



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 201 22 179 U1** 2004.10.21

(12)

Gebrauchsmusterschrift

(22) Anmeldetag: **17.07.2001**
(67) aus Patentanmeldung: **P 01 95 5853.5**
(47) Eintragungstag: **16.09.2004**
(43) Bekanntmachung im Patentblatt: **21.10.2004**

(51) Int Cl.⁷: **G03F 7/00**

(30) Unionspriorität:
60/218,754 17.07.2000 US

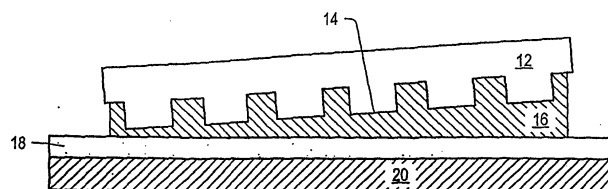
(71) Name und Wohnsitz des Inhabers:
**Board of Regents, The University of Texas
System, Austin, Tex., US**

(74) Name und Wohnsitz des Vertreters:
S. Böck und Kollegen, 81479 München

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Vorrichtung zum automatischen Abgeben von Flüssigkeit für Prägelithographieprozesse**

(57) Hauptanspruch: Vorrichtung zur Erzeugung eines Musters auf einem Substrat unter Verwendung einer gemusterten Schablone, umfassend:
einen Flüssigkeitsspender zum Ausgeben einer Flüssigkeit, die durch aktivierendes Licht härtbar ist, auf einem Abschnitt des Substrats, worin die Flüssigkeit in einem vorgegebenen Muster auf das Substrat abgegeben wird und worin die Oberfläche der Flüssigkeit auf dem Substrat kleiner ist als eine Oberfläche der gemusterten Schablone;
eine Positionierungsvorrichtung zum Positionieren der gemusterten Schablone und des Substrats in einem Abstand zueinander, so dass eine Lücke zwischen der gemusterten Schablone und dem Substrat erzeugt wird, worin die angewandte Flüssigkeit im wesentlichen die Lücke ausfüllt, wenn die gemusterte Schablone in einem Abstand zueinander zu dem Substrat angeordnet sind;
eine Lichtquelle zum Anwenden von aktivierendem Licht auf die Flüssigkeit, worin die Anwendung von aktivierendem Licht im wesentlichen die Flüssigkeit härtet und worin ein Muster der gemusterten Schablone in der gehärteten Flüssigkeit gebildet wird; und
eine Trennvorrichtung...



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung bezieht sich im allgemeinen auf Systeme zum Abgeben von Flüssigkeit, die bei Prägelithografieprozessen anwendbar sind.

[0002] Die Prägelithografie ist eine Technik, die in der Lage ist, Merkmale, die kleiner als 50 nm in der Größe sind, auf ein Substrat zu drucken. Die Prägelithografie kann das Potential haben, um die Fotolithografie zu ersetzen, als die Wahl für die Halbleiterherstellung in dem sub-100-nm-Bereich. Einige Prägelithografieprozesse sind während der Neunziger Jahre eingeführt worden. Jedoch haben die meisten von ihnen Einschränkungen, die sie von der Benutzung als einen praktischen Ersatz für die Fotolithografie ausschließen. Die Einschränkungen dieser früheren Techniken enthalten z.B. Variationen bei hoher Temperatur, der Bedarf für hohe Drücke und die Benutzung von flexiblen Schablonen.

[0003] Seit kurzem können Prägelithografieprozesse benutzt werden, um hochauflösende Muster von einer Quarzschablone auf Substratoberflächen bei Raumtemperatur und bei der Benutzung von niedrigen Drücken zu übertragen. In dem Step and Flash Imprint Lithography (SFIL)-Prozeß wird eine feste Quarzschablone in indirekte Berührung mit der Substratoberfläche in Gegenwart von flüssigem Material, das durch Licht härtbar ist, in Berührung gebracht. Das flüssige Material wird durch Anwendung von Licht gehärtet und das Muster der Schablone wird in die gehärtete Flüssigkeit eingeprägt.

[0004] Die Benutzung einer festen und transparenten Schablone ermöglicht es, eine hochauflösende Überlagerung als Teil des SFIL-Prozesses zu implementieren. Auch die Benutzung eines niederviskosen flüssigen Materials, das durch Licht, das bei niedrigen Drücken und Raumtemperatur härtet, verarbeitet werden kann, führt zu minimal unerwünschten Schichtdeformationen. Solche Deformationen können eine Überlagerungsausrichtung sehr schwierig machen, um diese zu implementieren.

[0005] Luftblasen und lokale Deformation können Hauptdefekte in den Bauelementen bewirken, die durch Prägelithografie hergestellt werden. Der hohe Prägedruck, der in manchen Prägeprozessen verwendet wird, kann Deformationen bewirken, die eine Überlagerungsausrichtung extrem schwierig machen. Die kleinen Flächen und Flüssigkeitsmengen, die in der Prägelithografie bei dem sub-100 nm-Wert verwendet werden, können die Anwendung von solchen Volumen für den Erfolg der Lithografie wichtig machen.

[0006] Prozesse vom Stand der Technik zur Hinzufügung von dünnen Flüssigkeitsschichten auf ein Substrat benutzen Vorrichtungen zur Rotationsbeschichtung. Vorrichtungen zur Rotationsbeschichtung beruhen auf der Anwendung einer Flüssigkeit mit einer relativ hohen Viskosität (z.B. größer als ungefähr 20 Centipoise (cps)) auf ein Substrat. Die Benutzung einer Flüssigkeit mit einer hohen Viskosität erlaubt die gleichmäßige Verteilung der Flüssigkeit auf Mischungen, die durch Licht härtbar ist, wobei die Mischungen eine chemische Veränderung in der Gegenwart von Licht durchlaufen können. Licht, das eine chemische Veränderung induzieren kann, enthält ultraviolettes Licht (z.B. Licht mit einer Wellenlänge zwischen ungefähr 300 nm bis ungefähr 400 nm), aktinisches Licht, sichtbares Licht, infrarotes Licht und Strahlungsquellen, wie z.B. Elektronenstrahl- und Röntgenstrahlquellen. Chemische Veränderungen können in einer Vielzahl von Formen manifestiert werden. Eine chemische Veränderung kann jede chemische Reaktion enthalten, die das Stattfinden einer Polymerisation bewirkt, ist aber darauf nicht beschränkt. In manchen Ausführungsbeispielen bewirkt die chemische Veränderung die Bildung innerhalb der Linse, welche die Mischung bildet, eines Initiatorstoffes, wobei der Initiatorstoff in der Lage ist, eine chemische Polymerisationsreaktion zu initiieren.

[0007] Es ist die Aufgabe der Erfindung, ein System zur Erzeugung eines Musters auf einem Substrat unter Verwendung einer gemusterten Schablone bereit zu stellen, das die oben genannten Nachteile vom Stand der Technik löst.

[0008] Die Aufgabe der Erfindung wird durch die unabhängigen Ansprüche gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen.

[0009] In einem vorteilhaften Ausführungsbeispiel kann die durch Licht härtbare Mischung eine fotoresistive Mischung sein. Fotoresistive Mischungen enthalten jede Mischung, die durch Aussetzung an UV-Licht härtbar ist. Ein charakteristisches Merkmal von fotoresistiven Mischungen ist, dass nur der Abschnitt der Mischung, der dem Licht ausgesetzt ist (z.B. ultraviolettes Licht), eine chemische Reaktion durchlaufen kann. Jede aus einer Vielzahl von fotoresistiven Materialien, die allgemein in der Halbleiterindustrie verwendet werden, können benutzt werden. In einem Ausführungsbeispiel enthält die durch Licht härtbare Mischung ein Acrylatmonomer.

[0010] In den meisten fotolithografischen Prozessen haben fotoresistive Materialien typischerweise eine hohe Viskosität (die größer ist als ungefähr 20 Centipoise (cps)). In der Prägelithografie kann die Benutzung von hochviskosen Flüssigkeiten schwieriger sein, um sub-100 nm-Strukturen herzustellen. Es wurde herausgefunden, dass niederviskose Flüssigkeiten viel genauere Reproduktionen von sub-100 nm-Strukturen ergeben. In einem Ausführungsbeispiel kann die lichthärtbare Flüssigkeit eine Viskosität unter ungefähr 20 cps haben, vorzugsweise unter ungefähr 10 cps und noch mehr vorzugsweise unter ungefähr 5 cps.

[0011] Nachdem die lichthärtbare Flüssigkeit auf das Substrat angewendet worden ist, wird die gemusterte Schablone oberhalb des Abschnitts des Substrats, auf das die lichthärtbare Flüssigkeit angewendet worden ist, orientiert. In der Halbleiterherstellung kann eine Vielzahl von Halbleiterbauelementen auf einem einzigen Substrat hergestellt werden. Jedes einzelne Halbleiterbauelement kann mit einer Vielzahl von Schichten hergestellt werden. Diese Schichten können sequentiell hergestellt werden, wobei jede Schicht die vorher hergestellte Schicht überlagert. Aufgrund der kleinen Merkmalsgröße der einzelnen Komponenten der Halbleiterbauelemente kann die Ausrichtung jeder Lage mit Bezug zu den anderen Lagen für die ordentliche Funktion des Halbleiterbauelements problematisch sein. Vor der Härtung können die Schablone und das Substrat geeignet ausgerichtet werden, um sicherzustellen, dass die neu hergestellte Schicht auf die darunter liegenden Schichten paßt.

[0012] Nach Ausrichtung der Schablone und des Substrats kann die Verarbeitung abgeschlossen werden. Das aushärtende Licht kann auf die durch Licht härtbare Flüssigkeit angewendet werden. Das aushärtende Licht veranlaßt die Flüssigkeit, wenigstens teilweise auszuhärten. Nachdem die Flüssigkeit wenigstens teilweise gehärtet ist, kann die Schablone entfernt werden und die gehärtete Flüssigkeit kann Strukturen enthalten, die komplementär zu dem Muster sind, das auf der Schablone geätzt ist.

[0013] Die Anwendung der lichthärtbaren Flüssigkeit auf das Substrat kann durch eine Vielzahl von Vorrichtungen ausgeführt werden. In einem Ausführungsbeispiel kann ein Flüssigkeitsspender mit einem oberen Rahmen eines Prägelithografiegeräts verbunden werden. Der Flüssigkeitsspender kann konfiguriert werden, um eine lichthärtbare Flüssigkeit auf das Substrat abzugeben. Der Flüssigkeitsspender kann konfiguriert werden, um Tropfen oder einen kontinuierlichen Flüssigkeitsstrom auf das Substrat anzuwenden. Beispiele von Flüssigkeitsspendern, die benutzt werden können, enthalten verschiebungsbasierte Flüssigkeitsspender, Mikromagnetspulen-Flüssigkeitsspender und piezoelektrisch betätigte Flüssigkeitsspender, wobei sie aber darauf nicht beschränkt sind. Die Flüssigkeit kann auf das Substrat durch den Flüssigkeitsspender in einem vorgegebenen Muster angewandt werden. Das vorgegebene Muster kann eine Linie, eine Vielzahl von Linien oder ein Muster von Tropfen sein.

[0014] In einem anderen Ausführungsbeispiel kann der Flüssigkeitsspender mit dem Rahmen eines Prägelithografiegeräts verbunden sein. Eine Orientierungsstufe, die eine Schablone enthält, kann auch mit dem Rahmen verbunden sein. Das Substrat kann auf einer Substratstufe befestigt sein, die unterhalb der Orientierungsstufe angeordnet ist. Die Substratstufe kann konfiguriert werden, um das Substrat gesteuert in einer Ebene zu bewegen, die im wesentlichen parallel zu der Schablone ist. Die lichthärtbare Flüssigkeit kann auf das Substrat durch Bewegung des Substrats mit Bezug zu dem Flüssigkeitsspender und durch Steuerung der Flüssigkeitsmenge, die dem Substrat hinzugefügt wird, angewendet werden. Auf diese Art und Weise kann die Flüssigkeit zu dem Substrat in einer Vielzahl von Mustern hinzugefügt werden. Solche Muster können vorgegeben sein, um die Bildung von Luftblasen oder -taschen zwischen der Schablone und dem Substrat zu minimieren oder zu eliminieren. Während dem Betrieb, wenn eine Schablone in der Nähe eines Substrats positioniert wird, kann die Flüssigkeit verteilt werden, um die Lücke zwischen der Schablone und dem Substrat auszufüllen. Wenn die Lücke ausgefüllt ist, können Luftblasen und -taschen auftreten, wenn die Flüssigkeit die Lücke ausfüllt. Luftblasen oder -taschen können infolgedessen das Muster bilden, wenn die Flüssigkeit eine geschlossene Schleife bildet, bevor die Lücke aufgefüllt wird. In manchen Ausführungsbeispielen kann das Muster vorbestimmt werden, so dass ein Zustand einer geschlossenen Schleife vermieden werden kann. Muster, die benutzt werden können, um Luftblasen oder Taschenbildung zu minimieren, enthalten sinusförmige Muster, X-Muster und Muster, die eine Vielzahl von Flüssigkeitstropfen enthalten.

[0015] Der Prozess der Prägelithografie kann auch benutzt werden, um eine ebene Oberfläche auf einem Substrat zu erzeugen. So wie es hier benutzt wird, wird Ebenheit definiert als die Varianz in der Krümmung über die Oberfläche des Substrats. Zum Beispiel zeigt eine Ebenheit von einem μm an, dass die Krümmung der Oberfläche um 1 μm über und/oder unterhalb eines Mittelpunkts variiert, der eine ebene Oberfläche definiert. In einem Ausführungsbeispiel kann eine nicht gemusterte, im wesentlichen ebene Schablone benutzt werden, um eine ebene gehärtete Schicht auf einem Substrat zu erzeugen. Die ebene Schablone kann eine Vielzahl von weniger als ungefähr 500 nm haben. Um eine Oberfläche zu ebenen, kann eine lichthärtbare Flüss-

sigkeit auf der Oberfläche ausgebracht werden. Eine nicht gemusterte, im wesentlichen ebene Schablone kann in Berührung mit der Flüssigkeit gebracht werden. Durch das Richten von aushärtendem Licht auf die lighthärtbare Flüssigkeit, kann eine ebene, gehärtete Flüssigkeitsschicht auf der Substratoberfläche erzeugt werden.

[0016] Wenn entweder eine gemusterte oder eine nicht gemusterte Schablone eine Flüssigkeit berührt, die auf der Oberfläche eines Substrats ausgebracht ist, kann die Flüssigkeit eine Deformierungskraft auf die Schablone anwenden. Die Kraft kann die Schablone veranlassen, sich in einer Art und Weise zu deformieren, welche die Merkmale der gewünschten Prägung verändern kann. Diese Deformationskraft kann in manchen Ausführungsbeispielen benutzt werden, um die Positionierung der Schablone zu dem Substrat selbst zu korrigieren. In manchen Ausführungsbeispielen ist es wünschenswert, dass die Schablone parallel ist zu dem Substrat. Da sowohl das Substrat als auch die Schablone eine Vielzahl von irregulären Merkmalen auf ihren Oberflächen enthalten kann, wird hier eine "parallele Orientierung" benutzt, um auszusagen, dass die Mittellinien (d.h. die virtuellen Linien, die durch ein Zentrum der Schablone oder des Substrats gezogen sind) parallel zueinander sind. In manchen Ausführungsbeispielen kann das hier offenbarte Gerät benutzt werden, um die Schablone in einer im wesentlichen parallelen Anordnung mit Bezug zu dem Substrat zu positionieren. Das Gerät kann Antriebe und Biegeelemente enthalten, welche die genaue Positionierung der Schablone mit Bezug zu der Oberfläche erlauben.

[0017] In einem alternativen Ausführungsbeispiel kann ein Gerät zur Positionierung der Schablone mit Bezug zu einem Substrat eine vorbestimmte Flexibilität enthalten, die im Entwurf des Geräts enthalten ist. Zum Beispiel kann das Biegeelement konfiguriert sein, um sich in Reaktion auf die auf die Schablone angelegten Drücke zu bewegen. Wenn die Schablone in der Nähe des Substrats positioniert ist, dann kann der Flüssigkeitsdruck gegen die Schablone die Biegeelemente veranlassen, sich zu bewegen. Durch Steuerung des Flüssigkeitsmusters und dem Ausmaß der Bewegung, die durch die Biegearme erlaubt wird, kann die Schablone sich zu einer im wesentlichen parallelen Orientierung selbst korrigieren. Die Flüssigkeitskraft gegen die Schablone kann die Drehung der Schablone um einen Drehpunkt bewirken, der durch die Bewegung des Biegeelementes definiert wird.

[0018] Die hier dargestellten Techniken können für eine Vielzahl von Geräten benutzt werden. Zum Beispiel können Halbleiterbauelemente hergestellt werden. Die Halbleiterbauelemente können wenigstens einige Merkmale enthalten, die eine laterale Größe von weniger als ungefähr 200 nm, vorzugsweise weniger als ungefähr 100 nm, haben. Solche Merkmale können hergestellt werden, indem eine prägefotoresistive Schicht auf einem Halbleitersubstrat gebildet wird und das Halbleitersubstrat unter Verwendung der prägefotoresistiven Schicht als eine Maske gemustert wird. Andere Bauelemente mit einer Merkmalsgröße von weniger als ungefähr 250 nm, die mit einem Prägelithografieprozess hergestellt werden können, enthalten optoelektronische Bauelemente, biologische Bauelemente, MEMS-Bauelemente, photonische Bauelemente, akustische Oberflächenwellenbauelemente, mikrofluidische Bauelemente und mikrooptische Bauelemente.

[0019] Ausführungsbeispiele der Erfindung werden nun anhand der beiliegenden Zeichnungen beschrieben. Es zeigen:

[0020] Fig. 1A und 1B eine Querschnittsansicht der Lücke zwischen einer Schablone und einem Substrat darstellen;

[0021] Fig. 2A bis 2E eine Querschnittsansicht eines Prägelithografieprozesse darstellen;

[0022] Fig. 3 ein Prozessflussdiagramm darstellt, das die Sequenz der Schritte des Prägelithografieprozesses zeigt;

[0023] Fig. 4 eine Bodenansicht einer gemusterten Schablone zeigt;

[0024] Fig. 5 eine Querschnittsansicht einer Schablone darstellt, die über einem Substrat positioniert ist;

[0025] Fig. 6 eine Querschnittsansicht eines Prägelithografieprozesses unter Verwendung einer Transferschicht darstellt;

[0026] Fig. 7 eine Querschnittsansicht eines Prozesses darstellt zur Bildung einer Prägelithografieschablone;

[0027] Fig. 8 eine Querschnittsansicht von gemusterten Schablonen darstellt;

- [0028] Fig. 9 eine Querschnittsansicht von alternativ gemusterten Schablonenentwürfen darstellt;
- [0029] Fig. 10 eine Draufsicht eines Prozesses zur Anwendung einer härtbaren Flüssigkeit auf ein Substrat darstellt;
- [0030] Fig. 11 ein Schema einer Vorrichtung zur Abgabe einer Flüssigkeit während einem Prägelithografieprozess darstellt;
- [0031] Fig. 12 Flüssigkeitsabgabemuster darstellt, die in einem Prägelithografieprozess benutzt werden;
- [0032] Fig. 13 Flüssigkeitsmuster darstellt, das eine Vielzahl von Tropfen auf einem Substrat enthält;
- [0033] Fig. 14 ein Schema einer alternativen Vorrichtung zur Abgabe einer Flüssigkeit während einem Prägelithografieprozess darstellt;
- [0034] Fig. 15 ein Flüssigkeitsmuster darstellt, das eine Vielzahl von im wesentlichen Parallellinien enthält;
- [0035] Fig. 16 eine Projektionsansicht eines Substrathaltesystems darstellt;
- [0036] Fig. 17 eine Projektionsansicht eines alternativen Substrathaltesystems darstellt;
- [0037] Fig. 18 ein schematisches Diagramm einer Vierspurverbindungsdarstellungsbewegung der Biegegeelenke ist;
- [0038] Fig. 19 ein schematisches Diagramm einer vierspurverbindungsdarstellungsalternativen Bewegung der Biegegeelenke ist;
- [0039] Fig. 20 eine Projektionsansicht eines magnetischen Linearservomotors ist;
- [0040] Fig. 21 ein Prozessflussdiagramm der globalen Verarbeitung von multiplen Prägungen ist;
- [0041] Fig. 22 ein Prägeflussdiagramm der lokalen Verarbeitung von multiplen Prägungen ist;
- [0042] Fig. 23 eine Projektionsansicht der Rotationsachsen einer Schablone mit Bezug zu einem Substrat ist;
- [0043] Fig. 24 ein Meßgerät darstellt, das über einer gemusterten Schablone positioniert ist;
- [0044] Fig. 25 ein Schema eines optischen Ausrichtungsmessgeräts darstellt;
- [0045] Fig. 26 ein Schema zur Bestimmung der Ausrichtung eines Musters mit Bezug zu einem Substrat unter Verwendung von Ausrichtungsmarken darstellt;
- [0046] Fig. 27 ein Schema zur Bestimmung der Ausrichtung einer Schablone mit Bezug zu einem Substrat unter Verwendung von Ausrichtungsmarken unter Verwendung von polarisierten Filtern darstellt;
- [0047] Fig. 28 eine schematische Ansicht eines kapazitiven Schablonenausrichtungsmessgeräts darstellt;
- [0048] Fig. 29 eine schematische Ansicht eines Laserinterferometerausrichtungsmessgeräts darstellt;
- [0049] Fig. 30 ein Schema zur Bestimmung der Ausrichtung mit einer Lücke zwischen der Schablone und dem Substrat darstellt, wenn die Lücke teilweise mit Flüssigkeit gefüllt ist;
- [0050] Fig. 31 eine Ausrichtungsmarke darstellt, die eine Vielzahl von geätzten Linien enthält;
- [0051] Fig. 32 eine Projektionsansicht einer Orientierungsstufe darstellt;
- [0052] Fig. 33 eine Explosionsansicht der Orientierungsstufe darstellt;
- [0053] Fig. 34 einen Prozessablauf einer Lückenmesstechnik darstellt;

- [0054]** Fig. 35 eine Querschnittsansicht einer Technik darstellt zur Bestimmung der Lücke zwischen zwei Materialien;
- [0055]** Fig. 36 eine grafische Darstellung zur Bestimmung des lokalen Minimums und Maximums einer Lücke darstellt;
- [0056]** Fig. 37 eine Schablone mit Lückenmessausnehmungen darstellt;
- [0057]** Fig. 38 ein Schema zur Benutzung eines Interferometers darstellt, um eine Lücke zwischen einer Schablone und einem Interferometer zu messen;
- [0058]** Fig. 39 ein Schema zur Prüfung der Lücke zwischen einer Schablone und einem Substrat unter Verwendung einer Prüfprismakombination darstellt;
- [0059]** Fig. 40 eine Querschnittsansicht eines Prägelithografieprozesses darstellt;
- [0060]** Fig. 41 ein Prozessschema zur Beleuchtung einer Schablone darstellt;
- [0061]** Fig. 42 eine Projektionsansicht eines Biegeelementes darstellt;
- [0062]** Fig. 43 ein erstes und zweite Biegeelement darstellt, die zur Benutzung zusammengebaut sind;
- [0063]** Fig. 44 eine Projektionsansicht des Bodens einer Orientierungsstufe darstellt;
- [0064]** Fig. 45 eine schematische Ansicht eines Biegearmes darstellt;
- [0065]** Fig. 46 eine Querschnittsansicht eines Paares von Biegearmen darstellt;
- [0066]** Fig. 47 ein Schema zur Einebnung eines Substrats darstellt;
- [0067]** Fig. 48 stellt verschiedene Ansichten einer Vakuumspannvorrichtung zum Halten eines Substrats darstellt;
- [0068]** Fig. 49 ein Schema zum Entfernen einer Schablone von einem Substrat nach Aushärtung darstellt;
- [0069]** Fig. 50 eine Querschnittsansicht einer Vorrichtung zur Entfernung eines Substrats von einem Substrat nach der Härtung darstellt;
- [0070]** Fig. 51 eine schematische Ansicht eines Schablonenhaltesystems darstellt; und
- [0071]** Fig. 52 eine Seitenansicht einer Lücke zwischen einer Schablone und einem Substrat darstellt.
- [0072]** Während an der Erfindung verschiedene Modifikationen und alternative Formen möglich sind, sind besondere Ausführungsbeispiele davon beispielhaft in den Zeichnungen dargestellt und werden hier detailliert beschrieben. Es sollte jedoch so verstanden werden, dass die Zeichnungen und die detaillierte Beschreibung dazu nicht dazu beabsichtigt sind, um die Erfindung auf die besondere dargestellte Form zu beschränken, sondern im Gegenteil die Absicht ist, alle Modifikationen, Äquivalente und Alternativen, die in den Bereich der Erfindung fallen, so wie sie durch die angefügten Ansprüche definiert wird, abzudecken.
- [0073]** Die hier dargestellten Ausführungsbeispiele beziehen sich im allgemeinen auf Systeme, Bauelemente und damit zusammenhängende Herstellungsprozesse für die Herstellung von kleinen Bauelementen. Im besonderen beziehen sich die hier dargestellten Ausführungsbeispiele auf Systeme, Bauelemente und damit zusammenhängende Prozesse der Prägelithografie. Zum Beispiel können diese Ausführungsbeispiele eine Anwendung finden bei der Prägung von sehr kleinen Merkmalen auf einem Substrat, wie z.B. einer Halbleiterschleibe. Es soll so verstanden werden, dass diese Ausführungsbeispiele auch bei anderen Aufgaben angewendet werden können, z.B. zur kosteneffektiven Herstellung von mikroelektromechanischen Systemen (oder MEMS). Die Ausführungsbeispiele können auch bei der Herstellung von anderen Bauelementarten ihre Anwendung finden, welche gemusterte magnetische Medien für die Datenspeicher, mikrooptische Bauelemente, biologische und chemische Bauelemente, Röntgenstrahlungs-optische Bauelemente, etc. beinhalten, wobei sie darauf aber nicht beschränkt sind.

[0074] Mit Bezug auf die Figuren und im besonderen auf die **Fig. 1A** und **1B**, sind darin Anordnungen eines Musters **12** dargestellt, das mit Bezug zu einem Substrat **20** vormontiert ist, auf dem unter Verwendung der Prägelithografie gewünschte Merkmale einzuprägen sind. Im besonderen kann die Schablone **12** eine Oberfläche enthalten, die hergestellt ist, um die Form der gewünschten Merkmale anzunehmen, die ihrerseits auf das Substrat **20** übertragen werden können. In manchen Ausführungsbeispielen kann eine Transferschicht **18** zwischen dem Substrat **20** und der Schablone **12** plaziert werden. Die Transferschicht **18** kann die gewünschten Merkmale von der Schablone **12** über die Prägeschicht **16** erhalten. Wie im Stand der Technik wohlbekannt ist, kann es die Transferschicht **18** einem erlauben, Strukturen (oder Merkmale) mit einem hohen Geometrie-verhältnis von eingepprägten Merkmalen mit einem niedrigen Geometrie-verhältnis zu erhalten.

[0075] Für den Zweck der Prägelithografie ist es wichtig, die Schablone **12** und das Substrat **20** so nahe wie möglich zueinander und annähernd parallel zueinander zu halten. Zum Beispiel für Merkmale, die ungefähr 100 nm breit und ungefähr 100 nm tief sind, kann eine durchschnittliche Lücke von ungefähr 200 nm oder weniger mit einer Variation von weniger als ungefähr 50 nm über die Prägefläche des Substrats **20** für den Prägelithografieprozess gefordert werden, damit dieser erfolgreich ist. Die hier dargestellten Ausführungsbeispiele stellen eine Möglichkeit der Steuerung des Abstands zwischen der Schablone und dem Substrat **20** für eine erfolgreiche Prägelithografie für solche engen und präzisen Lücken-anforderung zur Verfügung.

[0076] Die **Fig. 1A** und **1B** zeigen zwei Problemtypen, die in der Prägelithografie beachtet werden müssen. In **Fig. 1A** resultiert eine keilförmige Prägeschicht **16**, da die Schablone **12** an einem Ende der Prägeschicht **16** näher ist zu dem Substrat **20**. **Fig. 1A** zeigt die Wichtigkeit, dass die Schablone **12** und das Substrat **20** im wesentlichen parallel während der Musterübertragung gehalten werden müssen. **Fig. 1B** zeigt die Prägeschicht **16**, die zu dick ist. Beide Zustände sind höchst unerwünscht. Hier dargestellte Ausführungsbeispiele stellen Systeme und damit verbundene Bauelemente zur Verfügung, welche die in den **Fig. 1A** und **1B** dargestellten Zustände beseitigen, als auch andere Orientierungsprobleme, die mit den Lithografiertechniken von dem früheren Stand der Technik verbunden sind.

[0077] **Fig. 2A** bis **2E** stellen ein Ausführungsbeispiel des Prägelithografieprozesses zur Verfügung, der im allgemeinen als **30** bezeichnet wird. In **Fig. 2A** kann die Schablone **12** in einem Abstand zu dem Substrat **20** orientiert werden, so dass eine Lücke **31** in dem Raum gebildet wird, der die Schablone **12** und das Substrat **20** trennt. Die Oberfläche **14** der Schablone **12** kann als eine dünne Schicht **13** betrachtet werden, wenn die Schablonenoberflächenenergie erniedrigt und bei der Trennung der Schablone **12** von dem Substrat **20** assistiert. Die Art und Weise der Orientierung und der Bauelemente zur Steuerung der Lücke **31** zwischen der Schablone **12** und dem Substrat **20** werden unten diskutiert. Als Nächstes kann die Lücke **31** mit einer Substanz **40** gefüllt werden, die sich der Form der behandelten Oberfläche **14** anpaßt. Alternativ kann die Substanz **40** in einem Ausführungsbeispiel auf dem Substrat **20** vor der Bewegung der Schablone **12** in eine gewünschte Position relativ zu dem Substrat **20** abgegeben werden.

[0078] Die Substanz **40** kann eine Prägeschicht, wie z.B. die Prägeschicht **16**, die in den **Fig. 1A** und **1B** dargestellt ist, bilden. Vorzugsweise kann die Substanz **40** eine Flüssigkeit sein, so dass sie den Raum der Lücke **31** wesentlich leichter ohne die Benutzung von hohen Temperaturen ausfüllen kann und die Lücke kann ohne dem Erfordernis von hohen Drücken geschlossen werden. Weitere Details in Bezug auf geeignete Auswahlmöglichkeiten für die Substanz **40** werden unten diskutiert.

[0079] Ein Härtemittel **32** kann auf die Schablone **12** angewendet werden, was die Substanz **40** dazu veranlaßt auszuhärten und die Form des Raumes, der durch die Lücke **31** gebildet wird, anzunehmen. Auf diese Art und Weise können gewünschte Merkmale **44** (**Fig. 2D**) von der Schablone **12** auf die obere Oberfläche des Substrats **20** übertragen werden. Die Transferschicht **18** kann direkt an der oberen Oberfläche des Substrats **20** angebracht werden. Die Transferschicht **18** kann die Verstärkung der Merkmale, welche von der Schablone **12** übertragen werden, erleichtern, um Merkmale mit einem hohen Geometrie-verhältnis zu erzeugen.

[0080] Wie in **Fig. 2D** dargestellt, kann die Schablone **12** von dem Substrat **20** entfernt werden, wobei auf dem Substrat **20** die gewünschten Merkmale **44** darauf hinterlassen werden. Die Trennung der Schablone **12** von dem Substrat **20** muss so ausgeführt werden, dass die gewünschten Merkmale **44** intakt bleiben, ohne von der Oberfläche des Substrats **20** abgeschert oder abgerissen zu werden. Die hier dargestellten Ausführungsbeispiele stellen ein Vorrichtungen und ein damit verbundenes System zum Ablösen und Abziehen (hier als "Ablös- und Abzieh"-Vorrichtungen bezeichnet) der Schablone **12** von dem Substrat **20** nach dem Prägen zur Verfügung, so dass das gewünschte Merkmal **44** intakt bleibt.

[0081] Schließlich können in **Fig. 2E** die Merkmale **44**, welche von der Schablone **12** auf die Substanz **40**

übertragen werden, in vertikaler Größe durch die Transferschicht **18** vergrößert werden, so wie dies bei der Benutzung von Zwei-Schichten-Resist-Prozessen bekannt ist. Die resultierende Struktur kann weiter bearbeitet werden, um den Herstellungsprozess unter Verwendung von wohlbekannten Techniken abzuschließen. **Fig. 3** faßt ein Ausführungsbeispiel eines Prägelithografieprozesses, das im allgemeinen als **50** bezeichnet wird, in der Form eines Flußdiagramms zusammen. Zu Beginn kann bei Schritt **52** eine Richtungsorientierung einer Schablone und eines Substrats durchgeführt werden, so dass eine grobe Ausrichtung der Schablone und des Substrats erreicht werden kann. Ein Vorteil der Richtungsorientierung bei Schritt **52** kann sein, dass er eine Vorkalibrierung in einer Herstellungsumgebung mit Effizienz und mit hohen Produktionserträgen erlaubt, wo zahlreiche Bauelemente hergestellt werden. Wo z.B. das Substrat ein Halbleiterelement von vielen auf einer Halbleiterscheibe enthält, kann eine Richtungsorientierung (Schritt **52**) einmal beim ersten Halbleiterelement während einem einzelnen Produktionsdurchlauf ausgeführt werden und auf alle anderen Halbleiterelemente angewandt werden. Auf diese Art und Weise können Produktionszykluszeiten reduziert und Produktionserträge erhöht werden.

[0082] Bei Schritt **54** kann eine Substanz auf das Substrat abgegeben werden. Die Substanz kann eine härtbare organische silizium-enthaltende Lösung oder eine andere organische Lösung sein, die fest werden kann, wenn sie aktivierendem Licht ausgesetzt wird. Die Tatsache, dass eine Flüssigkeit benutzt wird, kann die Anforderung nach hohen Temperaturen und hohen Drücken eliminieren, die mit Lithografiertechniken vom Stand der Technik verbunden sind. Als Nächstes kann bei Schritt **56** der Abstand zwischen der Schablone und dem Substrat gesteuert werden, so dass eine relativ gleichmäßige Lücke zwischen den zwei Schichten erzeugt werden kann, was die genaue Orientierung ermöglicht, die für das erfolgreiche Prägen erforderlich ist. Hier dargestellte Ausführungsbeispiele stellen ein Bauelement und ein System zur Erreichung der Orientierung (sowohl grob als auch fein) zur Verfügung, die bei Schritt **56** gefordert wird.

[0083] Bei Schritt **58** kann die Lücke mit der feinen Orientierung der Schablone über dem Substrat und der Substanz geschlossen werden. Die Substanz kann gehärtet werden (Schritt **59**), was in einem Aushärten der Substanz in einer Form mit den Merkmalen der Schablone resultiert. Als Nächstes kann die Schablone von dem Substrat getrennt werden, Schritt **60**, was in Merkmalen von der Schablone resultiert, die auf das Substrat geprägt oder übertragen werden. Schließlich kann die Struktur geätzt werden, Schritt **62**, unter Verwendung eines vorläufigen Ätzens, um restliches Material zu beseitigen, und einer wohlbekannten Sauerstoff-Ätztechnik, um die Transferschicht zu ätzen.

[0084] In verschiedenen Ausführungsbeispielen kann eine Schablone Bereiche ohne Muster i) in einer Ebene mit der Schabloneoberfläche, ii) in Ausnehmungen der Schablone, iii) von der Schablone vorstehend oder iv) einer Kombination des vorherigen enthalten. Eine Schablone kann mit Vorsprüngen hergestellt werden, die fest sein können. Solche Vorsprünge können eine gleichmäßige Abstandsschicht zur Verfügung stellen, die für die Partikeltoleranz und optische Bauelemente, wie z.B. Gitter, Hologramme, etc. nützlich ist. Alternativ kann eine Schablone mit Vorsprüngen hergestellt werden, die zusammendrückbar sind.

[0085] Im allgemeinen kann eine Schablone einen festen Körper haben, der sie über den Oberflächenkontakt von: i) den Seiten, ii) der Rückseite, iii) der Vorderseite oder iv) einer Kombination des vorstehenden hält. Die Schablonehalterung kann den Vorteil der Begrenzung der Schablonendehformierung oder Verformung unter dem Einfluß von angelegten Kräften haben. In manchen Ausführungsbeispielen kann eine Schablone in manchen Bereichen mit einer reflektiven Ummantelung ummantelt sein. In manchen solchen Ausführungsbeispielen kann die Schablone Löcher in der reflektierenden Ummantelung beinhalten, so dass Licht eindringen oder durch die Schablone hindurchdringen kann. Solche Ummantelungen können nützlich sein bei der Lokalisierung der Schablone für Überlagerungskorrekturen unter Verwendung von Interferometrie. Solche Ummantelungen können auch die Härtung mit einer Härtemittelquelle erlauben, die über die Seiten der Schablone anstatt über die Oberseite anstrahlt. Dies kann eine Flexibilität im Entwurf eines Schablonehalters, von Lückenabtasttechniken und Überlagerungsmarkierungsdetektionssystemen u.a. erlauben. Die Aussetzung der Schablone kann: i) bei einem normalen Einfall auf die Schablone, ii) bei geneigten Winkeln zu der Schablone oder iii) über eine Seitenoberfläche der Schablone durchgeführt werden. In manchen Ausführungsbeispielen kann eine Schablone, die fest ist, in Kombination mit einem flexiblen Substrat benutzt werden.

[0086] Die Schablone kann unter Verwendung von optischer Lithografie, Elektronenstrahl-Lithografie, Ionenstrahl-Lithografie, Röntgenstrahl-Lithografie, extremer Ultraviolettstrahlungs-Lithografie, Abtastproben-Lithografie, fokussiertem Ionenstrahlmahlen, interferometrischer Lithografie, Epitaxialwachstum, Dünnschichtabscheidung, chemisches Ätzen, Plasmaätzen, Ionenschleifen, reaktivem Ionenätzen oder einer Kombination der obigen hergestellt werden. Die Schablone kann mit einem Substrat benutzt werden, das eine flache, parabelförmige, kugelförmige oder eine andere Oberflächentopografie hat. Das Substrat kann eine vorher gemusterte

Topographie und/oder einen Stapel von Schichten von mehreren Materialien enthalten.

[0087] In einem in **Fig. 4** dargestellten Ausführungsbeispiel kann eine Schablone einen gemusterten Bereich **401**, einen Mitführungskanal **402** und eine Kante **403** enthalten. Die Schablonekante **403** kann benutzt werden, um die Schablone in einem Schablonenhalter zu halten. Der Mitführungskanal **402** kann konfiguriert werden, um überschüssige Flüssigkeit abzuleiten, und dadurch ihre Verteilung auf benachbarte Musterflächen zu verhindern, so wie es unten im Detail beschrieben wird. In manchen Ausführungsbeispielen kann ein gemustert Bereich der Schablone flach sein. Solche Ausführungsbeispiele können zum Ebenen eines Substrats nützlich sein.

[0088] In manchen Ausführungsbeispielen kann die Schablone mit einem Multitiefenentwurf hergestellt werden. Das heißt, verschiedene Merkmale der Schablone können bei verschiedenen Tiefen mit Bezug zur Oberfläche der Schablone sein. Zum Beispiel kann der Mitführungskanal **402** eine Tiefe haben, die größer ist als die Musterfläche **401**. Ein Vorteil von solch einem Ausführungsbeispiel kann sein, dass die Genauigkeit beim Abtasten der Lücke zwischen der Schablone und dem Substrat verbessert werden kann. Sehr kleine Lücken (z.B. kleiner als ungefähr 100 nm) können schwierig zu messen sein; deshalb kann das Hinzufügen eines Schrittes einer bekannten Tiefe zu der Schablone eine genauere Lückenmessung ermöglichen. Ein Vorteil eines dualen Tiefenentwurfs kann sein, dass solch ein Entwurf die Benutzung eines standardisierten Schablonenhalters ermöglichen kann, um eine Prägeschablone einer gegebenen Größe zu halten, die einzelne Halbleiterelemente von verschiedenen Größen enthalten kann. Ein drittes Ausführungsbeispiel eines dualen Tiefenentwurfs kann die Benutzung des peripheren Bereichs ermöglichen, um die Schablone zu halten. In solch einem System können alle Bereiche der Schablone und der Substratschnittstelle mit funktionalen Strukturen dem Härtemittel ausgesetzt werden. Wie in **Fig. 5** dargestellt, kann eine Schablone **500** mit der Tiefe des peripheren Bereichs **501**, der geeignet entworfen ist, an benachbarten Prägungen **502**, **503** anliegen. Zusätzlich kann der periphere Bereich **501** der Prägeschablone **500** einen vertikalen Sicherheitsabstand von den Prägungen **503** sicherstellen.

[0089] Eine duale Tiefenprägeschablone, wie oben beschrieben, kann unter Verwendung von verschiedenen Vorrichtungen hergestellt werden. In einem in **Fig. 6** dargestellten Ausführungsbeispiel kann ein einzelnes, dickes Substrat **601** mit sowohl einem hochauflösenden Halbleitermuster **602** mit flacher Tiefe als auch einem niedrigauflösenden, peripheren Muster **603** mit großer Tiefe hergestellt werden. In einem Ausführungsbeispiel, wie in **Fig. 7** dargestellt, kann ein dünnes Substrat **702** (z.B. eine Quarzscheibe) mit einem hochauflösenden einzelnen Halbleiterelementmuster **701** mit geringer Tiefe hergestellt werden. Die einzelnen Halbleiterelementmuster **701** können dann vom Substrat **702** abgeschnitten werden. Die einzelnen Halbleiterelementmuster **701** können dann auf ein dickeres Substrat **703** gebondet werden, das eine Größe hat, um in einen Prägeschablonenhalter auf einer Prägemaschine zu passen. Dieses Bonding kann vorzugsweise unter Verwendung eines Klebstoffs **704** mit einem Refraktionsindex des Härtemittels (z.B. UV-Licht) ähnlich zu dem des Schablonenmaterials ausgeführt werden.

[0090] Zusätzliche Prägeschablonenentwürfe sind in den **Fig. 8A**, **8B** und **8C** dargestellt und werden im allgemeinen durch die Nummern **801**, **802** bzw. **803** bezeichnet. Jeder der Schablonenentwürfe **801**, **802** und **803** kann ausgenommene Bereiche enthalten, die zur Lückenmessung oder zur Mitführung von überschüssiger Flüssigkeit benutzt werden können.

[0091] In einem Ausführungsbeispiel kann eine Schablone einen Mechanismus zur Steuerung der Flüssigkeitsverteilung enthalten, die auf den physikalischen Eigenschaften des Materials als auch auf der Geometrie der Schablone basiert. Die Menge an überschüssiger Flüssigkeit, die toleriert werden kann, ohne einen Verlust an Substratfläche zu bewirken, kann durch die Oberflächenenergien der verschiedenen Materialien, die Flüssigkeitsdichte und die Schablonengeometrie begrenzt werden. Entsprechend kann eine Oberflächenstruktur benutzt werden, um die überschüssige Flüssigkeit abzuleiten, die einen Bereich umfasst, der die gewünschte geformte oder gemusterte Fläche umgibt. Dieser Bereich kann im allgemeinen als der "kerf" bezeichnet werden. Die Oberflächenstruktur in dem kerf kann in der Schablonenoberfläche unter Verwendung von Standardverarbeitungstechniken, die benutzt werden, um die Struktur oder die Formoberflächenstruktur aufzubauen, so wie es oben beschrieben ist, herausgenommen werden.

[0092] Bei der herkömmlichen Fotolithografie wird die Benutzung von optischen Abstandskorrekturen beim Entwurf der Fotomasken zunehmend der Standard, um genaue Muster der entworfenen Dimensionen herzustellen. Ähnliche Konzepte können bei der Mikro- und Nanoformungs- oder Prägelithografie angewandt werden. Ein wesentlicher Unterschied bei Prägelithografieprozessen können die Fehler sein, die nicht auf der Beugung oder der optischen Indifferenz, sondern stattdessen auf den Änderungen der physikalischen Eigenschaf-

ten beruhen, die während der Verarbeitung auftreten. Diese Veränderungen können die Natur oder das Bedürfnis nach technischen Oberflächenkorrekturen in der Geometrie der Schablone bestimmen. Eine Schablone, in der eine Musteroberflächenstruktur entworfen ist, um Materialveränderungen (wie z.B. Schrumpfen oder Ausdehnung) während dem Prägen Rechnung zu tragen, was vom Konzept ähnlich ist zu der optischen Abstandskorrektur, die in der optischen Lithografie benutzt wird, kann die Schablone die Fehler eliminieren, welche auf diesen Veränderungen in den physikalischen Eigenschaften beruhen. Durch Beachtung der Veränderungen in den physikalischen Eigenschaften, wie z.B. volumenmäßige Ausdehnung oder Zusammenziehung, können Oberflächenstrukturen eingestellt werden, um das exakt gewünschte nachgebildete Merkmal zu erzeugen. Zum Beispiel stellt **Fig. 9** ein Beispiel einer Prägung dar, die ohne Beachtung der Veränderungen **901** der Materialeigenschaften hergestellt worden ist, und eine Prägung, die unter Beachtung der Veränderungen der Materialeigenschaften **902** hergestellt worden ist. Bei bestimmten Ausführungsbeispielen kann eine Schablone mit Merkmalen mit einem im wesentlichen rechteckigen Profil **904** Deformierungen infolge von Material-schrumpfung während dem Aushärten ausgesetzt sein. Um solch eine Material-schrumpfung zu kompensieren, können Schablonenmuster mit einem Winkelprofil **905** zur Verfügung gestellt werden.

[0093] Mit Bezug auf die Prägelithografieprozesse können die Beständigkeit der Schablone und ihre Lösecharakteristika von Bedeutung sein. Eine beständige Schablone kann aus einem Silizium oder Siliziumdioxidsubstrat hergestellt werden. Andere geeignete Materialien können Siliziumgermaniumkohlenstoff, Galliumnitrid, Siliziumgermanium, Saphir, Galliumarsinid, Epitaxialsilizium, Polysilizium, Gate-Oxid, Quarz oder Kombinationen davon enthalten, sind aber darauf nicht beschränkt. Schablonen können auch Materialien enthalten, die benutzt werden, um detektierbare Merkmale, wie z.B. Ausrichtungsmarkierungen, herzustellen. Zum Beispiel können detektierbare Merkmale aus SiO_x hergestellt werden, wo x kleiner als 2 ist. In manchen Ausführungsbeispielen kann x ungefähr 1,5 sein. Es wird angenommen, dass dieses Material für sichtbares Licht lichtundurchlässig sein kann, aber transparent für manche aktivierende Lichtwellenlängen.

[0094] Es wurde per Experiment herausgefunden, dass die Beständigkeit der Schablone verbessert werden kann, indem die Schablone behandelt wird, um eine dünne Schicht auf der Oberfläche der Schablone zu bilden. Zum Beispiel kann eine Alkalisilan-, eine Fluoralkylsilan- oder eine Fluoralkyltrichlorsilanschicht auf der Oberfläche hergestellt werden, im besonderen kann Tridecafluor-1,1,2,2-tetrahydrooctyltrichlorsilan (C₅F₁₃C₂H₄SiCl₃) benutzt werden. Solch eine Behandlung kann eine selbst hergestellte Monoschicht (SAM) auf der Oberfläche des Substrats bilden.

[0095] Ein Oberflächenbehandlungsprozess kann optimiert werden, um Ummantelungen mit einer niedrigen Oberflächenenergie zu erzeugen. Solch eine Ummantelung kann bei der Vorbereitung von Prägeschablonen für die Prägelithografie benutzt werden. Behandelte Schablonen können wünschenswerte Lösungscharakteristika im Verhältnis zu den nicht behandelten Schablonen haben. Zum Beispiel können die zuletzt behandelten Schablonen freie Oberflächenenergien behandelt von ungefähr 14 Dynes/cm haben. Nicht behandelte Schablonenoberflächen können freie Oberflächenenergien, nicht behandelt von ungefähr 65 Dynes/cm haben. Eine hier dargestellte Behandlungsprozedur kann Filme erzeugen, die einen hohen Grad an Beständigkeit aufweisen. Eine hohe Beständigkeit ist sehr wünschenswert, da sie zu einer Schablone führen kann, die zahlreichen Prägen in einer Herstellungseinstellung widerstehen kann.

[0096] Eine Ummantelung für die Schablonenoberfläche kann unter Verwendung entweder eines Flüssigkeitsphasenprozesses oder eines Dampfphasenprozesses hergestellt werden. In einem Flüssigkeitsphasenprozess kann das Substrat in eine Lösung aus einem Vormittel und einem Lösungsmittel eingetaucht werden. In einem Dampfphasenprozess kann ein Vormittel über ein inertes Trägergas verteilt werden. Es kann schwierig sein, ein rein entwässertes Lösungsmittel zur Benutzung in einer Flüssigkeitsphasenbehandlung zu erhalten. Wasser in der Hauptphase während der Behandlung kann in der Ablagerung von Klumpen resultieren, die negativ die Endqualität oder Abdeckung der Ummantelung beeinflussen können. In einem Ausführungsbeispiel eines Dampfphasenprozesses kann die Schablone in einer Dampfkammer eingebracht werden, nachdem die Kammer cyclisch gereinigt werden kann, um überschüssiges Wasser zu entfernen. Etwas absorbiertes Wasser kann auf der Oberfläche der Schablone verbleiben. Eine kleine Menge von Wasser kann benötigt werden, um eine Oberflächenreaktion zu beenden, welche die Ummantelung bildet. Es wird davon ausgegangen, dass die Reaktion durch die Formel beschrieben werden kann: $R-SiCl_3 + 3H_2O \Rightarrow R-Si(OH)_3 + 3HCl$.

[0097] Um die Reaktion zu unterstützen, kann die Schablone über eine temperaturgesteuerte Spannvorrichtung auf eine gewünschte Reaktionstemperatur gebracht werden. Das Vormittel kann dann in die Reaktionskammer für eine vorgegebene Zeit eingeleitet werden. Die Reaktionsparameter, wie z.B. die Schablonentemperatur, die Vormittelkonzentration, die Strömungsgeometrien, etc. können auf die spezifische Vormittel- und Schablonensubstratkombination angepasst werden.

[0098] Wie früher erwähnt, kann die Substanz **40** eine Flüssigkeit sein, so dass sie den Raum der Lücke **31** ausfüllt. Zum Beispiel kann die Substanz **40** eine niederviskose flüssige Monomerlösung sein. Eine geeignete Lösung kann eine Viskosität im Bereich von ungefähr 0,01 cps bis ungefähr 100 cps (gemessen bei 25°C) haben. Niedere Viskositäten sind im besonderen wünschenswert für hochauflösende (z.B. sub-100 nm)-Strukturen. Im besonderen im sub-50-nm-Bereich sollte die Viskosität der Lösung bei ungefähr 25 cps oder darunter sein oder vorzugsweise unter ungefähr 5 cps (gemessen bei 25°C) sein. In einem Ausführungsbeispiel kann eine geeignete Lösung eine Mischung von 50 Gew.% n-Butylacrylat und 50 % SIA 0210,0 (3-Acryloxypropyltrimethylsiloxan)silan sein. Dieser Lösung kann ein kleiner Prozentsatz eines Polymerisationsinitiators (z.B. ein Fotoinitiator) hinzugefügt werden. Zum Beispiel kann eine 3 Gew.-%ige Lösung von einem 1:1 Irg 819 und Irg 184 und 5 % von SIB 1402,0 geeignet sein. Die Viskosität dieser Mischung liegt bei ungefähr 1 cps.

[0099] In einem Ausführungsbeispiel kann ein Prägelithographiesystem eine automatische Flüssigkeitsabgabevorrichtung und ein System zum Abgeben der Flüssigkeit auf die Oberfläche eines Substrats (z.B. einer Halbleiterscheibe) beinhalten. Das Abgabevorrichtungen kann einen modularen automatisierten Flüssigkeits-spender mit einer oder mehreren hervorragenden Spenderspitzen benutzen. Die Abgabevorrichtung kann eine X-Y-Stufe benutzen, um relative laterale Bewegungen zwischen der Spenderspitze und dem Substrat zu erzeugen. Das Vorrichtungen kann einige Probleme bei der Prägelithografie unter Verwendung von niederviskosen Flüssigkeiten eliminieren. Zum Beispiel kann das Vorrichtungen das Einfangen von Luftblasen und die lokalisierte Deformierung einer Prägefläche eliminieren. Ausführungsbeispiele können auch eine Möglichkeit zur Erreichung von niederen Prägedrücken zur Verfügung stellen, während die Flüssigkeit über die gesamte Lücke zwischen der Prägeschablone und dem Substrat sich verteilt, ohne eine nicht notwendige Verschwendung von überflüssiger Flüssigkeit.

[0100] In einem Ausführungsbeispiel kann ein abgegebenes Volumen typischerweise weniger als ungefähr 130 nl (Nanoliter) für eine 1 Inch²-Prägefläche sein. Nach der Abgabe beinhalten die folgenden Prozesse die Aussetzung des Schablonen- und Substrataufbaus an ein Härtemittel. Die Trennung der Schablone von dem Substrat kann ein übertragenes Bild auf der Oberseite der eingepägten Oberfläche hinterlassen. Das übertragene Bild kann sich auf einer dünnen Schicht von verbliebenem ausgesetzten Material befinden. Die verbliebene Schicht kann als eine "Basisschicht" bezeichnet werden. Die Basisschicht sollte für eine herstellbare Prä-gung dünn und gleichmäßig sein.

[0101] Prägeprozesse können hohe Drücke und/oder hohe Temperaturen beinhalten, die auf die Schablone und die Substratschnittstelle angewandt werden. Jedoch sollten bei herstellbaren Prägelithografieprozessen einschließlich einer hochauflösenden Überlagerungsausrichtung hohe Drücke und Temperaturen vermieden werden. Hier offenbarte Ausführungsbeispiele vermeiden die Notwendigkeit für hohe Temperaturen, indem niederviskose fothärtbare Flüssigkeiten verwendet werden. Ferner können Prägedrücke minimiert werden, indem die Druckkraft reduziert wird, die benötigt wird, um die Flüssigkeit über die gesamte Prägefläche zu verteilen. Deshalb sollte für die Zwecke der flüssigkeitsbasierten Prägelithografie ein Flüssigkeitsabgabeprozess die folgenden Eigenschaften erfüllen:

1. Es sollten keine Blasen zwischen der Schablone und dem Substrat eingefangen werden;
2. eine direkte Berührung zwischen der Abgabespitze und dem Substrat sollte vermieden werden, um die Partikelerzeugung zu minimieren;
3. der Druck, der benötigt wird, um die Lücke zwischen der Schablone und dem Substrat auszufüllen, sollte minimiert werden;
4. nicht gleichmäßige Flüssigkeitsaufbau- und/oder Druckgradienten sollten minimiert werden, um eine nicht gleichmäßige lokalisierte Deformierung der Schablonen-Substrat-Schnittstelle zu minimieren; und
5. die Verschwendung von abgegebener Flüssigkeit sollte minimiert werden.

[0102] In manchen Ausführungsbeispielen kann eine Relativbewegung zwischen einer verschiebungsbasier-ten Flüssigkeitsabgabespitze und einem Substrat benutzt werden, um ein Muster mit im wesentlichen kontinuierlichen Linien auf einer Prägefläche zu bilden. Die Größe des Querschnitts der Linie und die Form der Linie kann gesteuert werden, indem die Abgaberraten und die relative Bewegung ausgeglichen werden. Während dem Abgabeprozess können die Abgabespitzen in der Nähe (z.B. in der Größenordnung von Zehnteln von Mikrons) des Substrats fixiert werden. Zwei Vorrichtungen zur Bildung eines Linienmusters sind in den **Fig. 10A** und **10B** dargestellt. Das in den **Fig. 10A** und **10B** dargestellte Muster ist ein sinusförmiges Muster; jedoch sind auch andere Muster möglich. Wie in den **Fig. 10A** und **10B** dargestellt, können kontinuierliche Linienmuster entweder unter Benutzung einer einzelnen Abgabespitze **1001** oder vieler Abgabespitzen **1002** gezeichnet werden.

[0103] Die Abgaberate v_d und die relative laterale Geschwindigkeit eines Substrats v_s können in den folgenden Beziehungen dargestellt werden:

$$v_d = V_d/t_d \text{ (abgegebenes Volumen/abgegebene Periode),} \quad (1)$$

$$v_s = L/t_d \text{ (Linienlänge/Abgabeperiode),} \quad (2)$$

$$V_d = a \cdot L \text{ (wo "a" die Querschnittsfläche eines Linienmuster ist),} \quad (3)$$

Deshalb,

$$v_d = a \cdot v_s. \quad (4)$$

[0104] Die Breite des initialen Linienmusters kann normalerweise von der Spitzengröße eines Spenders abhängen. Die Spenderspitze kann fixiert sein. In einem Ausführungsbeispiel kann ein Flüssigkeitsabgabecontroller **1011** (wie in **Fig. 11** dargestellt) benutzt werden, um das abgegebene Flüssigkeitsvolumen (V_d) und die zur Abgabe der Flüssigkeit benötigte Zeit (t_d) zu steuern. Wenn V_d und t_d festgelegt sind, dann führt die Erhöhung der Länge der Leitung zu einer niedrigeren Höhe des Querschnitts der gemusterten Linie. Eine ansteigende Musterlänge kann erreicht werden, durch Erhöhung der räumlichen Häufigkeit der periodischen Muster. Eine niedrigere Höhe der Muster kann zu einer Abnahme der Flüssigkeitsmenge führen, die während dem Prägeprozess zu verdrängen ist. Durch Verwendung mehrerer Spitzen, die mit derselben Abgabeleitung verbunden sind, können Linienmuster mit großen Längen schneller hergestellt werden als verglichen zu dem Fall mit einer einzelnen Abgabespitze. In einem Ausführungsbeispiel kann ein verdrängungsbasiertes Flüssigkeitsverteilungssystem enthalten: einen Flüssigkeitsbehälter **1101**, ein Einlassrohr **1102**, ein Einlassventil **1103**, ein Auslassventil **1104**, eine Spritze **1105**, einen Spritzenantrieb **1106**, eine Abgabespitze **1107**, einen X-Stufenantrieb **1109**, einen Y-Stufenantrieb **1110**, einen Abgabecontroller **1111**, einen X-Y-Stufencontroller **1112** und einen Hauptsteuercomputer **1113**. Ein geeigneter verdrängungsbasierter Abgeber kann von der Hamilton Company erhalten werden.

[0105] **Fig. 12** stellt einige nicht erwünschte Flüssigkeitsmuster oder Abgabevorrichtungen für niederviskose Flüssigkeiten dar. Diese Abgabemuster können zu einem oder mehreren Problemen führen, welche einschließen: Einfangen von Luftblasen, lokalisierte Deformierungen und Flüssigkeitsverschwendung. Zum Beispiel kann die Abgabe eines einzelnen Tropfens am Zentrum der Prägefläche **1201** oder die Abgabe von irregulären Linien **1205** zu lokalisierten Deformierungen der Schablone und/oder des Substrats führen. Die Abgabe von einigen Tropfen **1202** oder Linien **1206** in einem Umfangsmuster kann zum Einfangen von Luftblasen führen. Andere Abgabemuster mit annähernd geschlossenen Umfangsmustern **1204** können auf ähnliche Art und Weise zu einem Einfangen von Luftblasen führen. Auf ähnliche Art und Weise kann das Versprühen oder das zufällige Platzen von Tropfen **1203** zum Einfangen von Luftblasen führen. Die Rotationsbeschichtung eines Substrats mit einer niederviskosen Flüssigkeit kann ein "Entfeuchtungs"-Problem infolge der dünnen Filminstabilität verursachen. Die Entfeuchtung kann zur Bildung von zahlreichen kleinen Flüssigkeitstropfen auf dem Substrat anstatt einer dünnen gleichmäßigen Flüssigkeitsschicht führen.

[0106] In einem Ausführungsbeispiel kann eine Flüssigkeitsabgabevorrichtung viele kleine Flüssigkeitstropfen abgeben, die später in einem kontinuierlichen Körper gebildet werden können, wenn sie sich ausdehnen. Die **Fig. 13** stellt den Fall der Benutzung von fünf Flüssigkeitstropfen dar. Hier werden nur fünf Tropfen zum Zweck der Erklärung benutzt. Andere "offene" Muster, wie z.B. eine sinusförmige Linie, ein "W" oder ein "X" können unter Verwendung dieser Vorrichtungen implementiert werden. Da die Schablonen-Substratlücke kleiner wird, können die kreisförmigen Tropfen **1301** dünner und breiter werden, was bewirkt, dass sich benachbarte Tropfen miteinander vereinigen **1302**. Deshalb kann selbst wenn das initiale Abgeben keine kontinuierliche Form enthält, die expandierende Flüssigkeit Luft aus der Lücke zwischen der Schablone und dem Substrat verdrängen. Ein zur Benutzung in diesen Vorrichtungen wirksames Muster sollte in solch einer Art und Weise abgegeben werden, dass dann, wenn die Tropfen sich ausdehnen, sie keine Luft zwischen der Schablone und dem Substrat einfangen.

[0107] Kleine Flüssigkeitstropfen, deren Volumen genau spezifiziert werden kann, können unter Verwendung von Mikromagnetspulventilen mit einer Druckunterstützungseinheit abgegeben werden. Ein anderer Typ des Flüssigkeitsabgabeantriebs kann einen piezobetätigten Spender beinhalten. Vorteile eines Systems mit einem Mikromagnetspulventilspender, verglichen zu einem verschiebungsbasierten Flüssigkeitsspender,

kann eine schnellere Abgabezeit und eine genauere Volumensteuerung beinhalten. Diese Vorteile können besonders für Prägungen von größerer Größe (z.B. einige Inch darüber) wünschenswert sein. Ein Ausführungsbeispiel eines Systems, das Mikromagnetspulventile enthält, ist in **Fig. 14** dargestellt.

[0108] Das System kann enthalten: einen Flüssigkeitsbehälter **1401**, ein Einlassrohr **1402**, ein Einlassventil **1403**, eine Pumpe **1404**, ein Auslassventil **1405**, eine Pumpensteuerung **1406**, ein Mikromagnetspulventil **1407**, einen Mikromagnetspulventilcontroller **1408**, eine X-Y-Stufe **1409**, einen X-Y-Stufencontroller **1410** und einen Hauptcomputer **1412**. Ein Substrat **1411** kann auf einer X-Y-Stufe **1409** platziert sein. Ein geeignetes Mikroventilspendersystem kann von der Lee Company erhalten werden.

[0109] Ein Abgabemuster, das für große Prägeflächen (z.B. größer als einige Inch²) hilfreich sein kann, ist in **Fig. 15A** dargestellt. In solch einem Ausführungsbeispiel können parallele Flüssigkeitslinien **1503** abgegeben werden. Parallele Flüssigkeitslinien **1503** können in solch einer Art und Weise ausgedehnt werden, dass Luft aus der Lücke verdrängt werden kann, wenn die Schablone **1501** sich an das Substrat **1502** annähert. Um das Ausdehnen der Linien **1503** in der gewünschten Art und Weise zu erleichtern, kann sich die Schablone **1501** in der Nähe der Lücke in einer absichtlichen Teilkonfiguration (wie in **Fig. 15B** dargestellt) befinden. Das heißt, die Schablonen/Substrat-Lücke kann entlang der Linien **1503** (z.B. der Keilwinkel kann parallel zu den Linien **1503** sein) geschlossen werden.

[0110] Ein Vorteil der Zurverfügungstellung einer gut verteilten initialen Flüssigkeitsschicht ist, dass der Orientierungsfehler zwischen der Schablone und dem Substrat kompensiert werden kann. Dies liegt an den hydraulischen Dynamiken der dünnen Flüssigkeitsschicht und der Anpassung der Orientierungsstufe. Der untere Abschnitt der Schablone kann die abgegebene Flüssigkeit früher als andere Abschnitte der Schablone berühren. Wenn die Lücke zwischen der Schablone und dem Substrat kleiner wird, dann steigt das Ungleichgewicht der Reaktionskräfte zwischen dem unteren und dem oberen Abschnitt der Schablone an. Dieses Ungleichgewicht der Kräfte kann zu einer Korrekturbewegung für die Schablone und das Substrat führen, was sie in eine im wesentlichen parallele Beziehung zueinander bringt.

[0111] Eine erfolgreiche Prägelithografie kann die präzise Ausrichtung und Orientierung der Schablone mit Bezug zu dem Substrat erfordern, um die Lücke zwischen der Schablone und dem Substrat zu steuern. Ausführungsbeispiele, die hier beschrieben werden, können ein System zur Verfügung stellen, das in der Lage ist eine präzise Ausrichtung und eine Lückensteuerung in einem Produktionsfabrikationsprozess zu erreichen. In einem Ausführungsbeispiel kann das System eine hochauflösende X-Y-Übersetzungsstufe enthalten. In einem Ausführungsbeispiel kann das System eine Vorkalibrierungsstufe zur Durchführung eines vorläufigen und groben Ausrichtungsbetriebs zwischen der Schablonen- und Substratoberfläche zur Verfügung stellen, um die relative Ausrichtung innerhalb dem Bewegungsbereich einer feinen Bewegungsorientierungsstufe zu bringen. Diese Vorkalibrierungsstufe kann nur erfordert werden, wenn eine neue Schablone in der Vorrichtung (manchmal auch als ein Stepper bekannt) eingebaut wird. Die Vorkalibrierungsstufe kann aus einer Basisplatte, einer Biegekomponente und einer Vielzahl von Mikrometern oder hochauflösenden Antrieben bestehen, welche die Basisplatte und die Biegekomponente miteinander verbinden.

[0112] **Fig. 16** stellt ein Ausführungsbeispiel einer X-Y-Übersetzungsstufe in einer montierten Konfiguration dar, die im allgemeinen durch die Zahl **1600** bezeichnet wird. Die Gesamtbasisfläche kann kleiner als ungefähr 20 Inch × 20 Inch sein und die Höhe kann ungefähr 6 Inch sein (einschließlich einer Halbleiterscheibenspannvorrichtung). Solch ein Ausführungsbeispiel kann X- und Y-Achsentranslationsbewegungsbereiche von ungefähr 12 Inch zur Verfügung stellen.

[0113] Ein zweites Ausführungsbeispiel einer X-Y-Übersetzungsstufe wird in **Fig. 17** dargestellt und allgemein durch die Zahl **1700** bezeichnet. Um einen ähnlichen Bewegungsbereich zu dem der X-Y-Stufe **1600** zur Verfügung zu stellen, kann die Stufe **1700** eine Basisfläche von ungefähr 29 Inch × 29 Inch und eine Höhe von ungefähr 9,5 Inch (einschließlich einer Waferspannvorrichtung) haben. Die Stufen **1600** und **1700** unterscheiden sich hauptsächlich dadurch, dass zusätzliche Verbindungen **1701** vertikal orientiert sind und dadurch eine zusätzliche Last zur Verfügung stellen, die auf der Halterung für die Translationsstufe lastet.

[0114] Sowohl X-Y-Stufe **1600** als auch die X-Y-Stufe **1700** sind biegungsbasierte Systeme. Biegungen sind weit verbreitet in Präzisionsmaschinen, da sie einen reibungslosen, partikelfreien und einen mit niedrigem Aufwand aufrecht zu erhaltenden Betrieb zur Verfügung stellen. Biegungen können auch eine extrem hohe Auflösung zur Verfügung stellen. Jedoch können die meisten biegungsbasierten Systeme begrenzte Bewegungsbereiche besitzen (z.B. sub mm-Bewegungsbereiche). Die hier offenbarten Ausführungsbeispiele können einen Bewegungsbereich von mehr als 12 Inch haben. Es wird davon ausgegangen, dass solche Stufen kosten-

effektiv für Lithografieanwendungen besonders im Vakuum sind. Ferner verleiht für Prägelithografiertechniken das Vorhandensein von Prägekräften den hier dargestellten Ausführungsbeispielen deutliche Vorteile.

[0115] Im allgemeinen kann eine X-Y-Stufe zwei Typen von Komponenten beinhalten: Antriebskomponenten und lasttragende Komponenten. Der Führungsschraubenaufbaumechanismus ist weit verbreitet, wo die Positionierungsgenauigkeit ein nicht sehr bedeutsamer Faktor ist. Für hochgenaue Anwendungen werden Ballschraubenaufbauten sowohl für die Betätigungs- als auch für die lasttragenden Komponenten benutzt. Beide Entwürfe neigen zu Problemen bezüglich von Gegenreaktion. Ferner kann das Bedürfnis für eine Schmierung diese Entwürfe ungeeignet machen für die Verwendung im Vakuum oder bei teilchenempfindlichen Anwendungen (z.B. Prägelithografie).

[0116] Zusätzlich können einige Entwürfe ihre Luftlager benutzen. Luftlager können wesentlich die Probleme der Gegenreaktion und Stiktion eliminieren. Jedoch können Luftlager nur begrenzte Lasttragekapazitäten zur Verfügung stellen. Zusätzlich können Luftlager nicht geeignet sein für die Benutzung in Vakuumumgebungen.

[0117] Fig. 18 zeigt ein Schema eines Abschnitts einer grundsätzlichen Verbindung **1800**. Verbindung 1 **1804**, und Verbindung 3 **1805**, können von derselben Länge sein. Wenn sich ein beweglicher Körper **1801** entlang der X-Achse bewegt, drehen sich alle Gelenke in der Verbindung **1800** um denselben absoluten Winkel. Es sollte beachtet werden, dass der Bewegungsbereich unabhängig von der Länge der Verbindung 2 **1803** ist. Infolge der kinematischen Beschränkungen kann Verbindung 2 **1803** parallel zu einer Linie zwischen Gelenk 1 **1806** und Gelenk 4 **1807** bleiben. In der Verbindung 1800 kann der Bewegungsbereich Im wie folgt angegeben werden:

$$Im = 2 dl [\cos \theta(0 - \alpha_{max}/2) - \cos (\theta 0 + \alpha_{max}/2)] = 4 dl \sin (\theta 0) \sin (\alpha_{max}/2), \quad (5)$$

wo $\theta 0$ der Winkel von Gelenk 1 **1806**, ist wenn alle Biegegelenke in ihrem Gleichgewichtszustand sind, α_{max} ist der maximale Drehbereich des Biegegelenks und dl ist die Länge der Verbindungen 1 und 3, **1804** und **1805**. Wie in Gleichung (5) angegeben, wird für ein gegebenes dl der Bewegungsbereich maximiert, wenn $\theta 0$ 90° ist. Deshalb kann die Verbindungslänge wie folgt angegeben werden:

$$dl = Im/[4\sin(\alpha_{max}/2)] \quad (6)$$

[0118] Deshalb, unter Verwendung eines Wertes von 60° für α_{max} , ist die minimale Verbindungslänge für einen 12 Inch-Bewegungsbereich 6 Inch.

[0119] Fig. 19 stellt ein Ausführungsbeispiel einer Basisverbindung ähnlich zur Verbindung **1800** dar, aber mit dem Zusatz von zwei zylinderförmigen Scheiben **1902**. Wie eine kinematische Studie zeigt, kann der resultierende Rollkontakt die Verbindung 1 **1908** und die Verbindung 2 **1906** in entgegengesetzten Richtungen drehen. In einem Ausführungsbeispiel werden keine zusätzlichen Gelenke oder Lager erfordert, da die zylindrischen Scheiben **1902** mit den Verbindungen **1908** und **1906** verbunden sein können. Um zu verhindern, dass die Scheiben **1902** abrutschen, wird eine geeignete Vorlast zwischen den zwei Scheiben angelegt. Verglichen zu herkömmlichen Stufen, wo direkte Antriebsmechanismen oder Lager benutzt werden können, kann die Kontaktfläche hier relativ klein sein und relativ leicht aufrecht zu erhalten sein. Zu beachten ist, dass, obwohl die Scheiben **1902** nicht in Bezug zu den X-Y-Stufen **1600** und **1700** dargestellt sind, die Scheiben **1902** in manchen Ausführungsbeispielen vorhanden sein können. Die Verbindungen **1602** und **1601** in Fig. 6 können zu den Verbindungen **1908** und **1906** von Fig. 19 korrespondieren. Folglich können die Scheiben **1902** am Ort **1603** vorhanden sein (als auch bei anderen Orten, die nicht in Fig. 16 sichtbar sind). Bezüglich Fig. 17 können die Scheiben **1902** am Ort **1702** vorhanden sein (als auch an anderen Orten, die nicht in Fig. 17 sichtbar sind).

[0120] Als das Antriebssystem für jede der Stufen **1600** oder **1700** können zwei lineare Servomotoren (wie in Fig. 20 dargestellt und durch die Nummer 2000 bezeichnet) geeignet sein. Ein linearer Servomotor kann jede Translationsachse versorgen. Geeignete Linearservomotoren sind von der Trilogy Systems Corporation erhältlich. Ein Vorteil von solchen linearen Servomotoren ist das Fehlen des Reibungskontaktes. Ein anderer Vorteil von solchen linearen Servomotoren kann die Tatsache sein, dass sie leicht Antriebskräfte größer als ungefähr 100 Pfund erzeugen. In der X-Y-Stufe EE0 kann die Lastlagerung durch zusätzliche Verbindungen **1701** zur Verfügung gestellt werden. Deshalb können die Antriebskomponenten nur eine translatorische Bewegungssteuerung in den X- und Y-Richtungen zur Verfügung stellen. Es sollte beachtet werden, dass in manchen Ausführungsbeispielen der Antrieb der unteren Stufe kraftvoller sein kann als der Antrieb der oberen Stufe. In manchen Ausführungsbeispielen können die Laserinterferometer ein Rückkopplungssignal zur Verfügung stellen, um die X- und Y-Positionierung der X-Y-Stufe zu steuern. Es wird davon ausgegangen, dass die Laserinterfe-

rometrie eine Positionierungssteuerung im nm-Bereich zur Verfügung stellen kann.

[0121] Fehler beim Platzieren können kompensiert werden unter Verwendung von Laserinterferometern und hochauflösenden X-Y-Stufen (wie z.B. X-Y Stufe **1700**, die in **Fig. 17** dargestellt ist). Wenn die Orientierungsausrichtungen zwischen der Schablone und dem Substrat unabhängig von den X-Y-Bewegungen sind, dann kann der Platzierungsfehler nur einmal für eine gesamte Substratscheibe (d.h. "globale Überlagerung") kompensiert werden. Wenn die Orientierungsausrichtungen zwischen der Schablone und dem Substrat mit den X-Y-Bewegungen verbunden sind und/oder exzessive lokale Orientierungsvariationen auf dem Substrat vorhanden sind, dann können die X-Y-Positionsveränderungen der Schablone relativ zu dem Substrat kompensiert werden (d.h. Feld-zu-Feld-Überlagerung). Überlagerungsausrichtungsprobleme werden weiter diskutiert mit Bezug zu dem Überlagerungsausrichtungsbereich. **Fig. 21** und **22** stellen globale bzw. Feld-zu-Feld-Überlagerungsfehler-Kompensationsalgorithmen zur Verfügung.

[0122] In einem Ausführungsbeispiel kann die Orientierung der Schablone und des Substrates durch eine Vorkalibrierungsstufe (automatisch unter Verwendung von Antrieben oder manuell unter Verwendung von Mikrometern) und einer feinen Orientierungsstufe erreicht werden, die aktiv oder passiv sein kann. Eine oder beide dieser Stufen kann einen anderen Mechanismus beinhalten, aber biegungsbasierte Mechanismen können bevorzugt sein, um Partikel zu vermeiden. Die Kalibrierungsstufe kann an einem Rahmen montiert sein und die feine Orientierungsstufe kann an der Vorkalibrierungsstufe montiert sein. Solch ein Ausführungsbeispiel kann deshalb eine serielle mechanische Anordnung bilden.

[0123] Eine feine Orientierungsstufe kann einen oder mehrere passive nachgiebige Elemente enthalten. Ein "passives nachgiebiges Element" kann sich im allgemeinen auf ein Element beziehen, das seine Bewegung aus der Nachgiebigkeit erhält. Das heißt, die Bewegung kann aktiviert werden durch eine direkte oder indirekte Berührung mit der Flüssigkeit. Wenn die feine Orientierungsstufe passiv ist, dann kann sie entworfen werden, um die meiste dominante Nachgiebigkeit um zwei Orientierungsachsen zu haben. Die zwei Orientierungsachsen können orthogonal sein und können an der unteren Oberfläche der Schablone liegen (wie mit Bezug zu **Fig. 43** beschrieben). Die zwei orthogonalen Torsionsnachgiebigkeitswerte können typischerweise dieselben sein für eine quadratische Schablone. Die feine Orientierungsstufe kann so entworfen werden, dass, wenn die Schablone nicht parallel mit Bezug zu dem Substrat ist, wenn es eine Berührung mit der Flüssigkeit herstellt, der resultierende ungleichmäßige Flüssigkeitsdruck schnell den Orientierungsfehler korrigieren kann. In einem Ausführungsbeispiel kann die Korrektur mit einem minimalen oder keinem Überspringen bewirkt werden. Ferner kann eine feine Orientierungsstufe, wie oben beschrieben, im wesentlichen die parallele Orientierung zwischen der Schablone und dem Substrat für eine ausreichend lange Periode halten, um das Aushärten der Flüssigkeit zu erlauben.

[0124] In einem Ausführungsbeispiel kann eine feine Orientierungsstufe einen oder mehrere Antriebe enthalten. Zum Beispiel können Piezoantriebe (wie mit Bezug zur **Fig. 46** beschrieben) geeignet sein. In solch einem Ausführungsbeispiel sollte die effektive passive Nachgiebigkeit der feinen Orientierungsstufe, die mit der Vorkalibrierungsstufe verbunden ist, noch wesentlich torsional um die zwei Orientierungsachsen sein. Die geometrischen und materiellen Parameter aller strukturellen und aktiven Elemente zusammen können zu dieser effektiven passiven Steifigkeit beitragen. Zum Beispiel können die Piezoantriebe auch bei Zug und Druck nachgiebig sein. Die geometrischen und materiellen Parameter können so synthetisiert werden, um die gewünschte torsionale Nachgiebigkeit um die zwei orthogonalen Orientierungsachsen zu erhalten. Ein einfacher Ansatz für diese Synthese kann es sein, die Nachgiebigkeit der Antriebe entlang ihrer Antriebsrichtung in der feinen Orientierungsstufe höher zu machen als die strukturellen Nachgiebigkeiten in dem Rest des Stufensystems. Dies kann eine passive Selbstkorrekturfähigkeit zur Verfügung stellen, wenn eine nicht parallele Schablone in Berührung mit der Flüssigkeit auf dem Substrat kommt. Ferner sollte diese Nachgiebigkeit gewählt werden, um schnell die Orientierungsfehler mit minimalem oder keinem Überspringen zu korrigieren. Die feine Orientierungsstufe kann die im wesentlichen parallele Orientierung zwischen der Schablone und dem Substrat für eine ausreichend lange Zeit halten, um ein Aushärten der Flüssigkeit zu erlauben.

[0125] Überlagerungsausrichtungsschemata können eine Messung von Ausrichtungsfehlern beinhalten, denen durch eine Kompensation von diesen Fehlern gefolgt wird, um eine genaue Ausrichtung einer Prägeschablone und eines gewünschten Prägeortes auf einem Substrat zu erreichen. Die Messtechniken, die in der Nahbereichs-Lithografie, Röntgenstrahl-Lithografie und Fotolithografie (z.B. Laserinterferometrie, Kapazitätsmessung, automatisierte Bildverarbeitung von Überlagerungsmarken auf der Maske und dem Substrat, etc.) können für den Prägelithografieprozess mit geeigneten Modifikationen angepasst werden.

[0126] Typen von Überlagerungsfehlern für Lithografieprozesse können Platzierungsfehler, Theta-Fehler,

Vergrößerungsfehler und Maskenverformungsfehler enthalten. Ein Vorteil der hier offenbarten Ausführungsbeispiele kann sein, dass die Maskenverformungsfehler nicht vorhanden sind, da die offenbarten Prozesse bei relativ niedrigen Temperaturen (z.B. Raumtemperatur) und niedrigen Drücken arbeiten. Deshalb induzieren diese Ausführungsbeispiele keine bedeutenden Verformungen. Ferner können diese Ausführungsbeispiele Schablonen benutzen, die aus einem relativ dicken Substrat hergestellt sind. Dies kann zu viel kleineren Masken (oder Schablonen)-Verformungsfehlern führen, verglichen mit anderen Lithografieprozessen, wo Masken aus relativ dünnen Substraten hergestellt sind. Ferner kann die Gesamtfläche der Schablone für beide Lithografieprozesse transparent sein für aushärtendes Licht (z.B. UV-Licht), welches die Erwärmung infolge der Energieabsorption von dem Härtemittel minimieren kann. Die reduzierte Erwärmung kann das Auftreten von hitzeinduzierten Verformungen verglichen mit fotolithografischen Prozessen minimieren, wo ein deutlicher Abschnitt der Bodenfläche einer Maske lichtundurchlässig aufgrund des Vorliegens einer metallischen Umman- telung sein kann.

[0127] Platzierungsfehler beziehen sich im allgemeinen auf X-Y-Positionierungsfehler zwischen einer Schablone und einem Substrat (d.h. der Verschiebung entlang der X- und/oder Y-Achse). Der Theta-Fehler kann sich im allgemeinen auf den relativen Orientierungsfehler um die Z-Achse beziehen (d.h. die Drehung um die Z-Achse). Der Vergrößerungsfehler kann sich im allgemeinen auf die thermische oder materiell induzierte Schrumpfung oder Ausdehnung der eingepprägten Fläche verglichen zu der original gemusterten Fläche auf der Schablone beziehen.

[0128] In Prägelithografieprozessen muss die Orientierungsausrichtung zum Zwecke der Lückenstörung zwischen einer Schablone und einem Substrat entsprechend den Winkeln α und β in **Fig. 23** häufig ausgeführt werden, wenn exzessive Feld-zu-Feld-Oberflächenvariationen auf dem Substrat vorhanden sind. Im allgemeinen ist es wünschenswert, für die Variation über einer Prägefläche, dass sie kleiner ist als ungefähr eine Hälfte der eingepprägten Merkmalshöhe. Wenn Orientierungsausrichtungen mit der X-Y-Positionierung der Schablone und dem Substrat verbunden sind, dann kann eine Feld-zu-Feld-Platzierungsfehlerkompensation notwendig sein. Jedoch werden Ausführungsbeispiele von Orientierungsstufen, die eine Orientierungsausrichtung ohne Induzierung von Platzierungsfehlern induzieren, hier dargestellt.

[0129] Fotolithografieprozesse, die ein Fokussierungslinsensystem benutzen, können die Maske und das Substrat so positionieren, dass es möglich ist, die Bilder der zwei Ausrichtungsmarken (eines auf der Maske und das andere auf dem Substrat) auf derselben fokalen Ebene zu lokalisieren. Ausrichtungsfehler können induziert werden durch das Betrachten der relativen Positionierung dieser Ausrichtungsmarken. In Prägelithografieprozessen halten das Substrat und die Schablone eine relativ kleine Lücke (in der Größenordnung von Mikrometern oder weniger) während der Überlagerungsfehlermessung aufrecht. Deshalb muss das Überlagerungsfehlermessungswerkzeug zwei Überlagerungsmarken von unterschiedlichen Ebenen auf derselben fokalen Ebene fokussieren. Solch ein Erfordernis ist für Bauelemente mit Merkmalen nicht kritisch, die relativ groß sind (z.B. ungefähr $0,5\ \mu\text{m}$). Jedoch für kritische Merkmale in dem sub-100 nm-Bereich sollten die Bilder der zwei Überlagerungsmarken auf derselben fokalen Ebene erfasst werden, um hochauflösende Überlagerungsfehlermessungen zu erreichen.

[0130] Entsprechend sollten Überlagerungsfehlermessungen und Fehlerkompensationsvorrichtungen für Prägelithografieprozesse die folgenden Anforderungen erfüllen:

1. Überlagerungsfehlermesswerkzeuge sollten in der Lage sein, sich auf zwei Überlagerungsmarken zu fokussieren, die nicht in derselben Ebene sind;
2. die Überlagerungsfehlerkorrekturwerkzeuge sollten in der Lage sein, die Schablone und das Substrat relativ in X- und Y-Richtung bei Vorliegen einer dünnen Flüssigkeitsschicht zwischen der Schablone und dem Substrat zu bewegen;
3. die Überlagerungsfehlerkorrekturwerkzeuge sollten in der Lage sein, den Theta-Fehler bei Vorliegen einer dünnen Flüssigkeitsschicht zwischen der Schablone und dem Substrat zu kompensieren; und
4. die Überlagerungsfehlerkorrekturwerkzeuge sollten in der Lage sein, den Vergrößerungsfehler zu kompensieren.

[0131] Das oben dargestellte erste Erfordernis kann erfüllt werden, indem i) ein optisches Bildwerkzeug auf und ab bewegt wird (wie im US-Patent 5,204,739) oder ii) unter Verwendung von Strahlungsquellen mit zwei unterschiedlichen Wellenlängen. Für diese beiden Ansätze ist das Wissen der Lückenmessung zwischen der Schablone und dem Substrat nützlich im besonderen für das zweite Vorrichtungen. Die Lücke zwischen der Schablone und dem Substrat kann gemessen werden unter Verwendung eines der bestehenden nichtberührenden Filmdickemesswerkzeuge, welche die Breitbandinterferometrie, die Laserinterferometrie und Kapazi-

tätssensoren einschließen.

[0132] Fig. 24 stellt die Positionen von Schablonen **2400**, Substrat **2401**, Flüssigkeit **2403**, Lücke **2405** und Überlagerungsfehlermesswerkzeug **2402** dar. Die Höhe eines Messwerkzeugs kann angepasst werden **2406** entsprechend zu der Lückeninformation, um zwei Überlagerungsmarken auf derselben Bildebene zu erfassen. Um diesen Ansatz zu erfüllen, kann ein Bildspeicherungs-**2403**-Gerät erforderlich sein. Zusätzlich sollten die Positionierungsgeräte der Schablone und des Wafers vibrationsmäßig von den Auf- und Abbewegungen des Messgerätes **2402** isoliert sein. Ferner kann dieser Ansatz keine kontinuierlichen Bilder der Überlagerungsmarken erzeugen, wenn die Abtastbewegungen in X-Y-Richtungen zwischen der Schablone und dem Substrat für eine hochauflösende Überlagerungsausrichtung benötigt werden. Deshalb kann dieser Ansatz für ein relativ niederauflösendes Überlagerungsausrichtungsschema für den Prägelithografieprozess angepasst werden.

[0133] Fig. 25 stellt eine Vorrichtung zur Fokussierung von zwei Ausrichtungsmarkierungen von zwei unterschiedlichen Ebenen auf einer einzelnen fokalen Ebene dar. Die Vorrichtung **2500** kann die Veränderung der fokalen Länge benutzen, die von dem Licht mit unterschiedlichen Wellenlängen resultiert, die als Beleuchtungsquellen benutzt werden. Die Vorrichtung **2500** kann ein Bildspeichergerät **2503** und eine Beleuchtungsquelle (nicht dargestellt) und ein Fokussierungsgerät **2505** enthalten. Licht mit unterschiedlichen Wellenlängen kann entweder durch Benutzung von einzelnen Lichtquellen oder durch Benutzung einer einzelnen Breitbandlichtquelle und Einsetzen von optischen Bandpassfiltern zwischen der Bildebene und den Ausrichtungsmarken erzeugt werden. In Abhängigkeit von der Lücke zwischen der Schablone **2501** und dem Substrat **2502** kann ein unterschiedlicher Satz von zwei Wellenlängen ausgewählt werden, um die fokalen Längen einzustellen. Unter jeder Beleuchtung kann jede Überlagerungsmarke zwei Bilder auf der Bildebene erzeugen, so wie dies in Fig. 26 dargestellt wird. Ein erstes Bild **2601** kann ein klar fokussiertes Bild sein. Ein zweites Bild **2602** kann ein außerhalb des Fokus liegendes Bild sein. Um die außerhalb des Fokus liegenden Bilder zu eliminieren, können unterschiedliche Vorrichtungen benutzt werden.

[0134] In einer ersten Vorrichtung können bei Beleuchtung mit einer Lichtwellenlänge zwei Bilder von einem bildgebenden Feld (z.B. einem CCD-Feld) empfangen werden. Bilder, die empfangen werden, sind in Fig. 26 dargestellt und werden durch die Nummer **2604** bezeichnet. Das Bild **2602** kann mit einer Überlagerungsausrichtungsmarkierung auf dem Substrat korrespondieren. Das Bild **2601** kann mit einer Überlagerungsausrichtungsmarke auf der Schablone korrespondieren. Wenn das Bild **2602** fokussiert ist, dann ist das Bild **2601** außerhalb des Fokus und umgekehrt. In einem Ausführungsbeispiel kann eine bildverarbeitende Technik benutzt werden, um die geometrischen Daten zu löschen, die Pixels entsprechen, die mit dem Bild **2602** verbunden sind. Folglich kann das außerhalb des Fokus liegende Bild des Substrats eliminiert werden, was das Bild **2603** übrig lässt. Unter Verwendung derselben Prozedur und einer zweiten Lichtwellenlänge kann das Bild **2605** und **2606** auf dem bildgebenden Feld erzeugt werden. Die Prozedur kann außerhalb des Fokus liegende Bilder **2606** eliminieren. Folglich kann das Bild **2605** übrig bleiben. Die zwei verbleibenden fokussierten Bilder **2601** und **2605** können dann auf einer einzelnen Bildelemente **2603** kombiniert werden, um Überlagerungsfehlermessungen durchzuführen.

[0135] Eine zweite Vorrichtung kann zwei coplanare Polarisierungsfelder, wie in Fig. 27 dargestellt ist, und polarisierte Beleuchtungsquellen benutzen. Fig. 27 stellt Überlagerungsmarken **2701** und orthogonal polarisierte Felder **2702** dar. Die Polarisierungsfelder **2702** können auf der Schablonenoberfläche hergestellt werden oder können darüber platziert werden. Bei zwei polarisierten Beleuchtungsquellen können nur fokussierte Bilder **2703** (wobei jedes einer bestimmten Wellenlänge und Polarisation entspricht) auf der bildgebenden Ebene erscheinen. Folglich können Bilder außerhalb des Fokus durch die Polarisationsfelder **2702** herausgefiltert werden. Ein Vorteil dieser Vorrichtung kann sein, dass es keine bildverarbeitende Technik erfordert, um Bilder außerhalb des Fokus zu eliminieren.

[0136] Es sollte beachtet werden, dass, wenn die Lücke zwischen der Schablone und dem Substrat während der Überlagerungsmessung zu klein ist, die Fehlerkorrektur schwierig werden kann infolge der Stiktion oder der angestiegenen Scherkräfte der dünnen Flüssigkeitsschicht. Zusätzlich können Überlagerungsfehler durch die nicht ideale vertikale Bewegung zwischen der Schablone und dem Substrat verursacht werden, wenn die Lücke zu groß ist. Deshalb sollte eine optimale Lücke zwischen der Schablone und dem Substrat bestimmt werden, wo die Überlagerungsfehlermessungen und Korrekturen durchgeführt werden können.

[0137] Ein Moire-Muster, das die Basis für die Überlagerungsmessung bildet, ist für optische Lithografieprozesse benutzt worden. Für Prägelithografieprozesse, wo zwei Schichten von Moire-Muster nicht in derselben Ebene sind, sondern sich in der Bildebene noch überlagern, kann das Erfassen von zwei einzelnen fokussierten Bildern schwierig sein, diese zu erhalten. Jedoch kann das vorsichtige Steuern der Lücke zwischen der

Schablone und dem Substrat innerhalb des Bereichs des Fokus des optischen Messwerkzeuges und ohne direkten Kontakt zwischen der Schablone und dem Substrat erlauben, zwei Schichten von Moire-Mustern gleichzeitig mit minimalen Fokussierungsproblemen zu erhalten. Es wird davon ausgegangen, dass andere Standardüberlagerungsschemata, die auf Moire-Mustern basieren, direkt in Prägelithografieprozesse implementiert werden können.

[0138] Platzierungsfehler können kompensiert werden, um Kapazitätssensoren oder Laserinterferometer und hochauflösende X-Y-Stufen zu verwenden. In einem Ausführungsbeispiel, wo Orientierungsausrichtungen zwischen der Schablone und dem Substrat unabhängig sind von den X-Y-Bewegungen muss der Platzierungsfehler nur einmal für ein gesamtes Substrat (z.B. eine Halbleiterscheibe) kompensiert werden. Solch ein Vorrichtungen kann als eine "globale Überlagerung" bezeichnet werden. Wenn Orientierungsausrichtungen zwischen der Schablone und dem Substrat mit den X-Y-Bewegungen verbunden werden und exzessive lokale Orientierungsvariationen auf dem Substrat vorhanden sind, dann kann die Veränderung der X-Y-Position der Schablone zur Benutzung von Kapazitätssensoren und/oder Laserinterferometern kompensiert werden. Solch ein Vorrichtungen kann als eine "Feld-zu-Feld-Überlagerung" bezeichnet werden. **Fig. 28** und **29** stellen geeignete Sensorimplementierungen dar. **Fig. 28** stellt ein Ausführungsbeispiel eines Kapazitätsmesssystems dar. Ein Kapazitätsmesssystem kann einen Kapazitätssensor **2801**, eine konduktive Ummantelung **2802** auf einer Schablone **2803** enthalten. Folglich kann durch Messung der Kapazitätsunterschiede der Ort der Schablone **2803** bestimmt werden. Auf ähnliche Art und Weise stellt **Fig. 29** ein Ausführungsbeispiel eines Laserinterferometersystems dar, das eine reflektierende Ummantelung **2901**, ein Lasersignal **2902**, das bei **2903** empfangen wird, enthält.

[0139] Lasersignale, die durch einen Empfänger **2903** empfangen werden, können benutzt werden, um den Ort der Schablone **2904** zu bestimmen.

[0140] Der Vergrößerungsfehler, wenn überhaupt einer existiert, kann durch vorsichtiges Steuern der Temperatur des Substrats und der Schablone kompensiert werden. Unter Verwendung des Unterschieds der Wärmeausdehnungseigenschaften des Substrats und der Schablone kann die Größe der vorher existierenden gemusterten Flächen auf dem Substrat auf eine neue Schablone eingestellt werden. Jedoch wird davon ausgegangen, dass der Vergrößerungsfehler in der Größe sehr viel kleiner sein kann, als der Platzierungsfehler oder der Theta-Fehler, wenn ein Prägelithografieprozess bei Raumtemperatur und niedrigen Drücken durchgeführt wird.

[0141] Der Theta-Fehler kann zur Benutzung einer Theta-Stufe kompensiert werden, deren Benutzung für Fotolithografieprozesse weit verbreitet ist. Der Theta-Fehler kann kompensiert werden, indem zwei getrennte Ausrichtungsmarkierungen benutzt werden, die durch einen ausreichend großen Abstand voneinander getrennt sind, um eine hochauflösende Theta-Fehler-Schätzung zur Verfügung zu stellen. Der Theta-Fehler kann kompensiert werden, wenn die Schablone einige Mikrons von dem Substrat entfernt positioniert ist. Deshalb kann kein Abscheren von bestehenden Mustern auftreten.

[0142] Ein anderer Punkt der Überlagerungsausrichtung für Prägelithografieprozesse, die UVhärtbare flüssige Materialien benutzen, kann die Sichtbarkeit der Ausrichtungsmarkierungen sein. Für die Überlagerungsfehlermessung können zwei Überlagerungsmarken, eine auf der Schablone und die andere auf dem Substrat benutzt werden. Da jedoch es für die Schablone wünschenswert sein kann, transparente für ein Härtemittel zu sein, können die Schablonenüberlagerungsmarken typischerweise keine lichtundurchlässigen Linien enthalten. Stattdessen können die Schablonenüberlagerungsmarken topografische Merkmale der Schablonenoberfläche sein. In manchen Ausführungsbeispielen können die Markierungen aus dem selben Material wie die Schablone hergestellt werden. Zusätzlich können UV-härtbare Flüssigkeiten dazu neigen, refraktive Indizes zu haben, die ähnlich sind zu denen der Schablonenmaterialien (z.B. Quarz). Wenn deshalb die UV-härtbare Flüssigkeit die Lücke zwischen der Schablone und dem Substrat ausfüllt, können Schablonenüberlagerungsmarken sehr schwierig zu erkennen sein. Wenn die Schablonenüberlagerungsmarken mit einem lichtundurchlässigen Material (z.B. Chrom) hergestellt sind, dann kann die UV-härtbare Flüssigkeit unter den Überlagerungsmarken nicht richtig dem UV-Licht ausgesetzt werden, was sehr unerwünscht ist.

[0143] Es werden zwei Vorrichtungen offenbart, um das Problem der Erkennung der Schablonenüberlagerungsmarke beim Vorliegen der Flüssigkeit zu überwinden. Eine erste Vorrichtung benutzt ein genaues Flüssigkeitsabgabesystem neben den hochauflösenden Lückensteuerungsstufen. Geeignete Flüssigkeitsabgabesysteme und die Lückensteuerungsstufen werden hierin offenbart. Zum Zwecke der Erklärung werden drei Schritte einer Überlagerungsausrichtung in **Fig. 30** dargestellt. Die Orte der Überlagerungsmarken und der Flüssigkeitsmuster, die in **Fig. 30** dargestellt sind, sind nur zum Zwecke der Erklärung und sollten nicht in ei-

nem beschränkenden Sinn verstanden werden. Verschiedene andere Überlagerungsmarken, Überlagerungsmarkenorte und/oder flüssige Abgabemuster sind auch möglich. Als Erstes kann im Schritt **3001** eine Flüssigkeit **3003** auf dem Substrat **3002** abgegeben werden. Dann kann in Schritt **3004** unter Verwendung der hochauflösenden Orientierungsstufe die Lücke zwischen Schablone **3005** und Substrat **3002** vorsichtig gesteuert werden, so dass die abgegebene Flüssigkeit **3003** nicht die Lücke zwischen der Schablone und dem Substrat vollständig ausfüllt. Es wird davon ausgegangen, dass bei Schritt **3004** die Lücke nur etwas größer als die letztendliche Prägelücke sein kann. Da das Meiste der Lücke mit der Flüssigkeit ausgefüllt wird, kann die Überlagerungskorrektur ausgeführt werden, wenn die Lücke vollständig mit der Flüssigkeit ausgefüllt worden ist. Bei Abschluss der Überlagerungskorrektur kann die Lücke auf eine letztendliche Prägelücke (Schritt **3006**) geschlossen werden. Dies kann das Verteilen der Flüssigkeit in der verbleibenden Prägefläche ermöglichen. Da die Lückenänderung zwischen den Schritten **3004** und **3006** sehr klein (z.B. ungefähr 10 nm) sein kann, ist es unwahrscheinlich, dass die Lückenschließbewegung irgendeinen bedeutsamen Überlagerungsfehler bewirkt.

[0144] Ein zweites Vorrichtungen kann sein, um spezielle Überlagerungsmarken auf der Schablone herzustellen, welche durch das Überlagerungsmesswerkzeug erkannt werden können, die aber nicht für das aushärtende Licht (z.B. UV-Licht) lichtundurchlässig sind. Ein Ausführungsbeispiel dieses Ansatzes ist in **Fig. 31** dargestellt. In **Fig. 31** können anstatt der vollständigen lichtundurchlässigen Linien Überlagerungsmarken **3102** auf der Schablone aus feinen polarisierenden Linien **3101** hergestellt werden. Zum Beispiel können geeignete feine Polarisierungslinien eine Breite von ungefähr 1/2 bis 1/4 der Wellenlänge des aktivierenden Lichtes haben, das als das Härtemittel benutzt wird. Die Linienbreite der polarisierenden Linien **3101** sollte klein genug sein, so dass aktivierendes Licht, das zwischen zwei Linien hindurchdringt, ausreichend abgelenkt wird, um das Aushärten der ganzen Flüssigkeit unter den Linien zu bewirken. In solch einem Ausführungsbeispiel kann das Aktivierungslicht entsprechend der Polarisation der Überlagerungsmarken **3102** polarisiert werden. Die Polarisierung des Aktivierungslichts kann eine relativ gleichmäßige Aussetzung für alle Schablonenbereiche einschließlich des Bereichs mit Überlagerungsmarken **3102** zur Verfügung stellen. Licht, das benutzt wird, um Überlagerungsmarken **3101** auf der Schablone zu lokalisieren, kann breitbandiges Licht oder eine spezifische Wellenlänge sein, die das flüssige Material nicht aushärten kann. Dieses Licht muss nicht polarisiert sein. Polarisierte Linien **3101** können für das Messlicht im wesentlichen lichtundurchlässig sein, was folglich die Überlagerungsmarken unter Verwendung der eingerichteten Überlagerungsfehler-Messwerkzeuge sichtbar macht.

[0145] Feine polarisierte Überlagerungsmarken können auf der Schablone unter Verwendung von bestehenden Techniken, wie z.B. einer Elektronenstrahl-Lithografie hergestellt werden.

[0146] In einem dritten Ausführungsbeispiel können Überlagerungsmarken aus einem anderen Material hergestellt werden als die Schablone hergestellt ist. Zum Beispiel kann ein Material, das ausgewählt worden ist, um die Schablonenüberlagerungsmarken herzustellen, im wesentlichen lichtundurchlässig für sichtbares Licht sein, aber transparent für aktivierendes Licht sein, das als das Härtemittel (z.B. UV-Licht) verwendet wird. Zum Beispiel SiO_x, worin x kleiner ist als 2, kann solch ein Material bilden. Im besonderen wird davon ausgegangen, dass Strukturen, die aus SiO_x hergestellt sind, wo x ungefähr 1,5 ist, im wesentlichen lichtundurchlässig für sichtbares Licht sein können, aber transparent für UV-Licht sein.

[0147] **Fig. 32** stellt einen Aufbau eines Systems dar, das im allgemeinen mit **100** bezeichnet wird, zum Kalibrieren und Orientieren einer Schablone, wie z.B. einer Schablone **12**, über ein zu prägendes Substrat, wie z.B. das Substrat **20**. Das System **100** kann in einer Maschine, wie z.B. einem Stepper, für die Massenproduktion von Bauteilen in einer Produktionsumgebung verwendet werden, die Prägelithografieprozesse so wie hier beschrieben verwendet. Wie dargestellt, kann das System **100** auf einem oberen Rahmen **110** montiert werden, der eine Halterung für ein Gehäuse **120** zur Verfügung stellen. Das Gehäuse **120** kann die Vorkalibrierungsstufe für die grobe Ausrichtung einer Schablone **150** an einem Substrat (nicht dargestellt in **Fig. 32**) enthalten.

[0148] Das Gehäuse **120** kann mit einem mittleren Rahmen **114** mit Führungsschäften **112a**, **112b** verbunden werden, die mit dem mittleren Rahmen **114** gegenüber dem Gehäuse **120** verbunden sind. In einem Ausführungsbeispiel können drei (3) Führungsschäfte benutzt werden (der hintere Führungsschaft ist in **Fig. 32** nicht sichtbar), um dem Gehäuse **120** eine Halterung zu bieten, wenn es nach oben und nach unten während der vertikalen Translation der Schablone **150** gleitet. Die Gleiter **116a** und **116b**, die an den entsprechenden Führungsschäften **112a**, **112b** um einen mittleren Rahmen **114** befestigt sind, können diese Auf- und Abbewegung des Gehäuses **120** erleichtern.

[0149] System **100** kann eine scheibenförmige Basisplatte **122** enthalten, die am Bodenabschnitt des Gehäuses

ses **120** befestigt ist. Die Basisplatte **122** kann mit einem scheibenförmigen Biegering **124** verbunden werden. Der Biegering **124** kann die darunter angebrachte Orientierungsstufe halten, die im ersten Biegeelement **126** und zweiten Biegeelement **128** enthalten ist. Der Betrieb und die Konfiguration der Biegeelemente **126**, **128** werden unten detailliert beschrieben. Wie in **Fig. 33** dargestellt, kann das zweite Biegeelement **128** eine Schablonehalterung **130** enthalten, welche die Schablone **150** während dem Prägeprozess an ihrem Platz hält. Typischerweise kann die Schablone **150** ein Quarzstück mit den darauf eingepprägten gewünschten Merkmalen enthalten. Substrat **150** kann auch andere Substanzen entsprechend wohlbekannten Vorrichtungen enthalten.

[0150] Wie in **Fig. 33** dargestellt, können die Antriebe **134a**, **134b**, **134c** in dem Gehäuse **120** befestigt sein und bedienbar mit der Basisplatte **122** und dem Biegering **124** verbunden sein. Im Betrieb können die Antriebe **134a**, **134b**, **134c** gesteuert werden, so dass die Bewegung des Biegerings **124** erreicht wird. Die Bewegung der Antriebe kann eine grobe Vorkalibrierung erlauben. In manchen Ausführungsbeispielen können die Antriebe **134a**, **134b**, **134c** hochauflösende Antriebe enthalten. In solchen Ausführungsbeispielen können die Antriebe gleichmäßig um das Gehäuse **120** herum verteilt sein. Solch ein Ausführungsbeispiel kann eine sehr genaue Translation des Rings **124** in der vertikalen Richtung erlauben, um die Lücke genau zu steuern. Folglich kann das System **100** in der Lage sein, eine grobe Orientierungsausrichtung und eine präzise Lückensteuerung der Schablone mit Bezug auf ein zu prägendes Substrat zu erreichen.

[0151] System **100** kann einen Mechanismus enthalten, der eine präzise Steuerung der Schablone **150** erlaubt, so dass eine präzise Orientierungsausrichtung erreicht werden kann und eine gleichmäßige Lücke durch die Schablone mit Bezug auf eine Substratoberfläche aufrechterhalten werden kann. Zusätzlich kann das System **100** eine Möglichkeit zur Verfügung stellen, um die Schablone **150** von der Oberfläche des Substrats nach dem Prägen abzulösen, ohne die Merkmale der Substratoberfläche abzuscheren. Präzise Ausrichtung und die Lückensteuerung können durch die Konfiguration des ersten und zweiten Biegeelements **126** bzw. **128** erleichtert werden.

[0152] In einem Ausführungsbeispiel kann die Schablone **5102** unter Verwendung einer getrennten, fixierten Halteplatte **5101** an ihrem Platz gehalten werden, die für das Härtemittel, so wie in **Fig. 51** dargestellt, transparent ist. Während die Halteplatte **5101** hinter der Schablone **5102** die Prägekraft unterstützen kann, kann die Anwendung von Vakuum zwischen der fixierten Halteplatte **5101** und der Schablone **5102** die Trennungskraft unterstützen. Um die Schablone **5102** in Bezug auf laterale Kräfte zu halten, können Piezoantriebe **5103** benutzt werden. Die lateralen Haltekräfte können feinfühlig durch die Verwendung von Piezoantrieben **5103** gesteuert werden. Dieser Entwurf kann auch die Vergrößerungs- und Verformungskorrekturfähigkeit für die Schicht-zu-Schicht-Ausrichtung in Prägelithografieprozessen zur Verfügung stellen. Die Verformungskorrektur kann sehr wichtig sein, um die Befestigungs- und Platzierungsfehler zu überwinden, die in den Schablonenstrukturen vorhanden sind, welche durch Elektronenstrahl-Lithografie hergestellt werden, und um die Verformung in vorherigen Strukturen zu kompensieren, die auf dem Substrat vorhanden sind. Die Vergrößerungskorrektur kann nur einen Piezoantrieb auf jeder Seite der Schablone erfordern (d.h. insgesamt vier Piezoantriebe für eine vierseitige Schablone). Die Antriebe können mit der Schablonenoberfläche in solch einer Art und Weise verbunden werden, dass die gleichmäßige Kraft auf die gesamte Oberfläche angewandt werden kann. Die Verformungskorrektur kann andererseits verschiedene unabhängige Piezoantriebe erfordern, die unabhängig gesteuerte Kräfte auf jede Seite der Schablone aufbringen können. In Abhängigkeit von dem Grad der erforderlichen Verformungssteuerung kann die Anzahl der unabhängigen Piezoantriebe spezifiziert werden. Mehrere Piezoantriebe können eine bessere Steuerung der Verformung zur Verfügung stellen. Die Vergrößerungs- und Verformungsfehlerkorrektur sollte abgeschlossen sein, bevor das Vakuum benutzt wird, um die obere Oberfläche der Schablone zu befestigen. Dies liegt daran, da die Vergrößerungs- und Verformungskorrektur nur dann geeignet gesteuert werden kann, wenn sowohl die obere als auch die untere Oberfläche der Schablone nicht befestigt sind. In manchen Ausführungsbeispielen kann das Schablonenhaltesystem von **Fig. 51** einen mechanischen Entwurf haben, der ein Hindernis des Härtemittels für einen Abschnitt der Fläche unter der Schablone **5102** verursacht. Dies kann unerwünscht sein, da ein Abschnitt der Flüssigkeit unter der Schablone **5102** nicht aushärten kann. Diese Flüssigkeit kann an der Schablone kleben, was Probleme mit der weiteren Benutzung der Schablone bewirkt. Dieses Problem mit dem Schablonenhalter kann vermieden werden, indem ein Satz von Spiegeln in dem Schablonenhalter eingebaut wird, um das gehemmte Härtemittel in solch einer Art und Weise abzuleiten, dass ein Härtemittel, das auf den Bereich unterhalb einer Kante der Schablone **5102** gerichtet ist, so gebogen werden kann, um einen gehemmten Abschnitt unterhalb der anderen Kante der Schablone **5102** auszuhärten.

[0153] In einem Ausführungsbeispiel kann die hochauflösende Lückenmessung erreicht werden, indem die Schablone so entworfen wird, dass die minimale Lücke zwischen dem Substrat und der Schablone innerhalb einen von der Messtechnik nutzbaren Bereich fällt. Die Lücke, die gemessen wird, kann unabhängig von der

tatsächlich gemusterten Oberfläche manipuliert werden. Dies kann die Durchführung einer Lückensteuerung innerhalb des nutzbaren Bereichs der Messtechnik erlauben. Wenn z.B. eine spektrale Reflektivitätsanalysetechnik mit einem nützlichen Messbereich von ungefähr 150 nm bis 20 µm benutzt wird, um die Lücke zu analysieren, dann kann die Schablone ein Merkmal haben, das in der Schablone mit einer Tiefe von ungefähr 150 nm oder größer gemustert ist. Dies kann sicherstellen, dass die minimale Lücke, die zu messen ist, größer ist als 150 nm.

[0154] Da die Schablone in Richtung des Substrats abgesenkt wird, kann die Flüssigkeit aus der Lücke zwischen dem Substrat und der Schablone verdrängt werden. Die Lücke zwischen dem Substrat und der Schablone kann eine untere praktische Grenze annähern, wenn die viskosen Kräfte sich an Gleichgewichtszustände mit den angelegten Druckkräften annähern. Dies kann auftreten, wenn die Oberfläche der Schablone sich in der Nähe zu dem Substrat befindet. Zum Beispiel können diese Betriebsbedingungen bei einer Lückenhöhe von ungefähr 100 nm für eine 1 cP Flüssigkeit vorliegen, wenn 14 kPa für eine Sekunde auf eine Schablone mit einem Radius von 1 cm angelegt wird. Als Ergebnis kann die Lücke selbstbegrenzend sein, vorausgesetzt eine gleichmäßige und parallele Lücke wird aufrechterhalten. Auch eine ziemlich bestimmbar Menge von Flüssigkeit kann verdrängt (oder abgeleitet) werden. Das abgeleitete Flüssigkeitsvolumen kann bestimmbar sein auf der Basis von vorsichtiger Flüssigkeitsdynamik und Oberflächenphänomen-Berechnungen.

[0155] Für das Einprägen des Musters in der Produktion kann es gewünscht werden, die Inklination und die Lücke der Schablone mit Bezug zu einem Substrat zu steuern. Um die Orientierungs- und Lückensteuerung einzurichten, kann eine Schablone, die mit Netzfabrikationstechniken hergestellt worden ist, in Verbindung mit Lückenmesstechnologie benutzt werden, wie z.B. i) einzelne Wellenlängeninterferometrie, ii) Multiwellenlängeninterferometrie, iii) Ellipsometrie, iv) Kapazitätssensoren oder v) Drucksensoren.

[0156] In einem Ausführungsbeispiel kann ein Vorrichtungen zum Detektoren der Lücke zwischen Schablone und Substrat bei der Berechnung der Schichtdicke auf dem Substrat verwendet werden. Eine Beschreibung einer Technik, die auf einer Fast Fourier Transformation (FFT) der reflektiven Daten basiert, die von einem Breitbandspektrometer erhalten werden, wird hier offenbart. Diese Technik kann zur Messung der Lücke zwischen der Schablone und dem Substrat als auch zur Messung der Schichtdicke verwendet werden. Für Multilagenschichten kann die Technik eine mittlere Dicke von jeder dünnen Schicht und ihrer Dickenvariationen zur Verfügung stellen. Auch die mittlere Lücken- und Orientierungsinformation zwischen zwei Oberflächen, die sich in enger Nachbarschaft befinden, wie z.B. Schablone-Substrat für den Prägelithografieprozess, kann erhalten werden, indem die Lücken bei einem Minimum von drei unterschiedlichen Punkten über eine der Oberflächen gemessen wird.

[0157] In einem Ausführungsbeispiel kann ein Lückenmessprozess auf der Kombination der Breitbandinterferometrie und der Fast Fourier Transformation (FFT) basieren. Einige aktuelle Anwendungen in der Industrie benutzen verschiedene Kurvenanpasstechniken für die Breitbandinterferometrie, um eine einzelne Schichtdicke zu messen. Es wird jedoch erwartet, dass solche Techniken keine Realzeitleückenmessungen zur Verfügung stellen, insbesondere für den Fall von Mehrlagenschichten für Prägelithografieprozesse. Um diese Probleme zu überwinden, können zuerst die reflektiven Indizes in Wellenzahlenbereichen zwischen 1/hoch und 1/niedrig digitalisiert werden. Dann können die digitalisierten Daten unter Verwendung eines FFT-Algorithmus verarbeitet werden. Dieser neue Ansatz kann eine klare Spitze des FFT-Signals ergeben, das genau mit der gemessenen Lücke korrespondiert. Für den Fall von zwei Schichten kann das FFT-Signal zwei klare Spitzen enthalten, die linear mit der Dicke von jeder Schicht verbunden sind.

[0158] Für optisch dünne Filme sind die Oszillationen in der Reflektivität periodisch in der Wellenzahl (w) und nicht in der Wellenlänge (λ), so wie dies in der Reflektivität einer einzelnen optischen dünnen Schicht durch die folgende Gleichung dargestellt wird,

$$R = \frac{\rho_{1,2}^2 + \rho_{2,3}^2 e^{-2\alpha d} - 2\rho_{1,2}\rho_{2,3}e^{-\alpha d} \cos(4\pi n d / \lambda)}{1 - (\rho_{1,2}\rho_{2,3})^2 e^{-2\alpha d} + 2\rho_{1,2}\rho_{2,3}e^{-\alpha d} \cos(4\pi n d / \lambda)} \quad (7)$$

wo $\rho_{i,i+1}$ die Reflektivitätskoeffizienten an der Schnittstelle der $i-1$ und i -Schnittstelle sind, n der Refraktionsindex ist, d die Dicke der zu messenden Schicht ist (Material 2 von Fig. 52) und α der Absorptionskoeffizient der Schicht ist (Material 2 von Fig. 52). Hier ist $w = 1/\lambda$.

[0159] Aufgrund dieser Charakteristik kann die Fourier-Analyse eine nützliche Technik sein, um die Periode

der Funktion R , die in Bezug auf w dargestellt ist, zu bestimmen. Es wird darauf hingewiesen, dass für eine einzelne dünne Schicht eine deutlich definierte einzelne Spitze (p_1) resultieren kann, wenn eine Fourier-Transformation von $R(w)$ erhalten wird. Die Schichtdicke (d) kann eine Funktion des Ortes dieser Spitze sein, wie z.B.,

$$d = p_1 / (\Delta w \times 2 n), \quad (8)$$

worin $\Delta w = w_f - w_s$; $w_f = 1/\lambda_{\min}$ und $w_s = 1/\lambda_{\max}$. FFT ist eine angewandte Technik, bei der die Frequenz eines diskreten Signals in einer effizienten Weise mit einem Rechner gerechnet wird. Folglich kann diese Technik nützlich sein für in situ-Analysen und Realzeitanwendungen. **Fig. 34** stellt ein Ausführungsbeispiel eines Prozessablaufs einer Schichtdicken- oder Lückenmessung über einen FFT-Prozess eines Reflektivitätssignals. Für Multilagenschichten mit unterschiedlichen Reflektivitätsindizes können die Orte der Spitze im FFT-Prozess zu Linearkombinationen von jeder Filmdicke korrespondieren. Zum Beispiel kann eine Zweilagenschicht zu zwei unterschiedlichen Spitzenorten in einer FFT-Analyse führen. **Fig. 35** stellt ein Vorrichtungen zur Bestimmung der Dicke von zwei Schichten dar, die auf zwei Spitzenorten basiert.

[0160] Die hier dargestellten Ausführungsbeispiele können die Messung einer Lücke oder einer Schichtdicke ermöglichen, sogar wenn die Oszillation der reflektierten Daten weniger als einige volle Periode innerhalb des gemessenen Wellenanzahlbereiches enthält. In solch einem Fall kann die FFT in einer ungenauen Spitzenlokalisierung resultieren. Um solch ein Problem zu überwinden und um die untere Grenze der messbaren Schichtdicke zu erweitern, wird hier ein neues Vorrichtungen offenbart. Statt der Benutzung eines FFT-Algorithmus zur Berechnung der Periode der Oszillation kann ein Algorithmus benutzt werden, um einen lokalen Minimumspunkt (w_1) oder einen lokalen Maximumpunkt (w_2) der Reflektivität zwischen w_s und w_f zu finden, um die Periodeninformation zu berechnen: $dR/dw = 0$ bei w_1 und w_2 . Die Reflektivität $R(w)$ von Gleichung 7 hat ihr Maximum bei $w = 0$. Ferner kann der Wellenanzahlbereich (Δw) von typischen Spektrometern größer als w_s sein. Für ein Spektrometer mit 200 nm – 800 nm Wellenlängenbereich, $\Delta w = 3/800$, wobei $w_s = 1/800$. Deshalb kann die Oszillationslänge der Reflektivitätsdaten zwischen 0 – w_s kleiner sein als der von Δw . Wie in **Fig. 36** dargestellt, kann es zwei Fälle der Lokalisierung von Minimum und Maximum in dem Δw -Bereich geben, vorausgesetzt, dass $w = 0$ ein Maximumpunkt von $R(w)$ ist. Deshalb kann die Schichtdicke wie folgt berechnet werden: Fall 1 WW0: ein lokales Minimum existiert bei w_1 . Deshalb ist $w_1 =$ eine Hälfte der periodischen Oszillation und folglich $d = 0,5/(w_1 \times 2n)$.

[0161] Fall 2 WW1: ein lokales Maximum existiert bei w_2 . Deshalb ist $w_2 =$ eine Periode der periodischen Oszillation, und folglich $d = 1/(w_2 \times 2n)$.

[0162] Eine praktische Konfiguration des Messwerkzeuges kann eine Breitbandlichtquelle, ein Spektrometer mit Glasfaseroptiken, eine Datenerfassungsplatine und einen Verarbeitungscomputer enthalten. Verschiedene bestehende Signalverarbeitungstechniken können die Empfindlichkeit der FFT-Daten verbessern. Zum Beispiel Techniken, die die Filterung, Vergrößerung, erhöhte Anzahl von Datenpunkten, unterschiedlichen Bereich von Wellenlängen, haben können, bei Lücken- oder Schichtdickenmessungsvorrichtungen benutzt werden, die hier offenbart sind, wobei die Techniken aber nicht darauf beschränkt sind.

[0163] Die hier offenbarten Ausführungsbeispiele enthalten ein hochpräzises Lücken- und Orientierungsmessvorrichtungen zwischen zwei Ebenen (z.B. einer Schablone und einem Substrat). Lücken- und Orientierungsmessvorrichtungen, die hier dargestellt werden, enthalten die Benutzung von Breitbandinterferometrie und streifenbasierter Interferometrie. In einem Ausführungsbeispiel kann ein hier offenbartes Vorrichtungen, das Breitbandinterferometrie benutzt, einen Nachteil von Breitbandinterferometern überwinden, nämlich ihre Unfähigkeit, Lücken, die kleiner als ungefähr 1/4 der Hauptwellenlänge des Breitsignals sind, genau zu messen. Interferenzstreifenbasierte Interferometrie kann zur Messung von Fehlern in der Orientierung der Schablone bald nach ihrer Installation benutzt werden.

[0164] Prägelithografieprozesse können implementiert werden, um Einzel- und Mehrschichtenbauelemente herzustellen. Einschichtenbauelemente, wie z.B. optische Spiegel in der Größenordnung von Mikrons, hochauflösende Lichtfilter, Lichtführungen können hergestellt werden, indem eine dünne Schicht von Material in bestimmten geometrischen Formen auf Substraten hergestellt wird. Die eingeprägte Schichtdicke von einigen dieser Bauelemente kann weniger als 1/4 der mittleren Wellenlänge eines Breitbandsignals sein und kann gleichförmig über eine aktive Fläche sein. Ein Nachteil des Breitbandinterferometers kann sein, dass es nicht in der Lage ist, Lücken genau zu messen, die kleiner sind als ungefähr 1/4 der mittleren Wellenlänge des Breitbandsignals (z.B. ungefähr 180 nm). In einem Ausführungsbeispiel können Stufen in der Größe von Mikrometern, die genau gemessen werden können, in die Oberfläche der Schablone geätzt werden. Wie in **Fig. 37** dar-

gestellt, können die Stufen nach unten in der Form von kontinuierlichen Linien **3701** oder vielen isolierten Tropfen **3702**, wo Messungen durchgeführt werden können, nach unten geätzt werden. Isolierte Tropfen **3702** können vom Standpunkt der Maximierung der nützlichen aktiven Fläche auf der Schablone vorzuziehen sein. Wenn die gemusterte Schablonenoberfläche nur einige wenige Nanometer von dem Substrat entfernt ist, dann kann ein Breitbandinterferometer die Lücke genau messen, ohne unter den minimalen Lückenmessproblemen zu leiden.

[0165] Fig. 38 stellt ein Schema der hier beschriebenen Lückenmessung dar. Der Messkopf **3801** kann auch in einer geneigten Lage benutzt werden, so wie dies in Fig. 39 dargestellt wird. Wenn mehr als drei Messköpfe benutzt werden, dann kann die Lückenmessungsgenauigkeit durch Verwendung der redundanten Information verbessert werden. Im Sinne der Einfachheit nimmt die folgende Beschreibung die Benutzung von drei Messköpfen an. Die Schrittgröße hs_{AC2} wird zum Zwecke der Darstellung vergrößert. Die mittlere Größe auf der gemusterten Fläche h_p , kann wie folgt angegeben werden als:

$$h_p = [(h_1 + h_2 + h_3)/3] - h_s, \quad (9)$$

[0166] Wenn die Positionen der Messköpfe bekannt sind $((x_i, y_i))$, wo x und y Achsen auf der Substratoberfläche sind), dann kann die relative Orientierung der Schablone mit Bezug zu dem Substrat als ein Einheitsvektor (n) ausgedrückt wird, der normal ist zu der Schablonenoberfläche mit Bezug zu einem Rahmen, dessen x - y -Achsen auf der oberen Oberfläche des Substrats liegen.

[0167]

$$n = r / ||r||, \quad (10)$$

wo, $r = [(x_3, y_3, h_3) - (x_1, y_1, h_1)] \times [(x_2, y_2, h_2) - (x_1, y_1, h_1)]$. Eine perfekte Orientierungsausrichtung zwischen zwei Flächen kann erreicht werden, wenn

$$n = (0 \ 0 \ 1)^T, \text{ oder } h_1 = h_2 = h_3.$$

[0168] Die gemessenen Lücken und Orientierungen können als Rückkopplungsinformation für die Prägeantriebe benutzt werden. Die Größe des Messbreitbandinterferometriestrahls kann so klein wie ungefähr $75 \mu m$ sein. Für einen praktischen Prägelithografieprozess kann es wünschenswert sein, die freie Fläche zu minimieren, die nur zur Messung der Lücke benutzt wird, da kein Muster bei der freien Fläche eingätzt werden kann. Ferner sollte die Blockierung des Härtemittels infolge des Vorliegens des Messwerkzeuges minimiert werden.

[0169] Fig. 40 stellt ein Schema von Multilagernmaterialien auf Substraten dar. Zum Beispiel hat das Substrat **4001** die Schichten **4002** und **4003** und die Flüssigkeit **4005** zwischen Substrat **4001** und Schablone **4004**. Diese Materialschichten können benutzt werden, um viele Muster nur durch eines vertikal auf die Substratoberfläche zu übertragen. Jede Dicke kann an der freien Fläche gleichförmig sein, wo eine Lückenmessung unter Verwendung eines Lichtstrahles **4006** durchgeführt werden kann. Es ist gezeigt worden, dass durch die Benutzung von Breitbandinterferometrie die Dicke der oberen Schicht bei einem Vorliegen von Multilagenschichten genau gemessen werden kann. Wenn die optischen Eigenschaften und die Dicken der unteren Schichten genau bekannt sind, dann kann die Lücken- und Orientierungsinformation zwischen der Schablone und der Substratoberfläche (oder Oberflächen aus abgeschiedenem Metall für Mehrlagenbauelemente) erhalten werden, indem die obere Schichtdicke gemessen wird. Die Dicke von jeder Schicht kann unter Verwendung desselben Messkopfes gemessen werden.

[0170] Es kann notwendig sein, eine Orientierungsmessung und eine entsprechende Kalibrierung durchzuführen, wenn eine neue Schablone installiert wird oder eine Maschinenkomponente neu konfiguriert wird. Der Orientierungsfehler zwischen der Schablone **4102** und dem Substrat **4103** kann über ein Interferenzstreifenmuster an der Schablone und der Substratschnittstelle wie in Fig. 41 dargestellt gemessen werden. Für zwei optische Flächen kann das Interferenzstreifenmuster als parallele dunkle und helle Streifen **4101** auftreten. Eine Orientierungskalibrierung kann unter Verwendung einer Vorkalibrierungsstufe, so wie sie hier offenbart wird, durchgeführt werden. Differenzialmikrometer können benutzt werden, um die relative Orientierung der Schablone mit Bezug zu der Substratoberfläche einzustellen. Unter Verwendung dieses Ansatzes, wenn kein Interferenzstreifenband vorhanden ist, kann der Orientierungsfehler korrigiert werden, dass er weniger als $1/4$ der Wellenlänge der benutzten Lichtquelle ist.

[0171] Mit Bezug zu den Fig. 42A und 42B sind darin Ausführungsbeispiele des ersten und zweiten Biegee-

lements **126** bzw. **128** detaillierter dargestellt. Im besonderen kann das erste Biegeelement **126** eine Vielzahl von Biegegelenken **160** enthalten, die mit entsprechenden festen Körpern **164**, **166** verbunden sind. Die Biegegelenke **160** und die festen Körper **164** und **166** können einen Teil der Arme **172**, **174** bilden, die sich von einem Rahmen **170** erstrecken. Der Biegerahmen **170** kann eine Öffnung **182** haben, was die Durchdringung eines aushärtenden Lichts (z.B. UV-Licht) ermöglicht, um die Schablone **150** zu erreichen, wenn diese in der Halterung **130** gehalten wird. In manchen Ausführungsbeispielen können vier (4) Biegegelenke **160** die Bewegung des Biegeelements **126** um eine erste Orientierungsachse **180** zur Verfügung stellen. Der Rahmen **170** des ersten Biegeelements **126** kann einen Verbindungsmechanismus zur Verbindung mit einem zweiten Biegeelement **128** zur Verfügung stellen, so wie dies in **Fig. 43** dargestellt wird.

[0172] Auf ähnliche Weise kann das zweite Biegeelement **128** ein Paar von Armen **202**, **204** enthalten, die sich von einem Rahmen **206** erstrecken. Die Arme **202** und **204** können Biegegelenke **162** und entsprechende feste Körper **208**, **210** enthalten. Feste Körper **208** und **210** können angepasst werden, um eine Bewegung des Biegeelements **128** um eine zweite Orientierungsachse **200** zu verursachen. Eine Schablonenhalterung **130** kann mit dem Rahmen **206** des zweiten Biegeelements **128** integriert werden. Wie der Rahmen **182** kann der Rahmen **206** eine Öffnung **212** haben, die es einem aushärtenden Licht ermöglicht, die Schablone **150** zu erreichen, die durch die Halterung **130** gehalten werden kann.

[0173] Im Betrieb kann das erste Biegeelement **126** und das zweite Biegeelement **128**, wie in **Fig. 43** dargestellt, verbunden werden, um eine Orientierungsstufe **250** zu bilden. Bänder **220**, **222** können zur Verfügung gestellt werden, um die Verbindung der zwei Stücke zu erleichtern, so dass die erste Orientierungsachse **180** und zweite Orientierungsachse **200** im wesentlichen orthogonal zueinander sind. In solch einer Konfiguration kann eine erste Orientierungsachse **180** und eine zweite Orientierung bei einem Drehpunkt **252** bei ungefähr der Schablonensubstratschnittstelle **254** sich schneiden. Die Tatsache, dass die erste Orientierungsachse **180** und die zweite Orientierungsachse **200** orthogonal sind und auf der Schnittstelle **254** liegen, kann eine feine Ausrichtung und eine Lückensteuerung zur Verfügung stellen. Im besonderen kann mit dieser Anordnung keine Entkopplung der Orientierungsausrichtung von der Lage-zu-Lage-Ausrichtung erreicht werden. Ferner, wie unten erklärt wird, kann die relative Position der ersten Orientierungsachse **180** und der zweiten Orientierungsachse **200** eine Orientierungsstufe **250** zur Verfügung stellen, die benutzt werden kann, um die Schablone **150** von einem Substrat zu trennen, ohne die gewünschten Merkmale abzuscheren. Folglich können die Merkmale, welche von der Schablone **150** übertragen werden, auf dem Substrat intakt bleiben.

[0174] Bezüglich der **Fig. 42A**, **42B** und **43** können die Gelenke **160** und **162** eine eingekerbte Form haben, um eine Bewegung der festen Körper **164**, **166**, **208**, **210** um eine Drehachse zur Verfügung zu stellen, die entlang dem dünnsten Querschnitt der Auskerbungen angeordnet sind. Diese Konfiguration kann zwei (2) biegebasierte Untersysteme für eine feine entkoppelte Orientierungsstufe **250** mit entkoppelten nachgiebigen Bewegungsachsen **180**, **200** zur Verfügung stellen. Die Biegeelemente **126**, **128** können zusammengebaut werden über das Eingreifen der Oberflächen, so dass die Bewegung der Schablone **150** um den Drehpunkt **252** auftreten kann, der im wesentlichen das "Schwingen" und andere Bewegungen im wesentlichen eliminiert, welche die eingepprägten Merkmale von dem Substrat abscheren könnten. Folglich kann die Orientierungsstufe **250** präzise die Schablone **150** um einen Drehpunkt **252** bewegen, und eliminiert dadurch das Abscheren von gewünschten Merkmalen von einem Substrat nach der Prägelithografie.

[0175] Bezüglich **Fig. 44** während dem Betrieb von System **100** kann eine Z-Translationsstufe (nicht dargestellt) den Abstand zwischen der Schablone **150** und dem Substrat ohne Zurverfügungstellung einer Orientierungsausrichtung steuern. Eine Vorkalibrierungsstufe **260** kann einen vorläufigen Ausrichtungsbetrieb zwischen der Schablone **150** und den Substratoberflächen ausführen, um die relative Ausrichtung innerhalb der Grenzen des Bewegungsbereiches der Orientierungsstufe **250** zu bringen. In bestimmten Ausführungsbeispielen kann eine Vorkalibrierung nur gefordert werden, wenn eine neue Schablone in die Maschine installiert wird. Mit Bezug auf **Fig. 45**, darin ist ein Biegemodell dargestellt, das im allgemeinen mit **300** bezeichnet wird, das nützlich ist beim Verständnis der Prinzipien des Betriebs einer feinentkoppelten Orientierungsstufe, wie z.B. einer Orientierungsstufe **250**. Das Biegemodell **300** kann vier (4) parallele Gelenke enthalten: Gelenke **1**, **2**, **3** und **4**, die ein Vier-Balken-Verbindungssystem in seinen nominalen und gedrehten Konfigurationen zur Verfügung stellt. Die Linie **310** kann durch die Gelenke **1** und **2** gehen. Die Linie **312** kann durch die Gelenke **3** und **4** gehen. Die Winkel α_1 und α_2 können so ausgewählt werden, dass die nachgiebige Ausrichtungs-(oder Orientierungsachse)achse im wesentlichen auf der Schablonenscheibenschnittstelle **254** liegt. Für feine Orientierungsveränderungen kann sich der feste Körper **340** zwischen den Gelenken **2** und **3** um eine Achse, die durch Punkt C dargestellt wird, drehen. Der feste Körper **314** kann beispielhaft für die festen Körper **170** und **206** der Biegeelemente **126** und **128** sein.

[0176] Die Befestigung eines zweiten Biegeelements orthogonal auf dem ersten (so wie es in **Fig. 43** dargestellt wird) kann ein Bauelement mit zwei entkoppelten Orientierungsachsen zur Verfügung stellen, die orthogonal zueinander sind und auf der Schablonensubstratschnittstelle **254** liegen. Die Biegekomponenten können angepasst werden, um Öffnungen zu haben, um es einem Härtemittel zu erlauben (z.B. UV-Licht) durch die Schablone **150** zu gelangen.

[0177] Die Orientierungsstufe **250** kann für eine feine Ausrichtung und eine präzise Bewegung der Schablone **150** mit Bezug zu einem Substrat in der Lage sein. Idealerweise kann die Orientierungseinstellung zu einer vernachlässigbaren lateralen Bewegung der Schnittstelle und zu einer vernachlässigbaren Drehbewegung um die normale der Schnittstellenoberfläche infolge der wahlweise erzwungenen hohen strukturellen Festigkeit führen. Ein anderer Vorteil der Biegeelemente **126**, **128** mit Biegeelenken **160**, **162** kann sein, dass sie keine Teilchen erzeugen, wie dies Reibungsgelenke machen können. Dies kann ein wichtiger Faktor zum Erfolg eines Prägelithografieprozesses sein, da Teilchen im besonderen für solch einen Prozess gefährlich sein können.

[0178] Infolge des Bedürfnisses für eine feine Lückensteuerung können die hier dargestellten Ausführungsbeispiele die Verfügbarkeit eines Lückenmessvorrichtungen erfordern, das in der Lage ist, kleine Lücken in der Größenordnung von 500 nm oder weniger zwischen der Schablone und dem Substrat zu messen. Solch eine Lückenmessvorrichtung kann eine Auflösung von ungefähr 50 nm oder weniger erfordern. Idealerweise kann solch eine Lückenmessung in Realzeit durchgeführt werden. Die Durchführung der Lückenmessung in Realzeit kann es erlauben, die Lückenmessung zu benutzen, um ein Rückkopplungssignal zu erzeugen, um die Antriebe aktiv zu steuern.

[0179] In einem Ausführungsbeispiel kann ein Biegeelement mit aktiver Nachgiebigkeit zur Verfügung gestellt werden. Zum Beispiel stellt **Fig. 46** ein Biegeelement dar, das im allgemeinen mit 400 bezeichnet wird, das Piezoantriebe enthält. Das Biegeelement **400** kann mit einem zweiten Biegeelement kombiniert werden, um eine aktive Orientierungsstufe herzustellen. Das Biegeelement **400** kann reine Drehbewegungen oder laterale Bewegungen an der Schablonensubstratschnittstelle erzeugen. Die Benutzung von solch einem Biegeelement kann einem einzelnen Überlagerungsausrichtungsschnitt das Prägen einer Schicht auf einer gesamten Halbleiterscheibe erlauben. Dies steht im Kontrast zur Überlagerungsausrichtung mit verbundenen Bewegungen zwischen der Orientierungs- und der lateralen Bewegung. Solche Überlagerungsausrichtungsschritte können zu Störungen in der X-Y-Ausrichtung führen und können deshalb eine komplizierte Feld-zu-Feld-Überlagerungssteuerungsschleife erfordern, um eine geeignete Ausrichtung sicherzustellen.

[0180] In einem Ausführungsbeispiel kann das Biegeelement **250** eine hohe Steifigkeit in den Richtungen besitzen, wo Seitenbewegungen oder Rotationen unerwünscht sind und eine geringere Steifigkeit in Richtungen haben, wo notwendige Orientierungsbewegungen wünschenswert sind. Solch ein Ausführungsbeispiel kann ein wahlweise nachgiebiges Bauelement zur Verfügung stellen. Das heißt, das Biegeelement **250** kann relativ hohe Lasten tragen, während geeignete Orientierungskinetiken zwischen der Schablone und dem Substrat erreicht werden.

[0181] Mit der Prägelithografie kann es wünschenswert sein, eine gleichmäßige Lücke zwischen zwei näherungsweise flachen Oberflächen aufrechtzuerhalten (d.h. die Schablone und das Substrat). Die Schablone **150** kann aus optischem flachen Glas unter Verwendung der Elektronenstrahlolithografie hergestellt werden, um sicherzustellen, dass sie am Boden im wesentlichen flach ist. Das Substrat (z.B. eine Halbleiterscheibe) kann jedoch einen "Kartoffelchip"-Effekt zeigen, der in Variationen in der Größenordnung von Mikrons auf seiner Topografie resultiert. Die Vakuumspannvorrichtung **478** (wie in **Fig. 47** dargestellt) kann Variationen über eine Oberfläche des Substrats eliminieren, die während dem Prägen auftreten.

[0182] Die Vakuumspannvorrichtung **478** kann zwei Hauptzwecken dienen. Als Erstes kann die Vakuumspannvorrichtung **478** benutzt werden, um das Substrat während dem Prägen an seinem Platz zu halten, um sicherzustellen, dass das Substrat während dem Prägeprozess flach bleibt. Zusätzlich kann die Vakuumspannvorrichtung **478** sicherstellen, dass keine Teilchen auf der Rückseite des Substrats während der Verarbeitung vorhanden sind. Dies kann insbesondere für die Prägelithografie wichtig sein, da Teilchen Probleme erzeugen können, die das Bauelement ruinieren und den Produktionsertrag senken. **Fig. 48A** und **48B** stellen Variationen einer Vakuumspannvorrichtung dar, die für diese Zwecke entsprechend den zwei Ausführungsbeispielen geeignet sind.

[0183] In **Fig. 48A** wird eine Kontakttyp-Vakuumspannvorrichtung **450** mit einer großen Anzahl von Kontakten **452** dargestellt. Es wird davon ausgegangen, dass die Vakuumspannvorrichtung **450** die "Kartoffelchip"-Effek-

te als auch andere Verformungen auf dem Substrat während der Verarbeitung eliminiert. Ein Vakuumkanal **454** kann zur Verfügung gestellt werden als ein Mittel zur Anwendung von Vakuum auf das Substrat, um es an seinem Platz zu halten. Der Abstand zwischen den Kontakten **452** kann aufrechterhalten werden, so dass das Substrat sich nicht wesentlich durch die Kraft verbiegt, welche durch den Vakuumkanal **454** aufgebracht wird. Zum selben Zeitpunkt können die Spitzen der Kontakte **452** klein genug sein, um die Möglichkeit der Teilchen, sich an der Oberseite abzusetzen, zu reduzieren.

[0184] Fig. 48B stellt eine Nuttyp-Vakuumspannvorrichtung **460** mit einer Vielzahl von Nuten über ihrer Oberfläche dar. Die Nuten **462** können eine ähnliche Funktion wie die Kontakte **454** der Kontakttyp-Vakuumspannvorrichtung **450** ausführen. Wie dargestellt, können die Nuten **462** entweder eine Wandform **464** oder einen weich gewölbten Querschnitt **466** annehmen. Der Querschnitt der Nuten **462** für die Nutentyp-Vakuumspannvorrichtung **462** kann durch einen Ätzprozess eingestellt werden. Auch der Abstand und die Größe von jeder Nut kann so klein wie Hundertstel von Mikrons sein. Eine Vakuumströmung zu jeder der Nuten **462** kann über feine Vakuumkanäle über viele Nuten zur Verfügung gestellt werden, die parallel in Bezug auf die Spannvorrichtungsoberfläche verlaufen. Die feinen Vakuumkanäle können entlang der Nuten durch einen Ätzprozess erzeugt werden.

[0185] Fig. 47 stellt den Herstellungsprozess für sowohl die Pintyp-Vakuumspannvorrichtung **450** als auch die Nutentyp-Vakuumspannvorrichtung **460** dar. Die Benutzung der optischen Fläche **470** erfordert keine zusätzlichen Mahl- und/oder Polierschritte für diesen Prozess. Das Bohren an vorbestimmten Stellen an der optischen Fläche **470** kann Vakuumströmungsfläche **472** erzeugen. Die optische Fläche **470** kann dann maskiert und gemustert **470** vor dem Ätzen **476** werden, um die gewünschten Merkmale (z.B. Kontakte oder Nuten) an der oberen Oberfläche der optischen Fläche zu erzeugen. Die Oberfläche der optischen Fläche **470** kann dann behandelt werden **479** unter Verwendung von wohlbekannten Vorrichtungen.

[0186] Wie oben beschrieben, kann die Trennung der Schablone **150** von der eingepprägten Schicht ein kritischer, letzter Schritt im Prägelithografieprozess sein. Da die Schablone **150** und das Substrat meistens perfekt zueinander parallel sind, führt der Aufbau der Schablone, der eingepprägten Schicht und des Substrats zu einem im wesentlichen gleichmäßigen Kontakt zwischen nahe beieinanderliegenden optischen Flächen. Solch ein System kann gewöhnlich eine große Trennungskraft erfordern. Im Falle einer flexiblen Schablone oder eines Substrats kann die Trennung ein bloßer "Ablöseprozess" sein. Jedoch kann eine flexible Schablone oder ein Substrat für den Standpunkt der hochauflösenden Überlagerungsausrichtung unerwünscht sein. Im Falle der Quarzschablone und des Siliziumsubstrats kann der Ablöseprozess nicht einfach implementiert werden. Jedoch kann die Trennung der Schablone von einer Prägeschicht erfolgreich durch einen "Ablöse- und Zieh"-Prozess durchgeführt werden. Ein erster Ablöse- und Ziehprozess ist in den Fig. 49A, 49B und 49C dargestellt. Ein zweiter Ablöse- und Ziehprozess ist in den Fig. 50A, 50B und 50C dargestellt. Ein Prozess, um die Schablone von der Prägeschicht zu trennen, kann eine Kombination des ersten und zweiten Ablöse- und Ziehprozesses enthalten.

[0187] Zum besseren Verständnis werden die Referenzzahlen **12**, **18**, **20** und **40** benutzt, um die Schablone, die Transferschicht, das Substrat bzw. die härtbare Substanz in Übereinstimmung mit den Fig. 1A und 1B zu bezeichnen. Nach der Härtung der Substanz **40** kann entweder die Schablone **12** oder das Substrat **20** gedreht werden, um einen Winkel **500** zwischen die Schablone **12** und das Substrat **20** absichtlich einzufügen. Die Orientierungsstufe **250** kann für diesen Zweck benutzt werden. Das Substrat **20** wird an seinem Platz durch die Vakuumspannvorrichtung **478** gehalten. Die relative laterale Drehung zwischen der Schablone **12** und dem Substrat **20** kann während der Drehbewegung ohne Bedeutung sein, wenn die Drehachse in der Nähe der Schnittstelle Schablone-Substrat angeordnet ist. Wenn einmal der Winkel **500** zwischen der Schablone **12** und dem Substrat **20** groß genug ist, dann kann die Schablone **12** von dem Substrat **20** unter Verwendung nur einer Z-Achsenbewegung (d.h. vertikalen Bewegung) getrennt werden. Dieses Ablös- und Zieh-Vorrichtungen kann in gewünschten Merkmalen **44** resultieren, die intakt auf der Transferschicht **18** und dem Substrat **20** ohne unerwünschtes Abscheren hinterlassen werden.

[0188] Eine zweite Ablös- und Zieh-Vorrichtung wird in den Fig. 50A, 50B, 50Cdargestellt. In dem zweiten Ablös- und Zieh-Vorrichtung können ein oder mehrere Piezoantriebe **502** neben der Schablone installiert werden. Der eine oder die mehreren Piezoantriebe **502** können benutzt werden, um eine relative Drehung zwischen der Schablone **12** und dem Substrat **20** (Fig. 50A) zu induzieren. Ein Ende des Piezoantriebs **502** kann in Kontakt mit dem Substrat **20** stehen. Wenn folglich der Antrieb **502** vergrößert wird (Fig. 50B), dann kann die Schablone **12** von dem Substrat **20** weg gedrückt werden; was folglich einen Winkel zwischen ihnen induziert. Eine Z-Achsenbewegung zwischen der Schablone und dem Substrat **20** (Fig. 50C) kann dann benutzt werden, um die Schablone **12** und das Substrat **20** zu trennen. Ein Ende des Antriebs **502** kann von der Oberfläche her

behandelt werden ähnlich zu der Behandlung der unteren Oberfläche der Schablone **12**, um zu verhindern, dass die eingeprägte Schicht an der Oberfläche des Antriebs kleben bleibt.

[0189] Zusammenfassend offenbaren die hier dargestellten Ausführungsbeispiele Systeme und damit zusammenhängende Bauelemente für eine erfolgreiche Prägelithografie ohne das Erfordernis der Benutzung von hohen Temperaturen oder hohen Drücken. Mit bestimmten Ausführungsbeispielen kann eine präzise Steuerung der Lücke zwischen einer Schablone und einem Substrat, auf das die gewünschten Merkmale der Schablone zu übertragen sind, erreicht werden. Darüber hinaus kann die Trennung der Schablone von dem Substrat (und der eingepägten Schicht) ohne Beschädigung oder Abscheren von gewünschten Merkmalen möglich sein. Die hier dargestellten Ausführungsbeispiele offenbaren auch eine Möglichkeit in der Form einer geeigneten Vakuumspannvorrichtung ein Substrat am Platz zu halten während der Prägelithografie. Weitere Ausführungsbeispiele enthalten eine Hochpräzisions-X-Y-Translationsstufe, die zur Benutzung in einem Prägelithographiesystem geeignet ist. Zusätzlich werden Vorrichtungen zur Bildung und Behandlung einer geeigneten Prägelithografieschablone zur Verfügung gestellt.

[0190] Während diese Erfindung mit Bezug auf verschiedene beispielhafte Ausführungsbeispiele beschrieben worden ist, ist die Beschreibung nicht dazu gedacht, in einem beschränkenden Sinne verstanden zu werden. Zahlreiche Modifikationen und Kombinationen der darstellenden Ausführungsbeispiele als auch andere Ausführungsbeispiele der Erfindung wird der Fachmann beim Lesen der Beschreibung erkennen. Deshalb ist es beabsichtigt, dass die angefügten Ansprüche solche Modifikationen oder Ausführungsbeispiele umfassen.

Schutzansprüche

1. Vorrichtung zur Erzeugung eines Musters auf einem Substrat unter Verwendung einer gemusterten Schablone, umfassend:

einen Flüssigkeitsspender zum Ausgeben einer Flüssigkeit, die durch aktivierendes Lichts härtbar ist, auf einem Abschnitt des Substrats, worin die Flüssigkeit in einem vorgegebenen Muster auf das Substrat abgegeben wird und worin die Oberfläche der Flüssigkeit auf dem Substrat kleiner ist als eine Oberfläche der gemusterten Schablone;

eine Positionierungsvorrichtung zum Positionieren der gemusterten Schablone und des Substrats in einem Abstand zueinander, so dass eine Lücke zwischen der gemusterten Schablone und dem Substrat erzeugt wird, worin die angewandte Flüssigkeit im wesentlichen die Lücke ausfüllt, wenn die gemusterte Schablone in einem Abstand zueinander zu dem Substrat angeordnet sind;

eine Lichtquelle zum Anwenden von aktivierendem Licht auf die Flüssigkeit, worin die Anwendung von aktivierendem Licht im wesentlichen die Flüssigkeit härtet und worin ein Muster der gemusterten Schablone in der gehärteten Flüssigkeit gebildet wird; und

eine Trennvorrichtung zur Trennung der gemusterten Schablone von der gehärteten Flüssigkeit.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, worin der Flüssigkeitsspender ein verschiebungsbasierter Flüssigkeitsspender ist.

3. Vorrichtung nach Anspruch 1, worin der Flüssigkeitsspender ein Mikromagnetspulenflüssigkeitsspender ist.

4. Vorrichtung nach Anspruch 1, worin der Flüssigkeitsspender ein piezoelektrisch betätigter Spender ist.

5. Vorrichtung nach Anspruch 1, worin das vorgegebene Muster ein Muster ist, das konfiguriert ist, um die Bildung von Luftblasen in der Flüssigkeit zu unterbinden, wenn die gemusterte Schablone die Flüssigkeit berührt, wenn sich die gemusterte Schablone und das Substrat in einem Abstand voneinander orientiert sich befinden.

6. Vorrichtung nach Anspruch 1, worin das vorgegebene Muster ein sinusförmiges Muster ist.

7. Vorrichtung nach Anspruch 1, worin das vorgegebene Muster ein X-förmiges Muster ist.

8. Vorrichtung nach Anspruch 1, worin das vorgegebene Muster der Flüssigkeit die Lücke in einer Fläche, die im wesentlichen gleich ist zu der Oberfläche der gemusterten Schablone, ausfüllt.

9. Vorrichtung nach Anspruch 1, worin das vorgegebene Muster der Flüssigkeit die Lücke in einer Form ausfüllt, die im wesentlichen die gleiche Form hat, wie die gemusterte Schablone.

10. Vorrichtung nach Anspruch 1, worin das vorgegebene Muster die Bildung von Luftblasen in der Flüssigkeit zu unterbindet, wenn die gemusterte Schablone die Flüssigkeit berührt, wenn die gemusterte Schablone und das Substrat in einem Abstand voneinander orientiert sind und worin das vorgegebene Muster eine Vielzahl von diskreten Tropfen der Flüssigkeit umfasst.

11. Vorrichtung nach Anspruch 1, worin das vorgegebene Muster die Bildung von Luftblasen in der Flüssigkeit zu unterbindet, wenn die gemusterte Schablone die Flüssigkeit berührt, wenn die gemusterte Schablone und das Substrat in einem Abstand voneinander orientiert sind und worin das vorgegebene Muster eine Vielzahl von diskreten Tropfen der Flüssigkeit umfasst und worin einer der diskreten Tropfen der Flüssigkeit im Zentrum des Abschnitts des Substrats platziert ist, über dem die gemusterte Schablone orientiert ist.

12. Vorrichtung nach Anspruch 1, worin das vorgegebene Muster eine Vielzahl von diskreten Tropfen der Flüssigkeit umfasst und worin die Tropfen ein vorgegebenes Volumen umfassen und in einem vorgegebenen Abstand angeordnet sind, so dass die Bildung von Luftblasen unterbunden wird.

13. Vorrichtung nach Anspruch 1, worin das vorgegebene Muster eine Flüssigkeitslinie umfasst.

14. Vorrichtung nach Anspruch 1, worin das vorgegebene Muster eine Vielzahl von diskreten Linien umfasst, die im wesentlichen parallel sind.

15. Vorrichtung nach Anspruch 1, worin sich der Flüssigkeitsspender in einer Position befindet, die geringer ist als ungefähr 500 µm von dem Substrat vor der Abgabe der Flüssigkeit auf das Substrat.

16. Vorrichtung nach Anspruch 1, worin eine Positioniervorrichtung zur Positionierung der gemusterten Schablone und des Substrats in einem Abstand zueinander umfasst:
eine Einrichtung zum Positionieren der gemusterten Schablone über dem Substrat; und
eine Einrichtung zum Bewegen der gemusterten Schablone in Richtung des Substrats, bis der Abstand erreicht ist, worin die Flüssigkeit auf dem Substrat im wesentlichen die Lücke ausfüllt, wenn die gemusterte Schablone in Richtung des Substrats bewegt wird.

17. Vorrichtung nach Anspruch 1, worin der Abstand der gemusterten Schablone zu dem Substrat weniger als ungefähr 200 nm beträgt.

18. Vorrichtung nach Anspruch 1, worin die gemusterte Schablone im wesentlichen parallel zu dem Substrat in einem Abstand orientiert ist.

19. Vorrichtung nach Anspruch 1, worin die gemusterte Schablone wenigstens einige Merkmale umfasst, die von der Größe her kleiner als 250 nm sind.

20. Vorrichtung nach Anspruch 1, worin die gehärtete Flüssigkeit wenigstens einige Merkmale umfasst, die von der Größe her kleiner als ungefähr 250 nm, nachdem die gemusterte Schablone von der gehärteten Flüssigkeit getrennt worden ist, sind.

21. Vorrichtung nach Anspruch 1, worin die Position der gemusterten Schablone in einem Abstand zu dem Substrat umfasst:
Position der gemusterten Schablone über dem Substrat, worin die gemusterte Schablone im wesentlichen nicht parallel zu dem Substrat ist;
eine Bewegungsvorrichtung zur Bewegung der gemusterten Schablone in Richtung des Substrats, worin die gemusterte Schablone in einer im wesentlichen nicht parallelen Orientierung mit Bezug auf das Substrat bleibt, wenn die Schablone in Richtung des Substrats bewegt wird, und
die gemusterte Schablone in einer im wesentlichen parallelen Orientierung zu dem Substrat positioniert ist, worin die gemusterte Schablone sich im Abstand zu dem Substrat befindet.

22. Vorrichtung nach Anspruch 1, worin das Substrat Silizium, Gallium, Germanium oder Indium umfasst.

23. Vorrichtung nach Anspruch 1, worin das Substrat ein dielektrisches Material umfasst.

24. Vorrichtung nach Anspruch 1, worin das Substrat Quarz, Saphir, Siliziumdioxid oder Polysilizium umfasst.

25. Vorrichtung nach Anspruch 1, worin die gemusterte Schablone Quarz umfasst.
26. Vorrichtung nach Anspruch 1, worin die gemusterte Schablone Indiumzinnoxid umfasst.
27. Vorrichtung nach Anspruch 1, worin die Flüssigkeit eine durch ultraviolettes Licht härtbare Mischung umfasst.
28. Vorrichtung nach Anspruch 1, worin die Flüssigkeitsmischung ein fotoresistives Material umfasst.
29. Ein Bauelement, das durch die Vorrichtung nach Anspruch 1 hergestellt worden ist.
30. Ein System zur Erzeugung eines Musters auf einem Substrat unter Verwendung einer gemusterten Schablone, umfassend:
einen oberen Rahmen,
eine Orientierungsstufe, die mit dem oberen Rahmen verbunden ist, wobei die Orientierungsstufe umfasst:
ein erstes Biegeelement, worin das erste Biegeelement konfiguriert ist, um sich während der Benutzung um eine erste Orientierungsachse zu drehen;
ein zweites Biegeelement, das mit dem ersten Biegeelement verbunden ist, worin das zweite Biegeelement so konfiguriert ist, um sich während der Benutzung um eine zweite Orientierungsachse zu drehen; und
eine Halterung, die mit dem zweiten Biegeelement verbunden ist, worin die Halterung so konfiguriert ist, um die gemusterte Schablone während der Benutzung zu halten;
worin das zweite Biegeelement mit dem ersten Biegeelement verbunden ist, so dass die gemusterte Schablone, wenn diese in der Halterung angebracht ist, sich um einen Drehpunkt bewegt, der während der Benutzung von der ersten und zweiten Orientierungsachse geschnitten wird;
eine gemusterte Schablone, die in der Halterung angebracht ist;
einen Flüssigkeitsspender, der mit dem oberen Rahmen verbunden ist; und
eine Substratstufe, die konfiguriert ist, um das Substrat zu halten, worin die Stufe unterhalb der Orientierungsstufe positioniert ist und worin die Substratstufe konfiguriert ist, um das Substrat entlang einer Ebene zu bewegen, die im wesentlichen parallel ist zu der gemusterten Schablone; und
worin der Flüssigkeitsspender konfiguriert ist, um eine Flüssigkeit auf ein Substrat abzugeben, das während der Benutzung auf der Substratstufe positioniert ist.
31. System nach Anspruch 30, worin die erste Orientierungsachse im wesentlichen orthogonal zu der zweiten Orientierungsachse ist.
32. System nach Anspruch 30, worin das erste Biegeelement einen ersten und einen zweiten Arm umfasst, worin der erste Arm einen ersten Satz von Biegeelenken umfaßt, die so konfiguriert sind, um eine Drehbewegung des ersten Biegeelements um die erste Orientierungsachse zur Verfügung zu stellen und worin der zweite Arm einen zweiten Satz von Biegeelenken umfasst, die konfiguriert sind, um eine Drehbewegung des ersten Biegeelements um die erste Orientierungsachse zur Verfügung zu stellen.
33. System nach Anspruch 30, worin das zweite Biegeelement einen dritten und vierten Arm umfasst, worin der dritte Arm einen dritten Satz von Biegeelenken umfasst, die konfiguriert sind, um eine Drehbewegung des zweiten Biegeelements um die zweite Orientierungsachse zur Verfügung zu stellen und worin der vierte Arm einen vierten Satz von Biegeelenken umfasst, die konfiguriert sind, um eine Drehbewegung des zweiten Biegeelements um die zweite Orientierungsachse zur Verfügung zu stellen.
34. System nach Anspruch 30, worin das erste Biegeelement einen ersten und zweiten Arm umfasst, worin der erste Arm einen ersten Satz von Biegeelenken umfasst, die konfiguriert sind, um eine Drehbewegung des ersten Biegeelements um die erste Orientierungsachse zur Verfügung zu stellen und worin der zweite Arm einen zweiten Satz von Biegeelenken umfasst, die konfiguriert sind, um eine Drehbewegung des ersten Biegeelements um die erste Orientierungsachse zur Verfügung zu stellen und worin das zweite Biegeelement einen dritten und vierten Arm umfasst, worin der dritte Arm einen dritten Satz von Biegeelenken umfasst, die konfiguriert sind, um eine Drehbewegung des zweiten Biegeelements um die zweite Orientierungsachse zur Verfügung zu stellen und worin der vierte Arm einen vierten Satz von Biegeelenken umfasst, die konfiguriert sind, um eine Drehbewegung des zweiten Biegeelements um die zweite Orientierungsachse zur Verfügung zu stellen.
35. System nach Anspruch 30, das ferner Antriebe umfasst, die mit dem ersten und zweiten Biegeelement verbunden sind, worin die Antriebe so konfiguriert sind, um die Drehung des ersten und zweiten Biegeelements

während der Benutzung, um die erste bzw. zweite Orientierungsachse zu bewirken.

36. System nach Anspruch 30, ferner umfassend: Antriebe, die mit dem ersten und zweiten Biegeelement verbunden sind, worin die Antriebe konfiguriert sind, um die Drehung des ersten und zweiten Biegeelements um die erste bzw. zweite Orientierungsachse während dem Betrieb zu bewirken, worin die Antriebe piezoelektrische Antriebe sind.

37. System nach Anspruch 30, worin das erste Biegeelement eine erste Öffnung umfasst, das zweite Biegeelement eine zweite Öffnung umfasst, und die Halterung eine dritte Öffnung umfasst, worin jede der ersten, zweiten und dritten Öffnung so konfiguriert sind, um es dem aktivierenden Licht zu erlauben, auf die Schablone während dem Betrieb gerichtet zu werden, worin die erste, die zweite und dritte Öffnung im wesentlichen zueinander ausgerichtet sind, wenn das erste Biegeelement mit dem zweiten Biegeelement verbunden ist.

38. System nach Anspruch 30, ferner umfassend eine Vorkalibrierungsstufe, die mit der Orientierungsstufe und dem oberen Rahmen verbunden ist, worin die Vorkalibrierungsstufe konfiguriert ist, um die Orientierungsstufe während dem Betrieb zu und von dem Substrat hin bzw. weg zu bewegen.

39. System nach Anspruch 30, das ferner eine Vorkalibrierungsstufe umfasst, welche mit der Orientierungsstufe und dem oberen Rahmen verbunden ist, worin die Vorkalibrierungsstufe konfiguriert ist, um die Orientierungsstufe während dem Betrieb zu bzw. weg von dem Substrat zu bewegen, worin die Vorkalibrierung wenigstens einen Antrieb umfasst, der mit der Orientierungsstufe verbunden ist, worin der Antrieb konfiguriert ist, um die Orientierungsstufe zu dem Substrat hin und von dem Substrat weg zu bewegen.

40. System nach Anspruch 30, ferner umfassend eine Vorkalibrierungsstufe, die mit der Orientierungsstufe und dem oberen Rahmen verbunden ist, worin die Vorkalibrierungsstufe ein erstes und zweite Halteelement und wenigstens einen Antrieb umfasst, der mit dem oberen Rahmen und dem zweiten Halteelement verbunden ist, wobei sich der Antrieb durch das erste Halteelement erstreckt, worin das erste Halteelement mit dem oberen Rahmen verbunden ist, wobei das zweite Halteelement mit dem ersten Halteelement und der Orientierungsstufe verbunden ist und worin der Antrieb konfiguriert ist, um die Orientierungsstufe während dem Betrieb zum Substrat hin und von dem Substrat weg zu bewegen und worin die Antriebe mit dem oberen Rahmen und dem zweiten Halteelement verbunden sind.

41. System nach Anspruch 30, worin die Substratstufe eine Vakuumspannvorrichtung umfasst, wobei die Vakuumspannvorrichtung einen Spannvorrichtungskörper und ein Vakuumströmungssystem umfasst, das mit dem Spannvorrichtungskörper verbunden ist, worin das Vakuumströmungssystem so konfiguriert ist, um während dem Betrieb auf die Oberfläche des Spannvorrichtungskörpers eine Sogkraft auszuüben.

42. System nach Anspruch 30, worin der Flüssigkeitsspender ein verschiebungsbasierter Flüssigkeitsspender ist.

43. System nach Anspruch 30, worin der Flüssigkeitsspender ein Mikromagnetspulen-Flüssigkeitsspender ist.

44. System nach Anspruch 30, worin der Flüssigkeitsspender ein piezoelektrischer Flüssigkeitsspender ist.

45. System nach Anspruch 30, das ferner eine Vielzahl von Flüssigkeitsspendern umfasst, die mit dem oberen Rahmen verbunden sind.

46. System nach Anspruch 30, worin die Substratstufe so konfiguriert ist, um sich mit Bezug auf den Flüssigkeitsspender zu bewegen, wenn der Flüssigkeitsspender eine Flüssigkeit abgibt.

47. System nach Anspruch 30, worin der Flüssigkeitsspender in einem Abstand von weniger als ungefähr 500 µm von dem Substrat während dem Betrieb positioniert ist.

48. System nach Anspruch 30, worin die gemusterte Schablone Quarz umfasst.

49. System nach Anspruch 30, worin die gemusterte Schablone Si₂O₃ umfasst.

50. System nach Anspruch 30, worin die gemusterte Schablone Indiumzinnoxid umfasst.

51. Eine Vorrichtung zum Erzeugen einer Oberfläche eines Substrats, umfassend:
 einen Flüssigkeitsspender zum Anwenden einer Flüssigkeit, die durch Aktivieren des Lichts härtbar ist, auf wenigstens einen Abschnitt des Substrats;
 eine Positionierungsvorrichtung zum Positionieren einer im wesentlichen nicht gemusterten ebenen Schablone und des Substrats in einem Abstand zueinander, so dass eine Lücke zwischen der Schablone und dem Substrat erzeugt wird, worin die angewandte Flüssigkeit im wesentlichen die Lücke ausfüllt, wenn die Schablone im Abstand zu dem Substrat platziert wird;
 eine Einstellvorrichtung zum Einstellen der Schablone, so dass die Schablone im wesentlichen parallel ist zu der Substratoberfläche;
 eine Lichtquelle zum Anwenden von aktivierendem Licht auf die Flüssigkeit, worin die Anwendung von aktivierendem Licht im wesentlichen die Flüssigkeit härtet; und eine Trennvorrichtung zum Trennen der Schablone von der gehärteten Flüssigkeit.

52. Vorrichtung nach Anspruch 51, worin die Oberfläche der Flüssigkeit auf dem Substrat kleiner ist als die Oberfläche der Schablone.

53. Vorrichtung nach Anspruch 51, worin der Flüssigkeitsspender ein verschiebungsbasierter Flüssigkeitsspender ist.

54. Vorrichtung nach Anspruch 51, worin der Flüssigkeitsspender ein Mikromagnetspulenflüssigkeitsspender ist.

55. Vorrichtung nach Anspruch 51, worin der Flüssigkeitsspender ein piezoelektrisch betätigter Flüssigkeitsspender ist.

56. Vorrichtung nach Anspruch 51, worin sich die Flüssigkeit in einem vorbestimmten Muster auf dem Substrat befindet und worin die Oberfläche der Flüssigkeit auf dem Substrat kleiner ist als eine Oberfläche auf der Schablone und ferner die Positionierungsvorrichtung zum Bewegen des Substrats in Bezug auf den Flüssigkeitsspender umfasst, während die Flüssigkeit von dem Flüssigkeitsspender abgegeben wird, um ein vorgegebenes Muster zu erzeugen.

57. Vorrichtung nach Anspruch 51, worin sich die Flüssigkeit in einem vorgegebenen Muster auf dem Substrat befindet und worin die Oberfläche der Flüssigkeit auf dem Substrat kleiner ist als eine Oberfläche auf der Schablone und worin das vorgegebene Muster ein Muster ist, das konfiguriert ist, um die Bildung von Luftblasen in der Flüssigkeit zu unterbinden, wenn die Schablone die Flüssigkeit berührt, wenn die Schablone und das Substrat in einem Abstand voneinander orientiert sind.

58. Vorrichtung nach Anspruch 51, worin sich die Flüssigkeit in einem vorbestimmten Muster auf dem Substrat befindet und worin die Oberfläche der Flüssigkeit auf dem Substrat kleiner ist als eine Oberfläche auf der Schablone und worin das vorgegebene Muster ein sinusförmiges Muster ist.

59. Vorrichtung nach Anspruch 51, worin sich die Flüssigkeit in einem vorgegebenen Muster auf dem Substrat befindet und worin die Oberfläche der Flüssigkeit auf dem Substrat kleiner ist als eine Oberfläche auf der Schablone und worin das vorgegebene Muster ein X-förmiges Muster ist.

60. Vorrichtung nach Anspruch 51, worin sich die Flüssigkeit in einem vorgegebenen Muster auf dem Substrat befindet, worin das vorgegebene Muster so ist, dass die Flüssigkeit die Lücke in einer Form ausfüllt, die im wesentlichen dieselbe ist, wie die Form der gemusterten Schablone.

61. Vorrichtung nach Anspruch 51, worin sich die Flüssigkeit in einem vorgegebenen Muster auf dem Substrat befindet und worin das vorgegebene Muster so ist, dass die Flüssigkeit die Lücke in einer Fläche ausfüllt, die im wesentlichen gleich ist zu der Oberfläche der gemusterten Schablone.

62. Vorrichtung nach Anspruch 51, worin sich die Flüssigkeit in einem vorgegebenen Muster auf dem Substrat befindet und worin die Oberfläche der Flüssigkeit auf dem Substrat kleiner ist als eine Oberfläche der Schablone und worin das vorgegebene Muster ein Muster ist, das die Bildung von Luftblasen in der Flüssigkeit verhindert, wenn die Schablone die Flüssigkeit berührt, wenn sich zwischen der Schablone und dem Substrat ein Abstand befindet und worin das vorgegebene Muster eine Vielzahl von diskreten Tropfen der Flüssigkeit umfasst.

63. Vorrichtung nach Anspruch 51, worin sich die Flüssigkeit in einem vorgegebenen Muster auf dem Substrat befindet und worin die Oberfläche der Flüssigkeit auf dem Substrat kleiner ist als eine Oberfläche der Schablone und worin das vorgegebene Muster ein Muster ist, das konfiguriert ist, um die Bildung von Luftblasen in der Flüssigkeit zu verhindern, wenn die Schablone die Flüssigkeit berührt, wenn die Schablone und das Substrat in einem Abstand voneinander orientiert sind und worin das vorgegebene Muster eine Vielzahl von diskreten Tropfen der Flüssigkeit umfasst und worin einer der diskreten Tropfen der Flüssigkeit in dem Zentrum des Abschnitts des Substrats platziert ist, über dem die Schablone orientiert ist.

64. Vorrichtung nach Anspruch 51, worin sich die Flüssigkeit in einem vorgegebenen Muster auf dem Substrat befindet und worin die Oberfläche der Flüssigkeit auf dem Substrat kleiner ist als eine Oberfläche auf der Schablone und worin das vorgegebene Muster eine Linie der Flüssigkeit umfasst.

65. Vorrichtung nach Anspruch 51, worin sich die Flüssigkeit in einem vorgegebenen Muster auf dem Substrat befindet und worin die Oberfläche der Flüssigkeit auf dem Substrat kleiner ist als eine Oberfläche der Schablone und worin das vorgegebene Muster eine Vielzahl von diskreten Linien umfasst, die zueinander parallel sind.

66. Vorrichtung nach Anspruch 51, worin der Abstand zwischen Flüssigkeitsspender und Substrat kleiner ist als ungefähr 500 μm .

67. Vorrichtung nach Anspruch 51, worin der Abstand zwischen Schablone und Substrat kleiner als ungefähr 200 nm ist.

68. Vorrichtung nach Anspruch 51, worin die Schablone im wesentlichen parallel ist zum Substrat.

69. Vorrichtung nach Anspruch 51, während die Trennungsvorrichtung der Schablone von der gehärteten Flüssigkeit umfasst:
eine Positioniervorrichtung zum Bewegen der Schablone zu der im wesentlichen nicht parallelen Orientierung und Bewegen der Schablone weg von dem Substrat.

70. Vorrichtung nach Anspruch 51, worin eine Oberfläche der gehärteten Flüssigkeit eine Ebenheit von weniger als ungefähr 500 nm hat, nachdem die Schablone von der gehärteten Flüssigkeit getrennt worden ist.

71. Vorrichtung nach Anspruch 51, worin das Substrat Silizium, Gallium, Germanium oder Indium umfasst.

72. Vorrichtung nach Anspruch 51, worin das Substrat ein dielektrisches Material ist.

73. Vorrichtung nach Anspruch 51, worin das Substrat Quarz, Saphir, Siliziumdioxid oder Polysilizium umfasst.

74. Vorrichtung nach Anspruch 51, worin die gemusterte Schablone Quarz umfasst.

75. Vorrichtung nach Anspruch 51, worin die gemusterte Schablone Indiumzinnoxid umfasst.

76. Vorrichtung nach Anspruch 51, worin die Flüssigkeit eine unter ultraviolettem Licht härtbare Mischung umfasst.

77. Vorrichtung nach Anspruch 51, worin die Flüssigkeitsmischung ein fotoresistives Material ist.

78. Vorrichtung nach Anspruch 51, worin die gehärtete Flüssigkeit eine Ebenheit von weniger als 250 nm hat.

79. Vorrichtung nach Anspruch 51, worin die Schablone eine Ebenheit von weniger als ungefähr 250 nm hat.

80. Vorrichtung nach Anspruch 51, worin die Oberfläche der Schablone im wesentlichen gleich ist zu der Oberfläche des Substrats und worin die Form der Schablone im wesentlichen dieselbe ist wie die Form des Substrats und worin die gesamte Oberfläche des Substrats eine Ebenheit von weniger als ungefähr 500 nm hat.

81. Ein Halbleiterbauelement, das mittels der Vorrichtung nach Anspruch 51 hergestellt worden ist.

82. Ein System zum Ebenen eines Substrats, umfassend: einen oberen Rahmen; eine Orientierungsstufe, die mit dem oberen Rahmen verbunden ist, wobei die Orientierungsstufe umfasst: ein erstes Biegeelement, worin das erste Biegeelement konfiguriert ist, um sich während dem Betrieb um eine erste Orientierungsachse zu drehen; ein zweites Biegeelement, das mit dem ersten Biegeelement verbunden ist, worin das zweite Biegeelement konfiguriert ist, um sich um eine zweite Orientierungsachse während dem Betrieb zu drehen; und eine Halterung, die mit dem zweiten Biegeelement verbunden ist, worin die Halterung konfiguriert ist, um die gemusterte Schablone während dem Betrieb zu halten; worin das zweite Biegeelement mit dem ersten Biegeelement verbunden ist, so dass die gemusterte Schablone, wenn diese in der Halterung befestigt ist, sich um einen Drehpunkt bewegt, der während dem Betrieb von der ersten und zweiten Orientierungsachse geschnitten wird; eine im wesentlichen ebene, nicht gemusterte Schablone, die in der Halterung befestigt ist; und eine Substratstufe, die konfiguriert ist, um das Substrat zu halten, worin die Stufe unterhalb der Orientierungsstufe positioniert ist.

83. System nach Anspruch 82, worin die erste Orientierungsachse im wesentlichen orthogonal zu der zweiten Orientierungsachse ist.

84. System nach Anspruch 82, worin das erste Biegeelement einen ersten und zweiten Arm umfasst, worin der erste Arm einen ersten Satz von Biegeelenken umfasst, die konfiguriert sind, um eine Drehbewegung des ersten Biegeelements um die erste Orientierungsachse zur Verfügung zu stellen und worin der zweite Arm einen zweiten Satz von Biegeelenken umfasst, die konfiguriert sind, um eine Drehbewegung des zweiten Biegeelements um die erste Orientierungsachse zur Verfügung zu stellen.

85. System nach Anspruch 82, worin das zweite Biegeelement einen dritten und vierten Arm umfasst, worin der dritte Arm einen dritten Satz von Biegeelenken umfasst, die konfiguriert sind, um eine Drehbewegung des zweiten Biegeelements um die zweite Orientierungsachse zur Verfügung zu stellen und worin der vierte Arm einen vierten Satz von Biegeelenken umfasst, die konfiguriert sind, um eine Drehbewegung des vierten Biegeelements um die zweite Orientierungsachse zur Verfügung zu stellen.

86. System nach Anspruch 82, worin das erste Biegeelement einen ersten und zweiten Arm umfasst, worin der erste Arm einen ersten Satz von Biegeelenken umfasst, die konfiguriert sind, um eine Drehbewegung des ersten Biegeelements um die erste Orientierungsachse zur Verfügung zu stellen und worin der zweite Arm einen zweiten Satz von Biegeelenken umfasst, die konfiguriert sind, um eine Drehbewegung des zweiten Biegeelements um die erste Orientierungsachse zur Verfügung zu stellen und worin das zweite Biegeelement einen dritten und vierten Arm umfasst, worin der dritte Arm einen dritten Satz von Biegeelenken umfasst, die konfiguriert sind, um eine Drehbewegung des zweiten Biegeelements um die zweite Orientierungsachse zur Verfügung zu stellen und worin der vierte Arm einen vierten Satz von Biegeelenken umfasst, die konfiguriert sind, um eine Drehbewegung des Biegeelements um die zweite Orientierungsachse zur Verfügung zu stellen.

87. System nach Anspruch 82, ferner umfassend Antriebe, die mit dem ersten und zweiten Biegeelement verbunden sind, worin die Antriebe konfiguriert sind, um die Drehung des ersten und zweiten Biegeelements um die erste bzw. zweite Orientierungsachse während dem Betrieb zu bewirken.

88. System nach Anspruch 82, ferner umfassend Antriebe, die mit dem ersten und zweiten Biegeelement verbunden sind, worin die Antriebe konfiguriert sind, um die Drehung des ersten und zweiten Biegeelements um die erste bzw. zweite Orientierungsachse während dem Betrieb zu verursachen, worin die Antriebe piezoelektrische Antriebe sind.

89. System nach Anspruch 82, worin das erste Biegeelement eine erste Öffnung umfasst, wobei das zweite Biegeelement eine zweite Öffnung umfasst und die Halterung eine dritte Öffnung umfasst, worin jede der ersten, zweiten und dritten Öffnungen so konfiguriert sind, um es dem Aktivierungslicht zu erlauben, während dem Betrieb auf die Schablone gerichtet zu werden, worin die erste, zweite und dritte Öffnung im wesentlichen zueinander ausgerichtet sind, wenn das erste Biegeelement mit dem zweiten Biegeelement verbunden ist.

90. System nach Anspruch 82, ferner umfassend eine Vorkalibrierungsstufe, die mit der Orientierungsstufe und dem oberen Rahmen verbunden ist, worin die Vorkalibrierungsstufe konfiguriert ist, um die Orientierungsstufe während dem Betrieb zu dem Substrat hin und von dem Substrat weg zu bewegen.

91. System nach Anspruch 82, ferner umfassend eine Vorkalibrierungsstufe, die mit der Orientierungsstufe und dem oberen Rahmen verbunden ist, worin die Vorkalibrierungsstufe konfiguriert ist, um die Orientierungsstufe während dem Betrieb zu dem Substrat hin und von dem Substrat weg zu bewegen, worin die Vorkalibrierung wenigstens einen Antrieb umfasst, der mit der Orientierungsstufe verbunden ist, worin der Antrieb konfiguriert ist, um die Orientierungsstufe zu dem Substrat hin und von dem Substrat weg zu bewegen.

92. System nach Anspruch 82, ferner umfassend eine Vorkalibrierungsstufe, die mit der Orientierungsstufe und dem oberen Rahmen verbunden ist, worin die Vorkalibrierungsstufe ein erstes und zweite Halteelement und wenigstens einen Antrieb umfasst, der mit dem oberen Rahmen und dem zweiten Halteelement verbunden ist, wobei der Antrieb sich durch das erste Halteelement erstreckt, worin das erste Halteelement mit dem oberen Rahmen verbunden ist, wobei das zweite Halteelement mit dem ersten Halteelement und der Orientierungsstufe verbunden ist, und worin der Antrieb konfiguriert ist, um die Orientierungsstufe während dem Betrieb zu dem Substrat hin und von dem Substrat weg zu bewegen und worin die Antriebe mit dem oberen Rahmen und dem zweiten Halteelement verbunden sind.

93. System nach Anspruch 82, worin die Substratstufe eine Vakuumspannvorrichtung umfasst, wobei die Vakuumspannvorrichtung einen Spannvorrichtungskörper und ein Vakuumströmungssystem umfasst, wobei das Vakuumströmungssystem mit dem Spannkörper verbunden ist, worin das Vakuumströmungssystem konfiguriert ist, um eine Sogkraft auf die Oberfläche des Spannkörpers während dem Betrieb aufzubringen.

94. System nach Anspruch 82, worin die Substratstufe konfiguriert ist, um sich mit Bezug auf die Orientierungsstufe zu bewegen.

95. System nach Anspruch 82, worin die Orientierungsstufe positionierbar ist, so dass die Schablone während dem Betrieb weniger als ungefähr 500 nm von dem Substrat entfernt ist.

96. System nach Anspruch 82, worin die nicht gemusterte Schablone Quarz umfaßt.

97. System nach Anspruch 82, worin die nicht gemusterte Schablone Indiumzinnoxid umfasst.

98. System nach Anspruch 82, worin die nicht gemusterte Schablone eine Ebenheit von weniger als ungefähr 500 nm hat.

99. System nach Anspruch 82, ferner umfassend einen Flüssigkeitsspender, der mit dem oberen Rahmen verbunden ist, wobei der Flüssigkeitsspender konfiguriert ist, um während dem Betrieb eine Mischung, die durch Aktivieren des Lichts härtbar ist, auf das Substrat anzuwenden.

100. System nach Anspruch 82, worin die Oberfläche der Schablone im wesentlichen gleich ist zu der Oberfläche des Substrats und worin die Form der Schablone im wesentlichen dieselbe ist wie die Form des Substrats.

101. Ein System zum Bilden eines Musters auf einem Substrat unter Verwendung einer gemusterten Schablone umfassend:

einen oberen Rahmen;

eine Orientierungsstufe, die mit dem oberen Rahmen verbunden ist, wobei die Orientierungsstufe umfasst:

ein erstes Biegeelement, worin das erste Biegeelement konfiguriert ist, um sich um eine erste Orientierungsachse als Reaktion auf eine Berührung während dem Betrieb mit einer Flüssigkeit, die auf einem Substrat angebracht ist, sich zu drehen;

ein zweites Biegeelement, das mit dem ersten Biegeelement verbunden ist, worin das zweite Biegeelement konfiguriert ist, um sich um eine zweite Orientierungsachse als Reaktion auf die Berührung während dem Betrieb mit einer Flüssigkeit, die auf einem Substrat angebracht ist, sich zu drehen; und

eine Halterung, die mit dem zweiten Biegeelement verbunden ist, worin die Halterung konfiguriert ist, um die gemusterte Schablone während dem Betrieb zu halten;

worin das zweite Biegeelement mit dem ersten Biegeelement so verbunden ist, dass die gemusterte Schablone, wenn diese in der Halterung angebracht ist, sich um einen Drehpunkt bewegt, der während dem Betrieb von der ersten und zweiten Orientierungsachse geschnitten wird;

eine Schablone, die in der Halterung angebracht ist; und

eine Substratstufe, die konfiguriert ist, um das Substrat zu halten, worin die Stufe unterhalb der Orientierungsstufe positioniert ist.

102. System nach Anspruch 101, worin die erste Orientierungsachse im wesentlichen orthogonal zu der zweiten Orientierungsachse ist.

103. System nach Anspruch 101, worin das erste Biegeelement einen ersten und zweiten Arm umfasst, worin der erste Arm einen ersten Satz von Biegegelenken umfasst, die konfiguriert sind, um eine Drehbewegung des ersten Biegeelements um die erste Orientierungsachse zur Verfügung zu stellen und worin der zweite Arm einen zweiten Satz von Biegegelenken umfasst, die konfiguriert sind, um eine Drehbewegung des ersten Biegeelements um die erste Orientierungsachse zur Verfügung zu stellen.

104. System nach Anspruch 101, worin das zweite Biegeelement einen dritten und vierten Arm umfasst, worin der dritte Arm einen dritten Satz von Biegegelenken umfasst, die konfiguriert sind, um eine Drehbewegung des zweiten Biegeelements um die zweite Orientierungsachse zur Verfügung zu stellen und worin der vierte Arm einen vierten Satz von Biegegelenken umfasst, die konfiguriert sind, um eine Drehbewegung des zweiten Biegeelements um die zweite Orientierungsachse zur Verfügung zu stellen.

105. System nach Anspruch 101, worin das erste Biegeelement einen ersten und zweiten Arm umfasst, worin der erste Arm einen ersten Satz von Biegegelenken umfasst, die konfiguriert sind, um eine Drehbewegung des ersten Biegeelements um die erste Orientierungsachse zur Verfügung zu stellen und worin der zweite Arm einen zweiten Satz von Biegegelenken umfasst, die konfiguriert sind, um eine Drehbewegung des zweiten Biegeelements um die erste Orientierungsachse zur Verfügung zu stellen und worin das zweite Biegeelement einen dritten und vierten Arm umfasst, worin der dritte Arm einen dritten Satz von Biegegelenken umfasst, die konfiguriert sind, um eine Drehbewegung des zweiten Biegeelements um die zweite Orientierungsachse zur Verfügung zu stellen und worin der vierte Arm einen vierten Satz von Biegegelenken umfasst, die konfiguriert sind, um eine Drehbewegung des vierten Biegegelenks um die zweite Orientierungsachse zur Verfügung zu stellen.

106. System nach Anspruch 101, ferner umfassend Antriebe, die mit dem ersten und zweiten Biegeelement verbunden sind, worin die Antriebe konfiguriert sind, um eine Drehung des ersten und zweiten Biegeelements um die erste bzw. zweite Orientierungsachse während dem Betrieb zu bewirken.

107. System nach Anspruch 101, ferner umfassend Antriebe, die mit dem ersten und zweiten Biegeelement verbunden sind, worin die Antriebe konfiguriert sind, um eine Drehung des ersten und zweiten Biegeelements um die erste bzw. zweite Orientierungsachse während dem Betrieb zu bewirken, worin die Antriebe piezoelektrische Antriebe sind.

108. System nach Anspruch 101, worin das erste Biegeelement eine erste Öffnung umfasst, wobei das zweite Biegeelement eine zweite Öffnung umfasst, und die Halterung eine dritte Öffnung umfasst, worin jede der ersten, zweiten und dritten Öffnungen so konfiguriert sind, um es dem Aktivierungslicht zu erlauben, während dem Betrieb auf die Schablone gerichtet zu werden, worin die erste, zweite und dritte Öffnung im wesentlichen zueinander ausgerichtet sind, wenn das erste Biegeelement mit dem zweiten Biegeelement verbunden ist.

109. System nach Anspruch 101, ferner umfassend eine Vorkalibrierungsstufe, die mit der Orientierungsstufe und dem oberen Rahmen verbunden ist, worin die Vorkalibrierungsstufe konfiguriert ist, um die Orientierungsstufe während dem Betrieb zu dem Substrat hin und von dem Substrat weg zu bewegen.

110. System nach Anspruch 101, ferner umfassend eine Vorkalibrierungsstufe, die mit der Orientierungsstufe und dem oberen Rahmen verbunden ist, worin die Vorkalibrierungsstufe konfiguriert ist, um die Orientierungsstufe während dem Betrieb zu dem Substrat hin und von dem Substrat weg zu bewegen, worin die Vorkalibrierungsstufe wenigstens einen Antrieb umfasst, der mit der Orientierungsstufe verbunden ist, worin der Antrieb konfiguriert ist, um die Orientierungsstufe zu dem Substrat hin und von dem Substrat weg zu bewegen.

111. System nach Anspruch 101, ferner umfassend eine Vorkalibrierungsstufe, die mit der Orientierungsstufe und dem oberen Rahmen verbunden ist, worin die Vorkalibrierungsstufe ein erstes und zweites Halteelement und wenigstens einen Antrieb umfasst, der mit dem oberen Rahmen und dem zweiten Halteelement verbunden ist, wobei der Antrieb sich durch das erste Halteelement hindurch erstreckt, worin das erste Halteelement mit dem oberen Rahmen verbunden ist, wobei das zweite Halteelement mit dem ersten Halteelement an der Orientierungsstufe verbunden ist, und worin der Antrieb konfiguriert ist, um die Orientierungsstufe während dem Betrieb zu dem Substrat hin und von dem Substrat weg zu bewegen und worin die Antriebe mit dem oberen Rahmen und dem zweiten Halteelement verbunden sind.

112. System nach Anspruch 101, worin die Substratstufe eine Vakuumspannvorrichtung umfasst, wobei die Vakuumspannvorrichtung einen Spannvorrichtungskörper und ein Vakuumströmungssystem umfasst, das mit dem Spannvorrichtungskörper verbunden ist, worin das Vakuumströmungssystem konfiguriert ist, um eine Sogkraft auf die Oberfläche des Spannvorrichtungskörpers während dem Betrieb anzulegen.

113. System nach Anspruch 101, worin die Substratstufe konfiguriert ist, um sich mit Bezug auf die Orientierungsstufe zu bewegen.

114. System nach Anspruch 101, worin die Orientierungsstufe so positionierbar ist, dass die Schablone weniger als ungefähr 500 nm von dem Substrat während dem Betrieb entfernt ist.

115. System nach Anspruch 101, worin die gemusterte Schablone Quarz umfasst.

116. System nach Anspruch 101, worin die gemusterte Schablone Indiumzinnoxid umfasst.

117. System nach Anspruch 101, worin die gemusterte Schablone eine Ebenheit von weniger als ungefähr 500 nm hat.

118. System nach Anspruch 101, ferner umfassend einen Flüssigkeitsspender, der mit dem oberen Rahmen verbunden ist, wobei der Flüssigkeitsspender konfiguriert ist, um eine Mischung, die durch Aktivieren des Lichts härtbar ist, während dem Betrieb auf das Substrat anzuwenden.

119. System nach Anspruch 101, worin die Oberfläche der Schablone im wesentlichen gleichen ist zu der Oberfläche des Substrats und worin die Form der Schablone im wesentlichen die gleiche ist, wie die Form des Substrats.

120. System nach Anspruch 101, worin die Schablone eine gemusterte Schablone umfasst.

121. System nach Anspruch 101, worin die Schablone eine im wesentlichen ebene, nicht gemusterte Schablone umfasst.

122. Ein Bauelement, das eine Merkmalsschicht umfasst, die auf einem Substrat angebracht ist, worin die Merkmalsschicht wenigstens einige vorgegebene Merkmale umfasst, die in der Größe kleiner als ungefähr 250 nm sind.

123. Das Bauelement nach Anspruch 122, worin das Substrat Silizium umfasst.

124. Das Bauelement nach Anspruch 122, worin das Substrat Germanium umfasst.

125. Das Bauelement nach Anspruch 122, worin das Substrat Gallium umfasst.

126. Das Bauelement nach Anspruch 122, worin das Substrat Indium umfasst.

127. Das Bauelement nach Anspruch 122, worin die Merkmale in der Substratschicht ausgebildet sind.

128. Das Bauelement nach Anspruch 122, worin wenigstens einige der Merkmale in der Größe kleiner als ungefähr 100 nm sind.

129. Das Bauelement nach Anspruch 122, worin das Substrat ein dielektrisches Material umfasst und worin die Merkmale in dem Substrat ausgebildet sind.

130. Das Bauelement nach Anspruch 122, worin das Substrat Silizium umfasst und worin das Bauelement ein Halbleiterbauelement ist.

131. Das Bauelement nach Anspruch 122, worin das Bauteil ein optoelektronische Bauelement ist.

132. Das Bauelement nach Anspruch 122, worin das Bauteil ein photonisches Bauelement ist.

133. Das Bauelement nach Anspruch 122, worin das Bauelement ein biologisches Bauelement ist.

134. Das Bauelement nach Anspruch 122, worin das Bauelement ein MEMS-Bauelement ist.

135. Das Bauelement nach Anspruch 122, worin das Bauelement ein photonisches Bauelement ist.

136. Das Bauelement nach Anspruch 122, worin das Bauelement ein akustisches Oberflächenwellenbauelement ist.

137. Das Bauelement nach Anspruch 122, worin das Bauelement ein Mikrofluidbauelement ist.

138. Das Bauelement nach Anspruch 122, worin das Bauelement ein mikrooptisches Bauelement ist.

139. Eine Vorrichtung zur Erzeugung eines Musters auf einem Substrat unter Verwendung einer gemusterten Schablone, die im wesentlichen für aushärtendes Licht transparent ist, umfassend:
einen Flüssigkeitsspender zum Anwenden einer Flüssigkeit, die durch Aktivieren des Lichts härtbar ist, auf einen Abschnitt des Substrats, worin die Flüssigkeit in einem vorgegebenen Muster auf das Substrat angewandt wird und worin die Flüssigkeit, die durch Licht härtbar ist, beim Vorhandensein von aushärtendem Licht härtbar ist;
eine Positionierungsvorrichtung zum Positionieren der gemusterten Schablone und des Substrats, so dass die gemusterte Schablone wenigstens einen Abschnitt der Flüssigkeit, die auf dem Substrat angebracht ist, berührt;
eine Einstellvorrichtung zum Einstellen des Abstands zwischen der gemusterten Schablone und dem Substrat, so dass die angewandte Flüssigkeit im wesentlichen die Lücke zwischen der gemusterten Schablone und dem Substrat ausfüllt und worin die Lücke im wesentlichen gleichförmig ist;
eine Lichtquelle zum Anwenden von aushärtendem Licht durch die Schablone auf die Flüssigkeit, worin die Anwendung von aushärtendem Licht im wesentlichen die Flüssigkeit härtet.

140. Ein System zum Bilden eines Musters auf einem Substrat unter Verwendung einer gemusterten Schablone, umfassend:
einen oberen Rahmen;
eine Orientierungsstufe, wobei die Orientierungsstufe umfasst:
eine Orientierungsunterstruktur, worin die Orientierungsunterstruktur eine Halterung umfasst, die konfiguriert ist, um die gemusterte Schablone während dem Betrieb zu halten und worin die Orientierungsunterstruktur konfiguriert ist, so dass die gemusterte Schablone, wenn diese in der Orientierungsunterstruktur angebracht ist, sich um einen Drehpunkt an einer Oberfläche der gemusterten Schablone bewegt; und
einen Flüssigkeitsspender, der mit dem oberen Rahmen verbunden ist;
eine Substratstufe, die konfiguriert ist, um das Substrat zu halten, worin die Stufe unterhalb der Orientierungsstufe positioniert ist und worin die Substratstufe konfiguriert ist, um das Substrat entlang einer Ebene im wesentlichen parallel zu der gemusterten Schablone zu bewegen.

Es folgen 37 Blatt Zeichnungen

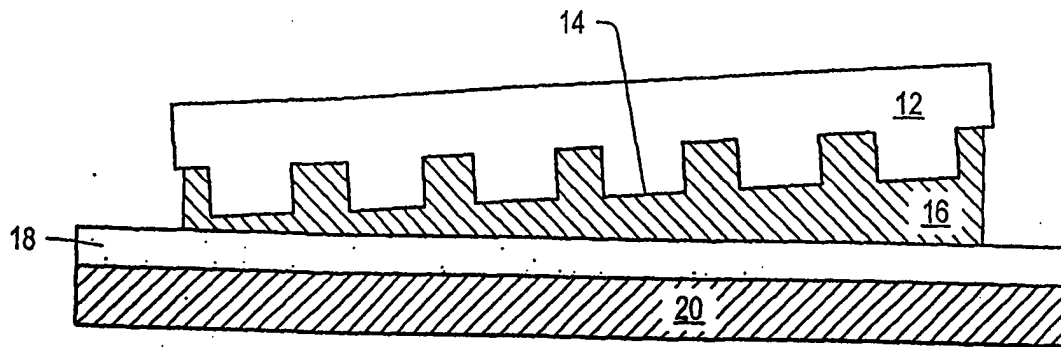


FIG. 1A

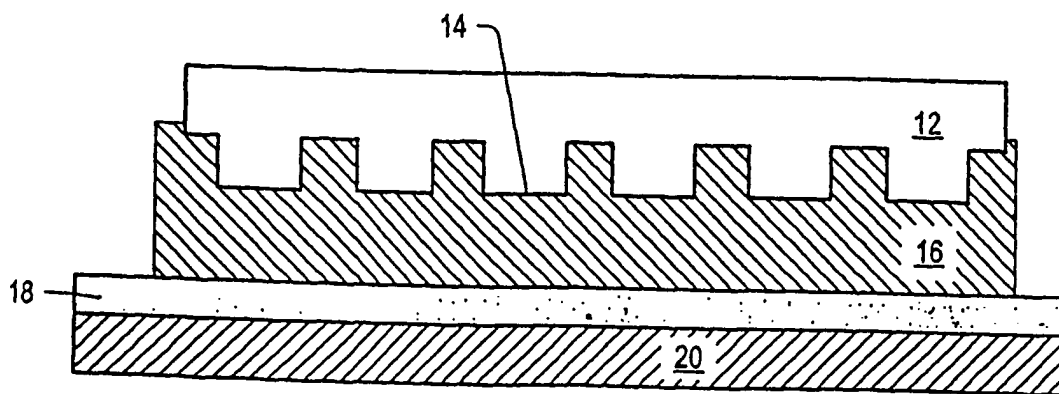


FIG. 1B

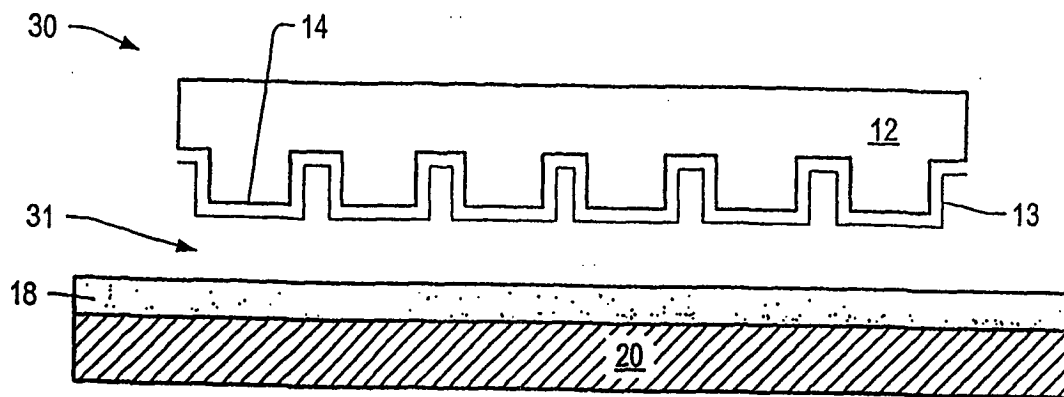


FIG. 2A

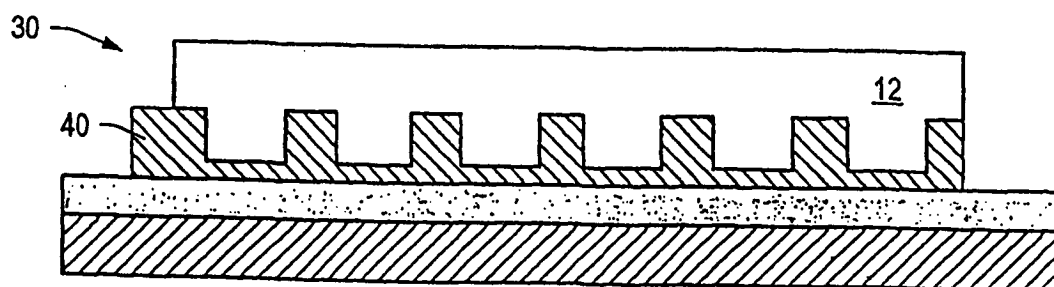


FIG. 2B

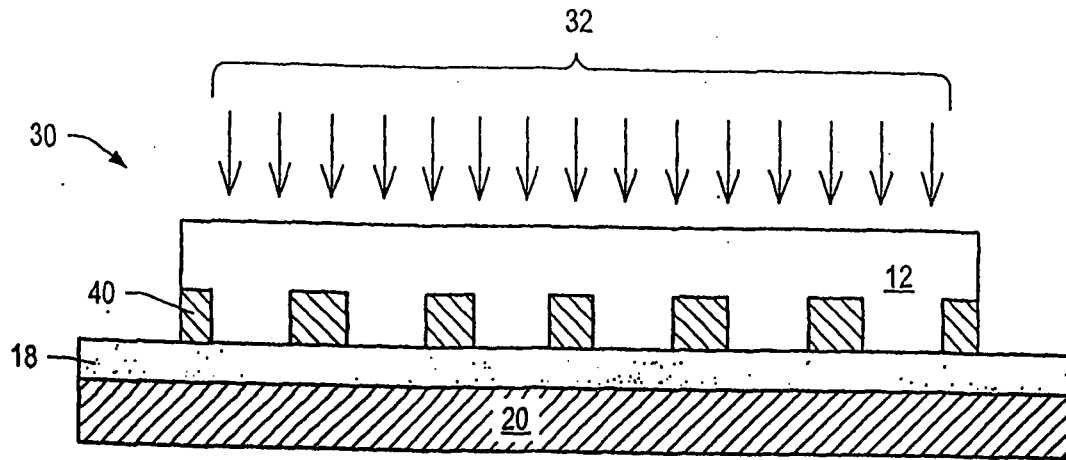


FIG. 2C

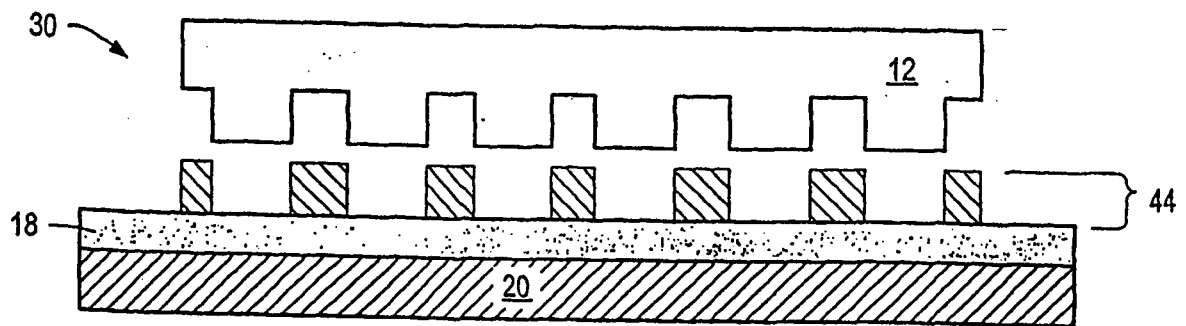


FIG. 2D

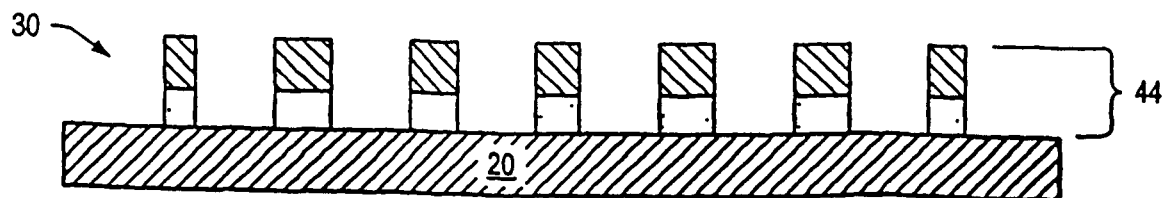


FIG. 2E

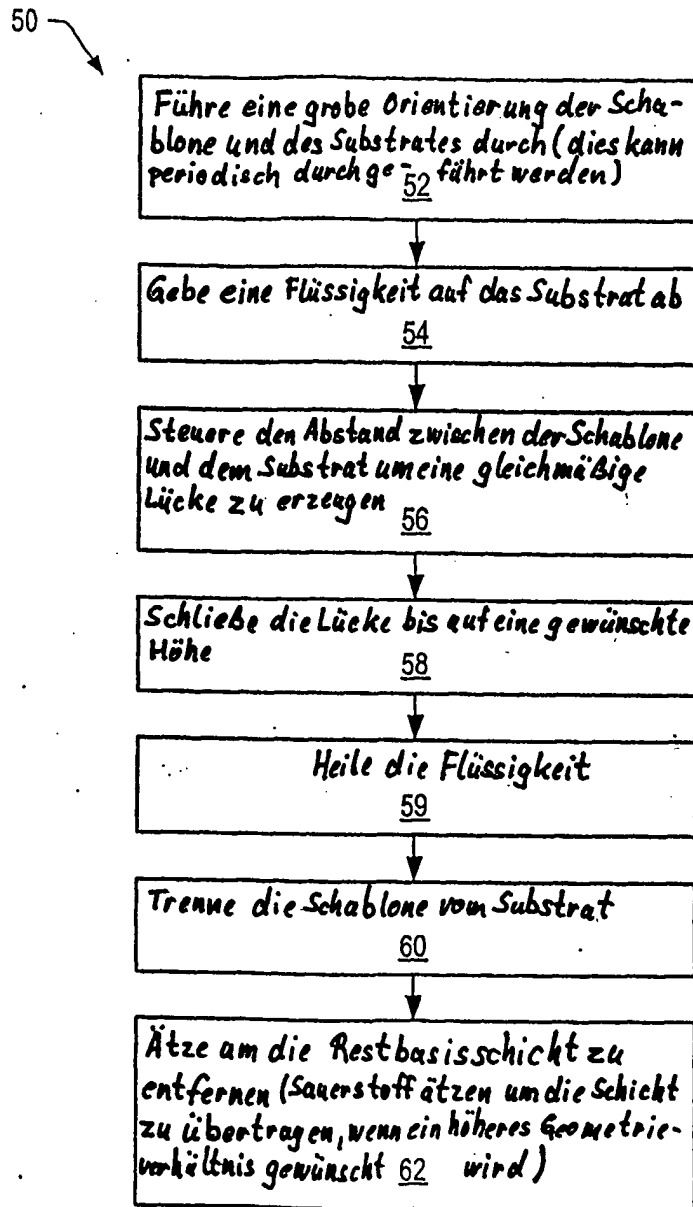


FIG. 3

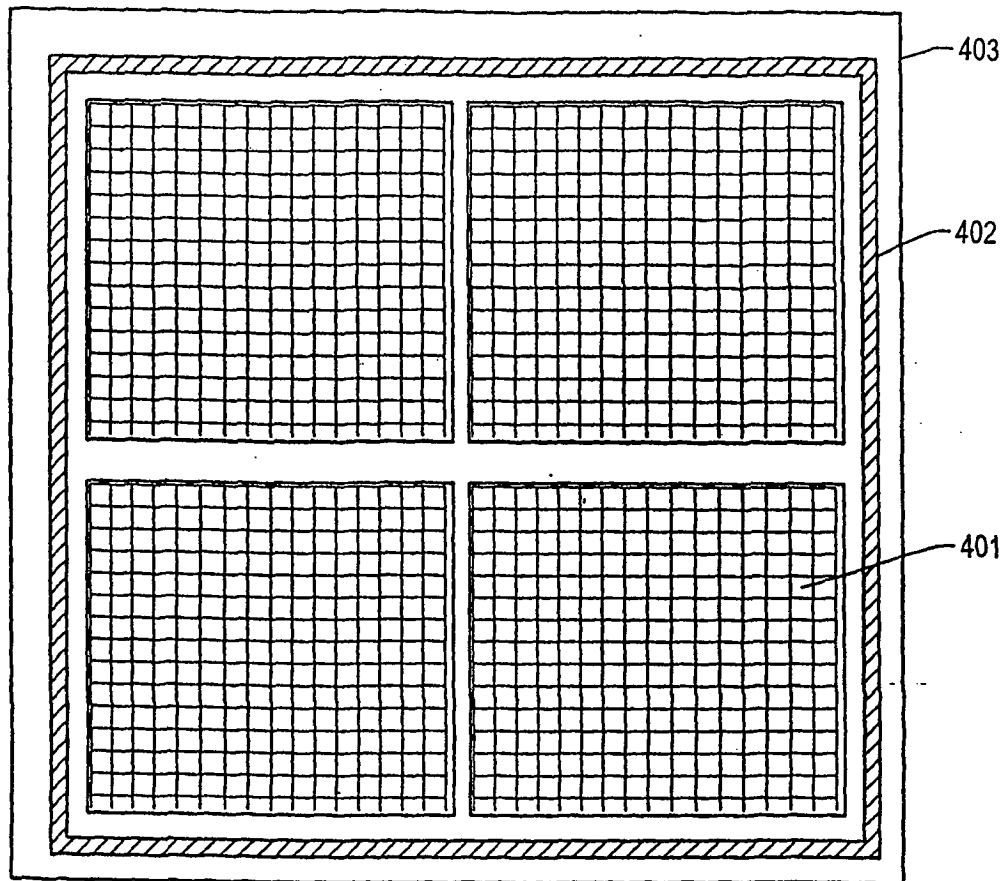


FIG. 4

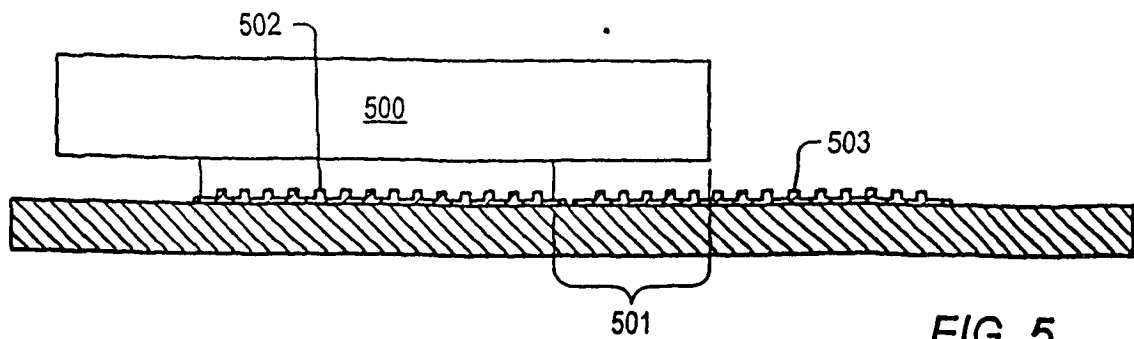


FIG. 5

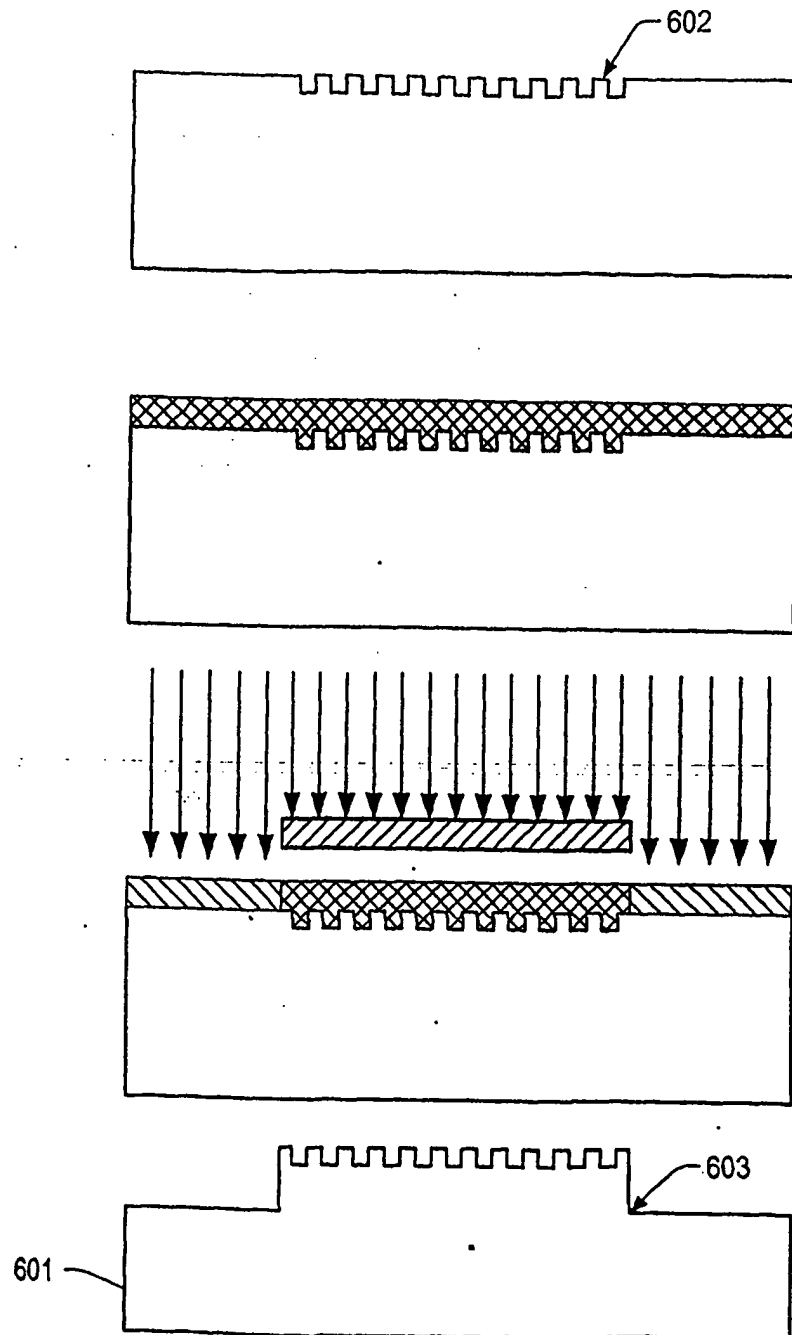


FIG. 6

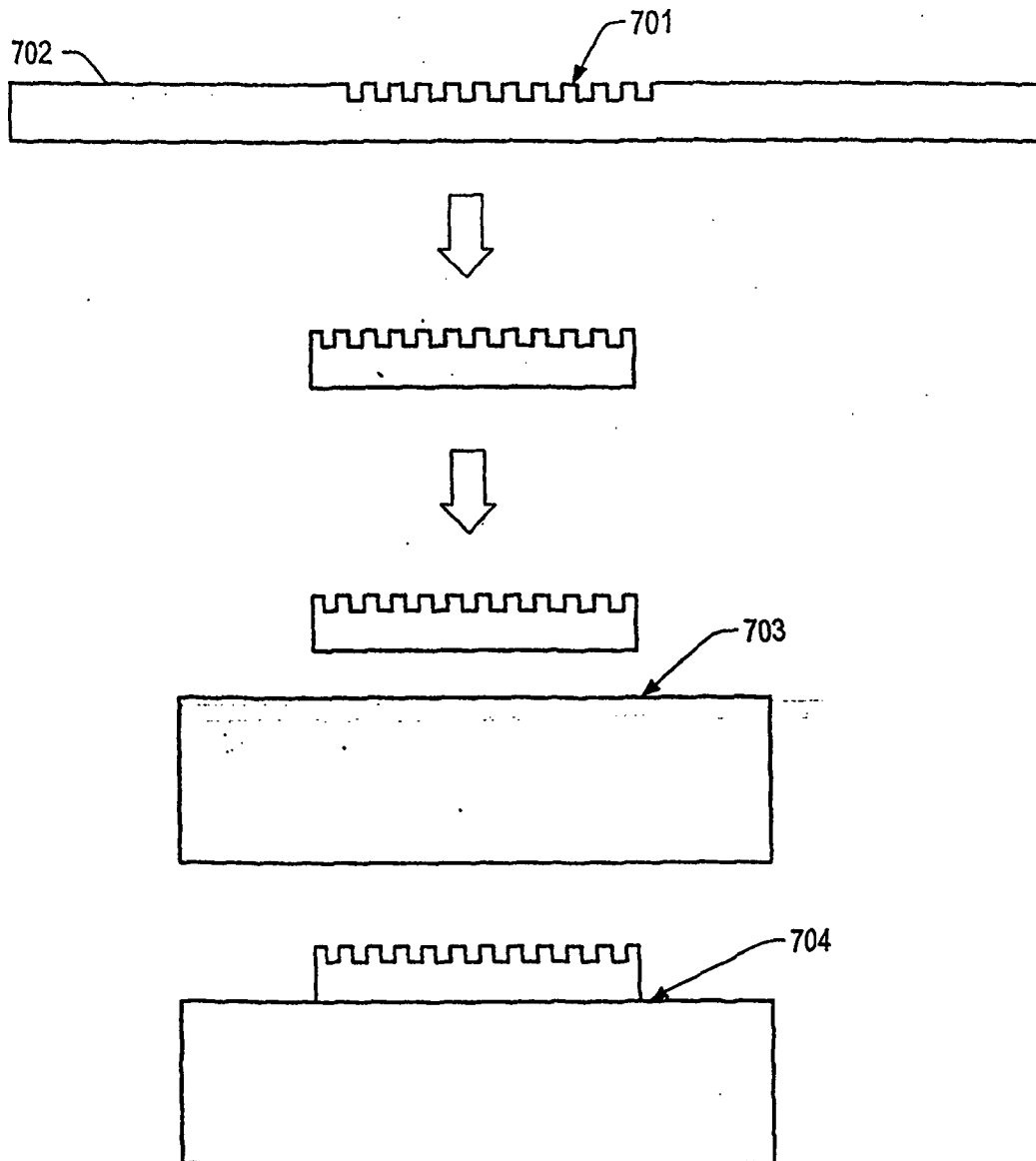


FIG. 7

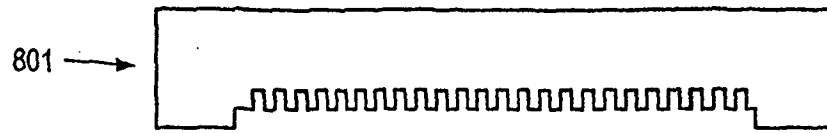


FIG. 8A



FIG. 8B

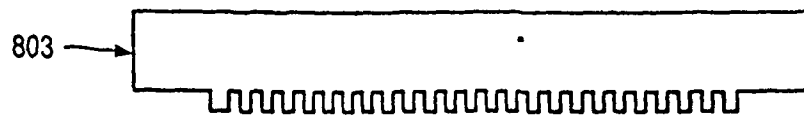


FIG. 8C

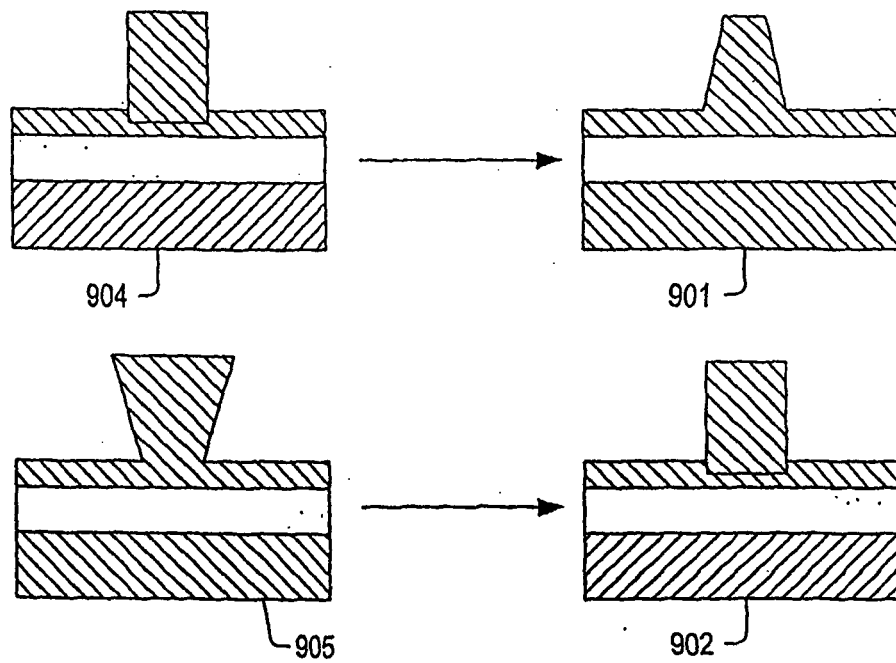


FIG. 9

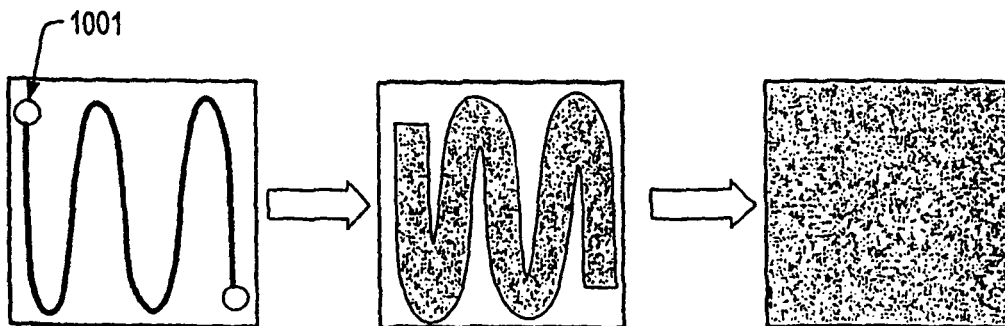


FIG. 10A

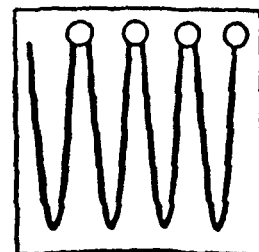
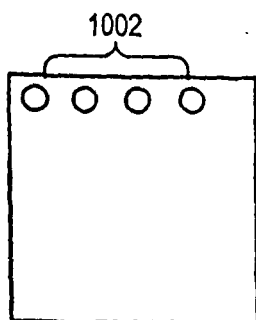


FIG. 10B

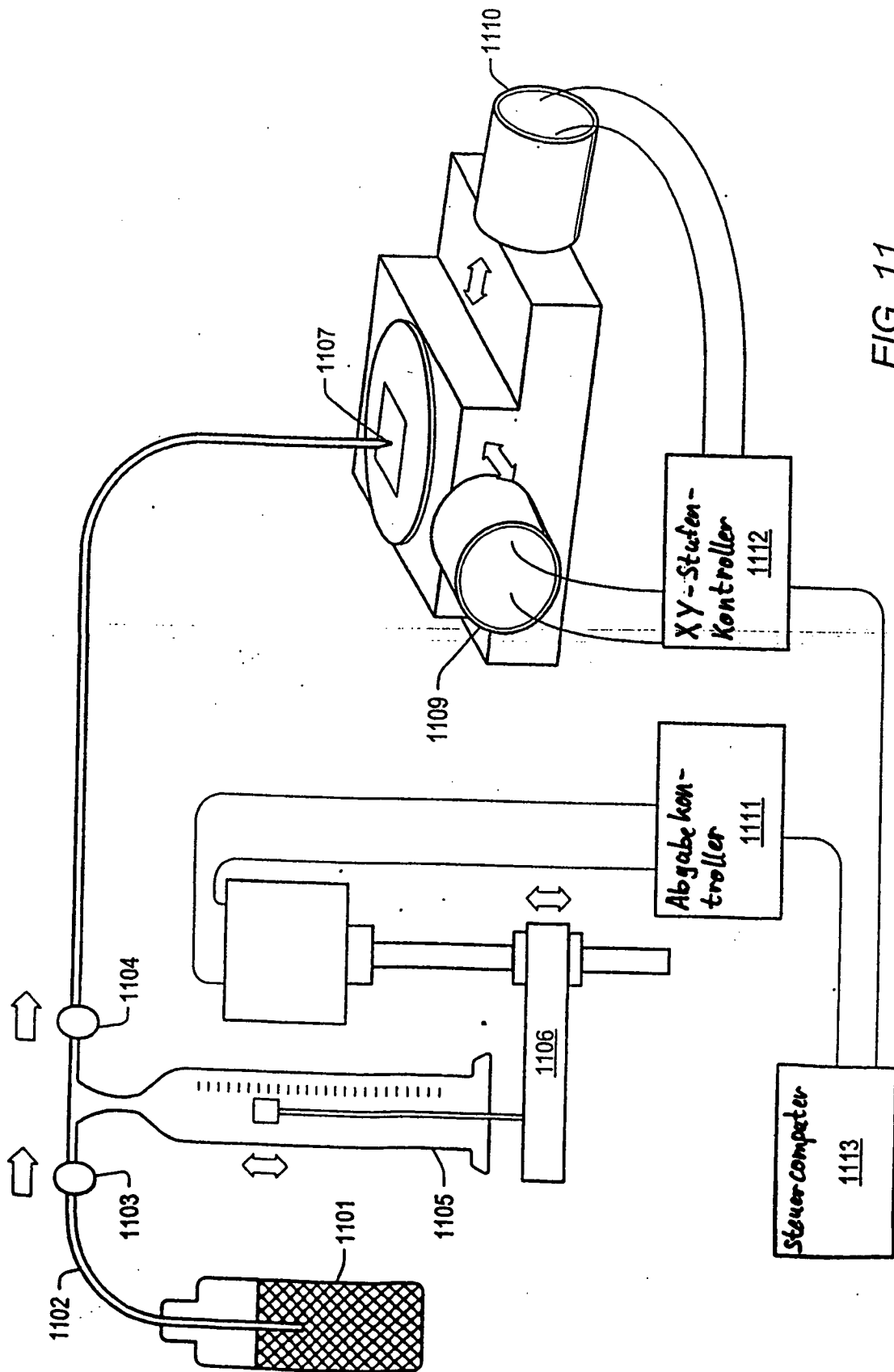
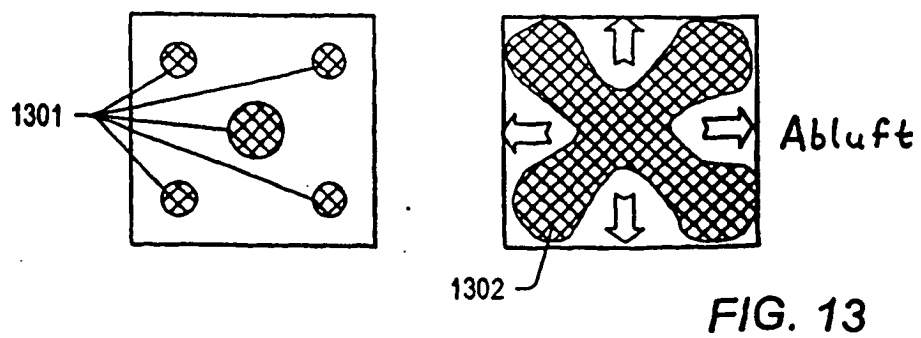
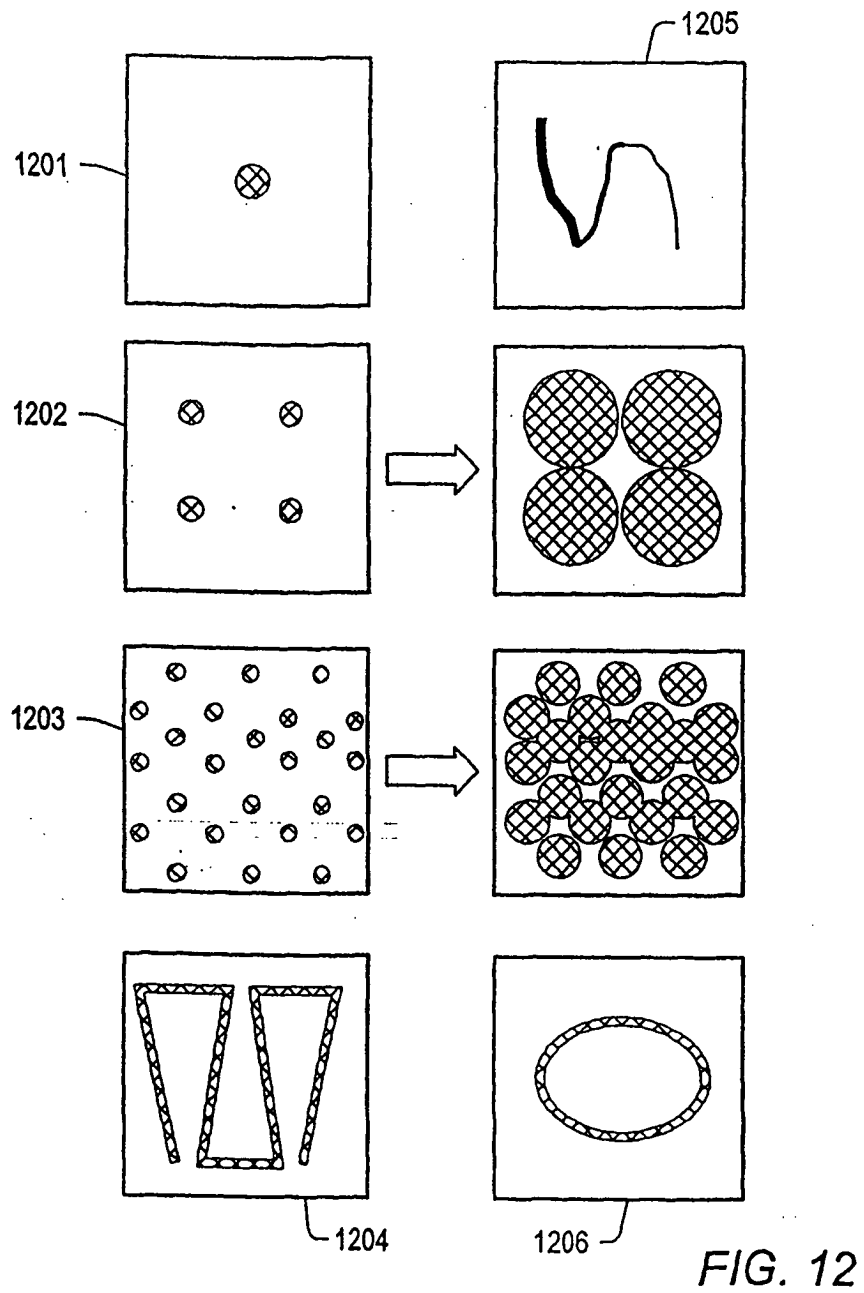


FIG. 11



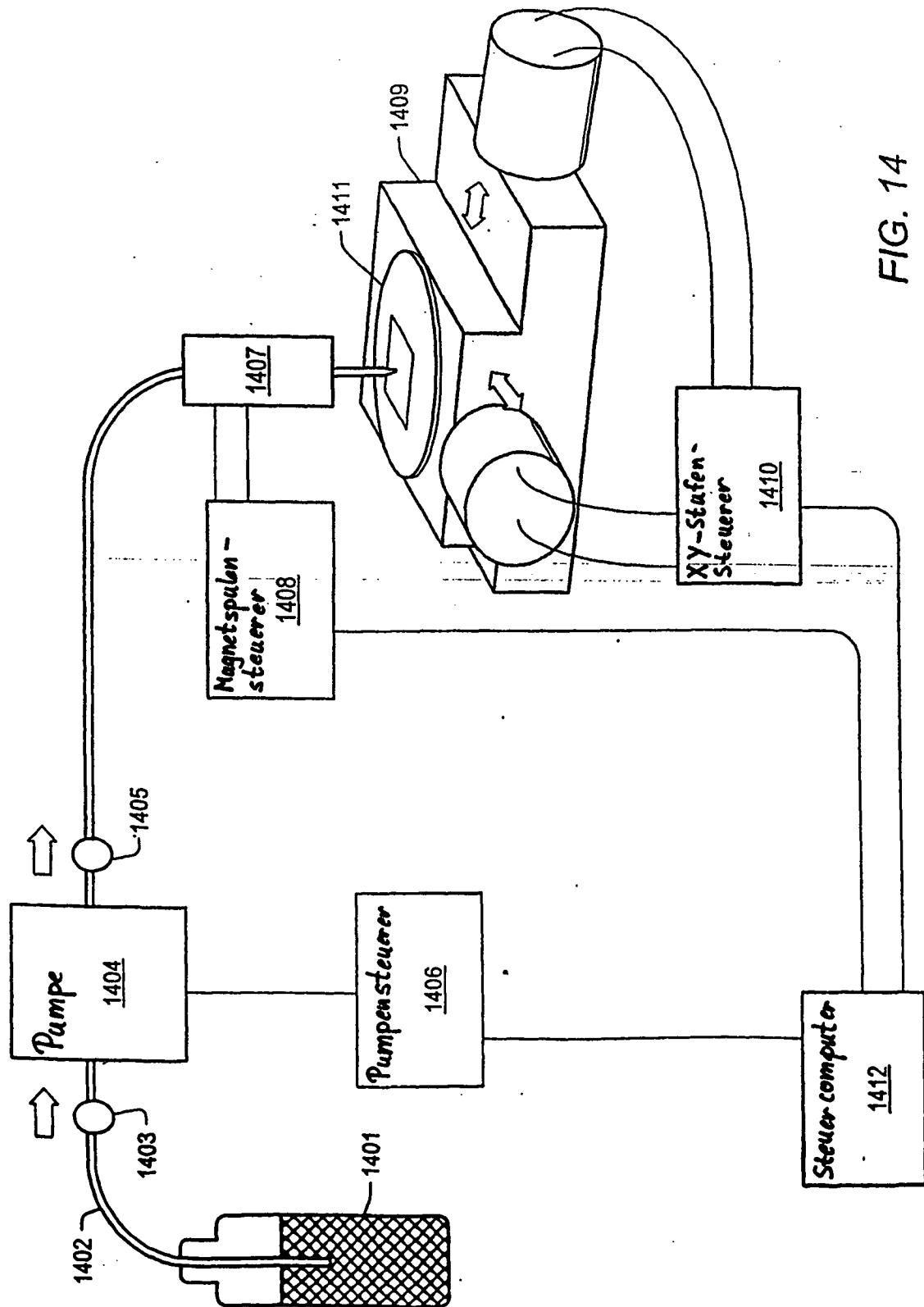


FIG. 14

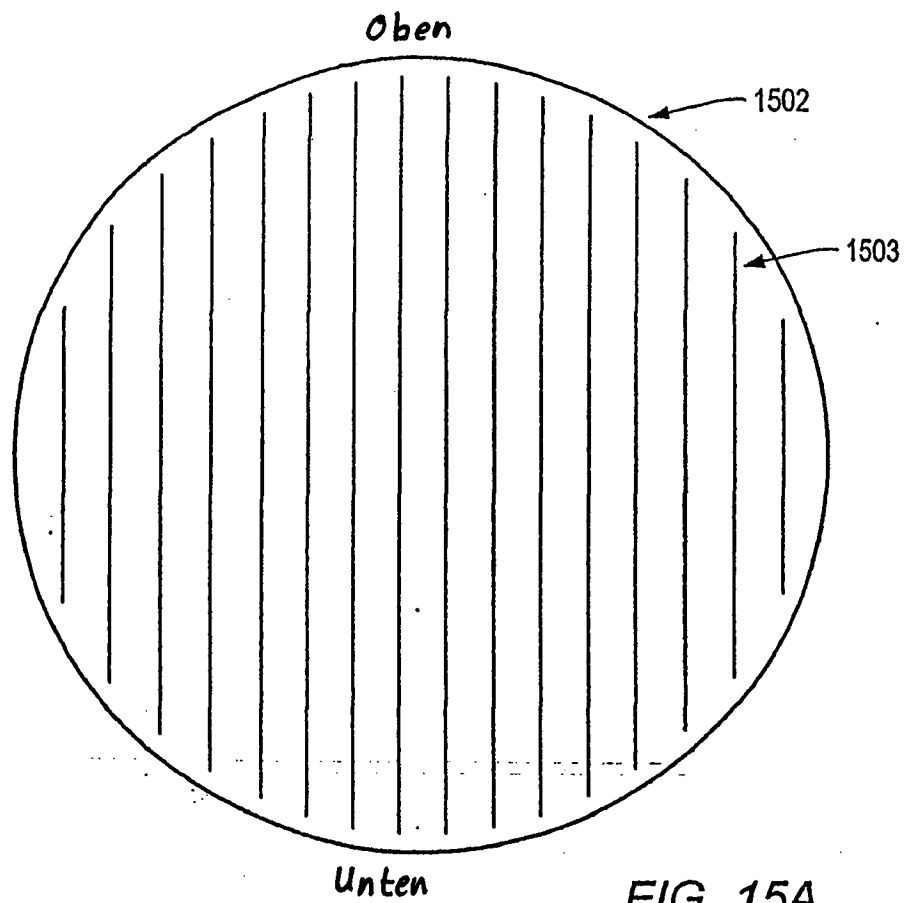


FIG. 15A

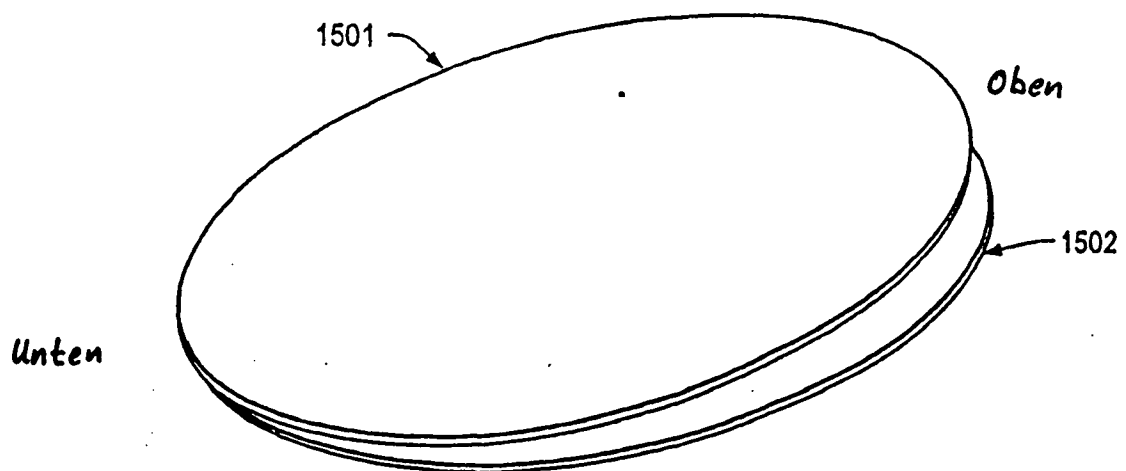
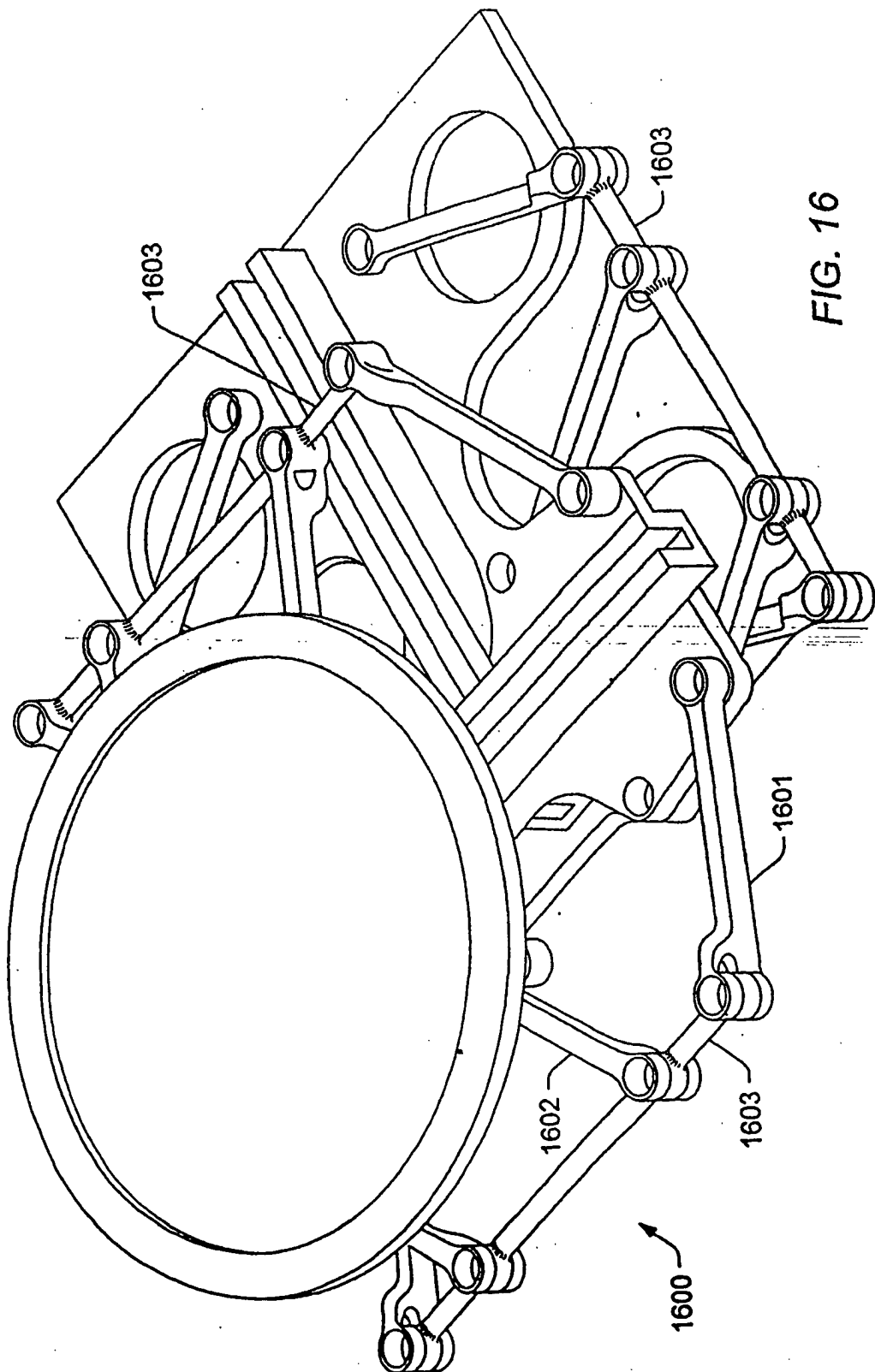
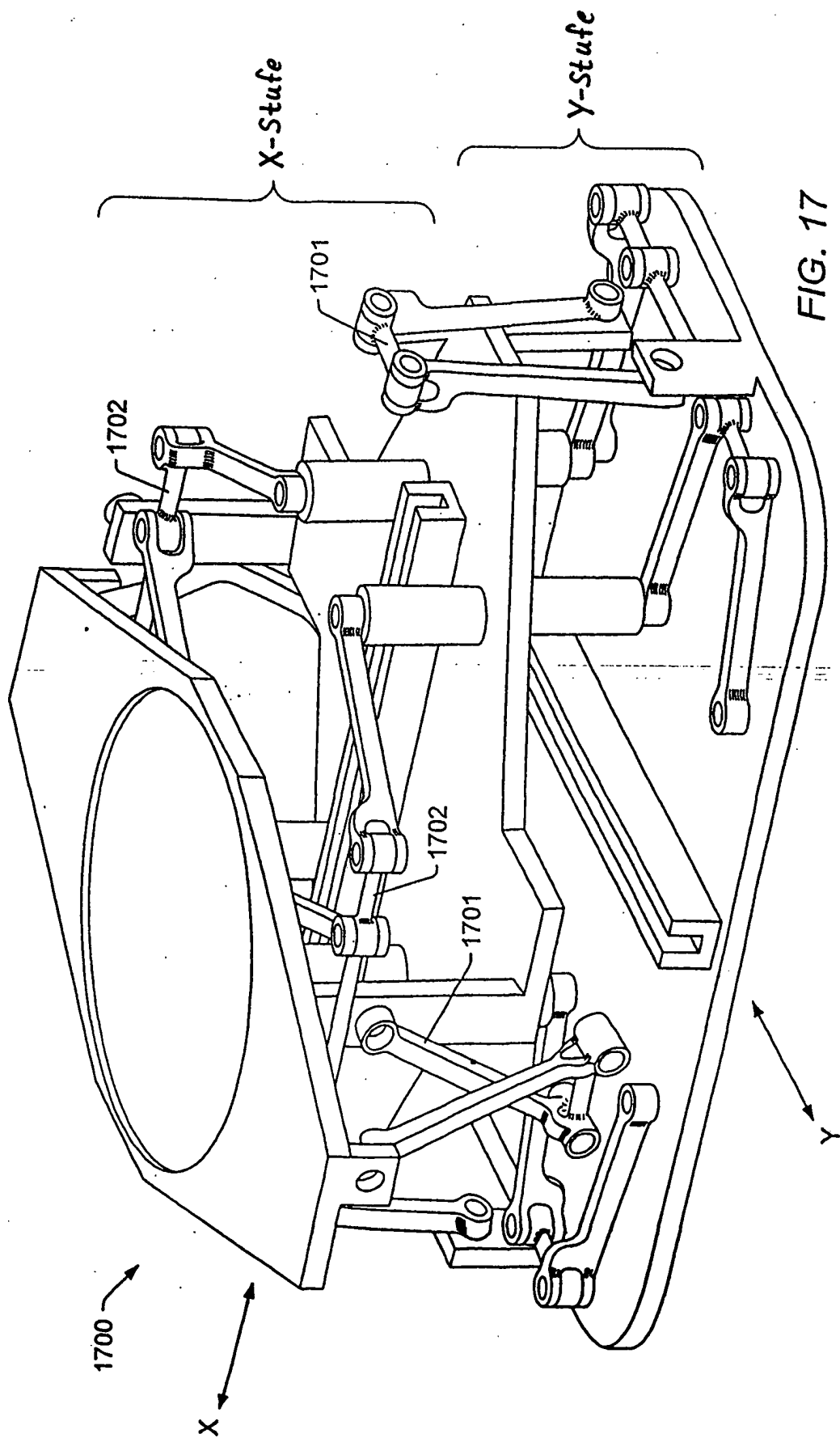


FIG. 15B





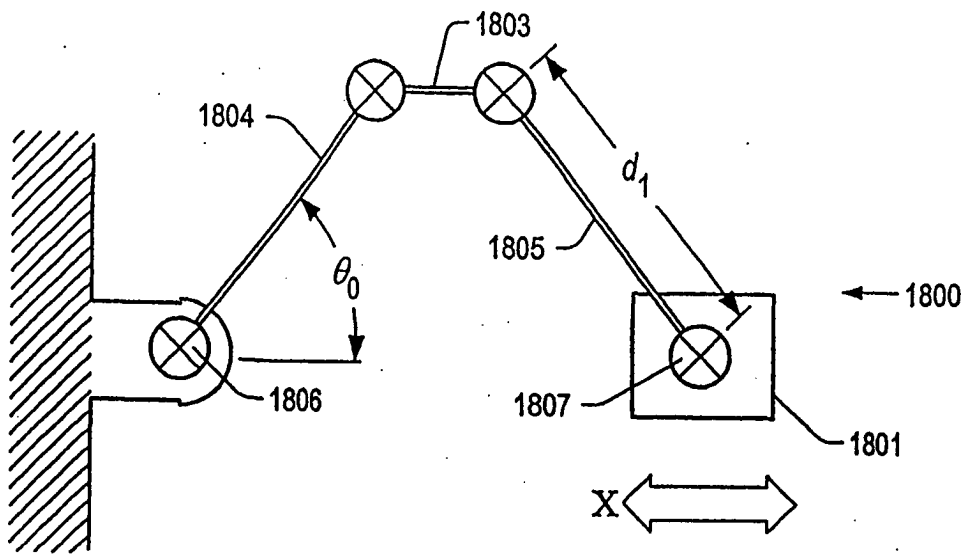


FIG. 18

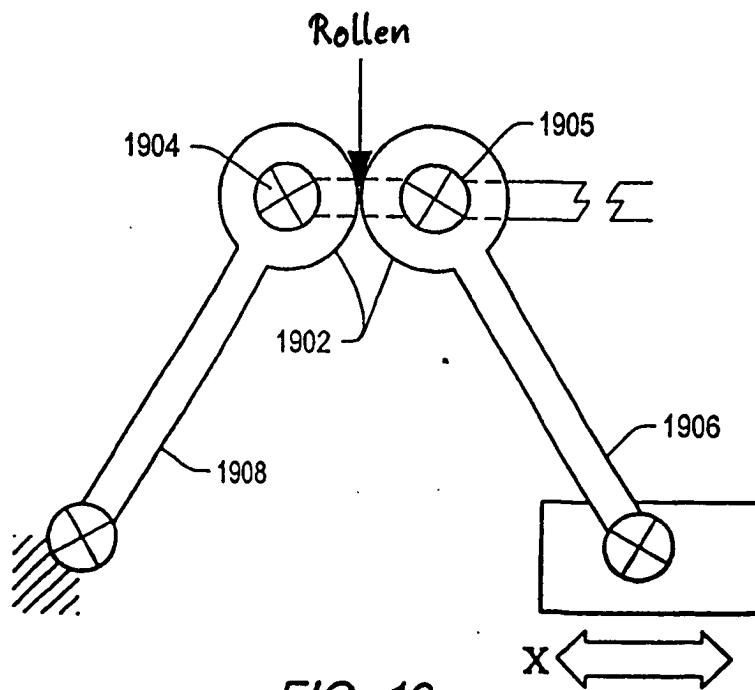


FIG. 19

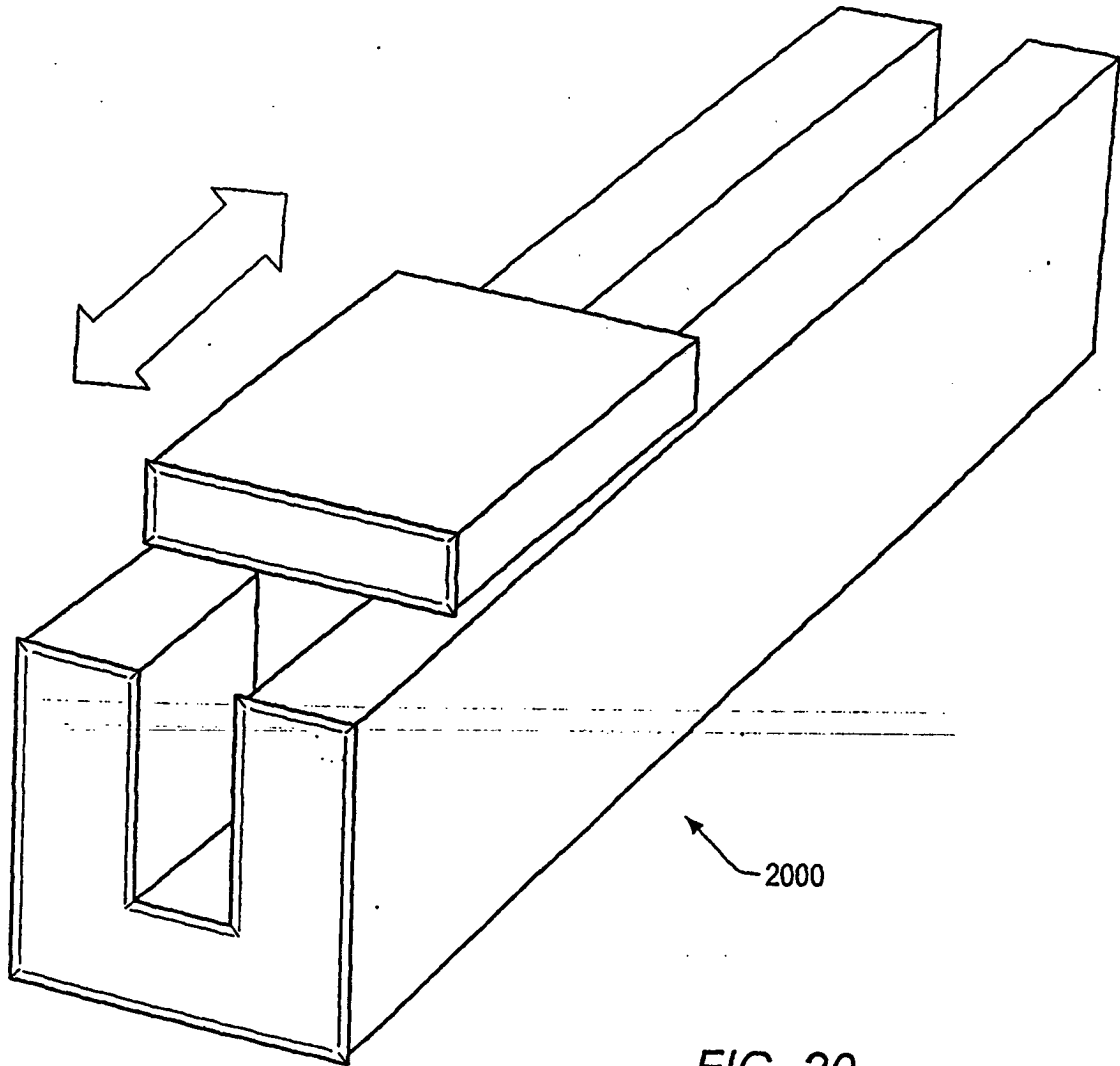


FIG. 20

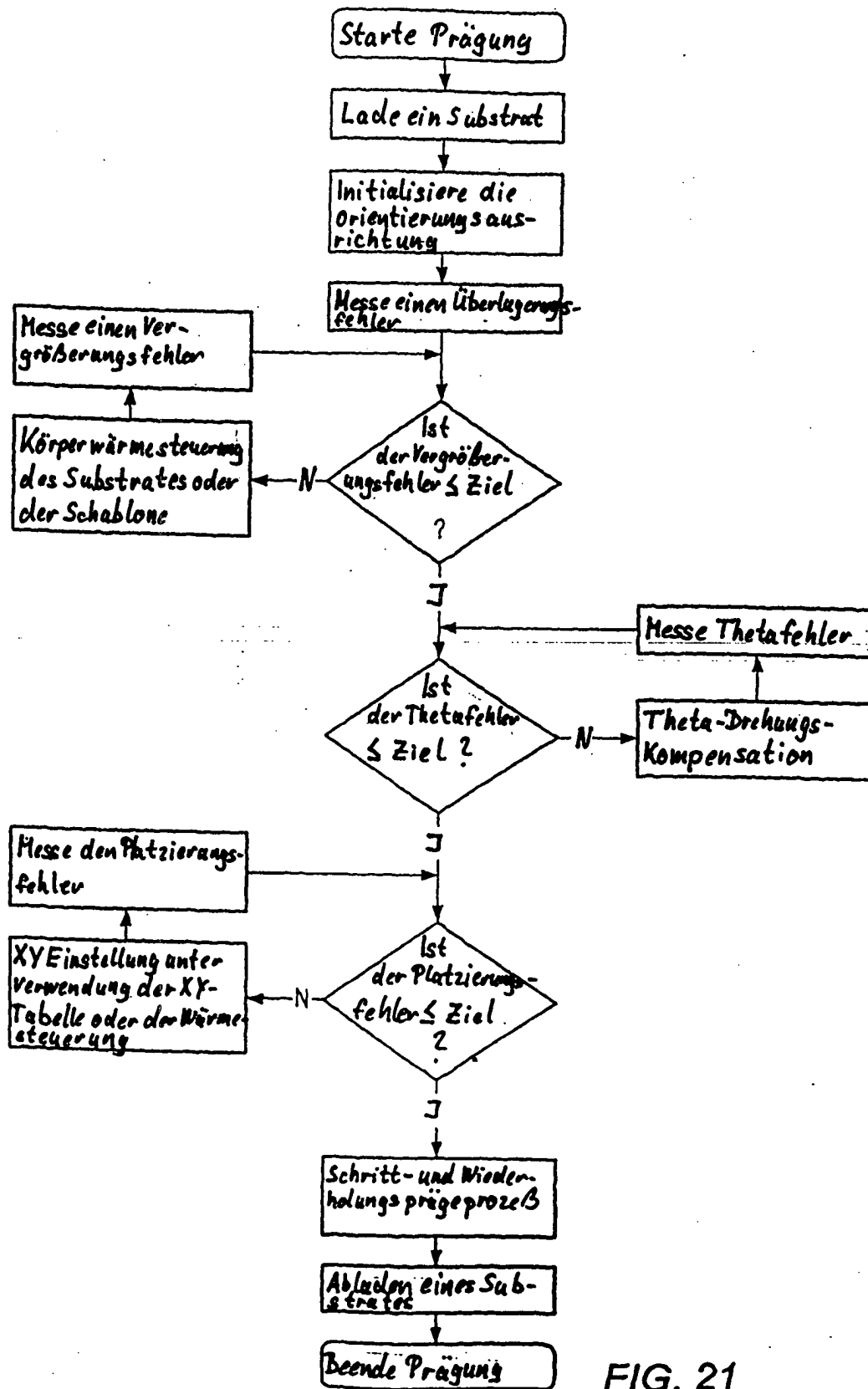


FIG. 21

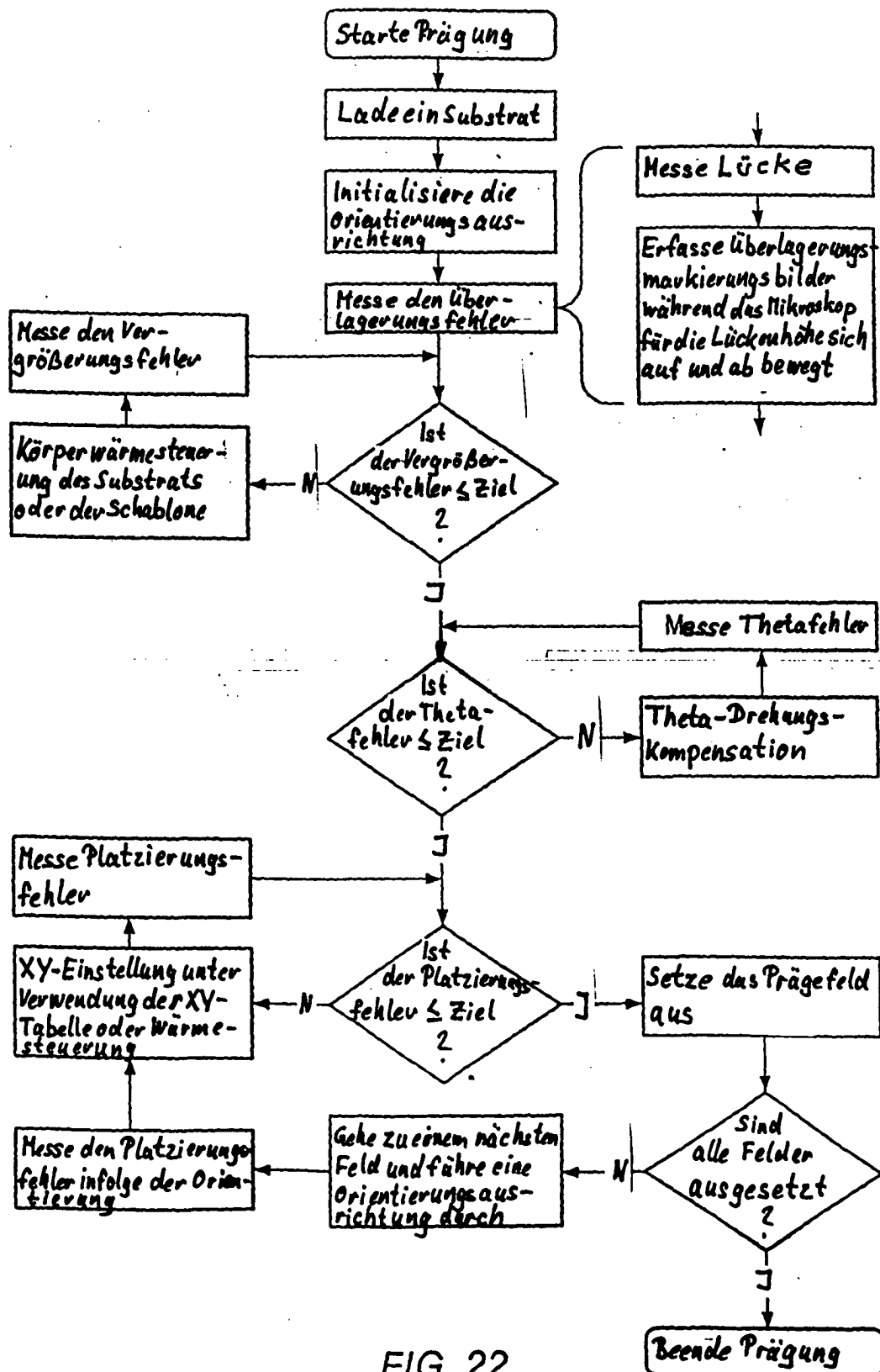


FIG. 22

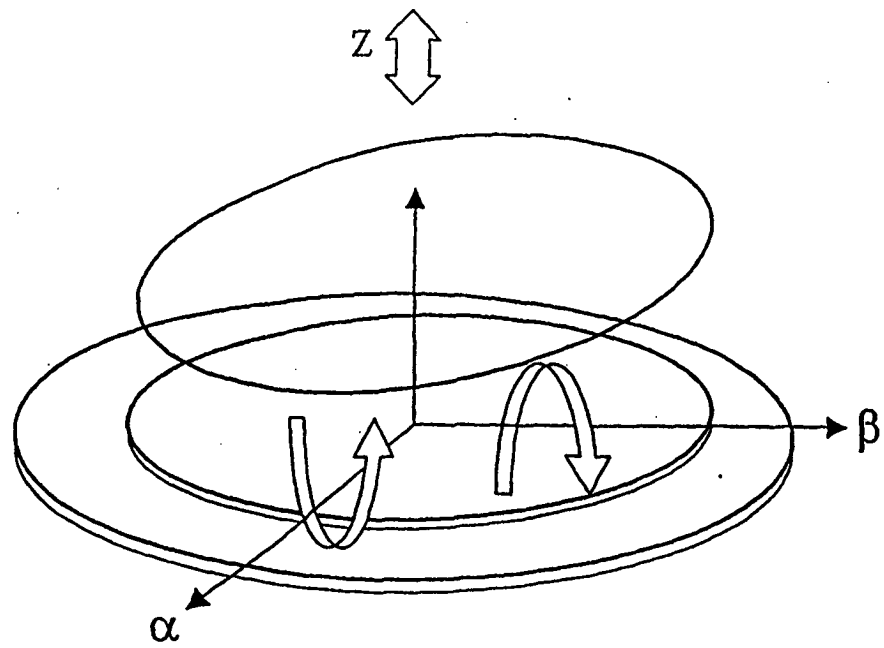


FIG. 23

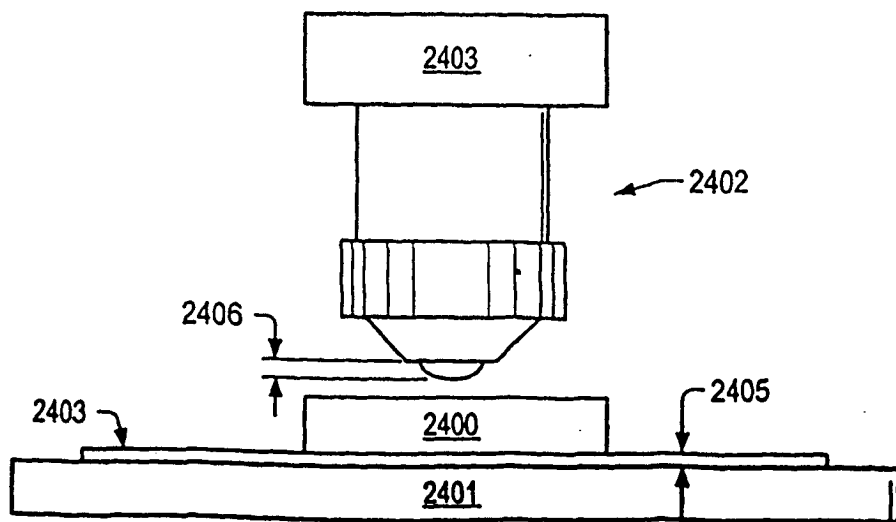


FIG. 24

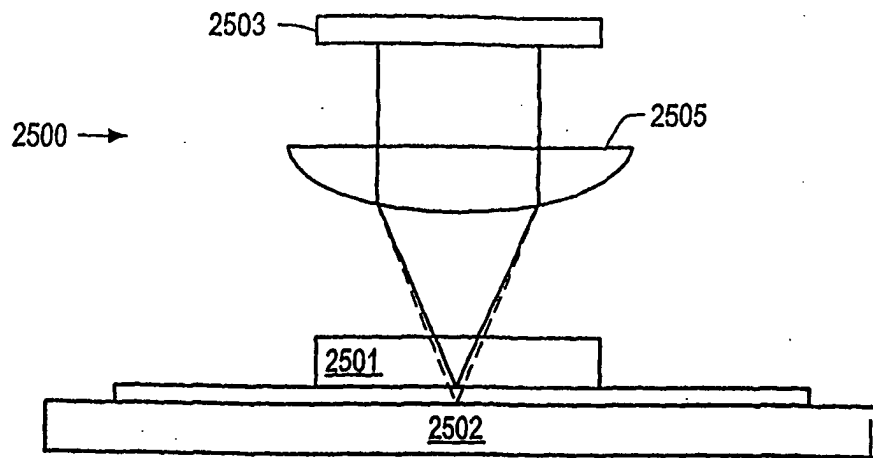


FIG. 25

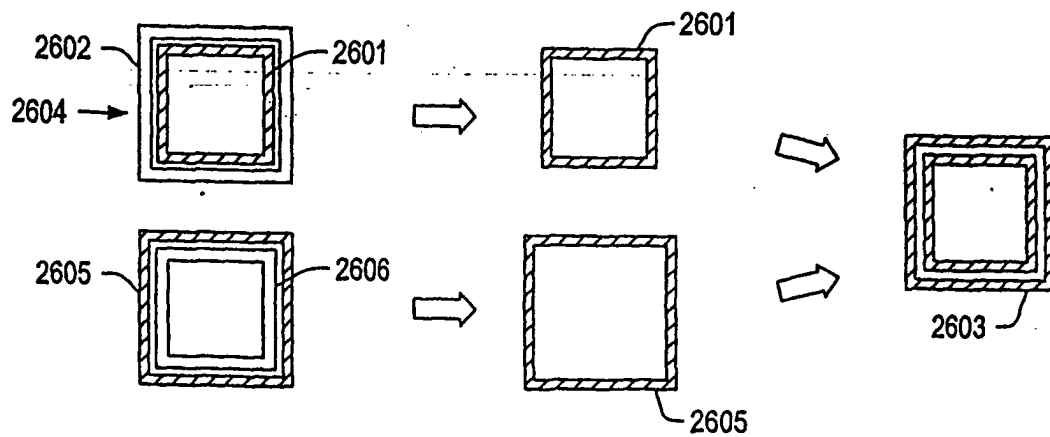


FIG. 26

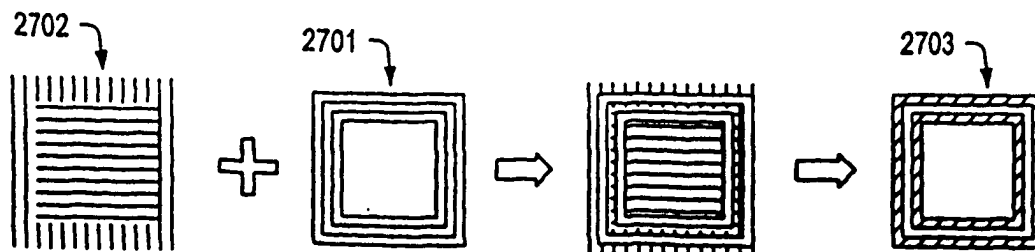


FIG. 27

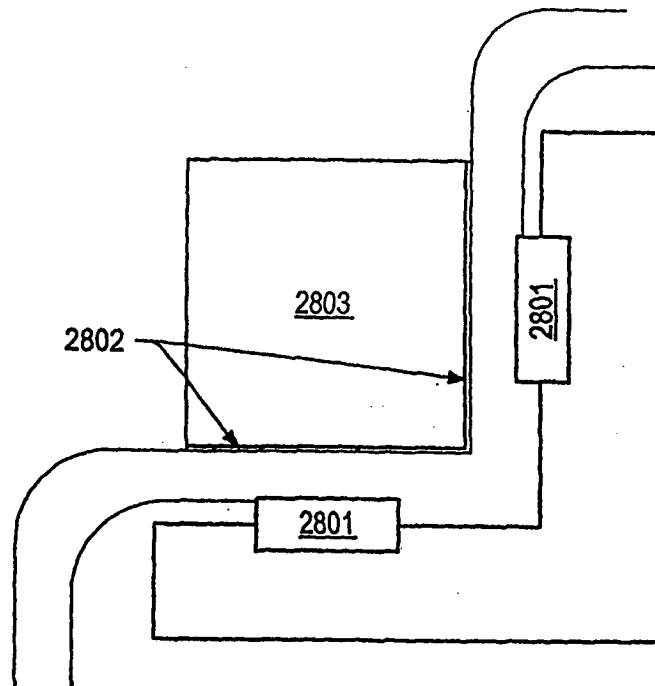


FIG. 28

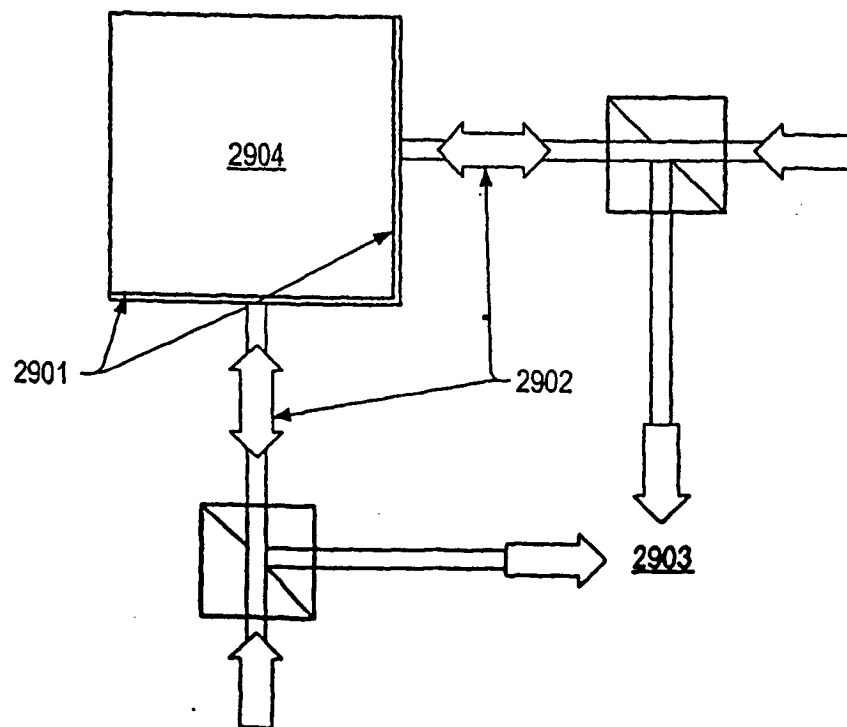
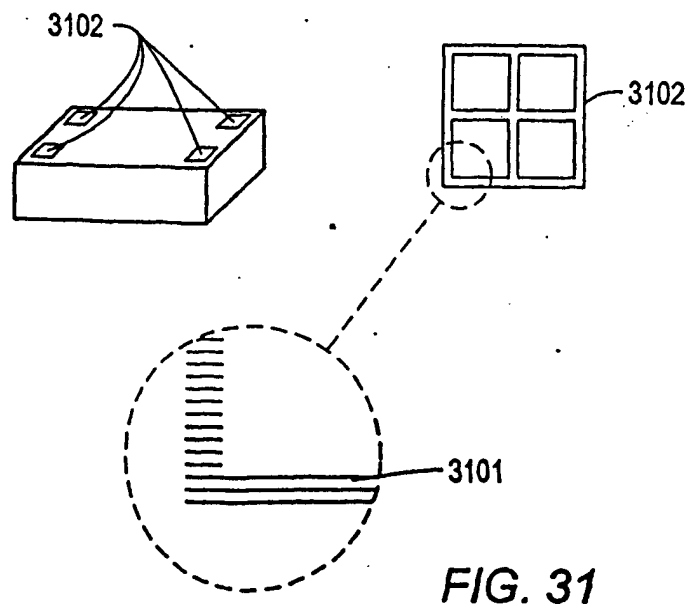
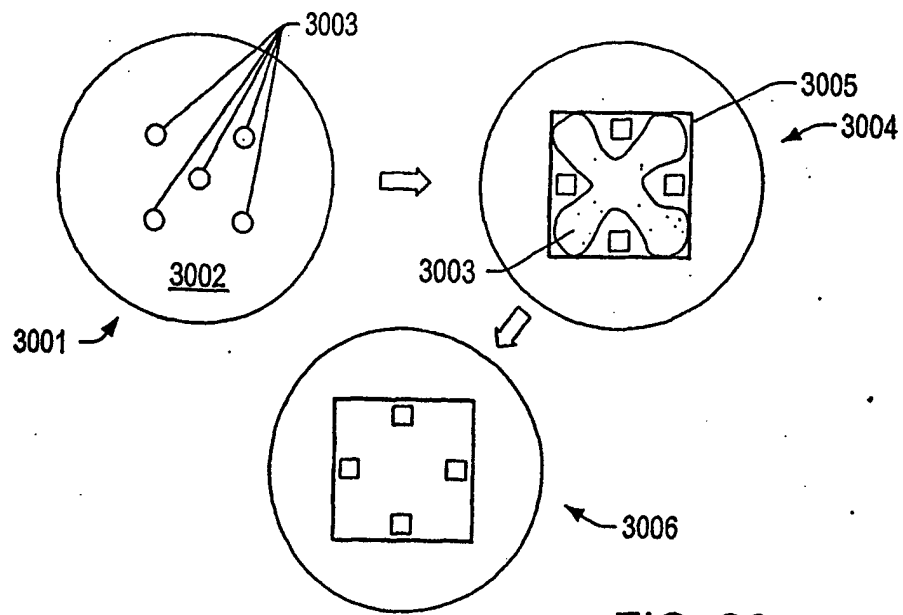


FIG. 29



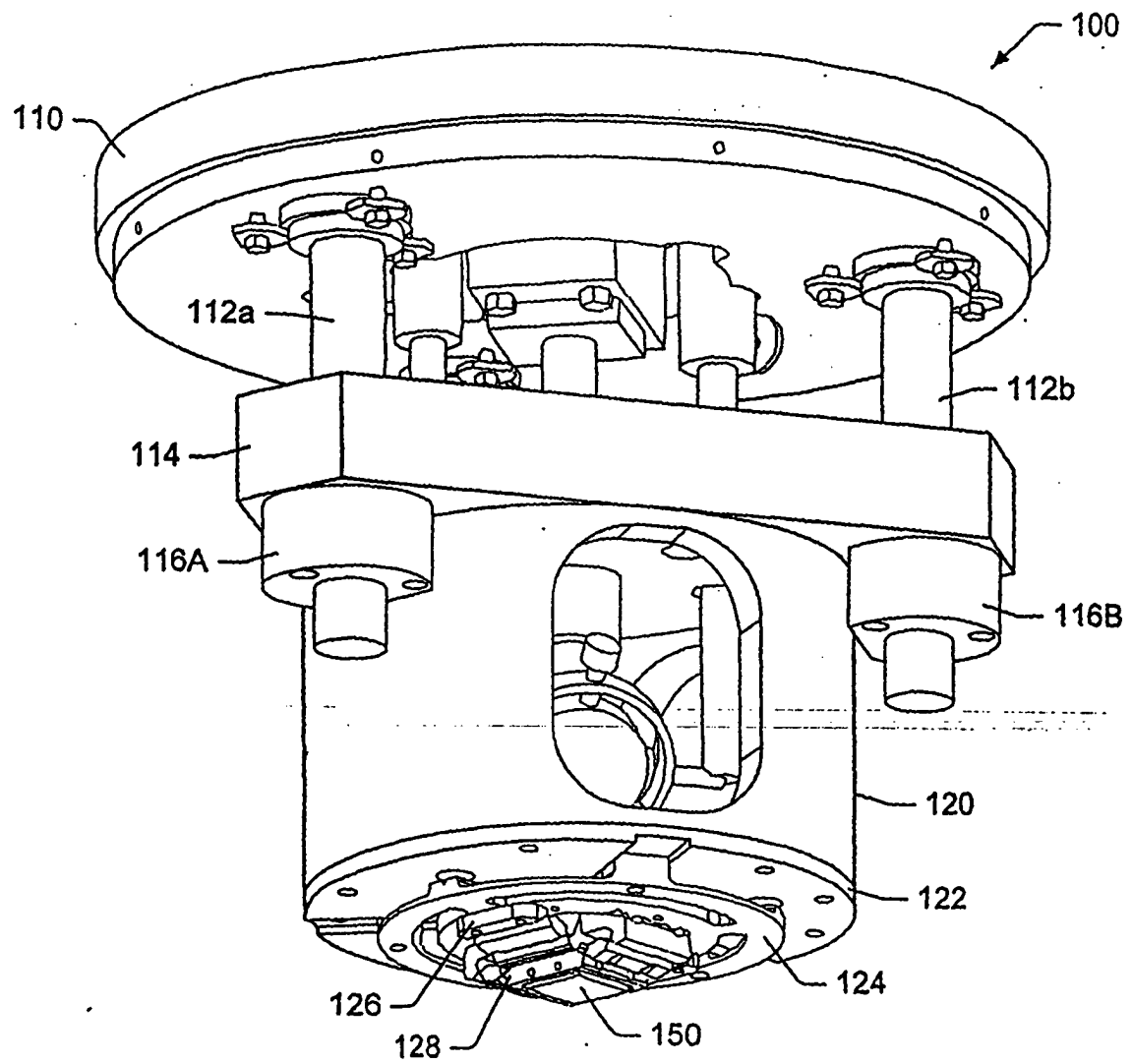


FIG. 32

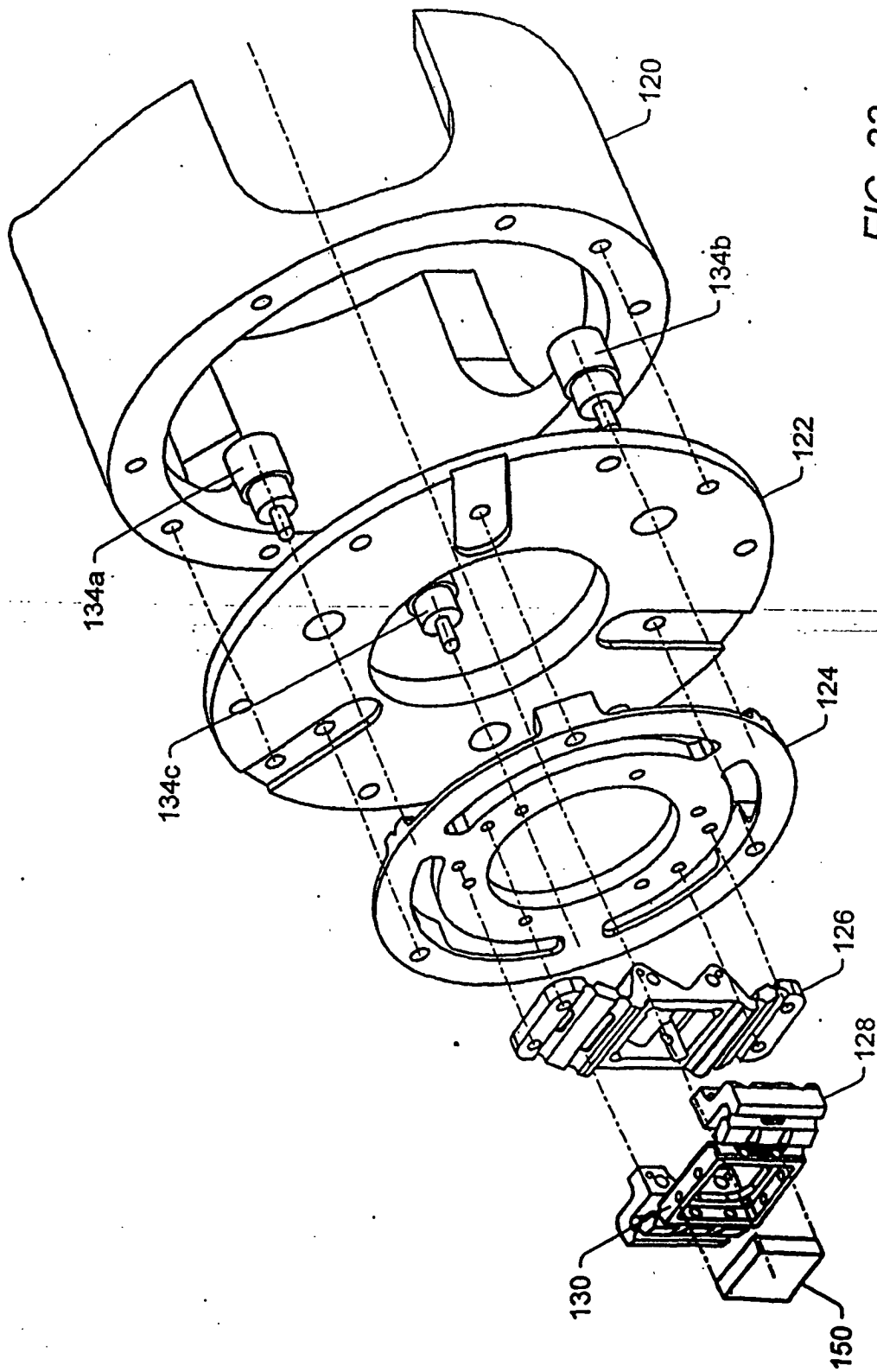


FIG. 33

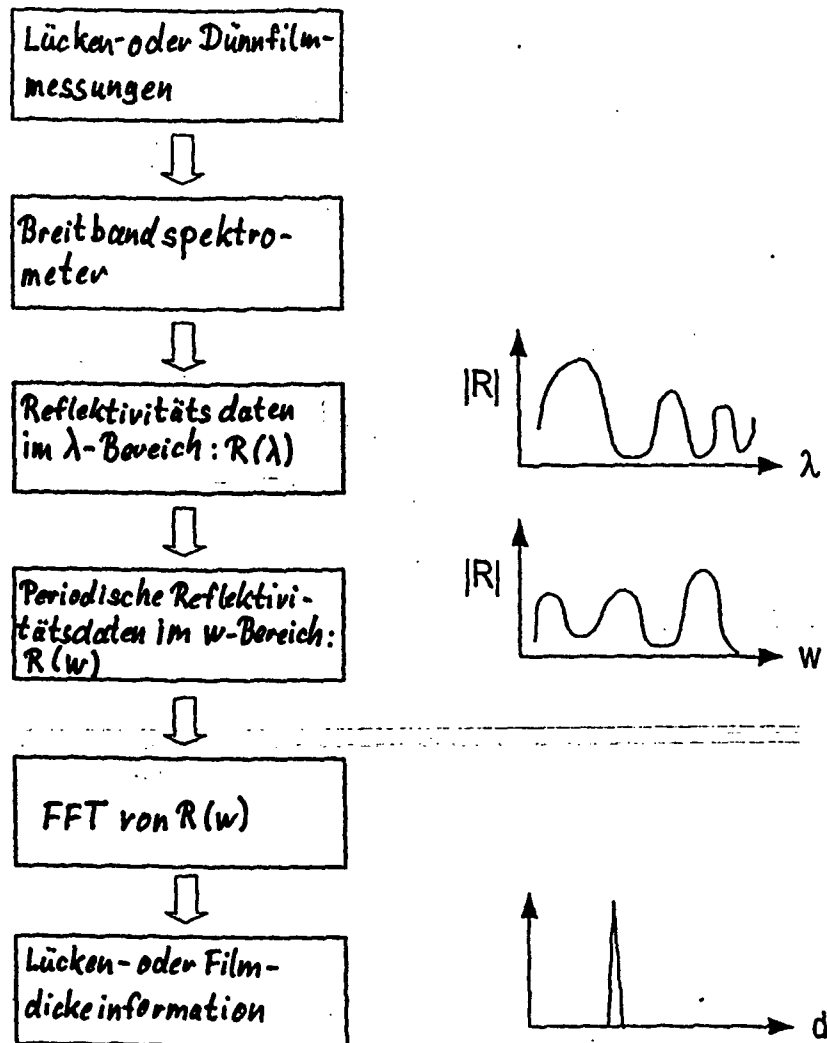


FIG. 34

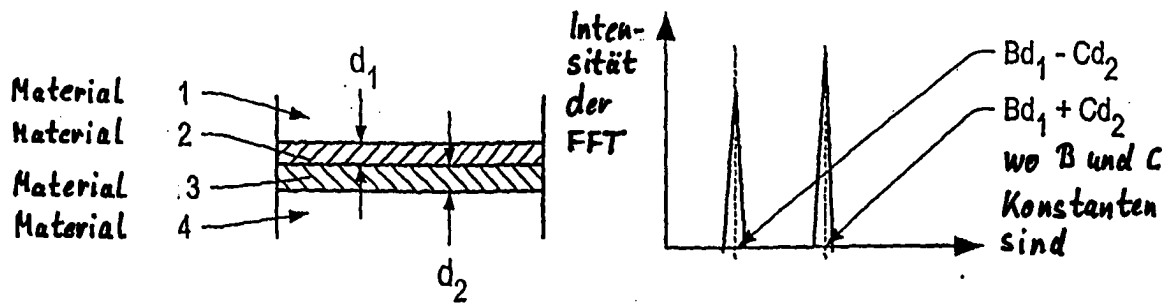


FIG. 35

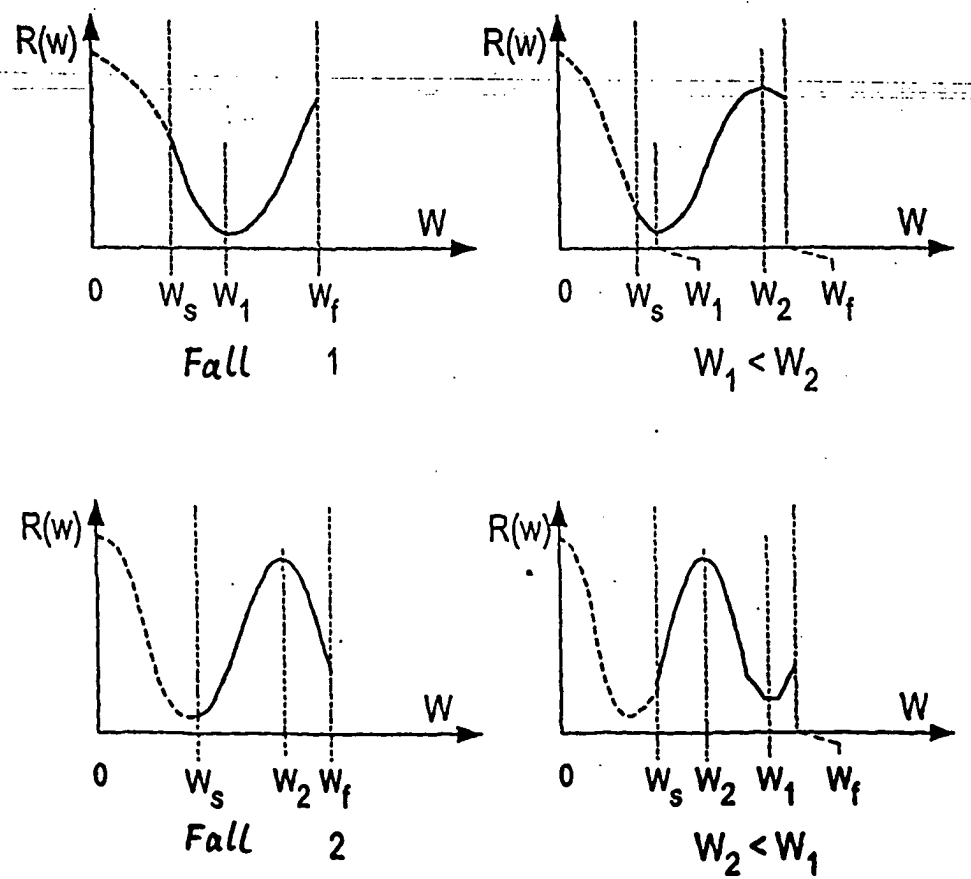


FIG. 36

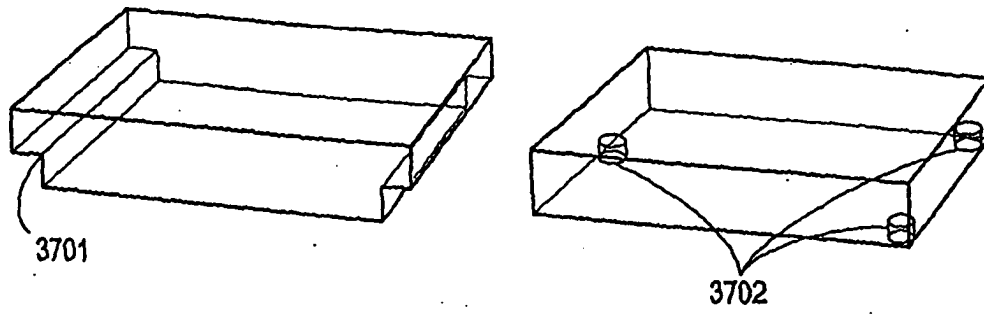


FIG. 37

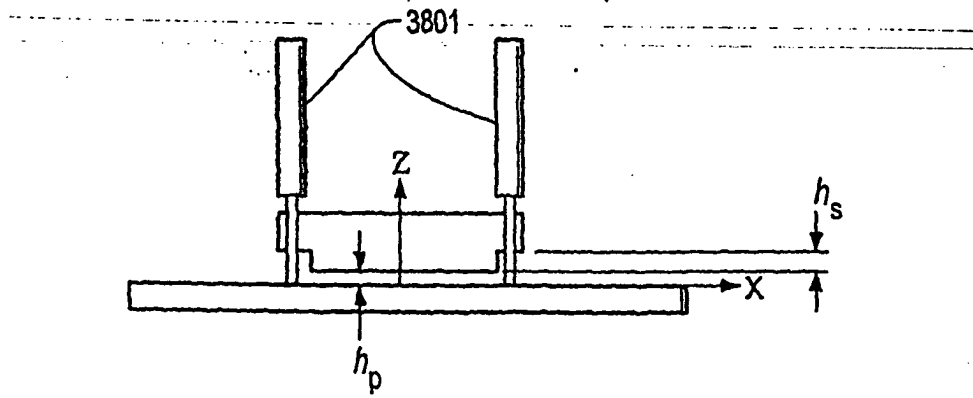


FIG. 38

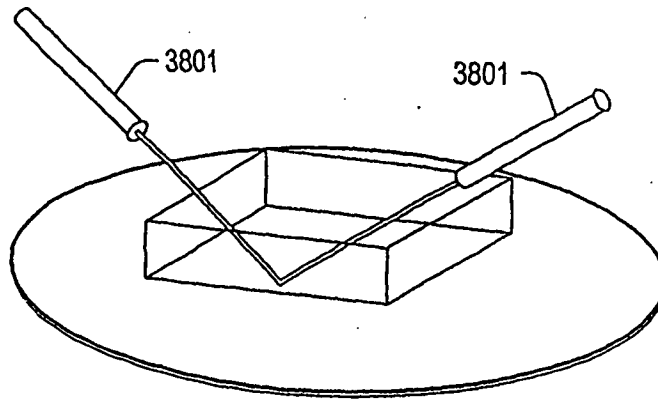


FIG. 39

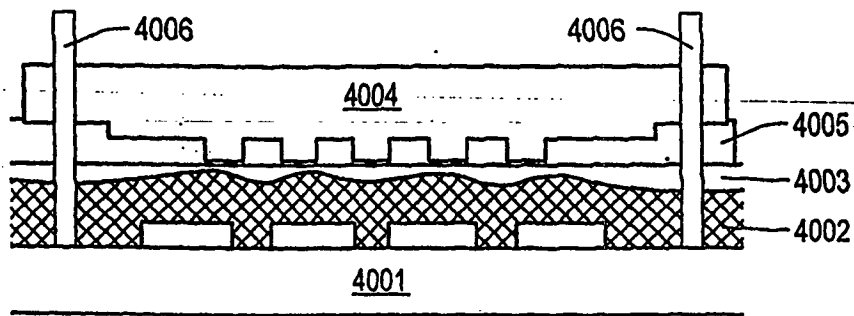


FIG. 40

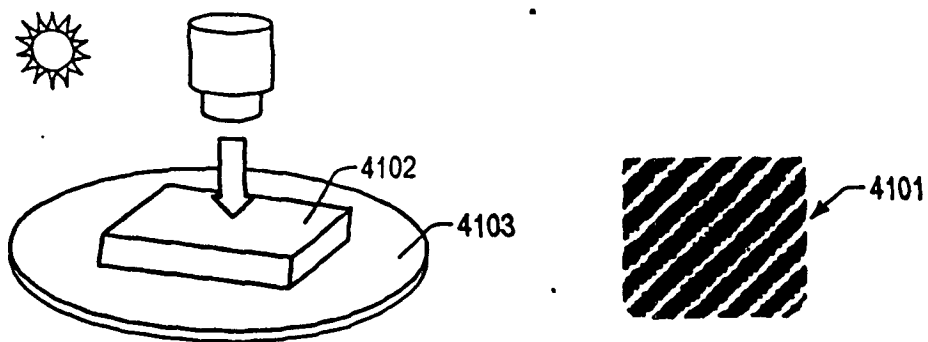
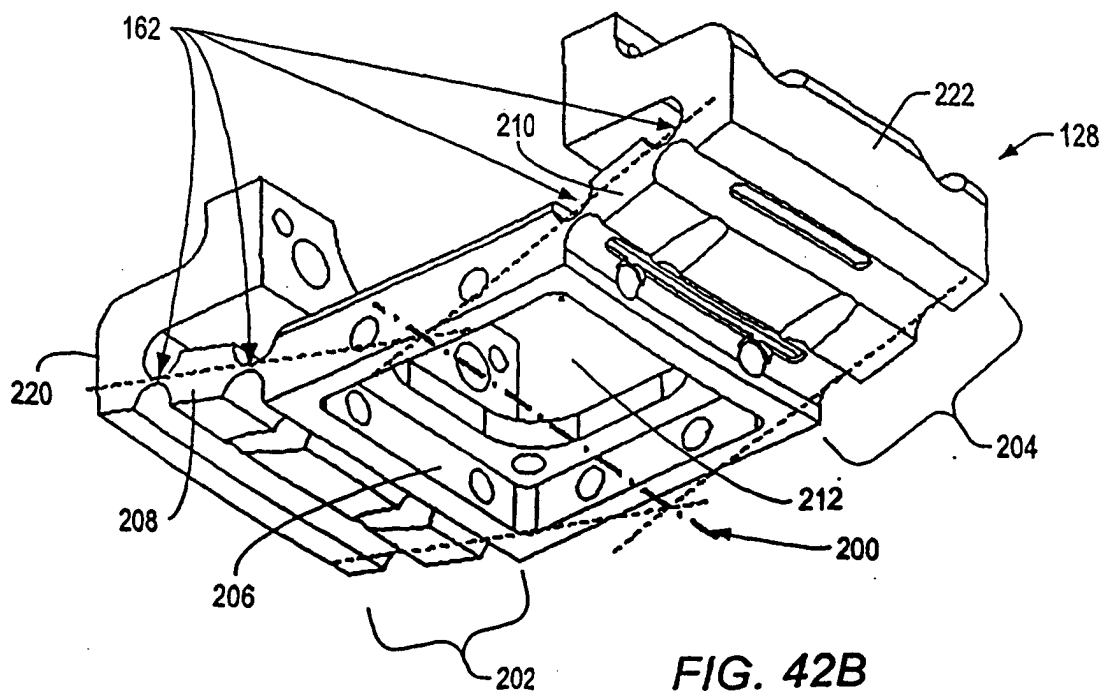
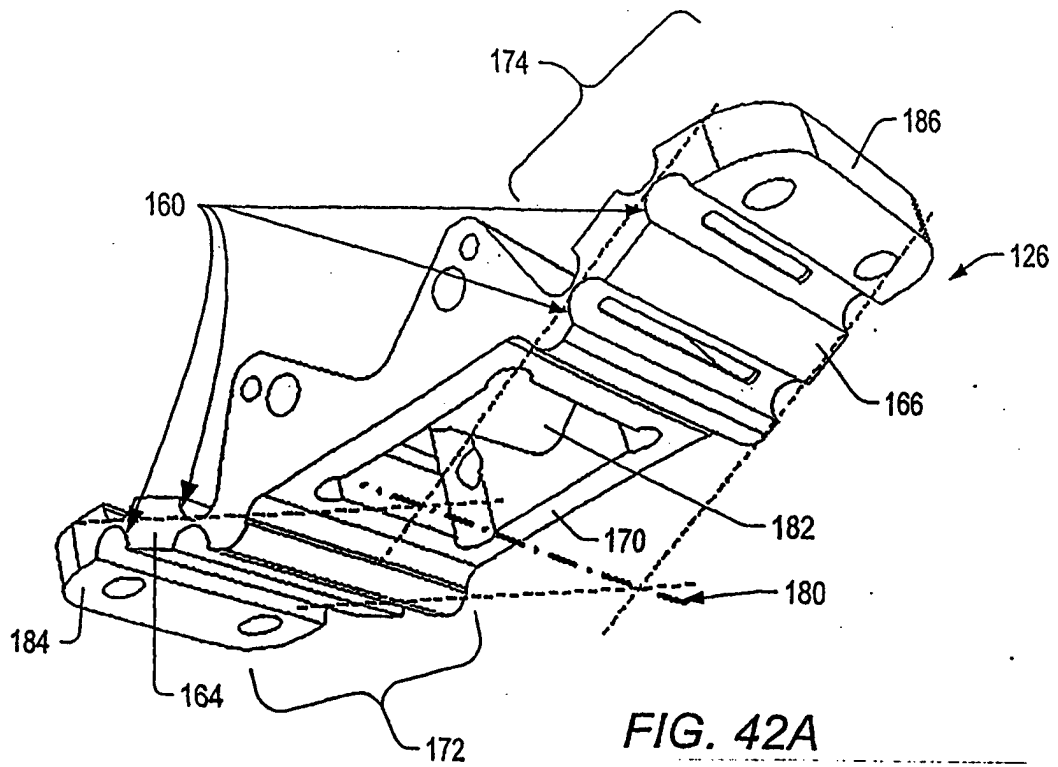


FIG. 41



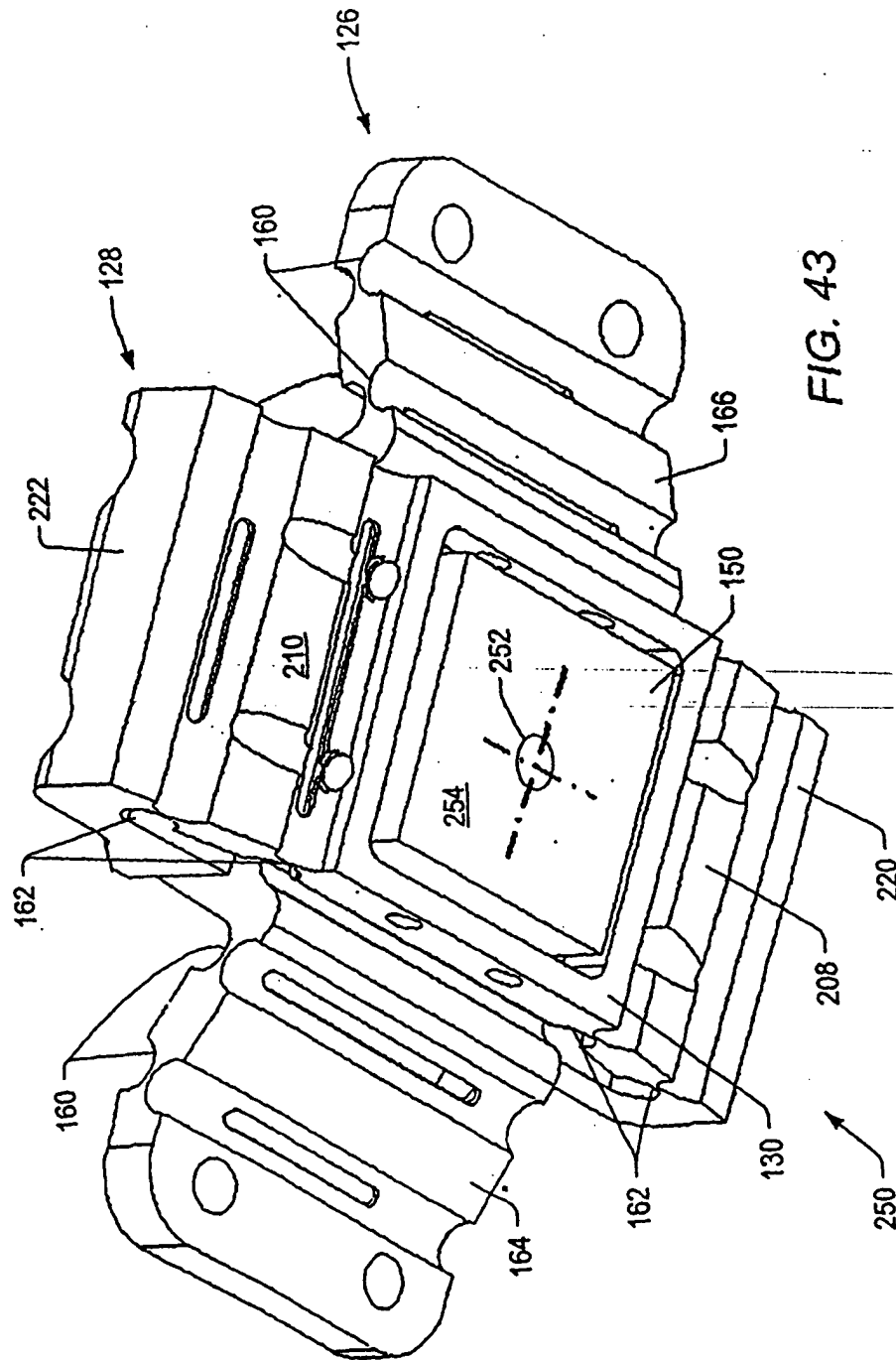


FIG. 43

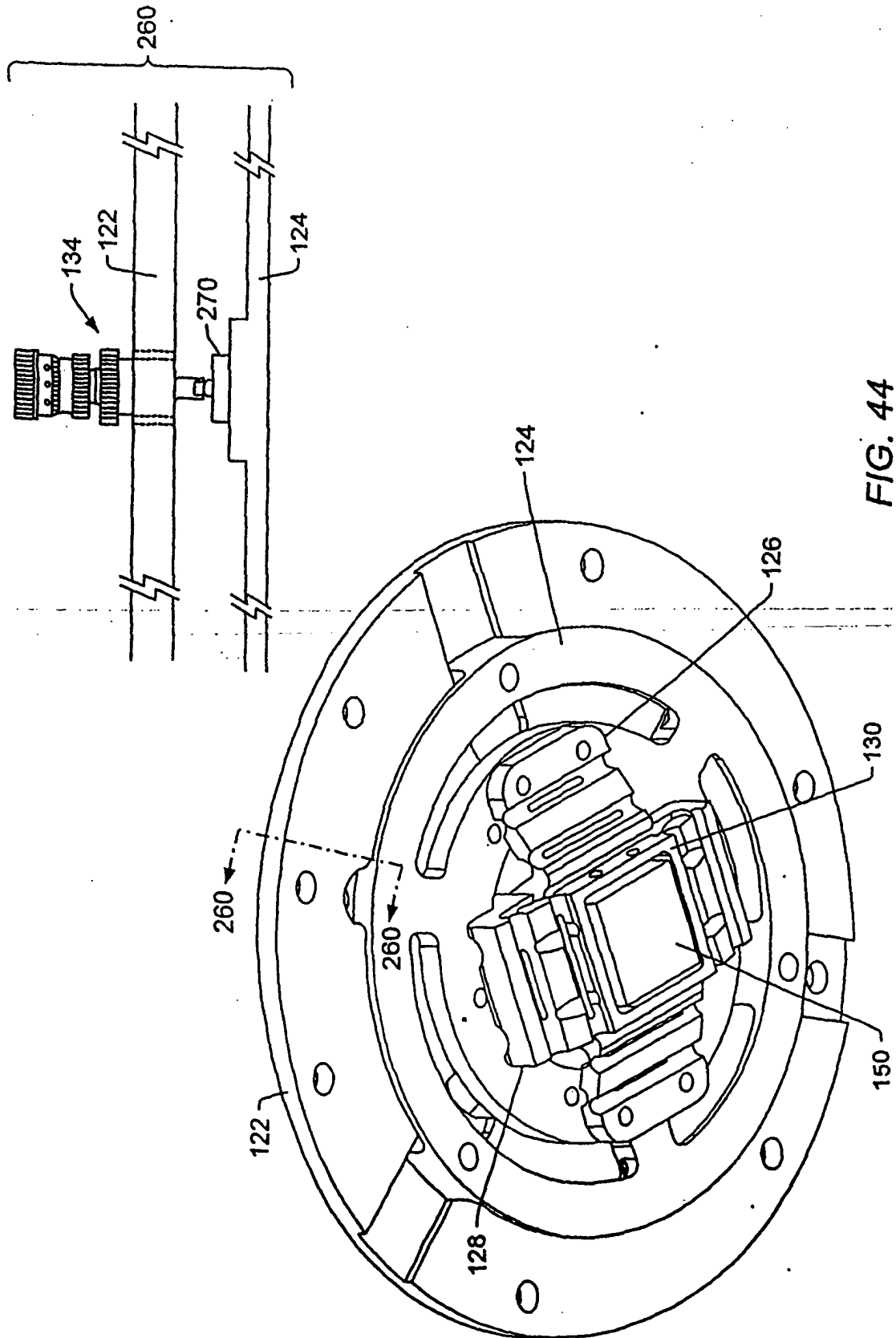


FIG. 44

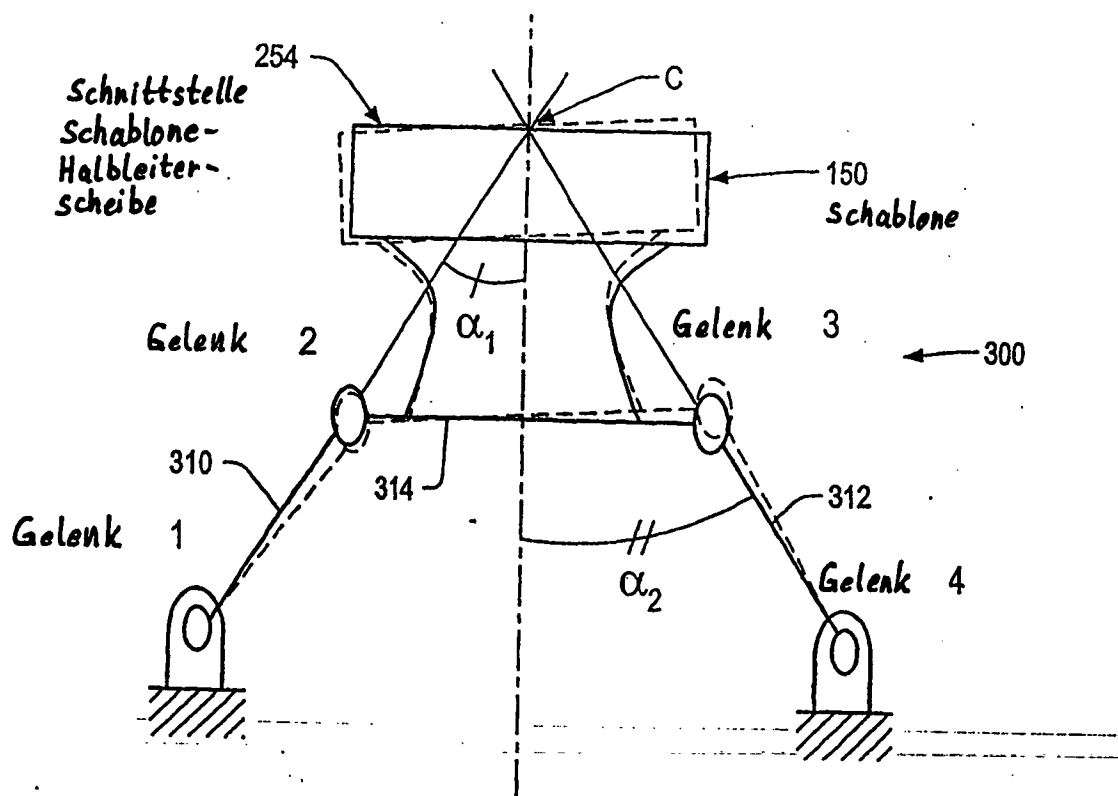


FIG. 45

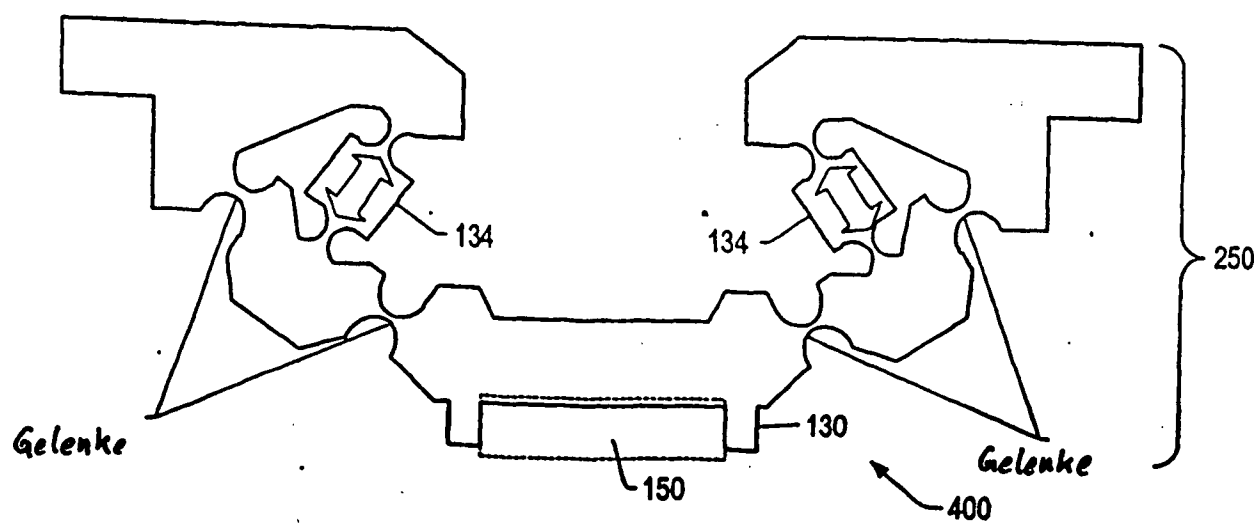
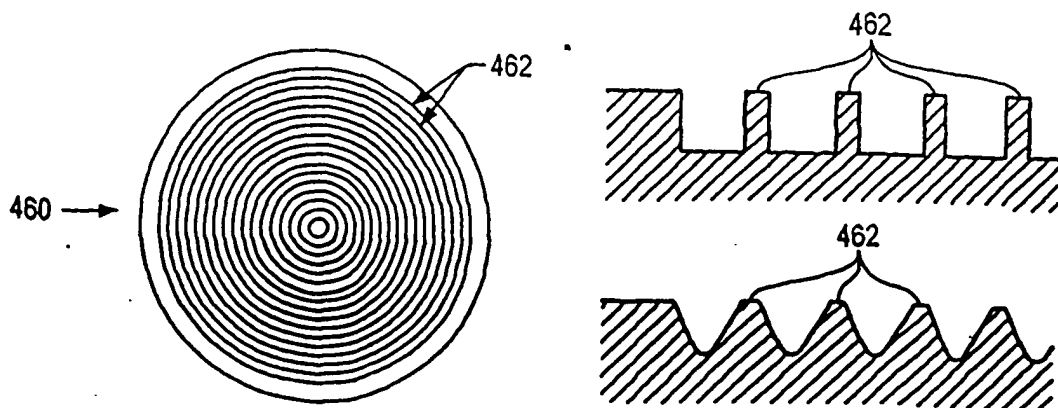
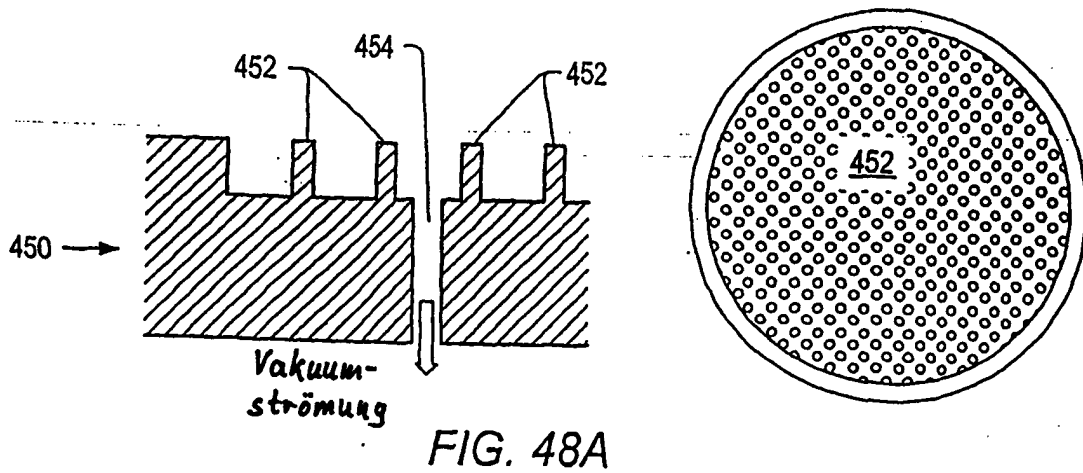
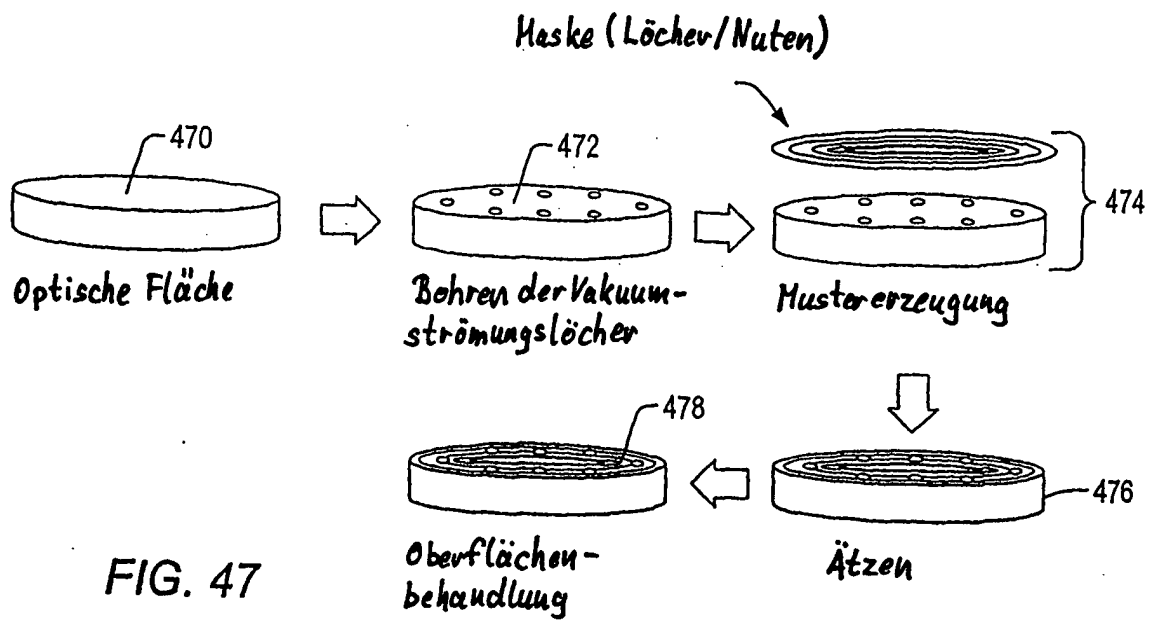


FIG. 46



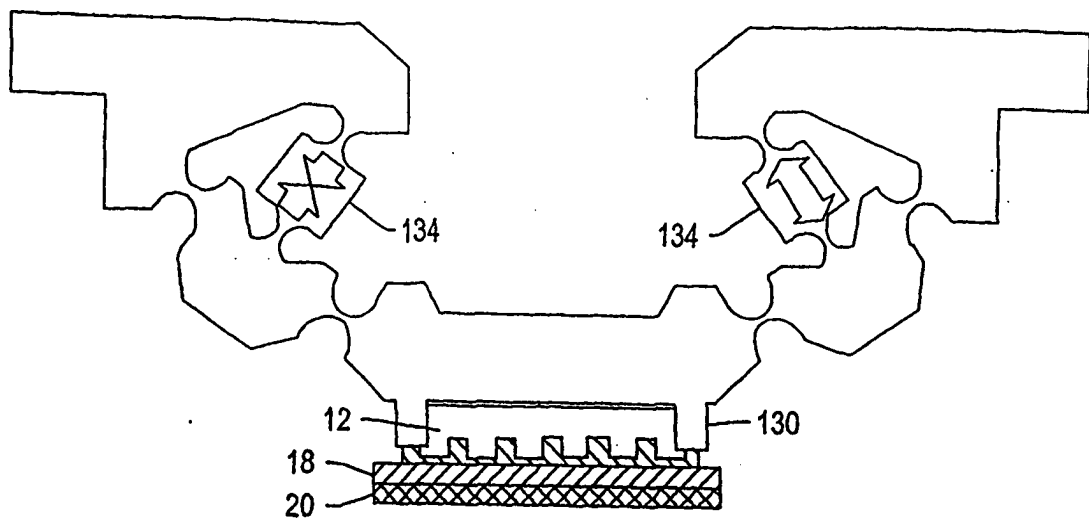


FIG. 49A

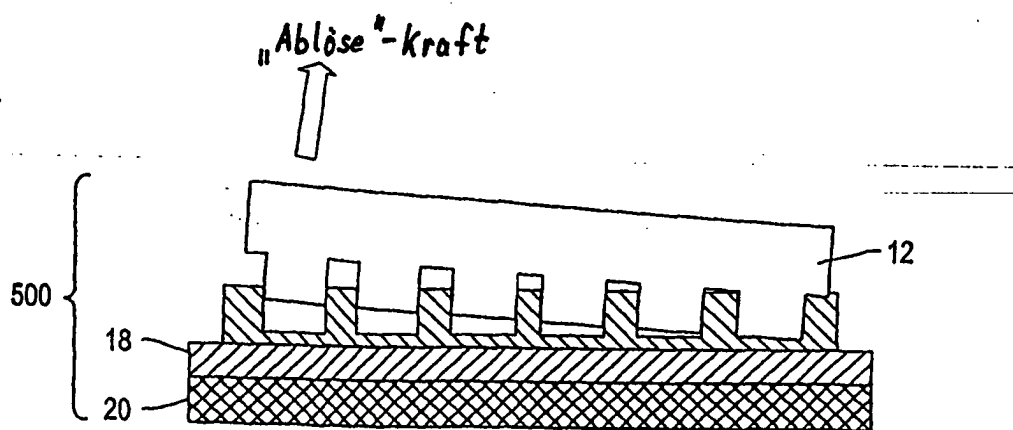


FIG. 49B

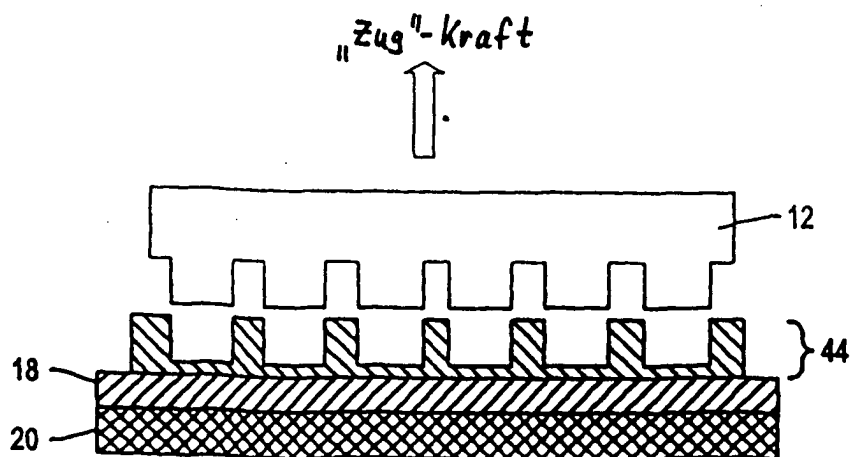


FIG. 49C

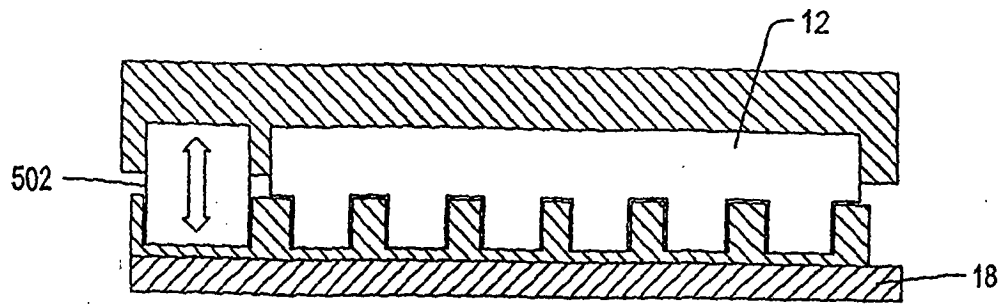


FIG. 50A

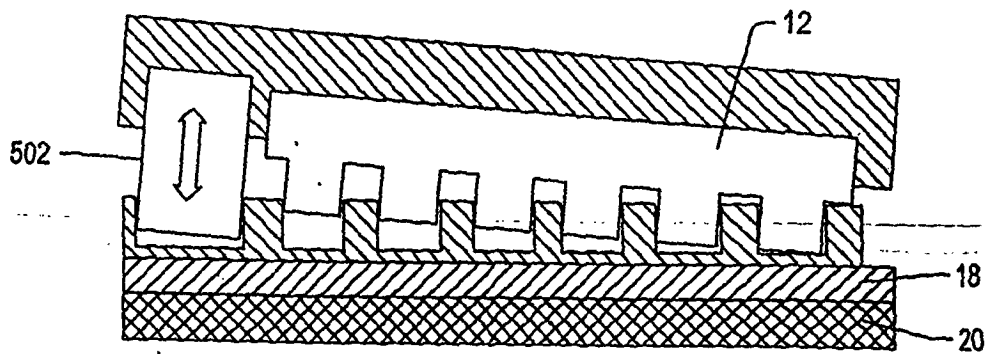


FIG. 50B

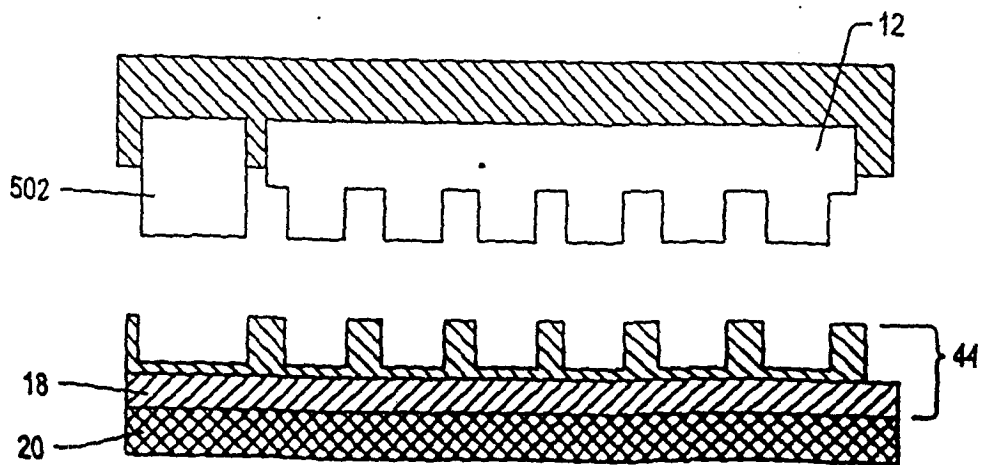


FIG. 50C

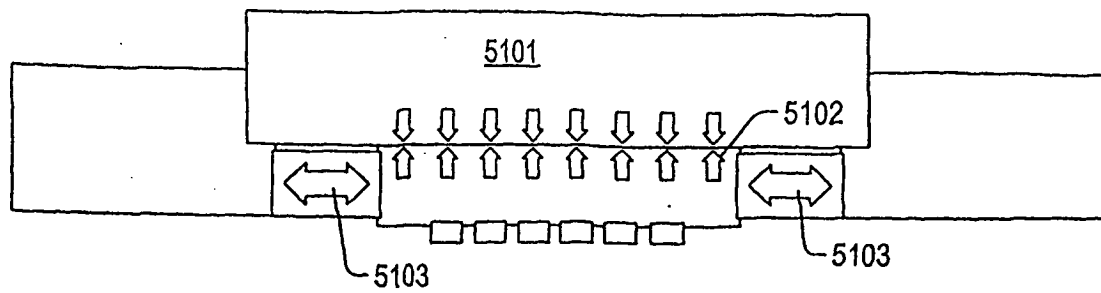


FIG. 51A

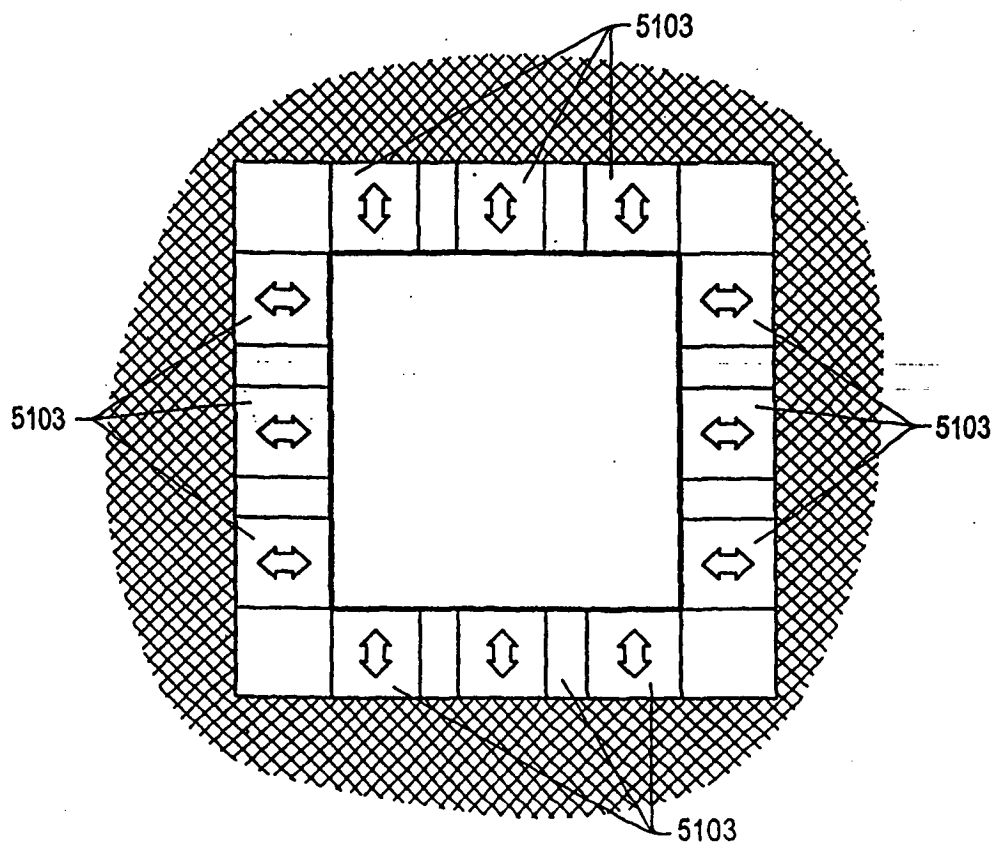


FIG. 51B

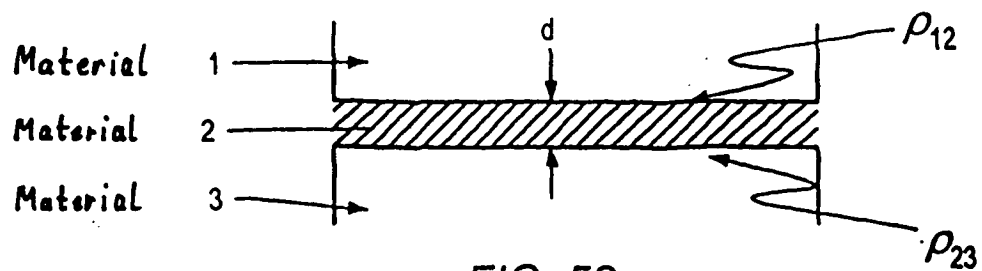


FIG. 52