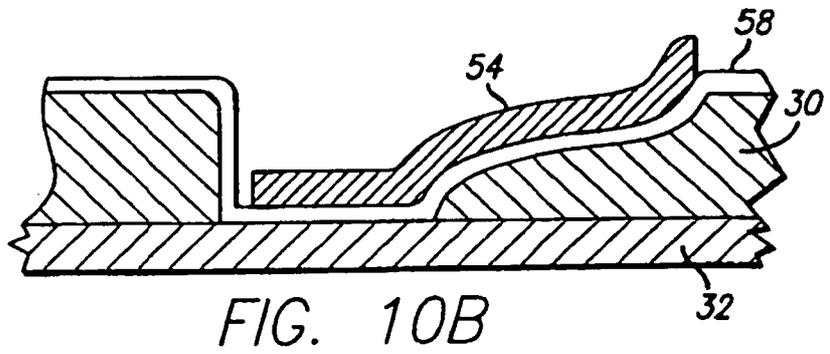
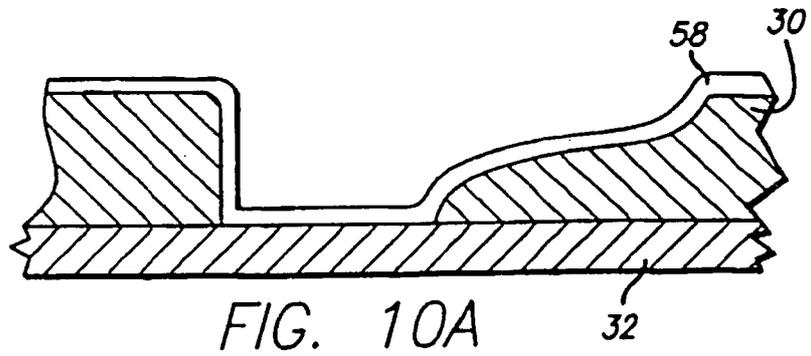
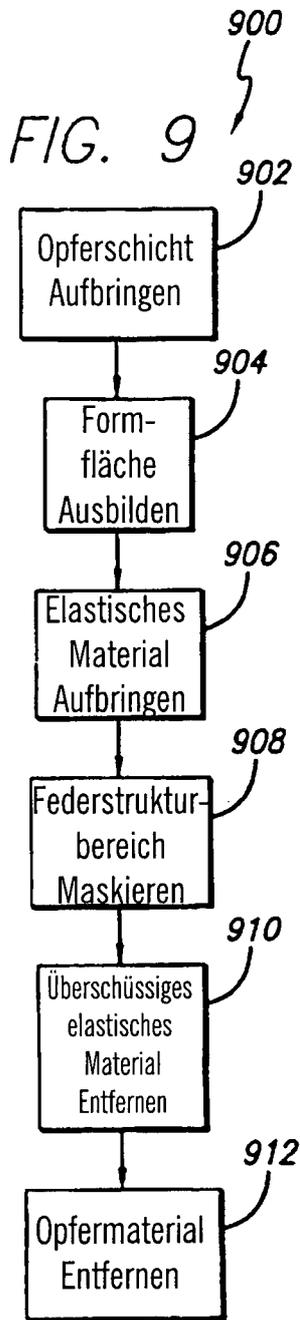


FIG. 7







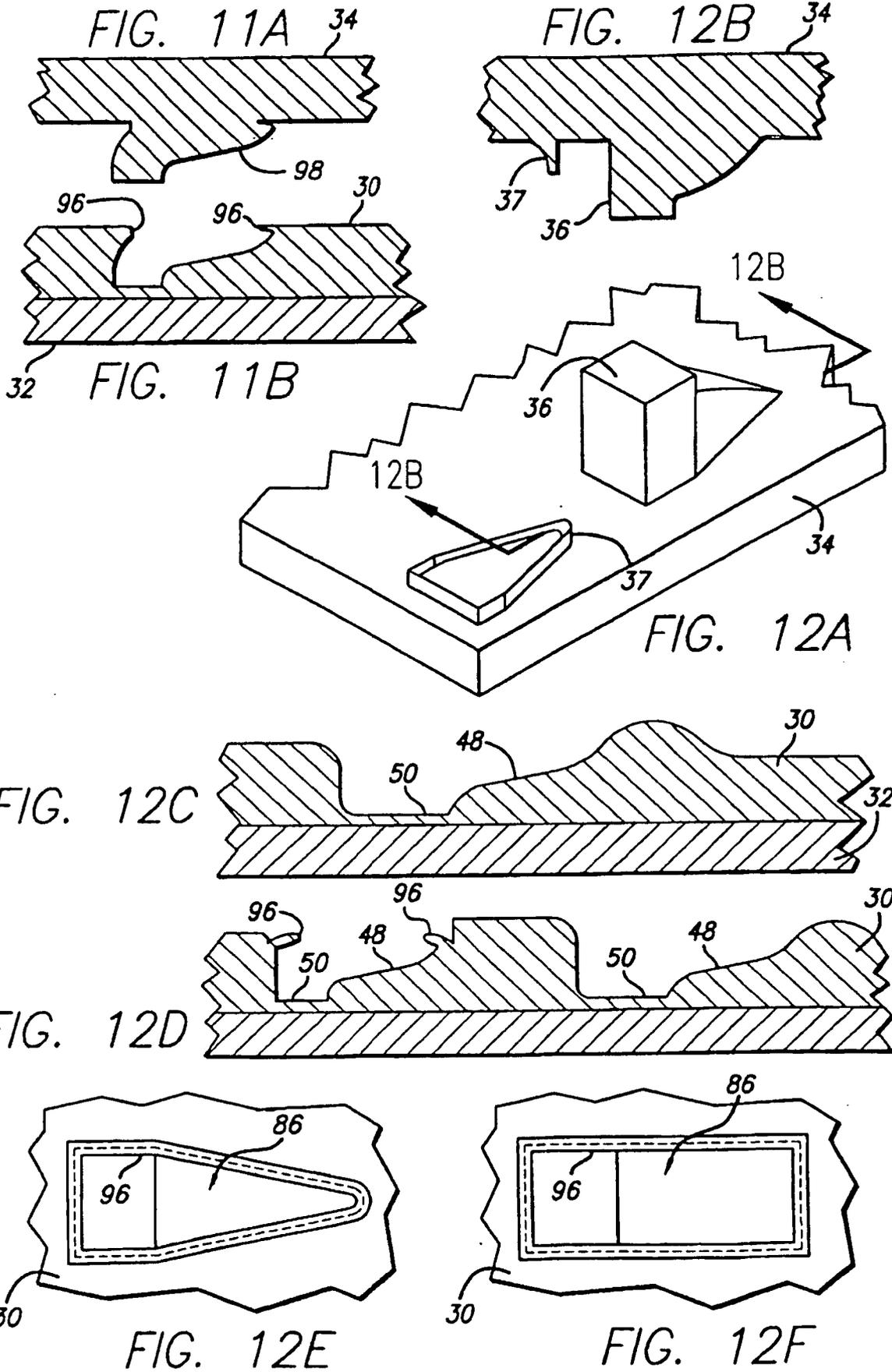


FIG. 13

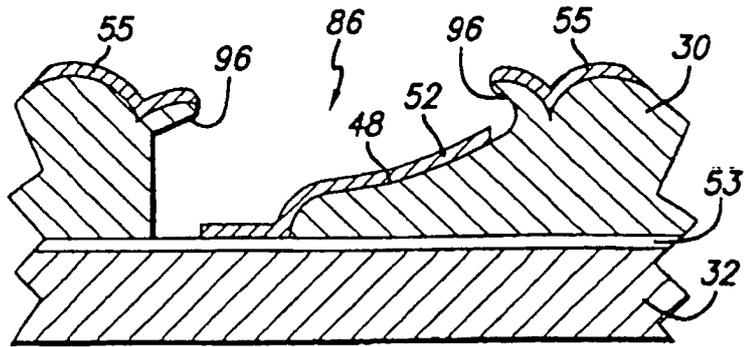
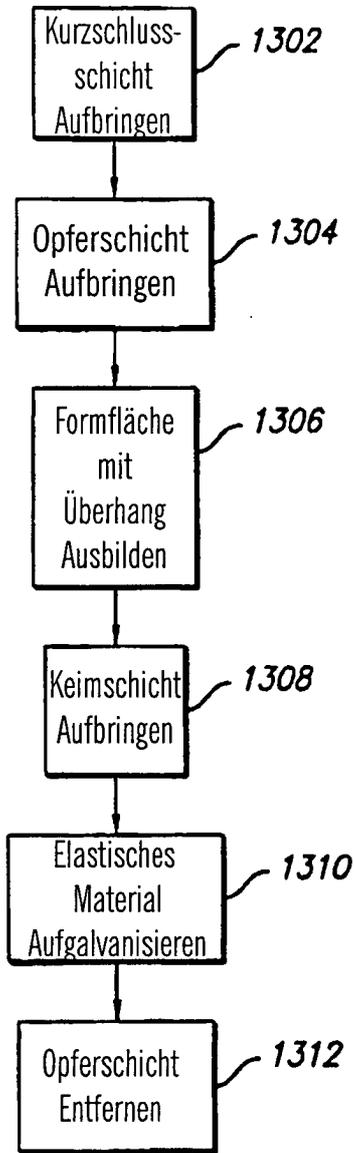


FIG. 14A

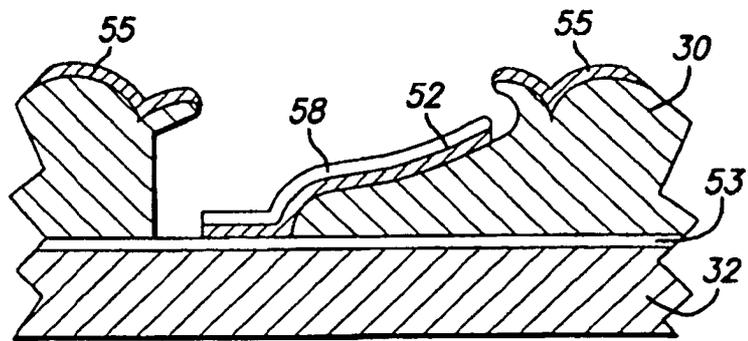


FIG. 14B

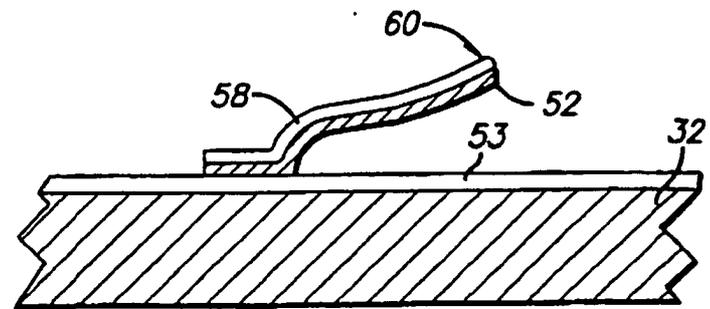


FIG. 14C

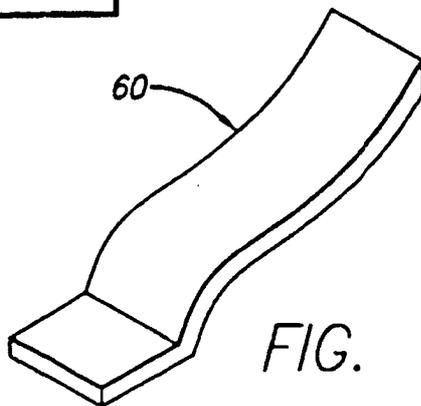


FIG. 14D

FIG. 15

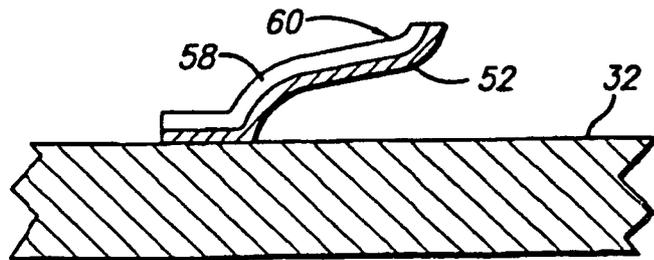
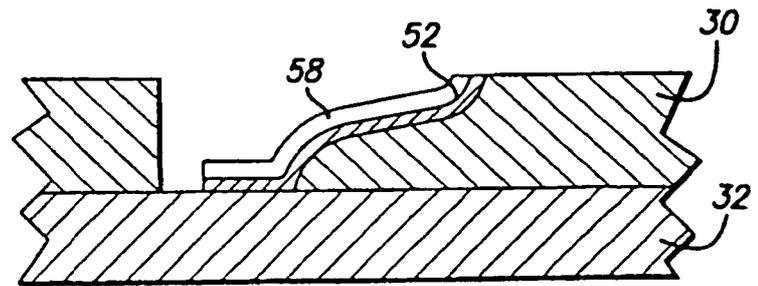
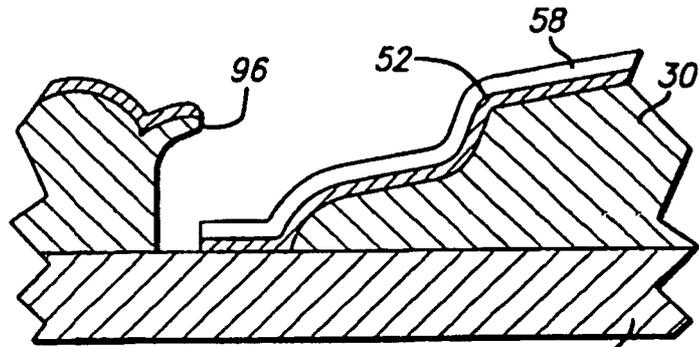
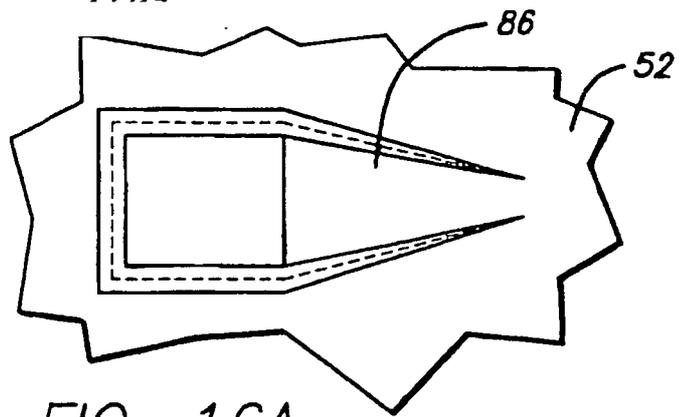
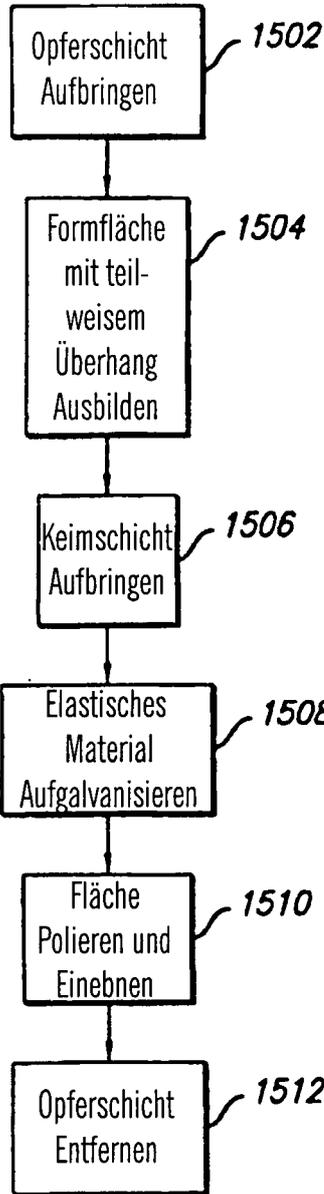


FIG. 17

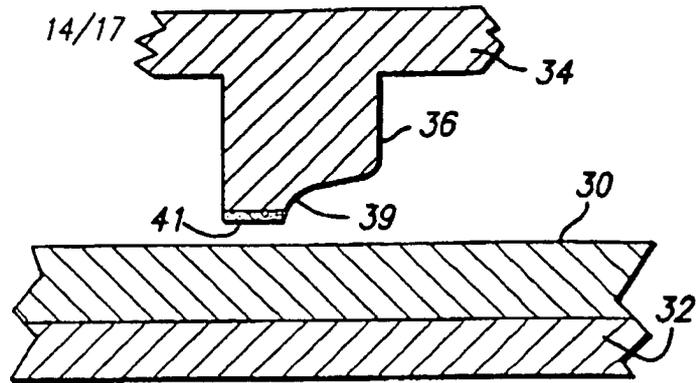
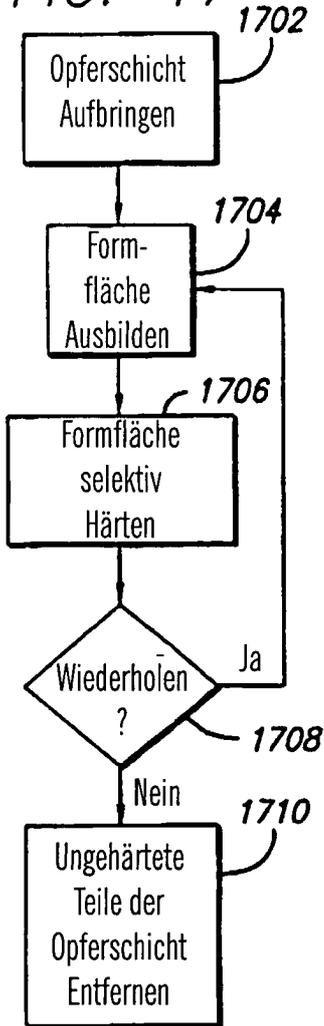


FIG. 18A

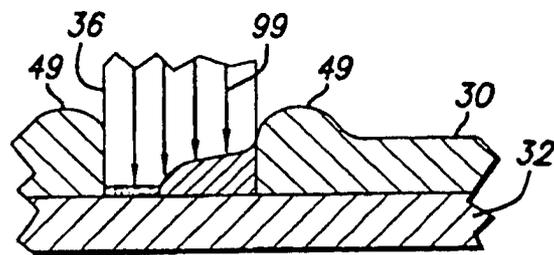


FIG. 18B

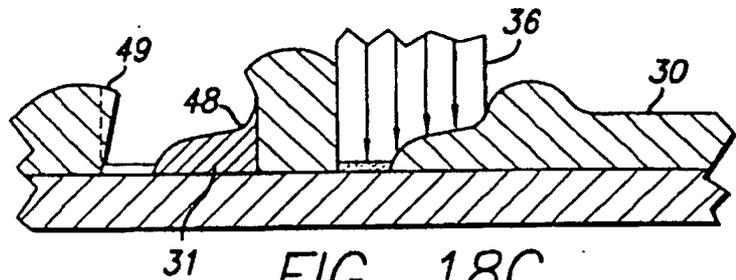


FIG. 18C

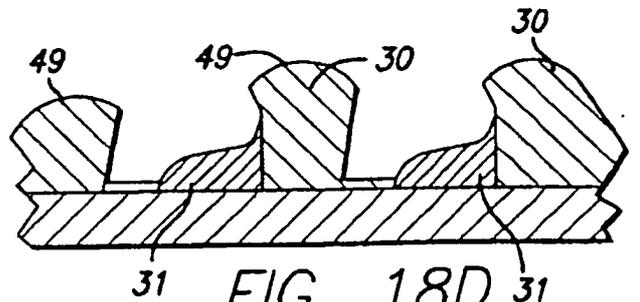


FIG. 18D

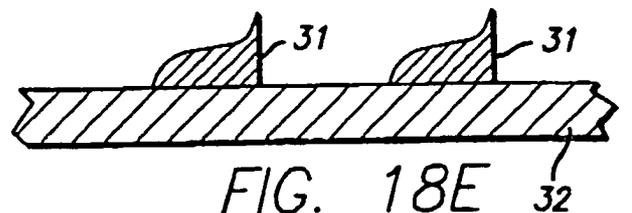


FIG. 18E

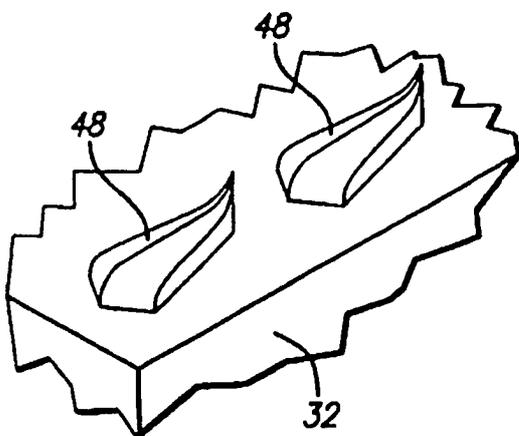


FIG. 18F

FIG. 21A

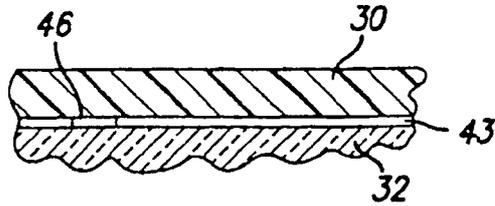


FIG. 21B

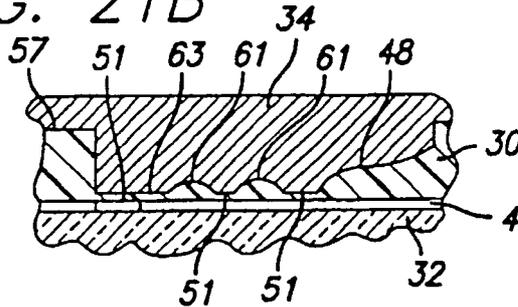


FIG. 21C

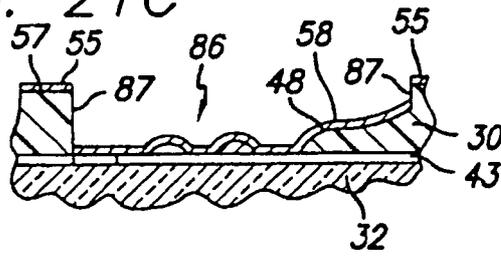


FIG. 21D

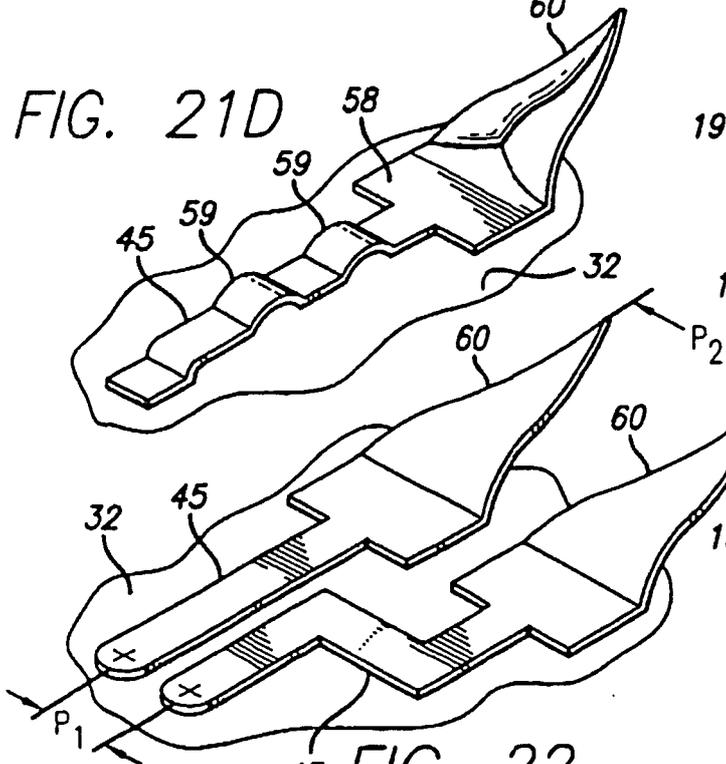


FIG. 22

FIG. 19 1900

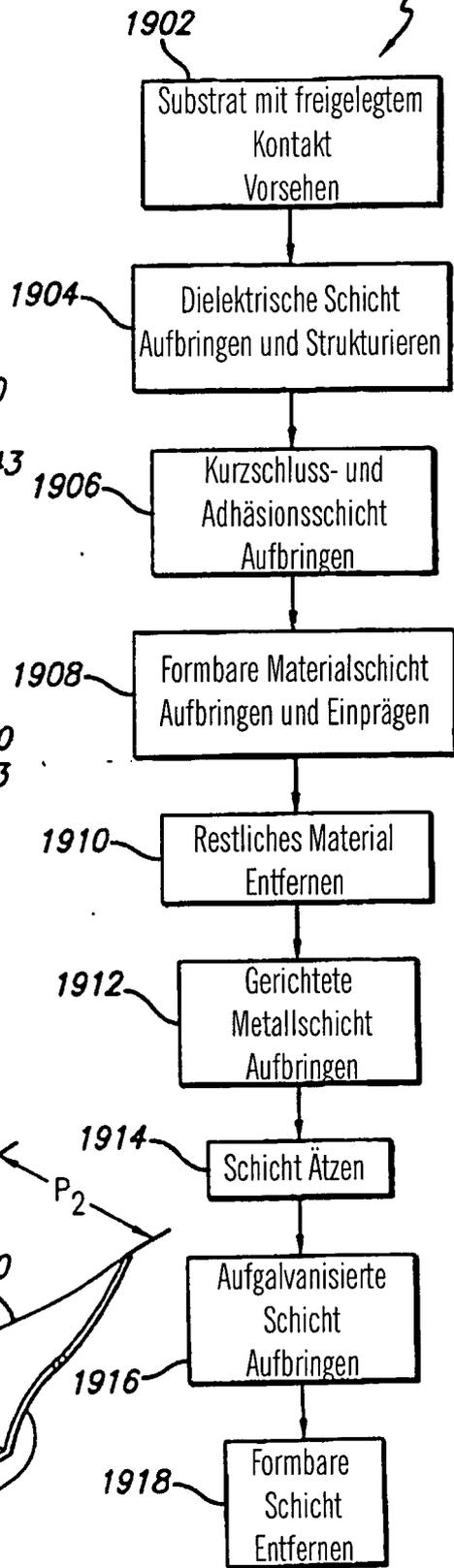


FIG. 20A

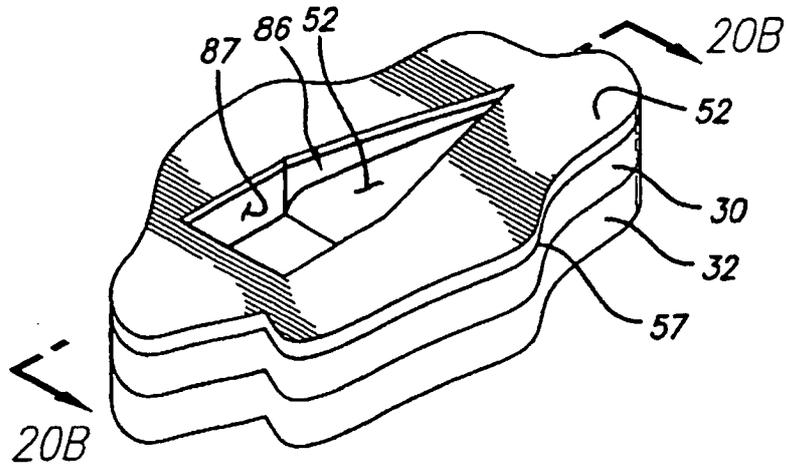


FIG. 20B

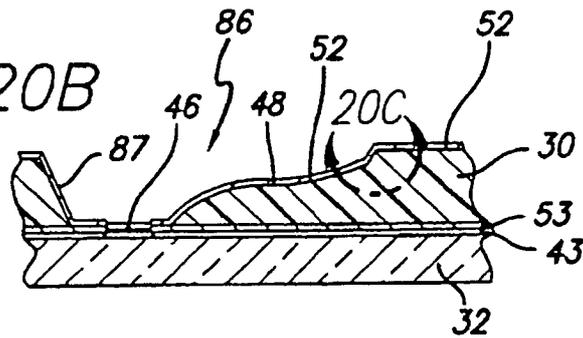


FIG. 20C

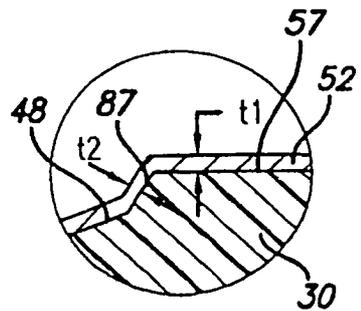


FIG. 20D

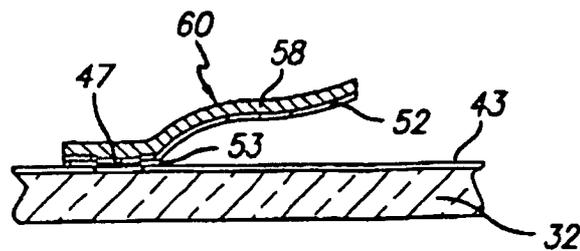
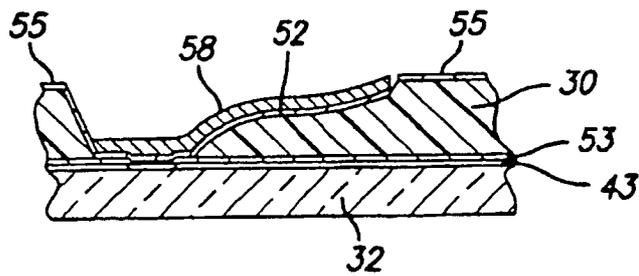


FIG. 20E

