



(10) **DE 103 26 081 B4** 2012.03.01

(12) **Patentschrift**

(21) Aktenzeichen: **103 26 081.1**
(22) Anmeldetag: **10.06.2003**
(43) Offenlegungstag: **22.04.2004**
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **01.03.2012**

(51) Int Cl.: **G02F 1/315 (2006.01)**
G02B 26/08 (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:
10/266307 07.10.2002 US

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

(74) Vertreter:
**Dilg Haeusler Schindelmann
Patentanwalts-gesellschaft mbH, 80636, München,
DE**

(72) Erfinder:
**Schroeder, Dale W., Scotts Valley, Calif., US;
Uebbing, John J., Palo Alto, Calif., US**

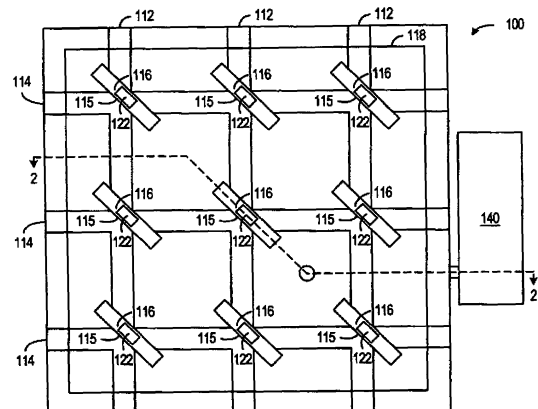
(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:

US	61 88 815	B1
US	58 28 799	A
US	41 21 884	

(54) Bezeichnung: **Verriegelungsblase für einen optischen Schalter auf Fluidbasis**

(57) Hauptanspruch: Optischer Schalter mit folgenden Merkmalen:

einer optischen Struktur (110), die sich kreuzende Lichtpfade (112, 114) mit optischen Hohlräumen (116, 410, 510, 710) an Schnittpunkten der Lichtpfade (112, 114) enthält;
einer Flüssigkeit (142), die einen Brechungsindex aufweist, der mit einem Brechungsindex der Lichtpfade (112, 114) übereinstimmt, wobei die Flüssigkeit (142) in Kommunikation mit den optischen Hohlräumen (116) steht, wobei die Flüssigkeit (142) in der optischen Struktur (110) einen Druck und eine Temperatur aufweist, derart, dass eine Blase (310) in einem der optischen Hohlräume (116) bei der Temperatur der Flüssigkeit stabil ist; und
einer Mehrzahl von Aktivierungsstrukturen, wobei jeder der optischen Hohlräume (410, 510, 710) eine entsprechende Aktivierungsstruktur aufweist, die betreibbar ist, um den optischen Hohlraum (410) von einem ersten Zustand, in dem der optische Hohlraum (410) eine Blase (414) enthält, zu einem zweiten Zustand, in dem der optische Hohlraum (410) mit der Flüssigkeit (142) gefüllt ist, zu schalten,...



Beschreibung

[0001] Optische Schalter, die optische Signale direkt manipulieren können, werden für eine optische Vernetzung immer wichtiger. Folglich wurden mehrere Techniken zum Schalten optischer Signale entwickelt. Fig. 1 zeigt eine Draufsicht eines optischen Schalters 100, der einige der optischen Schalttechniken verwendet, die in dem U.S.-Patent Nr. 5,699,462 A von Fouquet u. a. mit dem Titel „Total Internal Reflection Optical Switches Employing Thermal Activation“ (optische Schalter mit innerer Totalreflexion, die eine thermische Aktivierung verwenden) beschrieben sind. Wie in Fig. 1 und in den Querschnittsansichten der Fig. 2A und Fig. 2B dargestellt ist, umfaßt der optische Schalter 100 eine Planarlichtwellenschaltung 110, ein Halbleitersubstrat 120, eine Basisplatte 130 und ein Reservoir 140.

[0002] Die Planarlichtwellenschaltung 110 ist eine Platte aus einem optischen Material, wie zum Beispiel Quarz, das sich kreuzende Wellenleitersegmente 112 und 114 und Hohlräume 116 an den Schnittpunkten der Wellenleitersegmente 112 und 114 enthält. Optische Signale werden im allgemeinen an einem Satz der Wellenleitersegmente 112 oder 114 in den optischen Schalter 100 eingegeben und die Hohlräume 116 wirken als Schaltorte für die optischen Signale. Insbesondere überträgt ein Hohlraum 116, wenn er mit einer Flüssigkeit 142 gefüllt ist, die einen Brechungsindex aufweist, der mit dem Brechungsindex der Wellenleitersegmente 112 und 114 übereinstimmt, ein optisches Signal von einem Eingangswellenleitersegment 112 oder 114 in das nächste Wellenleitersegment 112 oder 114 entlang des gleichen Pfades. Fig. 2A zeigt einen Hohlraum 116, der mit einer Flüssigkeit 142 aus einem Reservoir 140 gefüllt ist.

[0003] Ein Hohlraum 116 wird für ein Schalten oder eine Umleitung eines optischen Signals reflektierend, wenn der Hohlraum eine Blase enthält. Insbesondere schaltet eine innere Totalreflexion an einer Grenzfläche 115 zwischen einem Eingangswellenleiter 112 oder 114 und einer Blase 146 (wie in Fig. 2B gezeigt ist) ein optisches Signal in ein kreuzendes Wellenleitersegment 114 oder 112. Ein selektives Aktivieren oder Bewirken, daß einer der Hohlräume 116 entlang des anfänglichen Pfades eines optischen Signals reflektierend wird, kann das optische Signal auf eines der kreuzenden Wellenleitersegmente 114 oder 112 schalten. Wenn keiner der Hohlräume 116 entlang des Pfades eines optischen Signals reflektierend ist, gelangt das optische Signal gerade durch den optischen Schalter 100.

[0004] Ein Halbleitersubstrat 120 enthält einen Elektronikschaltungsaufbau, der Heizelemente 122 umfaßt, die in Hohlräumen 116 positioniert sind. Eine selektive Aktivierung eines Heizelementes 122 ver-

dampft eine Flüssigkeit in dem entsprechenden Hohlraum 116 und macht den Schaltort, der dem Hohlraum 116 entspricht, der das aktivierte Heizelement 122 enthält, reflektierend. Das aktivierte Heizelement 122 fährt dann mit einem Heizen fort, um die Blase stabil und den Schaltort reflektierend zu halten. Wenn das Heizelement 122 ausgeschaltet ist, kühlt die Blase 146 und die umgebende Flüssigkeit 142 ab, was bewirkt, daß die Blase 146 zusammenfällt und der Hohlraum 116 sich wieder mit Flüssigkeit 142 füllt.

[0005] Die Basisplatte 130 wirkt als eine Wärmesenke für den Halbleiterchip 120, umfaßt jedoch auch einen Einlaß 136, der mit dem Reservoir 140 verbunden ist. Der Einlaß 136 und ein Loch 126 durch das Halbleitersubstrat 120 ermöglichen es, daß Flüssigkeit 142 zwischen dem Reservoir 140 und einem Zwischenraum 118, der unter den Hohlräumen 116 liegt, fließt. Wenn sich eine Blase 146 bildet oder zusammenfällt, um einen Schaltort zu aktivieren oder zu deaktivieren, fließt Flüssigkeit 142 zu oder von dem Reservoir 140 über den Zwischenraum 118, das Loch 126 und den Einlaß 136.

[0006] Das Reservoir 140 ist teilweise mit Flüssigkeit 142 gefüllt und teilweise mit einem Gas 144 gefüllt, üblicherweise Dampf von der Flüssigkeit 142. Der Druck des Gases 144 steuert den Fluiddruck der Flüssigkeit 142 und steuert deshalb die Schwierigkeit einer Bildung von Blasen in den Hohlräumen 116. Das U.S.-Patent Nr. 6,188,815 B1, ausgegeben am 13. Februar 2001 an Schiaffino u. a. mit dem Titel „Optical Switching Device and Method Utilizing Fluid Pressure Control to Improve Switching Characteristics“ (optische Schaltvorrichtung und Verfahren, die eine Fluiddrucksteuerung verwenden, um Schaltcharakteristika zu verbessern) beschreibt, wie ein Drucksteuerungsmechanismus in dem Reservoir 140 den Druck der Flüssigkeit 142 erhöhen kann, um eine unbeabsichtigte Bildung von Blasen zu vermeiden, was ein ungeeignetes Schalten in dem Schalter 100 bewirken könnte.

[0007] Es hat sich herausgestellt, daß optische Schalter, die dem Schalter 100 ähneln, wirksam zum Schalten optischer Signale sind. Verbesserungen werden jedoch in mehreren Bereichen gesucht. Ein Energieverbrauch in dem Schalter 100 zum Beispiel kann wesentlich sein, wenn mehrere Schaltorte gleichzeitig reflektierend sind. Um einen Schaltort reflektierend zu halten, müssen die entsprechenden Heizelemente 122 lokal eine Temperatur beibehalten, die ausreichend hoch ist, um ein Zusammenfallen der Blase 146 in dem darüberliegenden Hohlraum 116 zu vermeiden. Dieser konstante Abfluß an Energie hält selbst dann an, wenn das Leiten optischer Signale durch den optischen Schalter 100 konstant bleibt. Der Energieverbrauch erzeugt auch Wärme, die schwierig zu dissipieren sein kann, insbesondere in kompakten optischen Schaltern, die eine ho-

he Dichte von Heizelementen **122** aufweisen. Das Heizen, auf kleine Flächen lokalisiert, kann zu einem Schaden und Ausfall eines Elektronikschaltungsaufbaus führen. Für eine praktische Vorrichtung, die eine kommerziell nützliche Lebensdauer aufweist, muß die Menge an Erwärmung eingeschränkt sein, was wiederum die Typen von Flüssigkeit einschränkt, die ein optischer Schalter verwenden kann. Insbesondere erfordern einige Flüssigkeiten eine zu hohe Erwärmung zur Erzeugung und Beibehaltung einer Blase und bewirken, daß herkömmliche Heizelemente schnell ausbrennen.

[0008] Ein weiterer Belang für den optischen Schalter **100** ist eine Kondensierung und Destillierung, die in Hohlräumen **116**, die Blasen **146** enthalten, auftreten können. Jede Blase **146** wird bei einer lokal erhöhten Temperatur gehalten, um den Dampfdruck im Inneren der Blase **146** beizubehalten und dadurch zu vermeiden, daß die Blase **146** zusammenfällt. Der erwärmte Dampf in der Blase **146** kann an den kälteren Wänden des Hohlraums **146** kondensieren. Eine Kondensierung an einer Grenzfläche **115** zwischen einem Hohlraum **116** und einem Eingangswellenleitersegment **112** oder **114** kann eine Reflexion außerhalb eines bestimmten Winkels bewirken, was zu einem Signalverlust führt, wenn ein kleinerer Teil des optischen Signals in das erwünschte Ausgangswellenleitersegment **114** oder **112** reflektiert wird, und zu einem Rauschen oder Nebensprechen führt, wenn ein Teil des optischen Signals in andere Wellenleitersegmente gelangt.

[0009] Eine Verdampfung und Kondensierung können außerdem eine lokale Teildestillierung bewirken, wenn die Flüssigkeit **142** zwei oder mehr trennbare Komponenten enthält. Die Teildestillierung kann die Zusammensetzung lokal verändern und deshalb den Brechungsindex der Flüssigkeit **142**. Es ist wesentlich, übereinstimmende Brechungsindizes für die Flüssigkeit **142** und die Wellenleitersegmente **112** und **114** zu haben, um unerträgliche Pegel einer Reflexion an Schaltorten, die transparent sein sollen, zu vermeiden. Das Destillierungsproblem schränkt die geeigneten Auswahlen für die Flüssigkeit **142** auf Flüssigkeiten ein, die einer Destillierung widerstehen, die den Brechungsindex der Flüssigkeit verändert.

[0010] Angesichts der Einschränkungen bei existierenden optischen Schaltern besteht ein Bedarf nach Strukturen und Betriebsverfahren, die die Auswahlen für geeignete Flüssigkeiten in optischen Schaltern erweitern und einen Leistungsverbrauch und eine Wärmeerzeugung in optischen Schaltern reduzieren.

[0011] Es ist die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, einen optischen Schalter oder ein Verfahren zu schaffen, mit deren Hilfe die Auswahl von Flüssigkeiten für optische Schalter unkomplizierter gemacht werden kann.

[0012] Diese Aufgabe wird durch einen optischen Schalter gemäß Anspruch 1 oder ein Verfahren gemäß Anspruch 27 gelöst.

[0013] Gemäß einem Aspekt der Erfindung funktioniert ein optischer Schalter mit einer Flüssigkeit bei einem Druck und einer Temperatur derart, daß der Dampfdruck der Flüssigkeit bei der Betriebstemperatur größer als der Fluiddruck ist. Der Unterschied zwischen dem Dampfdruck und dem Fluiddruck wird so ausgewählt, daß die Oberflächenspannung von Blasen in der Flüssigkeit bewirkt, daß kleine Blasen zusammenfallen und größere Blasen sich ausdehnen. Eine Schwellenblasenabmessung, die unterscheidet, ob eine Blase zusammenfällt oder sich ausdehnt, ist größer als die kleinste Abmessung von Flüssigkeitsschichten und Kanälen zwischen optischen Hohlräumen, jedoch kleiner als die kleinste Abmessung eines optischen Hohlraums. In diesem Betriebszustand ist eine Blase in einem optischen Hohlraum ohne ein lokales Erwärmen stabil. Die Blasen in den optischen Hohlräumen können sich außerhalb der optischen Hohlräume nicht ausdehnen, da eine Oberflächenspannung jeden Abschnitt einer Blase zusammenfallen läßt, der eine Abmessung aufweist, die so klein wie die Fluidschicht oder Kanäle ist, die von den optischen Hohlräumen wegführen.

[0014] Die homogene Keimbildungstemperatur der Flüssigkeit liefert eine Energiebarriere, die eine spontane Bildung von Blasen in den optischen Hohlräumen vermeidet. Um eine Blase bei einem optischen Hohlraum zu bilden, fügt ein lokales temporäres Erwärmen, das auf die Flüssigkeit angewendet wird, die Energie hinzu, die zur Erzeugung einer Blase benötigt wird. Die Blasen können direkt in den optischen Hohlräumen erzeugt werden oder können sich von einem benachbarten Ort in den optischen Hohlraum ausdehnen. Nach einem Erreichen der kritischen Größe in einem optischen Hohlraum dehnt sich die Blase aus, um den optischen Hohlraum zu füllen, und verbleibt auch dann, wenn die Erwärmung aufhört.

[0015] Um Schaltorte abzuschließen, kann ein temporärer globaler Anstieg des Fluiddrucks gleichzeitig alle Blasen in den optischen Hohlräumen zusammenfallen lassen und einen optischen Schalter auf einen Zustand zurücksetzen, bei dem alle Schaltorte transparent sind. Alternativ können lokale Druckerhöhungen selektiv Blasen in einzelnen optischen Hohlräumen zusammenfallen lassen, um ausgewählte Schaltorte zu deaktivieren, während andere Schaltorte reflektierend bleiben. Eine Blasenherzeugung nahe an einem optischen Hohlraum erhöht lokal einen Fluiddruck, bewirkt einen Fluidfluß in den optischen Hohlraum und läßt eine Blase in den optischen Hohlraum zusammenfallen. Ein weiteres alternatives Verfahren zum Abschließen eines einzelnen Schaltortes erzeugt einen Fluß einer Flüssigkeit, der eine Blase

aus dem optischen Hohlraum heraus in einen Ort, wie zum Beispiel einen Absorbierhohlraum, treibt, der die Blase einfängt und/oder absorbiert.

[0016] Ein optischer Schalter, der Aspekte der Erfindung verwendet, kann energieeffizient sein, da der optische Schalter nur ein lokales Erwärmen benötigt, um Schaltorte zu aktivieren oder zu deaktivieren, und keine lokale Erwärmung benötigt, um die aktivierten Orte beizubehalten. Der Zustand eines Schaltortes ist so dahingehend verriegelt oder nicht flüchtig, daß der Zustand ohne ein lokales Erwärmen oder einen Energieverbrauch verbleibt, solange die Flüssigkeit in dem optischen Schalter in dem erwünschten Druck-Temperatur-Betriebszustand bleibt. Ein Vermeiden eines konstanten lokalen Erwärmens verlängert außerdem die nützliche Lebensdauer der Elektronikkomponenten in dem optischen Schalter.

[0017] Ein weiterer Vorteil eines optischen Schalters, der in dem Zieldruck- und Temperaturbetriebszustand arbeitet, besteht darin, daß der optische Schalter die Blasen in reflektierenden Schaltorten bei der gleichen Temperatur wie die Umgebung (z. B. der gleichen Temperatur wie eine Planarlichtwellenschaltung) hält, wodurch eine Kondensierung an Hohlraumwänden und eine lokale Destillierung der Flüssigkeit vermieden werden. Als ein Ergebnis liefern Schaltorte klarere Reflexionen und weisen höhere reflektierende Signal-zu-Rauschen-Verhältnisse (SNRs) auf. Ferner können flüssigkeitshaltige Mischungen von Komponenten leichter verwendet werden, um die Übereinstimmung zwischen den Brechungsindizes der Flüssigkeit und der Wellenleiter in dem optischen Schalter zu verbessern.

[0018] Ein spezifisches Ausführungsbeispiel der Erfindung ist ein optischer Schalter, der eine optische Struktur umfaßt, die eine Flüssigkeit einschließt. Die optische Struktur umfaßt sich kreuzende optische Pfade und Hohlräume an Schnittpunkten der optischen Pfade. Die Flüssigkeit, die einen Brechungsindex aufweist, der mit einem Brechungsindex der optischen Pfade übereinstimmt, steht durch Kanäle in Kommunikation mit den Hohlräumen und weist einen Fluiddruck auf, der geringer als der Dampfdruck der Flüssigkeit ist. Die Differenz zwischen dem Fluiddruck und dem Dampfdruck ist allgemein größer als die Oberflächenspannung einer Blase, die einen der Hohlräume füllt, jedoch kleiner als die Oberflächenspannung einer kleineren Blase, die eine Größe aufweist, die einer Abmessung der Kanäle entspricht. Der optische Schalter kann die optische Struktur und die Flüssigkeit bei der gleichen einheitlichen Temperatur beibehalten, wobei dennoch die Flüssigkeit einige der Hohlräume füllt, während in anderen Hohlräumen Blasen sind.

[0019] Gemäß einem weiteren Aspekt der Erfindung weisen Schaltorte in einem optischen Schal-

ter Strukturen auf, die ein Schalten einzelner Schaltorte zu oder von dem Zustand ermöglichen, der eine Blase enthält. Eine derartige Schaltortstruktur umfaßt einen optischen Hohlraum, der optische Signale reflektiert oder durchläßt, und einen oder mehrere Aktivierungshohlräume, die beim Schalten des optischen Hohlraums zwischen seinem reflektierenden und seinem durchlassenden oder transparenten Zustand verwendet werden. Jeder Aktivierungshohlraum steht in Fluidkommunikation mit dem optischen Hohlraum und enthält eine Aktivierungsvorrichtung, wie zum Beispiel ein Heizelement. Die Aktivierungsvorrichtung treibt Flüssigkeit von dem Aktivierungshohlraum in den optischen Hohlraum. Ein gepulster Betrieb eines Heizelementes in einem Aktivierungshohlraum kann zum Beispiel einen Schaltort durch ein Erzeugen einer Blase in dem Aktivierungshohlraum deaktivieren, die sich sehr schnell ausdehnt, um Flüssigkeit aus dem Aktivierungshohlraum in den optischen Hohlraum zu treiben. Der Fluidfluß kann die Blase in dem Aktivierungshohlraum zerstören oder zusammenfallen lassen oder alternativ die Blase aus dem optischen Hohlraum herausdrücken. Der Schaltort kann eine größere stabile Blase in einem Absorbierhohlraum umfassen, in den die Blase von dem optischen Hohlraum gedrückt werden kann. Ein Heizelement in dem optischen Hohlraum oder ein anhaltender Betrieb von Heizelementen in Aktivierungshohlräumen kann eine Blase in dem optischen Hohlraum erzeugen.

[0020] Ein weiteres Ausführungsbeispiel der Erfindung ist ein Verfahren zum Betreiben eines optischen Schalters. Das Verfahren umfaßt allgemein ein Füllen eines Hohlraums, der an einem Schnittpunkt von Lichtpfaden ist, mit einer Flüssigkeit, ein Erzeugen einer Blase in dem Hohlraum und dann ein Beibehalten der Flüssigkeit bei einer Temperatur und einem Fluiddruck, derart, daß die Blase ohne ein lokales Erwärmen stabil ist. Der Fluiddruck der Flüssigkeit ist so kleiner als der Dampfdruck der Flüssigkeit bei der Betriebstemperatur der Flüssigkeit und des Hohlraums. Dieser Betriebszustand schafft Schaltorte in dem optischen Schalter mit zwei stabilen Zuständen, einem mit einer Blase und einem ohne Blase.

[0021] Ein lokales Erwärmen der Flüssigkeit in dem Hohlraum oder in benachbarten Bereichen kann die Flüssigkeit auf eine Temperatur oberhalb der homogenen Keimbildungstemperatur der Flüssigkeit erwärmen und eine Blase in dem Hohlraum erzeugen. Der Druck und die Temperatur der Flüssigkeit sind derart, daß die Blase stabil bleibt, nachdem ein lokales Erwärmen aufgehört hat.

[0022] Ein temporäres Erhöhen des Drucks der Flüssigkeit in dem Hohlraum kann die Blase in dem Hohlraum zusammenfallen lassen. Der Hohlraum kann mit Flüssigkeit gefüllt bleiben, wenn die Flüssigkeit zu dem normalen Betriebszustand zurückkehrt. Der

Druck kann temporär global erhöht werden, um den gesamten optischen Schalter durch ein Erhöhen des Fluiddrucks in einem Reservoir, das in Fluidkommunikation mit allen Schaltorten in dem optischen Schalter steht, rückzusetzen. Alternativ kann ein lokales Erhöhen des Fluiddrucks ohne ein Verändern des Fluiddrucks an den anderen Schaltorten nur ausgewählte Schaltorte deaktivieren.

[0023] Ein Fluidfluß von einem benachbarten Aktivierungshohlraum in einen optischen Hohlraum kann den Druck erhöhen und eine Blase in dem optischen Hohlraum zusammenfallen lassen. Ein derartiger Fluidfluß kann die Blase als eine alternative Technik zum Verändern eines optischen Hohlraums von dem Zustand mit einer Blase in dem Hohlraum zu dem Zustand, in dem Flüssigkeit den Hohlraum füllt, aus dem Hohlraum herausdrücken. Ein Herausdrücken einer Blase aus dem optischen Hohlraum kann ein schnelleres Schalten liefern, wenn die Blase Verunreinigungsgase enthält, die sich in der Flüssigkeit lösen müssen, wenn die Blase zusammenfällt. Ein Absorbiererrhohlraum, der eine große stabile Blase enthält, kann die Blasen aufnehmen, die aus den optischen Hohlräumen herausgedrückt werden, und kann Gase für die Zeit halten, die erforderlich ist, um ein Gleichgewicht mit der Flüssigkeit zu erreichen.

[0024] Bevorzugte Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung werden nachfolgend Bezug nehmend auf die beigefügten Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

[0025] [Fig. 1](#) eine Draufsicht eines optischen Schalters;

[0026] [Fig. 2A](#) und [Fig. 2B](#) Querschnittsansichten des optischen Schalters aus [Fig. 1](#) ohne bzw. mit einem reflektierenden Schaltort;

[0027] [Fig. 3A](#), [Fig. 3B](#) und [Fig. 3C](#) Querschnittsansichten eines Schaltortes, wobei dieselben ein Blasen-erzeugungsverfahren gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung darstellen;

[0028] [Fig. 4A](#), [Fig. 4B](#), [Fig. 4C](#) und [Fig. 4D](#) jeweilige Draufsichten, die die Struktur eines Schaltortes, einen Durchlaßzustand des Schaltortes, einen reflektierenden Zustand des Schaltortes bzw. ein Verfahren zum Verändern des Schaltortes von dem durchlassenden Zustand zu dem reflektierenden Zustand bei einem Ausführungsbeispiel der Erfindung darstellen, das einzelne Blasen zusammenfallen läßt, um Schaltorte zu deaktivieren;

[0029] [Fig. 5A](#), [Fig. 5B](#), [Fig. 5C](#), [Fig. 5D](#), [Fig. 5E](#), [Fig. 5F](#), [Fig. 5G](#) und [Fig. 5H](#) jeweilige Draufsichten, die die Struktur und Zustände eines Schaltortes darstellen, der eine Blase aus dem optischen Hohlraum herausdrückt, um den Schaltort zu deaktivieren;

[0030] [Fig. 6A](#), [Fig. 6B](#), [Fig. 6C](#) und [Fig. 6D](#) Draufsichten, die einen Betrieb eines Schaltortes darstellen, der einen reflektierenden Zustand aufweist, bei dem eine einzelne Blase einen optischen und einen Absorbiererrhohlraum füllt; und

[0031] [Fig. 7A](#), [Fig. 7B](#), [Fig. 7C](#), [Fig. 7D](#) und [Fig. 7E](#) einige alternative Geometrien für Aktivierungshohlräume, die Blasen und/oder Fluidflüsse zur Initialisierung, Aktivierung und/oder Deaktivierung von Schaltorten gemäß Ausführungsbeispielen der Erfindung erzeugen.

[0032] Gemäß einem Aspekt der Erfindung betreibt ein optischer Schalter, der eine Flüssigkeit enthält, die Flüssigkeit bei einem Druck und einer Temperatur, die Blasen, die die Größe optischer Hohlräume aufweisen, beibehält, jedoch kleinere Blasen (z. B. mit der Größe von Fluidkanälen) zusammenfallen läßt. Als ein Ergebnis bleibt eine Blase, sobald sie in einem optischen Hohlraum erzeugt ist, ohne ein lokales Erwärmen zur Beibehaltung der Blase stabil. Eine Rücksetzoperation kann global den Fluiddruck in dem optischen Schalter erhöhen, um alle zuvor gebildeten Blasen zusammenfallen zu lassen. Alternativ können lokale Veränderungen an dem Fluiddruck ausgewählte Blasen zusammenfallen lassen oder Fluidflüsse können ausgewählte Blasen aus optischen Hohlräumen herausdrücken, um ausgewählte Schaltorte zu deaktivieren, während andere Schaltorte aktiv bleiben.

[0033] Die [Fig. 3A](#), [Fig. 3B](#) und [Fig. 3C](#) zeigen Querschnittsansichten eines Schaltortes **300** in einem optischen Schalter, wie zum Beispiel dem optischen Schalter **100**, der in den [Fig. 1](#), [Fig. 2A](#) und [Fig. 2B](#) dargestellt ist. Der Schaltort **300** umfaßt einen Hohlraum **116**, der zwischen einer Planarlichtwellenschaltung **110** und einem darunterliegenden Halbleitersubstrat **120** gebildet ist. Wellenleitersegmente **112** und **112'** weisen einen höheren Brechungsindex auf als umgebende Abschnitte der Planarlichtwellenschaltung **110** und dienen zur Führung optischer Signale in die Planarlichtwellenschaltung **110**. Allgemein können der optische Schalter und der Schaltort **300** strukturmäßig identisch zu existierenden optischen Schaltern und Schaltorten sein, mit der Ausnahme des Fluiddrucks oder der Temperatur und Betriebsverfahren, die hierin offenbart sind. Der Schaltort **300** kann alternativ Hohlräume und/oder Fluidkanäle aufweisen, die für den Druck- und den Temperaturbetriebszustand und die hierin offenbarten Betriebsverfahren dimensioniert und/oder geformt sind.

[0034] Wenn der Schaltort **300** durchlässig ist, wie in [Fig. 3A](#) gezeigt ist, ist der optische Hohlraum **116** mit einer Flüssigkeit **142** gefüllt, die einen Brechungsindex aufweist, der mit dem Brechungsindex des Eingangswellenleiters **112** übereinstimmt. Die Flüssigkeit **142** ist üblicherweise ein organisches Lösungs-

mittel, wie zum Beispiel Fluorbenzen, wobei jedoch jede Flüssigkeit, die den erforderlichen Brechungsindex und geeignete chemische und physische Eigenschaften liefert, verwendet werden könnte. Das Eingangswellenleitersegment **112** führt ein optisches Signal OS, das durch die Flüssigkeit **142** in dem Hohlraum **116** läuft, zu einem folgenden Wellenleitersegment **112'**, das kollinear zu dem Eingangswellenleitersegment **112** ist. Ein Übereinstimmen des Brechungsindex der Flüssigkeit **142** mit dem Brechungsindex des Wellenleitersegmentes **112** vermeidet eine Teilreflexion des optischen Signals OS an der Grenzfläche **115** zwischen dem Wellenleitersegment **112** und der Flüssigkeit **142** in [Fig. 3A](#).

[0035] Gemäß einem Aspekt der Erfindung sind die Betriebstemperatur T_0 der Flüssigkeit **142** und umgebender Komponenten des optischen Schalters und der Fluiddruck P_e der Flüssigkeit **142** derart, daß der Dampfdruck P_v der Flüssigkeit bei der Betriebstemperatur des optischen Schalters größer als der Fluiddruck P_e ist. In dem optischen Schalter **100** aus [Fig. 1](#), der ein Reservoir **140** bei einer Temperatur aufweist, die niedriger als die Temperatur der Planlichtwellenschaltung **110** ist, können das Halbleitersubstrat **120** und eine Basisplatte **130** den erwünschten negativen Druckunterschied zwischen dem Fluiddruck P_e , der in dem Reservoir **140** beibehalten wird, und dem Dampfdruck P_v der Flüssigkeit **142** bei der Betriebstemperatur der Hohlräume **116** liefern. Ein Temperaturunterschied von etwa 7°C zwischen dem Reservoir **140** und dem Rest des optischen Schalters kann einen negativen Druckunterschied von etwa 3800 Pa für eine Flüssigkeit, wie zum Beispiel Fluorbenzen, liefern.

[0036] Im Gegensatz dazu, was vielleicht bei einer ersten Betrachtung zu erwarten wäre, ist der flüssigkeitsgefüllte Zustand des Hohlraums **116** ein stabiler Zustand des Hohlraums **116**, da sich keine Blase bildet, es sei denn, eine ausreichende Wärme wird eingegeben, um die homogene Keimbildungstemperatur zur Blasenbildung in der Flüssigkeit zu überwinden. Üblicherweise beträgt die Keimbildungsenergie für eine Flüssigkeit etwa 89% der kritischen Temperatur der Flüssigkeit. (Die kritische Temperatur ist die Temperatur, bei der ein Druck nicht in der Lage ist, den Flüssigkeitszustand beizubehalten, und beträgt für Fluorbenzen in etwa 287°C .) Folglich ist, wenn der Schaltort **300** mit Flüssigkeit **142** gefüllt ist, wie in [Fig. 3A](#) gezeigt ist, und unter der homogenen Keimbildungstemperatur der Flüssigkeit **142** gehalten wird, der flüssigkeitsgefüllte Zustand des Schaltortes **300** selbst dann stabil, wenn der Fluiddruck P_e kleiner als der Dampfdruck P_v der Flüssigkeit **142** ist.

[0037] Ein Erwärmen der Flüssigkeit **142** in dem Schaltort **300** auf eine Temperatur oberhalb der Keimbildungstemperatur bildet eine Blase **310**, wie zum Beispiel in [Fig. 3B](#) dargestellt ist. Nach einer

Bildung dehnt sich die Blase **310** aus oder fällt zusammen, und zwar abhängig von dem Gleichgewicht zwischen dem Dampfdruck P_v im Inneren der Blase **310**, dem externen Fluiddruck P_e auf die Blase und der Oberflächenspannung σ der Blase. Insbesondere dehnt sich die Blase **310** aus, wenn ein äußerer Dampfdruck P_v während einer Blasenbildung größer als die Summe des nach innen gerichteten externen Fluiddrucks P_e und des Drucks ist, der durch die Oberflächenspannung σ induziert wird, und zieht sich zusammen, wenn der äußere Dampfdruck P_v kleiner als die Summe des nach innen gerichteten externen Fluiddrucks P_e und des Drucks ist, der durch die Oberflächenspannung σ induziert wird. Wenn sich die Blasen in ein Gleichgewicht mit ihrer Umgebung einstellen, ist die Blase bei der Betriebstemperatur des optischen Schalters und der Dampfdruck P_v in der Blase ist gleich dem Dampfdruck P_v der Flüssigkeit **142**.

[0038] Der oberflächenspannungsinduzierte Druck P_σ , durch σC gegeben, wobei C die Gesamtkrümmung in beiden Richtungen für eine Blase ist, ist allgemein eine Funktion des Krümmungsradius der Oberfläche der Blase und nimmt mit zunehmendem Krümmungsradius der Oberfläche der Blase ab. Wenn der externe Fluiddruck P_e kleiner als der Gleichgewichtsdampfdruck P_v bei der Betriebstemperatur T_0 der Flüssigkeit ist, kann ein kritischer Blasenradius R_0 oder -durchmesser D_0 gefunden werden, bei dem sich die nach innen gerichtete und die nach außen gerichtete Kraft auf eine Blase ausgleichen, wie in Gleichung 1 angezeigt ist. Blasen und Abschnitte von Blasen, die einen Krümmungsradius von weniger als einem kritischen Radius R_0 aufweisen, fallen zusammen und Blasen, die einen größeren Radius als den kritischen Radius R_0 aufweisen, dehnen sich aus, um den verfügbaren Raum zu füllen.

$$P_v = P_e + \sigma C$$

Gleichung 1

[0039] Gemäß einem Aspekt der Erfindung weist der optische Hohlraum **116** eine kleinste Abmessung (Länge, Breite W oder Höhe H) auf, die größer als ein kritischer Durchmesser D_0 ist, und ein Zwischenraum **118** weist eine Abmessung D (z. B. Höhe oder Breite) auf, die kleiner als der kritische Durchmesser D_0 ist. Bei einem exemplarischen Ausführungsbeispiel der Erfindung, das Fluorbenzen als die Flüssigkeit **142** und eine Differenz von etwa 7°C zwischen der Temperatur des Reservoirs und der Betriebstemperatur T_0 verwendet, ist die resultierende Fluiddruckdifferenz $P_v - P_e$ in etwa 3800 Pa und der kritische Durchmesser D_0 ist in etwa $14\text{ }\mu\text{m}$. Für dieses Ausführungsbeispiel kann ein optischer Hohlraum **116**, der eine Höhe H , Breite W und Länge von etwa $45\text{ }\mu\text{m}$, $15\text{ }\mu\text{m}$ bzw. $45\text{ }\mu\text{m}$ aufweist, eine stabile Blase halten, wobei ein Zwischenraum **118** jedoch, der eine Höhe von etwa $5\text{ }\mu\text{m}$ aufweist, dies nicht kann.

[0040] **Fig. 3B** stellt ein Aktivierungsverfahren dar, während dessen ein Heizelement **122** einen Abschnitt der Flüssigkeit **142** in dem Hohlraum **116** für einen kurzen Zeitraum zur Erzeugung einer Blase **310** auf eine Temperatur oberhalb der Keimbildungstemperatur erwärmt. Die Blase **310** dehnt sich schnell auf einen Durchmesser aus, der größer als der kritische Durchmesser D_0 ist. Wenn das lokale Erwärmen der Flüssigkeit **142** aufhört, kühlt der Dampf in der Blase **310** auf die Betriebstemperatur T_0 der Flüssigkeit **142** ab. Im Gegensatz zu optischen Schaltern des Stands der Technik fällt die Blase **310** nicht zusammen, wenn ein lokales Erwärmen aufhört. Statt dessen dehnt sich die Blase **310**, nachdem sie den kritischen Durchmesser D_0 erreicht hat, in dem optischen Hohlraum **116** weiter aus, ob nun eine lokale Erwärmung angewendet wird oder nicht.

[0041] **Fig. 3C** zeigt den Schaltort **300** in dem aktivierten oder reflektierenden Zustand, bei dem die Blase **310** den optischen Hohlraum **116** füllt. Da die Abmessungen des Hohlraums **116** alle größer als der kritische Durchmesser D_0 sind, ist die Oberflächenspannung der voll ausgedehnten Blase **310** zu klein, um die Differenz zwischen dem Dampfdruck P_v in der Blase **146** und dem Fluiddruck P_e um die Blase **310** herum zu überwinden. Die Blase **310** kann sich aufgrund der kleineren Abmessungen des Zwischenraums **118** nicht in den Zwischenraum **118** ausbreiten, die Oberflächenspannung überwindet die Druckdifferenz $P_v - P_e$ und bringt die Ausdehnung zum Zusammenfallen. Die Blase **310** ist so auf den ausgewählten Hohlraum **116** begrenzt. Die Begrenzung der Blase **310** ermöglicht ein Aktivieren von nur dem ausgewählten Schaltort **300** ohne ein unbeabsichtigtes Aktivieren anderer Schaltorte.

[0042] Die Blase **310** aus **Fig. 3C** ist bei der gleichen Temperatur T_0 wie die umgebenden Komponenten des optischen Schalters und insbesondere bei der gleichen Temperatur wie die Planarlichtwellenschaltung **110**. Als ein Ergebnis kondensiert Dampf in der Blase **310** nicht an den Wänden des Hohlraums **116**. Eine Grenzfläche **115**, die an einer der Wände des optischen Hohlraums **116** ist, kann so ein einfallendes optisches Signal OS von dem Wellenleitersegment **112** klar zu einem Wellenleitersegment **114** (in der Ansicht aus **Fig. 3C** nicht gezeigt) mit dem Reflexionswinkel relativ zu dem Wellenleitersegment **112** reflektieren. Der Mangel einer Kondensierung vermeidet außerdem eine Teildestillation der Flüssigkeit **142**, was andernfalls Komponentenverbindungen der Flüssigkeit **142** trennen könnte, wenn die Flüssigkeit **142** eine Mischung ist.

[0043] Nachdem die Blase **310** erzeugt ist, verbleibt sie ohne eine weitere lokale Erwärmung des Schaltortes **300** in dem optischen Hohlraum **116**. Um den Schaltort **300** zu deaktivieren, kann der externe Fluiddruck P_e relativ zu dem Dampfdruck P_v erhöht wer-

den, so daß der externe Druck P_e und die Oberflächenspannung σ den Dampfdruck P_v überwinden und die Blase **310** zusammenfallen lassen. Ein Erhöhen des Fluiddrucks P_e um etwa 5000 Pa oberhalb des Dampfdruckes reicht aus, um Blasen in weniger als etwa 1 ms zusammenfallen zu lassen. In dem optischen Schalter **100** können ein Erwärmen des abgedichteten Reservoirs **140**, ein Abkühlen der Planarlichtwellenschaltung **110** und des Substrates **120** oder ein mechanisches Verringern des Volumens des Reservoirs **140** den externen Fluiddruck P_e um die Blasen **310** herum erhöhen, was bewirkt, daß die Blasen zusammenfallen. Das U.S.-Patent Nr. 6,188,815 beschreibt ferner Verfahren und Strukturen zum Steuern eines Fluiddrucks in einem optischen Schalter.

[0044] **Fig. 4A** ist eine Draufsicht eines Schaltortes **400** gemäß einem Ausführungsbeispiel eines optischen Schalters, der in der Lage ist, selektiv einzelne Schaltorte zu aktivieren und zu deaktivieren. Ein optischer Schalter gemäß der Erfindung kann der gleiche wie der optische Schalter **100** aus **Fig. 1** sein, jedoch mit Schaltorten, die im wesentlichen identisch zu dem Schaltort **400** sind, anstelle optischer Hohlräume **116**.

[0045] Der Schaltort **400** umfaßt einen optischen Hohlraum **410** und Aktivierungshohlräume **420**, die in und zwischen einer Planarlichtwellenschaltung und einem darunterliegenden Halbleitersubstrat gebildet sind. Wellenleitersegmente **112** und **114** in der Planarlichtwellenschaltung enden an einer Grenzfläche **115**, die eine vordere Wand des optischen Hohlraums **410** ist, und Wellenleitersegmente **112'** und **114'** erstrecken sich von einer Rückwand des optischen Hohlraums **410** entlang der Richtungen der Wellenleitersegmente **112** bzw. **114**. Der optische Hohlraum **410** wirkt, um ein optisches Eingangssignal auf die gleiche Weise, wie oben für die optischen Hohlräume **116** aus **Fig. 1** beschrieben wurde, durchzulassen oder zu reflektieren. Ein Heizelement **412** in dem optischen Hohlraum **410** ist optional und kann verwendet werden, um den Schaltort **400** zu aktivieren (d. h. reflektierend zu machen). Bei einem exemplarischen Ausführungsbeispiel weist der optische Hohlraum **410** eine Länge von etwa 45 μm , eine Breite von etwa 15 μm und eine Höhe von etwa 45 μm auf.

[0046] Die Aktivierungshohlräume **420** stehen über jeweilige Hälse **430** in Fluidkommunikation mit dem optischen Hohlraum **410**. Bei dem exemplarischen Ausführungsbeispiel der Erfindung weist jeder Aktivierungshohlraum **420** eine Länge von etwa 85 μm , eine Breite von etwa 12 μm und eine Höhe von etwa 45 μm auf, wobei jeder Hals **430** in etwa 10 μm lang, 9 μm breit und 45 μm hoch ist. Jeder Aktivierungshohlraum **420** enthält ein Heizelement **422** für Prozesse, die den Schaltort **400** zwischen einem reflektieren-

den Zustand und einem durchlassenden Zustand des Schaltortes **400** schalten.

[0047] **Fig. 4B** stellt den durchlassenden Zustand des Schaltortes **400** dar. In dem durchlassenden Zustand ist der Schaltort **400** und insbesondere der optische Hohlraum **410** mit einer Flüssigkeit **142** gefüllt, wie zum Beispiel Fluorbenzen oder einem anderen organischen Lösungsmittel, das einen Brechungsindex aufweist, der mit Wellenleitersegmenten **112**, **114**, **112'** und **114'** übereinstimmt. Ferner ist die Flüssigkeit **142** bei einem Fluidruck P_e , der kleiner als der Dampfdruck P_v der Flüssigkeit bei einer Betriebstemperatur T_0 des Schaltortes **400** ist. Bei dem exemplarischen Ausführungsbeispiel des Schaltortes **400** sind der Flüssigkeitsdruck P_e und die Betriebstemperatur T_0 des optischen Schalters derart, daß die kritische Abmessung D_0 , die bestimmt, ob eine Blase bei der Betriebstemperatur T_0 zusammenfällt, in etwa auf halbe Strecke zwischen der kleinsten Abmessung des Hohlraums **116** und der kleinsten Abmessung des Hohlraums **420** (z. B. etwa $13,5 \mu\text{m}$) ist. Folglich bleibt eine Blase, die den optischen Hohlraum **410** füllt, bei der Betriebstemperatur T_0 des optischen Schalters stabil, wobei der Fluidruck P_e und die Oberflächenspannung jede Blase, die in dem Aktivierungshohlraum **420** oder dem Hals **430** und bei der Betriebstemperatur T_0 des optischen Schalters ist, zusammenfallen lassen.

[0048] Die Flüssigkeit **142**, wie oben beschrieben ist, weist einen Brechungsindex auf, der mit dem Brechungsindex der Wellenleitersegmente **112**, **112'**, **114** und **114'** übereinstimmt. Folglich gelangt, wenn der Hohlraum **116** mit einer Indexanpassungsflüssigkeit wie in **Fig. 4B** gefüllt ist, ein optisches Signal OS, das durch das Wellenleitersegment **112** oder **114** eingegeben wird, durch den Hohlraum **116** zu dem entsprechenden kollinearen Wellenleitersegment **112'** oder **114'**.

[0049] **Fig. 4C** stellt den reflektierenden oder aktivierten Zustand des Schaltortes **400** dar. Bei dem reflektierenden Zustand enthält der optische Hohlraum **410** eine Blase **414**. Mit der Blase **414** in dem optischen Hohlraum **410** wird ein optisches Eingangssignal OS auf dem Wellenleitersegment **112** oder **114** von der Wellenleiter/Blase-Grenzfläche **115** in das Wellenleitersegment **114** oder **112** reflektiert. Der reflektierende Zustand des Schaltortes **400** ist stabil, da die Oberflächenspannung für eine Blase, die die Größe des optischen Hohlraums **410** aufweist, kleiner als die Druckdifferenz zwischen dem Dampfdruck P_v und dem Fluidruck P_e der Flüssigkeit bei der Betriebstemperatur T_0 des Schaltortes **400** ist.

[0050] Eine Weise zum Schalten des Schaltortes **400** von dem durchlassenden Zustand aus **Fig. 4B** zu dem reflektierenden Zustand aus **Fig. 4C** besteht darin, die Flüssigkeit in dem optischen Hohlraum **410**

unter Verwendung des Heizelementes **412** lokal zu erwärmen. Eine Blase, die sich bildet, wenn die Flüssigkeit in dem optischen Hohlraum **410** die Keimbildungstemperatur erreicht, dehnt sich aus, um den Hohlraum **410** zu füllen. Das lokale Erwärmen wird abgeschlossen, nachdem die Blase **414** die kritische Größe erreicht hat.

[0051] Ein alternatives Aktivierungsverfahren aktiviert die Heizelemente **422**, um die Flüssigkeit in den Aktivierungshohlräumen **420** lokal zu erwärmen. Ein Erwärmen wird fortgeführt, bis Blasen von den Hohlräumen **420** sich in den optischen Hohlraum **410** ausdehnen. Ein Erwärmen kann aufhören, wenn ein Blasenabschnitt in dem optischen Hohlraum **410** größer als die kritische Größe ist. Von hier aus dehnt sich die Blase aus, um den optischen Hohlraum **410** zu füllen. Blasen oder Abschnitte von Blasen in den Aktivierungshohlräumen **420** und den Hälsen **430** fallen zusammen, wenn ein Erwärmen aufhört, da Blasen in den Hohlräumen **420** und Hälsen **430** eine abgrenzende Abmessung aufweisen, die kleiner als die kritische Größe ist. (Das Heizelement **412** wird nicht benötigt und kann weggelassen werden, wenn die Heizelemente **422** verwendet werden, um den Schaltort **400** zu aktivieren.)

[0052] **Fig. 4D** stellt ein Deaktivierungsverfahren für den Schaltort **400** dar. Wenn der Schaltort **400** in dem reflektierenden Zustand aus **Fig. 4C** beginnt, stellt das Deaktivierungsverfahren die Heizelemente **422** in den Aktivierungshohlräumen **420** an. Wie in **Fig. 4A** dargestellt ist, weisen die Heizelemente **422** einen höheren Widerstandswert oder schnellere Erwärmungsabschnitte am weitesten entfernt von dem optischen Hohlraum **420** auf. Ein Leistungspuls, der an die Heizelemente **422** angelegt ist, bildet so Blasen **424**, die an den entfernten Enden der Aktivierungshohlräume **420** beginnen und sich in Richtung des optischen Hohlraums **410** ausdehnen. Sich ausdehnende Blasen **424** drücken Flüssigkeit **142** schneller in den optischen Hohlraum **410**, als die Flüssigkeit über den Zwischenraum zwischen der Planarlichtwellenschaltung und dem darunterliegenden Substrat zu dem Reservoir fließen kann. Der Flüssigkeitsfluß komprimiert die Blase **414** in dem optischen Hohlraum **410**, was die Größe der Blase **414** senkt. Nach innen gerichtete Oberflächenspannungskräfte auf die Blase **414** nehmen entsprechend zu und eine Absorbierung von Wärme und Gasen von der Blase **414** in die umgebende Flüssigkeit **142** reduziert einen Druck in der Blase **414**. Als ein Ergebnis fällt die Blase **414** zusammen.

[0053] Die Position und das Verhalten des Heizelementes **422**, die Dauer des Leistungspulses und die Größe der Aktivierungshohlräume **420** und Hälsen **430** sind derart, daß die Blase **414** zusammenfällt, bevor sich ausdehnende Blasen **424** den optischen Hohlraum **410** erreichen. Bei dem exemplarischen Aus-

führungsbeispiel der Erfindung, bei dem der optische Hohlraum **410** in etwa $45 \times 45 \times 15 \mu\text{m}^3$ ist, sind die Aktivierungshohlräume **420** in etwa $85 \times 45 \times 12 \mu\text{m}^3$, wobei die Hälse **430** in etwa $10 \times 45 \times 9 \mu\text{m}^3$ sind, und die Heizelemente **422** sind $650\text{-}\Omega$ -Widerstände, die in etwa 210 mW während eines Zeitintervalls von weniger als etwa $0,2 \text{ ms}$ ausgeben. Sobald die Heizelemente **422** abgeschlossen sind, fallen die Blasen **424** zusammen, da die Aktivierungshohlräume **420** eine begrenzende Abmessung aufweisen, die kleiner als die kritische Abmessung D_0 für eine stabile Blase ist. Das Deaktivierungsverfahren bringt so den Schaltort **414** zu dem durchlassenden Zustand aus [Fig. 4B](#) zurück.

[0054] Die [Fig. 4A](#), [Fig. 4B](#), [Fig. 4C](#) und [Fig. 4D](#) zeigen ein Ausführungsbeispiel der Erfindung, das zwei Aktivierungshohlräume **420** an gegenüberliegenden Seiten des optischen Hohlraums **410** aufweist. Viele alternative Geometrien sind möglich. Ein Aktivierungshohlraum **420** oder drei oder mehr Aktivierungshohlräume **420** mit zugeordneten Heizelementen **422** können sich zum Beispiel als sehr wirksam beim Deaktivieren eines Schaltortes mit einer bestimmten Größe oder Form erweisen. Mehrere geeignete Formen für Aktivierungshohlräume sind unten weiter beschrieben.

[0055] Die [Fig. 5A](#), [Fig. 5B](#), [Fig. 5C](#), [Fig. 5D](#) und [Fig. 5E](#) stellen einen Schaltort **500** gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel der Erfindung dar. [Fig. 5A](#) zeigt die Struktur des Schaltortes **500**, der einen Aktivierungshohlraum **420**, einen optischen Hohlraum **510** und einen Absorbierhohlraum **520** umfaßt, die zwischen einer Planarlichtwellenschaltung und einem darunterliegenden Halbleitersubstrat sind.

[0056] Der Aktivierungshohlraum **420** weist eine abgrenzende Abmessung (z. B. Breite) auf, die kleiner als die kritische Abmessung D_0 für eine stabile Blase bei der Betriebstemperatur T_0 und einem Fluiddruck P_e des Schaltortes **50** ist. Bei einem exemplarischen Ausführungsbeispiel der Erfindung ist der Aktivierungshohlraum **420** in einem Druck/Temperatur-Betriebszustand, bei dem die kritische Abmessung für eine stabile Blase etwa $13,5 \mu\text{m}$ beträgt, $120 \mu\text{m}$ lang und $45 \mu\text{m}$ hoch, jedoch nur $12 \mu\text{m}$ breit. Folglich ist der Aktivierungshohlraum **420** in einem stabilen Zustand ohne ein lokales Erwärmen mit Flüssigkeit **142** gefüllt. Ein Heizelement **422**, das in dem Halbleitersubstrat hergestellt ist, kann eine lokale Erwärmung liefern, um Blasen zur Initialisierung, Aktivierung und Deaktivierung des Schaltortes **500** zu erzeugen.

[0057] Der optische Hohlraum **510** ist größer als die kritische Abmessung D_0 für eine Blase bei der Betriebstemperatur T_0 und dem Fluiddruck P_e des Schaltortes **500** und ist bei dem exemplarischen Ausführungsbeispiel in etwa $15 \mu\text{m}$ breit, $45 \mu\text{m}$ lang und

$45 \mu\text{m}$ hoch. Der optische Hohlraum **510** läßt optische Signale auf die gleiche Weise wie der optische Hohlraum **410** durch oder reflektiert dieselben, weist einen durchlassenden Zustand, wenn der optische Hohlraum **510** mit Flüssigkeit gefüllt ist, sowie einen reflektierenden Zustand auf, wenn der optische Hohlraum **510** eine Blase enthält. Der optische Hohlraum **510** enthält wahlweise ein Heizelement **512**, das eine Blase in dem optischen Hohlraum **510** erzeugen kann, um den Schaltort **500** zu aktivieren. Alternativ kann das Heizelement **422** in dem Aktivierungshohlraum **420** den Schaltort **500** unter Verwendung eines unten beschriebenen Aktivierungsverfahrens aktivieren.

[0058] Ein Hals **430** zwischen dem optischen Hohlraum **510** und dem Aktivierungshohlraum und ein Hals **530** zwischen dem optischen Hohlraum **510** und dem Absorbierhohlraum **520** hilft dabei, eine Blase in den optischen Hohlraum **510** zu begrenzen. Die Hälse **430** und **530** verlangsamen oder stoppen außerdem, daß Blasen in jeweiligen Hohlräumen **420** und **520** sich in den optischen Hohlraum **520** ausbreiten. Bei dem exemplarischen Ausführungsbeispiel ist der Hals **420** etwa $9 \mu\text{m}$ breit, $45 \mu\text{m}$ hoch und $10 \mu\text{m}$ lang und der Hals **530** ist in etwa $12 \mu\text{m}$ breit, $45 \mu\text{m}$ hoch und $10 \mu\text{m}$ lang.

[0059] Der Absorbierhohlraum **520** ist wesentlich größer als die kritische Abmessung D_0 für eine Blase bei der Betriebstemperatur T_0 und dem Fluiddruck P_e des Schaltortes **500**. Bei dem exemplarischen Ausführungsbeispiel ist der Absorbierhohlraum **520** ausreichend groß, so daß ein großer Überdruck benötigt wird, um eine Blase in dem Absorbierhohlraum **520** zusammenfallen zu lassen. Ein optionales Heizelement **522** in dem Absorbierhohlraum **520** kann eine Flüssigkeit **142** in dem Absorbierhohlraum **520** erwärmen, um eine Blase **524** zu erzeugen. Alternativ kann, wenn das Heizelement **522** weggelassen wird, das Heizelement **422** in dem Aktivierungshohlraum **420** und/oder das Heizelement **412** (falls vorhanden) in dem optischen Hohlraum **520** für eine Zeit an gelassen werden, die ausreicht, um eine Blase zu erzeugen, die sich in den Absorbierhohlraum **520** ausdehnt.

[0060] [Fig. 5B](#) zeigt einen fluidgefüllten Zustand des Schaltortes **500**. Der dargestellte Zustand in [Fig. 5B](#) ist ein stabiler durchlassender Zustand des Schaltortes **500**, ist jedoch nicht der bevorzugte reflektierende Zustand zum Betrieb des Schaltortes **500**. [Fig. 5C](#) stellt den bevorzugten durchlassenden Zustand dar, der normalerweise während eines Betriebs des Schaltortes **500** verwendet werden würde. Der Zustand des Schaltortes **500** in [Fig. 5C](#) unterscheidet sich von dem Zustand aus [Fig. 5B](#) dahingehend, daß der Absorbierhohlraum **520** eine Blase **524** in dem dargestellten Zustand aus [Fig. 5C](#) enthält.

[0061] Die Blase **524** kann in dem Absorbiererrhohlraum **520** unter Verwendung einer Vielzahl von Techniken erzeugt werden. Wenn der Absorbiererrhohlraum **520** zum Beispiel ein optionales Heizelement **522** umfaßt, kann ein Initialisierungsverfahren, das beim Einschalten des optischen Schalters durchgeführt wird, das Heizelement **522** aktivieren, um die Flüssigkeit **142** in dem Absorbiererrhohlraum **522** lokal auf die Keimbildungstemperatur anzuheben und die Blase **524** zu erzeugen. Die Blase **524** bleibt in dem Absorbiererrhohlraum **520** nach einem lokalen Erwärmen des Absorbiererrhohlraums **520** während eines Anfahrens des optischen Schalters stabil.

[0062] Ein alternatives Verfahren zum Erzeugen der Blase **524** verwendet das Heizelement **422** in dem Aktivierungshohlraum **420** und/oder ein optionales Heizelement **512** in dem optischen Hohlraum **510**, um die Blase **524** zu erzeugen. Insbesondere kann ein Initialisierungsverfahren das Heizelement **422** (und das Heizelement **512**) aktivieren, um eine Blase **530** zu erzeugen, die sich von dem Aktivierungshohlraum **420** durch den optischen Hohlraum **510** in den Absorbiererrhohlraum **520** ausdehnt, wie in [Fig. 5D](#) gezeigt ist. Ein lokales Erwärmen kann aufhören, sobald der Abschnitt der Blase **530** in dem Absorbiererrhohlraum **520** die kritische Größe erreicht. Die Blase **530** kühlt dann auf die Betriebstemperatur T_0 ab, was das Zusammenfallen von Abschnitten der Blase **530** bewirkt, die in dem Aktivierungshohlraum **420**, dem Hals **430** und dem Hals **530** sind, die Breiten aufweisen, die kleiner als die kritische Abmessung D_0 sind. Dieses Initialisierungsverfahren hinterläßt so den Schaltort **500** in einem reflektierenden Zustand, der eine stabile Blase **514** in dem optischen Hohlraum **510** und eine stabile Blase **524** in dem Absorbiererrhohlraum **520** aufweist, wie in [Fig. 5E](#) dargestellt ist. Der Zustand des Schaltortes **500** in [Fig. 5E](#) ist ein stabiler reflektierender Zustand, der kein lokales Erwärmen erfordert.

[0063] Die [Fig. 5F](#) und [Fig. 5G](#) stellen ein Deaktivierungsverfahren dar, das den Schaltort **500** von dem reflektierenden Zustand aus [Fig. 5E](#) zu dem durchlassenden Zustand aus [Fig. 5C](#) verändert. Die Deaktivierung betreibt das Heizelement **422** in dem Aktivierungshohlraum **420**, um eine sich schnell ausdehnende Blase **424** zu erzeugen. Die sich ausdehnende Blase **424** erzeugt einen Fluidfluß, der die Blase **514** komprimiert und die Blase **514** in Richtung des Absorbiererrhohlraums **520** drückt. Die Blase **524**, die in dem Absorbiererrhohlraum **520** ist, erleichtert den Fluidfluß in Richtung des Absorbiererrhohlraums **520**, da Gas in der Blase **524** verglichen mit der umgebenden Flüssigkeit **142** ohne weiteres komprimiert wird.

[0064] Wenn die Blase **514** komprimiert wird, kondensiert Dampf von der Blase **514** in Flüssigkeit **142** und die Blase **514** beginnt zusammenzufallen. Zusätzlich zu dem Dampf von der Flüssigkeit **142** jedoch

kann die Blase **514** andere Gase enthalten, wie z. B. Stickstoff und Sauerstoff aus der Luft, die in der Flüssigkeit **142** gelöst sein können. Ein Kondensieren des Dampfes zurück in die Flüssigkeit **142** ist ein schnelleres Verfahren als die Absorbierung anderer Gase. Wie in [Fig. 5G](#) gezeigt ist, drückt der Fluidfluß von der sich ausdehnenden Blase **424**, wenn ein Abschnitt der Blase **514** nicht ausreichend schnell zusammenfällt, diesen Abschnitt der Blase **514** durch den Hals **530** in den Absorbiererrhohlraum **520**. Der Rest der Blase **514** wird in dem Absorbiererrhohlraum **520** mit der Blase **524** zusammengeführt. Das Deaktivierungsverfahren stoppt ein lokales Erwärmen, bevor die Blase **424** sich in den optischen Hohlraum **510** ausdehnt.

[0065] Die Blase **424** fällt dann zusammen und hinterläßt den Schaltort **500** in dem durchlassenden Zustand aus [Fig. 5C](#). Die Blase **524**, einschließlich der neu hinzugefügten Gase von der Blase **514**, kann ein Gleichgewicht mit der Flüssigkeit **142** über einen Zeitraum (z. B. 500 ms) erreichen, der viel länger als die Schaltzeit (z. B. etwa 1 ms) ist.

[0066] [Fig. 5H](#) stellt ein Aktivierungsverfahren dar, das den Schaltort **500** von dem durchlassenden Zustand aus [Fig. 5C](#) wieder zurück zu dem reflektierenden Zustand aus [Fig. 5E](#) schaltet. Das Aktivierungsverfahren aus [Fig. 5H](#) betreibt das Heizelement **422** in dem Aktivierungshohlraum **420** für einen Zeitraum, der ausreichend ist, daß die in dem Aktivierungshohlraum **420** erzeugte Blase **424** sich in den optischen Hohlraum **510** ausdehnt. Sobald die Abschnittsblase **424** in dem optischen Hohlraum **510** die kritische Größe aufweist, kann das Aktivierungsverfahren das lokale Erwärmen beenden. Als ein Ergebnis fällt der Abschnitt der Blase **424** in dem schmalen Aktivierungshohlraum **420** zusammen und hinterläßt den Abschnitt in dem optischen Hohlraum **510** zur Ausdehnung zur Füllung des optischen Hohlraums **510**. Mit dem Aktivierungsverfahren aus [Fig. 5H](#) wird das Heizelement **512** nicht benötigt und die Dichte der Heizelemente in dem Schaltort kann reduziert werden.

[0067] Die [Fig. 6A](#), [Fig. 6B](#), [Fig. 6C](#) und [Fig. 6D](#) stellen einen Schaltort **600** dar, der ähnlich zu dem Schaltort **500** ist. Der Schaltort **600** unterscheidet sich dahingehend von dem Schaltort **500**, daß ein Hals **630**, der zwischen einem optischen Hohlraum **510** und einem Absorbiererrhohlraum **520** in dem Schaltort **600** ist, derart ist, daß, wenn der Schaltort **600** in dem reflektierenden Zustand ist, eine einzelne Blase **614** den optischen Hohlraum **510** und den Absorbiererrhohlraum **520** füllt, wie in [Fig. 6A](#) dargestellt ist. Der Hals **630** (wie der Hals **530**, der zwischen dem optischen Hohlraum **510** und dem Absorbiererrhohlraum **520** in dem Schaltort **500** ist) ist schmaler als die kritische Abmessung für eine stabile Blase, der Hals **630** jedoch ist kürzer oder breiter als der Hals **530**.

[0068] Die [Fig. 6B](#) und [Fig. 6C](#) stellen ein Deaktivierungsverfahren dar, das den Schaltort **600** von dem reflektierenden Zustand aus [Fig. 6A](#) zu dem durchlassenden Zustand aus [Fig. 6D](#) schaltet. Das Deaktivierungsverfahren schaltet das Heizelement in dem Aktivierungshohlraum **420** ein, um eine Blase **424** zu erzeugen. Die Blase **424** dehnt sich lokal aus, was den Fluiddruck erhöht und einen Fluidfluß in den optischen Hohlraum **510** bewirkt. Der lokale Druck nimmt zu und ein zugeordneter Fluidfluß läßt einen Abschnitt der Blase **614** teilweise zusammenfallen, der in dem optischen Hohlraum **510** war, und drückt verbleibende Gase aus dem optischen Hohlraum **510** in den Absorbierhohlraum **520**. Da die Blase **614** sich durch den Hals **630** erstreckt, werden die Kräfte, die die Gase aus dem optischen Hohlraum **510** herausdrücken, nicht benötigt, um die Oberflächenspannung einer Flüssigkeitsbarriere zu überwinden, die sich in dem Hals **530** des Schaltortes **500** ([Fig. 5E](#)) befindet.

[0069] Sobald der optische Hohlraum **520** mit Flüssigkeit gefüllt ist, stoppt ein Erwärmen und die Blase **424** in dem Aktivierungshohlraum **420** fällt zusammen. Der Hals **630**, der schmaler als die kritische Abmessung ist, grenzt die Blase **524** auf den Absorbierhohlraum **520** ein, wie in [Fig. 6D](#) gezeigt ist.

[0070] Die obigen Ausführungsbeispiele der Erfindung beschreiben Schaltorte, die einige spezifische Geometrien für Aktivierungshohlräume aufweisen. Viele andere Anordnungen von Aktivierungshohlräumen sind möglich.

[0071] [Fig. 7A](#) stellt einen Schaltort **700A** dar, in dem ein Aktivierungshohlraum **720A** gekrümmt ist, um eine größere Länge zur Blasenausdehnung in Richtung eines optischen Hohlraums **710** während des Deaktivierungsverfahrens zu schaffen.

[0072] [Fig. 7B](#) stellt ein Beispiel eines Schaltorts **700E** dar, das ein Paar von Aktivierungshohlräumen **720B** aufweist, die über einen einzelnen Hals **730** in Fluidkommunikation mit einem optischen Hohlraum **710** steht. Die Konfiguration mehrerer Aktivierungshohlräume **720A** kann einen größeren Fluidfluß und eine Kompressionskraft mit allen Aktivierungshohlräumen liefern, die Breiten aufweisen, die schmaler als die kritische Abmessung sind.

[0073] [Fig. 7C](#) stellt einen Schaltort **700C** dar, der auch ein Paar von Aktivierungshohlräumen **720C** aufweist, die über einen einzelnen Hals **730** in Fluidkommunikation mit einem optischen Hohlraum **710** steht. In dem Schaltort **700C** jedoch sind die Aktivierungshohlräume **720C** in einem Winkel, der eine Fläche für einen Absorbierhohlraum **740** eines benachbarten Schaltortes schafft. Die Schaltorte **700C** können einen feinen Abstand für Schaltorte in einem optischen Schalter unterbringen.

[0074] [Fig. 7D](#) stellt einen Schaltort **700D** dar, in dem ein Aktivierungshohlraum **720D** eine Schleife bildet, die ein einzelnes Heizelement **722** enthält. Ein Abschnitt des Heizelementes **722**, der am weitesten entfernt von dem optischen Hohlraum **710** ist, erwärmt sich am schnellsten, um eine Blase an einem Ende der Schleife zu erzeugen, die sich entlang beider Seiten der Schleife in Richtung des optischen Hohlraums **710** zeigend ausdehnt.

[0075] [Fig. 7E](#) stellt einen Schaltort **700E** dar, der einen Aktivierungshohlraum **720E** mit einem Ende **726** aufweist, das groß genug ist, um eine stabile Blase bei der Betriebstemperatur und einem Druck der Flüssigkeit in einem optischen Schalter zu enthalten. Eine Initialisierung eines Einschaltverfahrens für den optischen Schalter würde eine Blase (nicht gezeigt) an dem Ende **726** des Aktivierungshohlraums **720E** erzeugen. Die Blase würde dann in dem Ende **726** ohne den Bedarf eines lokalen Erwärmens stabil bleiben. Mit einer stabilen Blase an dem Ende **726** des Aktivierungshohlraums **720E** schaltet ein Deaktivierungsverfahren für den Schaltort **720E** das Heizelement **422** ein, um die Temperatur der existierenden Blase zu erhöhen. Die Blase dehnt sich dann aus, was bewirkt, daß ein lokaler Druck zunimmt, sowie einen Fluidfluß von dem Aktivierungshohlraum **720E** in den optischen Hohlraum **510** bewirkt. Das Deaktivierungsverfahren muß keine Blase erzeugen oder die Flüssigkeit über die homogene Keimbildungstemperatur anheben. Als ein Ergebnis nehmen die Ausdehnung der Blase in dem Aktivierungshohlraum **720E** und der resultierende Druck zu und ein Fluidfluß in den optischen Hohlraum **510** wird leichter gesteuert.

[0076] Obwohl die Erfindung Bezug nehmend auf bestimmte Ausführungsbeispiele beschrieben wurde, ist die Beschreibung nur ein Beispiel der Anwendung der Erfindung und sollte als keine Einschränkung aufgefaßt werden. Insbesondere sind die spezifischen Geometrien für Schaltorte, die oben beschrieben sind, lediglich Beispiele, die bestimmte Merkmale darstellen, wobei eine Vielzahl anderer geeigneter Konfigurationen gemäß der Erfindung möglich ist. Verschiedene andere Anpassungen und Kombinationen von Merkmalen der offenbarten Ausführungsbeispiele sind innerhalb des Schutzzumfangs der Erfindung, die durch die folgenden Ansprüche definiert ist.

Patentansprüche

1. Optischer Schalter mit folgenden Merkmalen: einer optischen Struktur (**110**), die sich kreuzende Lichtpfade (**112**, **114**) mit optischen Hohlräumen (**116**, **410**, **510**, **710**) an Schnittpunkten der Lichtpfade (**112**, **114**) enthält; einer Flüssigkeit (**142**), die einen Brechungsindex aufweist, der mit einem Brechungsindex der Lichtpfade (**112**, **114**) übereinstimmt, wobei die Flüssigkeit (**142**) in Kommunikation mit den optischen Hohlräu-

men (**116**) steht, wobei die Flüssigkeit (**142**) in der optischen Struktur (**110**) einen Druck und eine Temperatur aufweist, derart, dass eine Blase (**310**) in einem der optischen Hohlräume (**116**) bei der Temperatur der Flüssigkeit stabil ist; und einer Mehrzahl von Aktivierungsstrukturen, wobei jeder der optischen Hohlräume (**410**, **510**, **710**) eine entsprechende Aktivierungsstruktur aufweist, die betreibbar ist, um den optischen Hohlraum (**410**) von einem ersten Zustand, in dem der optische Hohlraum (**410**) eine Blase (**414**) enthält, zu einem zweiten Zustand, in dem der optische Hohlraum (**410**) mit der Flüssigkeit (**142**) gefüllt ist, zu schalten, wobei jede Aktivierungsstruktur folgende Merkmale aufweist: einen Aktivierungshohlraum (**420**, **720**), der in der optischen Struktur gebildet ist, in Fluidkommunikation mit der Flüssigkeit (**142**) und dem entsprechenden optischen Hohlraum (**410**), wobei jeder Aktivierungshohlraum (**420**) eine minimale Abmessung aufweist, die zu klein ist, um es zu ermöglichen, dass der Aktivierungshohlraum (**420**) eine stabile Blase bei der Temperatur der Flüssigkeit (**142**) enthält; und ein Heizelement (**422**) in dem Aktivierungshohlraum (**420**).

2. Optischer Schalter gemäß Anspruch 1, bei dem bei der Temperatur der Flüssigkeit (**142**) in der optischen Struktur (**110**) die Summe aus dem Druck der Flüssigkeit (**142**) und einem oberflächenspannungsinduzierten Druck über eine Blase (**310**), die im wesentlichen einen der Hohlräume (**116**) füllt, kleiner ist, als ein Dampfdruck der Flüssigkeit (**142**).

3. Optischer Schalter gemäß Anspruch 2, der ferner einen Fluidkanal aufweist, der mit der Flüssigkeit (**142**) gefüllt ist und in Fluidkommunikation mit den optischen Hohlräumen steht.

4. Optischer Schalter gemäß Anspruch 3, bei dem die Summe aus dem Druck der Flüssigkeit (**142**) und einem oberflächenspannungsinduzierten Druck über eine Blase, die eine Größe aufweist, die einer Abmessung des Fluidkanals entspricht, größer ist, als der Dampfdruck der Flüssigkeit (**142**).

5. Optischer Schalter gemäß einem der Ansprüche 1 bis 4, bei dem die optische Struktur (**110**) die Temperatur der Flüssigkeit (**142**) aufweist ist.

6. Optischer Schalter gemäß Anspruch 4 oder 5, bei dem die Flüssigkeit (**142**) einen oder mehrere der optischen Hohlräume (**116**) füllt und eine oder mehrere Blasen (**310**) bei der Temperatur der Flüssigkeit (**142**) in einem oder mehreren der optischen Hohlräume (**116**) sind.

7. Optischer Schalter gemäß Anspruch 6, der ferner einen Mechanismus zum globalen Erhöhen des Drucks der Flüssigkeit (**142**) auf einen Pegel auf-

weist, der alle Blasen in den optischen Hohlräumen (**116**) zusammenfallen lässt.

8. Optischer Schalter gemäß einem der vorangehenden Ansprüche, bei dem jede Aktivierungsstruktur wirkt, um die Flüssigkeit (**142**) in den entsprechenden optischen Hohlraum zu bewegen.

9. Optischer Schalter gemäß einem der vorangehenden Ansprüche, bei dem jeder Aktivierungshohlraum (**720**) ein Ende (**726**) aufweist, das entfernt von dem entsprechenden optischen Hohlraum (**710**) ist, wobei das Ende (**726**) ausreichend groß ist, um eine Blase zu enthalten, die bei der Temperatur und dem Druck der Flüssigkeit (**142**) in der optischen Struktur (**110**) stabil ist.

10. Optischer Schalter gemäß einem der vorangehenden Ansprüche, der ferner Verbindungshälse (**430**, **730**) aufweist, die in der optischen Struktur (**110**) gebildet sind, wobei jeder Verbindungshals (**430**) zwischen einem entsprechenden der Aktivierungshohlräume (**420**) und dem optischen Hohlraum (**410**) ist, der dem Aktivierungshohlraum (**420**) entspricht, wobei die Hälse (**430**) schmaler als die Aktivierungshohlräume (**420**) sind.

11. Optischer Schalter gemäß einem der vorangehenden Ansprüche, bei dem für jede Aktivierungsstruktur ein Betrieb des Heizelementes (**422**) für einen ersten Zeitraum Flüssigkeit von dem Aktivierungshohlraum (**420**) zu dem entsprechenden optischen Hohlraum (**410**) bewegt, was einen Druck lokal anhebt, um eine Blase (**414**) in dem entsprechenden Hohlraum (**410**) zusammenfallen zu lassen.

12. Optischer Schalter mit folgenden Merkmalen: einer optischen Struktur (**110**), die sich kreuzende Lichtpfade (**112**, **114**) mit optischen Hohlräumen (**116**, **410**, **510**, **710**) an Schnittpunkten der Lichtpfade (**112**, **114**) enthält; einer Flüssigkeit (**142**), die einen Brechungsindex aufweist, der mit einem Brechungsindex der Lichtpfade (**112**, **114**) übereinstimmt, wobei die Flüssigkeit (**142**) in Kommunikation mit den optischen Hohlräumen (**116**) steht, wobei die Flüssigkeit (**142**) in der optischen Struktur (**110**) einen Druck und eine Temperatur aufweist, derart, dass eine Blase (**310**) in einem der optischen Hohlräume (**116**) bei der Temperatur der Flüssigkeit stabil ist; und einer Mehrzahl von Aktivierungsstrukturen, wobei jeder der optischen Hohlräume (**410**, **510**, **710**) eine entsprechende Aktivierungsstruktur aufweist, die betreibbar ist, um den optischen Hohlraum (**410**) von einem ersten Zustand, in dem der optische Hohlraum (**410**) eine Blase (**414**) enthält, zu einem zweiten Zustand, in dem der optische Hohlraum (**410**) mit der Flüssigkeit (**142**) gefüllt ist, zu schalten, wobei jede Aktivierungsstruktur folgende Merkmale aufweist:

einen Aktivierungshohlraum (420, 720), der in der optischen Struktur gebildet ist, in Fluidkommunikation mit der Flüssigkeit (142) und dem entsprechenden optischen Hohlraum (410); und ein Heizelement (422) in dem Aktivierungshohlraum (420), wobei für jede Aktivierungsstruktur ein Betrieb des Heizelementes (422) für einen ersten Zeitraum Flüssigkeit von dem Aktivierungshohlraum (420) zu dem entsprechenden optischen Hohlraum (410) bewegt, was einen Druck lokal anhebt, um eine Blase (414) in dem entsprechenden Hohlraum (410) zusammenfallen zu lassen, und wobei ein Betrieb des Heizelementes (422) für einen zweiten Zeitraum, der länger als der erste Zeitraum ist, Dampf von dem Aktivierungshohlraum (420) zu dem entsprechenden optischen Hohlraum (410) bewegt, was eine Blase (414) erzeugt, die in dem entsprechenden optischen Hohlraum (410) stabil ist.

13. Optischer Schalter mit folgenden Merkmalen: einer optischen Struktur (110), die sich kreuzende Lichtpfade (112, 114) mit optischen Hohlräumen (116, 410, 510, 710) an Schnittpunkten der Lichtpfade (112, 114) enthält; einer Flüssigkeit (142), die einen Brechungsindex aufweist, der mit einem Brechungsindex der Lichtpfade (112, 114) übereinstimmt, wobei die Flüssigkeit (142) in Kommunikation mit den optischen Hohlräumen (116) steht, wobei die Flüssigkeit (142) in der optischen Struktur (110) einen Druck und eine Temperatur aufweist, derart, dass eine Blase (310) in einem der optischen Hohlräume (116) bei der Temperatur der Flüssigkeit stabil ist; und einer Mehrzahl von Aktivierungsstrukturen, wobei jeder der optischen Hohlräume (410, 510, 710) eine entsprechende Aktivierungsstruktur aufweist, die betreibbar ist, um den optischen Hohlraum (410) von einem ersten Zustand, in dem der optische Hohlraum (410) eine Blase (414) enthält, zu einem zweiten Zustand, in dem der optische Hohlraum (410) mit der Flüssigkeit (142) gefüllt ist, zu schalten, wobei jede Aktivierungsstruktur folgende Merkmale aufweist: einen Aktivierungshohlraum (420, 720), der in der optischen Struktur gebildet ist, in Fluidkommunikation mit der Flüssigkeit (142) und dem entsprechenden optischen Hohlraum (410); ein Heizelement (422) in dem Aktivierungshohlraum (420); und einen Absorbiererrhohlraum (520), der in Fluidkommunikation mit der Flüssigkeit (142) und dem entsprechenden optischen Hohlraum (510) steht.

14. Optischer Schalter gemäß Anspruch 13, bei dem für jede Aktivierungsstruktur ein Betrieb des Heizelementes für einen ersten Zeitraum Flüssigkeit von dem Aktivierungshohlraum zu dem entsprechenden optischen Hohlraum bewegt, was lokal einen Druck erhöht, um eine Blase in dem entsprechenden optischen Hohlraum teilweise zusammenfallen zu lassen

und einen Rest der Blase in den Absorbiererrhohlraum (520) der Aktivierungsstruktur zu drücken.

15. Optischer Schalter gemäß Anspruch 13 oder 14, bei dem jeder der Absorbiererrhöhlräume (520) eine Größe und eine Form aufweist, die ausreichend ist, um eine stabile Blase bei der Temperatur der Flüssigkeit (142) zu enthalten.

16. Optischer Schalter gemäß einem der Ansprüche 13 bis 15, bei dem jeder der Absorbiererrhöhlräume eine stabile Blase bei der Temperatur der Flüssigkeit (142) enthält.

17. Optischer Schalter gemäß einem der Ansprüche 13 bis 16, der ferner jeweilige Heizelemente in den Absorbiererrhöhlräumen (520) aufweist.

18. Optischer Schalter gemäß einem der Ansprüche 13 bis 17, bei dem in dem ersten Zustand des optischen Hohlräume (510) die Blase (614) in dem optischen Hohlraum (510) sich in den Absorbiererrhohlraum (520) erstreckt.

19. Optischer Schalter mit folgenden Merkmalen: einer optischen Struktur (110), die einen optischen Hohlraum (410, 510) an Schnittpunkten der Lichtpfade (112, 114), einen Aktivierungshohlraum (420) benachbart zu dem optischen Hohlraum (410) und einen Fluidpfad (430) zwischen dem Aktivierungshohlraum (420) und dem optischen Hohlraum (410) enthält; einem Absorbiererrhohlraum (520); und einem Fluidpfad (530) zwischen dem Absorbiererrhohlraum (520) und dem optischen Hohlraum (410); einer Flüssigkeit (142) in Kommunikation mit dem optischen Hohlraum (410) und dem Aktivierungshohlraum (420); und einem Heizelement (422) in dem Aktivierungshohlraum (420), wobei das Heizelement (422) betreibbar ist, um den optischen Hohlraum (410) zwischen einem ersten Zustand, in dem der optische Hohlraum (410) eine Blase (414) enthält, und einem zweiten Zustand, in dem der optische Hohlraum (410) mit der Flüssigkeit (142) gefüllt ist, zu schalten.

20. Optischer Schalter gemäß Anspruch 19, bei dem ein Betrieb des Heizelementes (422), wenn der optische Hohlraum (510) in dem ersten Zustand ist, eine sich ausdehnende Blase (424) in dem Aktivierungshohlraum (420) erzeugt, was einen Fluidfluss von dem Aktivierungshohlraum (420) in den optischen Hohlraum (510) bewirkt, wobei der Fluidfluss einen Abschnitt der Blase (514, 614) in dem optischen Hohlraum (510) von dem optischen Hohlraum (510) in den Absorbiererrhohlraum (520) drückt.

21. Optischer Schalter gemäß Anspruch 19 oder 20, bei dem in dem ersten Zustand des optischen Hohlräume (510) die Blase (514) in dem optischen

Hohlraum (510) sich in den Absorbierhohlraum (520) erstreckt.

22. Optischer Schalter gemäß einem der Ansprüche 19 bis 21, bei dem die Flüssigkeit (142) in der optischen Struktur (110) einen Druck und eine Temperatur aufweist, derart, dass eine Blase (514) in einem optischen Hohlraum (510) bei der Temperatur der Flüssigkeit (142) stabil ist.

23. Optischer Schalter mit folgenden Merkmalen: einer optischen Struktur (110), die einen optischen Hohlraum (410, 510) an Schnittpunkten der Lichtpfade (112, 114), einen Aktivierungshohlraum (420) benachbart zu dem optischen Hohlraum (410) und einen Fluidpfad (430) zwischen dem Aktivierungshohlraum (420) und dem optischen Hohlraum (410) enthält; einer Flüssigkeit (142) in Kommunikation mit dem optischen Hohlraum (410) und dem Aktivierungshohlraum (420); und einem Heizelement (422) in dem Aktivierungshohlraum (420), wobei das Heizelement (422) betreibbar ist, um den optischen Hohlraum (410) von einem ersten Zustand, in dem der optische Hohlraum (410) eine Blase (414) enthält in einen zweiten Zustand, in dem der optische Hohlraum (410) mit der Flüssigkeit (142) gefüllt ist, zu schalten, und betreibbar ist, um den optischen Hohlraum (410) von dem zweiten Zustand in den ersten Zustand, zu schalten, wobei: die Flüssigkeit (142) in der optischen Struktur (110) einen Druck und eine Temperatur aufweist, derart, dass eine Blase (514) in einem optischen Hohlraum (510) bei der Temperatur der Flüssigkeit (142) stabil ist; und der Aktivierungshohlraum (720) ein Ende (726) aufweist, das ausreichend groß ist, um eine Blase zu enthalten, die bei dem Druck und der Temperatur der Flüssigkeit (142) in der optischen Struktur (110) stabil ist.

24. Verfahren zum Betreiben eines optischen Schalters, mit folgenden Schritten: Füllen eines Hohlraums (116, 410, 510), der an einem Schnittpunkt eines ersten Lichtpfades (112) und eines zweiten Lichtpfades (114) ist, mit einer Flüssigkeit (142); Erzeugen einer Blase (310, 414) in dem Hohlraum (116); und Beibehalten der Flüssigkeit (142) bei einem ersten Druck, der geringer als ein Dampfdruck der Flüssigkeit (142) bei einer Temperatur der Flüssigkeit (142) ist, wobei die Blase (310) in dem Hohlraum (116) bei der Temperatur der Flüssigkeit (142) stabil ist; und Erzeugen eines Fluidflusses, der die Blase (514) aus dem Hohlraum (510) herausdrückt, was den Hohlraum (510) mit der Flüssigkeit (142) gefüllt hinterlässt.

25. Verfahren gemäß Anspruch 24, bei dem das Erzeugen der Blase (310, 414) ein zeitweiliges Erwärmen der Flüssigkeit (142) beinhaltet, um eine Keimbildungsenergie der Flüssigkeit zu überwinden und eine Blase in dem Hohlraum zu erzeugen, wobei der erste Druck der Flüssigkeit (142) derart ist, dass die Blase bei der Temperatur der Flüssigkeit, nachdem das Erwärmen aufhört, stabil bleibt.

26. Verfahren gemäß Anspruch 25, bei dem das Erwärmen die Flüssigkeit (142) in dem Hohlraum erwärmt, um die Blase zu erzeugen.

27. Verfahren zum Betreiben eines optischen Schalters, mit folgenden Schritten: Füllen eines Hohlraums (116, 410, 510), der an einem Schnittpunkt eines ersten Lichtpfades (112) und eines zweiten Lichtpfades (114) ist, mit einer Flüssigkeit (142); Erzeugen einer Blase (310, 414) in dem Hohlraum (116); und Beibehalten der Flüssigkeit (142) bei einem ersten Druck, der geringer als ein Dampfdruck der Flüssigkeit (142) bei einer Temperatur der Flüssigkeit (142) ist, wobei die Blase (310) in dem Hohlraum (116) bei der Temperatur der Flüssigkeit (142) stabil ist, und wobei das Erzeugen der Blase (310, 414) ein zeitweiliges Erwärmen der Flüssigkeit (142) beinhaltet, um eine Keimbildungsenergie der Flüssigkeit zu überwinden, wobei das Erwärmen die Flüssigkeit benachbart zu dem Hohlraum erwärmt und Dampf, der aus dem Erwärmen resultiert, sich in den Hohlraum ausdehnt, um die Blase in dem Hohlraum zu erzeugen, und der erste Druck der Flüssigkeit (142) derart ist, dass die Blase bei der Temperatur der Flüssigkeit, nachdem das Erwärmen aufhört, stabil bleibt.

28. Verfahren zum Betreiben eines optischen Schalters, mit folgenden Schritten: Füllen eines Hohlraums (116, 410, 510), der an einem Schnittpunkt eines ersten Lichtpfades (112) und eines zweiten Lichtpfades (114) ist, mit einer Flüssigkeit (142); Beibehalten der Flüssigkeit (142) bei einem ersten Druck, der geringer als ein Dampfdruck der Flüssigkeit (142) bei einer Temperatur der Flüssigkeit (142) ist; Erzeugen einer Blase (310, 414) in dem Hohlraum (116), wobei das Erzeugen der Blase (310, 414) ein zeitweiliges Erwärmen der Flüssigkeit (142) beinhaltet, um eine Keimbildungsenergie der Flüssigkeit zu überwinden und eine Blase in dem Hohlraum zu erzeugen, wobei der erste Druck der Flüssigkeit (142) derart ist, dass die Blase bei der Temperatur der Flüssigkeit, nachdem das Erwärmen aufhört, stabil bleibt; temporäres Erhöhen eines Drucks der Flüssigkeit (142) in dem Hohlraum (116) auf einen zweiten Druck, der die Blase (310) in dem Hohlraum (116) zusammenfallen lässt; und dann

Senken des Drucks der Flüssigkeit (**142**) zurück auf den ersten Druck, wobei der Hohlraum (**116**) mit der Flüssigkeit (**142**) gefüllt bleibt, nachdem der Druck der Flüssigkeit zurück auf den ersten Druck abfällt.

29. Verfahren gemäß Anspruch 28, bei dem das zeitweilige Erhöhen des Drucks ein Erhöhen eines Fluiddrucks in einem Reservoir beinhaltet, das die Flüssigkeit enthält und in Fluidkommunikation mit einer Mehrzahl von Hohlräumen an Schnittpunkten von Lichtpfaden steht.

30. Verfahren gemäß Anspruch 28, bei dem das zeitweilige Erhöhen des Druckes ein lokales Erhöhen eines Fluiddrucks in dem Hohlraum (**410**) ohne ein Verändern eines Fluiddrucks in anderen Hohlräumen des optischen Schalters beinhaltet.

31. Verfahren gemäß Anspruch 28, bei dem das zeitweilige Erhöhen des Drucks in dem Hohlraum (**410**) ein Erwärmen der Flüssigkeit (**142**) beinhaltet, um eine Blase (**424**) zu erzeugen, die einen Fluidfluss in den Hohlraum (**410**) bewirkt.

Es folgen 8 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

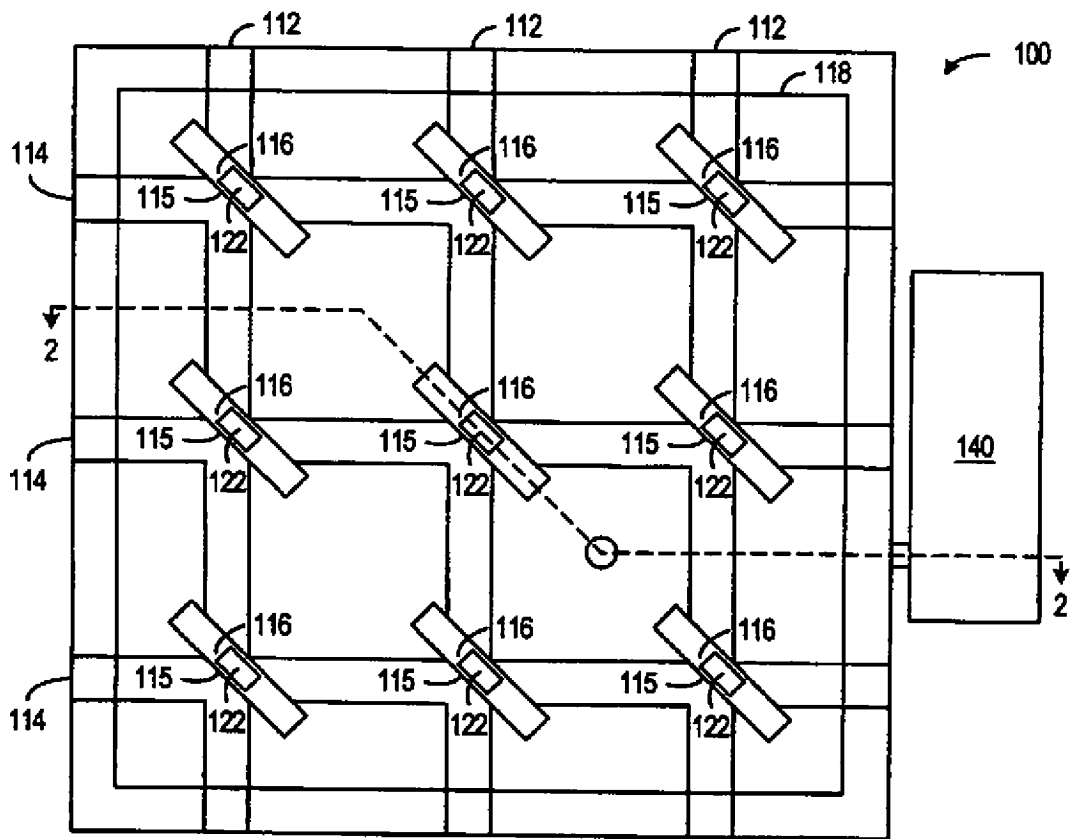


FIG. 1

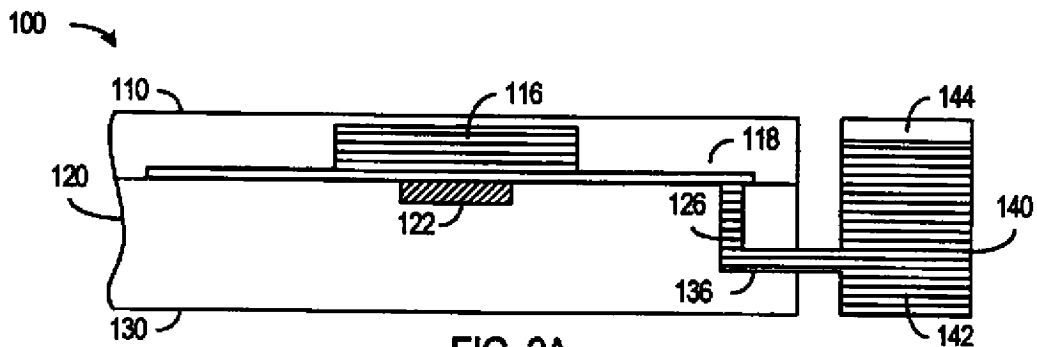


FIG. 2A

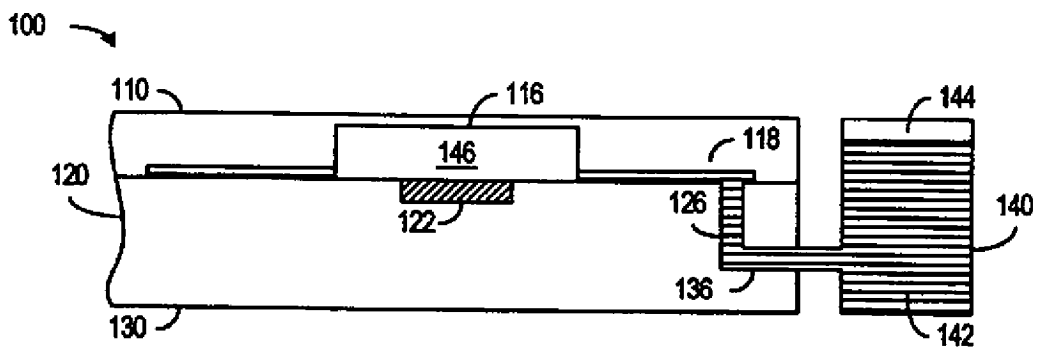


FIG. 2B

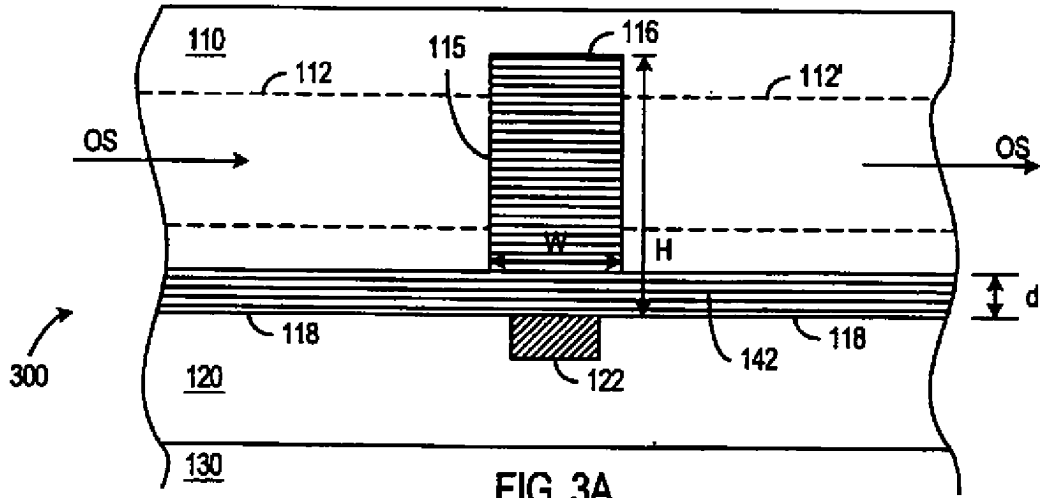


FIG. 3A

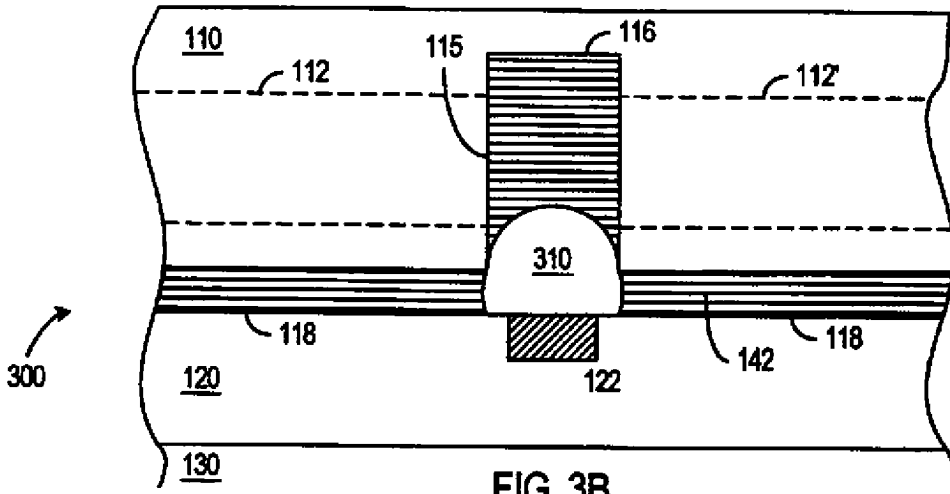


FIG. 3B

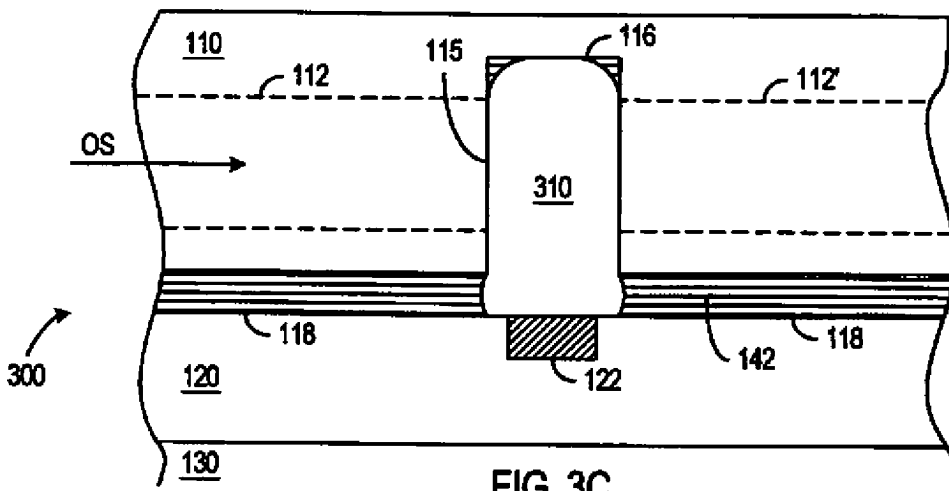


FIG. 3C

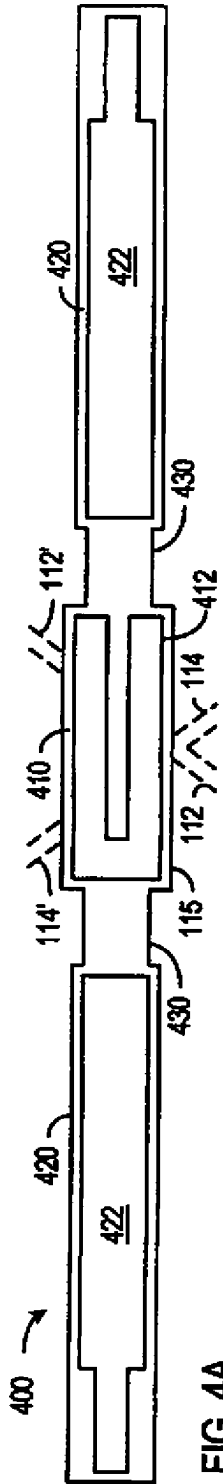


FIG. 4A

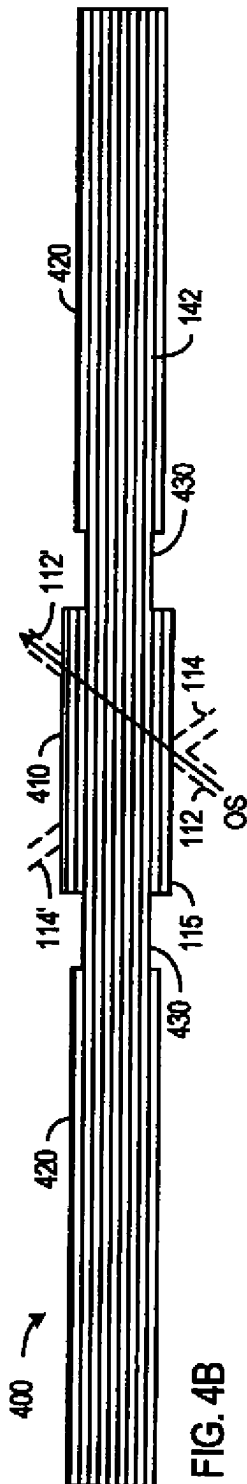


FIG. 4B

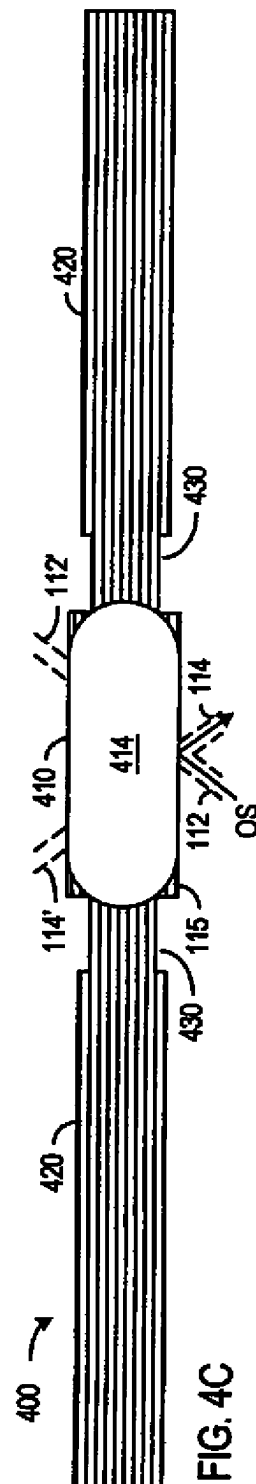


FIG. 4C

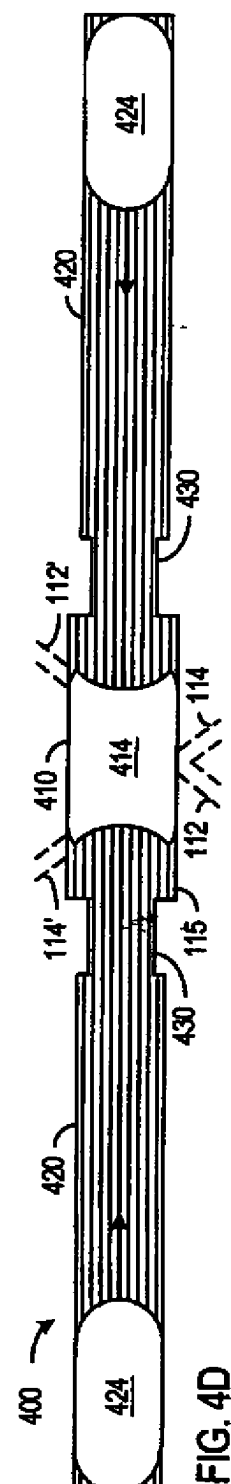


FIG. 4D

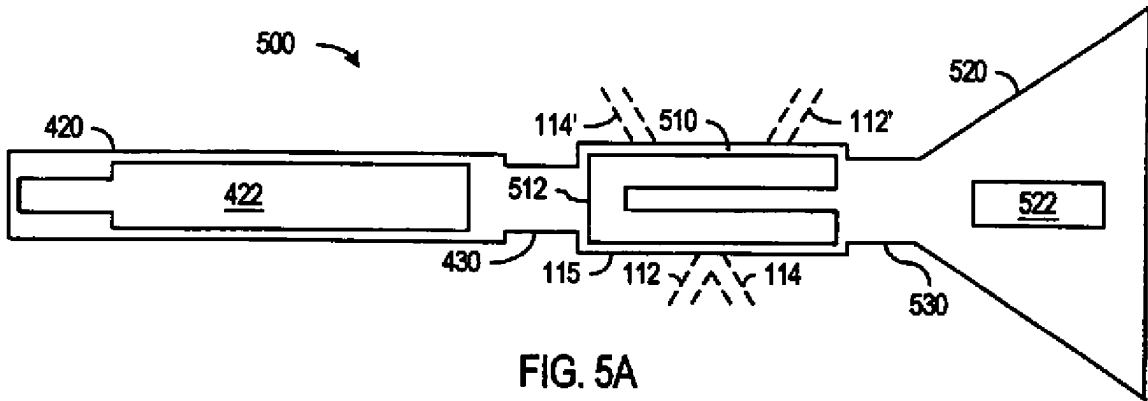


FIG. 5A

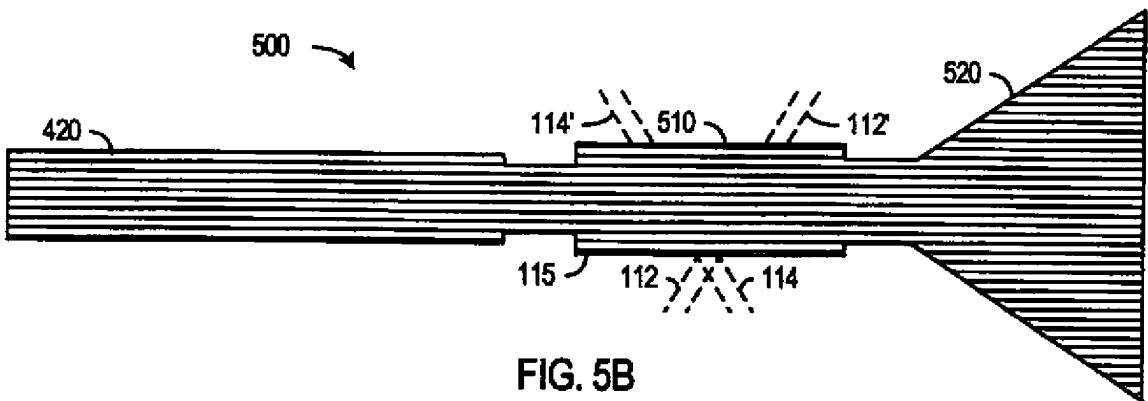


FIG. 5B

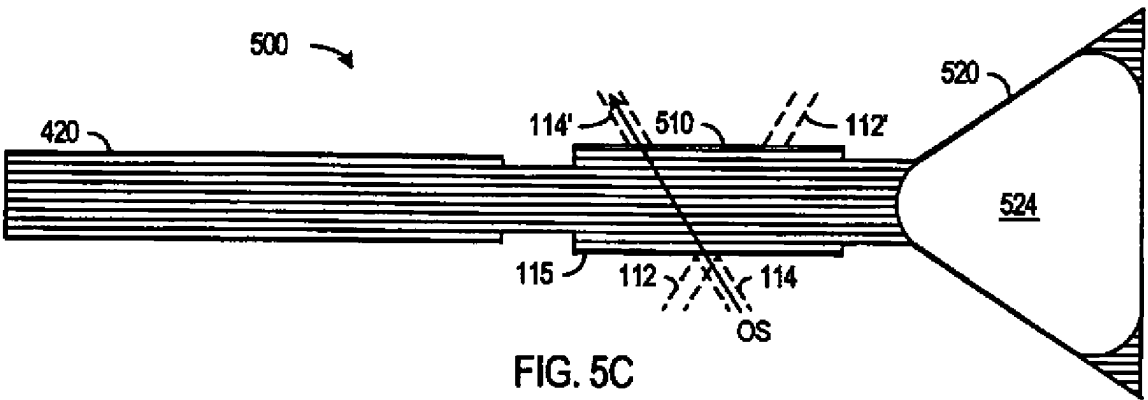


FIG. 5C

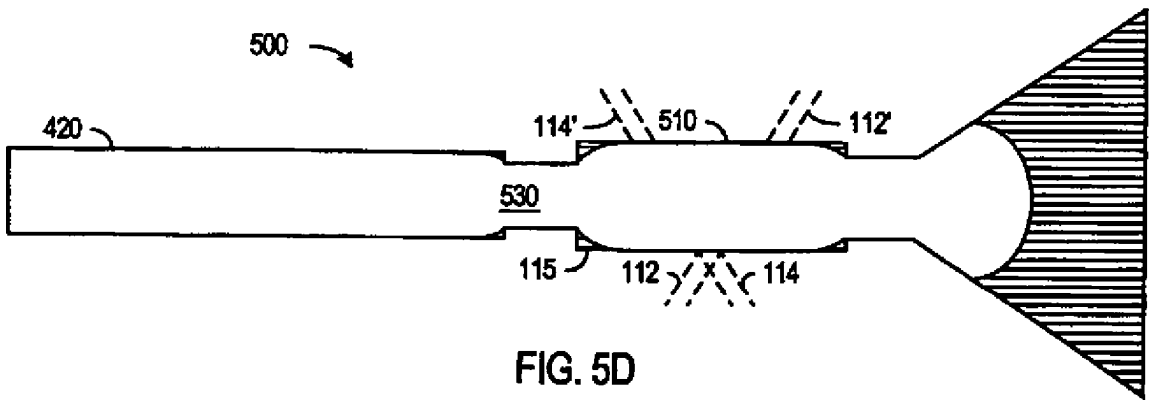
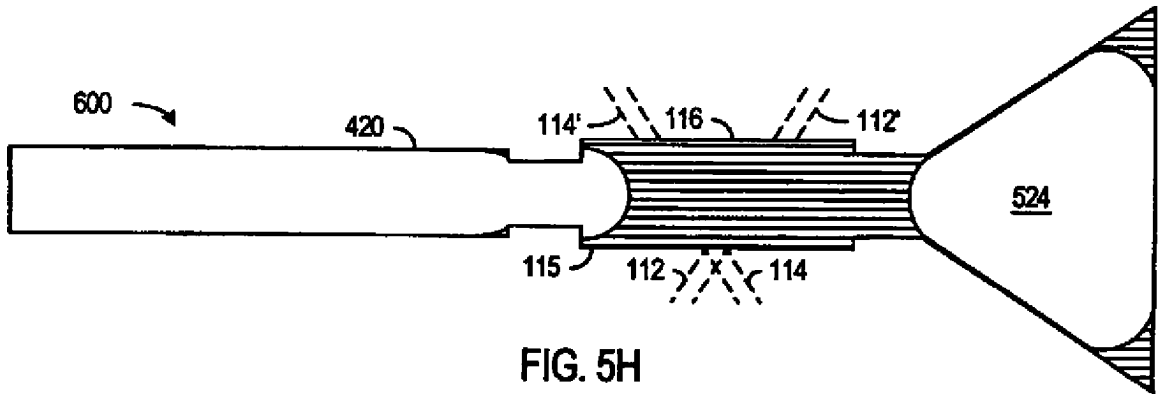
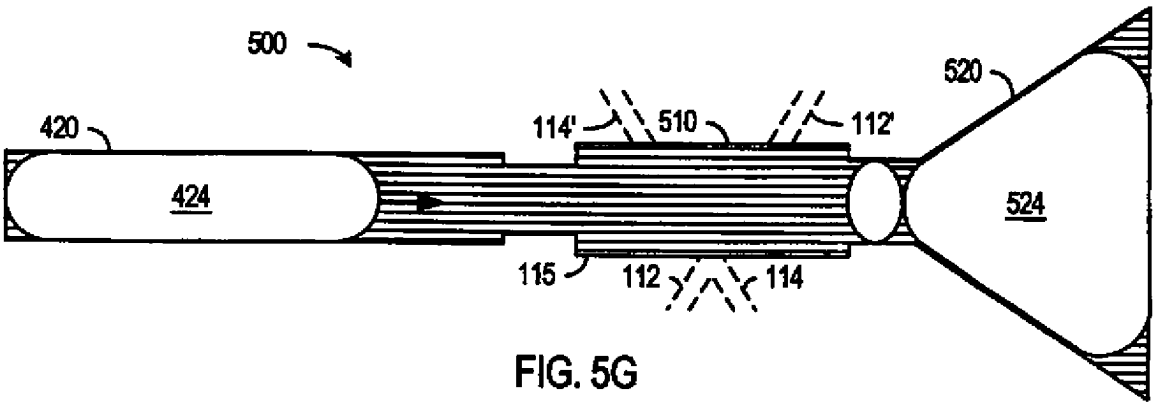
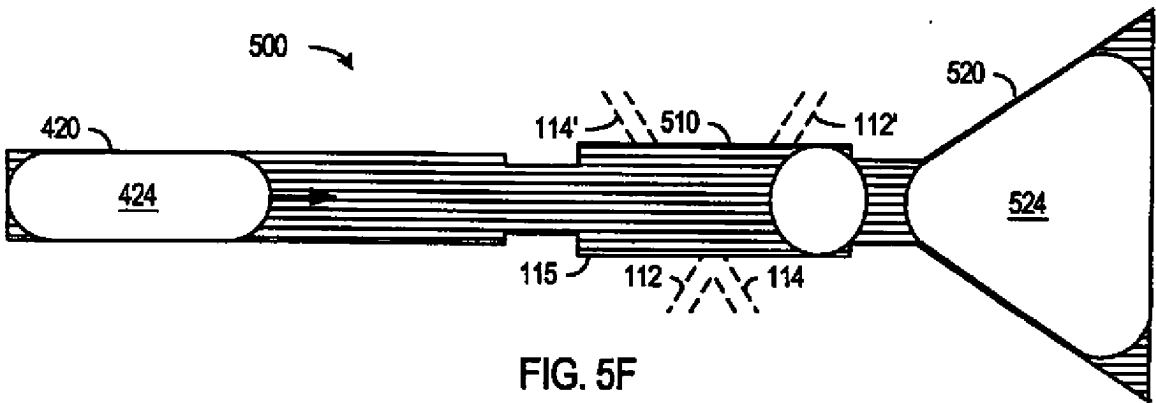
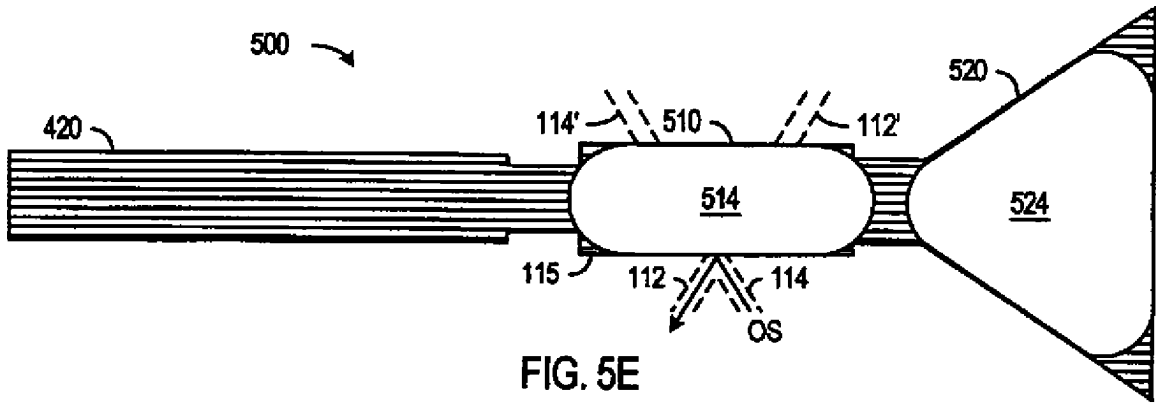


FIG. 5D



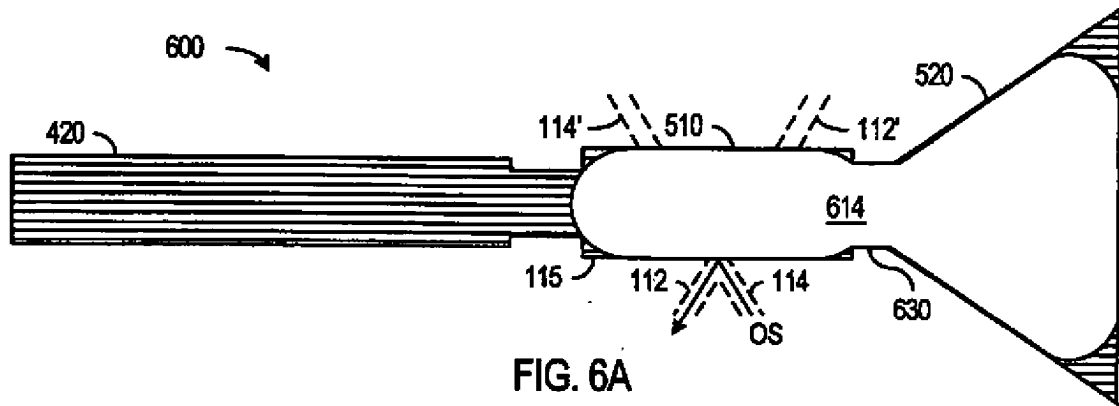


FIG. 6A

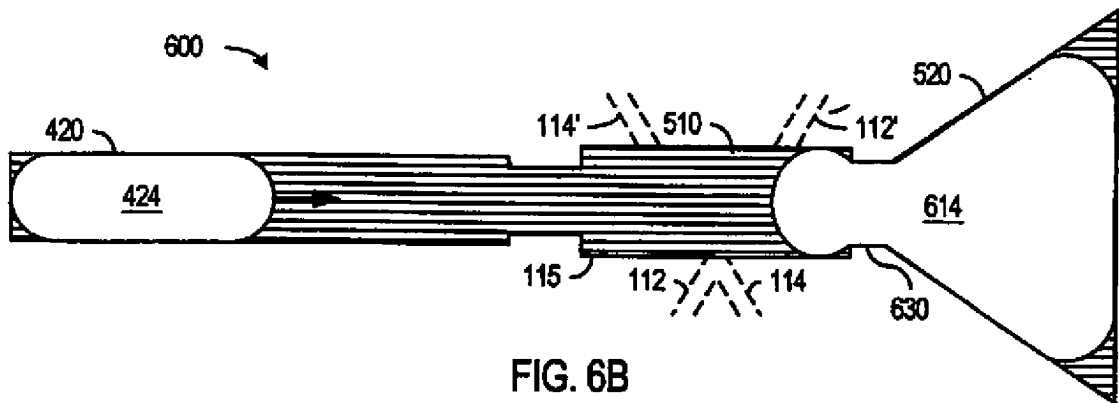


FIG. 6B

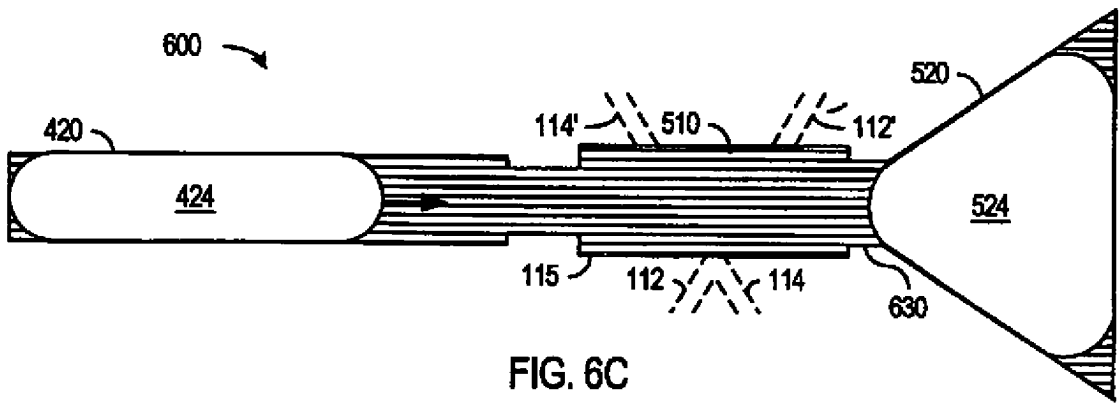


FIG. 6C

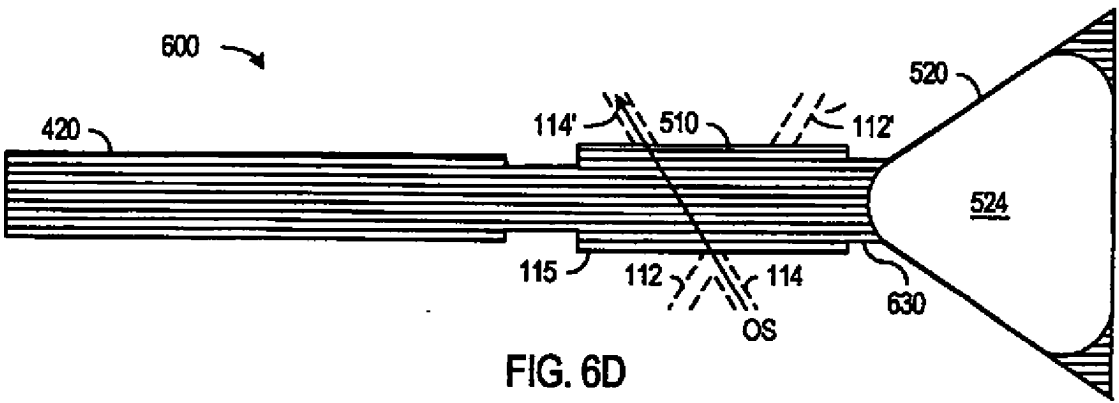


FIG. 6D

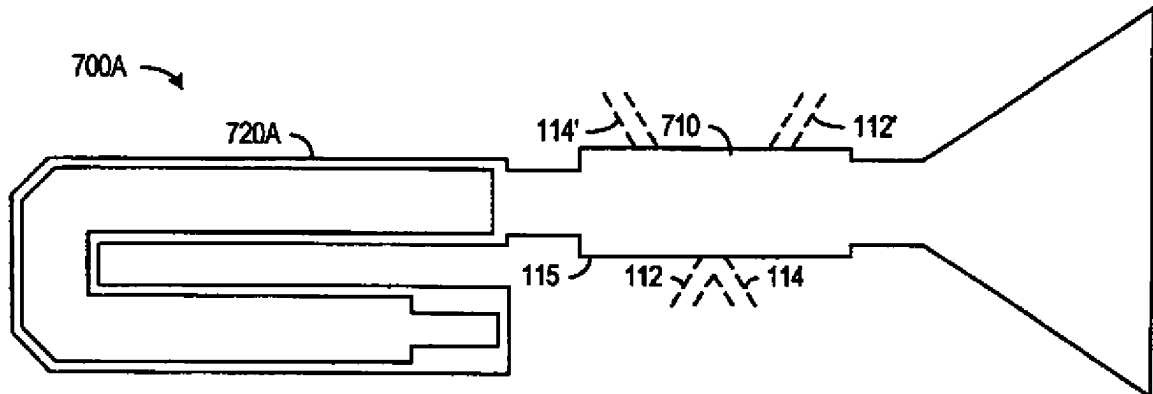


FIG. 7A

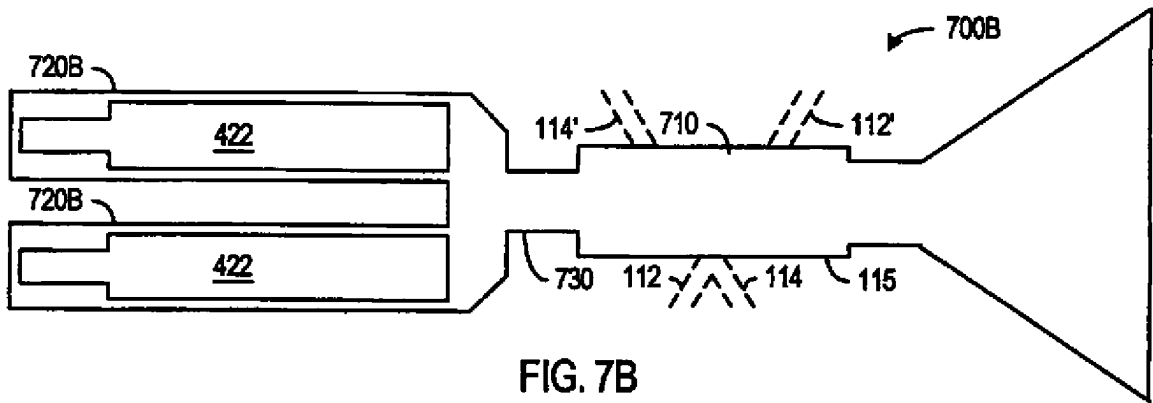


FIG. 7B

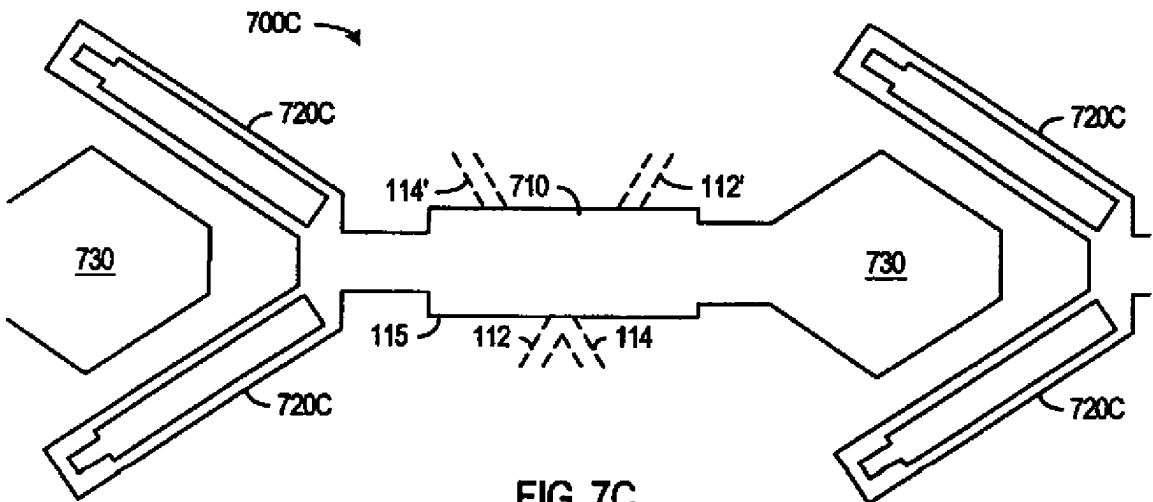


FIG. 7C

