



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
31.07.2002 Patentblatt 2002/31

(51) Int Cl.7: **B81B 1/00**

(21) Anmeldenummer: **01123641.1**

(22) Anmeldetag: **02.10.2001**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU
MC NL PT SE TR**
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL LT LV MK RO SI

(72) Erfinder:
• **Benzel, Hubert**
72124 Pliezhausen (DE)
• **Weber, Heribert**
72622 Nuertingen (DE)
• **Schaefer, Frank**
72070 Tuebingen (DE)

(30) Priorität: **26.01.2001 DE 10103399**

(71) Anmelder: **ROBERT BOSCH GMBH**
70442 Stuttgart (DE)

(54) **Mikromechanisches Bauelement und entsprechendes Herstellungsverfahren**

(57) Die Erfindung schafft ein mikromechanisches Bauelement, insbesondere Mikropumpe für polare Fluide, mit einem Substrat (50, 60, 70; 70'); mindestens zwei in dem Substrat(50, 60, 70; 70') vorgesehenen Strömungskanälen (10, 10'; 10, 10', 11, 12, 12'; 80; 80'), welche aus einem gemeinsamen Eingangsbereich (5) abzweigen sind; wobei der Eingangsbereich eine Verzweigung mit einer Spitze (P; P1, P2) aufweist, an der

sich die Innenwänden (7; 7') der Strömungskanäle (10, 10'; 10, 10', 11, 12, 12'; 80; 80') teilen; einer ersten Elektrode (20; 20a, 20b) zum Anlegen eines ersten elektrischen Potentials an die Innenwänden (7; 7') der Strömungskanäle (10, 10'; 10, 10', 11, 12, 12'; 80; 80'); und einer zweiten Elektrode (10) zum Anlegen eines zweiten elektrischen Potentials an die Außenwänden (8; 8') der Strömungskanäle (10, 10'; 10, 10', 11, 12, 12'; 80; 80').

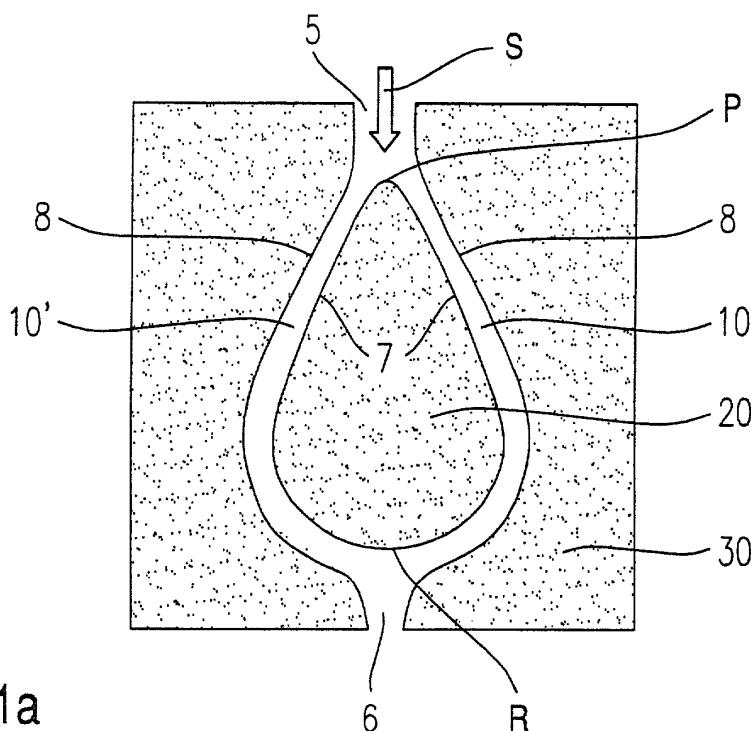


Fig. 1a

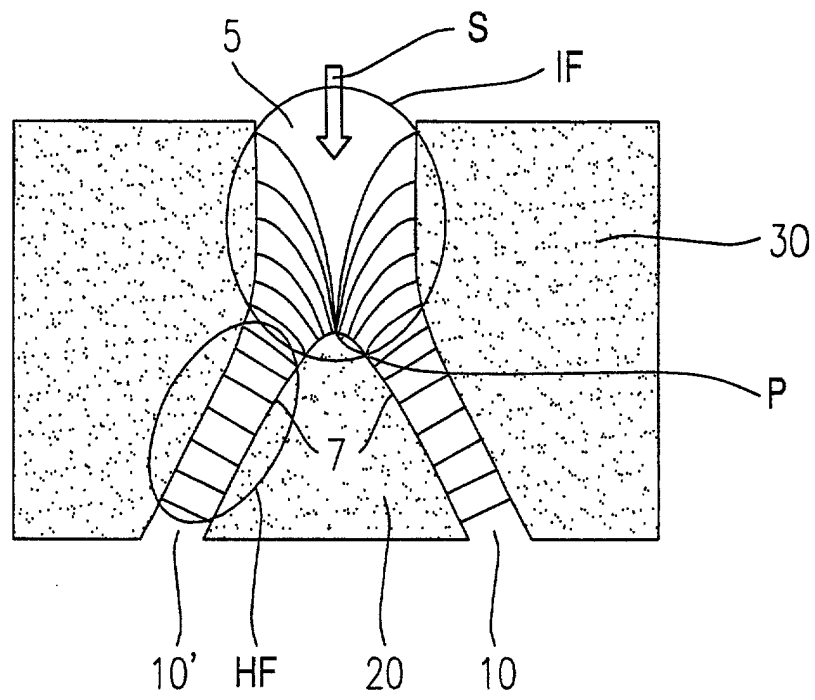


Fig. 1b

Beschreibung

STAND DER TECHNIK

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein mikromechanisches Bauelement, und insbesondere eine Mikropumpe für polare Fluide, sowie ein entsprechendes Herstellungsverfahren.

[0002] Obwohl auf beliebige mikromechanische Bauelemente und Strukturen, Sensoren und Aktuatoren, anwendbar, werden die vorliegende Erfindung sowie die ihr zugrundeliegende Problematik in bezug auf eine in der Technologie der Silizium-Oberflächenmikromechanik herstellbare mikromechanische Mikropumpe erläutert.

[0003] In Mikromechanik hergestellte Mikropumpen verwenden beispielsweise Pumpenkammern mit Rückschlagventilen oder Pumpenkammern mit Strömungskanälen unterschiedlichen Durchmessers, um eine eindeutige Strömungsrichtung zu erzeugen:

[0004] Die Kraftwirkung auf Dipole, wie beispielsweise Wassermoleküle, in inhomogenen elektrischen Feldern ist seit langem bekannt und wird in Standardlehrbüchern der Physik beschrieben.

[0005] Fig. 6 zeigt eine schematische Darstellung eines polaren H_2O -Moleküls; und Fig. 7a,b zeigen eine schematische Darstellung des polaren H_2O -Moleküls unter Einfluß eines elektrischen Feldes, und zwar Fig. 7a in einem ersten Zustand und Fig. 7b in einem zweiten Zustand.

[0006] H_2O -Moleküle besitzen, wie viele andere polare Moleküle, ein permanentes Dipolmoment aufgrund ihrer Molekülstruktur. Sauerstoff bindet die Bindungselektronen stärker an sich. Dadurch erhält das Sauerstoffatom eine leicht negative Ladung bzw. die Wasserstoffatome eine leicht positive Ladung. Die räumlich unterschiedliche Position der Ladungen resultiert in einem Dipolmoment D , wie in Fig. 6 gezeigt.

[0007] Wie aus Fig. 7a, b entnehmbar, wird unter dem Einfluß des durch die Ladung q erzeugten elektrischen Feldes F der Dipol D gedreht und angezogen, wobei die anziehende Kraft K' im gedrehten zweiten Zustand größer als die Kraft K im ungedrehten ersten Zustand ist.

[0008] In inhomogenen elektrischen Feldern führt die räumliche Trennung der Ladungen also zu einer Ausrichtung des Dipols D im Feld F und zur anziehenden Kraft K' zum Ort des größeren elektrischen Feldes. Dabei wird die positive Ladung des Dipols D angezogen, die negative Ladung abgestoßen. Dies führt zur Drehung des Dipols D . Die positive Ladung des Dipols D befindet sich nun an einem Ort mit größerem elektrischen Feld (engere Feldlinien) als die negative Ladung. Dadurch ist die anziehende Kraft auf die positive Ladung des Dipols D größer als die abstoßende Kraft auf die negative Ladung. Dies resultiert in einer Anziehung des Dipols D . Die anziehende Kraft ist dabei unabhängig von dem Vorzeichen der elektrischen Ladung q , die das inhomogene Feld F verursacht.

[0009] Dieser Effekt wird bei manchen Schiffsantrieben ausgenutzt. Im Bug eines Schiffes wird ein inhomogenes elektrisches Feld erzeugt. Die anziehende Kraft von Schiffsrumpf und Wassermolekülen führt zu einer Vorwärtsbewegung des Schiffes.

[0010] Elektroosmotisches Pumpen wurde bereits beschrieben (Dasgupta et al., "Electroosmosis: A Reliable Fluid Propulsion System for Flow Injection Analysis", Anal. Chem. 66 (1994) 1792-1798). Hierbei werden Flüssigkeiten gepumpt, indem Ionen in den Flüssigkeiten durch elektrische Felder in die gewünschte Richtungen gezogen werden und dabei die restliche Flüssigkeit mitschieben.

[0011] Elektrohodynamisches Pumpen wurde bereits beschrieben (Bart et al., "Microfabricated Electrohydrodynamic Pumps", Sensor and Actuators A29 (1990) 193-197; P. J. Zanzucchi et al., US 5,858,193). Die Pumpwirkung entsteht bei hohen elektrischen Feldern durch Kräfte auf Ionen, die aufgrund der hohen Felder durch Dissoziation und elektrolytische Prozesse entstanden sind.

VORTEILE DER ERFINDUNG

[0012] Die der vorliegenden Erfindung zugrundeliegende Idee besteht darin, daß die anziehende Kraft auf polare Moleküle (z.B. Wasser) in inhomogenen elektrischen Feldern ausgenutzt wird, um diese Moleküle zu beschleunigen. Es erfolgt dazu die Herstellung von Kanälen mit Elektroden, die entsprechende inhomogene Felder erzeugen.

[0013] Das erfindungsgemäße mikromechanische Bauelement mit den Merkmalen des Anspruchs 1 und das entsprechende Herstellungsverfahren nach Anspruch 8 weisen den Vorteil auf, daß eine einfache und kostengünstige Herstellung einer Mikropumpe für polare Flüssigkeiten oder Gase möglich wird. Die Pumpe ist äußerst robust, da keinerlei bewegliche Teile verwendet werden.

[0014] Die Erzeugung ist durch viele Prozessvarianten möglich, und dadurch wird die Möglichkeit der Integration mit anderen mikromechanischen oder elektrischen Komponenten auf einem Chip geschaffen.

[0015] Die Pumpwirkung ergibt sich bereits bei kleinen Spannungen (wenige V), da durch die kleinen Radien (ca. 5 μm), die mit Mikromechanik herstellbar sind, sehr inhomogene elektrische Felder erzeugt werden können, die auch bei kleinen Spannungen eine ausreichende Kraftwirkung erzeugen. Insbesondere werden keine so hohen Spannungen (> 100 V) benötigt wie beispielsweise bei elektrohodynamischen Pumpen.

[0016] In den Unteransprüchen finden sich vorteilhafte Weiterbildungen und Verbesserungen des jeweiligen Erfindungsgegenstandes.

[0017] Gemäß einer bevorzugten Weiterbildung sind die Strömungskanäle in einem gemeinsamen Ausgangsbereich zusammengeführt.

[0018] Gemäß einer weiteren bevorzugten Weiterbil-

dung weist die Spitze einen geringen Radius im Bereich einiger Mikrometer auf. So lassen sich besonders inhomogene Felder erzeugen.

[0019] Gemäß einer weiteren bevorzugten Weiterbildung weisen die Innenwandungen der Strömungskanäle in dem gemeinsamen Ausgangsbereich eine Rundung auf. Hier ist ein homogener Feldverlauf gewünscht.

[0020] Gemäß einer weiteren bevorzugten Weiterbildung sind zwei Strömungskanäle aus dem gemeinsamen Eingangsbereich abgezweigt, wobei die Strömungskanäle in einem gemeinsamen Mittelbereich zusammengeführt sind, von dem Mittelbereich zwei weitere Strömungskanäle abgezweigt sind, und die weiteren zwei Strömungskanäle in einem gemeinsamen Ausgangsbereich zusammengeführt sind, der eine Verzweigung mit einer weiteren Spitze aufweist, an der sich die Innenwandungen der Strömungskanäle teilen.

[0021] Gemäß einer weiteren bevorzugten Weiterbildung weist der Mittelbereich beiderseits eine Verzweigung mit einer Rundung auf, an der sich die Innenwandungen der Strömungskanäle teilen.

[0022] Gemäß einer weiteren bevorzugten Weiterbildung ist eine dritte Elektrode zum Anlegen eines dritten elektrischen Potentials an die Innenwandungen der zwei weiteren Strömungskanäle vorgesehen.

ZEICHNUNGEN

[0023] Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in den Zeichnungen dargestellt und in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert.

[0024] Es zeigen:

Fig. 1a,b eine schematische Darstellung eines mikromechanischen Bauelements in Form einer Mikropumpe als erstes Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung, und zwar Fig. 1a im Querschnitt und Fig. 1b eine vergrößerte Ausschnittsdarstellung von Fig. 1a;

Fig. 2 eine schematische Darstellung eines mikromechanischen Bauelements in Form einer Mikropumpe als zweites Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung;

Fig. 3a-c eine schematische Darstellung eines Herstellungsverfahrens für ein mikromechanisches Bauelement in Form einer Mikropumpe als drittes Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung;

Fig. 4 eine Modifikation des Herstellungsverfahrens als viertes Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung;

Fig. 5 eine weitere Modifikation des Herstellungsverfahrens als fünftes Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung;

verfahrens als fünftes Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung;

Fig. 6 eine schematische Darstellung eines polaren H_2O -Moleküls; und

Fig. 7a,b eine schematische Darstellung des polaren H_2O -Moleküls unter Einfluß eines elektrischen Feldes, und zwar Fig. 7a in einem ersten Zustand und Fig. 7b in einem zweiten Zustand.

BESCHREIBUNG DER AUSFÜHRUNGSBEISPIELE

[0025] In den Figuren bezeichnen gleiche Bezugszeichen gleiche oder funktionsgleiche Komponenten.

[0026] Fig. 1a,b zeigen eine schematische Darstellung eines mikromechanischen Bauelements in Form einer Mikropumpe als erstes Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung, und zwar Fig. 1a im Querschnitt und Fig. 1b eine vergrößerte Ausschnittsdarstellung von Fig. 1a.

[0027] Der mit Bezug auf Fig. 7a,b beschriebene Effekt kann ausgenutzt werden, um eine Mikropumpe für ein polares Medium bzw. Fluid herzustellen.

[0028] Das polare Medium strömt ausgehend von einer Verzweigung im Eingangsbereich 5 in die beiden Strömungskanäle 10, 10'. Durch Anlegen einer Spannung zwischen der Mittenelektrode 20, die mit den Innenwandungen der Strömungskanäle 10, 10' verbunden ist, und der Außenelektrode 30, die mit den Außenwandungen der Strömungskanäle 10, 10' verbunden ist, wird ein elektrisches Feld erzeugt. Bei dem mit "Spitze" bezeichneten Bereich P tritt aufgrund des sehr kleinen Krümmungsradius der Mittenelektrode 20 ein stark inhomogenes Feld IF auf (Fig. 1b). Bei den anderen Bereichen tritt ein näherungsweise homogenes Feld HF auf, da bei diesen Bereichen relativ große Krümmungsradien vorherrschen. Dieses stark inhomogene Feld IF führt dazu, dass die polaren Moleküle (wie z.B. Wasser) in Richtung "Spitze" P gezogen werden. Links und rechts der "Spitze" P befindet sich nach einem sehr kleinen Übergangsbereich der Bereich mit homogenen elektrischen Feld HF im jeweiligen Strömungskanal 10 bzw. 10'.

[0029] Polare Moleküle, die relativ nahe an der "Spitze" P sind, werden durch nachfolgende Moleküle, die noch weiter oberhalb der "Spitze" P sind, zur Seite gedrängt in den Bereich mit homogenen elektrischen Feld HF. Dadurch entsteht eine eindeutige Strömungsrichtung S bzw. Pumpwirkung. Da mittels Mikromechanik eine "Spitze" P mit sehr kleinem Radius hergestellt werden kann, ist das elektrische Feld im Bereich der "Spitze" P sehr inhomogen. Dadurch entsteht eine relativ große anziehende Kraft auf die polaren Moleküle.

[0030] Hingegen haben die Innenwandungen 7, 7' der Strömungskanäle 10, 10' in dem gemeinsamen Ausgangsbereich 6 eine Rundung R mit relativ homogenem

Feldverlauf.

[0031] Selbstverständlich können mehrere der in Fig. 1a,b gezeigten Pumpen sequentiell oder parallel zusammenschaltet werden, um eine höhere Pumpwirkung zu erreichen.

[0032] Bei der in Fig. 1a,b gezeigten Ausführungsform könnte eine Rückströmung nicht gestoppt werden. Dies könnte mit einem (nicht gezeigten) Rückschlagventil verhindert werden.

[0033] Fig. 2 zeigt eine schematische Darstellung eines mikromechanischen Bauelements in Form einer Mikropumpe als zweites Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung.

[0034] Als weitere Möglichkeit bietet sich die Kombination zweier Mikropumpengeometrien an, wie in Fig. 2 gezeigt. Dazu ist die Struktur gemäß Fig. 1a,b praktisch am Auslaß gespiegelt.

[0035] In Strömungsrichtung S1 verzweigt das Fluid an der "Spitze" P1 in die Strömungskanäle 10, 10' und tritt am Ausgang in den Strömungskanal 11, der die beiden Strukturen verbindet. Der Strömungskanal 11 weist beiderseits eine Verzweigung mit einer Rundung R bzw. R' auf, an der sich die Innenwandungen 7 bzw. 7' der Strömungskanäle 10, 10' bzw. 12, 12' teilen.

[0036] Durch den Strömungskanal 11 strömt das Fluid zur Verzweigung mit einer runden Form (homogenes Feld) und läuft dann durch die Strömungskanäle 12, 12' über die "Spitze" P2 zum Ausgangsbereich 6.

[0037] Durch den Unterschied der elektrischen Felder, die durch die beiden Mitten Elektroden 20a, 20b erzeugt werden, kann bei diesem Beispiel eine Strömungsrichtung S1 bzw. S2 vorgegeben werden.

[0038] Fig. 3a-c zeigen eine schematische Darstellung eines Herstellungsverfahrens für ein mikromechanisches Bauelement in Form einer Mikropumpe als drittes Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung.

[0039] Fig. 3a zeigt einen Zwischenzustand, wobei 70 ein Siliziumsubstrat, 60 eine isolierende Zwischenschicht (z.B. SiO₂), 50 eine mikromechanische Funktionsschicht (z.B. Polysilizium) und 40 eine Maske (z.B. Nitrid/Oxid oder Fotolack) bezeichnet.

[0040] Der Zwischenzustand in Fig. 3a kann beispielsweise hergestellt werden durch Verwenden eines SOI-Substrats (Siliconon-Insulator) und Aufbringen und Strukturieren der Maske 40 oder durch Oxidation des Substrats 70, Abscheiden der Funktionsschicht 50 (z.B. dotiertes polykristallines Silizium) und Aufbringen und Strukturieren der Maske 40. Die Zwischenschicht 60 zwischen Substrat und Funktionsschicht ist notwendig zur Isolierung der Elektroden.

[0041] Fig. 3b zeigt den Zwischenzustand nach Ätzen der Strömungskanäle 80 (z.B. durch anisotropes Plasmaätzen), Entfernen der Maske 30 und Herstellen der Kontaktpads 90 für die Mittel- bzw. Außenelektroden. Wahlweise können die Kontaktpads 90 auch vor dem Aufbringen der Maske 30 hergestellt werden.

[0042] Abschließend wird, wie in Fig. 3c gezeigt, ein bevorzugt vorstrukturiertes Decks substrat 100 mit dem

bisherigen Aufbau verbunden. Dies kann beispielsweise durch anodisches Bonden von Glas geschehen. Die Vorstrukturierung ist wünschenswert, damit zu den Kontaktpads 90 Zugangsöffnungen bestehen.

[0043] Optional können im Substrat 70 oder im Decks substrat 100 Öffnungen zu den Kanälen 80 hergestellt werden, um von der Unter- und/oder Oberseite der Struktur das zu pumpende Medium zuzuführen.

[0044] Fig. 4 zeigt eine Modifikation des Herstellungsverfahrens als viertes Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung.

[0045] Diese vierte Ausführungsform wird mittels Anodisieren hergestellt wird. Beim Anodisieren wird das Substrat 70', hier ein p-Wafersubstrat mit n⁺-Wannen 120, in eine Ätzlösung, die HF enthält, getaucht. Durch Anlegen einer Spannung an zwei Elektroden, zwischen denen sich das Substrat befindet, ätzen von einer Seite kleine Poren in das Substrat. Die Porengröße wird von den Anodisierungsbedingungen bestimmt (HF-Konzentration, Stromdichte, Dotierung des Substrats, etc.).

[0046] Durch die Maskierung des p-dotierten Substrats 70' mit den n⁺-dotierten Bereichen 120 können auf dem Substrat 70' lokal begrenzte, poröse Schichtbereiche 110 erzeugt werden. Durch einen Wechsel der Anodisierungsbedingungen (HF-Konzentration, Stromdichte, ...) kann unterhalb dieser porösen Schichtbereiche 110 das Silizium vollständig herausgelöst werden und somit ein jeweiliger Strömungskanal 80' erzeugt werden (Elektropolitur).

[0047] Durch eine anschließende kurze Oxidation oxidiert das poröse Silizium aufgrund seiner großen Oberfläche vollständig und wandelt sich in Siliziumoxid um. Bei geeigneter Wahl der Porosität der porösen Schichtbereiche 110 führt die Volumenausdehnung bei der Oxidation zu einem Verschließen der Poren. Optional kann noch eine Verschlussschicht aufgebracht werden.

[0048] Wichtig ist, dass durch die Oxidation die beiden Elektroden 90 lateral elektrisch isoliert werden. Um zu verhindern, dass ein Stromfluss unterhalb des jeweiligen Kanals 80' von einer Elektrode 90 zur anderen Elektrode 90 fließt, können die unterschiedlichen Dotierungen ausgenutzt werden, um eine Diode in Sperrrichtung zu erzeugen.

[0049] Fig. 5 zeigt eine weitere Modifikation des Herstellungsverfahrens als fünftes Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung.

[0050] Durch einen weiteren Wechsel der Anodisierungsbedingungen kann unter dem jeweiligen Kanal 80' wiederum eine poröse Schicht 110' erzeugt werden. Nach der Oxidation erhält man einen Kanal 80' bzw. einen Hohlraum mit darüber- und darunterliegendem Oxid 110, 110', der die Elektroden 90 voneinander vollständig isoliert.

[0051] Obwohl die vorliegende Erfindung vorstehend anhand eines bevorzugten Ausführungsbeispiels beschrieben wurde, ist sie darauf nicht beschränkt, sondern auf vielfältige Weise modifizierbar.

[0052] In den obigen Beispielen ist das erfindungsgemäße Bauelement in einfachen Formen zur Erläuterung seiner Grundprinzipien erläutert worden. Kombinationen der Beispiele und wesentlich kompliziertere Ausgestaltungen unter Verwendung derselben Grundprinzipien sind selbstverständlich denkbar.

[0053] Es können auch beliebige mikromechanische Grundmaterialien verwendet werden, und nicht nur das exemplarisch angeführte Siliziumsubstrat.

[0054] Auch durch eine Maskierung mit einer Nitridschicht können gewisse Bereiche des Substrats vor dem Ätzangriff geschützt werden.

Patentansprüche

1. Mikromechanisches Bauelement, insbesondere Mikropumpe für polare Fluide, mit:

einem Substrat (50, 60, 70; 70');
mindestens zwei in dem Substrat (50, 60, 70; 70') vorgesehenen Strömungskanälen (10, 10'; 10, 10', 11, 12, 12'; 80; 80'), welche aus einem gemeinsamen Eingangsbereich (5) abgezweigt sind;

wobei der Eingangsbereich eine Verzweigung mit einer Spitze (P; P1, P2) aufweist, an der sich die Innenwandungen (7; 7') der Strömungskanäle (10, 10'; 10, 10', 11, 12, 12'; 80; 80') teilen;
einer ersten Elektrode (20; 20a, 20b) zum Anlegen eines ersten elektrischen Potentials an die Innenwandungen (7; 7') der Strömungskanäle (10, 10'; 10, 10', 11, 12, 12'; 80; 80'); und
einer zweiten Elektrode (10) zum Anlegen eines zweiten elektrischen Potentials an die Außenwandungen (8; 8') der Strömungskanäle (10, 10'; 10, 10', 11, 12, 12'; 80; 80').

2. Mikromechanisches Bauelement nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Strömungskanäle (10, 10'; 10, 10', 11, 12, 12'; 80; 80') in einem gemeinsamen Ausgangsbereich (6) zusammengeführt sind.

3. Mikromechanisches Bauelement nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Spitze (P; P1, P2) einen geringen Radius im Bereich einiger Mikrometer aufweist.

4. Mikromechanisches Bauelement nach einem der vorhergehenden Ansprüche 2 oder 3, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Innenwandungen (7; 7') der Strömungskanäle (10, 10'; 10, 10', 11, 12, 12'; 80; 80') in dem gemeinsamen Ausgangsbereich (6) eine Rundung (R; R') aufweisen.

5. Mikromechanisches Bauelement nach Anspruch 1,

dadurch gekennzeichnet, daß zwei Strömungskanäle (10, 10') aus dem gemeinsamen Eingangsbereich (5) abgezweigt sind, die Strömungskanäle (10, 10') in einem gemeinsamen Mittelbereich (11) zusammengeführt sind, von dem Mittelbereich (11) zwei weitere Strömungskanäle (12, 12') abgezweigt sind, und die weiteren zwei Strömungskanäle (12, 12') in einem gemeinsamen Ausgangsbereich (6) zusammengeführt sind, der eine Verzweigung mit einer weiteren Spitze (P; P1, P2) aufweist, an der sich die Innenwandungen (7; 7') der Strömungskanäle (12, 12') teilen.

6. Mikromechanisches Bauelement nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Mittelbereich (11) beiderseits eine Verzweigung mit einer Rundung (R, R') aufweist, an der sich die Innenwandungen (7; 7') der Strömungskanäle (10, 10'; 10, 10', 11, 12, 12'; 80; 80') teilen.

7. Mikromechanisches Bauelement nach Anspruch 5, **gekennzeichnet durch** eine dritte Elektrode (20b) zum Anlegen eines dritten elektrischen Potentials an die Innenwandungen (7') der zwei weiteren Strömungskanäle (12, 12').

8. Verfahren zum Herstellen eines mikromechanischen Bauelements nach Anspruch 1, **gekennzeichnet durch** die Schritte:

Vorsehen eines Substrats (50, 60, 70) mit einer mikromechanischen Funktionsschicht (50) unter Zwischensetzen einer Isolationsschicht (60) auf einem Wafersubstrat (70);

Ätzen von Gräben (80; 80') in der mikromechanischen Funktionsschicht (50) zum Erstellen der ersten Elektrode (20; 20a, 20b) und der zweiten Elektrode (10) sowie der Strömungskanäle (10, 10'; 10, 10', 11, 12, 12'; 80; 80'); und

Verschließen der Strömungskanäle (10, 10'; 10, 10', 11, 12, 12'; 80; 80') von oben.

9. Verfahren nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, daß** zum Verschließen der Strömungskanäle (10, 10'; 10, 10', 11, 12, 12'; 80; 80') von oben ein weiteres Substrat (100) auf die mikromechanische Funktionsschicht (50) gebondet wird.

10. Verfahren zum Herstellen eines mikromechanischen Bauelements nach Anspruch 1, **gekennzeichnet durch** die Schritte:

Vorsehen eines Substrats (70');

Vorsehen von Maskierungsbereichen (120) zum Definieren der Lage der Strömungskanäle

(80; 80');
anodisches Ätzen der Strömungskanäle (80;
80');
Vorsehen der ersten Elektrode (20; 20a, 20b)
und der zweiten Elektrode (10) in den Maskie-
rungsbereichen (120); und
Verschließen der Strömungskanäle (80; 80')
von oben.

5

10

11. Verfahren nach Anspruch 10, **dadurch gekenn-
zeichnet, daß** zum Verschließen der Strömungskanäle (80; 80') von oben eine poröse Schicht (110) oberhalb der Strömungskanäle (80; 80') oxidiert wird. 15
12. Verfahren nach Anspruch 10 oder 11, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Maskierungsbereiche (120) Dotierungsgebiete mit einem zum Substrat (70') entgegengesetzten Dotiertyp sind. 20
13. Verfahren nach Anspruch 10, 11 oder 12, **dadurch gekennzeichnet, daß** im Substrat (70') oberhalb und unterhalb der Strömungskanäle (80; 80') poröse Bereiche (110; 110') vorgesehen werden. 25

30

35

40

45

50

55

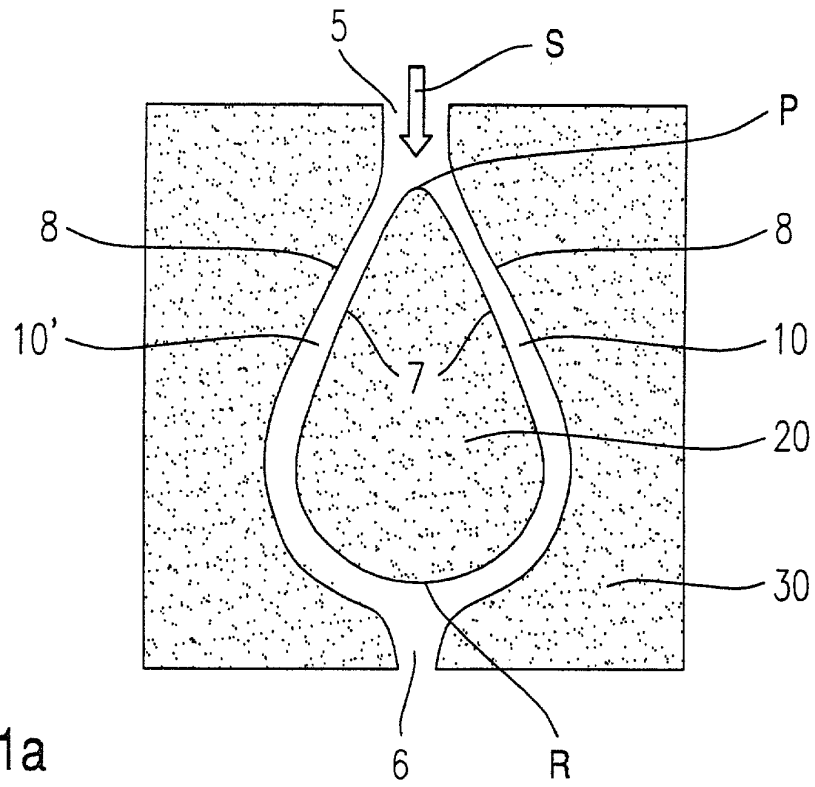


Fig. 1a

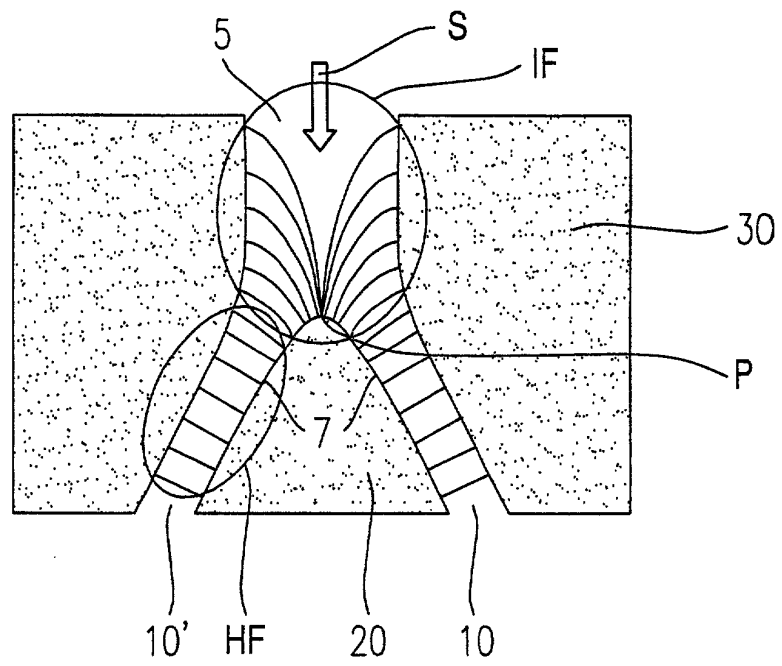


Fig. 1b

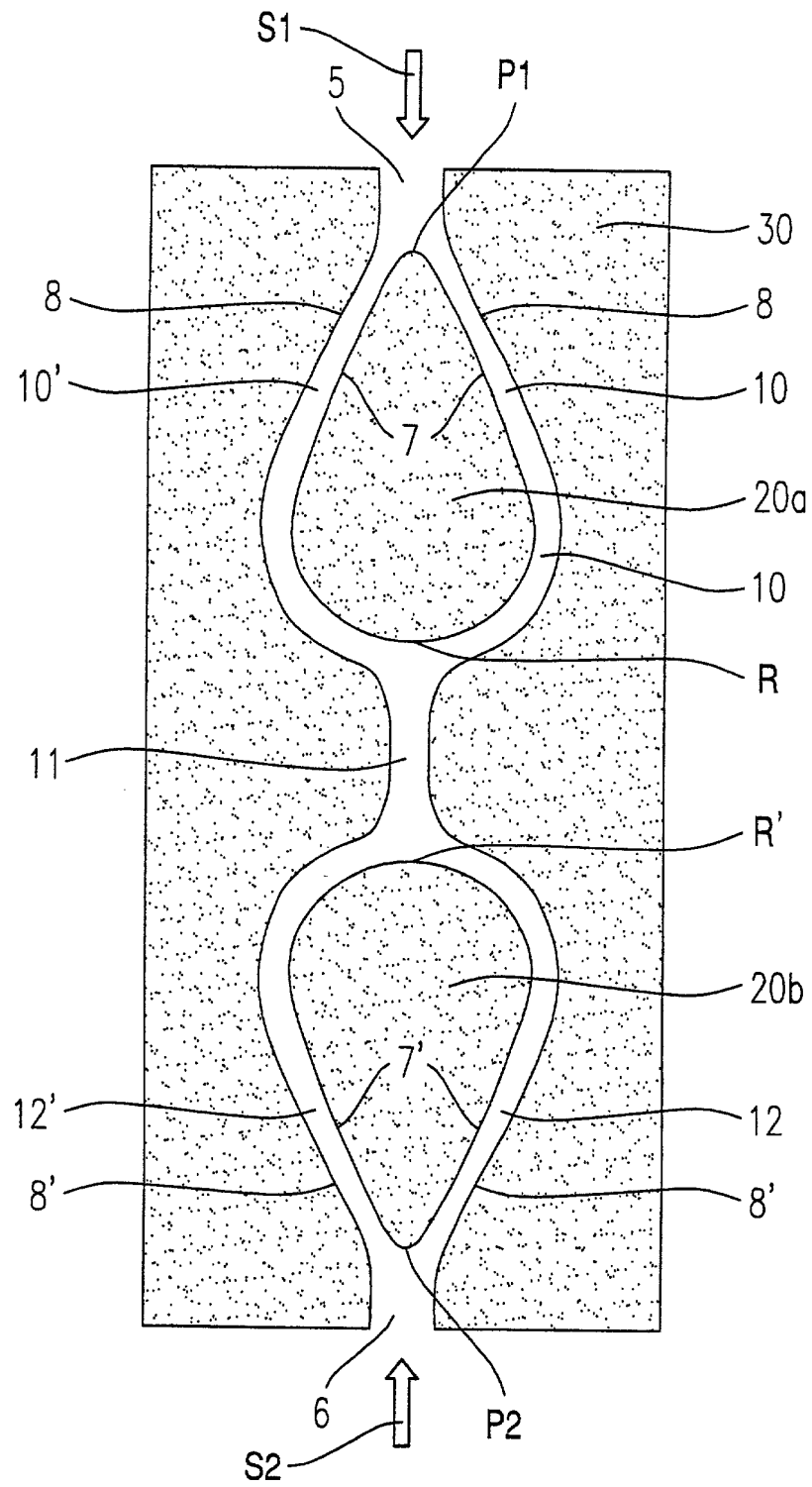


Fig. 2

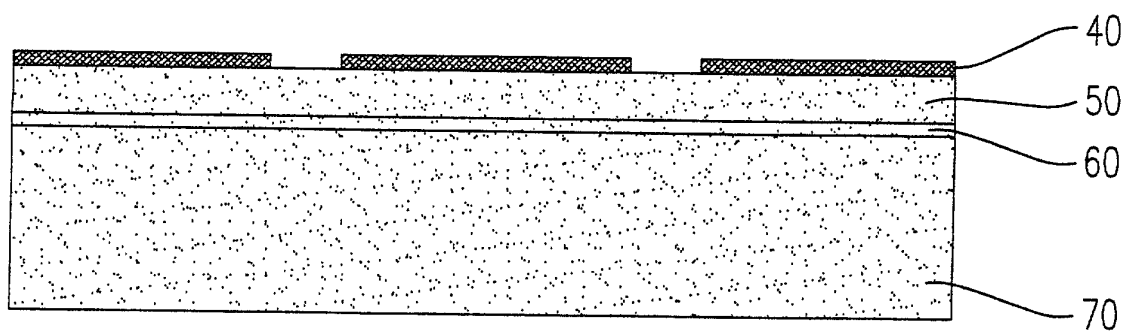


Fig. 3a

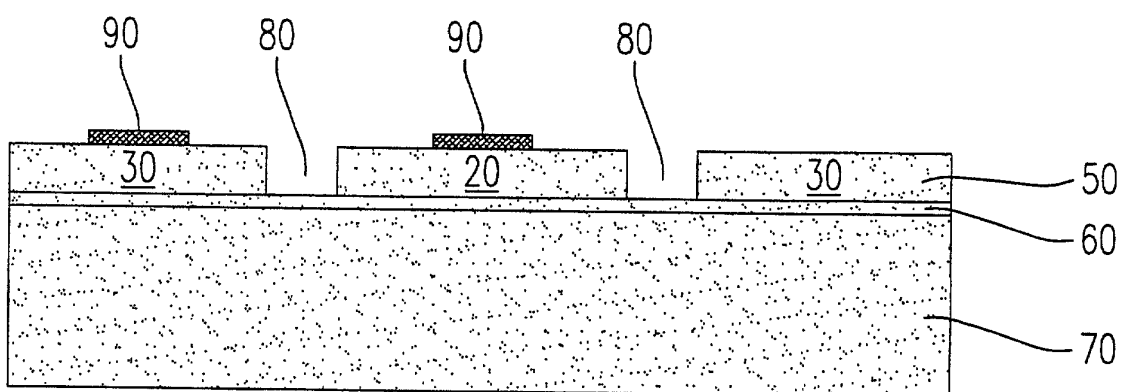


Fig. 3b

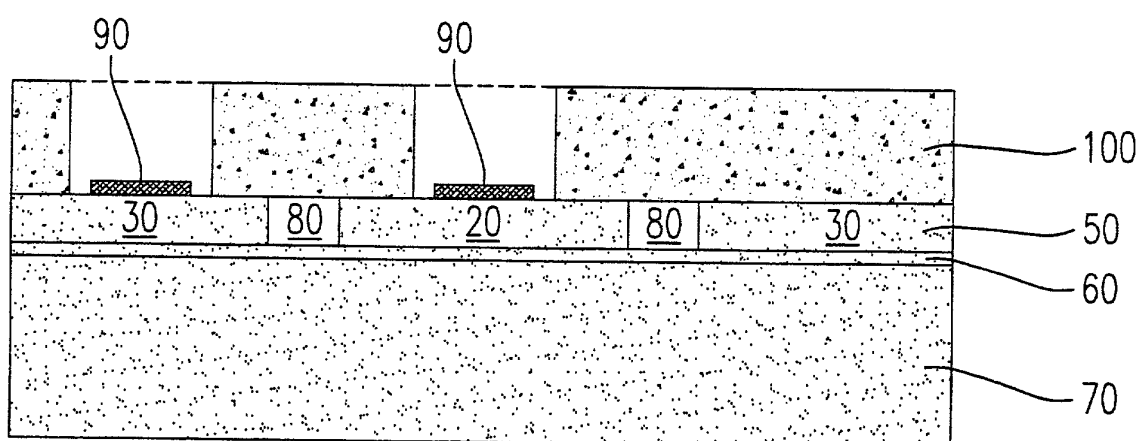


Fig. 3c

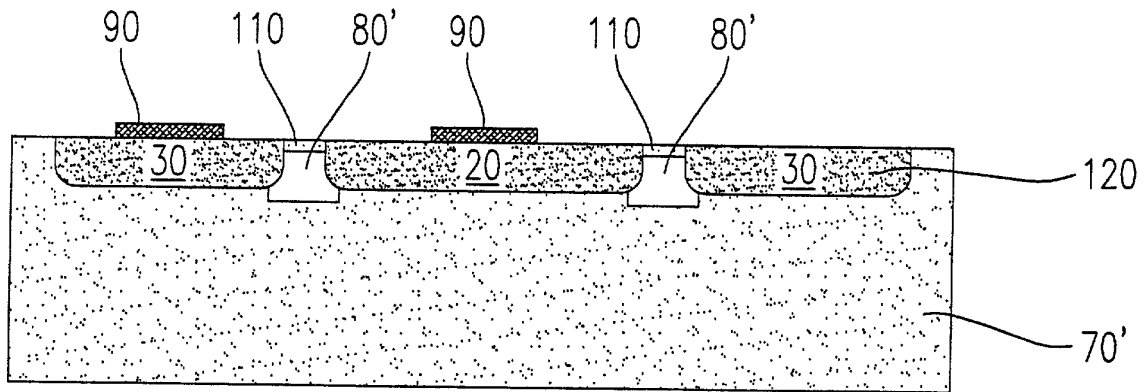


Fig. 4

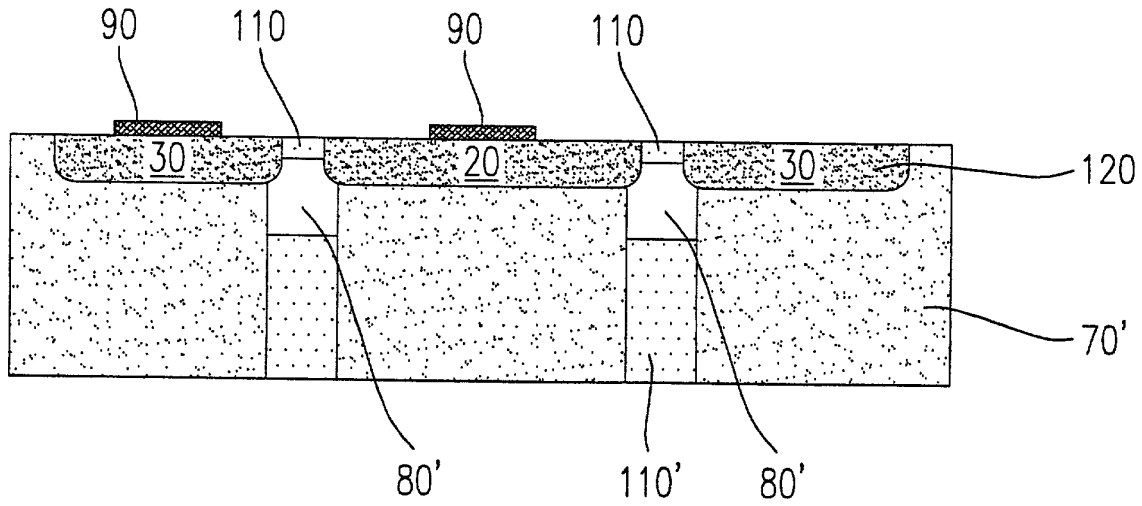


Fig. 5

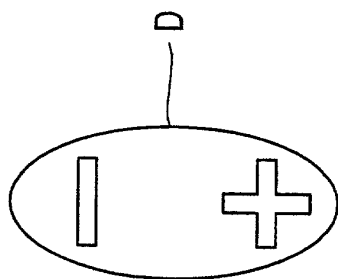
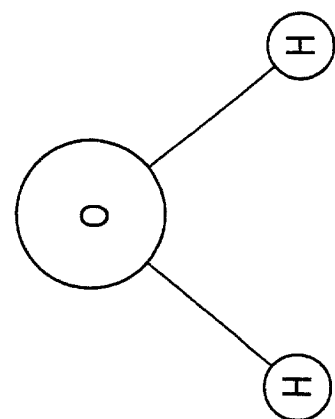


Fig. 6

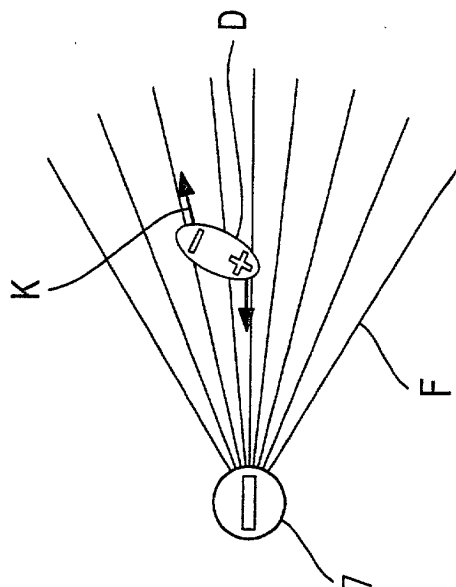


Fig. 7a

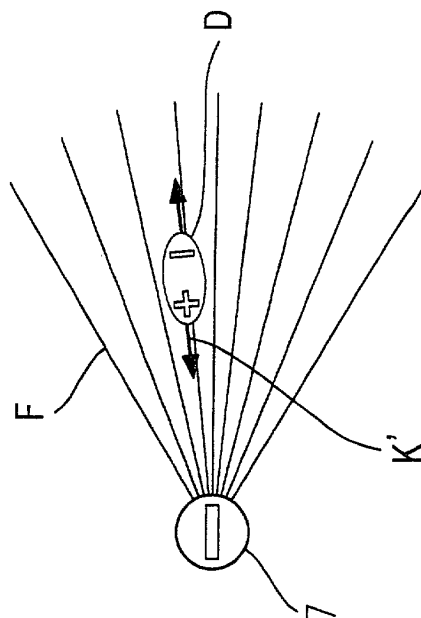


Fig. 7b