

(19)



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11)

EP 0 700 485 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Patenterteilung:
13.08.1997 Patentblatt 1997/33

(21) Anmeldenummer: **94916136.8**

(22) Anmeldetag: **21.05.1994**

(51) Int Cl.⁶: **F15C 5/00**

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/DE94/00599

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 94/28318 (08.12.1994 Gazette 1994/27)

(54) **MIKROVENTIL**

MICROVALVE

MICROVANNE

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT BE CH DE FR GB IT LI NL

(30) Priorität: **27.05.1993 DE 4317676**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
13.03.1996 Patentblatt 1996/11

(73) Patentinhaber: **FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT
ZUR FÖRDERUNG DER
ANGEWANDTEN FORSCHUNG E.V.
80636 München (DE)**

(72) Erfinder:

- **LISEC, Thomas**
D-10319 Berlin (DE)
- **QUENZER, Hans-Joachim**
D-12207 Berlin (DE)
- **WAGNER, Bernd**
D-14199 Berlin (DE)

(56) Entgegenhaltungen:

EP-A- 0 112 701	EP-A- 0 208 386
EP-A- 0 339 528	EP-A- 0 512 521
WO-A-90/15933	WO-A-91/00464
WO-A-91/01464	WO-A-91/02169
US-A- 5 176 358	

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).

EP 0 700 485 B1

Beschreibung

Technisches Gebiet

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Mikroventil, das z.B. als Pilotventil in der Pneumatik eingesetzt werden kann.

Pneumatische Steuerungen finden breite Anwendung in vielen Bereichen der Technik, da sie sich durch hohe Lebensdauer, Betriebssicherheit und große Kräfte auszeichnen. Ein über ein elektrisches Signal betätigter elektro-mechanischer Wandler (Betätigungselement) wirkt direkt oder über mehrere Druckstufen auf die eigentliche Ventilstufe (Steuerelement) ein, die ihrerseits eine bestimmte Betriebsgröße (Druck, Durchfluß) in gewünschter Weise manipuliert.

Stand der Technik

In der Pneumatik dienen als Steuerelemente hauptsächlich zylindrische Linearschieberventile für Hauptstufen und zylindrische Sitzventile für direktbetätigte Ventile bzw. Pilotventile. Als Betätigungselement hat sich der Hubmagnet durchgesetzt, da sich diese Antriebsart durch hohes Arbeitsvermögen und einfachen Aufbau auszeichnet. Ein klassisches Hubmagnetventil aus Plastikformteilen hat Ausmaße von ca. 25x25x40 mm³, arbeitet bei Drücken bis 8 bar und benötigt im betätigten Zustand ca. 2,5 W.

Aus Gründen der Kostensenkung, geringeren Materialverbrauchs, Erhöhung der Flexibilität und Verbesserung der Schalteigenschaften ist auch auf dem Gebiet der Pneumatik für bestimmte Anwendungen ein Trend zur Miniaturisierung zu beobachten. Der Raumbedarf pneumatischer Kleinstventile wird dabei immer wesentlicher von den Abmessungen des Hubmagneten bestimmt, dessen Spule sich nur unter erheblicher Kostensteigerung bei unvermeidlich sinkender Leistungskraft verkleinern läßt. Mittels Feinwerktechnik hergestellte Miniatur-Hubmagnetventile (10x10x15 mm³) sind im Vergleich zu klassischen mindestens 5 mal so teuer.

Aus der EP 208386 ist ein mit Mikrostrukturtechnik hergestelltes Siliziumventil zur Durchfluß-Steuerung einer Flüssigkeit bekannt, das aus einem ersten planaren Teil mit einer Auslaßöffnung und einem zweiten Teil mit einer planaren Oberfläche besteht, die zum Öffnen und Schließen der Auslaßöffnung relativ zu dieser bewegt werden kann. Zur Bewegung des Schließkörpers wird auf diesen eine externe Kraft z.B. über einen Kolben ausgeübt. Die gesamte für die Funktion des Ventils notwendige Konstruktion ist sehr aufwendig.

Andere für die Bewegung einer Membran als Schließkörper eingesetzte Betätigungsmittel bei Mikroventilen sind z.B. aus der DE 3919876 bekannt. Hier sind insbesondere piezoelektrisch oder thermoelektrisch arbeitende Beschichtungen der Membran, elektrostatische oder thermofluidische Betätigung zu nennen. Gerade beim Öffnen eines Ventils gegen den an-

liegenden Druck ist jedoch im ersten Moment eine größere Kraft nötig als im weiteren Verlauf des Öffnungsvorgangs, eine Anforderung, die von den oben angeführten Betätigungsmitteln nicht erfüllt werden kann.

5 Piezoelektrische und elektostatische Mikroventile können zudem die in der Pneumatik geforderten Leistungsdaten nicht erbringen. Um die dort auftretenden hohen Drücke (1 - 7 bar) zu schalten, wären sehr hohe Steuerspannungen erforderlich. Da die mit diesen Ventilen erreichbaren Hübe gering sind, müßten die Ventilöffnungen groß sein, um den geforderten Durchfluß (1 - 30 l/min) zu erzielen. Es würden Probleme mit Verschmutzungen (Öl, Wasser) durch das Arbeitsmedium (ölverschmutzte, feuchte Druckluft) auftreten. Desweiteren könnte es zu Vereisungen kommen. Bei thermischen Ventilen ist dies weniger kritisch, da deren Schließmembran sehr heiß wird. Der erreichbare Hub ist höher. Eine thermofluidische Betätigung hat den Nachteil, daß der Abkühlvorgang ohne zusätzliche störende Hilfsmittel sehr langsam abläuft (geringe Dynamik).

Aus der EP 0 512 521 ist ein Mikroventil aus mikrostrukturierbarem Material bekannt, das aus einem ersten druckseitigen Teil, das eine Membranstruktur als beweglichen Schließkörper aufweist, und einem zweiten mit dem ersten verbundenen Teil mit mindestens einer Auslaßöffnung und mindestens einem Ventilsitz besteht, wobei zumindest eines der beiden Teile eine oder mehrere Gruben definierter Tiefe aufweist. Die Membranstruktur ist auf einer Seite mit einem Material, das einen anderen thermischen Längenausdehnungskoeffizienten besitzt als das Membranmaterial zumindest teilweise so beschichtet, daß bei Erwärmung ein Durchbiegen der Membranstruktur gegen den anliegenden Druck resultiert. Die Membranstruktur ist zu diesem Zweck mit einem oder mehreren Heizelementen versehen. Das Wirkungsprinzip dieses Mikroventils beruht auf dem thermomechanischen Effekt, der sich aufgrund der unterschiedlichen thermischen Längenausdehnungskoeffizienten von Membranmaterial und Beschichtung ergibt.

Diese Wirkungsweise hat jedoch den Nachteil, daß damit die für pneumatische Steuerungen erforderlichen hohen Anfangskräfte beim Öffnen des Ventils nur ungenügend erbracht werden können.

Darstellung der Erfindung

Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Mikroventil der in Rede stehenden Art anzugeben, das für industrielle Pneumatiksteuerungen geeignet ist, kostengünstig mit Mitteln der Halbleitertechnologie herstellbar ist und verbesserte Schalteigenschaften aufweist.

55 Die Aufgabe wird erfindungsgemäß mit dem in Anspruch 1 angegebenen Mikroventil gelöst. Dieses besteht aus zwei Teilen.

Das erste Teil, das sich auf der Seite des höheren Druck-

kes p_{in} (druckseitig) befindet, weist eine Membranstruktur auf, die auf einer Seite mit einem Material beschichtet ist, das einen thermischen Längenausdehnungskoeffizienten besitzt, der sich von dem des Membranmaterials unterscheidet. Der Unterschied der Längenausdehnungskoeffizienten von Membranmaterial und Beschichtungsmaterial sowie die räumliche Anordnung der Beschichtung auf der Membran geben die Richtung des Durchbiegens der Membranstruktur vor. Die Membranstruktur kann vollständig oder auch nur an bestimmten Stellen beschichtet sein. Die Beschichtung muß jedoch so angebracht sein, daß sich die Membranstruktur bei Erwärmung gegen den anliegenden Druck p_{in} durchbiegt. Desweiteren ist die Membranstruktur mit einem oder mehreren Heizelementen versehen.

Das zweite Teil ist mit dem ersten auf der dem niedrigeren Druck p_{out} zugewandten Seite verbunden. Es enthält einen oder mehrere Auslaßöffnungen und dazugehörige Ventilsitze.

Weiterhin weisen entweder der Schließkörper des ersten Teils oder Substratbereiche des zweiten Teils oder beide Teile eine oder mehrere Gruben definierter Tiefe auf, wobei alle Gruben so angeordnet sind, daß sie bei geschlossenem Ventil von Bereichen des jeweils anderen Teils vollständig überdeckt werden, so daß geschlossene Hohlräume entstehen, in denen sich Heizelemente befinden. Unter geschlossenen Hohlräumen sind hier auch solche zu verstehen, bei denen an den Rändern der Gruben herstellungsbedingt Spalte von einigen μm auftreten.

Die Heizelemente heizen somit unter anderem das in den Gruben befindliche Gas- oder Flüssigkeitsvolumen auf. Wesentlich an der Anordnung der Gruben ist, daß damit bei geschlossenem Ventil ein abgeschlossenes Flüssigkeits- oder Gasvolumen erzeugt wird, das durch die Heizelemente schnell erwärmt werden kann. Die Tiefe der Gruben beträgt vorzugsweise maximal 40 μm (Anspruch 2).

Das erfindungsgemäße Mikroventil arbeitet auf der Grundlage eines kombinierten thermomechanischen-thermopneumatischen Wirkungsprinzips. Im stromlosen Zustand ist das Ventil geschlossen. Wird die Membran durch die Heizelemente erwärmt, baut sich eine, die Membran gegen den höheren Druck p_{in} auslenkbare Kraft auf (thermomechanischer Effekt), die aus der thermischen Ausdehnung der Membran resultiert. Die Beschichtung kann dabei eine diese Kraft unterstützende Funktion bei entsprechender Beschichtungsdichte (Bimetall-Effekt) oder auch nur eine die Auslenkungsrichtung der Membran bestimmende Funktion (vgl. Anspruch 6) ausüben. Gleichzeitig erwärmt sich das Flüssigkeits- bzw. Gasvolumen (z.B. Luft) in den Gruben unterhalb der Membran. Da dieses nur über schmale Spalte abfließen kann, entsteht in den Gruben ein Überdruck. Es kommt zusätzlich zu einer kurzzeitigen thermopneumatischen Krafteinwirkung auf die Membran. Dadurch kann das Ventil gegen größere Drücke geöffnet werden, als dies z.B. eine rein thermomechanische

Krafterzeugung zulassen würde. Desweiteren erhöht sich die Geschwindigkeit, mit der das Ventil öffnet, im Vergleich zum rein thermomechanischen Antrieb beträchtlich. Auch der Wirkungsgrad wird durch die bessere Wärmeausnutzung größer. Durch die Aufwärtsbewegung der Membran wird der thermopneumatische Effekt abgebaut, d.h. im geöffneten Zustand sind nur thermomechanische Kräfte wirksam. Dem kommt entgegen, daß die volle Druckdifferenz ($p_{in} > p_{out}$) nur im ersten Moment des Öffnens am Ventil anliegt. Es soll z. B. ein Steuervolumen mit Druckluft aufgefüllt und dadurch eine größere Ventilstufe betätigt werden, d.h. der Schaltvorgang ist nach dem Druckausgleich beendet ($p_{in} = p_{out}$). Danach muß nur noch die elastische Kraft der Membran und eventueller Druckabfall aufgrund von Leckflüssen kompensiert werden. In diesem Zustand kann die Energiezufuhr im Vergleich zu herkömmlichen Hubmagnetventilen wesentlich verringert werden. Zur Anpassung der Heizleistung und somit der thermomechanischen Kraft an die jeweiligen Erfordernisse können mehrere Heizelemente vorgesehen sein. Das Schließen des hier beschriebenen mikromechanischen Ventils wird durch Abschaltung der Heizelemente erreicht. Wesentlich beschleunigt wird der Vorgang durch das "Entlüften" des Steuervolumens (wieder $p_{in} > p_{out}$), z.B. über ein zweites Mikroventil, da der oben (p_{in} -seitig) anliegende Druck die Membran einfach nach unten (p_{out} -seitig) drückt.

Da die mikromechanischen Ventile ähnlich wie IC's gefertigt werden können, entsteht gegenüber Miniatur-Hubmagnetventilen ein deutlicher Preisvorteil. Dabei wird die Baugröße eines Mikroventils selbst mit Gehäuse nicht mehr als ein Zehntel des Volumens eines herkömmlichen Miniaturventils betragen.

Als bevorzugtes mikrostrukturierbares Material ist in Anspruch 3 Silizium angegeben, das sich aufgrund seiner physikalischen Eigenschaften sehr gut zur Herstellung von Mikroventilen eignet. So können z.B. die beiden Teile des Mikroventils zwei durch Silicon Bonding oder Kleben verbundene Chips sein (Anspruch 4). In Siliziumtechnologie herstellbare Elemente können zudem sehr kostengünstig in großer Stückzahl gefertigt werden.

In besonderer Ausgestaltung gemäß Anspruch 5 ist das Beschichtungsmaterial der Membranstruktur ein Metall. Metalle weisen einen im Vergleich zu mikrostrukturierbarem Material, wie z.B. Silizium, relativ großen thermischen Längenausdehnungskoeffizienten auf. Die Metallbeschichtung kann z. B. wie im Ausführungsbeispiel gezeigt aufgebracht sein, um die Auslenkung der Membran gegen den anliegenden Druck p_{in} zu bewirken. Die Aufbringung der Beschichtung kann bei der Herstellung mittels Sputtern, Aufdampfen oder Galvanik erfolgen.

Als besonders vorteilhaft erweist sich nach Anspruch 6 eine Beschichtung aus Silizium-Dioxid (SiO_2) oder Silizium-Nitrid (Si_3N_4), die auf der dem niedrigeren Druck zugewandten Seite (p_{out} -seitig) der Silizium-

Membran aufgebracht ist. Bei Membrandicken von bis zu 12 µm kann die Dicke der Beschichtung bis zu 500 Nanometer betragen. Bei Erwärmung der Membran durch die Heizelemente dehnt sich diese aus. Da im ersten Moment die Einspannung noch kalt bleibt, kommt es zu einer Verwölbung der Siliziumstruktur aufgrund der Längenausdehnung des Siliziums selbst. Das SiO₂ bzw. Si₃N₄ auf der Seite des niedrigen Druckes p_{out} bewirkt die Auslenkung der Membran ausschließlich gegen den anliegenden hohen Druck p_{in}, da diese Materialien einen wesentlich geringeren thermischen Längenausdehnungskoeffizienten aufweisen als einkristallines Silizium.

Der Vorteil dieses Beschichtungsmaterials liegt vor allem im geringeren Leistungsbedarf im Vergleich zu einer Metallbeschichtung. Eine Metallbeschichtung wirkt als Wärmekurzschluß, d. h. die Wärmeabfuhr zum Chip über die Einspannung ist sehr groß. Bei gleicher Heizleistung erreicht daher eine Membranstruktur ohne Metallaktoren eine wesentlich höhere Temperatur. Die Temperatur ist die Größe, die hier die Stärke des thermomechanischen Effekts bestimmt.

Ventile mit Silizium-Dioxid- bzw. Silizium-Nitrid-Schichten arbeiten mit geringeren Heizleistungen und weisen eine bessere Dynamik auf (Schaltzeiten im Bereich einiger msec.) als solche mit Metallbeschichtungen. Die Beschichtung hat in dieser Ausgestaltung lediglich die Funktion der Richtungsbeeinflussung der Auslenkung, während durch die thermische Längenausdehnung der Silizium-Membran selbst die Kraft gegen den äußeren Druck aufgebracht wird.

Anspruch 7 gibt eine Ausführungsform des erfindungsgemäßen Mikroventils an, bei der die Heizelemente implantierte Leiterbahnen oder Polysiliziumbahnen sind. Die Aufbringung dieser Bahnen läßt sich mit Methoden der Halbleitertechnologie realisieren.

Die Membranstruktur ist vorzugsweise brückenförmig (d. h. ein beidseitig eingespannter Streifen) oder kreuzförmig ausgebildet (Anspruch 8), so daß beim Öffnen des Ventils das Druckmedium möglichst ungehindert passieren kann.

Durch eine Regelung der Energiezufuhr und damit der Heizleistung gemäß Anspruch 9 läßt sich der Gesamt Leistungsverbrauch einer pneumatischen Steuerung aus Mikroventilen im Vergleich zu herkömmlichen Ventilen deutlich verringern. Eine hohe Heizleistung ist, wie bereits weiter oben dargelegt, nur im ersten Moment des Öffnens erforderlich.

Anspruch 10 gibt den bevorzugten Einsatzbereich des erfindungsgemäßen Mikroventils an.

Ausführungsbeispiel:

Ein Ausführungsbeispiel für das in den Ansprüchen angegebene Mikroventil wird im folgenden anhand der Zeichnung erläutert.

Dabei zeigt Figur 1 in schematischer Darstellung eine mögliche Ausführungsform für das erfindungsgemäße

Mikroventil.

Das Mikroventil besteht aus zwei Silizium-Chips 1 und 2, die üblicherweise mittels Silicon Bonding auf Wafer Ebene verbunden werden. Der obere (druckseitige) Chip 1 enthält den beweglichen Schließkörper 3 - eine durch anisotropes Ätzen herausgebildete Membranstruktur (z.B. brücken- oder kreuzförmig). Die Membran ist mit Heizelementen versehen (z.B. implantierte Leiterbahnen oder Polysiliziumbahnen) und grubenseitig selektiv mit Metall beschichtet 4 (z.B. Al oder Au durch Sputtern, Aufdampfen oder Galvanik). Aus Isolationsgründen befindet sich zwischen der Metallbeschichtung und den Heizelementen eine weitere, isolierende Schicht (z. B. thermisches SiO₂). Der untere Chip 2 enthält die Auslaßöffnung 7, den anisotrop geätzten Ventilsitz 5 und mehrere Gruben definierter Tiefe 6, die sich sowohl durch isotropes als auch durch anisotropes Ätzen erzeugen lassen. Die Gruben haben Abmessungen von maximal 400 x 600 x 40 µm³ und sind so angeordnet, daß sie von der Membranstruktur überdeckt werden.

Zum Entlüften eines Steuervolumens kann ein zweites erfindungsgemäßes Mikroventil eingesetzt werden.

Patentansprüche

1. Mikroventil aus mikrostrukturierbarem Material, zumindest bestehend aus einem ersten druckseitigen Teil (1), das eine Membranstruktur (3) als beweglichen Schließkörper aufweist, und einem zweiten mit dem ersten verbundenen Teil (2) mit mindestens einer Auslaßöffnung (7) und mindestens einem Ventilsitz (5), wobei zumindest eines der beiden Teile eine oder mehrere Gruben definierter Tiefe (6) aufweist,

die Membranstruktur auf einer Seite mit einem Material (4), das einen anderen thermischen Längenausdehnungskoeffizienten besitzt als das Membranmaterial, zumindest teilweise so beschichtet ist, daß bei Erwärmung ein Durchbiegen der Membranstruktur gegen den anliegenden Druck resultiert, und die Membranstruktur mit einem oder mehreren Heizelementen versehen ist,

dadurch gekennzeichnet,

daß die Gruben so angeordnet sind, daß sie bei geschlossenem Ventil von Bereichen des anderen Teils vollständig überdeckt werden, so daß geschlossene Hohlräume entstehen, in denen sich Heizelemente befinden.

2. Mikroventil nach Anspruch 1,

dadurch gekennzeichnet,

daß die Gruben eine maximale Tiefe von 40 µm auf-

weisen.

3. Mikroventil nach Anspruch 1 oder 2,
dadurch gekennzeichnet,
daß das mikrostrukturierbare Material Silizium ist. 5
4. Mikroventil nach Anspruch 3,
dadurch gekennzeichnet,
daß die beiden Teile des Mikroventils zwei mittels
Silicon Bonding oder Kleben verbundene Chips 10
sind.
5. Mikroventil nach einem der Ansprüche 1 bis 4,
dadurch gekennzeichnet,
daß das Beschichtungsmaterial der Membranstruktur ein Metall ist. 15
6. Mikroventil nach Anspruch 3 oder 4,
dadurch gekennzeichnet,
daß das Beschichtungsmaterial der Membranstruktur SiO_2 oder Si_3N_4 ist, und daß die Beschichtung
an der dem niedrigeren Druck zugewandten Seite
der Membran aufgebracht ist. 20
7. Mikroventil nach einem der Ansprüche 1 bis 5, 25
dadurch gekennzeichnet,
daß die Heizelemente implantierte Leiterbahnen
oder Polysiliziumbahnen sind.
8. Mikroventil nach einem der Ansprüche 1 bis 6, 30
dadurch gekennzeichnet,
daß die Membranstruktur brücken- oder kreuzförmig
ausgebildet ist.
9. Mikroventil nach einem der Ansprüche 1 bis 7, 35
dadurch gekennzeichnet,
daß die zu seiner Betätigung erforderliche Heizleistung
regelbar ist.
10. Mikroventil nach einem der Ansprüche 1 bis 8, 40
dadurch gekennzeichnet,
daß es als Pilotventil in pneumatischen Steuerungen
eingesetzt wird.

Revendications

1. Microvanne en une matière microstructurable, consistant au moins en une première partie (1), située du côté de la pression, qui présente une structure de membrane (3) sous la forme d'un corps de fermeture mobile, et d'une deuxième partie (2), reliée à la première, avec au moins une ouverture d'évacuation (7) et au moins un siège de vanne (5), au moins l'une des deux parties présentant un ou plusieurs sillons de profondeur définie (6), la structure de membrane étant revêtue au moins en partie d'un côté d'une matière (4), qui possède un autre coef- 50

ficient de dilatation thermique en longueur que la matière de la membrane, de telle sorte qu'il en résulte lors de l'échauffement une flexion permanente de la structure de membrane à l'encontre de la pression appliquée, et la structure de membrane étant pourvue d'un ou plusieurs éléments de chauffage, caractérisée en ce que
les sillons sont disposés de telle façon qu'ils sont complètement recouverts par les zones de l'autre partie, quand la vanne est fermée, de telle sorte que l'on obtient des cavités fermées, dans lesquelles se trouvent des éléments chauffants.

2. Microvanne selon la revendication 1,
caractérisée en ce que
les sillons présentent une profondeur maximale de 410 μm
3. Microvanne selon la revendication 1 ou 2,
caractérisée en ce que
la matière microstructurable est du silicium
4. Microvanne selon la revendication 3,
caractérisée en ce que
les deux parties de la microvanne sont deux puces reliées au moyen d'un bonding au silicone ou par collage.
5. Microvanne selon l'une des revendications 1 à 4,
caractérisée en ce que
la matière de l'enduction de la structure de membrane est un métal
6. Microvanne selon la revendication 3 ou 4,
caractérisée en ce que
la matière de l'enduction de la structure de membrane est de la silice SiO_2 ou du nitrure de silicium Si_3N_4 et en ce que l'enduction est mis sur le côté de la membrane, qui est tourné vers la pression plus basse.
7. Microvanne selon l'une des revendications 1 à 5,
caractérisée en ce que
les éléments de chauffage sont des pistes conductrices implantées ou des pistes de polysilicium 45
8. Microvanne selon l'une des revendications 1 à 6,
caractérisée en ce que
la structure de membrane est constituée en forme de pont ou en forme de croix
9. Microvanne selon l'une des revendications 1 à 7,
caractérisée en ce que
l'on peut régler la puissance du chauffage nécessaire à son actionnement
10. Microvanne selon l'une des revendications 1 à 8,
caractérisée en ce que

on l'utilise comme vanne de commutation pilote dans des commandes pneumatiques

Claims

1. Microvalve made of microstructurable material and comprising at least a first pressure side part (1), which has a membrane structure (3) as movable closing body, and a second part (2) connected to the first and with at least one outflow aperture (7) and at least one valve seat (5), at least one of the two parts having one pit or a plurality of pits of a defined depth (6),

the membrane structure on one side being coated, at least partly, with a material (4) which has a different coefficient of linear thermal expansion from the membrane material with the result that, on warming, the membrane structure bends against the adjacent pressure, and the membrane structure being provided with one heating element or a plurality of same,

characterised in that

the pits are disposed in such a way that when the valve is closed they are completely covered by regions of the other part, and thus closed cavities are formed in which heating elements are located.

2. Microvalve according to claim 1, **characterised in that** the pits have a maximum depth of 40µm.
3. Microvalve according to claim 1 or 2, **characterised in that** the microstructurable material is silicon.
4. Microvalve according to claim 3, **characterised in that** the two parts of the microvalve are two chips connected by silicon bonding or by gluing.
5. Microvalve according to one of claims 1 to 4, **characterised in that** the coating material of the membrane structure is a metal.
6. Microvalve according to claim 3 or 4, **characterised in that** the coating material of the membrane structure is SiO₂ or Si₃N₄ and that the coating is applied to the side of the membrane turned towards the lower pressure.
7. Microvalve according to one of claims 1 to 5, **characterised in that** the heating elements are implanted conductor

tracks or polysilicate tracks.

8. Microvalve according to one of claims 1 to 6, **characterised in that** the membrane structure is designed as bridge- or cross-shaped.
9. Microvalve according to one of claims 1 to 7, **characterised in that** the heating capacity needed to actuate it can be adjusted.
10. Microvalve according to one of claims 1 to 8, **characterised in that** it is used as a pilot valve in pneumatic control systems.

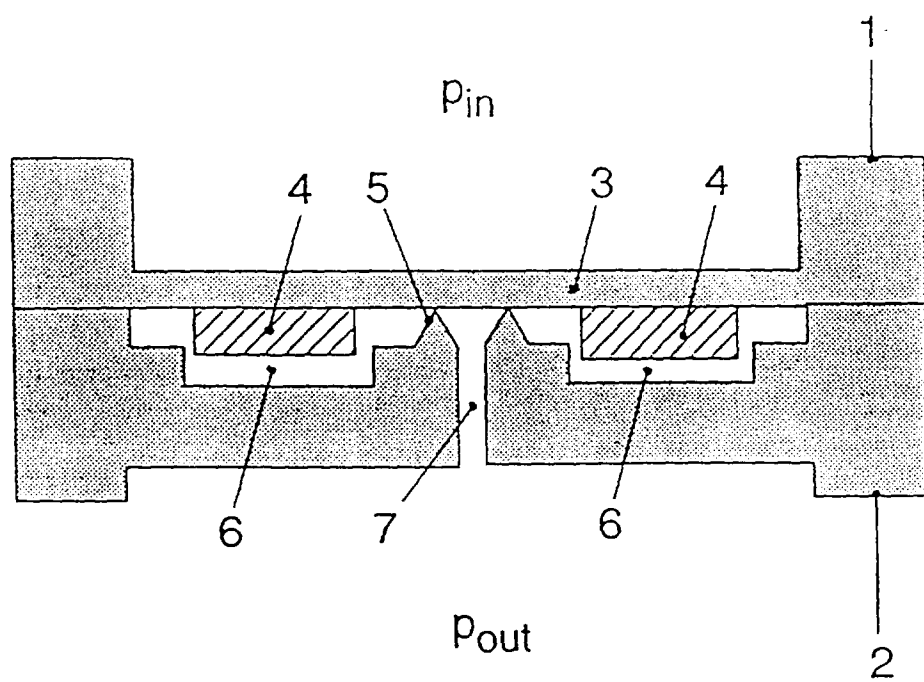


FIG.1