



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 603 02 015 T2** 2006.04.20

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 1 387 196 B1**

(51) Int Cl.⁸: **G02B 6/36** (2006.01)

(21) Deutsches Aktenzeichen: **603 02 015.1**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **03 015 112.0**

(96) Europäischer Anmeldetag: **03.07.2003**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **04.02.2004**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **26.10.2005**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **20.04.2006**

(30) Unionspriorität:

2002221600 30.07.2002 JP

(84) Benannte Vertragsstaaten:

DE, FR, GB

(73) Patentinhaber:

Murata Mfg. Co., Ltd., Nagaokakyo, Kyoto, JP

(72) Erfinder:

**Tamura, Masaya c/o (A170) Int. Prop. Dptm,
Nagaokakyo-shi, Kyoto-fu 617-8555, JP**

(74) Vertreter:

**Schoppe, Zimmermann, Stöckeler & Zinkler, 82049
Pullach**

(54) Bezeichnung: **Optischer Schalter mit verbessertem Faser-Justagesystem**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

Beschreibung

Hintergrund der Erfindung

1. Gebiet der Erfindung

[0001] Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf eine optische Schaltvorrichtung zum Schalten eines optischen Wegs, der zwischen eine Mehrzahl von Fasern geschaltet ist, beispielsweise unter Verwendung eines Spiegels.

2. Beschreibung des Stands der Technik

[0002] Eine optische Schaltvorrichtung ist allgemein bekannt, die ein erstes Substrat umfasst, das ein Siliziumsubstrat umfasst und ein zweites Substrat, das ein weiteres Siliziumsubstrat umfasst und angeordnet ist, um an das erste Substrat anzustoßen. Das zweite Substrat ist mit vier Faserbefestigungsgrillen versehen, die 90° entfernt voneinander angeordnet sind, um dem ersten Substrat zugewandt zu sein und sich radial auszudehnen und eine elektrostatische Betätigungsvorrichtung mit einem Spiegel, der zwischen zwei jeweilige optische Fasern, die einander gegenüberliegen, eindringt und sich von zwischen denselben zurückzieht, zum Schalten eines optischen Wegs zwischen den beiden optischen Fasern (beispielsweise USP Nr. 6,315,462).

[0003] Falls bei einer solchen herkömmlichen Technik die elektrostatische Betätigungsvorrichtung angehalten wird, so dass der Spiegel zwischen die Fasern eindringt, werden Lichtstrahlen, die von den optischen Fasern emittiert werden, durch den Spiegel in senkrechten Richtungen reflektiert, so dass die jeweiligen zwei optischen Fasern, die senkrecht zueinander angeordnet sind, miteinander verbunden sind. Falls andererseits die elektrostatische Betätigungsvorrichtung betrieben wird, so dass sich der Spiegel von zwischen den optischen Fasern zurückzieht, verlaufen Lichtstrahlen, die von optischen Fasern emittiert werden, gerade, so dass die jeweiligen zwei optischen Fasern, die einander gegenüberliegen, miteinander verbunden sind.

[0004] Um bei der oben beschriebenen herkömmlichen Technik optische Achsen von optischen Fasern auszurichten, ist übrigens eine von zwei Innenoberflächen, die einander in der Faserbefestigungsgrille gegenüberliegen, mit einer elastischen Halterung zum Drücken der optischen Faser zu der anderen Oberfläche hin versehen. Obwohl die optische Faser durch diese elastische Halterung in der horizontalen Richtung des zweiten Substrats positioniert werden kann, ist dieselbe jedoch nicht in der vertikalen Richtung positioniert. Um die optischen Achsen von optischen Fasern auszurichten, ist es daher notwendig, die optische Faser unter Verwendung eines zusätzlichen Bauglieds zu dem ersten Substrat hin zu drü-

cken, so dass beim Befestigen der optischen Faser Schwierigkeiten auftreten sind.

[0005] Die US 6,315,462 offenbart einen Faseroptikschalter und einen Prozess für dessen Herstellung. Der Optikschalter umfasst nachgiebige Halterungen **13a** bis **13d** zum Drücken der eingeführten Lichtführung zu der gegenüberliegenden Kanalwand, wobei die Lichtführung zu der gegenüberliegenden Kanalwand hin gedrückt wird.

[0006] Liu Jing-quan u. a. offenbaren in „A novel device of passive and fixed alignment of optical fiber using SU-8 photoresist“, SPIE Proceedings Band 4928, MEMS/MOEMS Technologies and Application, Seiten 1–5, 2002 eine Konfiguration einer Vorrichtung, die feste Ausrichtungen einer optischen Faser umfasst, wobei das Positionieren und Klemmen der optischen Faser erreicht wird durch eine Blattfeder mit einem Beugergelenk, wobei die Blattfeder angeordnet ist zum schrägen Drücken der optischen Faser zu beiden Wänden hin.

[0007] C. Strandman und R. Gupta offenbaren in „Modelling of fibre holding elements in silicon“, Micro-mech. Microeng., Band 9, Seiten 277 – 282, 1999 eine v-Rille mit Faserhaltelementen, die eine optische Faser befestigen.

[0008] Todd Christenson offenbart in „X-Ray-Based Fabrication“, Kapitel 18, Seite 29, in „The MEMS Handbook“, CRC Press, 2002 einen teilweise freigegebenen elektrostatischen Nickellkammerantrieb.

[0009] Es ist die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Konzept zum Positionieren und Befestigen einer Mehrzahl von optischen Fasern in Faserbefestigungsgrillen zu schaffen.

[0010] Diese Aufgabe wird durch eine optische Schaltvorrichtung gemäß Anspruch 1 gelöst.

[0011] Um die oben beschriebenen Probleme zu lösen, schaffen bevorzugte Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung eine optische Schaltvorrichtung, die in der Lage ist, eine optische Faser in zwei senkrechten Richtungen zu positionieren, um die Leichtigkeit der Befestigung der optischen Faser zu verbessern.

[0012] Um die oben beschriebenen Probleme zu lösen, umfasst eine optische Schaltvorrichtung gemäß einem bevorzugten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung ein erstes Substrat, ein zweites Substrat, das angeordnet ist, um an das erste Substrat anzustoßen und das eine Mehrzahl von Faserbefestigungsgrillen aufweist, die darauf angeordnet sind, benachbart zu dem ersten Substrat, eine Mehrzahl von optischen Fasern, die in jeder der Mehrzahl von Faserbefestigungsgrillen des zweiten Substrats ange-

ordnet sind, und einander in einem Abstand gegenüberliegen, und eine Betätigungsvorrichtung zum Schalten eines optischen Wegs zwischen den optischen Fasern durch Voranschreiten und Zurückziehen von zwischen der Mehrzahl von optischen Fasern, die auf dem zweiten Substrat angeordnet sind, wobei das zweite Substrat mit einer Faserklemme zum Drücken der optischen Faser hin zu einer der beiden Innenoberflächen der Faserbefestigungsrinne, die einander gegenüberliegen, vorgesehen ist, und auch hin zu dem ersten Substrat.

[0013] Durch Aufbauen der optischen Schaltvorrichtung auf solche Weise kann die optische Faser, wenn die optische Faser in die Faserbefestigungsrinne eingefügt wird, unter Verwendung der Faserklemme zu einer der beiden Innenoberflächen in der Faserbefestigungsrinne hin gedrückt werden, und auch zu dem ersten Substrat hin. Daher kann die optische Faser ohne Verwenden eines zusätzlichen Bauglieds nur durch Einfügen der optischen Faser in die Faserbefestigungsrinne in zwei senkrechten Richtungen positioniert werden, wodurch eine wesentlich verbesserte und sehr leichte Befestigung der optischen Faser ermöglicht wird.

[0014] Die Faserklemme umfasst vorzugsweise eine Federeinheit mit einem hinteren Anker, der an einer Innenoberfläche der Faserbefestigungsrinne befestigt ist, und einer Endextremität, die in Breiterichtungen der Faserbefestigungsrinne beweglich ist, und eine Drückeinheit, die benachbart zu der Endextremität der Federeinheit angeordnet ist, zum schrägen Drücken der optischen Faser zu der anderen Innenoberfläche hin und auch zu dem ersten Substrat hin.

[0015] Dadurch wird die Drückeinheit durch die elastischen Eigenschaften der Federeinheit elastisch in Kontakt mit der optischen Faser gebracht, während dieselbe in der Lage ist, die optische Faser zu positionieren durch schräges Drücken der optischen Faser zu der anderen Innenoberfläche hin, und auch zu dem ersten Substrat hin.

[0016] Die Drückeinheit ist vorzugsweise mit einer geneigten Ebene versehen, die darauf gebildet ist, die in der Dickerichtung des zweiten Substrats geneigt ist, um in Oberflächenkontakt mit der optischen Faser gebracht zu werden.

[0017] Da die geneigte Ebene in Oberflächenkontakt mit der optischen Faser gebracht wird, kann eine schräge Schubkraft, die in der Dickerichtung des zweiten Substrats geneigt ist, erzeugt werden, im Vergleich zu dem Fall, wo Ecken der Drückeinheit in Linienkontakt mit der optischen Faser gebracht werden, so dass die Schubkraft stabil auf die optische Faser in einer schrägen Richtung aufgebracht werden kann. Falls außerdem ein Siliziumsubstrat, das aus monokristallinem Silizium hergestellt ist, als

zweites Substrat verwendet wird, kann durch Durchführen von anisotropem Ätzen auf dem Siliziumsubstrat die Drückeinheit, die die geneigte Ebene aufweist, hergestellt werden. Daher kann im Vergleich zu dem Fall, wo das reaktive Ionenätzen verwendet wird, die Bearbeitungszeit für die Drückeinheit reduziert werden.

[0018] Die Betätigungsvorrichtung umfasst vorzugsweise einen Arm, der benachbart zu der Oberfläche des zweiten Substrats angeordnet ist, und sich über die Mehrzahl von optischen Fasern erstreckt, einen Spiegel, der in der Mitte des Arms in der longitudinalen Richtung angeordnet ist und sich zu dem ersten Substrat hin erstreckt, und zwei Antriebseinheiten, die benachbart zu gegenüberliegenden Enden des Arms angeordnet sind, zum Verschieben des Arms in der longitudinalen Richtung desselben, um den Spiegel anzutreiben, um zu der Mitte des optischen Wegs fortzuschreiten und von derselben zurückzuziehen, und wobei die Faserklemme zusammen mit dem Arm der Betätigungsvorrichtung aufgebaut ist, um die Faserklemme benachbart zu der Oberfläche des zweiten Substrats zu positionieren.

[0019] Dadurch kann der Spiegel unter Verwendung der beiden Antriebseinheiten getrieben werden, um zu der Mitte des optischen Wegs fortzuschreiten und sich davon zurückzuziehen, so dass der optische Weg unter Verwendung des Spiegels geschaltet werden kann. Da der Spiegel in der Mitte des Arms angeordnet ist, können die Antriebseinheiten, wie z. B. elektrostatische Betätigungsvorrichtungen, an zwei Stellen benachbart zu gegenüberliegenden Enden des Arms vorgesehen sein, während die Antriebseinheit nur an einer Stelle angeordnet sein kann, die der hintere Anker des Arms ist, wenn der Spiegel an der Endextremität des Arms vorgesehen ist. Daher wird der Spiegel unter Verwendung der beiden Antriebseinheiten angetrieben, um voranzuschreiten und sich zurückzuziehen, so dass die Spannung, die an jede der Antriebseinheiten angelegt ist, reduziert werden kann, was es ermöglicht, dass die Bedienbarkeit verbessert wird im Vergleich zu dem Fall, wo eine Antriebseinheit verwendet wird. Da die Faserklemme ferner zusammen mit dem Arm der Betätigungsvorrichtung aufgebaut ist, kann die Bearbeitungszeit durch reaktives Ionenätzen reduziert werden im Vergleich zu dem Fall, wo die Betätigungsvorrichtung getrennt von der Faserklemme bearbeitet wird.

[0020] Andere Merkmale, Elemente, Charakteristika und Vorteile der vorliegenden Erfindung werden von der folgenden detaillierten Beschreibung bevorzugter Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung mit Bezugnahme auf die beiliegenden Zeichnungen offensichtlicher werden.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0021] [Fig. 1](#) ist eine Draufsicht einer optischen Schaltvorrichtung gemäß einem ersten bevorzugten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung, gezeigt in einem Zustand, in dem ein Glassubstrat zum Abdecken entfernt ist;

[0022] [Fig. 2](#) ist eine Schnittansicht einer Faserbefestigungsrinne, einer Faserklemme, eines Spiegels usw. in der Richtung des Pfeils II-II in [Fig. 1](#);

[0023] [Fig. 3](#) ist eine vergrößerte Draufsicht wesentlicher Teile der Faserbefestigungsrinne, der Faserklemme usw., die in [Fig. 1](#) gezeigt sind;

[0024] [Fig. 4](#) ist eine vergrößerte perspektivische Ansicht wesentlicher Teile der Faserklemme und einer optischen Faser, die in [Fig. 3](#) gezeigt sind;

[0025] [Fig. 5](#) ist eine Schnittansicht, die einen Zustand zeigt, in dem eine flache Rinne auf einem Siliziumsubstrat in der gleichen Position wie diejenige in [Fig. 2](#) gebildet ist;

[0026] [Fig. 6](#) ist eine Schnittansicht, die einen Zustand zeigt, in dem eine vorläufige Faserbefestigungsrinne auf dem in [Fig. 5](#) gezeigten Siliziumsubstrat gebildet ist;

[0027] [Fig. 7](#) ist eine Schnittansicht, die einen Zustand zeigt, in dem ein tragendes Glassubstrat auf der Unter Oberfläche des in [Fig. 6](#) gezeigten Siliziumsubstrats verbunden ist;

[0028] [Fig. 8](#) ist eine Schnittansicht, die einen Zustand zeigt, in dem reaktives Ionenätzen von der Oberfläche des in [Fig. 7](#) gezeigten Siliziumsubstrats durchgeführt wird, um die Faserklemme, den Spiegel usw. zu bilden;

[0029] [Fig. 9](#) ist eine Schnittansicht, die einen Zustand zeigt, in dem das Glassubstrat zum Abdecken auf der Oberfläche des in [Fig. 8](#) gezeigten Siliziumsubstrats verbunden ist;

[0030] [Fig. 10](#) ist eine Schnittansicht einer Faserbefestigungsrinne, einer Faserklemme, eines Spiegels usw. gemäß einem zweiten bevorzugten Ausführungsbeispiel an der gleichen Position wie derjenigen in [Fig. 2](#);

[0031] [Fig. 11](#) ist eine vergrößerte Draufsicht wesentlicher Teile der Faserbefestigungsrinne, der Faserklemme, usw.;

[0032] [Fig. 12](#) ist eine vergrößerte perspektivische Ansicht wesentlicher Teile der Faserklemme und der optischen Faser, die in [Fig. 3](#) gezeigt sind;

[0033] [Fig. 13](#) ist eine Schnittansicht in der gleichen Position wie diejenige in [Fig. 10](#), die einen Zustand zeigt, in dem isotropes Ätzen von der Unter Oberfläche des Siliziumsubstrats durchgeführt wird, um eine vorläufige geneigte Rinne zu bilden;

[0034] [Fig. 14](#) ist eine Schnittansicht, die einen Zustand zeigt, in dem isotropes Ätzen ferner auf dem in [Fig. 13](#) gezeigten Siliziumsubstrat durchgeführt wird, um eine hohle Rinne und eine endgültige geneigte Rinne zu bilden;

[0035] [Fig. 15](#) ist eine Schnittansicht, die einen Zustand zeigt, in dem das tragende Glassubstrat auf der Unter Oberfläche des in [Fig. 14](#) gezeigten Siliziumsubstrats verbunden ist;

[0036] [Fig. 16](#) ist eine Schnittansicht, die einen Zustand zeigt, in dem reaktives Ionenätzen von der Oberfläche des in [Fig. 15](#) gezeigten Siliziumsubstrats durchgeführt wird, um die Faserklemme, den Spiegel usw. zu bilden;

[0037] [Fig. 17](#) ist eine Schnittansicht, die einen Zustand zeigt, in dem das Glassubstrat zum Abdecken auf der Oberfläche des in [Fig. 16](#) gezeigten Siliziumsubstrats verbunden ist;

[0038] [Fig. 18](#) ist eine Draufsicht einer optischen Schaltvorrichtung gemäß einem dritten bevorzugten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung, in einem Zustand gezeigt, in dem ein Glassubstrat zum Abdecken entfernt ist;

[0039] [Fig. 19](#) ist eine Schnittansicht einer Faserbefestigungsrinne, einer Faserklemme, eines Spiegels usw., in der Richtung des Pfeils IX-IX in [Fig. 18](#);

[0040] [Fig. 20](#) ist eine Schnittansicht an der gleichen Position wie in [Fig. 19](#), die einen Zustand zeigt, in dem reaktives Ionenätzen von der Unter Oberfläche des Siliziumsubstrats durchgeführt wird, um eine vorläufige Faserbefestigungsrinne und eine vorläufige konkave Rinne zu bilden;

[0041] [Fig. 21](#) ist eine Schnittansicht, die einen Zustand zeigt, in dem eine Metallmaske an der Unter Oberfläche des in [Fig. 20](#) gezeigten Siliziumsubstrats befestigt ist, um einen Spiegelfilm zu bilden;

[0042] [Fig. 22](#) ist eine Schnittansicht, die einen Zustand zeigt, in dem das tragende Glassubstrat auf der Unter Oberfläche des in [Fig. 21](#) gezeigten Siliziumsubstrats verbunden ist;

[0043] [Fig. 23](#) ist eine Schnittansicht, die einen Zustand zeigt, in dem die Oberfläche des in [Fig. 22](#) gezeigten Siliziumsubstrats poliert ist;

[0044] [Fig. 24](#) ist eine Schnittansicht, die einen Zu-

stand zeigt, in dem reaktives Ionenätzen von der Oberfläche des in [Fig. 23](#) gezeigten Siliziumsubstrats durchgeführt wird, um die Faserklemme, den Spiegel usw. zu bilden;

[0045] [Fig. 25](#) ist eine Schnittansicht, die einen Zustand zeigt, in dem das Glassubstrat zum Abdecken auf der Oberfläche des in [Fig. 24](#) gezeigten Siliziumsubstrats verbunden ist;

[0046] [Fig. 26](#) ist eine perspektivische Ansicht, die eine Positionsbeziehung zwischen einem Arm, einem Spiegel und einer optischen Faser gemäß dem dritten bevorzugten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung zeigt;

[0047] [Fig. 27](#) ist eine perspektivische Ansicht, die eine Positionsbeziehung zwischen einem Arm, einem Spiegel und einer optischen Faser eines Vergleichsbeispiels zeigt;

[0048] [Fig. 28](#) ist eine Draufsicht einer optischen Schaltvorrichtung eines modifizierten Beispiels der vorliegenden Erfindung, die in einem Zustand gezeigt ist, in dem ein Glassubstrat zum Abdecken entfernt ist; und

[0049] [Fig. 29](#) ist eine Draufsicht, die einen Zustand zeigt, in dem die in [Fig. 28](#) gezeigte optische Schaltvorrichtung durch eine Antriebseinheit angetrieben wird.

Detaillierte Beschreibung bevorzugter Ausführungsbeispiele

[0050] Eine optische Schaltvorrichtung gemäß bevorzugten Ausführungsbeispielen der vorliegenden Erfindung wird nachfolgend mit Bezugnahme auf die beiliegenden Zeichnungen näher beschrieben.

[0051] Zuerst zeigen [Fig. 1](#) bis [Fig. 9](#) ein erstes bevorzugtes Ausführungsbeispiel gemäß der vorliegenden Erfindung, bei dem ein Glassubstrat **1** aus einem Glasmaterial hergestellt ist, um eine im Wesentlichen rechteckige Plattenform als ein erstes Substrat zu haben. Das Glassubstrat **1** hat eine im Wesentlichen flache Oberfläche, auf der Faserbefestigungsgrillen **3** und eine Betätigungsvorrichtung **6** usw. gebildet werden, wie es nachfolgend beschrieben wird.

[0052] Ein Siliziumsubstrat **2** ist angeordnet, um an eine Oberfläche des Glassubstrats **1** als ein zweites Substrat anzustoßen, und ist aus einem monokristallinem oder polykristallinem Siliziummaterial hergestellt, um eine im Wesentlichen rechteckige Plattenform mit im Wesentlichen der gleichen Größe wie diejenige des Glassubstrats **1** aufzuweisen. Das Siliziumsubstrat **2** ist auf der Oberfläche des Glassubstrats **1** verbunden, beispielsweise mit einem Anodenkopplungsverfahren.

[0053] Vier Faserbefestigungsgrillen **3** insgesamt sind zwischen dem Glassubstrat **1** und dem Siliziumsubstrat **2** gebildet, und sind radial (kreuzweise) bei etwa 90° entfernt voneinander angeordnet. Die Faserbefestigungsgrillen **3** sind linear entlang zwei optischen Wegen O1 und O2 angeordnet, die sich schneiden (im Wesentlichen senkrecht zueinander), und jeweils zwei Rillen **3** sind angeordnet, dass sie den zentralen Schnittpunkt **4** der optischen Wege O1 und O2 zwischen sich anordnen. Die Faserbefestigungsgrillen **3** sind gebildet, um das Siliziumsubstrat **2** in der Dickerichtung zu durchdringen und das Siliziumsubstrat **2** in vier im Wesentlichen dreieckige Inseln **2A** zu trennen, während die Innenoberflächen **3A** und **3B**, die einander gegenüberliegen, in der Rille **3** gebildet sind, und das Glassubstrat **1** auf der Unter Oberfläche der Rille **3** freigelegt ist.

[0054] Vier optische Fasern **5**, die an den Faserbefestigungsgrillen **3** befestigt sind, sind insgesamt entlang den optischen Wegen O1 und O2 gesamt angeordnet, zwei für jeden derselben. Die jeweiligen zwei optischen Fasern **5**, die entlang jedem der optischen Wege O1 und O2 angeordnet sind, liegen einander gegenüber mit einem Abstand zwischen denselben, der den zentralen Schnittpunkt **4** umgibt.

[0055] Eine Betätigungsvorrichtung **6** ist auf der Insel **2A** des Siliziumsubstrats **2** angeordnet, das zwischen den beiden Faserbefestigungsgrillen **3** angeordnet ist und umfasst im Allgemeinen einen Arm **7**, der sich linear von dem zentralen Schnittpunkt **4** der optischen Wege O1 und O2 zu der Insel **2A** hin erstreckt, einen Spiegel mit dünner Breite **8**, der an der Endextremität des Arms **7** gebildet ist, und in der Lage ist, in den zentralen Schnittpunkt **4** einzudringen und sich von demselben zurückzuziehen, und eine Antriebseinheit **9**, die an dem hinteren Anker des Arms **7** angeordnet ist, zum Verschieben des Arms **7** in der longitudinalen Richtung (Richtung des Pfeils A) des Arms **7**. Auf der Oberfläche des Spiegels **8** ist ein Dünnsfilm (nicht gezeigt), der aus einem leitfähigen Metallmaterial hergestellt ist, beispielsweise durch Sputtern und Aufdampfen gebildet, und dann hochglanzpoliert.

[0056] Die Antriebseinheit **9** umfasst allgemein einen Tragebalken **9A**, der sich linear von beiden Seiten des Arms **7** in Richtungen erstreckt, die im Wesentlichen senkrecht zu der longitudinalen Richtung des Arms hin sind, zum Tragen des Arms **7** auf bewegliche Weise in der Richtung des Pfeils A, eine bewegliche Interdigitalelektrode **9B**, die in dem hinteren Anker des Arms **7** angeordnet ist und sich zusammen mit dem Arm **7** bewegt, und eine feste Interdigitalelektrode **9C**, die an dem Glassubstrat **1** befestigt ist, um mit der beweglichen Interdigitalelektrode **9B** ineinanderzugreifen. Der Arm **7**, der Spiegel **8**, der Tragebalken **9A** und die bewegliche Interdigitalelektrode **9B** werden durch den Tragebalken **9A** in einem beab-

standeten und schwebenden Zustand von dem Glassubstrat **1** getragen. Durch Anlegen einer Spannung zwischen den beiden Interdigitalelektroden **9B** und **9C** wird eine elektrostatische Anziehungskraft erzeugt, so dass der Arm **7**, der Spiegel **8** und die bewegliche Interdigitalelektrode **9B** als Ganzes in den Richtungen des Pfeils A verschoben werden.

[0057] Eine Faserklemme **10**, die in der Faserbefestigungsrinne **3** vorgesehen ist, umfasst eine Federeinheit **10A**, die einen hinteren Anker aufweist, der an der Innenoberfläche **3A** der Faserbefestigungsrinne **3** befestigt ist und sich entlang der Faserbefestigungsrinne **3** als ein Ausleger erstreckt, und eine Drückeinheit **10B**, die benachbart zu der Endextremität der Federeinheit **10A** angeordnet ist, um zu der anderen Innenoberfläche **3B** vorzustehen. Die Faserklemme **10** ist angeordnet, um näher zu der Oberfläche des Siliziumsubstrats **2** angeordnet zu sein (gegenüber dem Glassubstrat **1**) als die axiale Mitte O (Kern) einer optischen Faser **5**, die in die Faserbefestigungsrinne **3** einzufügen ist. Die Drückeinheit **10B** hat eine im Wesentlichen rechteckige Form und steht von der Innenextremität der Federeinheit **10A** vor, während Ecken derselben vorzugsweise abgefast sind, um zu ermöglichen, dass die optische Faser **5** eingefügt wird.

[0058] Die Endextremität der Federeinheit **10A** wird in den Breiterichtungen der Faserbefestigungsrinne **3** beweglich, so dass die Ecken der Drückeinheit **10B** mit einem im Wesentlichen rechteckigen Abschnitt elastisch in Kontakt mit der optischen Faser **5** gebracht werden, näher zu einer Innenoberfläche **3A** als die axiale Mitte O, und auch entfernt von dem Glassubstrat **1** mit der axialen Mitte O zwischen denselben (benachbart zu der Oberfläche des Siliziumsubstrats **2**). Dadurch legt die Faserklemme **10** eine Schubkraft an die optische Faser **5** in der Richtung des Pfeils B an, die relativ zu der Dickerichtung des Siliziumsubstrats **2** geneigt ist, um die optische Faser **5** zu der anderen Innenoberfläche **3B** und dem Glassubstrat **1** hin zu drücken.

[0059] Ein Glassubstrat **11**, das auf der Oberfläche des Siliziumsubstrats **2** als Abdeckungssubstrat vorgesehen ist, und im Wesentlichen die gleiche rechteckige Form aufweist wie diejenige des Glassubstrats **1**, ist auf der Oberfläche des Siliziumsubstrats **2** mit einem Anodenkopplungsverfahren verbunden. Auf der Unteroberfläche des Glassubstrats **11** sind flache Rillen **11A** an Positionen vorgesehen, die die Faserbefestigungsrinne **3** und die Betätigungsvorrichtung **6** bedecken. Die flachen Rillen **11A** weisen Abstände zwischen dem Glassubstrat **11** und der Betätigungsvorrichtung **6** und zwischen dem Glassubstrat **11** und der Faserklemme **10** auf. Die Betätigungsvorrichtung **6** und die Faserklemme **10** werden dadurch daran gehindert, das Glassubstrat **11** zu kontaktieren und gleichen den Bewegungsvorgang dieser Bauglieder

aus.

[0060] Außerdem wird das Glassubstrat **11** nicht notwendiger Weise als Abdeckungssubstrat benötigt und dasselbe kann weggelassen werden.

[0061] Die optische Schaltvorrichtung gemäß dem vorliegenden bevorzugten Ausführungsbeispiel weist vorzugsweise die oben beschriebene Struktur auf, und nun wird ein Herstellungsverfahren derselben mit Bezugnahme auf [Fig. 5](#) bis [Fig. 9](#) beschrieben.

[0062] Zunächst wird, wie es in [Fig. 5](#) gezeigt ist, auf Abschnitten der Unteroberfläche des Siliziumsubstrats **2**, die Positionen entsprechen, an denen die Faserbefestigungsrippen **3**, der zentrale Schnittpunkt **4**, die Betätigungsvorrichtung **6** usw. (siehe [Fig. 2](#)) gebildet sind, reaktives Ionenätzen (DEP RIE) durchgeführt, um flache Rillen **12** zu bilden.

[0063] Als nächstes wird, wie es in [Fig. 6](#) gezeigt ist, auf Abschnitten, die Positionen entsprechen, an denen die Faserbefestigungsrippen **3** gebildet sind, das reaktive Ionenätzen erneut durchgeführt von der Unteroberfläche des Siliziumsubstrats **2** aus, um vorläufige Faserbefestigungsrippen **13** zu bilden, an denen eine Dicke, die der Faserklemme **10** entspricht, benachbart zu der Oberfläche des Siliziumsubstrats **2** gelassen wird. Dann wird, wie es in [Fig. 7](#) gezeigt ist, auf der Unteroberfläche des Siliziumsubstrats **2** das Glassubstrat **1** durch Anodenkopplung als ein erstes Substrat verbunden.

[0064] Dann wird, wie es in [Fig. 8](#) gezeigt ist, auf den Abschnitten, die den flachen Rillen **12** des Siliziumsubstrats **2** entsprechen, das reaktive Ionenätzen von der Oberfläche des Siliziumsubstrats **2** durchgeführt, um das Siliziumsubstrat **2** zu durchdringen und die Betätigungsvorrichtung **6** zu bilden, wie z. B. den Spiegel **8**, während die Faserbefestigungsrippen **3** und die Faserklemme **10** zusammen gebildet werden. In diesem Zustand wird auf der Oberfläche des Spiegels **8** ein Dünnsfilm (nicht gezeigt), der aus einem leitfähigen Metallmaterial hergestellt ist, gebildet, wie z. B. durch Sputtern und Aufdampfen, und wird dann hochglanzpoliert.

[0065] Schließlich wird, wie es in [Fig. 9](#) gezeigt ist, auf der Oberfläche des Siliziumsubstrats **2** das Glassubstrat **11**, auf dem die flachen Rillen **11A** im Voraus gebildet wurden, als Abdeckungssubstrat verbunden. Dann, nachdem die optischen Fasern **5** zu und entlang der Faserbefestigungsrippen **3** von dem externen Umfang des Siliziumsubstrats **2** eingefügt werden, werden die optischen Fasern **5** mit einem Haftmittel befestigt, um die optische Schaltvorrichtung fertigzustellen.

[0066] Außerdem werden gemäß dem vorliegenden bevorzugten Ausführungsbeispiel die flachen Rillen

12 im Voraus auf dem Siliziumsubstrat **2** gebildet. Alternativ können flache Rillen auf dem Glassubstrat **1** anstatt den flachen Rillen **12** gebildet werden.

[0067] Die optische Schaltvorrichtung gemäß dem vorliegenden bevorzugten Ausführungsbeispiel wird durch das oben beschriebene Verfahren hergestellt und nun wird ein Schaltvorgang derselben beschrieben.

[0068] Falls zwischen der beweglichen Interdigitalelektrode **9B** und der festen Interdigitalelektrode **9C** keine Spannung angelegt ist, tritt der Spiegel **8** zunächst aufgrund einer elastischen Kraft des Tragebalkens **9A** in den zentralen Schnittpunkt **4** ein, der dort anzuordnen ist. Daher wird Licht, das von einem Paar von jeweils zwei optischen Fasern **5** emittiert wird, die entlang den optischen Wegen O1 bzw. O2 angeordnet sind, auf dem Spiegel **8** reflektiert, um in das andere Paar von jeweils zwei optischen Fasern **5** einzudringen, die entlang den senkrechten optischen Wegen O2 bzw. O1 angeordnet sind, so dass eine optische Kommunikation zwischen denselben durchgeführt wird.

[0069] Falls andererseits eine Spannung zwischen der beweglichen Interdigitalelektrode **9B** und der festen Interdigitalelektrode **9C** angelegt ist, wird eine elektrostatische Anziehungskraft erzeugt, so dass der Spiegel **8** von dem zentralen Schnittpunkt **4** gegen die elastische Kraft des Tragebalkens **9A** zurückgezogen wird. Daher tritt Licht, das von einem Paar von jeweils zwei optischen Fasern **5** emittiert wird, die entlang den optischen Wegen O1 bzw. O2 angeordnet sind, in das andere Paar von jeweils zwei optischen Fasern **5** ein, die entlang den optischen Wegen O1 bzw. O2 angeordnet sind, so dass eine optische Kommunikation zwischen denselben durchgeführt wird. Als Folge können auf der Basis des Vorliegens der Spannung, die zwischen den Elektroden **9B** und **9C** anliegt, die optischen Wege O1 und O2 geschaltet und verbunden werden.

[0070] Während gemäß dem vorliegenden bevorzugten Ausführungsbeispiel die Faserklemme **10** auf einer Innenoberfläche **3A** der Faserbefestigungsrinne **3** vorgesehen ist, so dass die optische Faser **5** unter Verwendung der Faserklemme **10** zu der anderen Innenoberfläche **3B** und auch zu dem Glassubstrat **1** gedrückt werden kann. Indem nur die optische Faser **5** in die Faserbefestigungsrinne **3** eingefügt wird, ohne ein zusätzliches Bauglied zu verwenden, kann dadurch die optische Faser **5** in zwei Richtungen positioniert werden, die die Breiterichtung (horizontale Richtung) der Faserbefestigungsrinne **3** und die Dickerichtung (vertikale Richtung) des Siliziumsubstrats **2** sind, wodurch die Leichtigkeit der Befestigung der optischen Faser **5** wesentlich verbessert wird.

[0071] Da die Faserklemme **10** die Federeinheit

10A umfasst, bei der der hintere Anker an einer Oberfläche **3A** der Faserbefestigungsrinne **3** befestigt ist, und die Endextremität in Breiterichtungen der Faserbefestigungsrinne **3** beweglich ist, und die Drückereinheit **10B** benachbart zu der Endextremität der Federeinheit **10A** angeordnet ist, die in Kontakt mit der optischen Faser **5** gebracht wird, näher zu der einen Innenoberfläche **3A** als die axiale Mitte O und auch entfernt von dem Glassubstrat **1** mit der axialen Mitte O zwischen denselben, kann eine Schubkraft an die optische Faser **5** in einer Richtung angelegt werden, die relativ zu der Dickerichtung des Siliziumsubstrats **2** geneigt ist. Daher kann mit der Drückereinheit **10B** der Faserklemme **10** die optische Faser **5** schräg zu der anderen Innenoberfläche **3B** der Faser und des Glassubstrats **1** gedrückt werden.

[0072] Da die Faserklemme **10** in dem Siliziumsubstrat **2** vorgesehen ist, kann die Faserklemme **10** unter Verwendung einer Mikrobearbeitungstechnik, wie z. B. dem reaktiven Ionenätzen, integral mit der Betätigungsvorrichtung **6** und dergleichen und mit einer hohen Präzision aufgebaut werden. Daher ist im Vergleich zu dem Fall, wo die Faserklemme **10** in dem anderen Bauglied gebildet ist, die Genauigkeit beim Positionieren der optischen Faser **5** stark verbessert.

[0073] Als nächstes zeigen [Fig. 10](#) bis [Fig. 17](#) ein zweites bevorzugtes Ausführungsbeispiel gemäß der vorliegenden Erfindung. Eines der einmaligen Merkmale dieses bevorzugten Ausführungsbeispiels ist, dass die Drückereinheit der Faserklemme in der Dickerichtung des Siliziumsubstrats schräg geneigt ist und eine Geneigte-Ebene-Oberflächenkontaktierung auf der optischen Faser aufweist. Außerdem bezeichnen gemäß dem vorliegenden bevorzugten Ausführungsbeispiel gleiche Bezugszeichen gleiche Komponenten, die das oben beschriebene erste bevorzugte Ausführungsbeispiel ebenfalls aufweist, und die Beschreibung derselben ist ausgelassen.

[0074] Eine Faserklemme **21** gemäß dem vorliegenden bevorzugten Ausführungsbeispiel, die im Wesentlichen auf die gleiche Weise wie die Faserklemme **10** in der Faserbefestigungsrinne **3** vorgesehen ist, umfasst eine Federeinheit **21A**, bei der der hintere Anker an einer Innenoberfläche **3A** der Faserbefestigungsrinne **3** befestigt ist und sich entlang der Faserbefestigungsrinne **3** als ein Ausleger erstreckt, und eine Drückereinheit **21B**, die benachbart zu der Endextremität der Federeinheit **21A** angeordnet ist, um zu der anderen Innenoberfläche **3B** vorzustehen. Die Drückereinheit **21B** weist eine im Wesentlichen rechteckige Form auf und steht von der Endextremität der Federeinheit **21A** vor, während Ecken derselben abgefast sind, um zu ermöglichen, dass die optische Faser **5** eingefügt wird. Ferner hat die Drückereinheit **21B** eine geneigte Ebene **21C**, die in der Dickerichtung des Siliziumsubstrats **2** schräg geneigt ist, und sich auch allmählich von der anderen Innenober-

fläche **3B** trennt.

[0075] Die Endextremität der Federeinheit **21A** wird in Breiterichtungen der Faserbefestigungsrinne **3** beweglich und die geneigte Ebene **21C** der Druckeinheit **21B** wird in elastischen Oberflächenkontakt mit der optischen Faser **5** gebracht, näher zu der einen Innenoberfläche **3A** als die axiale Mitte O und auch entfernt von dem Glassubstrat **1**, mit der axialen Mitte O zwischen denselben (benachbart zu der Oberfläche des Siliziumsubstrats **2**). Dadurch legt die Faserklemme **21** in der Richtung des Pfeils B eine Schubkraft an die optische Faser **5** an, die relativ zu der Dickerichtung des Siliziumsubstrats **2** geneigt ist, um die optische Faser **5** zu der anderen Innenoberfläche **3B** und dem Glassubstrat **1** zu drücken.

[0076] Die optische Schaltvorrichtung gemäß dem vorliegenden bevorzugten Ausführungsbeispiel weist die oben beschriebene Struktur auf und nun wird ein Herstellungsverfahren derselben mit Bezugnahme auf [Fig. 13](#) bis [Fig. 17](#) beschrieben.

[0077] Zunächst, wie es in [Fig. 13](#) gezeigt ist, sind auf der oberen und unteren Oberfläche des Siliziumsubstrats **2** Oxidfilme **22** als Masken gebildet. Der Oxidfilm **22** auf der unteren Oberfläche ist mit Öffnungen **22A** versehen, die auf Abschnitten gebildet sind, die Positionen entsprechen, an denen die Faserbefestigungsgrillen **3** gebildet sind, und Dünnschichtabschnitten **22B**, die in der Nähe der Öffnungen **22A** und auf Abschnitten gebildet sind, die Positionen entsprechen, an denen der zentrale Schnittpunkt **4**, die Betätigungsvorrichtung **6** usw. (siehe [Fig. 10](#)) gebildet sind. Dann wird in diesem Zustand von der Unterseite des Siliziumsubstrats **2** und durch die Öffnungen **22A** anisotropes Ätzen für eine vorbestimmte Zeitperiode durchgeführt, um sich verjüngende vorläufige geneigte Rillen **23** zu bilden.

[0078] Falls die gesamten Oxidfilme **22** in der Dicke reduziert sind durch Ätzen etc., wie es in [Fig. 14](#) gezeigt ist, werden als nächstes Oxidfilme **22'** mit den Dünnschichtabschnitten **22B** entfernt gebildet. Dann wird das anisotrope Ätzen erneut für eine vorbestimmte Zeitperiode von der Unterseite des Siliziumsubstrats **2** aus durchgeführt, um hohle Rillen **24** und endgültige geneigte Rillen **25** zu bilden. Dann wird, wie es in [Fig. 15](#) gezeigt ist, in einem Zustand, in dem die Oxidfilme entfernt sind, auf der Unterseite des Siliziumsubstrats **2** das Glassubstrat **1** durch Anodenkopplung als ein erstes Substrat verbunden.

[0079] Dann wird, wie es in [Fig. 16](#) gezeigt ist, auf den Abschnitten, die den flachen Rillen **24** und den geneigten Rillen **25** entsprechen, von der Oberfläche des Siliziumsubstrats **2** das reaktive Ionenätzen durchgeführt, um das Siliziumsubstrat **2** zu durchdringen und die Betätigungsvorrichtung **6** zu bilden,

wie z. B. den Spiegel **8**, während die Faserbefestigungsgrillen **3** und die Faserklemme **21** zusammen gebildet werden. Zu diesem Zeitpunkt wird auf der Druckeinheit **21B** der Faserklemme **21** die geneigte Ebene **21C** durch anisotropes Ätzen gebildet. In diesem Zustand wird auf der Oberfläche des Spiegels **8** ein Dünnschichtfilm (nicht gezeigt), der aus einem leitfähigen Metallmaterial hergestellt ist, beispielsweise durch Sputtern und Aufdampfen gebildet, und dann hochglanzpoliert.

[0080] Schließlich wird, wie es in [Fig. 17](#) gezeigt ist, auf der Oberfläche des Siliziumsubstrats **2** das Glassubstrat **11** mit den hohlen Rillen **11A**, die im Voraus darauf gebildet werden, als ein Abdeckungssubstrat verbunden. Nachdem die optischen Fasern **5** von dem äußeren Umfang des Siliziumsubstrats **2** aus in die Faserbefestigungsgrillen **3** eingefügt sind, werden dann die optischen Fasern **5** mit einem Haftmittel befestigt, um die optische Schaltvorrichtung fertigzustellen.

[0081] Auf solche Weise können gemäß dem vorliegenden bevorzugten Ausführungsbeispiel, das die oben beschriebene Struktur aufweist, im Wesentlichen die gleichen Vorteile wie diejenigen des oben beschriebenen ersten bevorzugten Ausführungsbeispiels ebenfalls erhalten werden. Während gemäß dem vorliegenden bevorzugten Ausführungsbeispiel auf der Druckeinheit **21B** der Faserklemme **21** die geneigte Ebene **21C**, die in der Dickerichtung des Siliziumsubstrats **2** geneigt ist, gebildet ist, ist die geneigte Ebene **21C** in Oberflächenkontakt mit der optischen Faser **5** gebracht. In dem Vergleich zu dem ersten bevorzugten Ausführungsbeispiel, bei dem Ecken der Druckeinheit **10B** in Linienkontakt mit der optischen Faser **5** gebracht werden, kann daher eine Schubkraft, die relativ zu der Dickerichtung des Siliziumsubstrats **2** schräg gerichtet ist, ohne weiteres erzeugt werden, so dass eine Schubkraft fest in einer schrägen Richtung an die optische Faser **5** angelegt werden kann (Richtung des Pfeils B).

[0082] Durch Durchführen des anisotropen Ätzens auf dem Siliziumsubstrat **2**, das aus monokristallinem Silizium hergestellt ist, kann die Druckeinheit **21B**, die die geeignete Ebene **21C** aufweist, aufgebaut werden, so dass einschließlich dem Fall, wo das reaktive Ionenätzen angewendet wird, die Bearbeitungszeit der Faserklemme **21** reduziert werden kann, was es ermöglicht, dass die Produktivität verbessert wird.

[0083] Als nächstes zeigen [Fig. 18](#) bis [Fig. 26](#) ein drittes bevorzugtes Ausführungsbeispiel gemäß der vorliegenden Erfindung. Eines der einmaligen Merkmale dieses bevorzugten Ausführungsbeispiels ist, dass die Betätigungsvorrichtung einen Arm, der auf der Oberfläche des Siliziumsubstrats angeordnet ist, und sich über eine Mehrzahl von optischen Fasern

erstreckt, einen Spiegel, der in der Mitte des Arms in der longitudinalen Richtung angeordnet ist und sich zu dem ersten Substrat hin erstreckt, und zwei Antriebseinheiten umfasst, die an beiden Enden des Arms angeordnet sind, zum Treiben des Spiegels zum Voranbewegen in und Zurückziehen von der Mitte des optischen Wegs, während die Faserklemme zusammen mit dem Arm der Betätigungsvorrichtung gebildet wird, um die Faserklemme auf der Oberfläche des Siliziumsubstrats zu positionieren. Außerdem bezeichnen gemäß dem vorliegenden bevorzugten Ausführungsbeispiel gleiche Bezugszeichen gleiche Komponenten, die das erste bevorzugte Ausführungsbeispiel ebenfalls aufweist, und die Beschreibung derselben ist ausgelassen.

[0084] Eine Betätigungsvorrichtung **31** gemäß dem bevorzugten Ausführungsbeispiel ist auf zwei Inseln **2A** angeordnet, die angeordnet sind, um einander mit dem zentralen Schnittpunkt **4** zwischen denselben gegenüberzuliegen. Die Betätigungsvorrichtung **31** umfasst im Allgemeinen einen Arm **32**, der sich linear über den zentralen Schnittpunkt **4** erstreckt, der zwischen einer Mehrzahl von optischen Fasern **5** angeordnet ist, zu zwei Inseln **2A** hin, einen Spiegel **33** mit einer Breite, die geringer ist als diejenige des Arms **32** und der in der Mitte des Arms **32** in der longitudinalen Richtung angeordnet ist, um in der Lage zu sein, in die optischen Wege O1 und O2 an dem zentralen Schnittpunkt **4** voranzubewegen und sich von demselben zurückzuziehen, und zwei Antriebseinheiten **34**, die auf beiden Enden des Arms **32** angeordnet sind, zum Verschieben des Arms **32** in den longitudinalen Richtungen (Richtungen des Pfeils A in [Fig. 26](#)). Wobei der Spiegel **33** mit einem Spiegel-film **33A** bedeckt ist, der aus einem leitfähigen Dünnschichtmetallmaterial hergestellt ist.

[0085] Die Antriebseinheit **34** umfasst im Wesentlichen auf die gleiche Art wie die Antriebseinheit **9** gemäß dem ersten bevorzugten Ausführungsbeispiel, im Allgemeinen einen Tragebalken **34A**, der sich linear von beiden Seiten des Arms **32** in Richtungen erstreckt, die im Wesentlichen senkrecht zu der longitudinalen Richtung des Arms sind, zum beweglichen Tragen des Arms **32** in den Richtungen des Pfeils A, eine bewegliche Interdigitalelektrode **34B**, die benachbart zu dem Ende des Arms **32** angeordnet ist, und sich zusammen mit dem Arm **32** bewegt, und eine feste Interdigitalelektrode **34C**, die an dem Glassubstrat **1** befestigt ist, um mit der beweglichen Interdigitalelektrode **34B** ineinanderzugreifen. Durch Anlegen einer Spannung mit umgekehrter Polarität oder positiver Polarität zwischen den beiden Interdigitalelektroden **34B** und **34C** wird eine elektrostatische anziehende oder abstoßende Kraft erzeugt, so dass der Arm **32**, der Spiegel **33** und die bewegliche Interdigitalelektrode **34B** als Ganzes in den Richtungen des Pfeils A verschoben sind.

[0086] Eine Faserklemme **35**, die in der Faserbefestigungsrinne **3** vorgesehen ist, im Wesentlichen auf die gleiche Weise wie bei der Faserklemme **10** gemäß dem ersten bevorzugten Ausführungsbeispiel, umfasst eine Federeinheit **35A**, die einen hinteren Anker aufweist, der an einer Innenoberfläche **3A** der Faserbefestigungsrinne **3** befestigt ist, und sich als ein Ausleger entlang der Faserbefestigungsrinne **3** erstreckt, und eine Druckeinheit **35B**, die benachbart zu der Endextremität der Federeinheit **35A** angeordnet ist, um zu der anderen Innenoberfläche **3B** hin vorzustehen. Wobei die Faserklemme **35** angeordnet ist, um näher zu der Oberfläche des Siliziumsubstrats **2** (gegenüberliegend zu dem Glassubstrat **1**) angeordnet zu sein als die axiale Mitte O (Kern) einer optischen Faser **5**, die in die Faserbefestigungsrinne **3** einzufügen ist, zusammen mit dem Arm **32** der Betätigungsvorrichtung **31**, während die Dicke der Faserklemme **35** eingerichtet ist, um im Wesentlichen gleich zu sein wie diejenige des Arms **32** der Betätigungsvorrichtung **31**. Die Druckeinheit **35B** hat eine im Wesentlichen rechteckige Form und steht von der Endextremität der Federeinheit **35A** vor.

[0087] Die Endextremität der Federeinheit **35A** wird in Breiterichtungen der Faserbefestigungsrinne **3** beweglich und die Druckeinheit **35B** drückt die optische Faser **5** elastisch zu der anderen Innenoberfläche **3B**, während dieselbe einen Teil der optischen Faser **5** zu dem Glassubstrat **1** drückt, denselben zwischen sich und dem Glassubstrat anordnend. Dadurch legt die Faserklemme **35** eine Schubkraft an die optische Faser **5** in der Richtung des Pfeils B an, die relativ zu der Dickerichtung des Siliziumsubstrats **2** geneigt ist, um die optische Faser **5** zu der anderen Innenoberfläche **3B** der Faserbefestigungsrinne **3** und des Glassubstrats **1** zu drücken.

[0088] Die optische Schaltvorrichtung gemäß dem vorliegenden bevorzugten Ausführungsbeispiel weist vorzugsweise die oben beschriebene Struktur auf, und nun wird ein Herstellungsverfahren derselben mit Bezugnahme auf [Fig. 20](#) bis [Fig. 25](#) beschrieben.

[0089] Zunächst wird, wie es in [Fig. 20](#) gezeigt ist, ein Siliziumsubstrat **2'** mit einer Dicke vorbereitet, die größer ist als diejenige des Siliziumsubstrats **2**. Auf der Unteroberfläche des Siliziumsubstrats **2'** wird reaktives Ionenätzen (DEEP RIE) an Abschnitten durchgeführt, die Positionen entsprechen, an denen die Faserbefestigungsgrillen **3**, der zentrale Schnittpunkt **4**, die Betätigungsvorrichtung **6** usw. (siehe [Fig. 19](#)) gebildet sind, zu der Mitte der Dickerichtung des Siliziumsubstrats **2** hin, um vorläufige Faserbefestigungsgrillen **36** zu bilden, mit im Wesentlichen der gleichen Breite wie diejenige der Faserbefestigungsgrille **3**, auf Abschnitten, die Positionen entsprechen, an denen die Faserbefestigungsgrillen **3** gebildet sind, während eine vorläufige konkave Rinne **38** gebildet wird, bei der ein Vorsprung **37**, der dem Spiegel **33**

entspricht, auf dem Abschnitt verbleibt, der dem zentralen Schnittpunkt **4** entspricht.

[0090] Als nächstes wird, wie es in [Fig. 21](#) gezeigt ist, eine Metallmaske **39** auf der Unter Oberfläche des Siliziumsubstrats **2'** befestigt und die Oberfläche des Vorsprungs **37** ist mit einem Spiegelfilm **33A** bedeckt, der aus einem leitfähigen Metaldünnsfilm hergestellt ist, durch Sputtern und Aufdampfen, um den Spiegel **33** zu bilden.

[0091] Als nächstes, wie es in [Fig. 22](#) gezeigt ist, wird das Glassubstrat **1** auf der Unter Oberfläche des Siliziumsubstrats **2'** durch Anodenkoppeln verbunden. Zu diesem Zeitpunkt werden auf der Oberfläche des Glassubstrats **1** flache Rillen **40** an Positionen gebildet, auf denen der zentrale Schnittpunkt **4**, die Betätigungsvorrichtung **6** usw. gegenüberliegen, um durch die flachen Rillen **40** zu verhindern, dass der Spiegel **33** usw. in Kontakt mit dem Glassubstrat **1** gebracht wird. Dann wird in diesem Zustand, wie er in [Fig. 23](#) gezeigt ist, die Oberfläche des Siliziumsubstrats **2'** poliert, um das Siliziumsubstrat **2** dünner Dicke zu bilden.

[0092] Dann wird, wie es in [Fig. 24](#) gezeigt ist, auf den Abschnitten, die den vorläufigen Faserbefestigungsgrillen **36** und der vorläufigen konkaven Rille **38** entsprechen, das reaktive Ionenätzen von der Oberfläche des Siliziumsubstrats **2** durchgeführt, um das Siliziumsubstrat **2** zu durchdringen. Dadurch wird die Betätigungsvorrichtung **31**, die den Arm **32** und den Spiegel **33** umfasst, gebildet, während die Faserbefestigungsgrillen **3** und die Faserklemme **35** zusammen gebildet werden.

[0093] Da zu diesem Zeitpunkt der Spiegel **33** bereits auf dem Siliziumsubstrat **2** wurde, zusätzlich zu den vorläufigen Faserbefestigungsgrillen **36** und der vorläufigen konkaven Rille **38**, die im Voraus gebildet wurden, kann das reaktive Ionenätzen nur auf der Restlänge der Dicke des Siliziumsubstrats **2** durchgeführt werden, so dass das Ätzen in einer kurzen Zeit abgeschlossen wird im Vergleich zu dem Fall, wo das Ätzen auf der gesamten Dicke durchgeführt wird. Da außerdem die Dicke der Faserklemme **35** vorzugsweise im Wesentlichen die gleiche ist wie diejenige des Arms **32** der Betätigungsvorrichtung **31**, kann die Faserklemme **35** zusammen mit dem Arm **32** gebildet werden.

[0094] Schließlich wird, wie es in [Fig. 25](#) gezeigt ist, auf der Oberfläche des Siliziumsubstrats **2** das Glassubstrat **11** mit den hohlen Rillen **11A**, die im Voraus darauf gebildet wurden, als Abdeckungssubstrat verbunden. Dann, nachdem die optischen Fasern **5** von dem äußeren Umfang des Siliziumsubstrats **2** in die Faserbefestigungsgrillen **3** eingefügt werden, werden die optischen Fasern **5** mit einem Haftmittel oder einem anderen geeigneten Material oder Elementen

befestigt, um die optische Schaltvorrichtung fertigzustellen.

[0095] Die optische Schaltvorrichtung gemäß dem vorliegenden bevorzugten Ausführungsbeispiel wird durch das oben beschriebene Verfahren hergestellt, und nun wird ein Schaltvorgang derselben beschrieben.

[0096] Falls zwischen die bewegliche Interdigitalelektrode **34B** und der festen Interdigitalelektrode **34C** der Betätigungsvorrichtung **31** keine Spannung angelegt ist, tritt der Spiegel **33** aufgrund einer elastischen Kraft des Tragebalkens **34A** zuerst in den zentralen Schnittpunkt **4** ein, der hier anzuordnen ist (die mittlere Position der optischen Wege O1 und O2). Daher wird Licht, das von einem Paar von jeweils zwei optischen Fasern **5** emittiert wird, die entlang den optischen Wegen O1 bzw. O2 angeordnet sind, auf dem Spiegel **33** reflektiert, um in das andere Paar von jeweils zwei optischen Fasern **5** einzudringen, die entlang der senkrechten optischen Wege O2 bzw. O1 angeordnet sind, so dass zwischen denselben eine optische Kommunikation durchgeführt wird.

[0097] Falls andererseits eine Spannung mit entgegengesetzter Polarität (positiv und negativ) zwischen die bewegliche Interdigitalelektrode **34B** und die feste Interdigitalelektrode **34C** einer Antriebseinheit **34** der Betätigungsvorrichtung **31** angelegt wird, während eine Spannung mit der gleichen Polarität (beispielsweise positiv) zwischen die bewegliche Interdigitalelektrode **34B** und die feste Interdigitalelektrode **34C** der anderen Antriebseinheit **34** angelegt wird, wird eine elektrostatische Anziehungskraft zwischen einem Paar der Elektroden **34B** und **34C** erzeugt, während zwischen dem anderen Paar der Elektroden **34B** und **34C** eine elektrostatische Abstoßungskraft erzeugt wird, so dass der Spiegel **33** von dem zentralen Schnittpunkt **4** gegen die elastische Kraft des Tragebalkens **34A** zurückgezogen wird. Dadurch tritt Licht, das von einem Paar von jeweils zwei optischen Fasern **5**, die entlang den optischen Wegen O1 bzw. O2 angeordnet sind, emittiert wird, in das andere Paar von jeweils zwei optischen Fasern **5** ein, die entlang den optischen Wegen O1 bzw. O2 angeordnet sind, so dass zwischen denselben eine optische Kommunikation durchgeführt wird. Als Folge können auf der Basis des Vorliegens der Spannung, die zwischen den Elektroden **34B** und **34C** angelegt ist, die optischen Wege O1 und O2 geschaltet und verbunden werden.

[0098] Auf solche Weise können gemäß dem vorliegenden bevorzugten Ausführungsbeispiel, das die oben beschriebene Struktur aufweist, im Wesentlichen die gleichen Vorteile wie diejenigen des oben beschriebenen ersten bevorzugten Ausführungsbeispiels ebenfalls erhalten werden. Gemäß dem vorliegenden bevorzugten Ausführungsbeispiel können

die Antriebseinheiten **34** an zwei gegenüberliegenden Enden des Arms **32** angeordnet sein, da der Spiegel **33** vorgesehen ist, der in der Mitte des Arms **32** in der longitudinalen Richtung angeordnet ist und zu dem Glassubstrat **1** hin durchhängt.

[0099] Das heißt, wie es in [Fig. 26](#) gezeigt ist, da der Spiegel **33** gemäß dem vorliegenden bevorzugten Ausführungsbeispiel in dem Arm **32** angeordnet ist, um von demselben durchzuhängen, kann der Arm **32** die optischen Wege O1 und O2 nicht abschirmen. Dagegen schirmt der Arm **7** die optischen Wege O1 und O2 ab, wie bei einem Vergleichsbeispiel (erstes bevorzugtes Ausführungsbeispiel), das in [Fig. 27](#) gezeigt ist, falls der Spiegel **8** entlang der gesamten Dicke des Arms **7** angeordnet ist, und der Arm sich über den Spiegel **8** hinaus erstreckt. Falls folglich der Spiegel **8** entlang der gesamten Dicke des Arms **7** vorgesehen ist, ist es notwendig, den Spiegel **8** an der Endextremität des Arms **7** mit einer freitragenden Aufhängung zu versehen, so dass die Antriebseinheit nur an einer Stelle vorgesehen sein kann, die der hintere Anker des Arms **7** ist.

[0100] Während gemäß dem vorliegenden bevorzugten Ausführungsbeispiel die Antriebseinheiten **34** in zwei Positionen an gegenüberliegenden Enden des Arms **32** vorgesehen sein können, so dass die Antriebsspannung für die Betätigungsvorrichtung **31** reduziert werden kann, was es ermöglicht, dass die Funktionsfähigkeit verbessert wird, während das Siliziumsubstrat **2** effizient ohne Verschwendung ausgenutzt wird.

[0101] Da außerdem die Faserklemme **35** auf der Oberfläche des Siliziumsubstrats **2** zusammen mit dem Arm **32** der Betätigungsvorrichtung **31** aufgebaut wird, kann eine Bearbeitungszeit für das reaktive Ionenätzen oder dergleichen, was eine lange Zeitdauer benötigt, reduziert werden im Vergleich zu dem Fall, wo die Betätigungsvorrichtung **31** getrennt von der Faserklemme **35** aufgebaut wird.

[0102] Falls ferner das reaktive Ionenätzen auf der gesamten Dicke des Siliziumsubstrats **2** durchgeführt wird, neigt das Siliziumsubstrat **2** dazu, in der Dickenrichtung desselben verschoben zu werden, so dass höchstwahrscheinlich auf einer hochglanzpolierten Ebene des Spiegels **33** eine Belastung erzeugt wird. Während gemäß dem vorliegenden bevorzugten Ausführungsbeispiel der Spiegel **33** auf dem Siliziumsubstrat **2** aufgebaut ist, um von demselben nach unten durchzuhängen, durch Durchführen des reaktiven Ionenätzens auf dem Siliziumsubstrat **2**, bis zu der Mittelposition der Dicke desselben, so dass es schwierig ist, die Belastung in dem Spiegel **33** zu erzeugen, was Genauigkeiten beim Schalten der optischen Wege O1 und O2 und auch Zuverlässigkeitsverbesserungen ermöglicht.

[0103] Gemäß dem dritten bevorzugten Ausführungsbeispiel wird das Siliziumsubstrat **2'** mit einer Dicke von mehr als derjenigen des Siliziumsubstrats **2** im Voraus vorbereitet, das Ätzen wird an der Unter Oberfläche des Siliziumsubstrats **2'** durchgeführt und dann wird die Oberfläche des Siliziumsubstrats **2'** poliert, nachdem das Glassubstrat **1** verbunden ist, um das Siliziumsubstrat **2** mit einer vorbestimmten Dicke zu bilden. Obwohl in diesem Fall ein Prozess zum Polieren des Siliziumsubstrats **2'** erforderlich ist, kann während der Handhabung bei der Herstellung verhindert werden, dass das Siliziumsubstrat **2'** Splitter und Risse bildet, wodurch ermöglicht wird, dass der Ertrag verbessert wird.

[0104] Die vorliegende Erfindung ist jedoch nicht auf diese Verfahren begrenzt und gemäß dem dritten bevorzugten Ausführungsbeispiel kann statt dem Siliziumsubstrat **2'** ein dünnes Siliziumsubstrat **2** verwendet werden, das vom Anfang des Prozesses an dünn ist. Die Polieroberfläche des Siliziumsubstrats **2'** kann dadurch weggelassen werden. Andererseits kann gemäß dem ersten und zweiten bevorzugten Ausführungsbeispiel, bei denen das dünne Siliziumsubstrat **2**, das vom Prozessanfang an dünn ist, verwendet wird, alternativ auf die gleiche Weise wie bei dem dritten bevorzugten Ausführungsbeispiel ein Siliziumsubstrat **2'**, das vom Prozessanfang an dick ist, verwendet werden, um durch Polieren des Siliziumsubstrats **2'** nach dem Verbinden mit dem Glassubstrat **1** ein Dünn-Siliziumsubstrat **2** zu bilden.

[0105] Außerdem sind gemäß dem dritten bevorzugten Ausführungsbeispiel in den beiden Antriebseinheiten **34** zwei Paare der beweglichen Interdigitalelektrode **34B** und der festen Interdigitalelektrode **34C** jeweils an gegenüberliegenden Positionen angeordnet (symmetrischen Positionen zueinander), so dass eine elektrostatische Anziehungskraft in einer Antriebseinheit **34** erzeugt wird, während in der anderen Antriebseinheit **34** eine elektrostatische Abstoßungskraft erzeugt wird. Die vorliegende Erfindung ist jedoch nicht auf diese Anordnung beschränkt, und wie es bei Modifikationen in [Fig. 28](#) und [Fig. 29](#) gezeigt ist, können in den beiden Antriebseinheiten **34'** zwei Paare der beweglichen Interdigitalelektrode **34B'** und der festen Interdigitalelektrode **34C'** jeweils an zueinander gleichen Positionen angeordnet werden (Positionen, die im Wesentlichen parallel zueinander verschoben sind), so dass in beiden Antriebseinheiten **34'** elektrostatische Anziehungskräfte erzeugt werden können.

[0106] Außerdem sind gemäß dem dritten bevorzugten Ausführungsbeispiel die vier Faserbefestigungsritzen **3** vorzugsweise kreuzweise angeordnet. Alternativ, wie bei den in [Fig. 28](#) und [Fig. 29](#) gezeigten Modifikationen, können vier Faserbefestigungsritzen **3'** im Wesentlichen parallel angeordnet sein, jeweils zwei Rillen, so dass zwei optische Wege O1

und O2 jeweils parallel zueinander angeordnet sind. In diesem Fall ist ein Arm **32'** mit zwei im Wesentlichen dreieckig geformten Spiegeln **33'** versehen, die getrennt voneinander gebildet sind, um dieselben so anzuordnen, dass zwei Scheitel derselben einander zugewandt sind.

[0107] Dadurch wird in dem Zustand, in dem die Antriebseinheiten **34'** angehalten sind, wie es in [Fig. 28](#) gezeigt ist, Licht, das von den optischen Fasern **5** emittiert wird, durch die zwei Spiegel **33'** in entgegengesetzten Richtungen reflektiert, so dass die beiden optischen Fasern **5** in der linken Seite in [Fig. 28](#) miteinander verbunden sind, während die beiden optischen Fasern **5** an der rechten Seite miteinander verbunden sind. Andererseits verläuft in dem Zustand, in dem die Antriebseinheiten **34'** angetrieben sind, wie es in [Fig. 29](#) gezeigt ist, da die Spiegel **33'** entfernt sind, das Licht, das von den optischen Fasern **5** emittiert wird, gerade, ohne auf die Spiegel **33'** aufzutreffen, so dass die beiden optischen Fasern **5** in dem oberen Abschnitt, der in [Fig. 29](#) zu sehen ist, miteinander verbunden sind, während die beiden optischen Fasern **5** in dem unteren Abschnitt miteinander verbunden sind.

[0108] Gemäß den oben beschriebenen bevorzugten Ausführungsbeispielen werden vorzugsweise die Interdigitalelektroden **9B**, **9C**, **34B** und **34C** als die Antriebseinheiten **9** und **34** verwendet. Die vorliegende Erfindung ist jedoch nicht darauf beschränkt und beispielsweise kann eine Parallelplattenelektrode verwendet werden, um eine Antriebseinheit zu bilden.

[0109] Ferner wird gemäß den bevorzugten Ausführungsbeispielen, die oben beschrieben sind, als das erste Substrat vorzugsweise das Glassubstrat **1** verwendet. Alternativ kann ein Siliziumsubstrat als das erste Substrat verwendet werden.

[0110] Obwohl bevorzugte Ausführungsbeispiele der Erfindung oben beschrieben wurden, ist klar, dass Variationen und Modifikationen für Fachleute auf diesem Gebiet offensichtlich sind, ohne von dem Schutzbereich der Erfindung abzuweichen, wie er durch die folgenden Ansprüche bestimmt ist.

Patentansprüche

1. Eine optische Schaltvorrichtung, die folgende Merkmale umfasst:
ein erstes Substrat (**1**);
ein zweites Substrat (**2**), das angeordnet ist, um an einer Hauptoberfläche an das erste Substrat (**1**) anzustoßen, und eine Mehrzahl von Faserbefestigungsgrillen (**3**) aufweist, die in Paaren angeordnet sind, die auf demselben benachbart zu der Hauptoberfläche des ersten Substrats gebildet sind;
eine Mehrzahl von optischen Fasern (**5**), die in jeder

der Mehrzahl von Faserbefestigungsgrillen (**3**) des zweiten Substrats (**2**) angeordnet sind, wobei jede Faser in dem/den Paar(en) einander in einem Abstand gegenüberliegen, wobei der Durchmesser der Fasern kleiner ist als die Breite der Rillen; und
eine Betätigungsvorrichtung (**6**; **31**) zum Schalten eines optischen Wegs zwischen den optischen Fasern (**5**) jedes Paares durch Voranbewegen zu und Zurückziehen von zwischen den Fasern von jedem Paar der Mehrzahl von optischen Fasern (**5**), die auf dem zweiten Substrat (**2**) angeordnet sind;
wobei das zweite Substrat (**2**) eine Mehrzahl von Faserklemmen (**10**; **21**, **35**) umfasst, die angeordnet sind, um die optischen Fasern (**5**) zu einer ersten von zwei gegenüberliegenden Innenseitenoberflächen (**3A**, **3B**) der Faserbefestigungsgrille (**3**) und zu dem ersten Substrat (**1**) hin zu drücken;
wobei jede Faserklemme (**10**) eine Federeinheit (**10A**; **21A**), die einen hinteren Anker aufweist, der an der zweiten der zwei gegenüberliegenden Innenseitenoberflächen von jeder der Faserbefestigungsgrillen (**3**) befestigt ist, und sich entlang der einen der Faserbefestigungsgrillen (**3**) als ein Ausleger erstreckt, und eine Drückereinheit (**10B**; **21B**) umfasst, die benachbart zu einer longitudinalen Endextremität der Federeinheit (**10A**; **21A**) angeordnet ist, um von der longitudinalen Extremität der Federeinheit (**10A**) zu der ersten Innenseitenoberfläche der einen der Faserbefestigungsgrillen (**3**) vorzustehen, wobei die Drückereinheit (**10B**) im Wesentlichen ein Parallelepiped ist, und wobei die Kanten der Druckeinheiten, die die optischen Fasern der Drückereinheit (**10B**) kontaktieren, abgefast sind.

2. Eine Vorrichtung gemäß Anspruch 1, bei der die Faserklemme (**10**; **21**) eine Federeinheit (**10A**; **21A**), die einen hinteren Anker aufweist, der an der zweiten der beiden gegenüberliegenden Innenseitenoberflächen (**3A**) der Faserbefestigungsgrille (**3**) befestigt ist, und eine longitudinale Endextremität, die in Breiterichtungen der Faserbefestigungsgrille (**3**) beweglich ist, und eine Drückereinheit (**10B**; **21B**) umfasst, die benachbart zu der longitudinalen Endextremität der Federeinheit (**10A**; **21A**) angeordnet ist, zum schrägen Drücken der optischen Faser (**5**) zu der ersten Innenoberfläche (**3B**) und zu dem ersten Substrat (**1**) hin.

3. Eine Vorrichtung gemäß Anspruch 2, bei der die Drückereinheit (**21B**) eine geneigte Ebene (**21C**) umfasst, die auf derselben gebildet ist, die in einer Dickerichtung des zweiten Substrats (**2**) geneigt ist, um in Oberflächenkontakt mit der optischen Faser (**5**) gebracht zu werden.

4. Eine Vorrichtung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 3, bei der die Betätigungsvorrichtung (**31**) einen Arm (**32**), der benachbart zu der Oberfläche des zweiten Substrats (**2**) angeordnet ist und sich zwischen den Fasern von jedem Paar der Mehrzahl von

optischen Fasern (5) erstreckt, einen Spiegel (33), der in der Mitte des Arms (32) in der longitudinalen Richtung angeordnet ist und sich zu dem ersten Substrat (1) hin erstreckt, und zwei Antriebseinheiten (34) umfasst, die benachbart zu gegenüberliegenden Enden des Arms (32) angeordnet sind, zum Verschieben des Arms (32) in der longitudinalen Richtung desselben, um den Spiegel (33) anzutreiben, um sich zu der Mitte des optischen Wegs voranzubewegen und von derselben zurückzuziehen, und wobei die Faserklemme (35) zusammen mit dem Arm (32) der Betätigungsvorrichtung aufgebaut ist, um die Faserklemme (35) benachbart zu der Oberfläche des zweiten Substrats (2) zu positionieren.

5. Eine Vorrichtung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 4, bei der das erste Substrat (1) entweder ein Glassubstrat oder ein Siliziumsubstrat ist.

6. Eine Vorrichtung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 5, bei der das erste Substrat (1) eine im Wesentlichen rechteckige plattenförmige Konfiguration aufweist.

7. Eine Vorrichtung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 6, bei der das zweite Substrat (2) ein Siliziumsubstrat ist.

8. Eine Vorrichtung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 7, bei der das zweite Substrat (2) eine im Wesentlichen rechteckige plattenförmige Konfiguration aufweist und im Wesentlichen die gleiche Größe aufweist wie diejenige des ersten Substrats (1).

9. Eine Vorrichtung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 8, bei der die Mehrzahl von Faserbefestigungsritzen (3) vier Faserbefestigungsritzen umfasst, die radial bei etwa 90° entfernt voneinander angeordnet sind.

10. Eine Vorrichtung gemäß Anspruch 9, bei der zwei der vier Faserbefestigungsritzen (3) entlang einem ersten optischen Weg angeordnet sind, und weitere zwei der vier Faserbefestigungsritzen (3) entlang einem zweiten optischen Weg angeordnet sind, der den ersten optischen Weg schneidet, so dass ein zentraler Schnittpunkt der beiden optischen Wege zwischen den jeweiligen Faserbefestigungsritzen angeordnet ist.

11. Eine Vorrichtung gemäß Anspruch 9, bei der die Faserbefestigungsritzen (3) das zweite Substrat (2) in vier im Wesentlichen dreieckige Inseln (24) trennen.

12. Eine Vorrichtung gemäß Anspruch 1, bei der die Betätigungsvorrichtung (6) einen Arm (7), der sich von einem zentralen Schnittpunkt von zwei optischen Wegen, die sich schneiden, linear erstreckt, einen Spiegel (8), der an einer Endextremität des Arms (7)

angeordnet ist und angeordnet ist, um in den zentralen Schnittpunkt der beiden optischen Wege einzudringen und sich davon zurückzuziehen, und eine Antriebseinheit (9) umfasst, die an einem hinteren Anker des Arms (7) angeordnet ist, zum Verschieben des Arms (7) in einer longitudinalen Richtung des Arms (7).

13. Eine Vorrichtung gemäß Anspruch 12, bei der die Antriebseinheit (9) einen Tragebalken (9A), der sich linear von beiden Seiten des Arms (7) in Richtungen erstreckt, die im Wesentlichen senkrecht zu der longitudinalen Richtung des Arms (7) sind, zum Tragen des Arms (7) in einer beweglichen Weise, eine bewegliche Interdigitalelektrode (9B), die in dem hinteren Anker des Arms (7) angeordnet ist und sich zusammen mit dem Arm (7) bewegt, und eine feste Interdigitalelektrode (9C) umfasst, die an dem ersten Substrat (1) befestigt ist, um mit der beweglichen Interdigitalelektrode (9B) ineinanderzugreifen.

14. Eine Vorrichtung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 13, bei der die Faserklemme (10) näher zu der Oberfläche des zweiten Substrats (2) angeordnet ist als eine axiale Mitte von einer der optischen Fasern (5), die in eine der Faserbefestigungsritzen (3) eingefügt ist.

15. Eine Vorrichtung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 14, bei der ein Glassubstrat (11) auf der Oberfläche des zweiten Substrats (2) vorgesehen ist, um ein Abdeckungssubstrat zu definieren, und im Wesentlichen die gleiche Form aufweist wie diejenige des ersten Substrats (1).

16. Eine Vorrichtung gemäß Anspruch 15, bei der Rillen (11A) auf einer Oberfläche des Glassubstrats (11) gebildet sind, das auf der Oberfläche des zweiten Substrats (2) vorgesehen ist.

17. Eine Vorrichtung gemäß Anspruch 1, bei der die Druckeinheit (21B) der Faserklemme (21) in der Dickerichtung des zweiten Substrats (2) schräg geneigt ist und eine Geneigte-Ebenenoberflächenkontaktierung auf einer der optischen Fasern (3) aufweist.

18. Eine Vorrichtung gemäß Anspruch 1, bei der die Betätigungsvorrichtung (31) einen Arm (32), der auf der Oberfläche des zweiten Substrats (2) angeordnet ist und sich über die Mehrzahl von optischen Fasern (5) erstreckt, einen Spiegel (33), der in der Mitte des Arms (32) in der longitudinalen Richtung angeordnet ist und sich zu dem ersten Substrat (1) hin erstreckt, und zwei Antriebseinheiten (34) umfasst, die auf beiden Enden des Arms (32) zum Treiben des Spiegels (33) angeordnet sind, um sich voranzubewegen zu und zurückzuziehen von der Mitte des optischen Wegs, und die Betätigungsvorrichtung (31) angeordnet ist, um die Faserklemme (35) auf der

Oberfläche des zweiten Substrats (2) zu positionieren.

Es folgen 29 Blatt Zeichnungen

FIG. 1

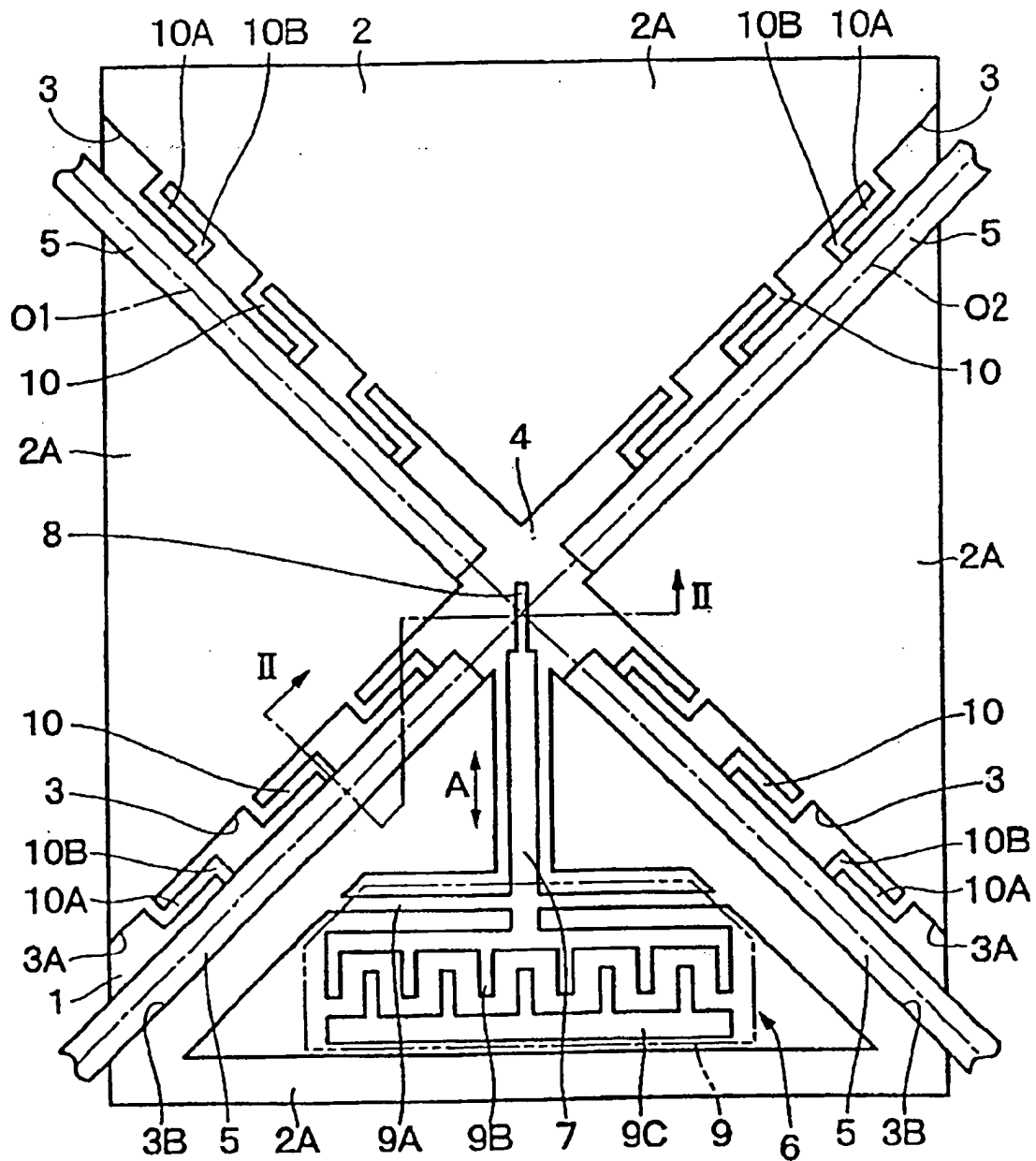


FIG. 2

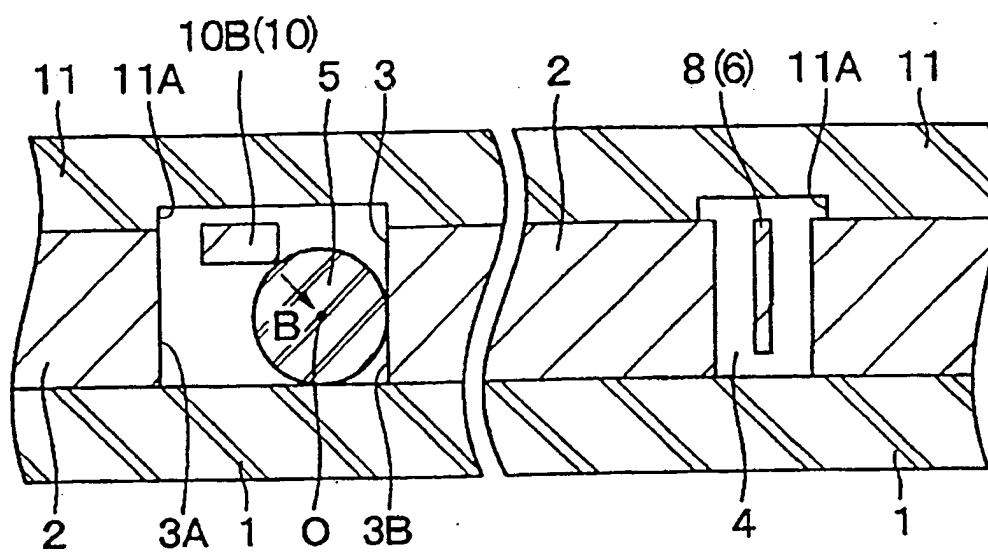


FIG. 3

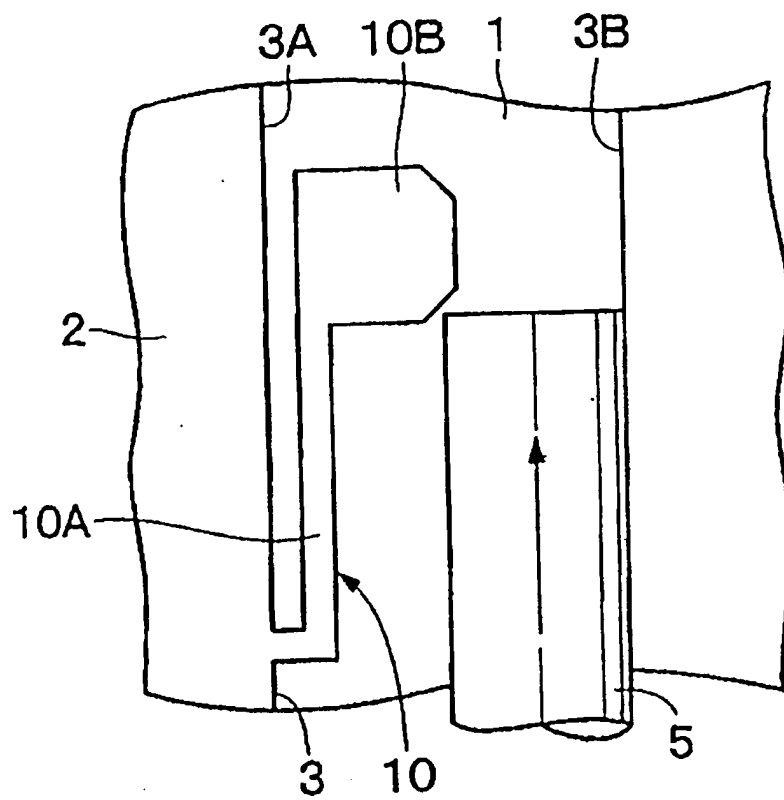


FIG. 4

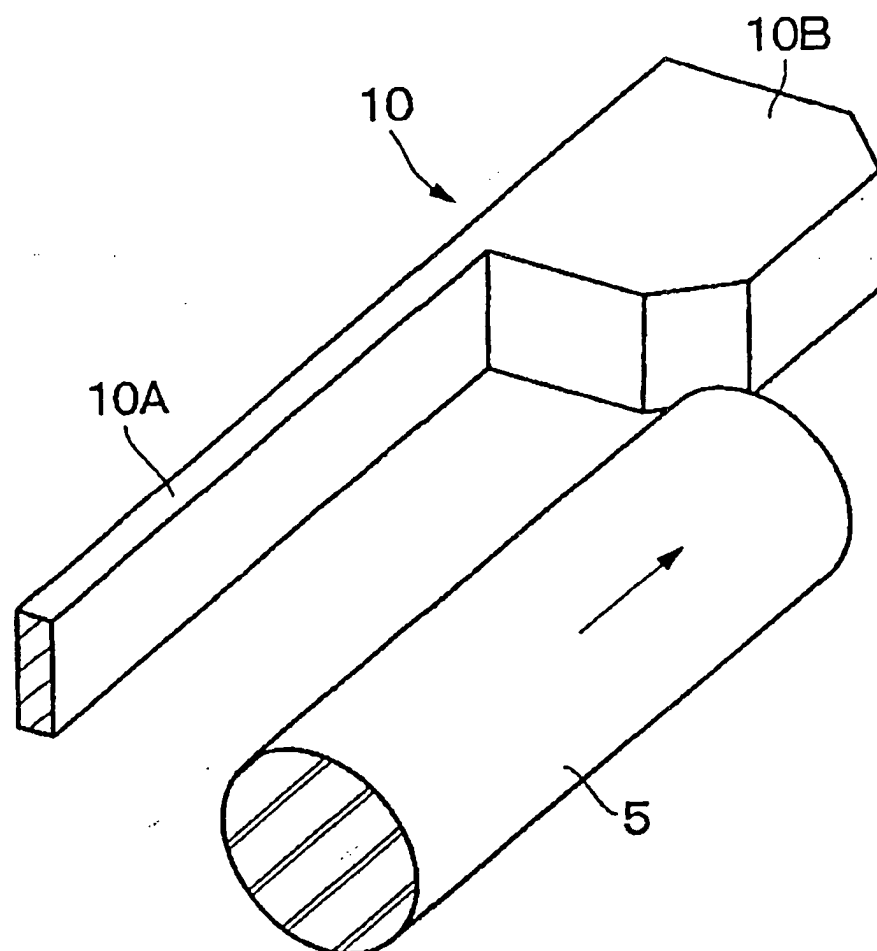


FIG. 5

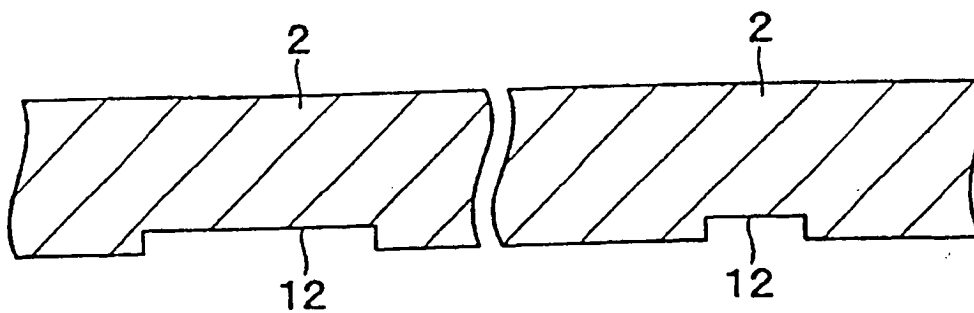


FIG. 6

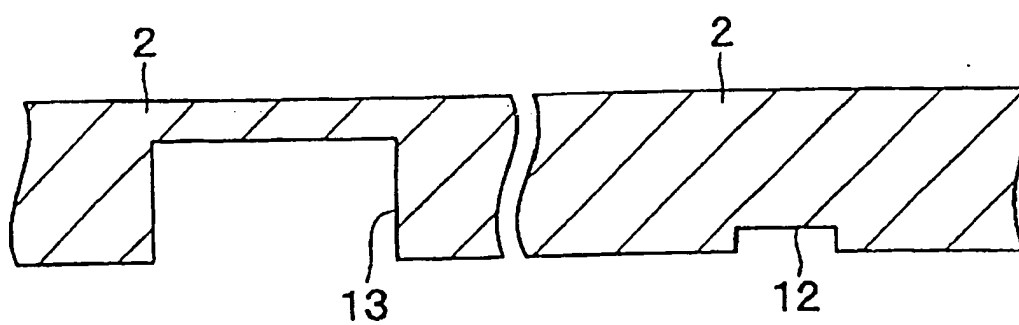


FIG. 7

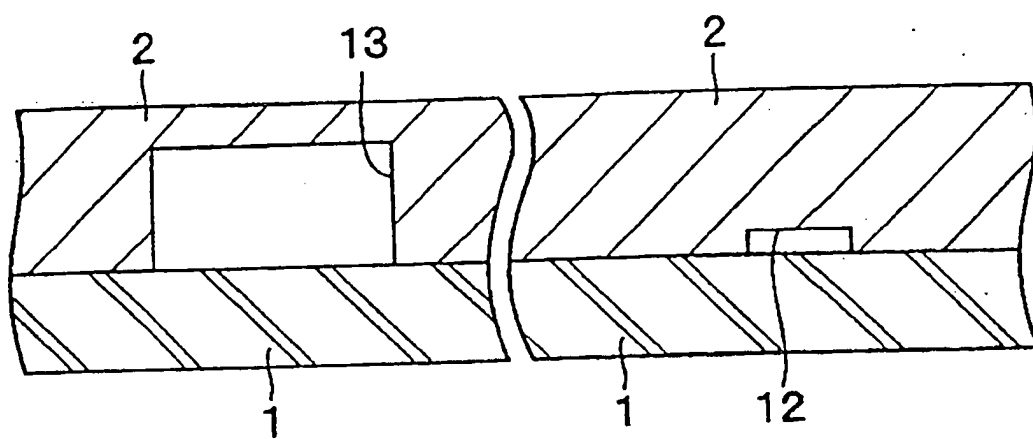


FIG. 8

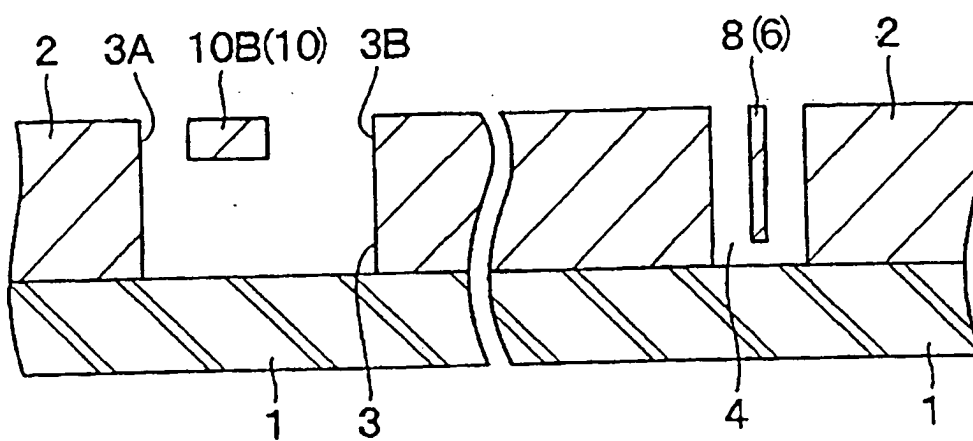


FIG. 9

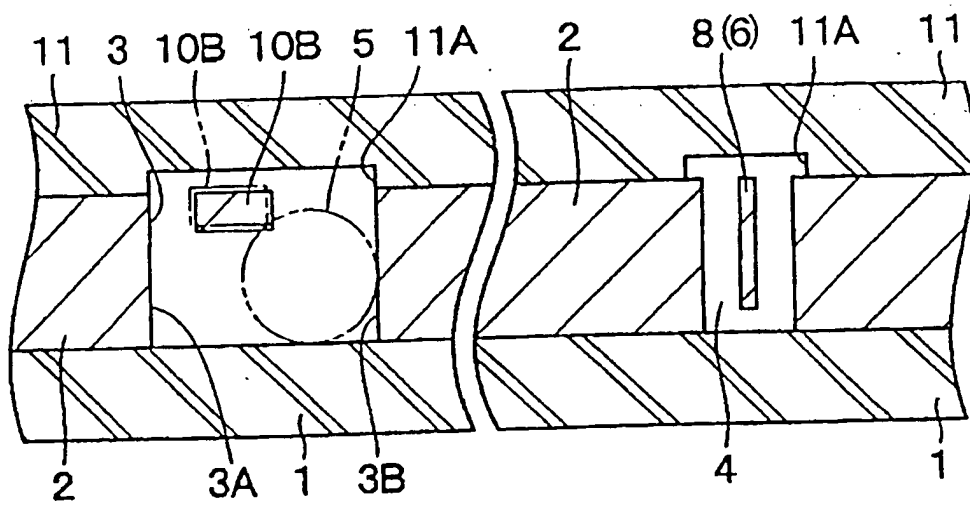


FIG. 10

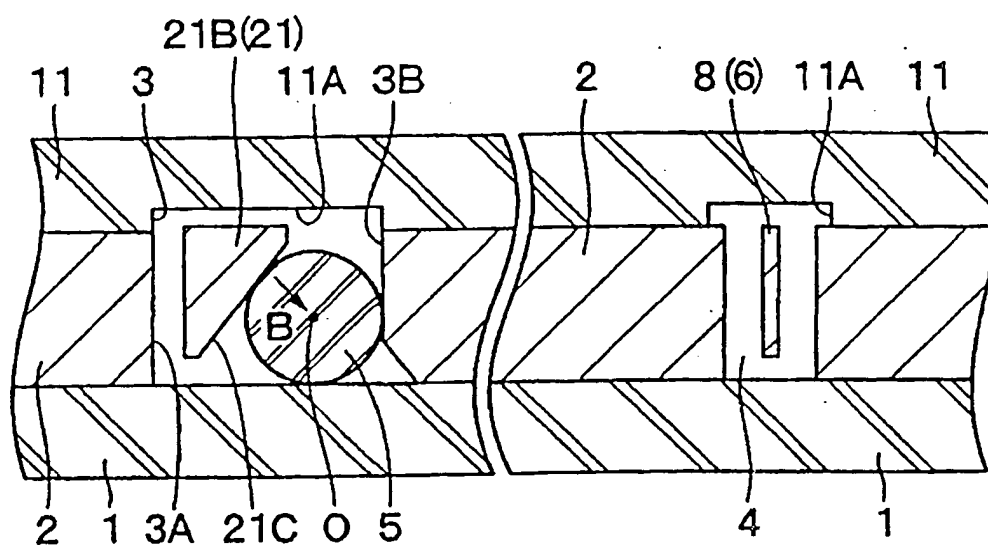


FIG. 11

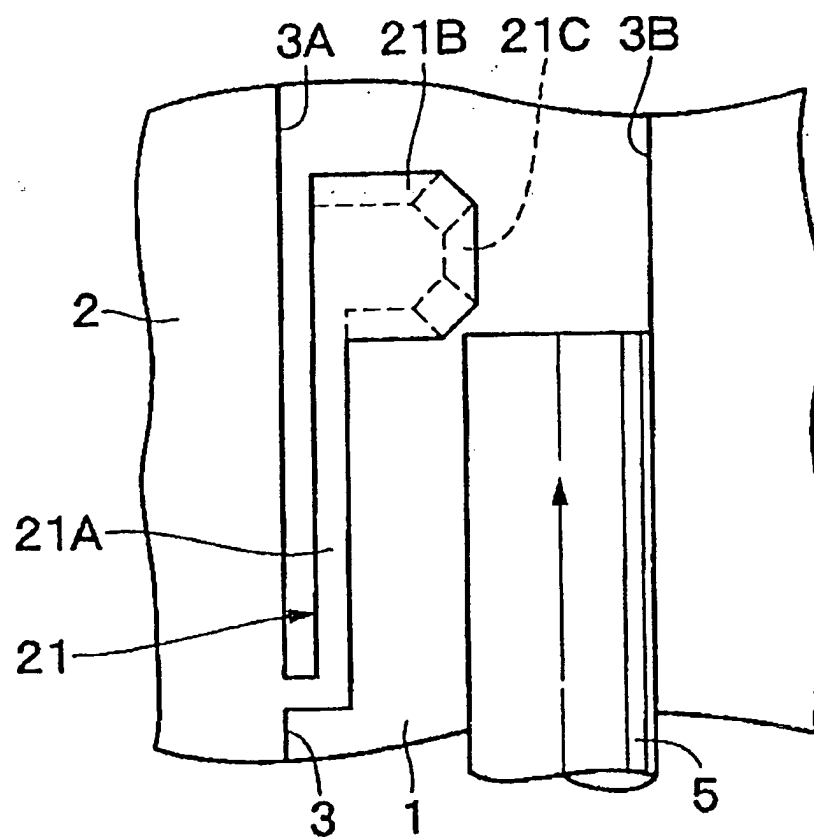


FIG. 12

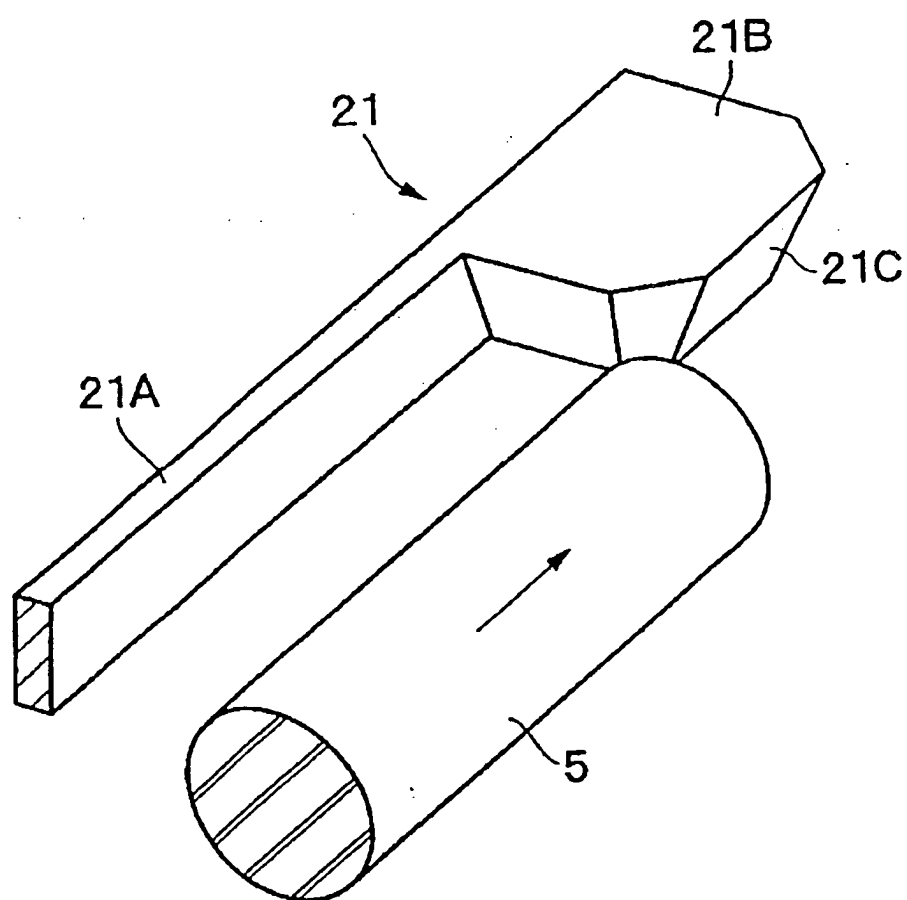


FIG. 13

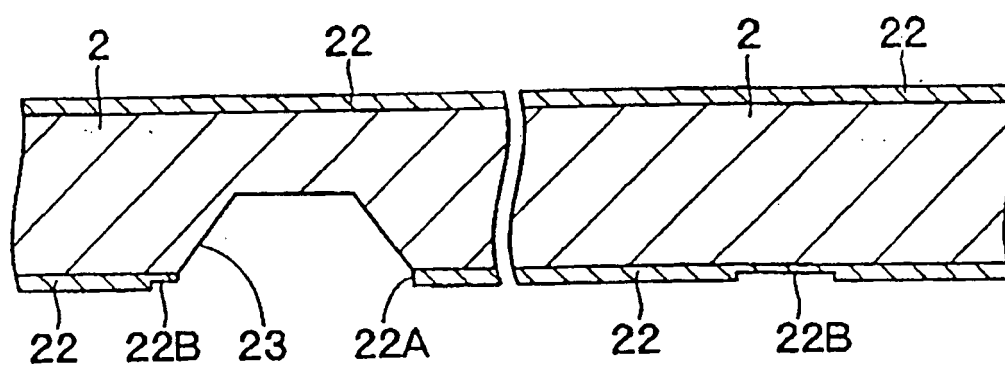


FIG. 14

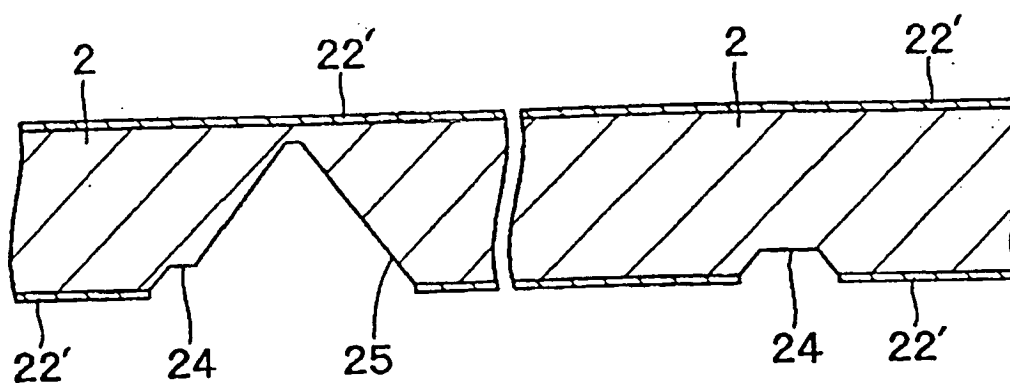


FIG. 15

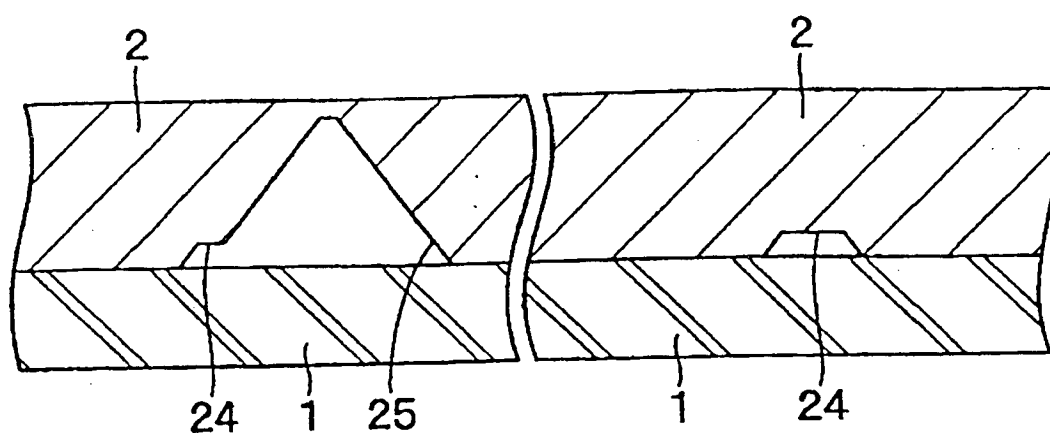


FIG. 16

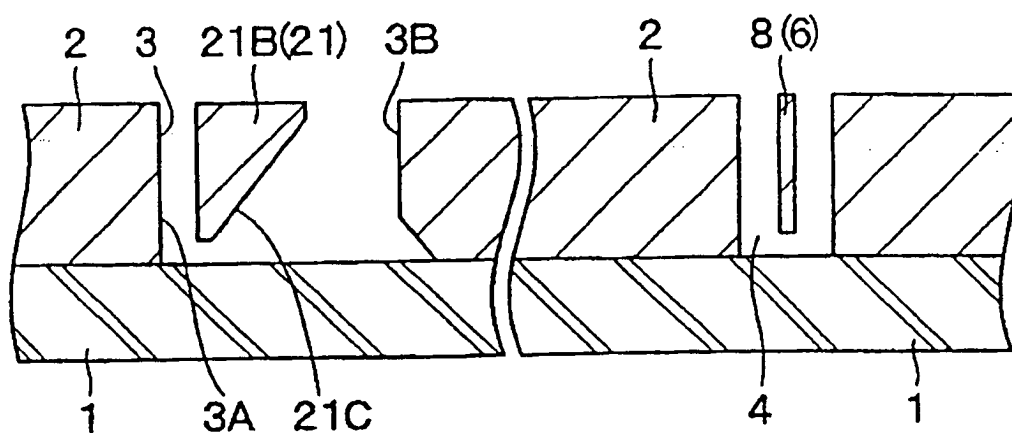


FIG. 17

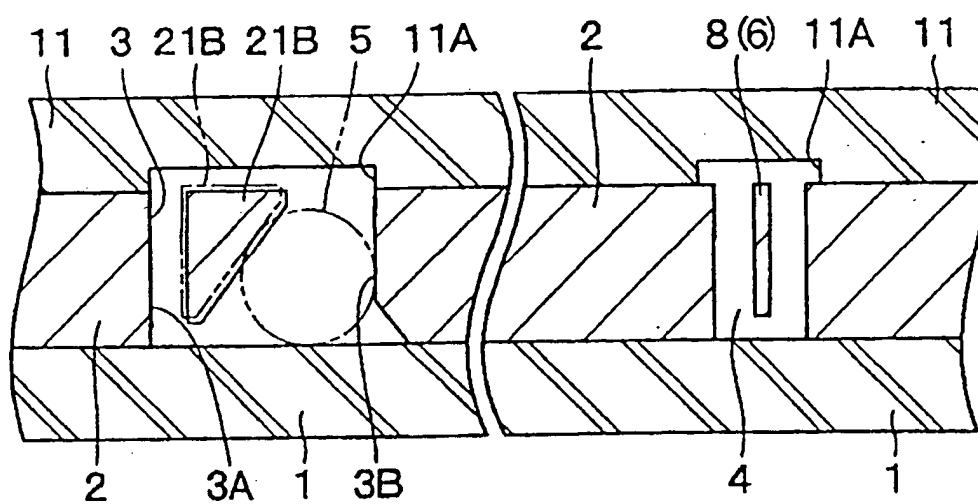


FIG. 18

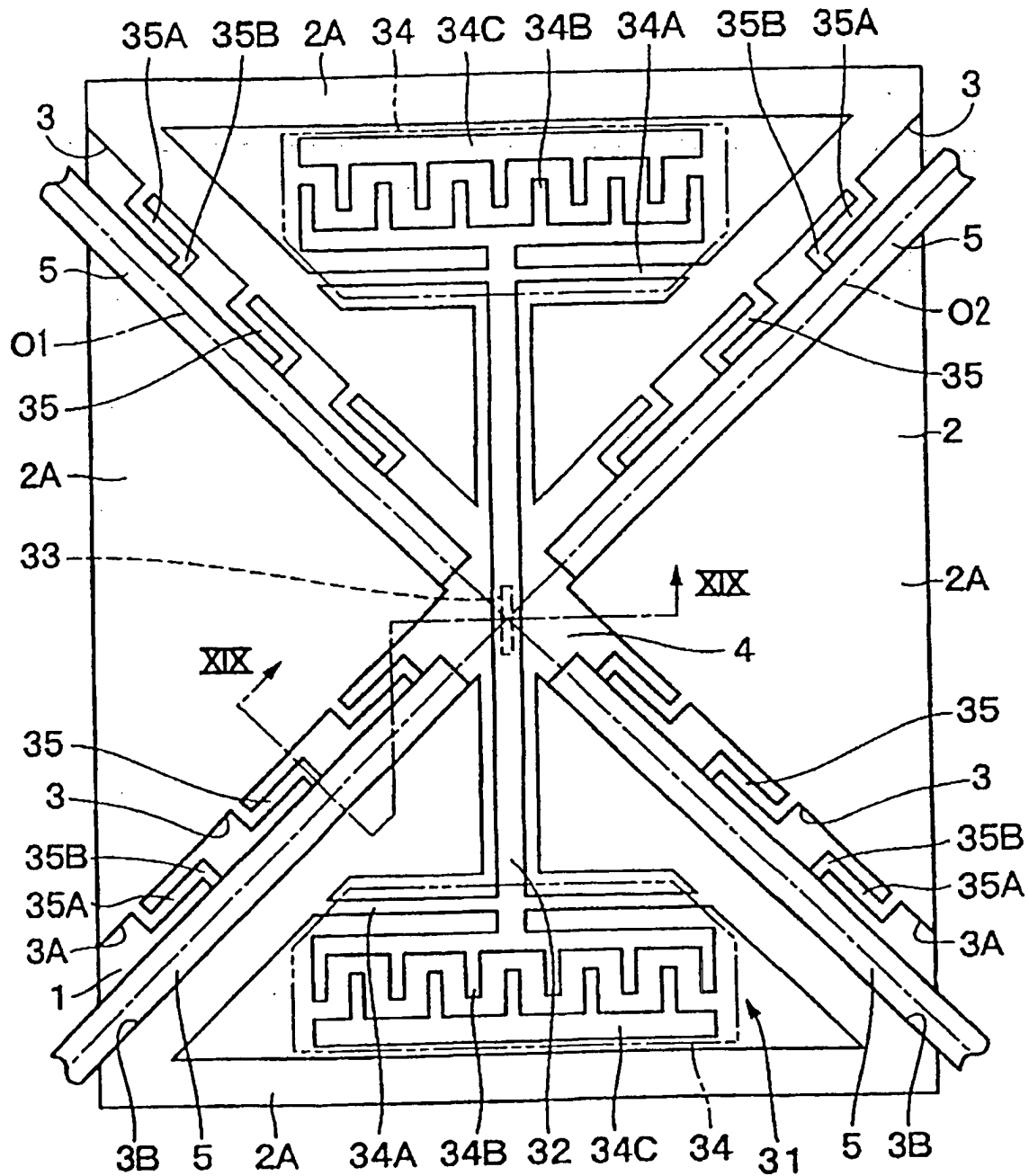


FIG. 19

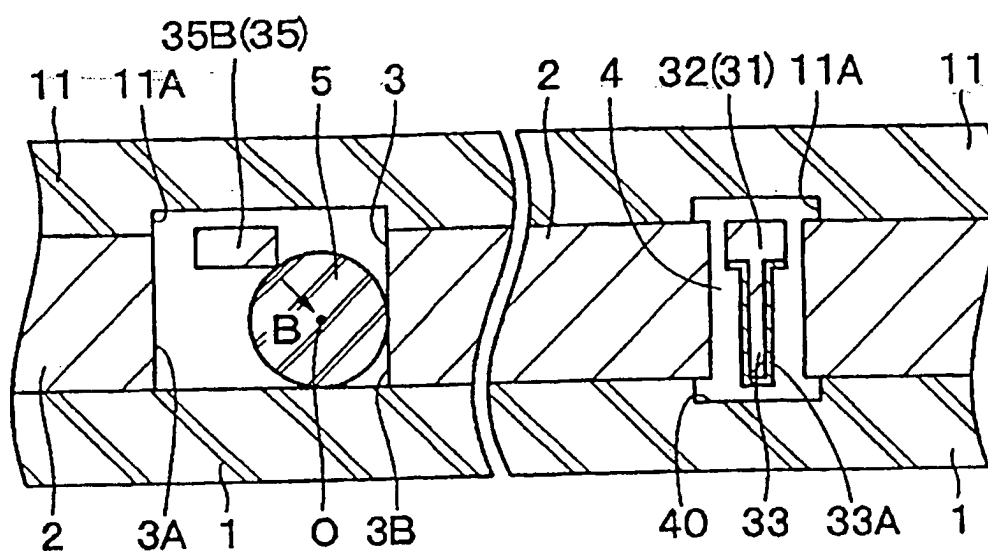


FIG. 20

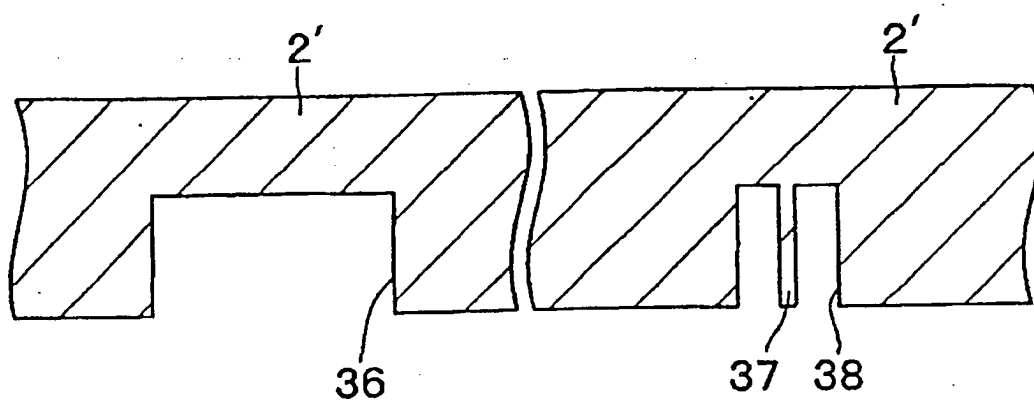


FIG. 21

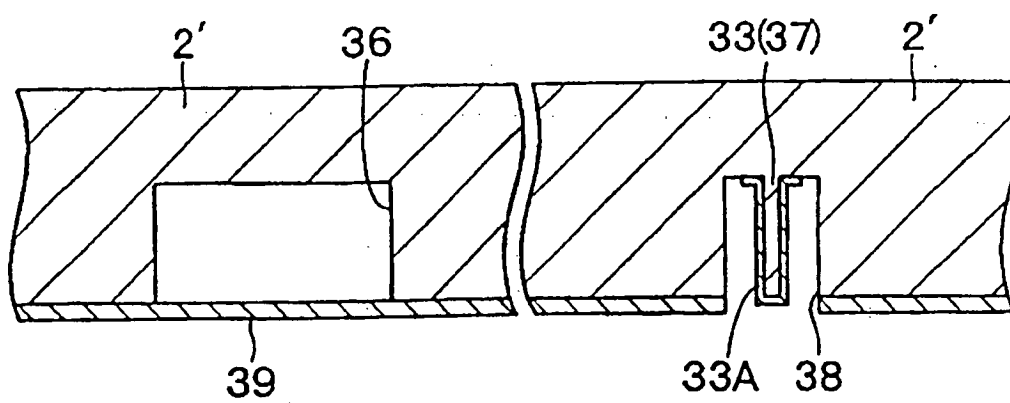


FIG. 22

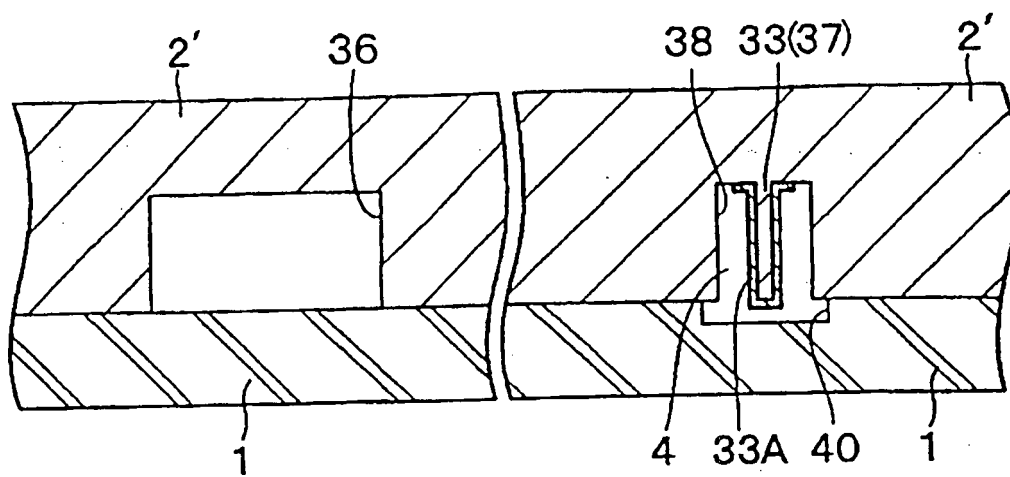


FIG. 23

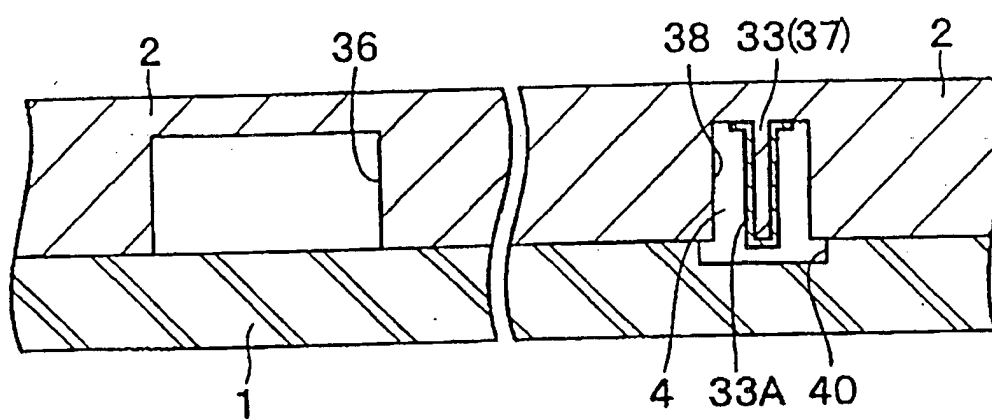


FIG. 24

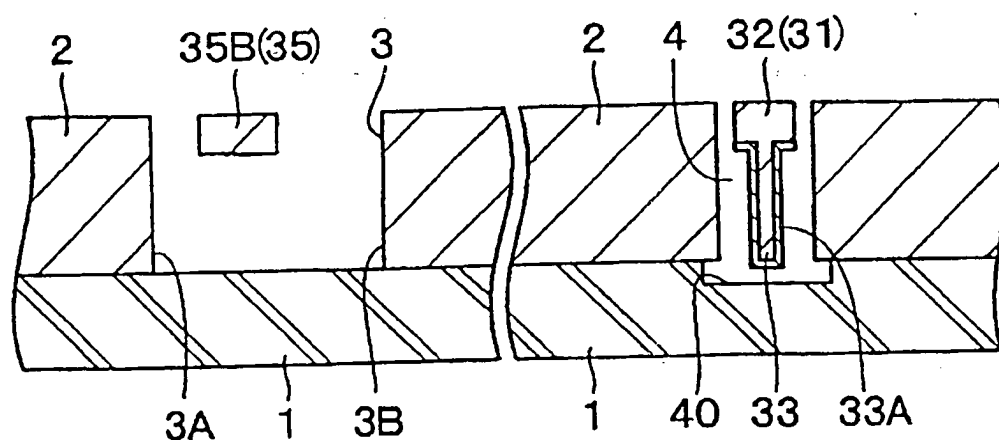


FIG. 25

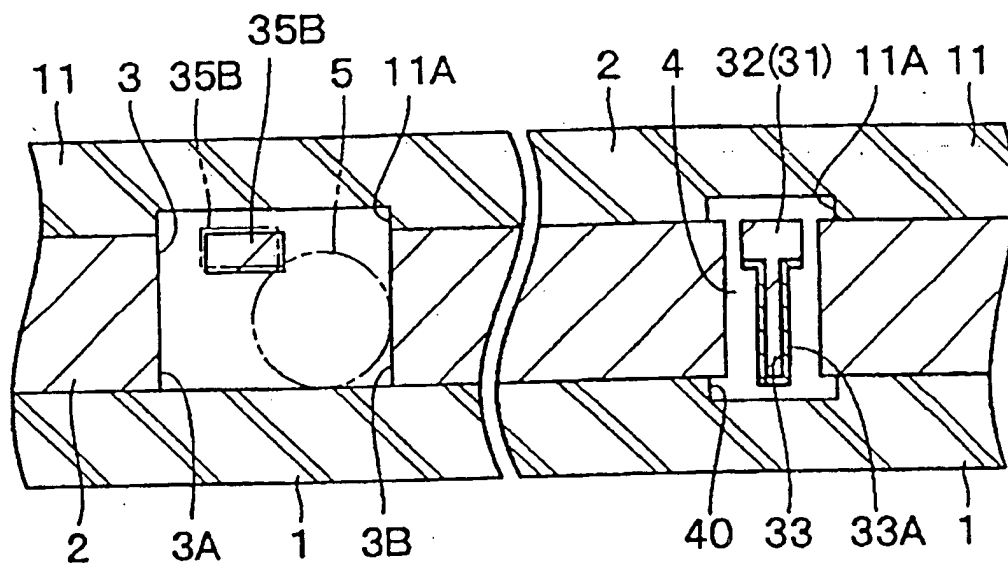


FIG. 26

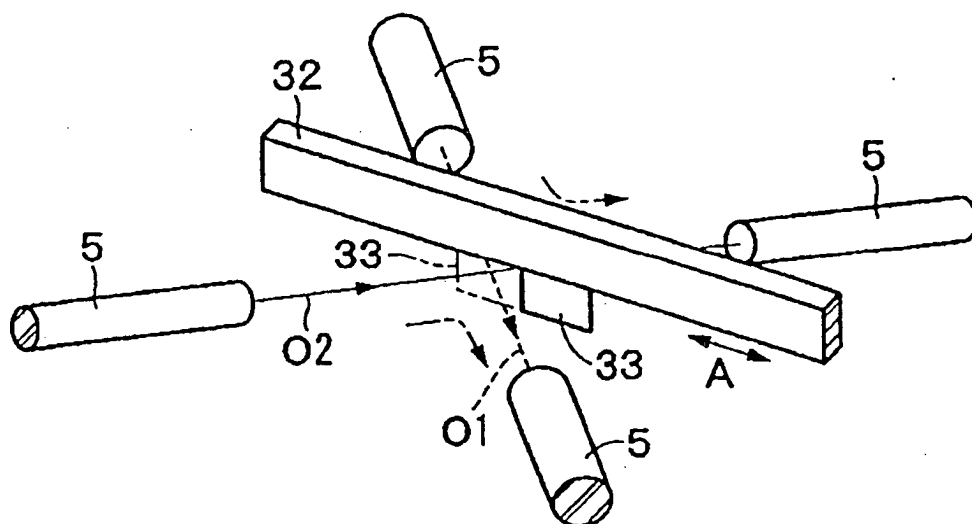


FIG. 27

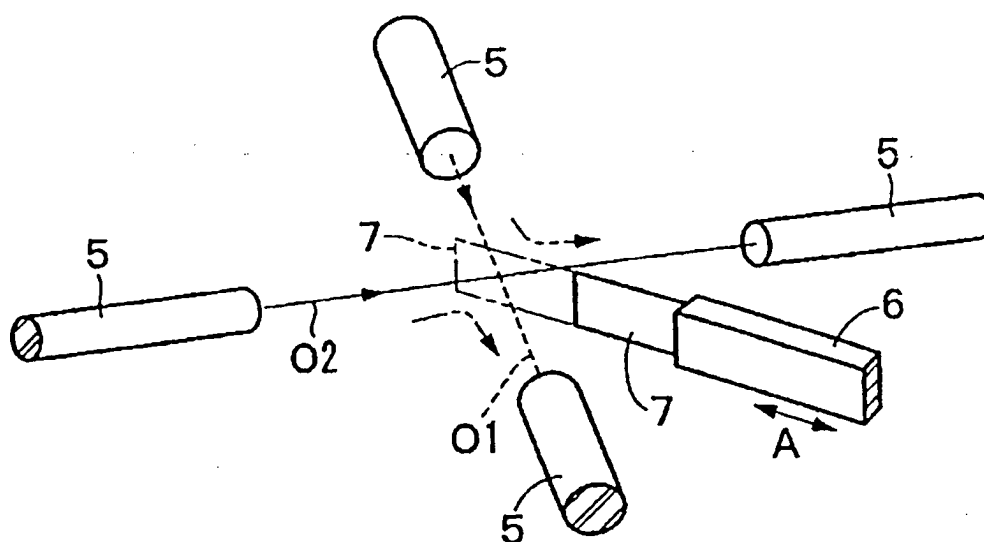


FIG. 28

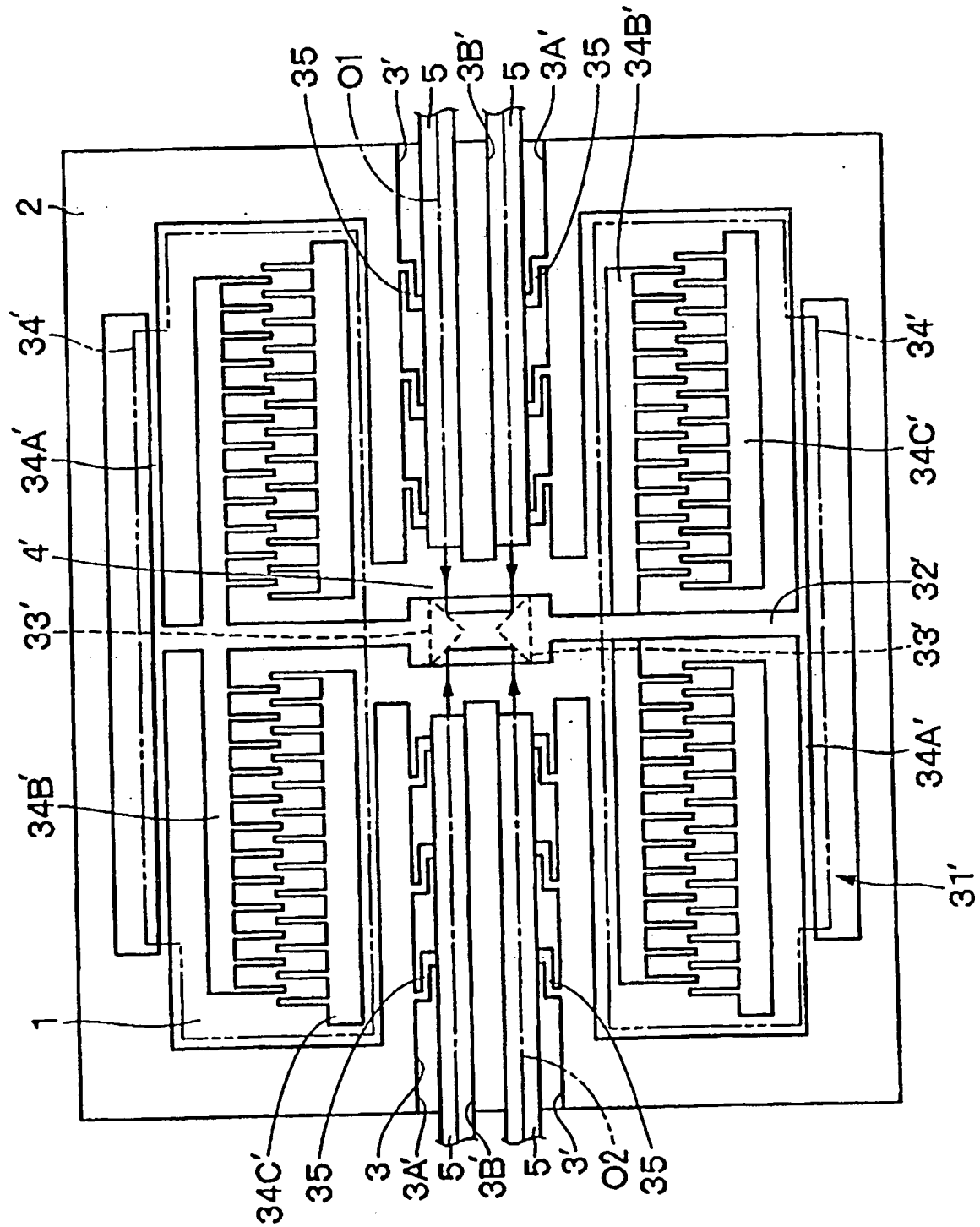


FIG. 29

