



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 602 09 449 T2** 2006.10.12

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 1 296 067 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **602 09 449.6**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **02 256 397.7**

(96) Europäischer Anmeldetag: **16.09.2002**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **26.03.2003**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **01.03.2006**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **12.10.2006**

(51) Int Cl.<sup>8</sup>: **F15C 5/00** (2006.01)  
**F04B 43/04** (2006.01)

(30) Unionspriorität:

**0123054 25.09.2001 GB**

(73) Patentinhaber:

**Radox Laboratories Ltd., Crumlin, Antrim, GB**

(74) Vertreter:

**Samson & Partner, Patentanwälte, 80538 München**

(84) Benannte Vertragsstaaten:

**AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LI, LU, MC, NL, PT, SE, SK, TR**

(72) Erfinder:

**Gamble, Harold Samuel, Dromore, Co Down BT25 1HA, GB; Mitchell, Samuel John Neil, Newry, Co Down BT34 1NZ, GB; Bien, Daniel Chia Sheng, Bukit Mewah, 43000 Kajang, Selangor D.E., MY; Fitzgerald, Stephen Peter, Radox Lab. Ltd., Crumlin, Co Antrim BT29 4QY, GB**

(54) Bezeichnung: **Passives Mikroventil**

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**

**[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft ein passives Mikroventil, das verwendet werden kann, um den Fluss von Flüssigkeit oder Gas, zum Beispiel in einem mikrofluidischen System, zu steuern.

**[0002]** In der bekannten Technik gibt es einige Typen passiver Mikroventile, die verwendet werden können, um den Fluss innerhalb von mikrofluidischen Systemen zu steuern. Die Herstellung der meisten dieser Ventile wird unter Verwendung von Mikrobearbeitungsverfahren für Silizium erreicht.

**[0003]** In U.S.-Pat. Nr. 5 375 979 werden Mikroventile hergestellt, indem einzelnes Kristallsilizium blockweise mikromaschinell bearbeitet wird. Die Ventile umfassen einen Siliziumauslegerbalken oder -platte, die sich in Reaktion auf in Vorwärtsrichtung oder Rückwärtsrichtung ausgeübten Druck zum Öffnen bzw. Schließen verformt. EP-A-0483469 beschreibt die Herstellung eines vergleichbaren Typs eines Auslegerventils mittels Verfahren zur mikromaschinellen Bearbeitung von Oberflächen.

**[0004]** U.S.-Pat. 5 529 465 beschreibt eine Mikropumpe, die Ventile mit mikromaschinell hergestellten Oberflächen umfasst. Eine Auslegerbrücke ist an allen Seiten umgeklappt und weist in der Mitte, von flexiblen Armen abgestützt, eine Klappe oder Platte auf. Die mittlere Platte öffnet und schließt das Ventil bei Druck in Vorwärtsrichtung bzw. in Rückwärtsrichtung.

**[0005]** Die obigen Mikroventile arbeiten in der Richtung, in der Fluid zuerst durch ein Loch in dem Substrat und dann durch das Ventil nach Außen strömt. Bei Anwendungen, wie zum Beispiel Mikropumpen, erfordert dies, dass die Einlass- und Auslassventile an einander gegenüber liegenden Oberflächen des Siliziumwafers ausgebildet sind. Das Erfordernis einer präzisen Bearbeitung auf beiden Waferoberflächen führt zu komplexen Herstellungsprozessen und stellt eine Grenze für eine weitere Miniaturisierung der Gesamtsysteme dar.

**[0006]** U.S.-Pat. 5 171 132, 5 259 737 und 5 759 015 und WO-A-92/01160 beschreiben blockweise mikromaschinell hergestellte Ventile, die es ermöglichen, das Einlass- und Auslassventil für Mikropumpenanwendungen zu kombinieren. Der Ventilwafer ist von einer Waferkavität umschlossen und an einen weiteren Wafer mit Einlass- und Auslasslöchern oder -Kanälen gebondet.

**[0007]** WO 91/01464 offenbart ein Antirückflussventil, das unter Verwendung von Glasplatten aus einer dicken Struktur hergestellt wird.

**[0008]** Mikroventile der bekannten Technik, die unter Verwendung von blockweiser oder mikromaschi-

neller Bearbeitung von Oberflächen hergestellt werden, benötigen eine Verarbeitung von wenigstens drei Substraten, wenn sie als eigenständige Vorrichtungen verwendet werden oder wenn sie in andere mikrofluidische Vorrichtungen, zum Beispiel eine Mikropumpe, integriert werden.

**[0009]** Gemäß der vorliegenden Erfindung umfasst ein passives Mikroventil ein Substrat mit einer ersten Apertur, auf dem eine auf der Oberfläche mikromaschinell bearbeitete Ventilstruktur hergestellt ist, die durch eine obere Platte, die oberhalb des Substrats befestigt ist und eine zweite Apertur aufweist, die sich in einem zwischen dem Substrat und der oberen Platte definierten Raum öffnet, und einem Schließglied gebildet ist, das in dem Raum befestigt und zwischen einer ersten Position, in der es einen Fluidfluss zwischen den ersten und zweiten Aperturen zulässt, und einer zweiten Position bewegbar ist, in der es die zweite Apertur schließt. Typischer Weise wird dieses Mikroventil als Auslassventil hergestellt, wobei die erste Apertur eine Auslassapertur bildet und die zweite Apertur eine Einlassapertur bildet.

**[0010]** Die vorliegende Mikroventilerfindung minimiert die Anzahl an Substraten, die verwendet oder bearbeitet werden. Dies vereinfacht den gesamten Herstellungsprozess und verbessert ferner die Miniaturisierung des Gesamtsystems. Das Ventil wird unter Verwendung von Verfahren zur mikromaschinellen Bearbeitung von Oberflächen hergestellt. Die Richtung des Flusses ist derart, dass Fluid zuerst durch das Mikroventil fließt, dann durch das Substrat, z.B. ein Wafer, d.h. in der entgegengesetzten Richtung zu Oberflächenventilen der bekannten Technik. Ein Hauptvorteil der vorliegenden Erfindung besteht darin, dass bei der Herstellung von Strukturen, die Kombinationen von Einlass- und Auslassventilen benötigen, wie zum Beispiel bei Mikropumpen, beide Ventiltypen auf der gleichen Substratoberfläche hergestellt werden können. Für die meisten Anwendungen des Ventils ist eine Bearbeitung lediglich auf zwei Substraten erforderlich.

**[0011]** Ein Fluidfluss durch das unidirektionale Ventil (oder Rückschlagventil) findet in der entgegengesetzten Richtung zu der bekannter Auslegungen statt und stellt daher ein bedeutsames Potential bei integrierten Systemen dar.

**[0012]** Das Schließglied kann in einer Vielzahl von Arten auf dem Substrat befestigt sein. Beispielsweise kann das Schließglied auf einem flexiblen Arm in Art eines Auslegers abgestützt sein. Vorzugsweise ist das Schließglied jedoch durch eine Gruppe flexibler Arme, typischer Weise vier, abgestützt und geeigneter Weise sind das Schließglied und die Arme als flexibles Diaphragma hergestellt.

**[0013]** In einigen Fällen kann das Schließglied so

aufgebaut sein, dass es sich physikalisch so zu bewegen vermag, um die erste Apertur zu schließen, aber geeigneter Weise umfasst das Mikroventil ferner wenigstens einen Anschlag, um eine Bewegung des Schließglieds in Richtung auf die erste Apertur hin zu begrenzen. Dieser Anschlag könnte auf dem Schließglied vorgesehen sein, ist aber vorzugsweise auf dem Substrat vorgesehen.

**[0014]** Wie oben erwähnt, kann das Mikroventil unter Verwendung von herkömmlichen mikromaschinellen Bearbeitungsverfahren aus typischen Halbleitermaterialien hergestellt sein, wie zum Beispiel Silizium oder Galliumarsenid, Glas, Polyamid, Quarz, Keramik, Kunststoff oder Metall. Bei der bevorzugten Anordnung ist das Substrat aus einem einzelnen Kristallsiliziumwafer hergestellt, wobei eine oder beide der oberen Platte und das Schließglied aus polykristallinem Silizium hergestellt sind.

**[0015]** Das Mikroventil gemäß der Erfindung kann bei einer großen Vielzahl an Anwendungen verwendet werden, einschließlich mikrofluidischer Vorrichtungen, wie zum Beispiel Mikropumpen oder mehrkanalige Analysevorrichtungen.

**[0016]** Daher kann eine Mikropumpe ein Substrat und ein flexibles Diaphragma, das über dem Substrat angeordnet ist, um die Pumpkammer zu definieren, ein Einlassmikroventil und ein Auslassmikroventil, die an einer Seite des Substrats gegenüber dem flexiblen Diaphragma befestigt sind und in Verbindung mit entsprechenden Aperturen stehen, die sich durch das Substrat erstrecken, wobei wenigstens eines der Mikroventile gemäß der vorliegenden Erfindung aufgebaut ist, und einen Aktuator umfassen, um zu bewirken, dass sich das Diaphragma flexibel verformt und dadurch einen Fluidfluss in einer Pumprichtung durch die Mikropumpe bewirkt.

**[0017]** Einige Beispiele passiver Mikroventile, einer Mikropumpe und Verfahren zum Herstellen der Mikroventile werden nun unter Bezugnahme auf die beigefügten Zeichnungen beschrieben, in denen:

**[0018]** [Fig. 1](#) ein schematischer Querschnitt eines Beispiels eines Mikroventils ist;

**[0019]** [Fig. 2a–2c](#) Aufsichten der drei grundsätzlichen Schichten des in [Fig. 1](#) gezeigten Mikroventils sind;

**[0020]** [Fig. 3a](#) und [3b](#) Querschnitte sind, die mit [Fig. 1](#) vergleichbar sind, aber den Zustand des Mikroventils bei unterschiedlichen Druckverteilungen zeigen;

**[0021]** [Fig. 4](#) ein schematischer Querschnitt eines Mikroventils ist, das in eine mikrofluidische Vorrichtung integriert ist;

**[0022]** [Fig. 5](#) ein schematischer Querschnitt eines Mikroventils ist, das in eine Mikropumpe integriert ist;

**[0023]** [Fig. 6–Fig. 13](#) unterschiedliche Stufen bei der Herstellung eines Mikroventils veranschaulichen; und

**[0024]** [Fig. 14](#) und [Fig. 15](#) graphisch die Ergebnisse von an einem Mikroventil durchgeführten Tests veranschaulichen.

**[0025]** Die passive unidirektionale Mikroventilstruktur umfasst eine bewegbare Ventilplatte, die von flexiblen Armen abgestützt ist. Die Ventilplatte bewegt sich gemäß dem ausgeübten Druck, um die Flussrate einer Flüssigkeit oder Gases entweder zu erhöhen oder zu verringern.

**[0026]** [Fig. 1](#) zeigt einen schematischen Querschnitt des Mikroventils mit Aufsichten der drei grundsätzlichen, in [Fig. 2](#) gezeigten Schichten. Ein Substrat **1**, [Fig. 2a](#), stellt eine in Richtung nach Außen verjüngte Auslassapertur **2** für den Fluidfluss bereit. Eine zweite Schicht **3**, [Fig. 2b](#), besteht aus einer bewegbaren Ventilplatte (oder Schließglied) **4** mit flexiblen abstützenden Armen **5**, deren äußere Enden an dem Substrat **1** angebracht sind. Fluid kann durch Löcher **6** um diese abstützenden Arme **5** während des Betriebs des Ventils fließen. Eine obere Platte **7a**, [Fig. 2c](#), definiert eine Ventilschließbrücke, die eine Einlassapertur **7b** enthält, um einen Fluidfluss zu ermöglichen. Die obere Platte **7a** und das Substrat **1** definieren zwischen diesen eine Ventilkammer **8**.

**[0027]** Unter Druck in Vorwärtsrichtung verformt sich die bewegbare Ventilplatte **4** nach Unten, wie in [Fig. 3a](#) gezeigt, und ermöglicht es, dem Fluid, durch die Einlassapertur **7b** auf die obere Platte **7a** zu fließen. Fluid fließt dann durch die Löcher **6**, um die abstützenden Arme **5** herum und schließlich durch die Auslassapertur **2** in dem Substrat **1**. Um zu verhindern, dass sich die Ventilplatte **4** bei hohem Druck in Vorwärtsrichtung zu eng auf der Auslassapertur **2** anliegend schließt, wobei dadurch der Fluss blockiert wird, sind Stützen **9** in dem Substrat **1** hergestellt. Bei Druck in Rückwärtsrichtung wird die Ventilplatte **4** abgehoben und gegen die obere Platte **7a** gedrückt, wie in [Fig. 3b](#) veranschaulicht, wobei der Spalt geschlossen und der Fluss gestoppt werden.

**[0028]** Bei alternativen Ausführungsformen der Vorrichtung können die Einlassapertur **7b**, die Auslassapertur **2** und/oder die Ventilplatte **4** kreisförmig sein. Abhängig von dem Herstellungsprozess kann es vorteilhaft sein, Löcher in die flexiblen Stützarme **5** zu integrieren, um die Entfernung von darunter liegenden Opferschichten zu erleichtern. Die Ventilplatte **4** kann so hergestellt sein, dass sie dicker als die flexiblen abstützenden Arme **5** ist, wobei dadurch ihre Steifigkeit erhöht wird.

**[0029]** Das Substrat **1** ist typischerweise ein einzelner Kristallsiliziumwafer. Eine Mehrzahl von Ventilen kann gleichzeitig auf diesem Wafer hergestellt werden, wenn es erwünscht ist. Die Technologie ist derart, dass andere mikrofluidische Komponenten ebenfalls gleichzeitig hergestellt werden können, um es zu ermöglichen, Systeme oder mehrfache Systeme auf jedem Siliziumwafer zu produzieren.

**[0030]** [Fig. 4](#) veranschaulicht, wie die Ventile, die bei **10** angegeben sind, als Teil eines mikrofluidischen Systems **11** in einen Flusskanal integriert werden können. Obwohl drei Substrate verwendet werden, müssen nur zwei gemustert werden. Das obere Substrat **12**, das Glas, Silizium oder ein anderes geeignetes Material sein kann, weist einen Kanal oder Ausnehmung **13** auf, die in seiner unteren Oberfläche ausgebildet ist. Das mittlere Substrat **14**, typischerweise ein Siliziumwafer, enthält das Mikroventil **10** mit einem zusätzlichen Flusskanal **15**, der in die untere Oberfläche integriert ist. Das untere Substrat **16** aus Silizium oder Glas umschließt den Auslasskanal **15** (das Substrat **14** tritt an die Stelle des Substrats **1**). Während des Betriebs kann Fluid über den Einlasskanal **13**, durch das Ventil **10** und aus dem Auslasskanal **15** heraus fließen. Wenn Druck in der entgegengesetzten Richtung ausgeübt wird, schließt sich das Ventil, um den Fluidfluss zu reduzieren oder zu beenden.

**[0031]** Ein Beispiel, wie das Mikroventil in eine Mikropumpe integriert sein kann, ist in [Fig. 5](#) gezeigt. Die Mikropumpe **20** umfasst ein Silizium- oder Glassubstrat **21**, das ein mittleres Substrat **22** abstützt, das wiederum ein oberes Substrat **23** abstützt. Das mittlere Substrat **22** ist mit Einlass- und Auslasskanälen **24**, **25** ausgebildet worden, die mit entsprechenden Einlass- und Auslassaperturen **26**, **27** in Verbindung stehen. Das mittlere Substrat **22** ist ebenfalls mit einem Einlassventil **28** ausgebildet, das eine mit der Schicht **3** des in [Fig. 1](#) gezeigten Mikroventils vergleichbare Form aufweisen und so flexibel verformt werden kann, dass es die Apertur **26** schließt. Zusätzlich ist das mittlere Substrat **22** mit einem Auslassventil **29** ausgebildet, das einen mit dem Mikroventil von [Fig. 1](#) vergleichbaren Aufbau aufweist.

**[0032]** Eine Pumpkammer **30** ist zwischen einem Diaphragma **31** des oberen Substrats **23** und dem mittleren Substrat **22** ausgebildet. Das Substrat **23** wird nach der Bildung des Diaphragmas **31** an dem Substrat **22** angeordnet. Auch wenn diese drei Substrate benötigt werden, ist es lediglich erforderlich, zwei von diesen zu mustern.

**[0033]** Um die Pumpe zu betreiben, ist ein Mittel zum Verformen des Diaphragmas **31** erforderlich; dies kann durch die Verwendung eines piezoelektrischen, thermischen oder andersartigen Aktuators **32** erreicht werden. Wenn das Diaphragma **31** nach un-

ten verformt wird, bewirkt der erhöhte Druck in der Pumpkammer **30**, dass sich das Auslassventil **29** öffnet und Fluid in den Auslasskanal **25** fließt. Wenn das Diaphragma **31** in die Ruhelage zurückkehrt oder nach oben verformt wird, bewirkt der verringerte Druck in der Kammer **30**, dass sich das Auslassventil **29** schließt und sich das Einlassventil **28** öffnet, was ermöglicht, dass sich die Pumpkammer mit Fluid von dem Einlasskanal **24** her füllt. Die fortgesetzte Wiederholung dieses Vorgangs pumpt somit Fluid vom Einlass zum Auslass.

#### Mikroventilherstellung

**[0034]** Die Mikroventilstruktur kann unter Verwendung einer Kombination von Techniken zur mikromaschinellen Bearbeitung von Oberflächen und blockweisen mikromaschinellen Bearbeitung hergestellt werden. Ein Verfahren, mittels dem das Mikroventil hergestellt werden kann, ist hier beschrieben, Fachleute auf dem Gebiet werden jedoch die Möglichkeit alternativer Herstellungsverfahren erkennen.

**[0035]** Der hier beschriebene Prozess verwendet Techniken zur lokalen Oxidation von Silizium (LOCOS; engl.: Local Oxidation of Silicon) und zum chemischen mechanischen Polieren (CMP; engl.: Chemical Mechanical Polishing), um dazu beizutragen, eine geeignet planare Oberfläche während des mikromaschinellen Oberflächenbearbeitungsprozesses beizubehalten.

**[0036]** Die Herstellung des Basissubstrats **1** beginnt, indem ein Siliziumsubstratwafer **40** mit einer Siliziumdioxidschicht **41** (typischer Weise 100 nm dick) und einer Siliziumnitridschicht **42** (typischer Weise 100 nm dick) bedeckt wird. Diese Schichten werden dann unter Verwendung herkömmlicher Photolithographieverfahren gemustert und das freigelegte Silizium wird geätzt, typischerweise auf eine Tiefe von 1,5 µm, wobei eine Ausnehmung **43** mit vier vorstehenden Stützen **19** gebildet wird, wie in [Fig. 6](#) gezeigt. Eine thermische Oxidation wird verwendet, um eine mit Ausnehmungen versehene Schicht aus Siliziumdioxid **44** gemäß dem herkömmlichen LOCOS-Verfahren zu bilden, [Fig. 7](#).

**[0037]** Die Siliziumnitridschicht **42** wird entfernt, und eine Schicht aus Siliziumdioxid **45** (typischer Weise 1 µm dick) wird abgeschieden und geätzt, um die Siliziumwaferoberfläche um den Umfang des Ventils herum freizulegen, [Fig. 8](#).

**[0038]** Als nächstes wird eine dicke polykristalline Siliziumschicht **46** (typischer Weise 3 µm) abgeschieden. Diese wird poliert, um eine flache Oberfläche herzustellen, [Fig. 9](#). Polykristallines Silizium, das auf der Rückseite des Wafers gebildet wurde, wird entfernt.

[0039] Fig. 10 zeigt die Bildung der Ventilschließplatte **4** und der vier abstützenden Arme **5**. Dies wird unter Verwendung einer LOCOS-Technik durchgeführt, um eine planare Oberfläche beizubehalten. Der Wafer von Fig. 9 wird mit Schichten aus Siliziumdioxid **47** und Siliziumnitrid **48** beschichten, die dann gemustert werden. Die freigelegten polykristallinen Siliziumbereiche werden teilweise geätzt **49**, um in etwa 1/2–2/3 der Dicke der Schicht zu entfernen. Siliziumdioxid **50** wird thermisch gezüchtet, um das restliche polykristalline Silizium in den geätzten Ausnehmungen zu verbrauchen. Die Oxidoberfläche wird in etwa mit der Oberseite des polykristallinen Siliziums **46** ausgeglichen. Nachfolgend wird die Nitridschicht **48** entfernt.

[0040] Eine Siliziumdioxidschicht **51** (typischer Weise 1 µm) wird abgeschieden und geätzt, um die erste polykristalline Siliziumschicht **46** freizulegen, Fig. 11. Eine zweite Schicht aus polykristallinem Silizium **52** (typischer Weise 2,5 µm dick) wird abgeschieden und geätzt, um die Ventilschließbrücke mit einer Apertur **7b** zu bilden, Fig. 12. Das polykristalline Silizium an der hinteren Oberfläche wird durch Plasmaätzen entfernt.

[0041] Eine Schicht aus Siliziumnitrid 350 (typischer Weise 200 nm) wird abgeschieden. Die Nitridschicht an der vorderen Oberfläche dient als Schutz für die polykristalline Ventilstruktur. An der hinteren Oberfläche wird die Nitridschicht gemustert und das Silizium wird in einer Kaliumhydroxid-(KOH)-Lösung durchgeätzt, Fig. 13, um eine Apertur **2** zu bilden. Schließlich werden die Oxidschichten unter Verwendung einer konzentrierten Flusssäure-(HF)-Lösung entfernt, um die Ventilstruktur zu lösen.

[0042] Typische Flusscharakteristika für Mikroventile dieser Auslegung, die unter Verwendung des obigen Prozesses hergestellt sind, sind in Fig. 14 und Fig. 15 gezeigt. Die Flussmessungen in Vorwärtsrichtung und Rückwärtsrichtung wurden evaluiert, indem de-ionisiertes Wasser durch das Ventil floss. Fig. 14 stellt Fluss-Druck-Charakteristika in Vorwärtsrichtung eines Mikroventils mit abstützenden Armlängen von 400 µm und 500 µm dar. Die Fluss-Druck-Charakteristika in Rückwärtsrichtung sind wie in Fig. 15 gezeigt. Die maximalen Flussraten in Vorwärtsrichtung sind in etwa 10-mal höher als der Fluss in Rückwärtsrichtung für diese speziellen Vorrichtungen.

### Patentansprüche

1. Passives Mikroventil mit ersten (**2**) und zweiten (**7b**) Aperturen und einem Schließglied (**4**) zum Schließen der zweiten Apertur, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Mikroventil ein die erste Apertur aufweisendes Substrat (**1**) umfasst, auf dem eine auf der Oberfläche mikromaschinell bearbeitete Ventil-

struktur hergestellt ist, die durch eine obere Platte (**7a**) gebildet wird, die oberhalb des Substrats befestigt ist und die zweite Apertur (**7b**) aufweist, die sich in einen zwischen dem Substrat und der oberen Platte definierten Raum öffnet, und dadurch, dass das Schließglied in dem Raum befestigt ist und zwischen einer ersten Position, in der es einen Fluidfluss zwischen den ersten und zweiten Aperturen ermöglicht, und einer zweiten Position bewegbar ist, in der es die zweite Apertur schließt.

2. Mikroventil nach Anspruch 1, bei dem das Schließglied (**4**) durch wenigstens einen flexiblen Arm (**5**) abgestützt ist.

3. Mikroventil nach Anspruch 1 oder 2, bei dem das Schließglied (**4**) Teil eines flexiblen Diaphragmas bildet.

4. Mikroventil nach einem der vorherigen Ansprüche, ferner mit wenigstens einem Anschlag (**9**), um eine Bewegung des Schließglieds (**4**) in Richtung auf die erste Apertur hin zu begrenzen.

5. Mikroventil nach Anspruch 4, bei dem der Anschlag (**9**) auf dem Substrat (**1**) vorgesehen ist.

6. Mikroventil nach einem der vorherigen Ansprüche, bei dem das Substrat (**1**) einen einzelnen Siliziumkristallwafer, Galliumarsenid, Glass, Quarz, Keramik, Metall oder Kunststoff umfasst.

7. Mikroventil nach einem der vorherigen Ansprüche, bei dem die obere Platte (**7a**) und/oder das Schließglied (**4**) durch polykristallines Silizium, Metall, Polyamid, Glas oder Kunststoff gebildet sind.

8. Mikrofluidische Vorrichtung mit einer Mehrzahl von Mikroventilen, die auf der gleichen Seite eines Substrats in Verbindung mit entsprechenden Aperturen hergestellt sind, die sich durch das Substrat erstrecken, wobei wenigstens ein Mikroventil gemäß einem der vorherigen Ansprüche aufgebaut ist.

9. Mikropumpe mit einem Substrat und einem flexiblen Diaphragma, das über dem Substrat angeordnet ist, um eine Pumpkammer zu definieren, einem Einlassmikroventil und einem Auslassmikroventil, die auf einer Seite des Substrats befestigt sind, die dem flexiblen Diaphragma gegenüber liegt, und in Verbindung mit entsprechenden Aperturen stehen, die sich durch das Substrat erstrecken, wobei wenigstens eines der Mikroventile gemäß einem der Ansprüche 1 bis 7 aufgebaut ist, und einem Aktuator, um zu bewirken, dass sich das Diaphragma flexibel verformt und dadurch einen Fluidfluss in einer Pumprichtung durch die Mikropumpe hindurch verursacht.

Es folgen 10 Blatt Zeichnungen

Fig.1.

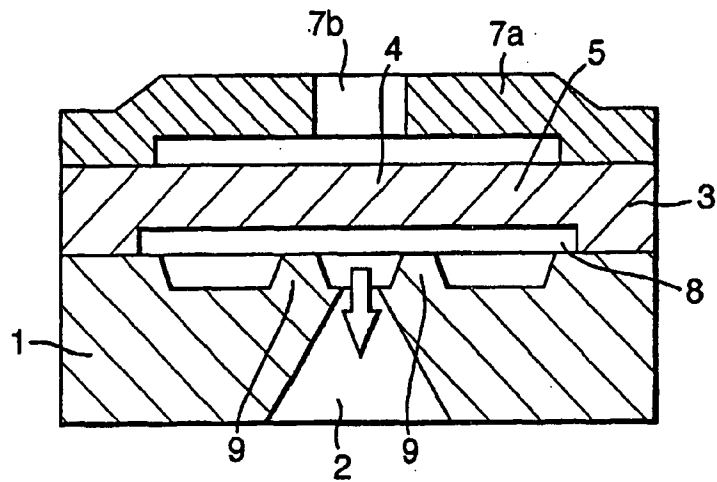


Fig.2(a)

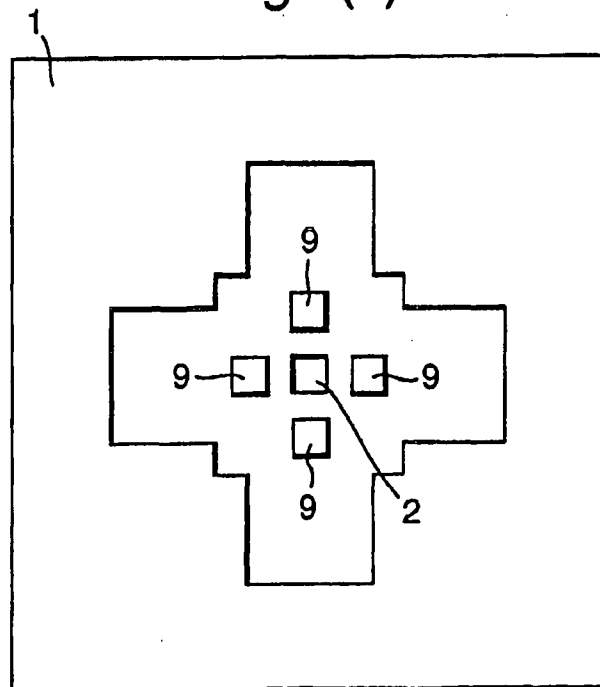


Fig.2(b)

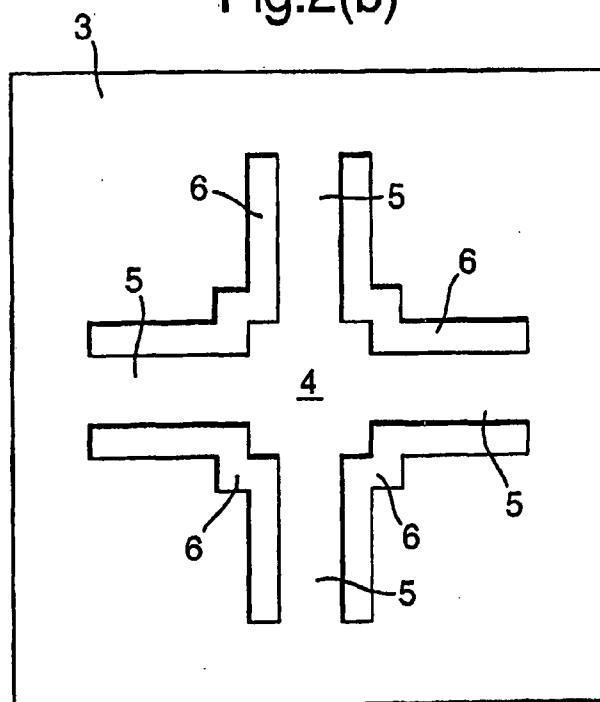


Fig.2(c)

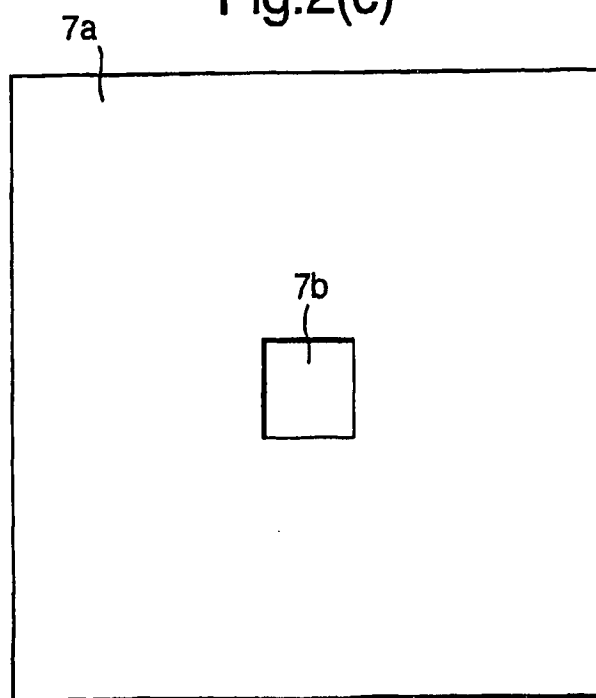


Fig.3(a)

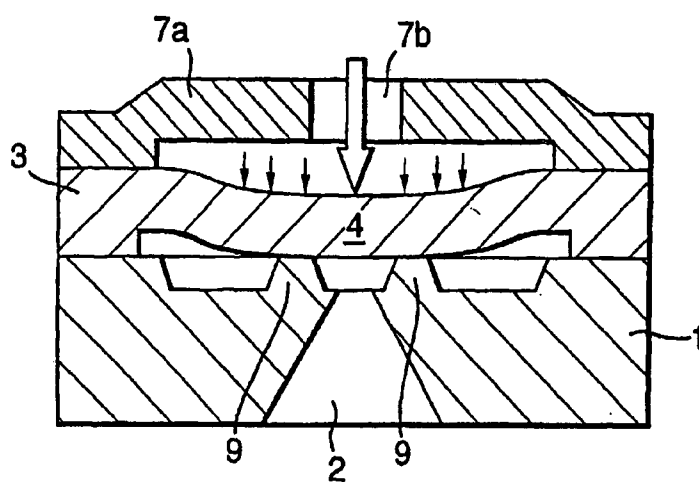


Fig.3(b)

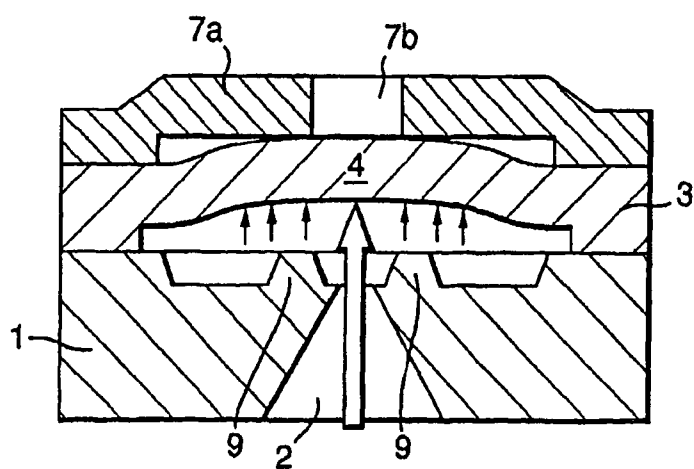




Fig.4.

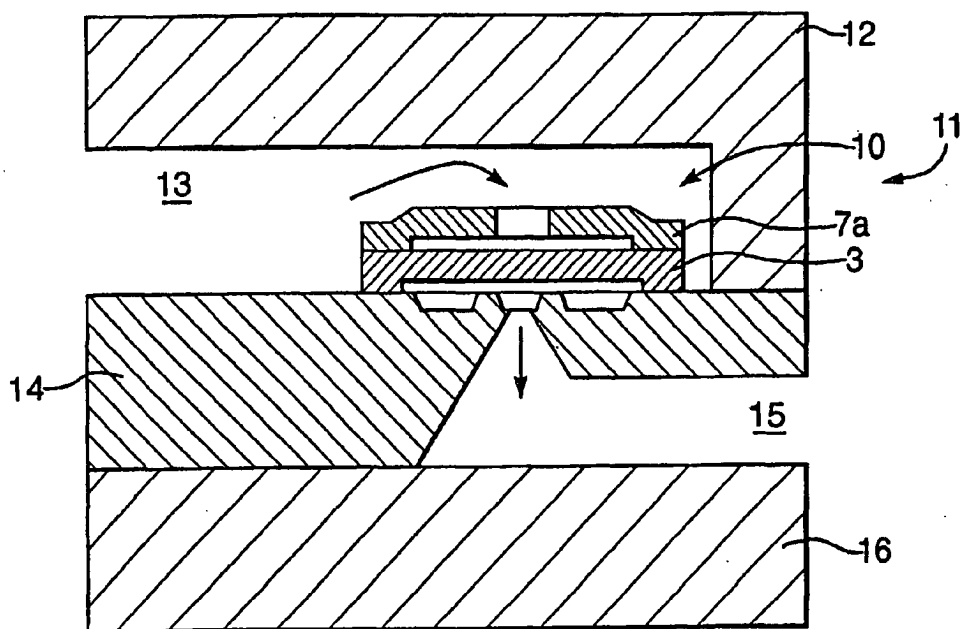


Fig.15.

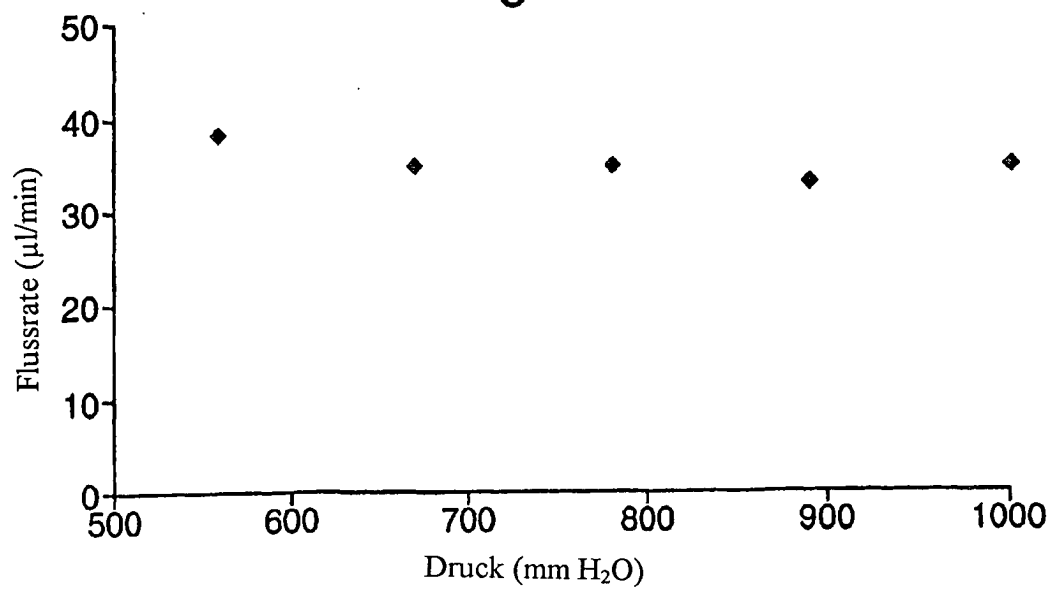


Fig. 5.

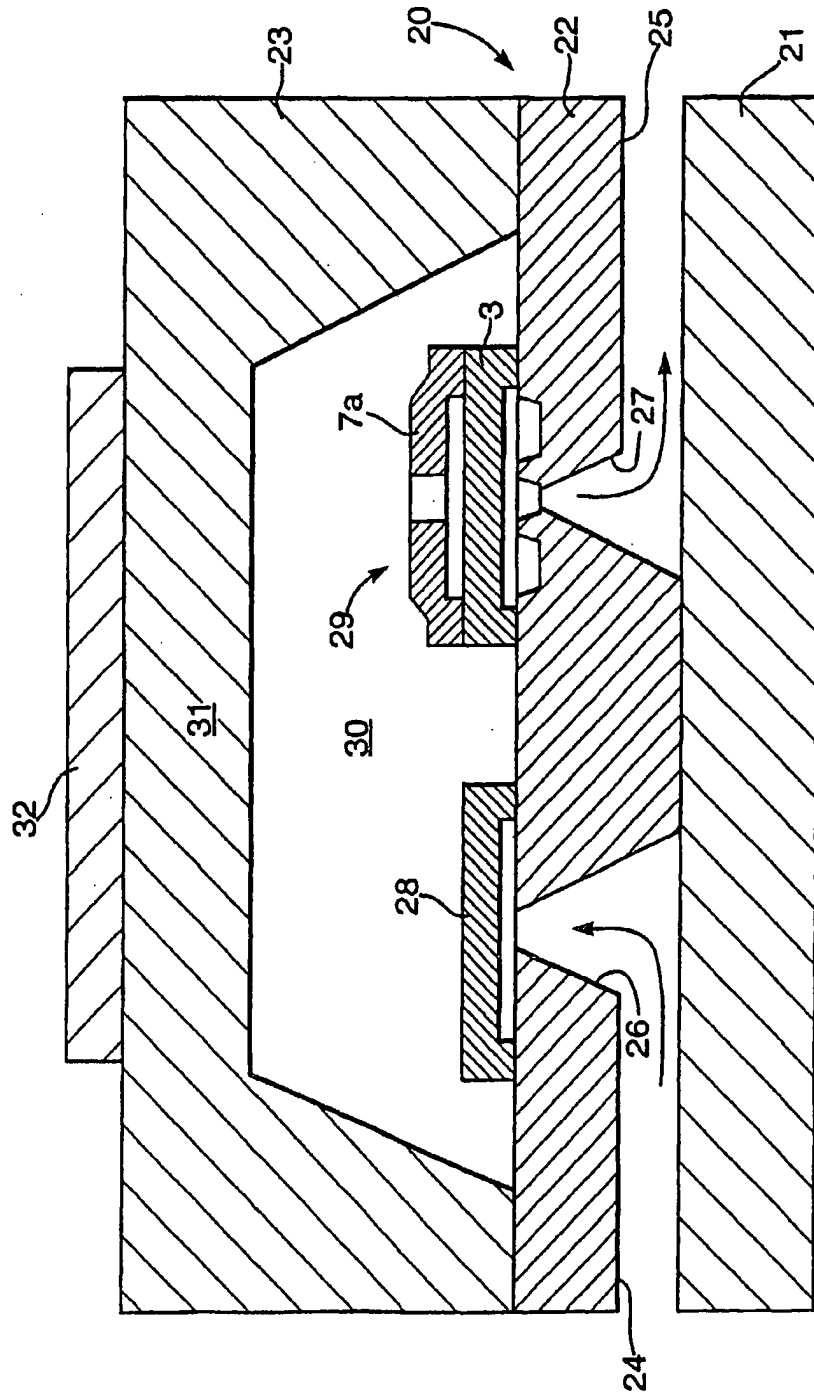


Fig.6(a)

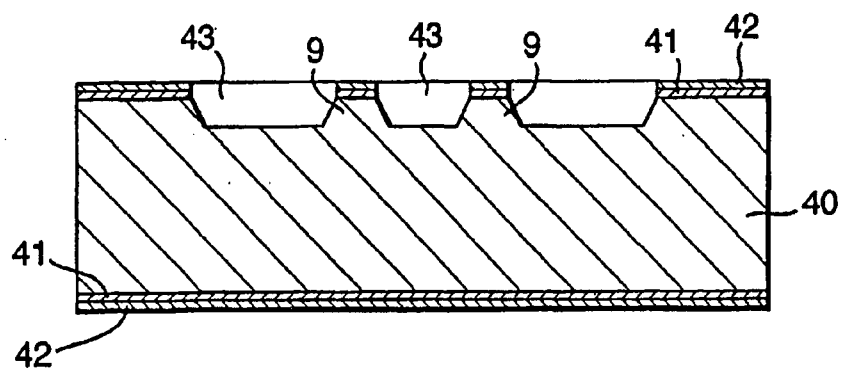


Fig.6(b)

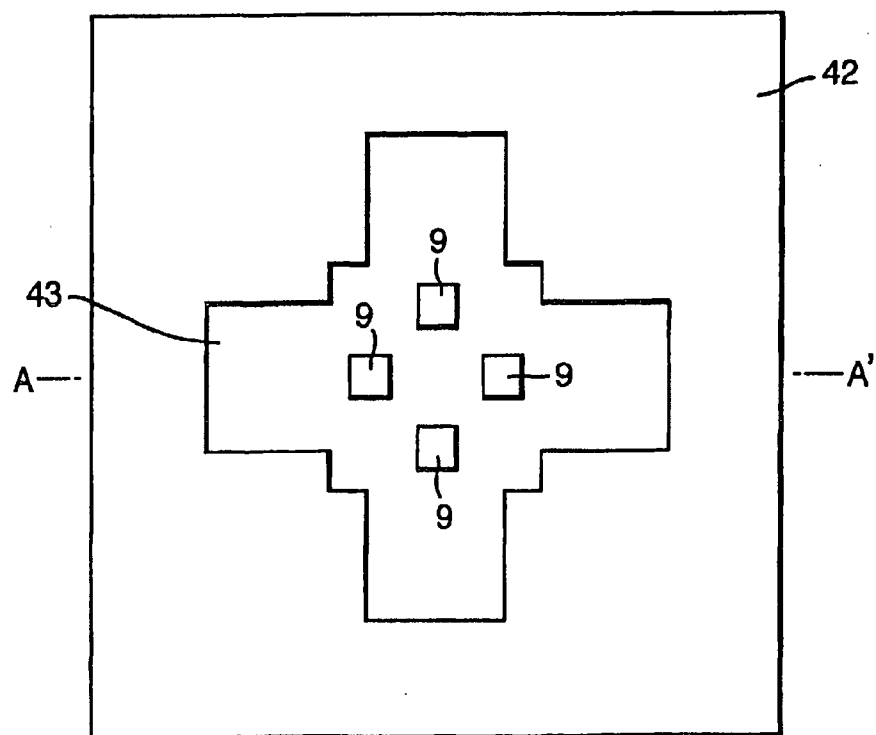


Fig.7.

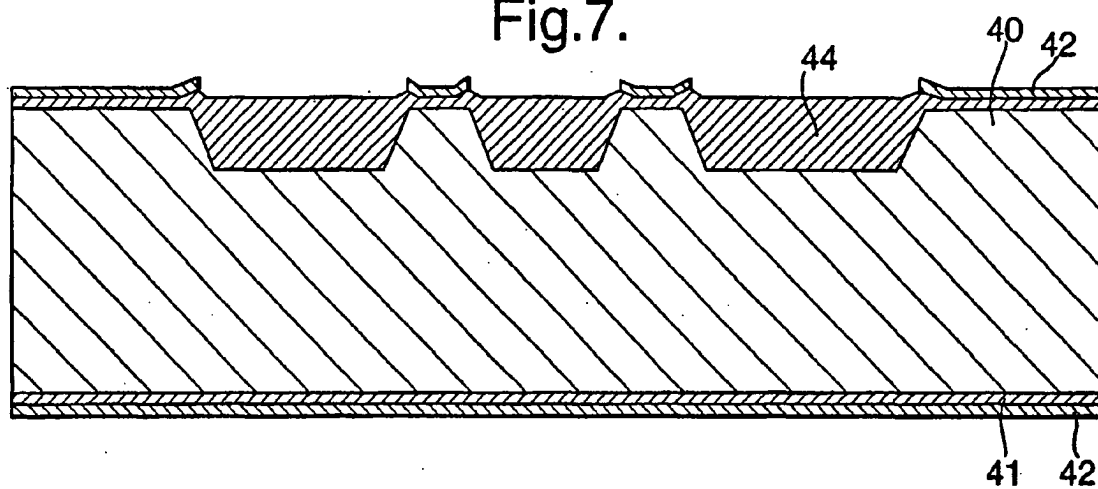


Fig.8.

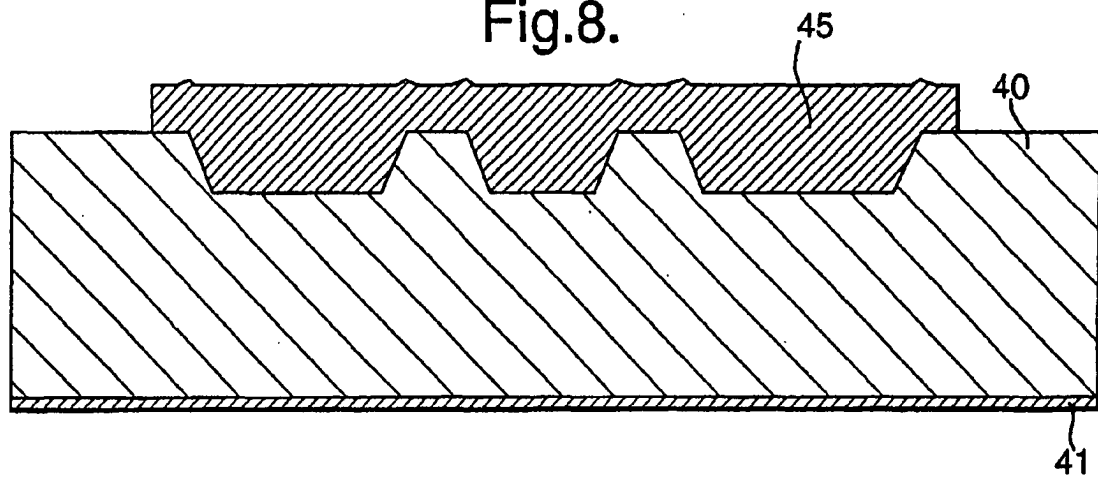


Fig.9.

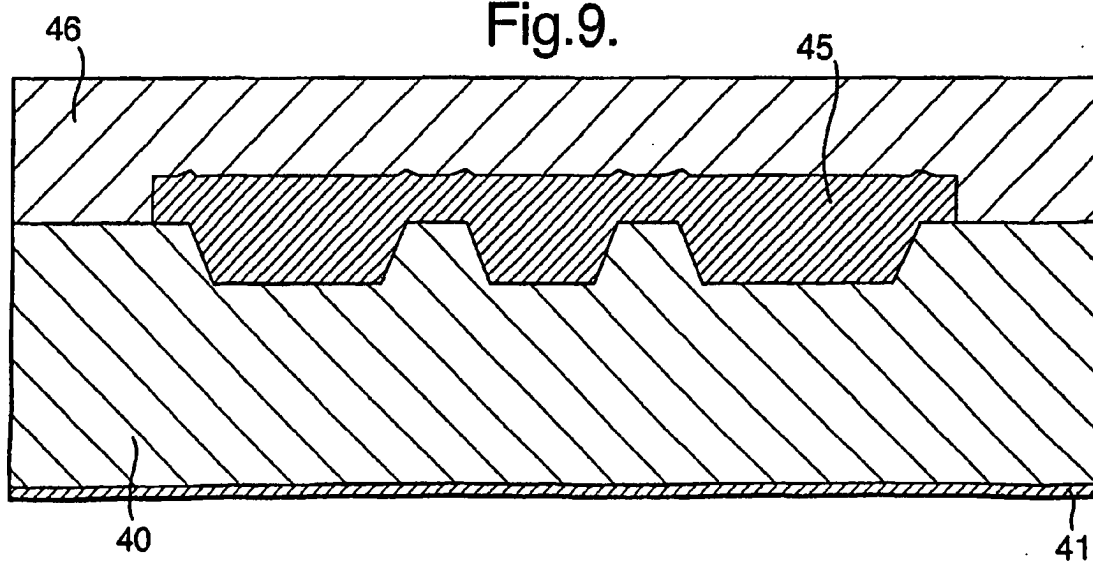


Fig.10(a)

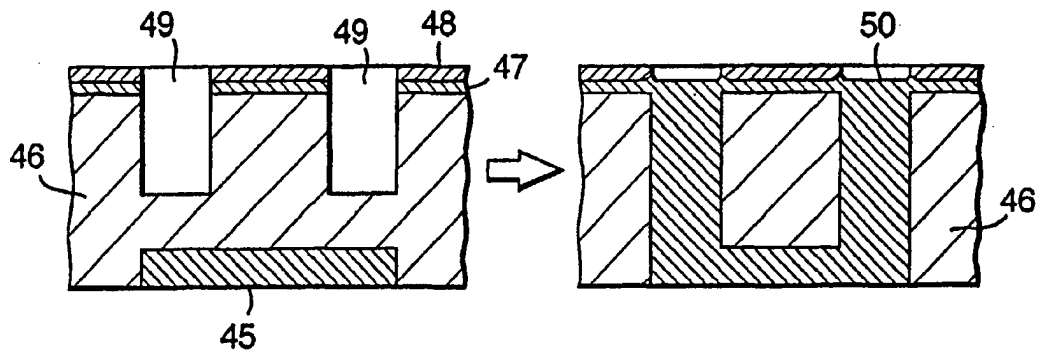


Fig.10(b)

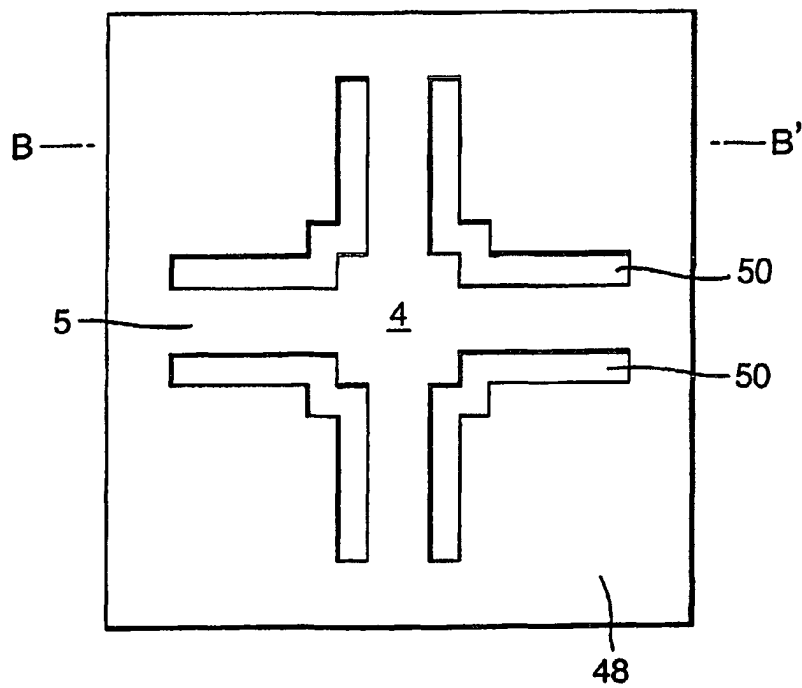


Fig.11.

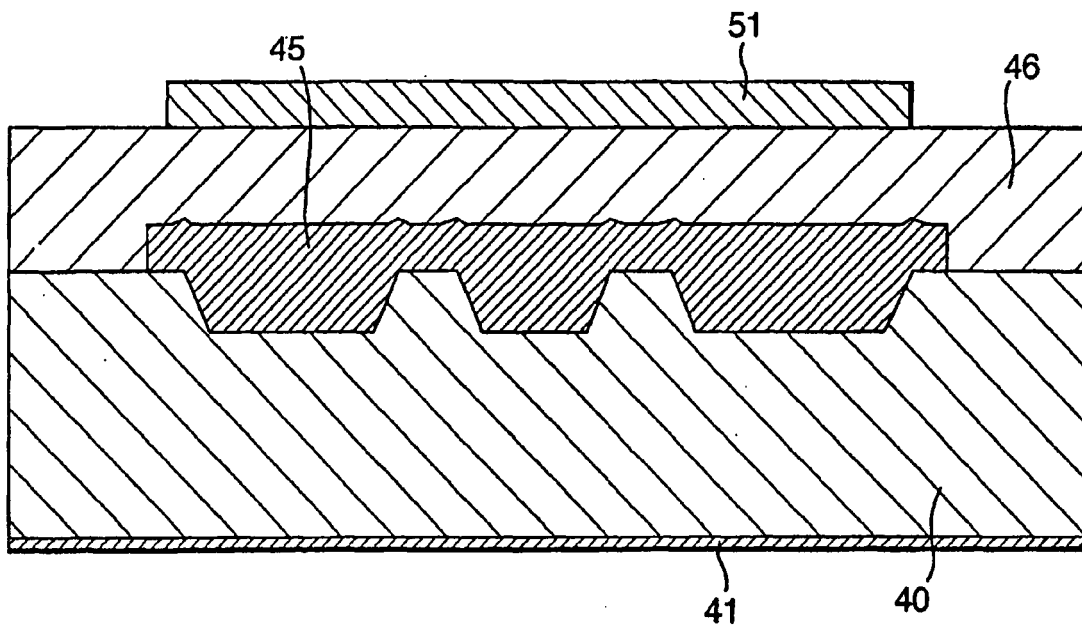


Fig.12.

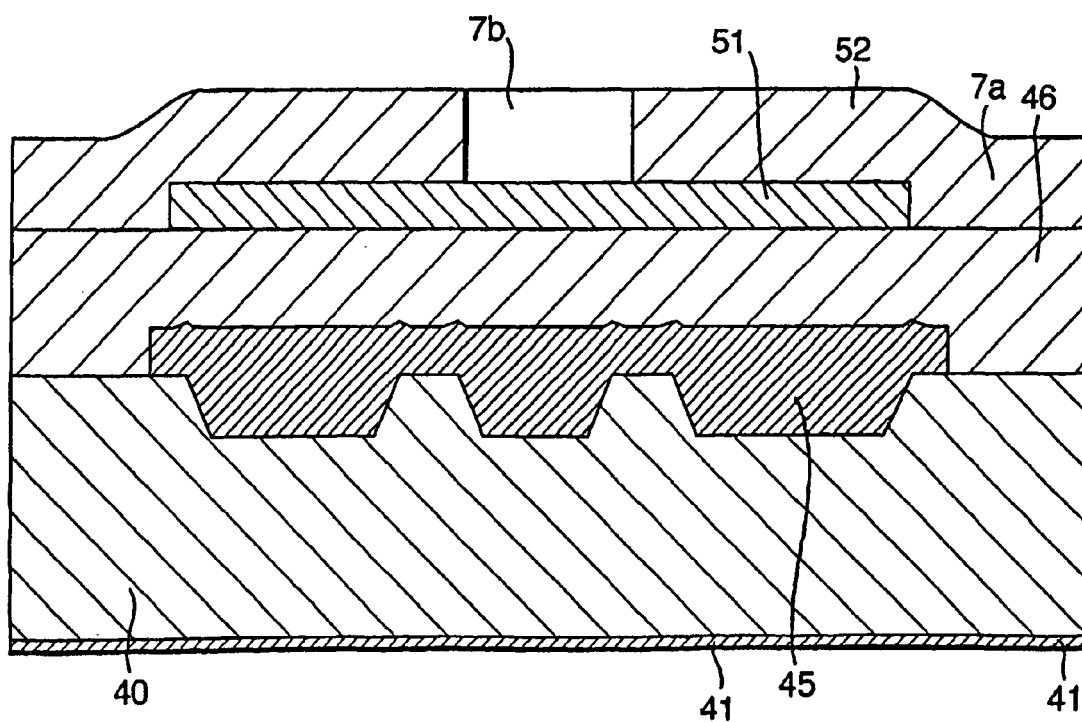


Fig.13.

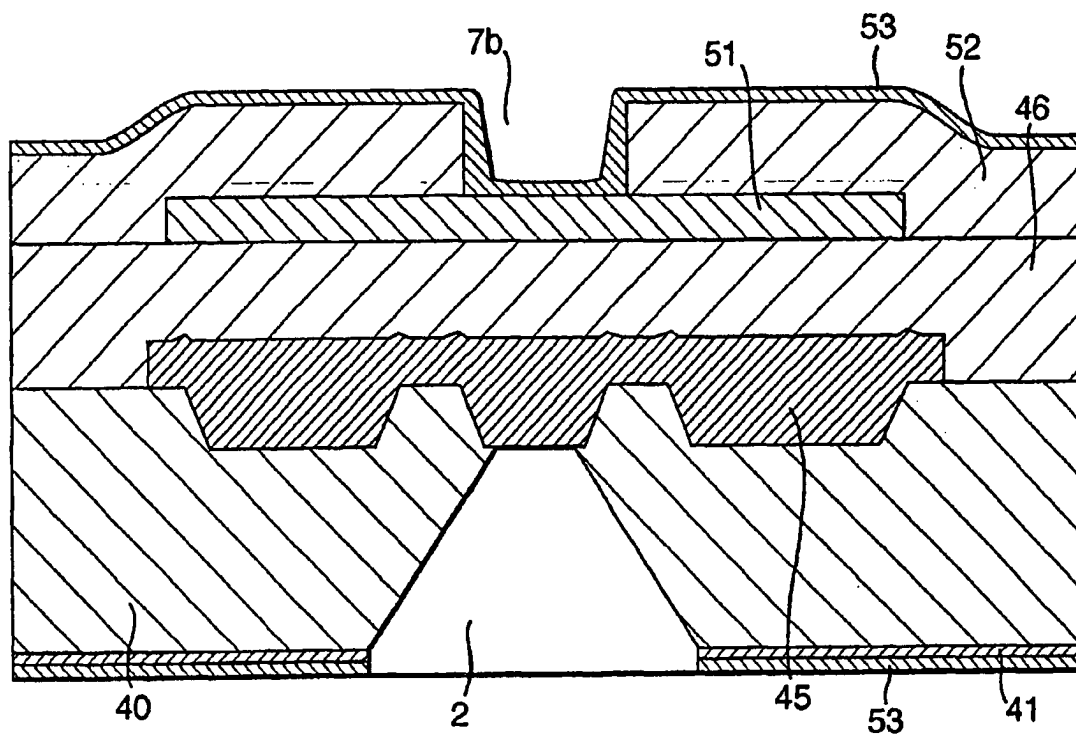


Fig.14.

