



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 103 61 002 A1** 2004.11.11

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **103 61 002.2**

(22) Anmeldetag: **23.12.2003**

(43) Offenlegungstag: **11.11.2004**

(51) Int Cl.⁷: **G02B 6/35**

(30) Unionspriorität:

10/412895 14.04.2003 US

(74) Vertreter:

Schoppe, Zimmermann, Stöckeler & Zinkler, 82049 Pullach

(71) Anmelder:

Agilent Technologies, Inc. (n.d.Ges.d.Staates Delaware), Palo Alto, Calif., US

(72) Erfinder:

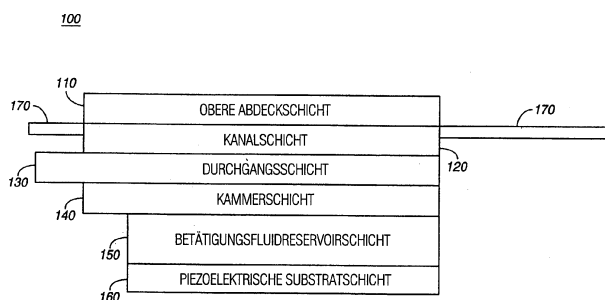
Wong, Marvin Glenn, Park, Col., US

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Verfahren und Struktur für einen Piezoelektrisch betätigten optischen Schiebermodus-Flüssigmetallschalter**

(57) Zusammenfassung: Es werden ein Verfahren und eine Struktur für einen optischen Schalter offenbart. Gemäß der Struktur der vorliegenden Erfindung ist eine mit Flüssigkeit gefüllte Kammer in einem Feststoff untergebracht. Eine Mehrzahl von Abdichtriemen in der mit Flüssigkeit gefüllten Kammer ist mit dem Feststoff gekoppelt, während eine Mehrzahl von piezoelektrischen Elementen mit einer Mehrzahl von Membranen gekoppelt ist. Die Mehrzahl von Membranen ist mit der flüssigkeitsgefüllten Kammer gekoppelt, und eine Mehrzahl von optischen Wellenleitern ist mit der flüssigkeitsgefüllten Kammer gekoppelt. Die Mehrzahl von Abdichtriemen ist mit einer Mehrzahl von Flüssigkeitskügelchen gekoppelt. Gemäß dem Verfahren werden ein oder mehrere piezoelektrische Elemente betätigt, was bewirkt, daß ein oder mehrere entsprechende Membranelemente abgelenkt werden. Die Ablenkung des Membranelements verändert einen Druck der Betätigungsflüssigkeit, und die Druckveränderung der Betätigungsflüssigkeit unterbricht eine Flüssigmetallverbindung zwischen einem ersten Kontakt und einem zweiten Kontakt des elektrischen Schalters. Die Unterbrechung der Flüssigmetallverbindung ist wirksam, um einen oder mehrere der Mehrzahl von optischen Wellenleitern zu blockieren oder nicht zu blockieren.



Beschreibung

[0001] Diese Anmeldung bezieht sich auf die folgenden ebenfalls anhängigen US-Patentanmeldungen, die durch die folgenden aufgeführten Identifizierer identifiziert und in alphanumerischer Reihenfolge angeordnet sind, die den gleichen Eigentümer wie die vorliegende Anmeldung aufweisen und zu diesem Ausmaß auf die vorliegende Anmeldung bezogen und hierin durch Bezugnahme aufgenommen sind:

US-Anmeldung mit dem Titel „Piezoelectrically Actuated Liquid Metal Switch“, eingereicht am 2. Mai 2002, mit der Seriennummer 10/137,691;

US-Anmeldung mit dem Titel „Bending Mode Latching Relay“, eingereicht am 14. April 2003;

US-Anmeldung mit dem Titel „High Frequency Bending Mode Latching Relay“, eingereicht am 14. April 2003;

US-Anmeldung mit dem Titel „Piezoelectrically Actuated Liquid Metal Switch“, eingereicht am 2. Mai 2002, mit der Seriennummer 10/142,076;

US-Anmeldung mit dem Titel „Liquid Metal, Latching Relay with Face Contact“, eingereicht am 14. April 2003;

US-Anmeldung mit dem Titel „Insertion Type Liquid Metal Latching Relay“, eingereicht am 14. April 2003;

US-Anmeldung mit dem Titel „High-frequency, Liquid Metal, Latching Relay Array“, eingereicht am 14. April 2003;

US-Anmeldung mit dem Titel „Insertion Type Liquid Metal Latching Relay Array“, eingereicht am 14. April 2003;

US-Anmeldung mit dem Titel „Liquid Metal Optical Relay“, eingereicht am 14. April 2003;

US-Anmeldung mit dem Titel „A Longitudinal Piezoelectric Optical Latching Relay“, eingereicht am 31. Oktober 2001, mit der Seriennummer 09/999,590;

US-Anmeldung mit dem Titel „Shear Mode Liquid Metal Switch“, eingereicht am 14. April 2003;

US-Anmeldung mit dem Titel „Bending Mode Liquid Metal Switch“, eingereicht am 14. April 2003;

US-Anmeldung mit dem Titel „A Longitudinal Mode Optical Latching Relay“, eingereicht am 14. April 2003;

US-Anmeldung mit dem Titel „Method and Structure for a Pusher-Mode Piezoelectrically Actuated Liquid Metal Switch“, eingereicht am 14. April 2003;

US-Anmeldung mit dem Titel „Switch and Production Thereof“, eingereicht am 12. Dezember 2002, mit der Seriennummer 10/317,597;

US-Anmeldung mit dem Titel „High Frequency Latching Relay with Bending Switch Bar“, eingereicht am 14. April 2003;

US-Anmeldung mit dem Titel „Latching Relay with Switch Bar“, eingereicht am 14. April 2003;

US-Anmeldung mit dem Titel „High Frequency Push-mode Latching Relay“, eingereicht am 14. April 2003;

US-Anmeldung mit dem Titel „Push-mode Latching Relay“, eingereicht am 14. April 2003;

US-Anmeldung mit dem Titel „Closed Loop Piezoelectric Pump“, eingereicht am 14. April 2003;

US-Anmeldung mit dem Titel „Solid Slug Longitudinal Piezoelectric Latching Relay“, eingereicht am 2. Mai 2002, mit der Seriennummer 10/137,692;

US-Anmeldung mit dem Titel „Method and Structure for a Slug Pusher-Mode Piezoelectrically Actuated Liquid Metal Switch“, eingereicht am 14. April 2003;

US-Anmeldung mit dem Titel „Method and Structure for a Slug Assisted Longitudinal Piezoelectrically Actuated Liquid Metal Optical Switch“, eingereicht am 14. April 2003;

US-Anmeldung mit dem Titel „Method and Structure for a Slug Assistant Pusher-Mode Piezoelectrically Actuated Liquid Metal Optical Switch“, eingereicht am 14. April 2003;

US-Anmeldung mit dem Titel „Polymeric Liquid Metal Switch“, eingereicht am 14. April 2003;

US-Anmeldung mit dem Titel „Polymeric Liquid Metal Optical Switch“, eingereicht am 14. April 2003;

US-Anmeldung mit dem Titel „Longitudinal Electromagnetic Latching Optical Relay“, eingereicht am 14. April 2003;

US-Anmeldung mit dem Titel „Longitudinal Electromagnetic Latching Relay“, eingereicht am 14. April 2003;

US-Anmeldung mit dem Titel „Damped Longitudinal Mode Optical Latching Relay“, eingereicht am 14. April 2003;

US-Anmeldung mit dem Titel „Damped Longitudinal Mode Latching Relay“, eingereicht am 14. April 2003;

US-Anmeldung mit dem Titel „Switch and Method for Producing the Same“, eingereicht am 12. Dezember 2002, mit der Seriennummer 10/317,963;

US-Anmeldung mit dem Titel „Piezoelectric Optical Relay“, eingereicht am 28. März 2002, mit der Seriennummer 10/109,309;

US-Anmeldung mit dem Titel „Electrically Isolated Liquid Metal Micro-Switches for Integrally Shielded Microcircuits“, eingereicht am 8. Oktober 2002, mit der Seriennummer 10/266,872;

US-Anmeldung mit dem Titel „Piezoelectric Optical Demultiplexing Switch“, eingereicht am 10. April 2002, mit der Seriennummer 10/119,503;

US-Anmeldung mit dem Titel „Volume Adjustment Apparatus and Method for Use“, eingereicht am 12. Dezember 2002, mit der Seriennummer 10/317,293;

US-Anmeldung mit dem Titel „Method and Apparatus for Maintaining a Liquid Metal Switch in a Ready-to-Switch Condition“, eingereicht am 14. April 2003;

US-Anmeldung mit dem Titel „A Longitudinal Mode Solid Slug Optical Latching Relay“, eingereicht am 14. April 2003;

US-Anmeldung mit dem Titel „Reflecting Wedge Optical Wavelength Multiplexer/Demultiplexer“, eingereicht am 14. April 2003;

US-Anmeldung mit dem Titel „Method and Structure for a Solid Slug Caterpillar Piezoelectric Relay“, eingereicht am 14. April 2003;

US-Anmeldung mit dem Titel „Method and Structure for a Solid Slug Caterpillar Piezoelectric Optical Relay“, eingereicht am 14. April 2003;
 US-Anmeldung mit dem Titel „Inserting-finger Liquid Metal Relay“, eingereicht am 14. April 2003;
 US-Anmeldung mit dem Titel „Wetting Finger Liquid Metal Latching Relay“, eingereicht am 14. April 2003;
 US-Anmeldung mit dem Titel „Pressure Actuated Optical Latching Relay“, eingereicht am 14. April 2003;
 US-Anmeldung mit dem Titel „Pressure Actuated Solid Slug Optical Latching Relay“, eingereicht am 14. April 2003; und
 US-Anmeldung mit dem Titel „Method and Structure for a Slug Caterpillar Piezoelectric Reflective Optical Relay“, eingereicht am 14. April 2003.

[0002] Diese Erfindung bezieht sich allgemein auf das Gebiet elektronischer Vorrichtungen und Systeme und insbesondere auf optische Schalttechnologie.

Stand der Technik

[0003] Ein Relais oder Schalter kann verwendet werden, um ein optisches Signal von einem ersten Zustand zu einem zweiten Zustand zu verändern. Im allgemeinen können mehr als zwei Zustände vorliegen. Bei Anwendungen, die eine kleine Schaltgeometrie oder eine große Anzahl von Schaltern in einer kleinen Region erfordern, können Halbleitertechniken verwendet werden, um Schalter mit einem geringen Flächenbedarf zu erzeugen. Ein Halbleiterschalter kann bei einer Vielzahl von Anwendungen verwendet werden, beispielsweise bei industriellen Geräten, Telekommunikationsgeräten und bei der Steuerung von elektromechanischen Vorrichtungen, z.B. Tintenstrahldruckern.

[0004] Bei Schaltanwendungen kann eine piezoelektrische Technologie verwendet werden, um einen Schalter zu betätigen. Piezoelektrische Materialien weisen mehrere einzigartige Charakteristika auf. Ein piezoelektrisches Material kann dazu gebracht werden, sich ansprechend auf eine angelegte Spannung auszudehnen oder zusammenzuziehen. Dies ist als indirekter piezoelektrischer Effekt bekannt. Das Ausmaß der Expansion oder Kontraktion, die durch die Expansion oder Kontraktion erzeugte Kraft und die Zeit zwischen aufeinanderfolgenden Kontraktionen sind wichtige Materialeigenschaften, die die Anwendung eines piezoelektrischen Materials bei einer bestimmten Anwendung beeinflussen. Piezoelektrisches Material weist ferner einen direkten piezoelektrischen Effekt auf, bei dem ansprechend auf eine angelegte Kraft ein elektrisches Feld erzeugt wird. Dieses elektrische Feld kann in eine Spannung umgewandelt werden, falls Kontakte ordnungsgemäß mit dem piezoelektrischen Material gekoppelt sind. Der indirekte piezoelektrische Effekt ist beim Herstellen oder Unterbrechen eines Kontakts in einem Schalte-

lement nützlich, während der direkte piezoelektrische Effekt beim Erzeugen eines Schaltsignals ansprechend auf eine angelegte Kraft nützlich ist.

Aufgabenstellung

[0005] Es ist die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, verbesserte Strukturen und ein verbessertes Verfahren für einen optischen Schalter zu schaffen.

[0006] Diese Aufgabe wird durch Strukturen gemäß Anspruch 1 oder 12 sowie durch ein Verfahren gemäß Anspruch 25 gelöst.

[0007] Es werden ein Verfahren und eine Struktur für einen optischen Schalter offenbart. Gemäß der Struktur der vorliegenden Erfindung ist eine mit einer Mehrzahl von optischen Wellenleitern gekoppelte, mit Flüssigkeit gefüllte Kammer in einem Feststoff untergebracht. Abdichtriemen in der flüssigkeitsgefüllten Kammer sind mit dem Feststoff gekoppelt, während piezoelektrische Elemente mit einer Mehrzahl von Membranen gekoppelt sind. Die Mehrzahl von Membranen ist mit der flüssigkeitsgefüllten Kammer gekoppelt. Die Mehrzahl von Abdichtriemen ist mit einer Mehrzahl von Flüssigmetallkugeln gekoppelt. Gemäß dem Verfahren der vorliegenden Erfindung werden piezoelektrische Elemente betätigt, wodurch Membranelemente abgelenkt werden. Die Ablenkung der Membranelemente verändert einen Druck einer Betätigungsflüssigkeit, und die Druckveränderung der Betätigungsflüssigkeit unterbricht eine Flüssigmetallverbindung zwischen einem ersten Kontakt und einem zweiten Kontakt des elektrischen Schalters, wodurch ein oder mehrere optische Wellenleiter blockiert oder nicht blockiert werden.

Ausführungsbeispiel

[0008] Bevorzugte Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung werden nachfolgend Bezug nehmend auf die beiliegenden Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

[0009] Fig. 1 eine Seitenansicht eines optischen Schiebermodus-Flüssigmetallschalters gemäß bestimmten Ausführungsbeispielen der vorliegenden Erfindung;

[0010] Fig. 2 eine Querschnittszeichnung eines optischen Schiebermodus-Flüssigmetallschalters gemäß bestimmten Ausführungsbeispielen der vorliegenden Erfindung;

[0011] Fig. 3 eine Draufsicht eines optischen Schiebermodus-Flüssigmetallschalters, bei dem eine Abdeckschicht entfernt ist, gemäß bestimmten Ausführungsbeispielen der vorliegenden Erfindung;

[0012] Fig. 4 eine Draufsicht einer piezoelektri-

schen Substratschicht eines optischen Schiebermodus-Flüssigmetallschalters gemäß bestimmten Ausführungsbeispielen der vorliegenden Erfindung;

[0013] Fig. 5 eine Draufsicht einer Betätigungsfluidreservoirschicht eines optischen Schiebermodus-Flüssigmetallschalters gemäß bestimmten Ausführungsbeispielen der vorliegenden Erfindung;

[0014] Fig. 6 eine Draufsicht einer Kammerschicht eines optischen Schiebermodus-Flüssigmetallschalters gemäß bestimmten Ausführungsbeispielen der vorliegenden Erfindung;

[0015] Fig. 7 eine Unteransicht der Kammerschicht eines optischen Schiebermodus-Flüssigmetallschalters gemäß bestimmten Ausführungsbeispielen der vorliegenden Erfindung;

[0016] Fig. 8 eine Draufsicht einer Durchgangsschicht eines optischen Schiebermodus-Flüssigmetallschalters gemäß bestimmten Ausführungsbeispielen der vorliegenden Erfindung;

[0017] Fig. 9 eine Draufsicht einer Kanalschicht eines optischen Schiebermodus-Flüssigmetallschalters gemäß bestimmten Ausführungsbeispielen der vorliegenden Erfindung; und

[0018] Fig. 10 eine Unteransicht einer Abdeckschicht eines optischen Schiebermodus-Flüssigmetallschalters gemäß bestimmten Ausführungsbeispielen der vorliegenden Erfindung.

[0019] Ein Flüssigmetallschalter kann unter Verwendung einer Mehrzahl von Schichten dargestellt werden, wobei die Mehrzahl von Schichten Schichten darstellen, die während einer Herstellung des Flüssigmetallschalters erzeugt werden.

[0020] Unter Bezugnahme auf Fig. 1 ist eine Seitenansicht **100** eines optischen Schiebermodus-Flüssigmetallschalters **105** gezeigt, gemäß bestimmten Ausführungsbeispielen der vorliegenden Erfindung. Der optische Schiebermodus-Flüssigmetallschalter **105** weist eine obere Abdeckschicht **110**, eine Kanalschicht **120**, eine Durchgangsschicht **130**, eine Kammerschicht **140**, eine Betätigungsfluidreservoirschicht **150**, eine piezoelektrische Substratschicht **160** und einen optischen Wellenleiter **170** auf. Bei bestimmten Ausführungsbeispielen der vorliegenden Erfindung ist die Abdeckschicht **110** mit der Kanalschicht **120** gekoppelt, ist die Kanalschicht **120** mit der Durchgangsschicht **130** gekoppelt, ist die Durchgangsschicht **130** mit der Kammerschicht **140** gekoppelt, ist die Kammerschicht **140** mit der Betätigungsfluidreservoirschicht **150** gekoppelt, ist die Betätigungsfluidreservoirschicht **150** mit der piezoelektrischen Substratschicht **160** gekoppelt und ist der optische Wellenleiter **170** mit einer oder mehreren der

Abdeckschicht **110** und der Kanalschicht **120** gekoppelt. Man beachte, daß die piezoelektrische Substratschicht **160** ferner eine Mehrzahl von Schaltungsleiterbahnen aufweisen kann, wobei die Mehrzahl von Schaltungsleiterbahnen in Fig. 1 nicht gezeigt ist. Man beachte, daß eine oder mehrere der in Fig. 1 gezeigten Schichten kombiniert werden können, ohne von der Wesensart und dem Schutzzumfang der vorliegenden Erfindung abzuweichen. Bei bestimmten Ausführungsbeispielen der vorliegenden Erfindung können die Abdeckschicht **110**, die Kanalschicht **120**, die Durchgangsschicht **130**, die Kammerschicht **140** und die Betätigungsfluidreservoirschicht **150** aus einem oder mehreren der folgenden Materialien gebildet sein: Glas, Keramik, Verbundwerkstoff und keramikbeschichtetes Material.

[0021] Unter Bezugnahme auf Fig. 2 ist eine Querschnittszeichnung **200** des optischen Schiebermodus-Flüssigmetallschalters **105** gezeigt, gemäß bestimmten Ausführungsbeispielen der vorliegenden Erfindung. Die Querschnittszeichnung **200** veranschaulicht, wie eine Mehrzahl von optischen Wellenleitern **170** mit einem Kanal **285** und einer Mehrzahl von Abdichtriemen **203** gekoppelt ist. Die Mehrzahl von Abdichtriemen **203** ist ferner mit einem Kapselungsmaterial **275** und der Kanalschicht **120** gekoppelt. Bei bestimmten Ausführungsbeispielen der vorliegenden Erfindung ist das Kapselungsmaterial **275** aus einem inerten, mechanisch stabilen, sich rasch setzenden Haftmittel gebildet, z.B. einem UV-härtbaren Epoxid oder Acryl. Bei bestimmten Ausführungsbeispielen der vorliegenden Erfindung ist die Mehrzahl von Abdichtriemen **203** wirksam, um mit einem in dem Kanal **285** enthaltenen Flüssigmetall gekoppelt zu werden und dadurch einen oder mehrere der Mehrzahl von optischen Wellenleitern **170** zu blockieren. Der Kanal **285** ist ferner mit einer Mehrzahl von Durchgängen **270** gekoppelt. Die Mehrzahl von Durchgängen **270** befindet sich in einer Durchgangsschicht **130** und ist wirksam, um einen Pfad zu liefern, auf dem das Betätigungsfluid **250** in den Kanal **285** eintreten kann, wobei sich das Betätigungsfluid **250** in einem oder mehreren Reservoirn der Betätigungsfluidreservoirschicht **150** und in der Kammer **290** der Kammerschicht **140** befindet.

[0022] Die Kammer **290** ist ferner mit einer Mehrzahl von Membranen **295** gekoppelt. Bei bestimmten Ausführungsbeispielen der vorliegenden Erfindung ist die Mehrzahl von Membranen **295** in der Kammerschicht **140** angeordnet. Die Mehrzahl von Membranen **295** ist ferner mit der Mehrzahl von Reservoirn der Betätigungsfluidreservoirschicht **150** gekoppelt und ist ferner mit einer Mehrzahl von ersten Kontakten **230** gekoppelt. Die Mehrzahl von ersten Kontakten **230** und die Mehrzahl von zweiten Kontakten **240** sind wirksam, um eine entsprechende Mehrzahl von piezoelektrischen Elementen **245** zu betätigen. Bei bestimmten Ausführungsbeispielen der vorliegenden

Erfindung ist die Mehrzahl von ersten Kontakten **230** und die Mehrzahl von zweiten Kontakten **240** durch eine Mehrzahl von dielektrischen Elementen **235** getrennt. Die Mehrzahl von ersten Kontakten **230** und die Mehrzahl von zweiten Kontakten **240** ist ferner durch eine Erweiterung der Mehrzahl von ersten Kontakten **230** und der Mehrzahl von zweiten Kontakten **240** durch die piezoelektrische Substratschicht **160** extern zugänglich.

[0023] Unter Bezugnahme auf **Fig. 3** ist eine Draufsicht **300** des optischen Schiebermodus-Flüssigmetallschalters **105** gezeigt, wobei die Abdeckschicht **110** entfernt ist, gemäß bestimmten Ausführungsbeispielen der Erfindung. Die Draufsicht **300** veranschaulicht, daß die Kanalschicht **120** mit einer Mehrzahl von optischen Wellenleitern **170** gekoppelt ist, wobei jeder optische Wellenleiter der Mehrzahl von optischen Wellenleitern **170** mit einem Kapselungsmaterial **275** gekoppelt ist. Der Kanal **285** ist mit der Kanalschicht **120** gekoppelt und weist eine Mehrzahl von Abdichtriemen **203**, ein Flüssigmetall **320** und eine Mehrzahl von Durchgängen **270** auf. Bei bestimmten Ausführungsbeispielen der vorliegenden Erfindung ist das Flüssigmetall **320** zu einem gegebenen Zeitpunkt mit zwei der Mehrzahl von Abdichtriemen **203** gekoppelt. Das Flüssigmetall **320**, beispielsweise Quecksilber oder eine Galliumlegierung, fungiert als reibungsverringernendes Schmiermittel. Bei bestimmten Ausführungsbeispielen der vorliegenden Erfindung ist die Mehrzahl von Durchgängen **270** kollinear zu einer entsprechenden Mehrzahl von optischen Wellenleitern **170**. Die Mehrzahl von Abdichtriemen **203** ist zwischen der Mehrzahl von optischen Wellenleitern **170** positioniert, wie in **Fig. 3** gezeigt ist. Man beachte, daß, obwohl in **Fig. 3** zwei optische Wellenleiter und drei Abdichtriemen gezeigt sind, auch eine größere Anzahl von optischen Wellenleitern und Abdichtriemen verwendet werden könnte, ohne von der Wesensart und dem Schutzzumfang der vorliegenden Erfindung abzuweichen. Wie in der Figur veranschaulicht ist, weist die Durchgangsschicht **130** eine größere Breite auf als die Kanalschicht **120**.

[0024] Unter Bezugnahme auf **Fig. 4** ist eine Draufsicht **400** der piezoelektrischen Substratschicht **160** des optischen Schiebermodus-Flüssigmetallschalters **105** gezeigt, gemäß bestimmten Ausführungsbeispielen der vorliegenden Erfindung. Die Draufsicht **400** veranschaulicht eine Ausrichtung der Mehrzahl von ersten Kontakten **230** und der Mehrzahl von zweiten Kontakten **240**. Eine Schnittansicht **445** zeigt ferner die Ausrichtung der Mehrzahl von ersten Kontakten **240**. Ein Fülltor **450** ist ebenfalls in **Fig. 4** gezeigt. Das Fülltor **450** ist wirksam, um dazu verwendet zu werden, ein Reservoir der Reservoirschicht mit einem Betätigungsfluid **250** zu füllen. Bei bestimmten Ausführungsbeispielen der vorliegenden Erfindung wird das Betätigungsfluid **250** während eines Zusammenbaus des optischen Schiebermodus-Flüssigme-

tallschalters **105** eingefüllt, wonach das Fülltor **450** abgedichtet wird. Bei bestimmten Ausführungsbeispielen der vorliegenden Erfindung ist das Betätigungsfluid **250** aus einem inerten Fluid mit einer geringen Viskosität und einem hohen Siedepunkt, beispielsweise 3M Fluorinert, gebildet. Es versteht sich, daß die Erörterung des Füllens des Reservoirs das Konzept umfaßt, das Reservoir nicht vollständig mit Betätigungsfluid **250** zu füllen; die Fluidmenge sollte ausreichend sein, um eine Betätigung des Schaltens zu ermöglichen.

[0025] Unter Bezugnahme auf **Fig. 5** ist eine Draufsicht **500** der Betätigungsfluidreservoirschicht **150** des optischen Schiebermodus-Flüssigmetallschalters **105** gezeigt, gemäß bestimmten Ausführungsbeispielen der vorliegenden Erfindung. Die Betätigungsfluidreservoirschicht **150** weist eine Mehrzahl von Fluidkammern **520**, **530** auf. Bei bestimmten Ausführungsbeispielen der vorliegenden Erfindung weist die Mehrzahl von Fluidkammern **520**, **530** in der Draufsicht **500** eine rechteckige Geometrie auf, obwohl auch andere Geometrien, beispielsweise kreisförmig, quadratisch, verwendet werden könnten, ohne von der Wesensart und dem Schutzzumfang der vorliegenden Erfindung abzuweichen. Eine Querschnittsansicht **510** ist ebenfalls in **Fig. 5** gezeigt.

[0026] Unter Bezugnahme auf **Fig. 6** ist eine Draufsicht **600** der Kammerschicht **140** des optischen Schiebermodus-Flüssigmetallschalters **105** gezeigt, gemäß bestimmten Ausführungsbeispielen der vorliegenden Erfindung. **Fig. 6** veranschaulicht eine Ausrichtung der Mehrzahl von Membranen **295**, die mit der Kammerschicht **140** gekoppelt ist, und eine Position einer entsprechenden Mehrzahl von Fluidtoren **615**. Die Mehrzahl von rechteckigen Regionen **620** der Kammerschicht **140** weist eine Dicke auf, die geringer ist als eine Dicke der Kammerschicht **140**. Die Mehrzahl von Fluidtoren **615** ist wirksam, um eine Quelle an Betätigungsfluid **250** für die Kammer **290** von den Reservoiren **520**, **530** zu liefern. Man beachte, daß eine Breite der Mehrzahl von Fluidtoren **615** so gewählt ist, daß eine rasche Ablenkung einer Membran der Mehrzahl von Membranen **295** bewirkt, daß mehr des Betätigungsfluids **250** in einen Durchgang der Mehrzahl von Durchgängen **270** eintritt als in das Tor der Mehrzahl von Fluidtoren **615** eintritt. Man beachte, daß sich eine Ausrichtung der Mehrzahl von rechteckigen Regionen **620** relativ zu der Mehrzahl von Membranen **295** von der in **Fig. 6** gezeigten unterscheiden kann, ohne von der Wesensart und dem Schutzzumfang der vorliegenden Erfindung abzuweichen. Beispielsweise könnten eine erste rechteckige Region der Mehrzahl von rechteckigen Regionen **620** und ein erster Durchgang der Mehrzahl von Durchgängen **270** auf einer Längsachse einer ersten Membran der Mehrzahl von Membranen **295** angeordnet sein.

[0027] Unter Bezugnahme auf **Fig. 7** ist eine Unteransicht **700** der Kammerschicht **140** des optischen Schiebermodus-Flüssigmetallschalters **105** gezeigt, gemäß bestimmten Ausführungsbeispielen der vorliegenden Erfindung. Die Unteransicht **700** veranschaulicht eine Gestalt der Mehrzahl von Membranen **295** relativ zu der Kammerschicht **140** und der Mehrzahl von Durchgängen **615**. Eine Schnittansicht **705** der Kammerschicht **140** und eine zweite Membran der Mehrzahl von Membranen **295** sind ebenfalls gezeigt. Die Schnittansicht **705** veranschaulicht, daß die zweite Membran bei bestimmten Ausführungsbeispielen der vorliegenden Erfindung in der Kammer-schicht **140** ungefähr mittig angeordnet ist.

[0028] Unter Bezugnahme auf **Fig. 8** ist eine Draufsicht **800** der Durchgangsschicht **160** des optischen Schiebermodus-Flüssigmetallschalters **105** gezeigt, gemäß bestimmten Ausführungsbeispielen der vorliegenden Erfindung. Die Draufsicht **800** veranschaulicht eine relative Ausrichtung der Mehrzahl von Abdichtriemen **203** und der Mehrzahl von Durchgängen **270**. Bei bestimmten Ausführungsbeispielen der vorliegenden Erfindung befindet sich ein dritter Durchgang der Mehrzahl von Durchgängen **270** zwischen jeglichen zwei Abdichtriemen der Mehrzahl von Abdichtriemen **203**. Eine Schnittansicht **805** der piezoelektrischen Substratschicht **160** ist ebenfalls gezeigt. Die Schnittansicht **805** veranschaulicht eine mögliche Platzierung der Mehrzahl von Abdichtriemen **203** bezüglich der Mehrzahl von Durchgängen **270**.

[0029] Unter Bezugnahme auf **Fig. 9** ist eine Draufsicht **900** der Kanalschicht **120** des optischen Schiebermodus-Flüssigmetallschalters **105** gezeigt, gemäß bestimmten Ausführungsbeispielen der vorliegenden Erfindung. Die Draufsicht **900** veranschaulicht eine Ausrichtung der Mehrzahl von optischen Wellenleitern **170** und des Kapselungsmaterials **275** relativ zu der Mehrzahl von Abdichtriemen **203** und der Kammer **285**. Bei bestimmten Ausführungsbeispielen der vorliegenden Erfindung ist die Mehrzahl von Abdichtriemen **203** direkt mit dem Kapselungsmaterial **275** gekoppelt. Die Seitenansicht **905** veranschaulicht, daß das Kapselungsmaterial **275** und die Mehrzahl von optischen Wellenleitern **170** unter Verwendung eines V-förmigen Kanals in der Kanalschicht **120** mit der Kanalschicht **120** gekoppelt sind. Der V-förmige Kanal weist eine ausreichende Tiefe auf, um die Mehrzahl von optischen Wellenleitern **170** und das Kapselungsmaterial **275** unterzubringen.

[0030] Unter Bezugnahme auf **Fig. 10** ist eine Unteransicht **1000** der Abdeckschicht **110** des optischen Schiebermodus-Flüssigmetallschalters **105** gezeigt, gemäß bestimmten Ausführungsbeispielen der vorliegenden Erfindung. Die Unteransicht **1000** ist mit einer Mehrzahl von Abdichtriemen **203** gezeigt.

[0031] Bestimmte Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung verwenden eine Druckbeaufschlagung der Betätigungsflüssigkeit **250** durch Betätigung der Mehrzahl von piezoelektrischen Elementen **245** gegen die Mehrzahl von Membranen **295**, um Flüssigmetall **320** von einem ersten benetzenden Abdichtriemen der Mehrzahl von Abdichtriemen **203** zu einem zweiten benetzenden Abdichtriemen der Mehrzahl von Abdichtriemen **203** zu treiben, wodurch bewirkt wird, daß einer oder mehrere optische Wellenleiter der Mehrzahl von optischen Wellenleitern **170** verdeckt oder freigegeben werden, und wodurch ein Zustand des optischen Flüssigmetallschalters **105** verändert wird. Der optische Flüssigmetallschalter **105** wird durch ein Benetzen des einen oder der mehreren Abdichtriemen der Mehrzahl von Abdichtriemen **203**, und dadurch, daß eine Oberflächenspannung des Flüssigmetalls **320** bewirkt, daß das Flüssigmetall **320** in einer stabilen Position bleibt, verriegelt. Bei bestimmten Ausführungsbeispielen der vorliegenden Erfindung weist die Mehrzahl von optischen Wellenleitern **170** Stirnseiten auf, die nicht durch das Flüssigmetall **320** benetzbar sind, um eine optische Klarheit eines Signalpfads der Mehrzahl von optischen Wellenleitern **170** zu bewahren. Das hier beschriebene Verfahren verwendet die Mehrzahl von piezoelektrischen Elementen **245** in einem Schiebermodus. Bei bestimmten Ausführungsbeispielen der vorliegenden Erfindung ist ein Leistungsverbrauch des optischen Flüssigmetallschalters **105** viel geringer als der einer Vorrichtung, die erhitztes Gas verwendet, um das Flüssigmetall **320** in eine neue Position zu schieben, da die Mehrzahl von piezoelektrischen Elementen **245** Energie speichert, statt Energie abzugeben. Eines oder mehrere der Mehrzahl von piezoelektrischen Elementen **245** kann bzw. können zum Ziehen sowie auch zum Schieben verwendet werden, so daß ein Doppelwirkungseffekt vorliegt, der bei einem Betätigungsglied, das ausschließlich durch einen Schiebeeffect eines sich ausdehnenden Gases angetrieben wird, nicht vorliegt. Bei bestimmten Ausführungsbeispielen der vorliegenden Erfindung ist die Verwendung von schiebenden piezoelektrischen Elementen und ziehenden piezoelektrischen Elementen wirksam, um eine Schaltzeit des optischen Flüssigmetallschalters **105** zu verringern. Als Beispiel kann ein erstes piezoelektrisches Element der Mehrzahl von piezoelektrischen Elementen **245** verwendet werden, um das Betätigungsfluid **250** zu schieben, während ein zweites piezoelektrisches Element der Mehrzahl von piezoelektrischen Elementen **245** verwendet werden kann, um das Betätigungsfluid **250** zu ziehen. Das Schieben und Ziehen können zeitlich so gesteuert werden, daß eine Schaltzeit des optischen Flüssigmetallschalters **105** verringert wird.

[0032] Das Flüssigmetall **320** ist in dem Kanal **285** der Flüssigmetallkanalschicht **120** enthalten und kontaktiert zwei der Mehrzahl von Abdichtriemenan-

schlußflächen **203**. Eine Menge und Position des Flüssigmetalls **320** in dem Kanal **285** ist derart, daß zu einem Zeitpunkt lediglich zwei Abdichtriemenanschlußflächen der Mehrzahl von Abdichtriemenanschlußflächen **203** verbunden sind. Das Flüssigmetall **320** kann bewegt werden, um einen anderen Satz von zwei Abdichtriemenanschlußflächen der Mehrzahl von Abdichtriemenanschlußflächen **203** zu berühren, indem ein Druckanstieg zwischen einer ersten Abdichtriemenanschlußfläche und einer zweiten Abdichtriemenanschlußfläche erzeugt wird, derart, daß das Flüssigmetall **320** bricht, und sich ein Teil des Flüssigmetalls bewegt, um mit der zweiten Abdichtriemenanschlußfläche und einer dritten Abdichtriemenanschlußfläche gekoppelt zu werden. Dies ist eine stabile Konfiguration (d.h. Verriegelung), da das Flüssigmetall **320** die Mehrzahl von Abdichtriemenanschlußflächen **203** benetzt und durch eine Oberflächenspannung in seiner Position gehalten wird.

[0033] Bei bestimmten Ausführungsbeispielen der vorliegenden Erfindung ist das Betätigungsfluid **250** eine inerte und elektrisch nicht-leitfähige Flüssigkeit, die einen verbleibenden Raum in dem optischen Flüssigmetallschalter **105** füllt. Die Mehrzahl von Membranen **295** ist aus Metall hergestellt, obwohl auch andere Materialien, beispielsweise Polymere, möglich sind, ohne von der Wesensart und dem Schutzzumfang der vorliegenden Erfindung abzuweichen. Die Mehrzahl von Fluidtoren **615**, die die Kammer **290** mit der Mehrzahl von Betätigungsfluidreservoirs verbindet, ist kleiner als die Mehrzahl von Durchgängen **270**, und trägt dazu bei, einen Druckpuls zu bewirken, um das Flüssigmetall **320** zu bewegen, indem das meiste eines Betätigungsfluidflusses von einer Betätigungsgliedwirkung bei einer hohen Fluidflußrate in den Kanal **285** statt in ein Fluidreservoir geleitet wird, ermöglicht jedoch, daß sich die Kammer **290** erneut füllt, ohne die Position des Flüssigmetalls **320** bei niedrigen Fluidgeschwindigkeiten zu stören.

Patentansprüche

1. Struktur für einen optischen Schalter (**100**), die folgende Merkmale aufweist:
eine in einem Feststoff (**110**, **120**) untergebrachte Kammer (**285**), wobei die Kammer eine Betätigungsflüssigkeit (**250**) aufweist;
eine Mehrzahl von Abdichtriemen (**203**) in der Kammer, wobei die Mehrzahl von Abdichtriemen mit dem Feststoff gekoppelt ist;
eine Mehrzahl von Flüssigmetallkugeln (**320**), die mit der Mehrzahl von Abdichtriemen gekoppelt ist und mit der Kammer gekoppelt ist;
eine Mehrzahl von piezoelektrischen Elementen (**245**), die mit einer Mehrzahl von Membranen (**295**) gekoppelt ist, wobei die Mehrzahl von Membranen mit der Kammer gekoppelt ist; und
eine Mehrzahl von optischen Wellenleitern (**170**), die

mit der Kammer gekoppelt ist, wobei die Mehrzahl von optischen Wellenleitern wirksam ist, um durch die Mehrzahl von Flüssigmetallkugeln blockiert oder nicht blockiert zu sein.

2. Struktur gemäß Anspruch 1, bei der die Betätigungsflüssigkeit (**250**) inert und elektrisch nicht-leitfähig ist und eine niedrige Viskosität aufweist.

3. Struktur gemäß Anspruch 1 oder 2, bei der die Mehrzahl von optischen Wellenleitern (**170**) Stirnseiten aufweist, die nicht benetzbar sind.

4. Struktur gemäß einem der Ansprüche 1 bis 3, bei der die Betätigungsflüssigkeit (**250**) Fluoriniert ist.

5. Struktur gemäß einem der Ansprüche 1 bis 4, bei der die Mehrzahl von piezoelektrischen Elementen (**245**) in einem oder mehreren Reservoirs ist, wobei das eine oder die mehreren Reservoirs eine Betätigungsflüssigkeit (**250**) enthalten, die wirksam ist, um das Betätigungsfluid in der Kammer nachzufüllen.

6. Struktur gemäß einem der Ansprüche 1 bis 5, bei der das eine oder die mehreren Flüssigmetallkugeln aus Quecksilber bestehen.

7. Struktur gemäß einem der Ansprüche 1 bis 6, bei der die Mehrzahl von Membranen (**295**) mit einer entsprechenden Mehrzahl von Durchgängen (**270**) gekoppelt ist, wobei ein Durchgang der Mehrzahl von Durchgängen wirksam ist, um eine Flußrate der Betätigungsflüssigkeit (**250**) zu erhöhen.

8. Struktur gemäß einem der Ansprüche 1 bis 7, bei der die Mehrzahl von Membranen (**295**) eine entsprechende Mehrzahl von Breiten aufweist, wobei die entsprechende Mehrzahl von Breiten größer ist als eine Ausdehnung in einer Nicht-Betätigungsrichtung der Mehrzahl von piezoelektrischen Elementen (**245**).

9. Struktur gemäß einem der Ansprüche 1 bis 8, bei der die Mehrzahl von piezoelektrischen Elementen (**245**) ferner mit einer entsprechenden Mehrzahl von Kontakten gekoppelt ist, wobei die Mehrzahl von Kontakten wirksam ist, um die Mehrzahl von piezoelektrischen Elementen (**245**) zu betätigen.

10. Struktur gemäß Anspruch 8 oder 9, bei der jeder Kontakt der Mehrzahl von Kontakten einen mit einem ersten Ende eines piezoelektrischen Elements gekoppelten ersten Anschluß und einen mit einem zweiten Ende des piezoelektrischen Elements gekoppelten zweiten Anschluß aufweist.

11. Struktur gemäß Anspruch 9 oder 10, bei der der erste Anschluß und der zweite Anschluß durch ein Dielektrikum getrennt sind.

12. Struktur für einen optischen Schalter (**100**), die folgende Merkmale aufweist:
 eine piezoelektrische Substratschicht (**160**);
 eine Betätigungsfluidreservoirschicht (**150**), die mit der piezoelektrischen Substratschicht gekoppelt ist, wobei die Betätigungsfluidreservoirschicht ferner eine Mehrzahl von piezoelektrisch betätigten Schubelementen (**230**) aufweist;
 eine Kammerschicht (**140**), die mit der Betätigungsfluidreservoirschicht gekoppelt ist, wobei die Kammerschicht eine Mehrzahl von Membranen (**295**) aufweist, die mit der Mehrzahl von piezoelektrisch betätigten Schubelementen gekoppelt ist;
 eine Durchgangsschicht (**130**), die mit der Kammerschicht gekoppelt ist, wobei die Durchgangsschicht eine Mehrzahl von Durchgängen (**270**) aufweist;
 eine Flüssigmetallkanalschicht (**120**), die mit der Durchgangsschicht gekoppelt ist, wobei die Flüssigmetallkanalschicht mit einer Mehrzahl von optischen Wellenleitern (**170**) gekoppelt ist; und
 eine in der Flüssigmetallkanalschicht untergebrachte, mit Betätigungsflüssigkeit (**250**) gefüllte Kammer, wobei die mit Betätigungsflüssigkeit (**250**) gefüllte Kammer ein oder mehrere Kügelchen eines Flüssigmetalls (**320**), das mit einer Mehrzahl von Abdichtriemen (**285**) gekoppelt ist, aufweist, wobei die mit der Betätigungsflüssigkeit (**250**) gefüllte Kammer durch die Mehrzahl von Durchgängen mit der Mehrzahl von Membranen gekoppelt ist, und wobei das eine oder die mehreren Kügelchen des Flüssigmetalls wirksam sind, um die Mehrzahl von optischen Wellenleitern zu blockieren oder nicht zu blockieren.

13. Struktur gemäß Anspruch 11 oder 12, bei der die Durchgangsschicht, die Betätigungsfluidreservoirschicht, die piezoelektrische Substratschicht, die Kammerschicht, die Durchgangsschicht und die Flüssigmetallkanalschicht aus einem oder mehreren von Glas, Keramik, Verbundwerkstoff und keramikbeschichtetem Material gebildet sein können.

14. Struktur gemäß einem der Ansprüche 11 bis 13, bei der die Mehrzahl von optischen Wellenleitern (**170**) Stirnseiten aufweist, die nicht benetzbar sind.

15. Struktur gemäß einem der Ansprüche 11 bis 14, bei der die Betätigungsfluidreservoirschicht ferner ein Fülltor (**450**) aufweist, wobei das Fülltor wirksam ist, um zum Füllen eines Reservoirs der Betätigungsfluidreservoirschicht mit einem Betätigungsfluid verwendet zu werden.

16. Struktur gemäß einem der Ansprüche 11 bis 15, bei der die Schaltungssubstratschicht ferner eine Mehrzahl von Schaltungsleiterbahnen und eine Mehrzahl von Anschlußflächen aufweist, die wirksam sind, um ein oder mehrere Signale, die durch eine Betätigung eines oder mehrerer der Mehrzahl von piezoelektrischen Elementen erzeugt werden, weiterzuleiten.

17. Struktur gemäß einem der Ansprüche 11 bis 16, bei der die Betätigungsflüssigkeit inert und elektrisch nichtleitfähig ist.

18. Struktur gemäß einem der Ansprüche 11 bis 17, bei der das eine oder die mehreren Flüssigmetallkügelchen aus Quecksilber bestehen.

19. Struktur gemäß einem der Ansprüche 11 bis 18, bei der die Mehrzahl von Durchgängen wirksam ist, um eine Flußrate der Betätigungsflüssigkeit (**250**) zu erhöhen.

20. Struktur gemäß einem der Ansprüche 11 bis 19, bei der die Membranschicht ferner ein oder mehrere Fluidtore aufweist, wobei das eine oder die mehreren Fluidtore wirksam sind, um eine Menge an Betätigungsfluid in einer Fluidkammer der Kammerschicht aus einem oder mehreren Reservoirs der Betätigungsfluidreservoirschicht nachzufüllen.

21. Struktur gemäß Anspruch 20, bei der das eine oder die mehreren Fluidtore eine Größe aufweisen, die das Nachfüllen des Betätigungsfluids ohne wesentliche Reduzierung einer Flußrate des Betätigungsfluids in die mit der Betätigungsflüssigkeit gefüllte Kammer ermöglicht.

22. Struktur gemäß einem der Ansprüche 11 bis 21, bei der die Mehrzahl von piezoelektrischen Elementen (**245**) ferner mit einer entsprechenden Mehrzahl von Kontakten gekoppelt ist, wobei die Mehrzahl von Kontakten wirksam ist, um die Mehrzahl von piezoelektrischen Elementen zu betätigen.

23. Struktur gemäß Anspruch 22, bei der jeder Kontakt der Mehrzahl von Kontakten einen mit einem ersten Ende eines piezoelektrischen Elements gekoppelten ersten Anschluß und einen mit einem zweiten Ende des piezoelektrischen Elements gekoppelten zweiten Anschluß aufweist.

24. Struktur gemäß Anspruch 23, bei der der erste Anschluß und der zweite Anschluß durch ein Dielektrikum getrennt sind.

25. Verfahren zum Schalten eines oder mehrerer optischer Signale unter Verwendung eines Flüssigmetallschalters (**100**), wobei das Verfahren folgende Schritte aufweist:

Betätigen eines oder mehrerer piezoelektrischer Elemente (**245**);

Ablenken eines oder mehrerer entsprechender Membranelemente (**295**) durch die Betätigung des einen oder der mehreren piezoelektrischen Elemente;

Verändern eines Druckes der Betätigungsflüssigkeit (**250**) durch die Ablenkung des einen oder der mehreren Membranelemente; und

wobei die Druckveränderung der Betätigungsflüssigkeit eine Flüssigmetallverbindung zwischen einem

ersten Kontakt (230) und einem zweiten Kontakt (240) des Flüssigmetallschalters unterbricht, wodurch einer oder mehrere einer Mehrzahl von optischen Wellenleitern (270) blockiert oder nicht blockiert werden.

wird, daß das zweite Membranelement abgelenkt wird und den Druck des Betätigungsfluids erhöht, wobei das Betätigungsfluid dann wirksam ist, um zu fließen und die zweite Flüssigmetallverbindung zu unterbrechen.

26. Verfahren gemäß Anspruch 25, bei dem das piezoelektrische Element durch ein Anlegen eines elektrischen Potentials betätigt wird, das an eine erste Seite und an eine zweite, gegenüberliegende Seite des piezoelektrischen Elements angelegt wird.

Es folgen 10 Blatt Zeichnungen

27. Verfahren gemäß Anspruch 25 oder 26, bei dem die Flüssigmetallverbindung durch eine Oberflächenspannung zwischen einem Flüssigmetall und dem ersten Kontakt und dem zweiten Kontakt aufrechterhalten wird.

28. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 25 bis 27, bei dem vor einem Betrieb des elektrischen Schalters unter Verwendung eines Fülltors ein Betätigungsfluid zu dem Flüssigmetallschalter hinzugefügt wird.

29. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 25 bis 28, bei dem ein oder mehrere Durchgänge, die mit der einen oder den mehreren Membranen gekoppelt sind, verwendet werden, um eine Flußrate der Betätigungsflüssigkeit, die durch den Druckanstieg bewirkt wird, zu erhöhen, wobei die erhöhte Flußrate wirksam ist, um die Flüssigmetallverbindung schneller zu unterbrechen.

30. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 25 bis 29, bei dem nach dem Unterbrechen der Flüssigmetallverbindung eine zweite Flüssigmetallverbindung zwischen dem zweiten Kontakt und einem dritten Kontakt eingerichtet wird.

31. Verfahren gemäß Anspruch 30, das ferner ein Unterbrechen der zweiten Flüssigmetallverbindung durch Anlegen eines zweiten elektrischen Potentials mit einer zu dem ersten elektrischen Potential entgegengesetzten Polarität aufweist, wobei das zweite elektrische Potential das piezoelektrische Element betätigt, so daß auf das Membranelement ein negativer Druck ausgeübt wird, wodurch das Flüssigmetall gezogen wird, um die Flüssigmetallverbindung zwischen dem ersten Kontakt und dem zweiten Kontakt erneut einzurichten und die zweite Flüssigmetallverbindung zwischen dem dritten Kontakt und dem zweiten Kontakt zu unterbrechen.

32. Verfahren gemäß Anspruch 30, das ferner das Unterbrechen der zweiten Flüssigmetallverbindung durch die Verwendung eines zweiten piezoelektrischen Elements, eines zweiten Membranelements und eines zweiten elektrischen Potentials aufweist, wodurch das zweite elektrische Potential das zweite piezoelektrische Element betätigt, wodurch bewirkt

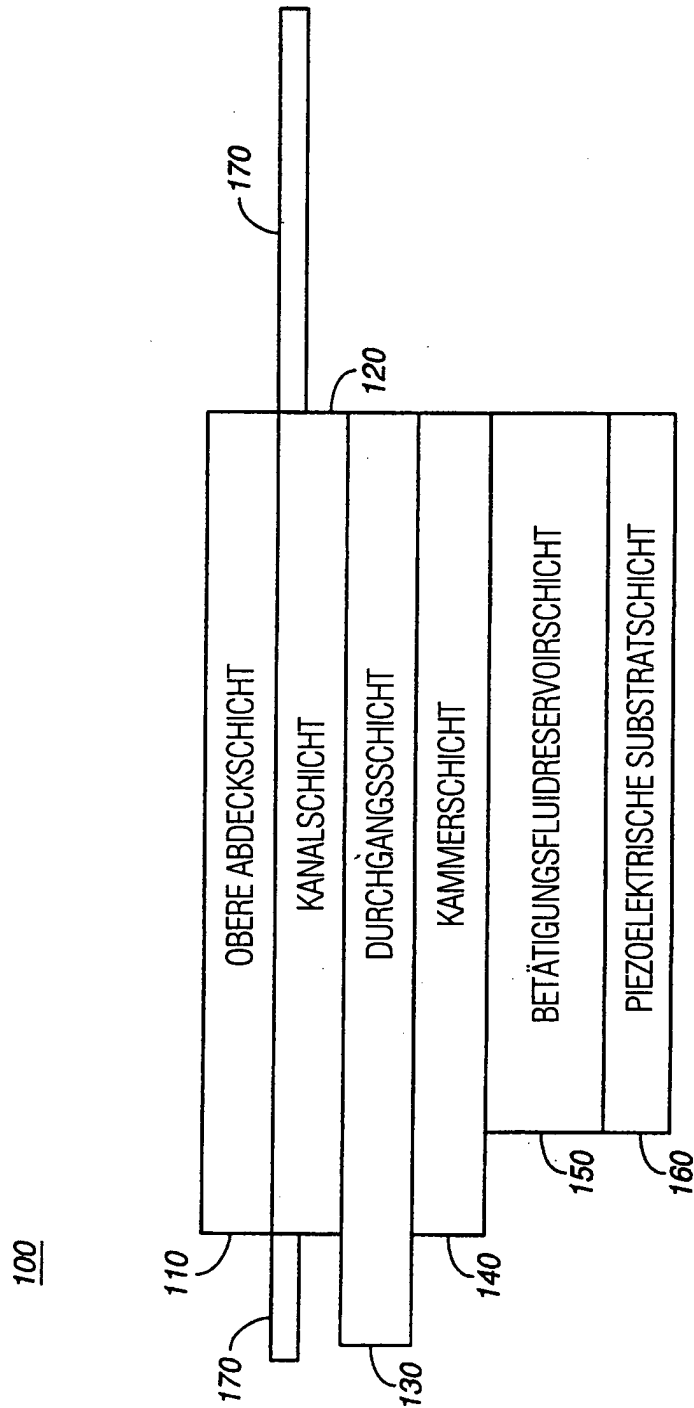


FIG. 1

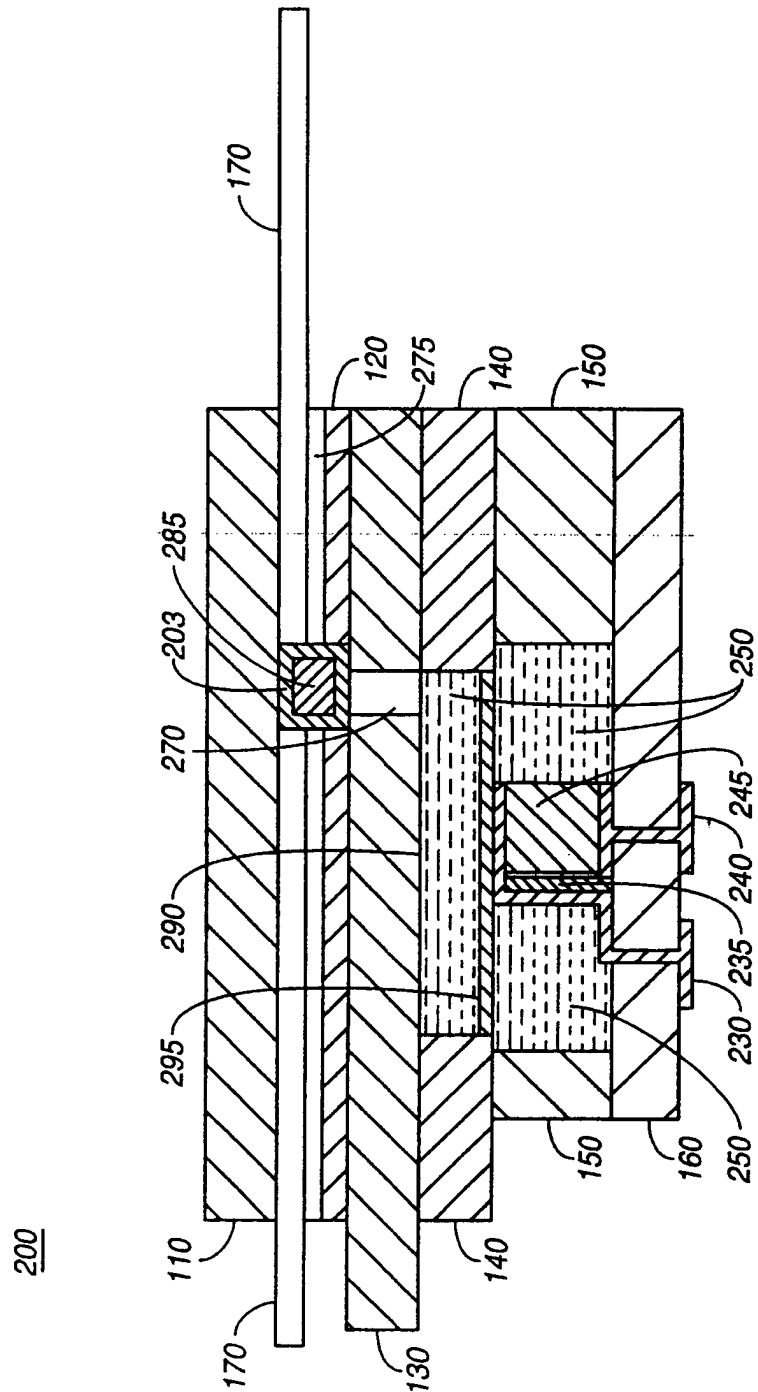


FIG. 2

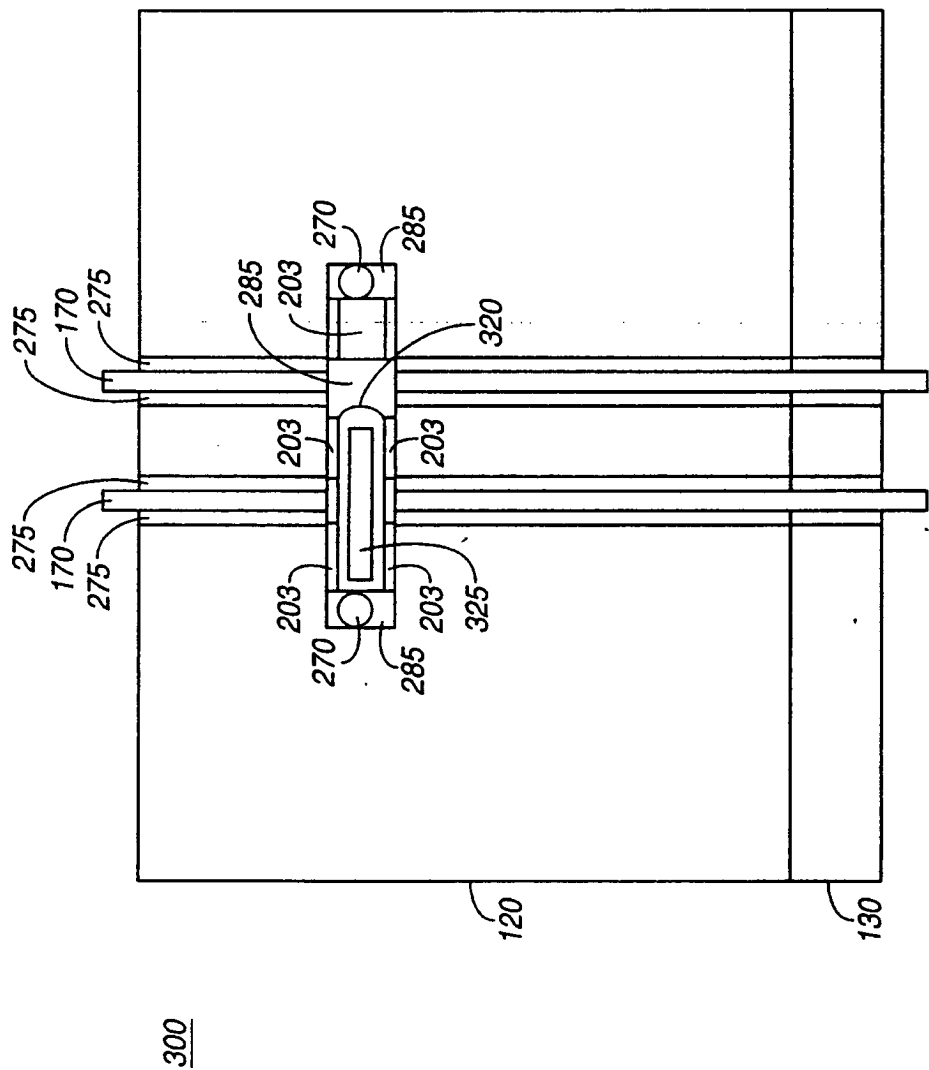
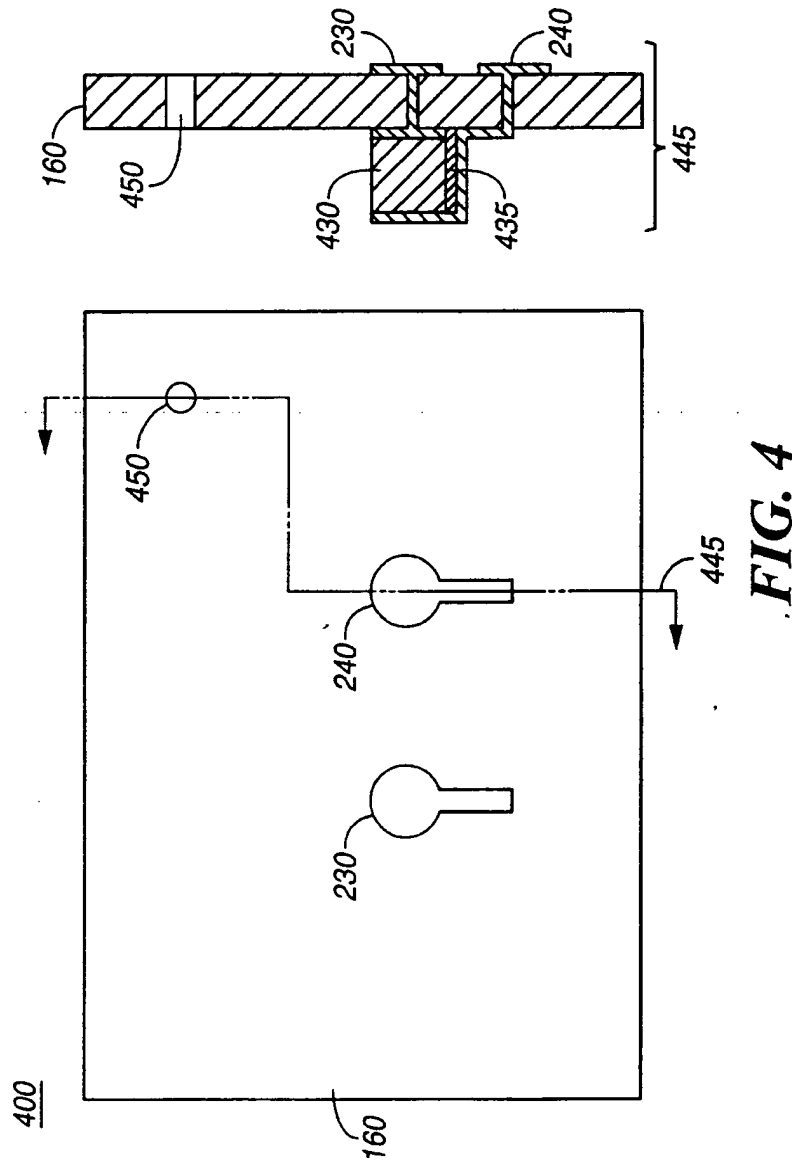
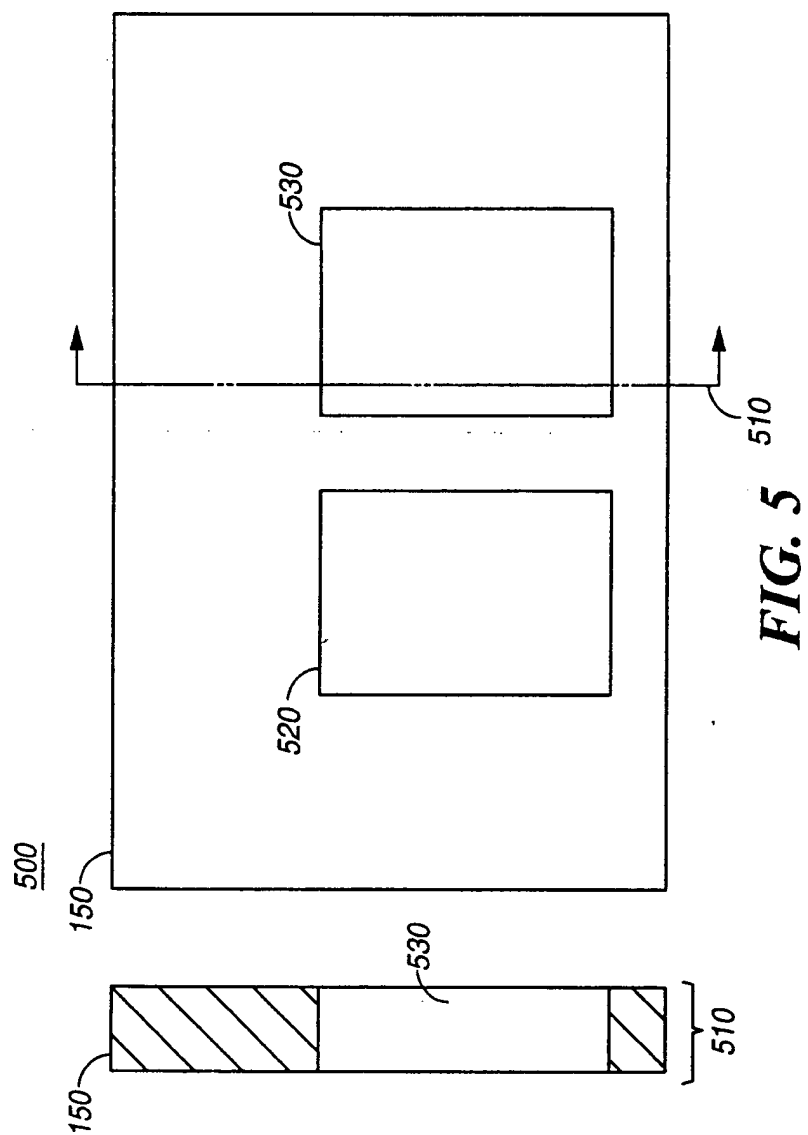


FIG. 3





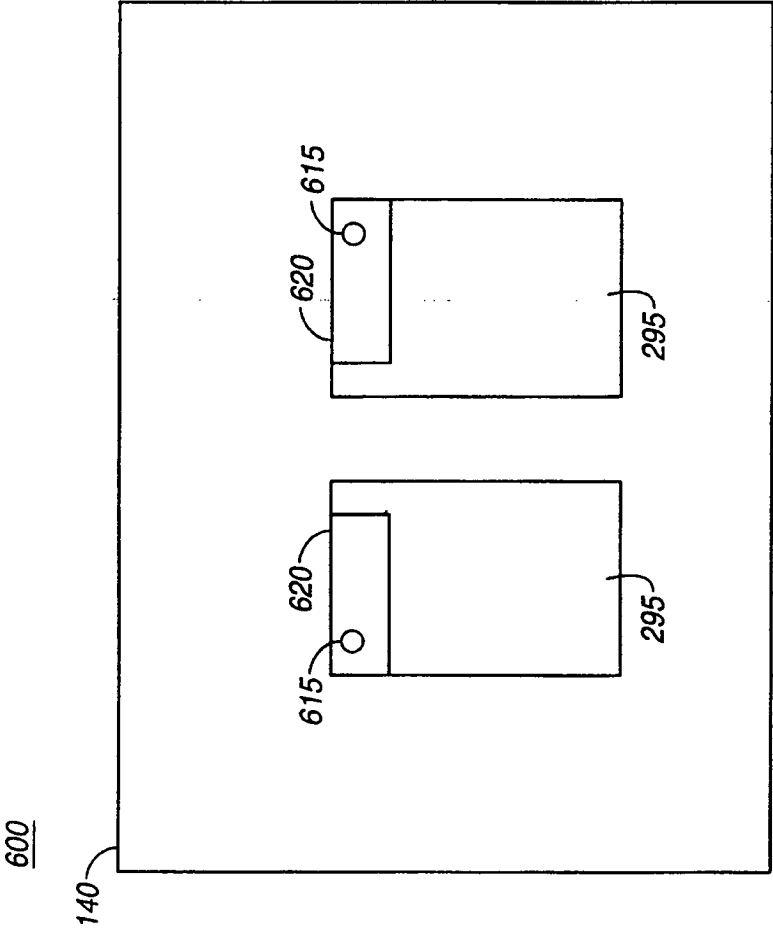


FIG. 6

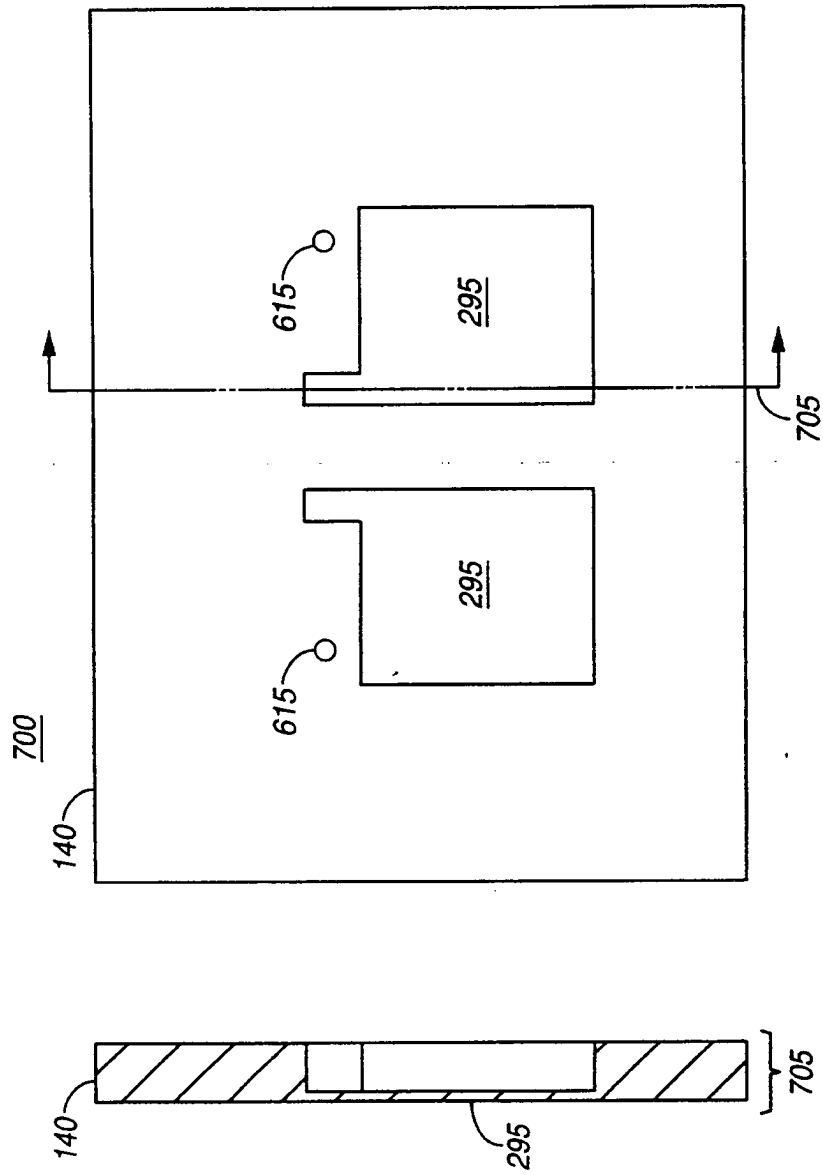
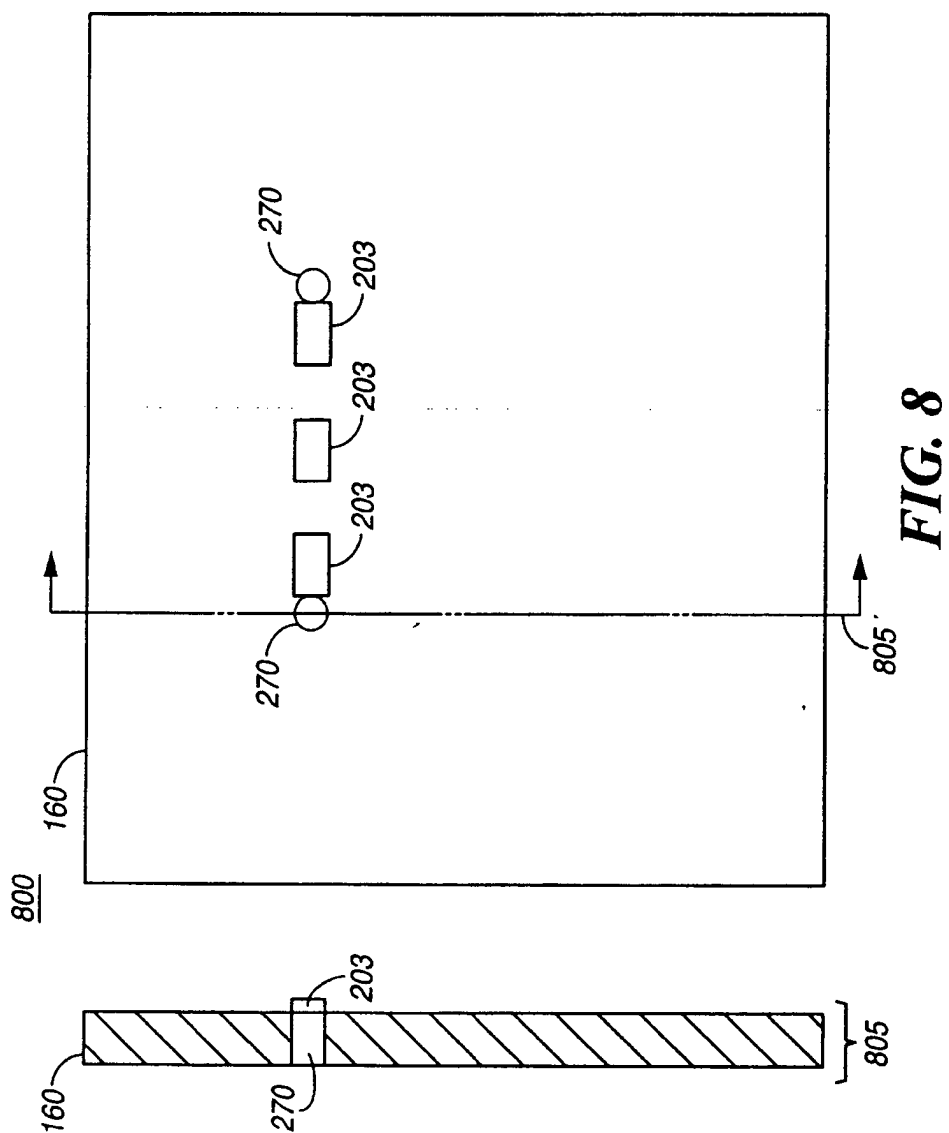
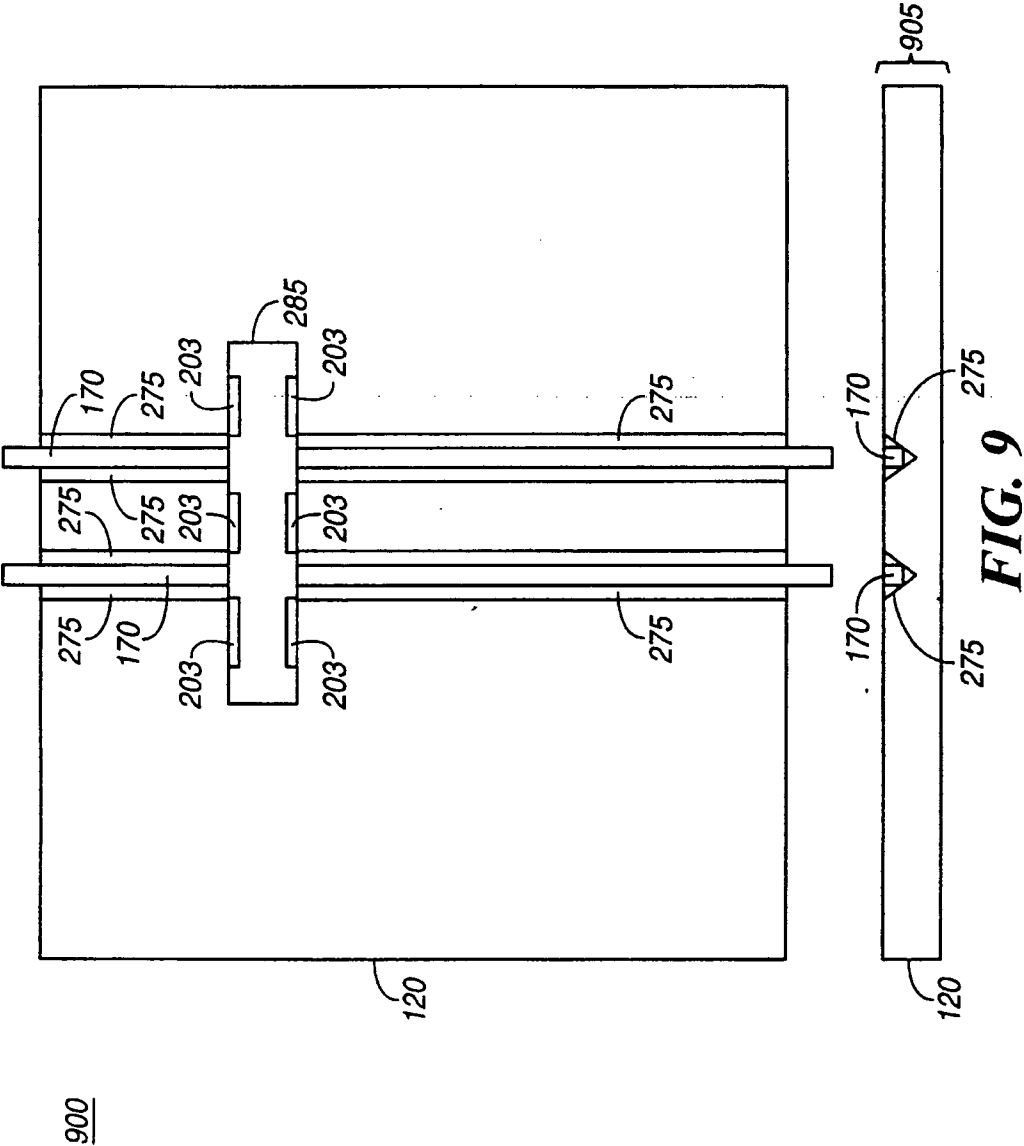


FIG. 7





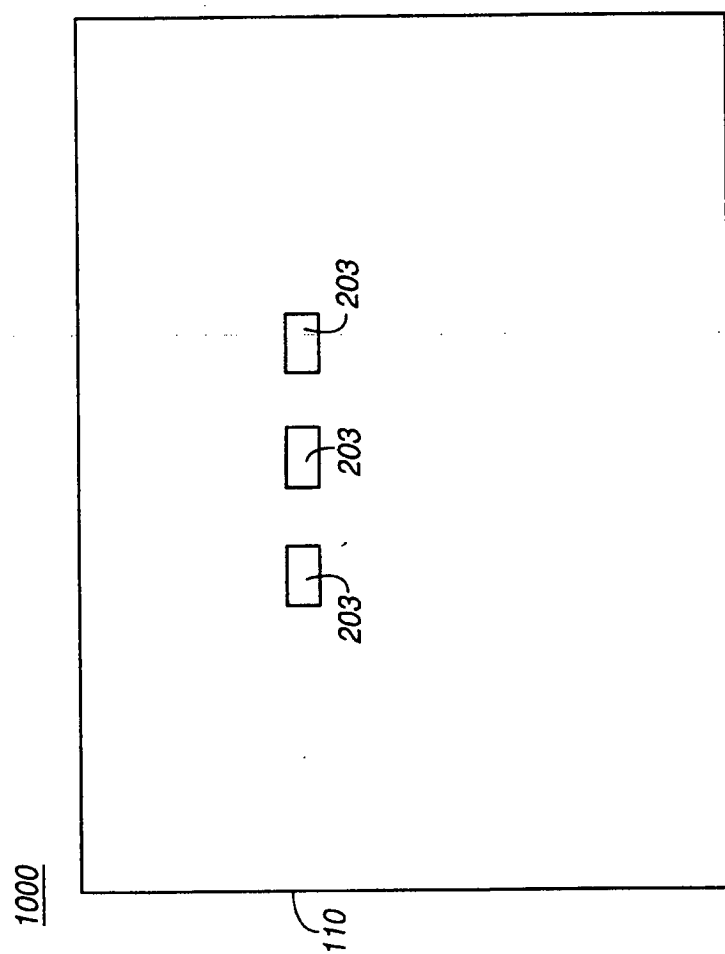


FIG. 10