



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 103 60 865 B4** 2010.04.01

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **103 60 865.6**
(22) Anmeldetag: **23.12.2003**
(43) Offenlegungstag: **18.11.2004**
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **01.04.2010**

(51) Int Cl.⁸: **G02B 6/35** (2006.01)

Innerhalb von drei Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(30) Unionspriorität:
412859 14.04.2003 US

(73) Patentinhaber:
**Avago Technologies ECBU IP (Singapore) Pte.
Ltd., Singapore, SG**

(74) Vertreter:
**Dilg Haeusler Schindelmann
Patentanwaltsgesellschaft mbH, 80636 München**

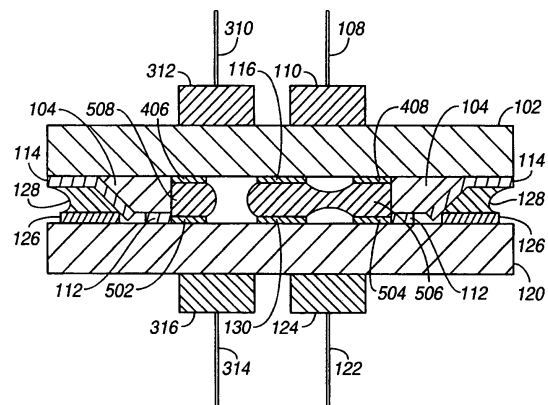
(72) Erfinder:
**Wong, Marvin Glenn, Woodland Park, Col., US;
Field, Leslie A., Portola Valley, Calif., US**

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:

US	64 87 333	B2
US	64 70 106	B2
US	2003/00 12 483	A1
US	65 15 404	B1
US	65 12 322	B1
US	63 60 775	B1
US	63 56 679	B1
US	45 82 391	A

(54) Bezeichnung: **Optischer Polymer-Flüssigmetall-Schalter**

(57) Hauptanspruch: Optischer Polymerschalter mit folgenden Merkmalen:
einer Polymerschicht (104);
einem Schaltkanal (106), der in der Polymerschicht gebildet ist;
einem Schaltersubstrat (120), das eine innere Oberfläche und eine äußere Oberfläche aufweist, wobei die innere Oberfläche an der Polymerschicht (104) angebracht ist;
einem Flüssigmetallschalter, der an der inneren Oberfläche des Schaltersubstrats (120) gebildet ist und in dem Schaltkanal (106) enthalten ist, wobei der Flüssigmetallschalter ein erstes Flüssigmetallvolumen (508), ein zweites Flüssigmetallvolumen (506) und ein drittes Flüssigmetallvolumen aufweist, wobei das dritte Flüssigmetallvolumen angepaßt ist, um sich mit entweder dem ersten Flüssigmetallvolumen (508) oder dem zweiten Flüssigmetallvolumen (506) zu vereinigen;
einem ersten optischen Pfad, der senkrecht zu der inneren Oberfläche des Schaltersubstrats durch den Schaltkanal (106) verläuft und zwischen dem ersten Flüssigmetallvolumen (508) und dem dritten Flüssigmetallvolumen liegt und offen ist, wenn sich das zweite Flüssigmetallvolumen (506) und das dritte Flüssigmetallvolumen vereinigen;
einem zweiten optischen Pfad, der senkrecht zu...



Beschreibung

[0001] Die Erfindung bezieht sich auf das Gebiet mikroelektromechanischer Systeme (MEMS) zum optischen Schalten und insbesondere auf einen optischen Polymer-Flüssigmetall-Schalter.

[0002] Es wurden Flüssigmetallschalter entwickelt, die das Erwärmen von Gasen verwenden, um Druckveränderungen zu erzeugen, die die Schalter betätigen, indem Zwischenräume bei Flüssigmetalltropfen, die in Kanälen eingeschlossen sind, erzeugt werden (um optische Pfade zu entsperren) und die Tropfen bewegt werden, um zwischen Kontakten zu benetzen (um optische Pfade zu blockieren). Ein gegenwärtiges Verfahren, das zur Herstellung der Kanalstrukturen verwendet wird, weist Auflösungs- und Genauigkeitseinschränkungen auf, da es zur Erzeugung der Kanäle Sandstrahlen verwendet. Zusätzlich bewirkt die Art und Weise, wie Heizerwiderstände gegenwärtig auf dem Keramiksubstrat gebildet werden, Energieineffizienzen aus einem Wärmeverlust in das Keramiksubstrat.

[0003] Die US 2003/0012483 A1 offenbart eine mikrofluide Steuerung für optische Wellenleiter-Schalter. Der Wellenleiterschalter weist ein Siliziumsubstrat auf, auf dem eine Schicht aufgebracht wird, in der Fluidkanäle erzeugt werden. Die Fluidkanäle werden beispielsweise mit einer Flüssigkeit gefüllt, um einen optischen Schalter zum Schalten von Licht in einem optischen Leiter parallel zu der Oberfläche des Substrats zu schalten.

[0004] Die US 6,356,679 B1 offenbart ein optisches Wegleitungselement für optische Leiter, bei dem eine Mehrzahl von planaren Waveguides mit einer Mehrzahl von diagonalen Gräben verbunden ist. In den diagonalen Gräben ist ein Selektiv-Reflexions-Element angeordnet, welches ein Thermisch-Ausdehnungs-Element, beispielsweise ein Polymer, sein kann. Ferner kann als reflektierendes Element Quecksilber vorgesehen sein, welches selektiv in den Lichtweg bewegt werden kann.

[0005] Die US 6,360,775 B1 offenbart einen Kapillar-Fluid-Schalter mit einer asymmetrischen Blaskammer. In einer Kapillarstruktur, die durch Wände definiert ist, sind ein erstes Fluid und ein zweites Fluid angeordnet, wobei das zweite Fluid eine Blase in dem ersten Fluid bildet. Die Kapillarstruktur und ein Seele-Bereich sind in einer Einhüllschicht ausgebildet. Die Einhüllschicht ist über eine Polymerschicht mit einem Substrat verbunden. Ein Heizwiderstand ist ferner auf dem Substrat vorgesehen, um die Flüssigkeit in der Kapillarstruktur zu erwärmen.

[0006] Die US 6,470,106 B2 beschreibt einen optischen Schalter, der mittels thermisch induzierten Druckpulsen bistabil betrieben wird. Licht, das ent-

lang einer Mehrzahl von optischen Kanälen geleitet wird, wird an einer Flüssigkeit, abhängig davon ob dieselben in dem optischen Weg sind, reflektiert oder durchgelassen. Eine Mehrzahl von Heizwiderständen ist vorgesehen, um die Flüssigkeit, die in einer Schalterkammer bewegt wird, zu erwärmen. Die Schalterkammer ist über eine Haltekammer mit einer Druckerzeugungskammer verbunden, in der die Heizwiderstände angeordnet sind.

[0007] Die US 6,487,333 B2 offenbart einen optischen Schalter, der eine planare Wellenleiterschaltung aufweist, die auf dem Substrat vorgesehen ist. Eine Mehrzahl von Grabenbereichen ist angeordnet, so dass die Wellenleiter von denselben durchschnitten werden. Ein bezüglich eines Brechungsindex angepasstes Material wird in den Grabenbereichen verwendet, um entweder in einem ersten Schaltungszustand Licht durchzulassen oder anderenfalls zu reflektieren.

[0008] Die US 6,515,404 B1 beschreibt ein piezoelektrisch betätigtes Flüssigmetall-Schaltelement, bei dem ein Fluidreservoir in einer oberen Schicht angeordnet ist. Eine zweite Schicht mit piezoelektrischen Eigenschaften ist zwischen der oberen und einer dritten Schicht, die einen Flüssigmetall-Kanal umfasst, angeordnet.

[0009] Die US 6,512,322 B1 beschreibt ein piezoelektrisches Halte-Relay, bei dem eine piezoelektrische Schicht auf einer Substratschicht angeordnet ist. Die piezoelektrische Schicht weist eine Kammer auf, die einen Schaltmechanismus für das Relay darstellt, welcher ferner ein Paar von piezoelektrischen Elementen umfasst, eine Mehrzahl von Schaltkontakten und eine bewegbare Flüssigkeit.

[0010] Die US 4,582,391 A offenbart einen optischen Schalter mit einer Flüssigkeit. Bei einem offenen optischen Pfad wird die Flüssigkeit nur auf einer Kontaktanschlussfläche angeschlossen. Der optische Pfad wird unterbrochen, indem ein Teil der Flüssigkeit durch einen – durch eine bewegliche Platte ausgelöst – mechanischen Druck in einen Bereich, den Lichtstrahlen durchqueren, eindringt. Dabei wird eine Bewegung der Platte mittels eines magnetischen Feldes gesteuert. In einem Ausführungsbeispiel werden zwei optische Pfade entweder gleichzeitig geöffnet oder gleichzeitig unterbrochen, indem sich ein Volumen der Flüssigkeit entweder nur auf der Kontaktanschlussfläche befindet oder auch – durch den mechanischen Druck der beweglichen Platte bedingt – in den Bereich außerhalb der Kontaktanschlussfläche eindringt.

[0011] Es ist die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, einen optischen Polymerschalter mit verbesserten Charakteristika oder ein verbessertes Herstellungsverfahren für denselben zu schaffen.

[0012] Diese Aufgabe wird durch einen optischen Polymerschalter gemäß Anspruch 1 oder 30 oder ein Verfahren gemäß Anspruch 22 gelöst.

[0013] Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf einen optischen Polymerschalter, in dem ein Schaltkanal in einer Polymerschicht gebildet ist. Der Kanal kann durch Mikrobearbeitungstechniken, wie z. B. Laserablation oder Photoabbildung, gebildet sein. Ein Flüssigmetallschalter ist innerhalb des Schaltkanals enthalten. Der Flüssigmetallschalter wirkt durch ein Blockieren oder Entsperren des optischen Pfades durch den Schaltkanal unter Verwendung eines Volumens eines Flüssigmetalls. Kontaktanschlusflächen innerhalb des Schaltkanals sind durch das Flüssigmetall benetzbar und liefern einen Verriegelungsmechanismus für den Schalter. Die Polymerschicht kann sich zwischen zwei transparenten Schaltersubstraten befinden.

[0014] Bevorzugte Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung werden nachfolgend Bezug nehmend auf die beiliegenden Zeichnungen näher erläutert, wobei gleiche Bezugszeichen verwendet werden, um die gleichen, ähnliche oder entsprechende Teile in den mehreren Ansichten der Zeichnungen zu beschreiben. Es zeigen:

[0015] [Fig. 1](#) eine Schnittansicht eines eigengehäusten optischen Polymer-Flüssigmetall-Schalters gemäß bestimmten Ausführungsbeispielen der vorliegenden Erfindung;

[0016] [Fig. 2](#) eine Schnittansicht eines zusammengebauten Schalters gemäß bestimmten Ausführungsbeispielen der vorliegenden Erfindung;

[0017] [Fig. 3](#) eine weitere Schnittansicht eines Polymer-Flüssigmetall-Schalters gemäß bestimmten Ausführungsbeispielen der vorliegenden Erfindung;

[0018] [Fig. 4](#) eine Ansicht der inneren Oberfläche einer Kanalträgerplatte gemäß bestimmten Ausführungsbeispielen der vorliegenden Erfindung;

[0019] [Fig. 5](#) eine Schnittansicht eines zusammengebauten optischen Polymerschalters in einem ersten Schalterzustand;

[0020] [Fig. 6](#) eine Schnittansicht eines zusammengebauten optischen Polymerschalters in einem zweiten Schalterzustand;

[0021] [Fig. 7](#) eine Ansicht der inneren Oberfläche eines Schaltersubstrats gemäß bestimmten Ausführungsbeispielen der vorliegenden Erfindung; und

[0022] [Fig. 8](#) eine Ansicht der äußeren Oberfläche einer Kanalträgerplatte gemäß bestimmten Ausführungsbeispielen der vorliegenden Erfindung.

[0023] Ein Aspekt der vorliegenden Erfindung ist die Verwendung von Mikrobearbeitungstechniken, wie z. B. Laserablation von Polyimid oder anderen Polymerfilmen oder -schichten, um eine Kanalstruktur in einem optischen Flüssigmetallschalter zu erzeugen. Dieses Verfahren erzielt bessere Toleranzen und eine bessere Auflösung als durch Sandstrahlen erzielt werden kann. Bei einem Ausführungsbeispiel ist eine Kanalschicht aus Kapton (einer Blattform von Polyimid) oder einem anderen geeigneten Polymerfilm durch Laserabtragen bzw. -ablieren der notwendigen Kanalmerkmale in dasselbe/denselben aufgebaut. Die Kanalschicht wird dann unter Verwendung eines geeigneten Haftmittels, wie z. B. Cytop oder KJ (einem thermoplastischen Polyimid mit Hafteigenschaften), an dem Schaltersubstrat angeheftet. Kapton ist für Wasserdampf permeabel. Wenn Wasserdampf aus der resultierenden Anordnung ausgeschlossen werden soll, kann die Anordnung für eine hermetische Abdichtung gehäust werden oder kann durch Laminierung an eine impermeable Trägerplatte „eigengehäust“ und unter Verwendung von Lötmittel an das Schaltersubstrat abgedichtet werden. Die Trägerplatte kann z. B. aus Metall, Glas, Silizium oder Keramik hergestellt sein. Die obere und die untere Trägerplatte können aus transparenten Materialien, z. B. Glas oder Quarz, hergestellt sein, um den Durchgang optischer Signale durch dieselben zu ermöglichen.

[0024] Bei einem weiteren Ausführungsbeispiel wird die Polymerkanalschicht durch ein Beschichten einer Trägerplatte mit einem geeigneten Flüssigpolymer (wie z. B. einem Aufschleuderpolyimid), durch ein Härten desselben und ein darauffolgendes Erzeugen der gewünschten Kanalstruktur durch Laserablation hergestellt. Alternativ kann, wenn das Material photoabbildbar ist, die Kanalstruktur durch ein Belichten und Entwickeln der notwendigen Merkmale, bevor das Material ausgehärtet wird, hergestellt werden. Die resultierende Kanalschicht kann eine Schicht eines Haftmittels aufweisen, die auf dieselbe z. B. durch Aufschleuderbeschichtung oder Sprühbeschichtung aufgebracht und dann photoabgebildet oder laserabgetragen wird. Cytop könnte durch den ersten Prozeß verarbeitet werden; KJ könnte durch letzteren verarbeitet werden.

[0025] Es ist ebenso wünschenswert, den Verlust von Wärme aus den Widerständen in das Substrat so weit wie möglich zu beseitigen. Dies kann durch ein Erzeugen von Taschen in der Oberfläche des Schaltersubstrats und ein Füllen derselben mit einem Polymer mit niedriger Wärmeleitfähigkeit, wie z. B. Polyimid, bevor die Widerstände aufgebracht werden, durchgeführt werden. Die Treibersignale zu den Widerständen können z. B. durch Durchgangslöcher durch das Schaltersubstrat oder durch Leiterbahnen auf dem Schaltersubstrat oder Leiterbahnen, die durch dasselbe verlaufen, geleitet werden.

[0026] Bei einem weiteren Ausführungsbeispiel wird ein Wärmeverlust aus den Widerständen zu dem Substrat durch ein Verwenden eines Polymers, wie z. B. Polyimid, mit einer niedrigen Wärmeleitfähigkeit und einer Widerstandskraft gegenüber hohen Temperaturen für das Schaltersubstrat reduziert. Die Widerstände können direkt auf das Polyimid oder auf Zwischenschichten, wie dies erwünscht wird, aufgebracht sein. Ein Dünnen des Polyimids unter oder nahe der Heizerregion kann verwendet werden, um eine Wärmeleitung und Wärmekapazität in dem Heizerbereich zu reduzieren. Dieser Ansatz weist jedoch den Nachteil auf, daß ein separates Gehäuse benötigt wird, wenn eine hermetische Abdichtung erwünscht wird.

[0027] [Fig. 1](#) zeigt eine Schnittansicht eines eigengehausten optischen Polymer-Flüssigmetall-Schalters eines Ausführungsbeispiels der vorliegenden Erfindung. Der Schalter aus [Fig. 1](#) ist vor einem Endzusammenbau in zwei Teilen gezeigt. Der obere Teil umfaßt eine transparente Kanalträgerplatte **102**, die eine Polymerschicht **104** bedeckt. Bei anderen Ausführungsbeispielen können lichtundurchlässige Substrate, die Wellenleiter enthalten, verwendet werden. Die transparente Kanalträgerplatte **102** kann z. B. aus Glas oder Quarz hergestellt sein. Das Polymer kann z. B. Polyimid sein, das ein träger Kunststoff ist, der widerstandsfähig gegenüber hohen Temperaturen ist. Ein Schaltkanal **106** ist in der Polymerschicht gebildet. Eine optische Faser **108** ist mit der transparenten Kanalträgerplatte **102** durch ein optisches Verbindungselement **110** gekoppelt. Eine Schicht aus Haftmittel **112** bedeckt die Unterseite der Polymerschicht **104**. Das Haftmittel kann z. B. Cytop oder KJ sein. Alternativ kann das Haftmittel auf die obere Oberfläche des transparenten Schaltersubstrats **120** des unteren Teils aufgebracht sein. Bei dem bevorzugten Ausführungsbeispiel ist die Haftschrift etwa 7 µm dick. Ein oberer Lötmitteiring **114** ist an dem Umfang der Unterseite der transparenten Kanalträgerplatte **102** und den Seiten der Polymerschicht **104** angebracht. Der obere Lötmitteiring ist durch geschmolzenes Lötmetittel benetzbar.

[0028] Der untere Teil des Schalters aus [Fig. 1](#) umfaßt ein transparentes Schaltersubstrat **120**. Das Substrat kann z. B. aus Glas oder Quarz hergestellt sein. Eine optische Faser **122** ist mit dem transparenten Schaltersubstrat **120** durch ein optisches Verbindungselement **124** gekoppelt. Ein unterer Lötmitteiring **126** ist an dem Umfang der inneren Oberfläche des transparenten Schaltersubstrats **120** angebracht. Der obere Lötmitteiring ist durch geschmolzenes Lötmetittel **128** benetzbar. Benetzbare Kontaktanschlusßflächen, wie z. B. die, die bei **130** gezeigt ist, sind ebenso auf der inneren Oberfläche des transparenten Schaltersubstrats **120** gebildet und sind mit dem Kanal **106** in dem oberen Teil des Schalters ausgerichtet, wenn die beiden Teile zusammengebaut

werden. Die benetzbare Kontaktanschlusßfläche **130** ist durch ein Flüssigmetall, wie z. B. Quecksilber, benetzbar, das verwendet wird, um einen Verriegelungsmechanismus in dem Schalter bereitzustellen. Bei dem bevorzugten Ausführungsbeispiel ist der Kontakt etwa 800 nm dick. Elektrische Verbindungselemente **306** und **330** liefern Treibersignale an Heizer, die unten Bezug nehmend auf [Fig. 3](#) genauer beschrieben sind.

[0029] [Fig. 2](#) zeigt eine Schnittansicht des zusammengebauten Schalters. Die Haftschrift **112** verbindet die Polymerschicht **104** mit dem transparenten Schaltersubstrat **120** und erzeugt einen Hohlraum **106** innerhalb des Schalters. Die Kontaktanschlusßfläche **130** ist an einer Seite des Hohlraums **106** positioniert. Das Lötmetittel **128** wird durch Oberflächenspannung gezogen, um den Zwischenraum zwischen dem oberen Lötmitteiring **114** und dem unteren Lötmitteiring **126** zu füllen. Dies liefert eine zuverlässige hermetische Abdichtung für das Innere des Schalters. Unter der Voraussetzung, daß ausreichend Lötmetittel vorliegt, garantieren die benetzbaren Lötmitteiringe, daß die Abdichtung vollständig ist.

[0030] [Fig. 3](#) zeigt eine weitere Schnittansicht eines Polymerschalters der vorliegenden Erfindung. Die Polymerschicht **104** in dem oberen Teil enthält einen Heizerhohlraum **302**. Ein Heizer **304**, wie z. B. ein Widerstand, ist an der inneren Oberfläche des transparenten Schaltersubstrats **120** positioniert und mit dem Heizerhohlraum **302** ausgerichtet. Wenn die beiden Teile zusammengebaut werden, befindet sich der Heizer im Inneren des Heizerhohlraums. Elektrische Leiter **306** und **308** liefern elektrische Verbindungen zu dem Heizer. In Betrieb wird eine Spannung über den Heizer angelegt und das Gas in dem Heizerhohlraum wird erwärmt, was einen Anstieg von Druck und Volumen des Gases bewirkt. Wahlweise ist eine zweite optische Faser **310** mit der transparenten Kanalträgerplatte **102** über ein optisches Verbindungselement **312** gekoppelt. Eine entsprechende optische Faser **314** ist mit dem transparenten Schaltersubstrat **120** über ein optisches Verbindungselement **316** gekoppelt, so daß die optischen Fasern **310** und **314** optisch ausgerichtet sind. Isolierungsschichten **318** und **320** liefern eine elektrische Isolierung zwischen den elektrischen Leitern **306** und **308** und dem Lötmitteiring **126**. Die Schichten können z. B. aufgeschleudertes Glas oder eine Dünnschichtpassivierungsschicht, wie z. B. SiNx oder SiO₂, sein. Die Schicht ist vorzugsweise ausreichend dünn, daß sie die Erzeugung der Lötmetittelverbindung zwischen den Lötmitteiringen nicht behindert. Eine Polymerschicht **322** (wie z. B. eine Polyimidschicht) trennt den Heizer **304** von dem transparenten Schaltersubstrat **120**.

[0031] [Fig. 4](#) ist eine Ansicht der Unterseite der transparenten Kanalträgerplatte **102**. Der obere Lötmitteiring **114** ist an dem Umfang der inneren Ober-

fläche der transparenten Kanalträgerplatte **102** angebracht. Ein Kanal **402** ist in der Polymerschicht **104** enthalten. Das Haftmittel **112** ist in dieser Ansicht nicht gezeigt. In dem Kanal befinden sich Heizerhohlräume **302** und **404** und ein Schaltkanal **106**. In dem Schaltkanal **106** befinden sich drei Kontaktanschlußflächen **406**, **116** und **408**. Die Oberflächen der Kontaktanschlußflächen sind durch Flüssigmetall benetzbar. Der Schnitt 1-1 ist als der obere Teil in [Fig. 1](#) gezeigt. Der Schnitt 3-3 ist um 90° gedreht als der obere Teil in [Fig. 3](#) gezeigt. Der Schnitt 5-5 ist um 90° gedreht als der obere Teil in [Fig. 5](#) gezeigt.

[0032] [Fig. 5](#) ist eine Schnittansicht eines zusammengebauten optischen Polymerschalters durch den Schnitt 5-5 aus [Fig. 4](#). Die Ansicht wurde um 90° gedreht. Die Figur zeigt einen Längsschnitt durch den Schaltkanal **106**. In dem Schaltkanal **106** befinden sich obere Kontaktanschlußflächen **406**, **116** und **408** und untere Kontaktanschlußflächen **502**, **130** und **504**. Die oberen und unteren Kontakte können gekoppelt sein, um Kontaktringe zu bilden. Ebenso in dem Schaltkanal enthalten ist ein Volumen eines Flüssigmetalls, das als zwei Flüssigmetallvolumina **506** und **508** gezeigt ist. Die Flüssigmetallvolumina werden durch die Oberflächenspannung des Flüssigmetalls in Kontakt mit den Kontaktanschlußflächen gehalten. Die benetzbaren Kontaktanschlußflächen und die Oberflächenspannung des Flüssigmetalls liefern einen Verriegelungsmechanismus für den Schalter. Wenn das Flüssigmetall wie in [Fig. 5](#) gezeigt verteilt ist, wird der optische Pfad zwischen den optischen Fasern **108** und **122** durch das Flüssigmetall blockiert, während der Pfad zwischen den optischen Fasern **310** und **314** offen ist. Wenn eine Spannung an den Heizer (**304** in [Fig. 3](#)) angelegt wird, wird der Druck in dem Heizerhohlraum (**302** in [Fig. 3](#)) erhöht. Der Heizerhohlraum ist mit dem Schalthohlraum gekoppelt und der Druck in dem rechten Ende des Schalthohlraums aus [Fig. 5](#) wird ebenso erhöht. Der erhöhte Druck überwindet die Oberflächenspannung und unterbricht die Flüssigmetallverbindung zwischen den Kontaktanschlußflächen **408** und **504** und den Kontaktanschlußflächen **116** und **130**. Ein Teil des Flüssigmetalls bewegt sich entlang des Schaltkanals und vereinigt sich mit dem Flüssigmetallvolumen **508**. Auf diese Weise wird der optische Pfad zwischen den optischen Fasern **108** und **122** geöffnet, während das Flüssigmetall den Pfad zwischen den optischen Fasern **310** und **314** blockiert. Der resultierende geschaltete Zustand ist in [Fig. 6](#) gezeigt. Wenn eine Spannung an einen entsprechenden Heizer in dem Heizerhohlraum **404** (in [Fig. 4](#) gezeigt) angelegt wird, wird der Schalterzustand umgekehrt.

[0033] [Fig. 7](#) ist eine Ansicht der inneren Oberfläche des unteren Teils des Schalters, d. h. der oberen Oberfläche des transparenten Schaltersubstrats **120**. Der untere Lötmetallring **126** bedeckt den Umfang

des transparenten Schaltersubstrats **120**. Das Lötmetall selbst ist in dieser Ansicht nicht gezeigt. Ein Heizer **304** ist auf dem Substrat positioniert, um mit dem Heizerhohlraum **302** (in [Fig. 3](#) und [Fig. 4](#) gezeigt) ausgerichtet zu sein, wenn der Schalter zusammengebaut wird. Ein Heizer **702** ist auf dem Substrat positioniert, um mit dem Heizerhohlraum **404** (in [Fig. 4](#) gezeigt) ausgerichtet zu sein, wenn der Schalter zusammengebaut wird. Elektrische Verbindungen **306** und **308** erstrecken sich von dem Heizer **304** zu den Kanten des Substrats, so dass eine elektrische Spannung an den Heizer **304** angelegt werden kann. Die elektrischen Verbindungen **308** und **306** erstrecken sich von dem Heizer **304** zu den Kanten des Substrats, so dass eine elektrische Spannung an den Heizer **304** angelegt werden kann. Alternativ könnten die elektrischen Leiter durch Durchgangslöcher in dem Schaltersubstrat verlaufen. Isolierungsschichten **318** und **320** trennen die elektrischen Verbindungen von dem Lötmetallring **126**. Eine Polymerschicht **322** trennt den Heizer **304** von dem transparenten Schaltersubstrat **120**. Entsprechende Verbindungen und Isolierungsschichten werden verwendet, um den zweiten Heizer **702** mit der Kante des Substrats zu verbinden. Kontaktanschlußflächen **502**, **130** und **504** weisen eine Oberfläche auf, die durch das Flüssigmetall in der Schaltkammer benetzbar ist. Der Schnitt 1-1 ist als der untere Teil in [Fig. 1](#) gezeigt. Der Schnitt 3-3 (um 90° gedreht) ist als der untere Teil in [Fig. 3](#) gezeigt. Der Schnitt 5-5 ist (um 90° gedreht) als der untere Teil in [Fig. 5](#) gezeigt.

[0034] [Fig. 8](#) ist eine Ansicht der äußeren Oberfläche der transparenten Kanalträgerplatte **102**. An der Platte angebracht sind optische Verbindungselemente **312** und **110**, die die optischen Fasern **310** und **108** mit der Platte koppeln.

Patentansprüche

1. Optischer Polymerschalter mit folgenden Merkmalen:
 einer Polymerschicht (**104**);
 einem Schaltkanal (**106**), der in der Polymerschicht gebildet ist;
 einem Schaltersubstrat (**120**), das eine innere Oberfläche und eine äußere Oberfläche aufweist, wobei die innere Oberfläche an der Polymerschicht (**104**) angebracht ist;
 einem Flüssigmetallschalter, der an der inneren Oberfläche des Schaltersubstrats (**120**) gebildet ist und in dem Schaltkanal (**106**) enthalten ist, wobei der Flüssigmetallschalter ein erstes Flüssigmetallvolumen (**508**), ein zweites Flüssigmetallvolumen (**506**) und ein drittes Flüssigmetallvolumen aufweist, wobei das dritte Flüssigmetallvolumen angepaßt ist, um sich mit entweder dem ersten Flüssigmetallvolumen (**508**) oder dem zweiten Flüssigmetallvolumen (**506**) zu vereinigen;
 einem ersten optischen Pfad, der senkrecht zu der in-

neren Oberfläche des Schaltersubstrats durch den Schaltkanal (106) verläuft und zwischen dem ersten Flüssigmetallvolumen (508) und dem dritten Flüssigmetallvolumen liegt und offen ist, wenn sich das zweite Flüssigmetallvolumen (506) und das dritte Flüssigmetallvolumen vereinigen;
 einem zweiten optischen Pfad, der senkrecht zu der inneren Oberfläche des Schaltersubstrats durch den Schaltkanal (106) verläuft und zwischen dem zweiten (506) und dem dritten Flüssigmetallvolumen liegt und offen ist, wenn sich das erste Flüssigmetallvolumen (508) und das dritte Flüssigmetallvolumen vereinigen;
 einem ersten Heizer (304) und einem zweiten Heizer (702), wobei ein Betrieb des ersten Heizers (304) bewirkt, daß sich das dritte Flüssigmetallvolumen mit dem ersten Flüssigmetallvolumen (508) vereinigt, und ein Betrieb des zweiten Heizers (702) bewirkt, daß sich das dritte Flüssigmetallvolumen mit dem zweiten Flüssigmetallvolumen (506) vereinigt.

2. Optischer Polymerschalter gemäß Anspruch 1, der ferner eine Schicht eines Haftmittels zwischen dem Schaltersubstrat (120) und der Polymerschicht (104) aufweist.

3. Optischer Polymerschalter gemäß Anspruch 1 oder 2, der ferner eine Kanalträgerplatte (102) aufweist, die eine innere Oberfläche und eine äußere Oberfläche aufweist, wobei die innere Oberfläche der Kanalträgerplatte (102) so an der Polymerschicht (104) angebracht ist, daß die Polymerschicht zwischen der Kanalträgerplatte und dem Schaltersubstrat (120) liegt.

4. Optischer Polymerschalter gemäß Anspruch 3, bei dem die Kanalträgerplatte (102) und das Schaltersubstrat (120) transparent sind.

5. Optischer Polymerschalter gemäß Anspruch 4, bei dem zumindest entweder die Kanalträgerplatte (102) oder das Schaltersubstrat (120) Glas ist.

6. Optischer Polymerschalter gemäß Anspruch 4, bei dem zumindest entweder die Kanalträgerplatte (102) oder das Schaltersubstrat (120) Quarz ist.

7. Optischer Polymerschalter gemäß einem der Ansprüche 4 bis 6, der ferner folgende Merkmale aufweist:
 ein erstes optisches Verbindungselement (312), das mit der äußeren Oberfläche der Kanalträgerplatte (102) gekoppelt ist; und
 ein zweites optisches Verbindungselement (124), das mit der äußeren Oberfläche des Schaltersubstrats (120) gekoppelt ist, wobei das zweite optische Verbindungselement (316) optisch mit dem ersten optischen Verbindungselement (312) ausgerichtet ist, um den ersten optischen Pfad durch den Schaltkanal (106) zu bilden.

8. Optischer Polymerschalter gemäß einem der Ansprüche 3 bis 7, der ferner eine hermetische Abdichtung zwischen der Kanalträgerplatte (102) und dem Schaltersubstrat (120) aufweist, wobei die hermetische Abdichtung, die Kanalträgerplatte und das Schaltersubstrat die Polymerschicht (104) umschließen.

9. Optischer Polymerschalter gemäß Anspruch 8, bei dem die hermetische Abdichtung folgende Merkmale aufweist:
 einen ersten Lötmittelring (114), der an dem Umfang der inneren Oberfläche der Kanalträgerplatte (102) angebracht ist und die Polymerschicht (104) umgibt;
 einen zweiten Lötmittelring (126), der an dem Umfang der inneren Oberfläche des Schaltersubstrats (120) angebracht ist; und
 eine Lötmittelverbindung (128), die den ersten (114) und den zweiten (126) Lötmittelring verbindet.

10. Optischer Polymerschalter gemäß Anspruch 9, bei dem der erste (114) und der zweite (126) Lötmittelring durch geschmolzenes Lötmetall benetzbar sind.

11. Optischer Polymerschalter gemäß einem der Ansprüche 1 bis 10, bei dem der Flüssigmetallschalter folgende Merkmale aufweist:
 eine erste äußere Kontaktanschlußfläche (406), die sich in dem Schaltkanal (106) befindet und eine Oberfläche aufweist, die durch ein Flüssigmetall benetzbar ist;
 eine zweite äußere Kontaktanschlußfläche (408), die sich in dem Schaltkanal (106) befindet und eine Oberfläche aufweist, die durch ein Flüssigmetall benetzbar ist;
 eine mittlere Kontaktanschlußfläche (116), die sich in dem Schaltkanal (106) zwischen der ersten (406) und der zweiten (408) äußeren Kontaktanschlußfläche befindet und eine Oberfläche aufweist, die durch ein Flüssigmetall benetzbar ist; wobei
 das erste Flüssigmetallvolumen (508) in dem Schaltkanal (106) enthalten ist und in einem benetzten Kontakt zu der ersten äußeren Kontaktanschlußfläche (406) steht;
 das zweite Flüssigmetallvolumen (506) in dem Schaltkanal (106) enthalten ist und in einem benetzten Kontakt zu der zweiten äußeren Kontaktanschlußfläche (408) steht; und
 das dritte Flüssigmetallvolumen in dem Schaltkanal (106) enthalten ist und in einem benetzten Kontakt zu der mittleren Kontaktanschlußfläche (116) steht.

12. Optischer Polymerschalter gemäß einem der Ansprüche 1 bis 11, bei dem der Flüssigmetallschalter ferner folgende Merkmale aufweist:
 einen ersten Heizerhohlraum (302), der in der Polymerschicht (104) gebildet ist und mit dem Schaltkanal (106) gekoppelt ist;
 einen zweiten Heizerhohlraum (404), der in der Poly-

merschicht (104) gebildet und mit dem Schaltkanal (106) gekoppelt ist; wobei der erste Heizer (304) in dem ersten Heizerhohlraum (302) positioniert und angepaßt ist, um ein Fluid in dem ersten Hohlraum zu erwärmen; und der zweite Heizer (702) in dem zweiten Heizerhohlraum (404) positioniert und angepaßt ist, um ein Fluid in dem zweiten Hohlraum zu erwärmen.

13. Optischer Polymerschalter gemäß einem der Ansprüche 1 bis 12, der ferner folgende Merkmale aufweist:

eine erste elektrische Verbindung (306, 308), die an der inneren Oberfläche des Schaltersubstrats (120) gebildet und elektrisch mit dem ersten Heizer (304) verbunden ist; und eine zweite elektrische Verbindung, die an der inneren Oberfläche des Schaltersubstrats (120) gebildet und elektrisch mit dem zweiten Heizer (702) verbunden ist.

14. Optischer Polymerschalter gemäß einem der Ansprüche 1 bis 13, bei dem zumindest entweder der erste Heizer (304) oder der zweite Heizer (702) von dem Schaltersubstrat (120) durch eine Anschlußfläche (322), die aus einem Polymermaterial hergestellt ist, getrennt ist.

15. Optischer Polymerschalter gemäß einem der Ansprüche 11 bis 14, bei dem die erste (406) und die zweite (408) äußere Kontaktanschlußfläche und die mittlere Kontaktanschlußfläche (116) an der inneren Oberfläche des Schaltersubstrats (120) befestigt sind.

16. Optischer Polymerschalter gemäß Anspruch 11, bei dem die erste (406) und die zweite (408) äußere Kontaktanschlußfläche und die mittlere Kontaktanschlußfläche (116) an der inneren Oberfläche der Kanalträgerplatte (102) befestigt sind.

17. Optischer Polymerschalter gemäß Anspruch 11 oder 16, bei dem zumindest eine der ersten äußeren Kontaktanschlußfläche (406), der zweiten äußeren Kontaktanschlußfläche (408) und der mittleren Kontaktanschlußfläche (116) ein Paar von Kontaktanschlußflächen aufweist, wobei eine des Paares von Kontaktanschlußflächen an der inneren Oberfläche der Kanalträgerplatte (102) befestigt ist und die andere an der inneren Oberfläche des Schaltersubstrats (120) befestigt ist.

18. Optischer Polymerschalter gemäß Anspruch 11, bei dem zumindest eine der ersten äußeren Kontaktanschlußfläche (406), der zweiten äußeren Kontaktanschlußfläche (408) und der mittleren Kontaktanschlußfläche (116) einen Kontaktring aufweist, der an den Wänden des Schaltkanals angebracht ist.

19. Optischer Polymerschalter gemäß einem der

Ansprüche 1 bis 18, bei dem die Polymerschicht (104) aus Polyimid besteht.

20. Optischer Polymerschalter gemäß einem der Ansprüche 1 bis 19, bei dem die Polymerschicht (104) aus Kapton besteht.

21. Optischer Polymerschalter gemäß einem der Ansprüche 1 bis 20, bei dem das Schaltersubstrat (120) aus einem Polymer besteht.

22. Verfahren zum Herstellen eines optischen Polymerschalters, wobei das Verfahren folgende Schritte aufweist:

Bilden einer Mehrzahl von Kontaktanschlußflächen (502, 504, 130) auf einem Schaltersubstrat (120);
Bilden eines ersten Heizers (304) und eines zweiten Heizers (702) auf dem Schaltersubstrat (120);
Bilden einer Kanalstruktur in einer Schicht aus Polymer (104), wobei die Kanalstruktur einen Schaltkanal (106), einen ersten Heizerhohlraum (302) und einen zweiten Heizerhohlraum (404) aufweist, die mit dem Schaltkanal (106) gekoppelt ist;
Bilden eines ersten optischen Pfades und eines zweiten optischen Pfades, so dass die optischen Pfade senkrecht zu einer inneren Oberfläche des Schaltersubstrats (120) durch den Schaltkanal (106) verlaufen, wobei

ein erstes Volumen (508), ein zweites Volumen (506) und ein drittes Volumen eines Flüssigmetalls auf zumindest einer der Mehrzahl von Kontaktanschlußflächen (502, 504, 130) platziert werden und das dritte Volumen angepasst wird, so dass sich das dritte Volumen mit entweder dem ersten Volumen (508) oder dem zweiten Volumen (506) vereinigen kann; und
Anbringen des Schaltersubstrats (120) an der Polymerschicht (104), derart, daß der erste Heizer (304) sich in dem ersten Heizerhohlraum (302) und der zweite Heizer (702) sich in dem zweiten Heizerhohlraum (404) befindet und die Mehrzahl von Kontaktanschlußflächen (502, 504, 130) sich in dem Schaltkanal (106) befindet, so dass ein Betrieb des ersten Heizers (304) bewirkt, daß sich das dritte Flüssigmetallvolumen mit dem ersten Flüssigmetallvolumen (508) vereinigt, und ein Betrieb des zweiten Heizers (702) bewirkt, daß sich das dritte Flüssigmetallvolumen mit dem zweiten Flüssigmetallvolumen (506) vereinigt.

23. Verfahren gemäß Anspruch 22, bei dem die Kanalstruktur in der Schicht aus Polymer durch eine Mikrobearbeitung gebildet wird.

24. Verfahren gemäß Anspruch 23, bei dem die Kanalstruktur in der Schicht aus Polymer durch Laserablation der Schicht aus Polymer gebildet wird.

25. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 22 bis 24, bei dem die Polymerschicht (104) auf einer Kanalträgerplatte (102) gebildet ist.

26. Verfahren gemäß Anspruch 25, das ferner folgende Schritte aufweist:

Anbringen eines ersten Lötmittehrings (114) an dem Umfang der inneren Oberfläche der Kanalträgerplatte (102), wobei der erste Lötmittehring (114) durch geschmolzenes Lötmittehl benetzbar ist;
Anbringen eines zweiten Lötmittehrings (126) an dem Umfang der inneren Oberfläche eines Schaltersubstrats (120), wobei der zweite Lötmittehring durch geschmolzenes Lötmittehl benetzbar ist; und
Löten des ersten Lötmittehrings (114) an den zweiten Lötmittehring (126), um eine Abdichtung um die Polymerschicht (104) herum zu bilden.

27. Verfahren gemäß Anspruch 25 oder 26, bei dem das Bilden der Kanalstruktur in der Schicht aus Polymer (104) folgende Schritte aufweist:

Beschichten der Kanalträgerplatte (102) mit einem flüssigen Polymer;
Aushärten des flüssigen Polymers; und
Abtragen des Polymers unter Verwendung eines Lasers, um die Kanalstruktur zu bilden.

28. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 22 bis 26, bei dem das Formen der Kanalstruktur in der Schicht aus Polymer (104) folgende Schritte aufweist:

Bedecken einer Oberfläche der Kanalträgerplatte (102) mit einem Polymer; und
Bilden der Kanalstruktur durch Photoabbildung.

29. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 22 bis 28, bei dem das Anbringen des Schaltersubstrats (120) an der Polymerschicht (104) folgende Schritte aufweist:

Aufbringen einer Schicht eines Haftmittels auf zumindest entweder die Polymerschicht (104) oder das Schaltersubstrat (120); und
Bringen der Polymerschicht (104) in Kontakt mit dem Schaltersubstrat (120).

30. Optischer Polymerschalter mit folgenden Merkmalen:

einer Kanalträgerplatte (102);
einem Schaltersubstrat (120), das eine innere Oberfläche und eine äußere Oberfläche aufweist;
einer Polymerschicht (104), die zwischen der Kanalträgerplatte (102) und dem Schaltersubstrat (120) positioniert ist;
einem Schaltkanal (106), der in der Polymerschicht (104) gebildet ist;
einem Flüssigmetallschalter, der an der inneren Oberfläche des Schaltersubstrats (120) gebildet und in dem Schaltkanal (106) enthalten ist, wobei der Flüssigmetallschalter ein erstes Flüssigmetallvolumen (508), ein zweites Flüssigmetallvolumen (506) und ein drittes Flüssigmetallvolumen aufweist, wobei das dritte Flüssigmetallvolumen angepaßt ist, um sich mit entweder dem ersten Flüssigmetallvolumen (508) oder dem zweiten Flüssigmetallvolumen (506)

zu vereinigen;

einem ersten optischen Pfad, der senkrecht zu der inneren Oberfläche des Schaltersubstrats von der Kanalplatte durch den Schaltkanal (106) zu der inneren Oberfläche des Schaltersubstrats verläuft und zwischen dem ersten Flüssigmetallvolumen (508) und dem dritten Flüssigmetallvolumen liegt und offen ist, wenn sich das zweite Flüssigmetallvolumen (506) und das dritte Flüssigmetallvolumen vereinigen;
einem zweiten optischen Pfad, der senkrecht zu der inneren Oberfläche des Schaltersubstrats durch den Schaltkanal (106) verläuft und zwischen dem zweiten Flüssigmetallvolumen (506) und dem dritten Flüssigmetallvolumen liegt und offen ist, wenn sich das erste Flüssigmetallvolumen (508) und das dritte Flüssigmetallvolumen vereinigen;
einem ersten Heizer (304) und einem zweiten Heizer (702), wobei ein Betrieb des ersten Heizers (304) bewirkt, daß sich das dritte Flüssigmetallvolumen mit dem ersten Flüssigmetallvolumen (508) vereinigt, und ein Betrieb des zweiten Heizers (304) bewirkt, daß sich das dritte Flüssigmetallvolumen mit dem zweiten Flüssigmetallvolumen (506) vereinigt.

31. Optischer Polymerschalter gemäß Anspruch 30, bei dem die Kanalträgerplatte (102) und das Schaltersubstrat (120) transparent sind, der ferner folgende Merkmale aufweist:

ein erstes optisches Verbindungselement (312), das mit der äußeren Oberfläche der Kanalträgerplatte (102) gekoppelt ist; und
ein zweites optisches Verbindungselement (316), das mit der äußeren Oberfläche des Schaltersubstrats (120) gekoppelt ist, wobei das zweite optische Verbindungselement (316) optisch mit dem ersten optischen Verbindungselement (312) ausgerichtet ist, um den ersten optischen Pfad durch den Schaltkanal (106) zu bilden.

32. Optischer Polymerschalter gemäß Anspruch 30 oder 31, der ferner eine hermetische Abdichtung zwischen der Kanalträgerplatte (102) und dem Schaltersubstrat (120) aufweist, wobei die hermetische Abdichtung, die Kanalträgerplatte und das Schaltersubstrat die Polymerschicht (104) umschließen, wobei die hermetische Abdichtung folgende Merkmale aufweist:

einen ersten Lötmittehring (114), der durch geschmolzenes Lötmittehl benetzbar ist und an dem Umfang der inneren Oberfläche der Kanalträgerplatte (102) angebracht ist und die Polymerschicht (104) umgibt;
einen zweiten Lötmittehring (126), der durch geschmolzenes Lötmittehl benetzbar ist und an dem Umfang der inneren Oberfläche des Schaltersubstrats (120) angebracht ist; und
eine Lötmittehlverbindung (128), die den ersten (114) und den zweiten (126) Lötmittehring verbindet.

33. Optischer Polymerschalter gemäß einem der Ansprüche 30 bis 32, bei dem der Flüssigmetallschal-

ter folgende Merkmale aufweist:

eine erste äußere Kontaktanschlußfläche (406), die sich in dem Schaltkanal (106) befindet und eine Oberfläche aufweist, die durch ein Flüssigmetall benetzbar ist;

eine zweite äußere Kontaktanschlußfläche (408), die sich in dem Schaltkanal (106) befindet und eine Oberfläche aufweist, die durch ein Flüssigmetall benetzbar ist;

eine mittlere Kontaktanschlußfläche (116), die sich in dem Schaltkanal (106) zwischen der ersten (406) und der zweiten (408) äußeren Kontaktanschlußfläche befindet und eine Oberfläche aufweist, die durch ein Flüssigmetall benetzbar ist; wobei

das erste Flüssigmetallvolumen (508) in dem Schaltkanal (106) enthalten ist und in einem benetzten Kontakt zu der ersten äußeren Kontaktanschlußfläche (406) steht;

das zweite Flüssigmetallvolumen (506) in dem Schaltkanal (106) enthalten ist und in einem benetzten Kontakt zu der zweiten äußeren Kontaktanschlußfläche (408) steht; und

das dritte Flüssigmetallvolumen in dem Schaltkanal (106) enthalten ist und in einem benetzten Kontakt zu der mittleren Kontaktanschlußfläche (116) steht.

37. Optischer Polymerschalter gemäß Anspruch 33, bei dem zumindest eine der ersten äußeren Kontaktanschlußfläche (406), der zweiten äußeren Kontaktanschlußfläche (408) und der mittleren Kontaktanschlußfläche (116) einen Kontaktring aufweist, der an den Wänden des Schaltkanals (106) angebracht ist.

Es folgen 4 Blatt Zeichnungen

34. Optischer Polymerschalter gemäß einem der Ansprüche 30 bis 33, bei dem der Flüssigmetallschalter ferner folgende Merkmale aufweist:

einen ersten Heizerhohlraum (302), der in der Polymerschicht (104) gebildet ist und mit dem Schaltkanal (106) gekoppelt ist;

einen zweiten Heizerhohlraum (404), der in der Polymerschicht (104) gebildet und mit dem Schaltkanal (106) gekoppelt ist; wobei

der erste Heizer (304) in dem ersten Heizerhohlraum (302) positioniert und angepaßt ist, um ein Fluid in dem ersten Heizerhohlraum zu erwärmen; und
der zweite Heizer (702) in dem zweiten Heizerhohlraum (404) positioniert und angepaßt ist, um ein Fluid in dem zweiten Heizerhohlraum zu erwärmen.

35. Optischer Polymerschalter gemäß einem der Ansprüche 30 bis 34, der ferner folgende Merkmale aufweist:

eine erste elektrische Verbindung (306, 308), die an der inneren Oberfläche des Schaltersubstrats (120) gebildet und elektrisch mit dem ersten Heizer (304) verbunden ist; und

eine zweite elektrische Verbindung, die an der inneren Oberfläche des Schaltersubstrats (120) gebildet und elektrisch mit dem zweiten Heizer (702) verbunden ist.

36. Optischer Polymerschalter gemäß einem der Ansprüche 30 bis 35, bei dem zumindest entweder der erste Heizer (304) oder der zweite Heizer (702) von dem Schaltersubstrat (120) durch eine Anschlußfläche (322), die aus einem Polymermaterial hergestellt ist, getrennt ist.

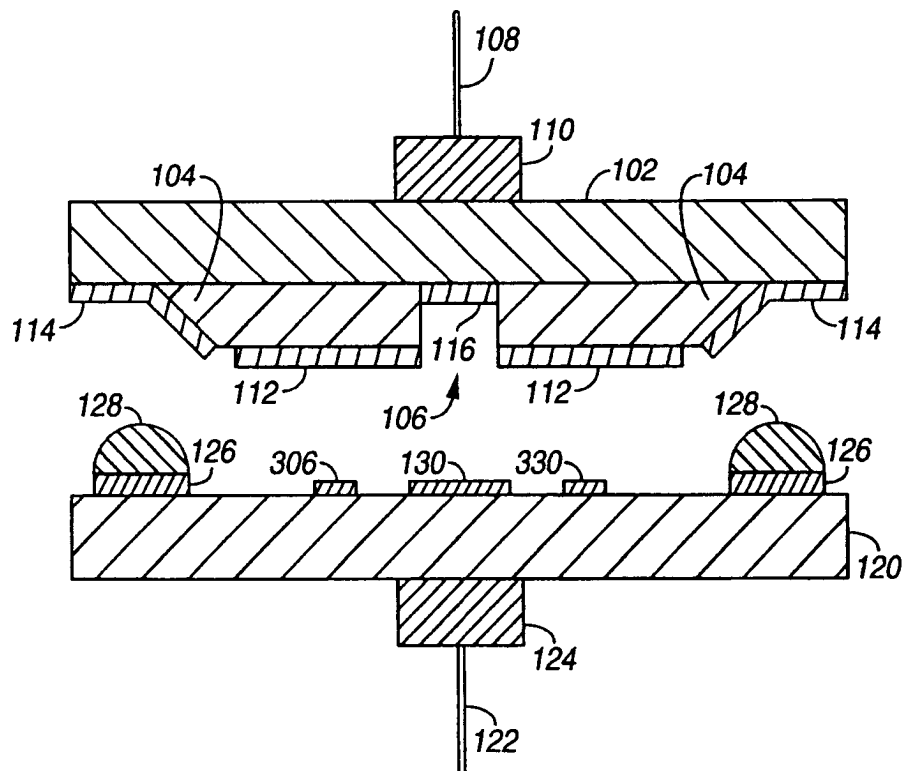


FIG. 1

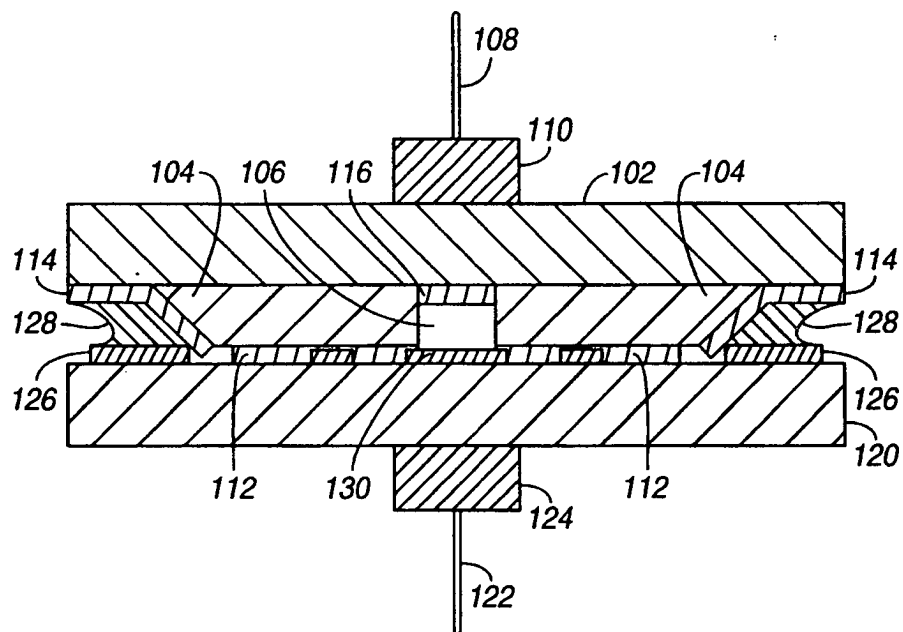


FIG. 2

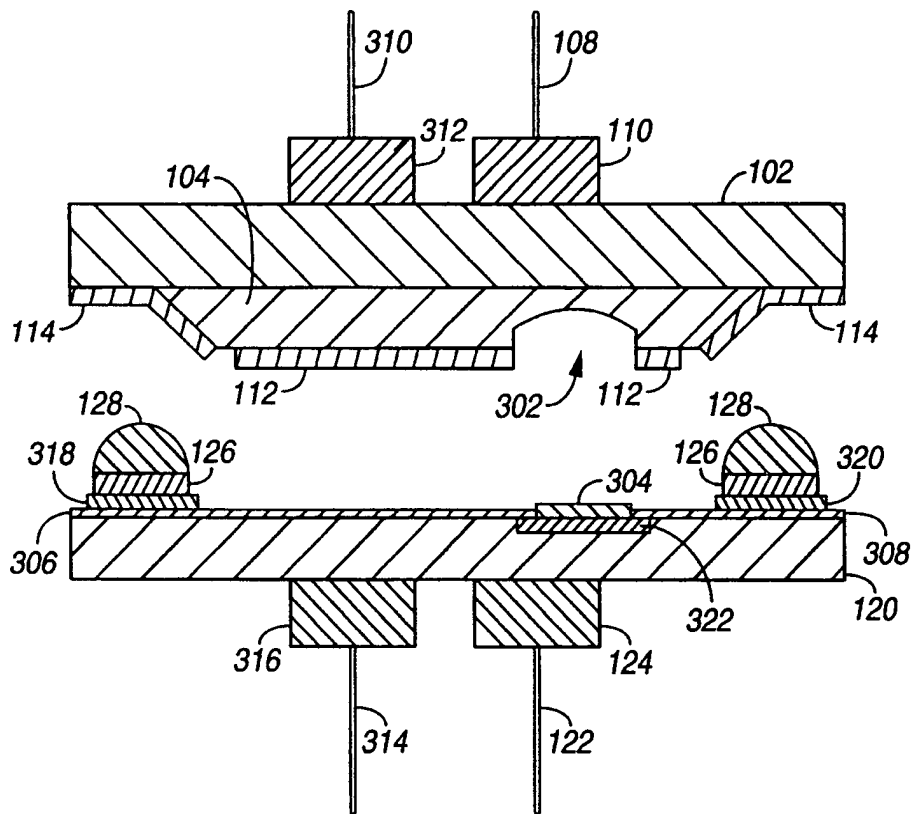


FIG. 3

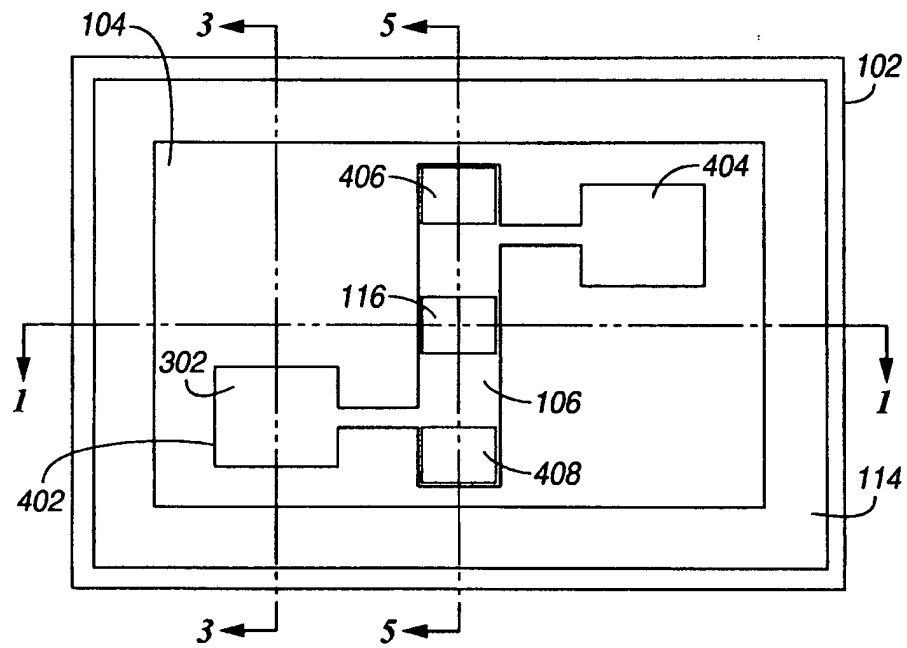


FIG. 4

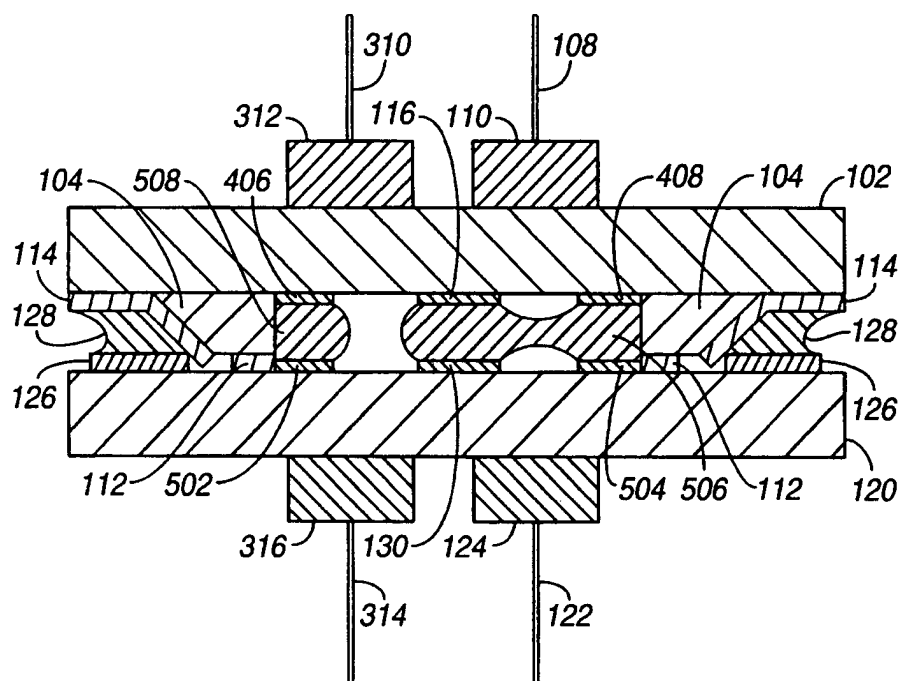


FIG. 5

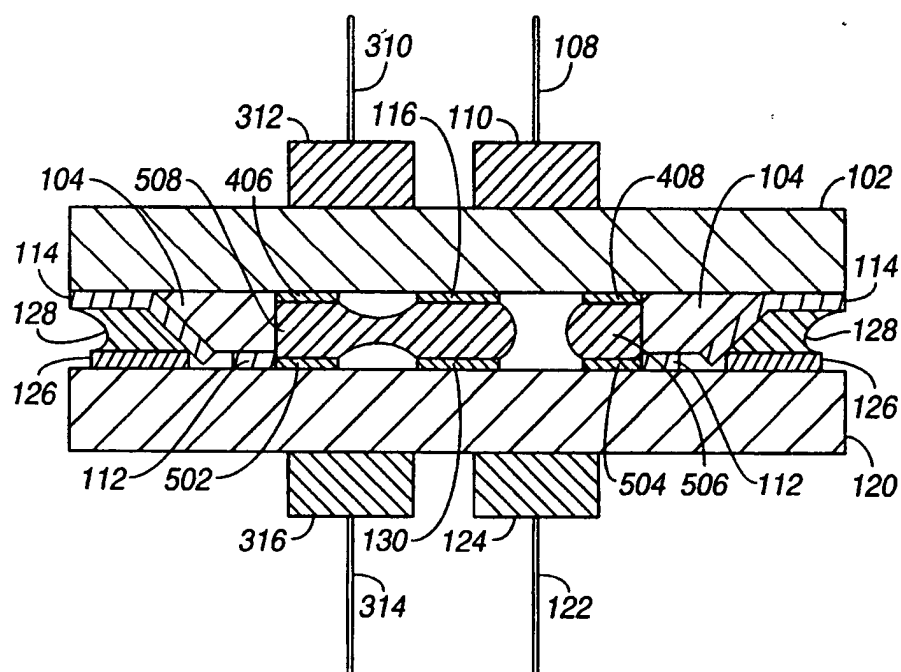


FIG. 6

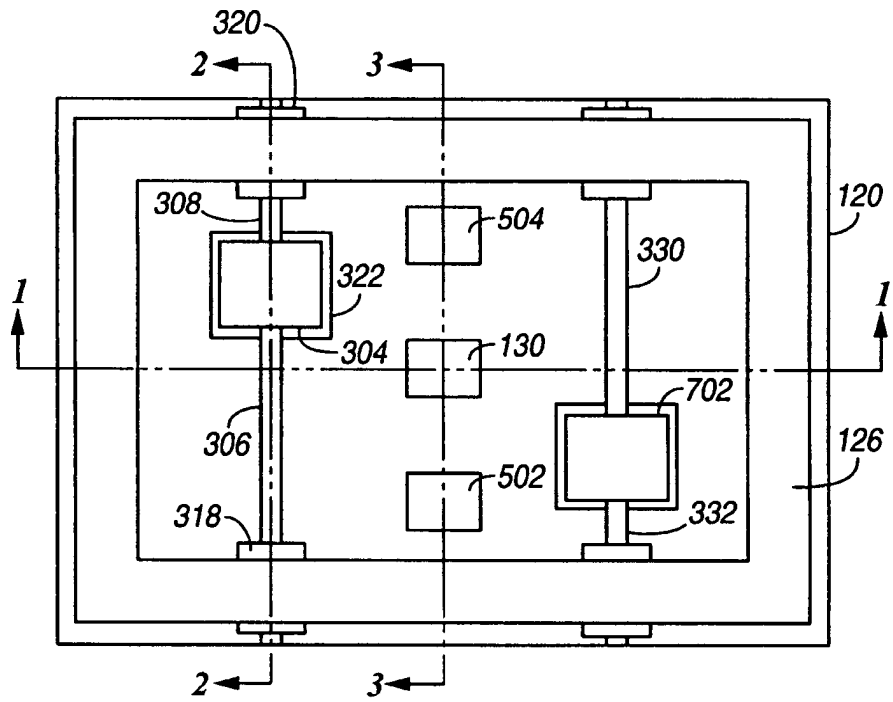


FIG. 7

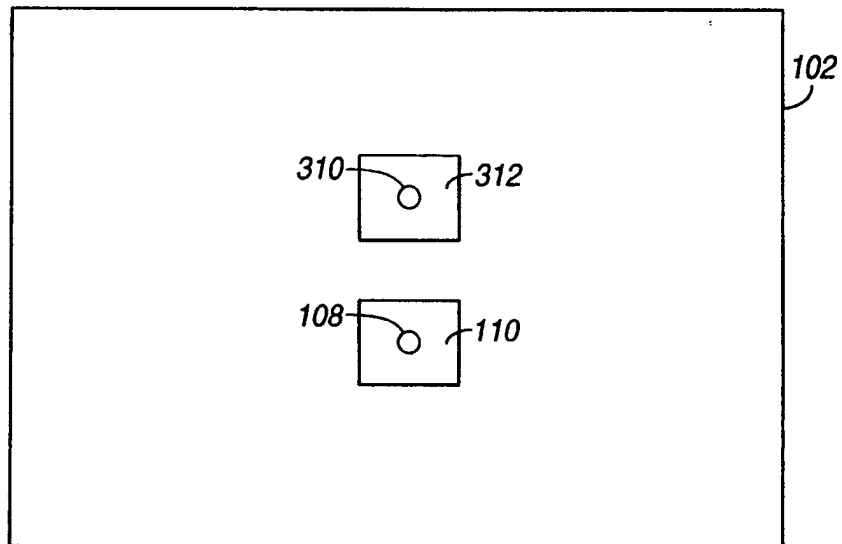


FIG. 8