



(10) **DE 10 2006 024 286 B4** 2015.06.03

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2006 024 286.6**
(22) Anmeldetag: **24.05.2006**
(43) Offenlegungstag: **29.11.2007**
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **03.06.2015**

(51) Int Cl.: **B01L 3/00 (2006.01)**
B01L 3/02 (2006.01)
B01J 19/00 (2006.01)
B81B 1/00 (2006.01)
B81C 1/00 (2006.01)

Innerhalb von neun Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(73) Patentinhaber:
Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE

(72) Erfinder:
Fuertsch, Matthias, 72810 Gomaringen, DE;
Finkbeiner, Stefan, 72810 Gomaringen, DE;
Schelling, Christoph, 72762 Reutlingen, DE;
Weiss, Stefan, 72070 Tübingen, DE; Wagner,
Thomas, 70567 Stuttgart, DE; Maeurer, Christian,
52066 Aachen, DE; Breibach, Ines, 72770
Reutlingen, DE

(56) Ermittelte Stand der Technik:

US 2002 / 0 121 529 A1
US 2004 / 0 020 942 A1
US 2005 / 0 272 244 A1
WO 99/ 15 888 A1

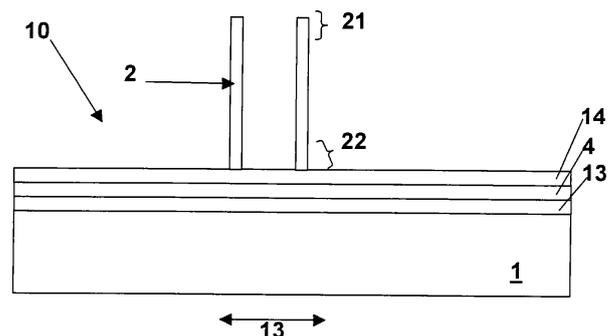
GRISS, P. [u.a.]: Liquid Handling Using Expandable Microspheres. In: Micro Electro Mechanical Systems, 15th IEEE International Conference on MEMS, 2002, S. 117-120. ISBN 0-7803-7185-2

ROXHED, N. [u.a.]: Low Cost Device for Precise Microliter Range Liquid Dispensing. In: Micro Electro Mechanical Systems, 17th IEEE International Conference on MEMS, 2004, S. 326-329. ISBN 0-7803-8265-X

SAMEL, B. [u.a.]: Single-Use Microfluidic Pumps and Valves Based on a Thermally Responsive PDMS Composite. In: Micro Electro Mechanical Systems, 18th IEEE International Conference on MEMS, 2005, S. 690-693. ISBN 0-7803-8732-5

(54) Bezeichnung: **Mikrofluidische Vorrichtung, insbesondere zur Dosierung einer Flüssigkeit oder zur dosierten Abgabe einer Flüssigkeit, und Verfahren zur Herstellung einer mikrofluidischen Vorrichtung**

(57) Hauptanspruch: Mikrofluidische Vorrichtung (10) zur dosierten Abgabe einer Flüssigkeit mit einem Substrat (1), dadurch gekennzeichnet, dass die Vorrichtung (10) eine Pipettennadel (2) mit einer Abgabeseite (21) aufweist, wobei die Pipettennadel (2) eine geschlossene Seite (22) sowie die Vorrichtung (10) im Bereich der geschlossenen Seite eine Heizeinrichtung (4) aufweist.



Beschreibung

Stand der Technik

[0001] Die Erfindung geht aus von einer mikrofluidischen Vorrichtung gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

[0002] Eine solche Vorrichtung ist allgemein bekannt. Beispielsweise ist aus der deutschen Offenlegungsschrift DE 102 02 996 A1 eine piezoelektrisch steuerbare Mikrofluidik mit einem planaren Substrat bekannt, wobei die Mikrofluidik auf mindestens einer Seite mindestens einen Hohlraum und mindestens einen Kanal aufweist, wobei der Kanal eine Öffnung in den Hohlraum hat und wobei mindestens eine Membran vorgesehen ist, die randseitig auf einer Seite des Substrats den Hohlraum überspannend befestigt ist, wobei die Membran durch elektrische Ansteuerung in den Hohlraum auslenkbar ist. Eine solche Mikrofluidik hat den Nachteil, dass sie vergleichsweise komplex aufgebaut und entsprechend einen großen Aufwand zu ihrer Herstellung erforderlich macht, was die Herstellungskosten erhöht. Weiterhin ist es mit einer solchen Mikrofluidik nicht möglich, sehr kleine Flüssigkeitsvolumina etwa zur Manipulation von Lösungen wie Reagenzien, Analytika, Probematerialien und dergleichen in medizinischen und biologischen Anwendungen mit hoher Genauigkeit zu dosieren. Ferner ist es gemäß dem Stand der Technik von Nachteil, dass es aufgrund der Größe der bekannten Mikrofluidik nicht möglich ist, eine Mehrzahl dieser Mikrofluidik in eine Matrixanordnung zusammenzufassen bzw. anzuordnen, so dass ein erhöhter Durchsatz bei der Durchführung von Prozessen erfolgen kann, die die Manipulation bzw. Dosierung von sehr kleinen Flüssigkeitsvolumina erfordern.

[0003] Aus den Druckschriften WO 99/ 15 888 A1 und SAMEL et al. "Single-Use Microfluidic Pumps and Valves Based on a Thermally Responsive PDMS Composite", Micro Electro Mechanical Systems, 18th IEEE International Conference on MEMS, 2005, S. 690–693, ISBN 0-7803-8732-5 sind mikrofluidische Vorrichtungen zur Dosierung von Flüssigkeiten bekannt.

Offenbarung der Erfindung

[0004] Die erfindungsgemäße mikrofluidische Vorrichtung und das erfindungsgemäße Verfahren zur Herstellung einer mikrofluidischen Vorrichtung gemäß den nebengeordneten Ansprüchen haben demgegenüber den Vorteil, dass eine Dosierung bzw. eine Abgabe von Flüssigkeiten auf einfache Weise und mit konstruktiv vergleichsweise einfachen und damit kostengünstigen Mitteln vorteilhaft möglich, wobei Volumina manipuliert werden können, die im Pikoliter-Bereich und darunter liegen und wobei in vorteil-

hafter Weise diese Manipulation von Flüssigkeitsvolumina darüber hinaus auch mit einer vergleichsweise großen Genauigkeit möglich ist.

[0005] Gemäß einer ersten Ausprägung bzw. gemäß einem ersten Aspekt der erfindungsgemäßen mikrofluidischen Vorrichtung weist die Vorrichtung ein Pipettenelement mit einer Abgabeseite auf, wobei das Pipettenelement eine geschlossene Seite sowie die Vorrichtung im Bereich der geschlossenen Seite eine Heizeinrichtung aufweist. Diese Ausprägung der erfindungsgemäßen Vorrichtung hat den Vorteil, dass ein einfacher und robuster Aktuiermechanismus zur Manipulation von Flüssigkeitsvolumina bereitgestellt wird, wobei es insbesondere von Vorteil ist, dass keine beweglichen Teile vorhanden sind.

[0006] Gemäß einer zweiten Ausprägung bzw. gemäß einem zweiten Aspekt der erfindungsgemäßen mikrofluidischen Vorrichtung weist die Vorrichtung ein Pipettenelement mit einem Volumen von etwa 0,01 Pikoliter bis etwa 10 Pikoliter auf, bevorzugt mit einem Volumen von etwa 0,1 Pikoliter bis etwa 1 Pikoliter. Hierdurch ist es erfindungsgemäß möglich, dass eine extrem genaue Dosierung der Flüssigkeit möglich ist. Beispielsweise ist es erfindungsgemäß möglich, die Abgabe eines angeforderten Gesamtvolumens der in dem Pipettenelement befindlichen Flüssigkeit durch die Abgabe einer gewissen Anzahl von Teilvolumina erfolgt, so dass mit einer erfindungsgemäßen Vorrichtung, die die Abgabe von kleineren Volumina ermöglicht, eine größere Genauigkeit bei der Abgabe des Gesamtvolumens realisierbar ist.

[0007] Gemäß einer dritten Ausprägung bzw. gemäß einem dritten Aspekt der erfindungsgemäßen mikrofluidischen Vorrichtung weist die Vorrichtung ein Pipettenelement mit einem Durchmesser von etwa 0,5 µm bis etwa 20 µm, bevorzugt von etwa 1 µm bis etwa 10 µm, auf und es ist eine Wandstärke des Pipettenelements von etwa 10 Nanometer bis etwa 10 µm, bevorzugt von etwa 100 Nanometer bis etwa 2 µm, vorgesehen. Hierdurch ist es mit einfachen Mitteln vorteilhaft möglich, die Bestimmung des in dem Pipettenelement befindlichen Volumens genau durchzuführen und durch die genaue Einstellung der Wandstärke des Pipettenelements auch die Charakteristik bei der Ablösung von Flüssigkeitstropfen von der Abgabeseite des Pipettenelementes beeinflussen zu können.

[0008] Vorteilhafte Ausgestaltungen der erfindungsgemäßen mikrofluidischen Vorrichtung sind in den Unteransprüchen angegeben.

[0009] Insbesondere ist es erfindungsgemäß bevorzugt, dass das Pipettenelement im wesentlichen ein Oxidmaterial, bevorzugt ein Halbleiteroxidmaterial, ist. Hierdurch ist es zum einen vorteilhaft möglich, das

Pipettenelement mechanisch besonders stabil herzustellen. Zum anderen ist es auch vorteilhaft, dass ein solches Pipettenelement besonders einfach und mit etablierten Herstellungsschritten hergestellt werden kann. Ferner ist ein solches Material wegen seiner Medienbeständigkeit besonders gut zur Dosierung von in biologischen, medizinischen und/oder chemischen Prozessen bzw. Verfahren benutzten Flüssigkeiten geeignet.

[0010] Erfindungsgemäß ist ferner bevorzugt, dass die Vorrichtung eine Vielzahl von Pipettenelementen aufweist, wobei die Vielzahl von Pipettenelementen bevorzugt gemäß einer Matrix angeordnet sind. Hierdurch ist es möglich, sogenannten Hochdurchsatz-Anwendungen (high throughput applications) mittels der erfindungsgemäßen Vorrichtung zu vereinfachen, zu beschleunigen und damit kostengünstiger zu gestalten. Weiterhin ist es erfindungsgemäß bevorzugt, wenn jedem der Pipettenelemente eine Heizeinrichtung zugeordnet ist bzw. wenn jeweils einer Gruppe von Pipettenelementen eine dieser Gruppe von Pipettenelementen gemeinsame Heizeinrichtung bzw. eine Gruppe von gemeinsam angesteuerten Heizeinrichtungen zugeordnet ist. Hierdurch können die einzelnen Pipettenelemente selektiv und einzeln aktuiert werden, oder es können zur schnelleren Betätigung auch ganze Gruppen von Pipettenelementen gemeinsam aktuiert werden.

[0011] Besonders vorteilhaft ist es erfindungsgemäß ferner, dass die Heizeinrichtung als eine aktive Heizeinrichtung, insbesondere eine elektrische Heizeinrichtung, vorgesehen ist, oder dass die Heizeinrichtung als eine passive Heizeinrichtung, insbesondere durch Strahlungsabsorption aktuierte Heizeinrichtung, vorgesehen ist. Hierdurch können in einfacher Weise mehrere Arten von Heizeinrichtungen erfindungsgemäß realisiert werden. Besonders vorteilhaft kann es ferner sein, auf ein und derselben erfindungsgemäßen Vorrichtung sowohl eine aktive Heizeinrichtung als auch eine passive Heizeinrichtung vorzusehen. Dies hat den Vorteil, dass beispielsweise die aktive Heizeinrichtung zur generellen Aktuierung aller Pipettenelemente vorgesehen ist und dass die passive Heizeinrichtung zur selektiven Aktuierung lediglich einzelner Pipettenelementen bzw. von Gruppen von Pipettenelementen vorgesehen ist oder umgekehrt. Hinsichtlich einer aktiven, insbesondere elektrisch aktuierten Heizeinrichtung ist es erfindungsgemäß ferner bevorzugt, dass die elektrische Kontaktierung von der gleichen Substratseite erfolgt, auf der sich auch die Pipettenelemente befinden.

[0012] Ein weiterer Gegenstand der vorliegenden Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung einer erfindungsgemäßen Vorrichtung gemäß dem nebengeordneten Verfahrensanspruch, wobei ein solches Verfahren vorteilhaft vergleichsweise einfach durchgeführt werden kann.

[0013] Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in der Zeichnung dargestellt und in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0014] Es zeigen

[0015] Fig. 1 eine erste Ausführungsform der erfindungsgemäßen mikrofluidischen Vorrichtung,

[0016] Fig. 2 eine Vergleichsform zu der erfindungsgemäßen mikrofluidischen Vorrichtung,

[0017] Fig. 3 eine zweite Ausführungsform der erfindungsgemäßen mikrofluidischen Vorrichtung,

[0018] Fig. 4 bis Fig. 7 verschiedene Vorläuferstrukturen zur Veranschaulichung der Herstellung der ersten Ausführungsform der Vorrichtung,

[0019] Fig. 8 bis Fig. 12 verschiedene Vorläuferstrukturen zur Veranschaulichung der Herstellung der Vergleichsform der Vorrichtung,

[0020] Fig. 13 bis Fig. 16 verschiedene Vorläuferstrukturen zur Veranschaulichung der Herstellung einer Variante der ersten Ausführungsform der Vorrichtung und

[0021] Fig. 17 eine Variante der ersten Ausführungsform der Vorrichtung.

Ausführungsform(en) der Erfindung

[0022] In Fig. 1 ist eine erste Ausführungsform einer erfindungsgemäßen mikrofluidischen Vorrichtung **10** schematisch in Schnittdarstellung dargestellt. Die Vorrichtung weist ein Pipettenelement **2** auf, welches eine Abgabeseite **21** und eine geschlossene Seite **22** aufweist. Im Folgenden wird das Pipettenelement **2** auch als Pipettennadel **2** oder Pipettenspitze **2** bezeichnet. Zur Realisierung einer Heizeinrichtung **4** ist es gemäß der ersten Ausführungsform vorgesehen, dass eine Widerstandsschicht **4** zwischen einer Isolationsschicht **13**, insbesondere eine dielektrische Isolationsschicht, und einer Passivierungsschicht **14**, insbesondere eine dielektrische Passivierungsschicht, vorgesehen ist. Die Widerstandsschicht **4** ist mit in Fig. 1 nicht dargestellten Kontakten zum Anschluss an eine ebenfalls nicht dargestellte Spannungsquelle vorgesehen, so dass durch das Anlegen einer entsprechenden elektrischen Spannung zumindest eine lokale Erwärmung der Widerstandsschicht **4** im Bereich der geschlossenen Seite **22** des Pipettenelements **2** erfolgt. Hierdurch wird eine im Inneren des Pipettenelements befindliche Flüssigkeit oder ein dort befindliches Gas erwärmt und es tritt eine Expansion ein, wodurch ein im Bereich der Abgabeseite **21** befindlicher Teil der Flüssigkeit aus der

Pipettennadel **2** ausgestoßen wird. Die Widerstandsschicht **4** ist gemäß einer bevorzugten Ausführung der ersten Ausführungsform parallel zu einer senkrecht zur Zeichenebene verlaufenden Hauptstreckungsebene **13** des Substrats **1** im Bereich der geschlossenen Seite **22** der Pipettennadel **2** in Mäandern strukturiert, um hier einen möglichst großen Wärmeübertrag zu erreichen.

[0023] Zur Illustration des Herstellungsverfahrens der erfindungsgemäßen Vorrichtung **10** gemäß der ersten Ausführungsform sind in den **Fig. 4, Fig. 5, Fig. 6** bzw. **Fig. 7** eine erste, zweite, dritte bzw. vierte Vorläuferstruktur der ersten Ausführungsform der Vorrichtung **10** schematisch in Schnittdarstellung dargestellt. Zur Erzeugung der ersten Vorläuferstruktur (**Fig. 4**) wird zunächst auf das Substrat **1**, welches bevorzugt als ein Siliziumsubstrat vorgesehen ist, die Isolationsschicht **13**, beispielsweise ein Siliziumoxid, etwa durch ein Plasmaverfahren oder durch thermische Oxidation aufgebracht. Auf die Isolationsschicht **13** wird die Widerstandsschicht **4** aufgebracht. Hierbei kann es sich um eine Metallschicht, wie zum Beispiel Platin, handeln oder auch um eine Schicht aus dotiertem Silizium oder Polysilizium. Die Widerstandsschicht **4** wird in geeigneter Weise strukturiert, um eine Heizung der Pipettennadel **2** zu ermöglichen. Auf die Widerstandsschicht wird anschließend eine Passivierungsschicht **14**, beispielsweise aus Siliziumoxid oder aus Siliziumnitrid aufgebracht. Zur Erzeugung der zweiten Vorläuferstruktur (**Fig. 5**) wird nachfolgend eine Opferschicht **5** aufgebracht, die bevorzugt aus abgeschiedenem Polysiliziummaterial vorgesehen ist. Die Schichtdicke der Opferschicht **5** bestimmt später die Höhe bzw. Länge der Pipettennadel **2**. Optional kann die Opferschicht **5** nach ihrer Abscheidung noch durch einen CMP-Schritt (chemisch-mechanisches-Polieren) planarisiert werden. Auf der Oberfläche der Opferschicht wird eine Maskierungsschicht **6** aufgebracht, die insbesondere als eine Silizium-Nitrid-Schicht vorgesehen ist und die im Bereich der späteren Pipettennadel **2** strukturiert wird. Durch die Gestalt dieser Maskierungsschicht **6** kann die Form der späteren Öffnung in der Nadelspitze bestimmt werden. Zur Erzeugung der dritten Vorläuferstruktur (**Fig. 6**) wird mittels bevorzugt einer weiteren Lack- oder Hartmaske die Opferschicht **5** mittels eines Trench-Ätzschrittes bis zur Passivierungsschicht **14** entfernt, so dass lediglich die spätere Pipettennadel **2** als (massive) Säule stehen bleibt. Durch eine thermische Oxidation wird die Oberfläche der massiven Säule der Opferschicht **5** mit einer Oxidschicht überzogen, wobei diese Oxidschicht nachfolgend das Pipettenelement **2** bildet. Die Dicke dieser Oxidschicht definiert die Wandstärke **25** der Pipettennadel **2**. Die Oberfläche der Pipettennadel **2** wird während des Oxidationsvorgangs durch die Maskierungsschicht **6** geschützt. Zur Erzeugung der vierten Vorläuferstruktur (**Fig. 7**) wird mittels bevorzugt eines Plasma-Ätzverfahrens

oder durch nasschemisches Ätzen die Maskierungsschicht auf der Oberfläche der Pipettennadel **2** selektiv zur Oxidschicht entfernt, wodurch ein Ätzzugang entsteht, um das Innere der Pipettennadel **2**, d. h. der bisher im Inneren verbliebene Rest der Opferschicht **5**, entfernen zu können. Dies erfolgt insbesondere mittels eines Gasphasen-Ätzzvorgangs, beispielsweise mittels ClF_3 -Ätzung.

[0024] In **Fig. 17** ist eine Variante der ersten Ausführungsform der Vorrichtung **10** schematisch in Schnittdarstellung dargestellt. Die Vorrichtung **10** weist im Unterschied zur ersten Ausführungsform eine elektrische Kontaktierung **45** auf der ersten Seite **11** des Substrats **1** auf. Gleiche Bezugszeichen wie gemäß der ersten Ausführungsform (**Fig. 1**) bezeichnen bei der Variante der ersten Ausführungsform gleiche Elemente bzw. Komponenten der Vorrichtung **10**.

[0025] Zur Illustration des Herstellungsverfahrens der Variante der erfindungsgemäßen Vorrichtung **10** gemäß der ersten Ausführungsform sind in den **Fig. 13, Fig. 14, Fig. 15** bzw. **Fig. 16** eine erste, zweite, dritte bzw. vierte Vorläuferstruktur der Variante der ersten Ausführungsform der Vorrichtung **10** schematisch in Schnittdarstellung dargestellt. Zur Erzeugung der ersten Vorläuferstruktur (**Fig. 13**) wird analog zur ersten Ausführungsform auf das Substrat **1** zunächst die Isolationsschicht **13** erzeugt, die Widerstandsschicht **4** aufgebracht und strukturiert sowie die Passivierungsschicht **14** aufgebracht. Bei der Variante der ersten Ausführungsform wird jedoch die Passivierungsschicht **14** zur Erzeugung einer späteren Kontaktierung **45**, insbesondere durch ein geeignetes Plasma-Ätzverfahren, an einer in **Fig. 13** mit dem Bezugszeichen **46** bezeichneten Stelle geöffnet. Zur Erzeugung der zweiten Vorläuferstruktur (**Fig. 14**) wird nachfolgend analog zur ersten Ausführungsform die Opferschicht **5** aufgebracht, wobei diese jedoch zur Herstellung einer entsprechend niederohmigen Anbindung an die Widerstandsschicht **4** dotiert sein muss. Auf der Oberfläche der Opferschicht **5** wird analog zur ersten Ausführungsform die Maskierungsschicht **6** aufgebracht, jedoch lediglich im Bereich der (späteren) Pipettennadel **2**. Zur Erzeugung der dritten Vorläuferstruktur (**Fig. 15**) wird analog zur ersten Ausführungsform die Opferschicht **5** (mittels einer geeigneten Maskierung) bis zur Passivierungsschicht **14** entfernt, so dass sowohl die spätere Pipettennadel **2** als auch die spätere Kontaktierung **45** stehen bleibt und durch die analog zur ersten Ausführungsform durchgeführte thermische Oxidation oxidiert wird. Hierbei ist darauf zu achten, dass die Schichtdicke dieser Oxidationsschicht deutlich geringer ist als die Schichtdicke der Passivierungsschicht **14**. Zur Erzeugung der vierten Vorläuferstruktur (**Fig. 16**) wird analog zur ersten Ausführungsform die Maskierungsschicht **6** und anschließend der im Inneren der Pipettennadel **2** verbliebene Rest der Opferschicht **5** entfernt; hierbei bleibt

die Kontaktierung **45** weitgehend unverändert. Zur Herstellung der Variante (**Fig. 17**) der ersten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung **10** wird nun das auf der Oberseite der Kontaktierung **45** verbliebene Oxid entfernt (bevorzugt mittels eines anisotropen Plasma-Ätzverfahrens). Da die Schichtdicke der Passivierungsschicht **14** größer ist als die des Oxids auf der Kontaktierung **45**, wird die Passivierungsschicht **14** hierbei lediglich geringfügig abgetragen. Das nun freiliegende dotierte Polysilizium an der Oberfläche der Kontaktierung **45** kann nun mittels eines selektiven Metall-CVD-Prozesses (Metall-Chemical-Vapour-Deposition-Prozess, beispielsweise als Salicide-Prozess mit Wolfram oder dergleichen) lokal als Kontaktierungsfläche (Bond-Pad) metallisiert werden.

[0026] In **Fig. 2** ist eine Vergleichsform zu der erfindungsgemäßen mikrofluidischen Vorrichtung **10** schematisch in Schnittdarstellung dargestellt. Die Vorrichtung weist wie bei der ersten Ausführungsform das Pipettenelement **2** auf, welches die Abgabeseite **21** und eine gegenüberliegende Seite **22** aufweist, wobei die der Abgabeseite **21** gegenüberliegende Seite **22** mit einem Reservoir **3** verbunden ist. Zur Realisierung der Heizeinrichtung **4** ist es auch gemäß der zweiten Ausführungsform (entsprechen der ersten Ausführungsform) vorgesehen, dass die Widerstandsschicht **4** zwischen der Isolationsschicht **13** und der Passivierungsschicht **14** vorgesehen ist. Die Widerstandsschicht **4** ist mit in **Fig. 2** ebenfalls nicht dargestellten Kontakten zum Anschluss an eine ebenfalls nicht dargestellte Spannungsquelle vorgesehen, so dass durch das Anlegen einer entsprechenden elektrischen Spannung zumindest eine lokale Erwärmung der Widerstandsschicht **4** im Bereich der mit dem Reservoir **3** verbundenen Seite **22** des Pipettenelements **2** erfolgt. Hierdurch wird eine im Inneren des Pipettenelements **2** bzw. im Inneren des Reservoirs **3** befindliche Flüssigkeit oder ein dort befindliches Gas erwärmt, und es tritt eine Expansion ein, wodurch ein im Bereich der Abgabeseite **21** befindlicher Teil der Flüssigkeit aus der Pipettennadel **2** ausgestoßen wird. Das Aufziehen der Pipette erfolgt durch den umgekehrten Prozess, d. h. ein Gas oder eine bereits in der Pipette vorgesehene Expansionsflüssigkeit dehnt sich durch thermische Expansion zunächst aus. Anschließend wird die Pipette mit der zu dosierenden Flüssigkeit in Kontakt gebracht und dann die Heizung ausgeschaltet. Durch den entstehenden Unterdruck wird die zu dosierende Flüssigkeit dann in die Pipette aufgenommen. Die Widerstandsschicht **4** ist gemäß einer bevorzugten Ausführung der zweiten Ausführungsform parallel zu einer senkrecht zur Zeichenebene verlaufenden Hauptstreckungsebene **13** des Substrats **1** im Bereich der geschlossenen Seite **22** der Pipettennadel **2** in Mäandern oder auch im wesentlichen konzentrisch um den Verbindungsdurchgang **29** zwischen dem Inneren der Pipettennadel **2** und dem Reservoir **3** herum

strukturiert, um hier einen möglichst großen Wärmeübertrag zu erreichen.

[0027] Zur Illustration des Herstellungsverfahrens der Vergleichsform zu der erfindungsgemäßen Vorrichtung **10** sind in den **Fig. 8**, **Fig. 9**, **Fig. 10**, **Fig. 11** bzw. **Fig. 12** eine erste, zweite, dritte, vierte bzw. fünfte Vorläuferstruktur der Vergleichsform der Vorrichtung **10** schematisch in Schnittdarstellung dargestellt. Zur Erzeugung der ersten Vorläuferstruktur (**Fig. 8**) wird entsprechend der ersten Ausführungsform zunächst auf das Substrat **1** die Isolationsschicht **13** aufgebracht, die Widerstandsschicht **4** aufgebracht und strukturiert sowie die Passivierungsschicht **14** aufgebracht. Die Widerstandsschicht **4** wird derart strukturiert, dass nicht nur eine Heizung des Fußes der Pipettennadel **2** möglich ist, sondern auch ein Bereich frei (von der Widerstandsschicht **4**) bleibt, der einen späteren Ätzzugang zum Substrat **1** ermöglicht. Zur Erzeugung der zweiten Vorläuferstruktur (**Fig. 9**) wird nachfolgend dieser Ätzzugang **15** mittels insbesondere einer Photolithographie sowie nachfolgend eines Plasma-Ätzschrittes oder eines nasschemischen Ätzschrittes durch die Passivierungsschicht **14** sowie die Isolationsschicht **13** erzeugt. Analog den zweiten, dritten und vierten Vorläuferstrukturen werden eine dritte Vorläuferstruktur (**Fig. 10**) eine vierte Vorläuferstruktur (**Fig. 11**) und eine fünfte Vorläuferstruktur (**Fig. 12**) erzeugt. Hierbei werden analog zur ersten Ausführungsform der Vorrichtung **10** die folgenden Schritte ausgeführt: die Opferschicht **5** wird aufgebracht; die Maskierungsschicht **6** wird aufgebracht und strukturiert; die Opferschicht **5** wird mittels eines Trench-Ätzschrittes bis zur Passivierungsschicht **14** entfernt, so dass lediglich die spätere Pipettennadel **2** als (massive) Säule stehen bleibt; durch eine thermische Oxidation wird das Pipettenelement **2** als Oxidschicht gebildet; die Maskierungsschicht **6** auf der Oberfläche der Pipettennadel **2** wird selektiv zur Oxidschicht entfernt, wodurch ein Ätzzugang entsteht, um das Innere der Pipettennadel **2** insbesondere mittels einer Gasphasen-Ätzung entfernen zu können. Aufgrund des zur Bildung der zweiten Vorläuferstruktur (**Fig. 9**) der zweiten Ausführungsform erzeugten Ätzzugangs **15** zum Substrat **1** wird bei der Gasphasen-Ätzung gemäß der fünften Vorläuferstruktur der zweiten Ausführungsform nicht nur das Innere der Pipettennadel **2** entfernt, sondern auch das Reservoir **3** erzeugt, d. h. ein Teil des Substrats **1** entfernt. Die Größe des Reservoirs **3** wird dabei nur durch die Ätzzeit bzw. die Dicke des Substrats **1** beschränkt.

[0028] In **Fig. 3** ist eine zweite Ausführungsform der erfindungsgemäßen mikrofluidischen Vorrichtung **10** schematisch in Schnittdarstellung dargestellt. Die Vorrichtung weist wie bei der ersten Ausführungsform der Vorrichtung **10** das Pipettenelement **2** auf, welches die Abgabeseite **21** und eine gegenüberliegende Seite **22** aufweist. Zur Realisierung der Heiz-

einrichtung 4 ist es nun im Unterschied zur ersten Ausführungsform bei dieser zweiten Ausführungsform der Vorrichtung 10 vorgesehen, dass die Heizeinrichtung 4 passiv vorgesehen ist. Das bedeutet, dass (im Gegensatz zur aktiven Heizeinrichtung 4 gemäß der ersten Ausführungsform, bei der mittels Stromfluss und ohmschem Widerstand eine Beheizung erfolgt) die Heizeinrichtung 4 als Absorptionsschicht 4 (beispielsweise aus Polysilizium) ausgebildet ist, die mittels einer Strahlung 49 bestrahlt wird. Hierbei kann es sich beispielsweise um eine Infrarotstrahlung oder um jede beliebige andere Strahlung handeln. In der Absorptionsschicht 4 wird die Strahlungsenergie in Wärme umgewandelt und ermöglicht so eine Dosierung der Flüssigkeit. Der Vorteil bei der zweiten Ausführungsform gegenüber der ersten Ausführungsform ist, dass die Absorptionsschicht (im Gegensatz zur Widerstandsschicht) nicht strukturiert werden muss (aber strukturiert werden kann). Zur besseren energetischen Kopplung zwischen der Strahlung 49 und der Absorptionsschicht 4 kann es bei der dritten Ausführungsform vorgesehen sein, dass eine Ausnehmung in das Substrat 1 von der (der Pipettennadel 2 gegenüberliegenden) zweiten Seite 12 des Substrats 1 in das Substrat 1 eingebracht wird, insbesondere mittels der Prozessschritte: Photolithographie und anschließendem Trenchätzen oder auch KOH-Ätzen. Hierbei wird das Substrat 1 insbesondere bis zur Isolationsschicht 13 entfernt. Alternativ zur Absorptionsschicht kann auch ein Absorber (nicht dargestellt) als zusätzliche Schicht von unten in die rückseitige Ausnehmung des Substrats dispensiert werden.

Patentansprüche

1. Mikrofluidische Vorrichtung (10) zur dosierten Abgabe einer Flüssigkeit mit einem Substrat (1), **dadurch gekennzeichnet**, dass die Vorrichtung (10) eine Pipettennadel (2) mit einer Abgabeseite (21) aufweist, wobei die Pipettennadel (2) eine geschlossene Seite (22) sowie die Vorrichtung (10) im Bereich der geschlossenen Seite eine Heizeinrichtung (4) aufweist.

2. Mikrofluidische Vorrichtung (10) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Vorrichtung (10) eine Pipettennadel (2) mit einem Volumen von 0,01 Pikoliter bis 1 Mikroliter aufweist.

3. Mikrofluidische Vorrichtung (10) nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Vorrichtung (10) eine Pipettennadel (2) mit einem Durchmesser von 0,5 Mikrometer bis 500 Mikrometer aufweist und wobei die Wandstärke (25) der Pipettennadel (2) 10 Nanometer bis 10 Mikrometer beträgt.

4. Vorrichtung (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die

Pipettennadel (2) im wesentlichen ein Oxidmaterial aufweist.

5. Vorrichtung (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Vorrichtung (10) eine Vielzahl von Pipettennadeln (2) aufweist.

6. Vorrichtung (10) nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass bei der Vorrichtung (10) jeder der Pipettennadeln (2) eine Heizeinrichtung (4) zugeordnet ist oder dass bei der Vorrichtung (10) jeweils einer Gruppe von Pipettennadeln (2) eine dieser Gruppe von Pipettennadeln (2) gemeinsame Heizeinrichtung (4) zugeordnet ist.

7. Vorrichtung (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Heizeinrichtung (4) als eine aktive Heizeinrichtung vorgesehen ist oder dass die Heizeinrichtung (4) als eine passive Heizeinrichtung, vorgesehen ist.

8. Vorrichtung (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Substrat (1) eine erste Seite (11) und eine gegenüberliegende zweite Seite (12) aufweist, wobei sowohl die Pipettennadel (2) als auch eine elektrische Kontaktierung (45) der Heizeinrichtung (4) auf der ersten Seite (11) des Substrats (1) vorgesehen ist.

9. Verfahren zur Herstellung einer Vorrichtung (10) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**,

- dass in einem ersten Schritt auf dem Substrat (1) oder in dem Substrat (1) das Heizelement (4) aufgebracht und strukturiert wird,
- dass in einem zweiten Schritt eine Opferschicht (5) aufgebracht und im Bereich der Pipettennadel (2) mit einer Maskierungsschicht (6) maskiert wird,
- dass in einem dritten Schritt die Opferschicht (5) in der Umgebung außerhalb der Pipettennadel (2) entfernt wird,
- dass in einem vierten Schritt die Pipettennadel (2) durch eine Oxidation des Wandbereichs der Opferschicht (5) gebildet wird und
- dass in einem fünften Schritt die Opferschicht im Inneren der Pipettennadel (2) entfernt wird.

Es folgen 7 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

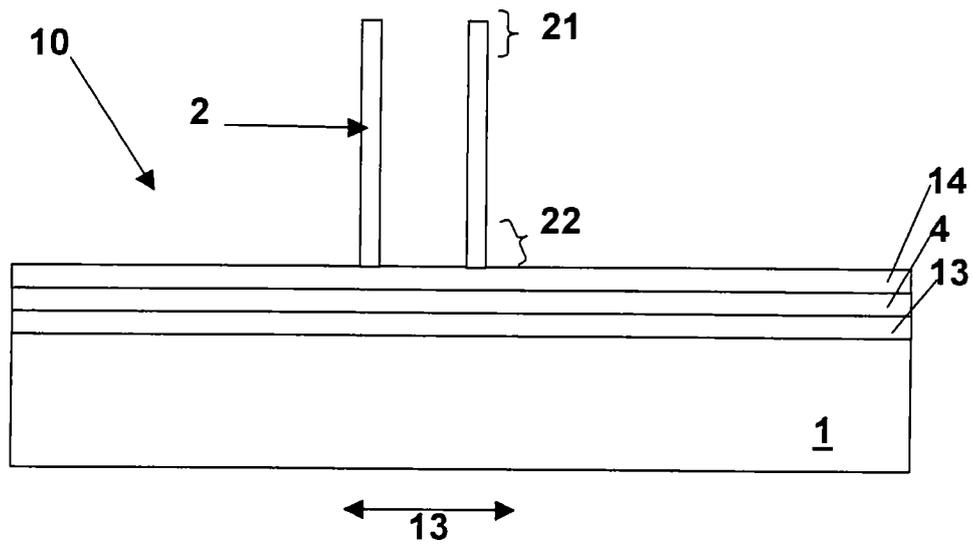


Fig. 1

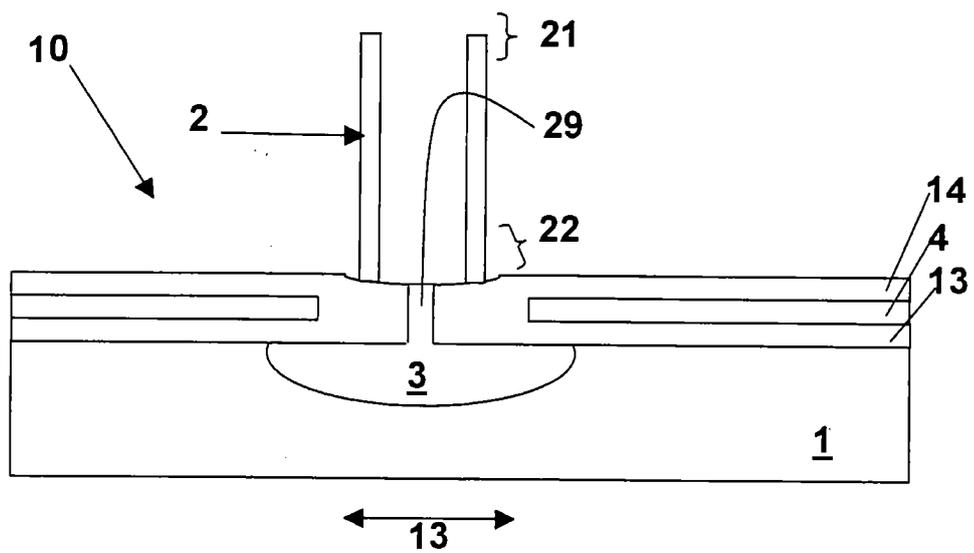


Fig. 2

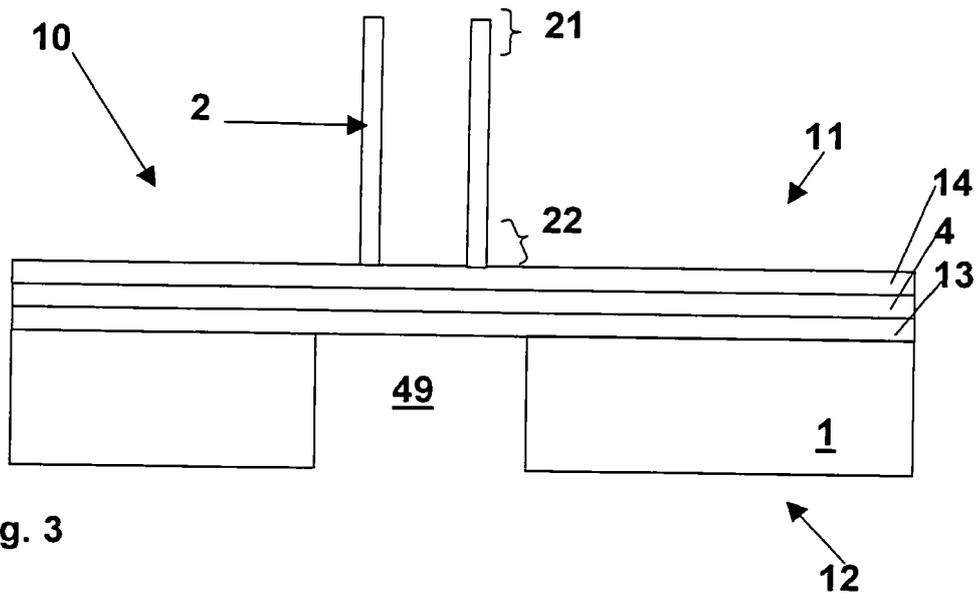


Fig. 3

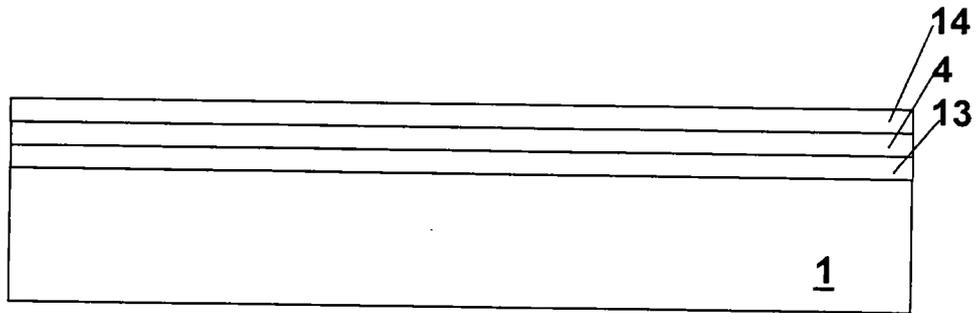


Fig. 4

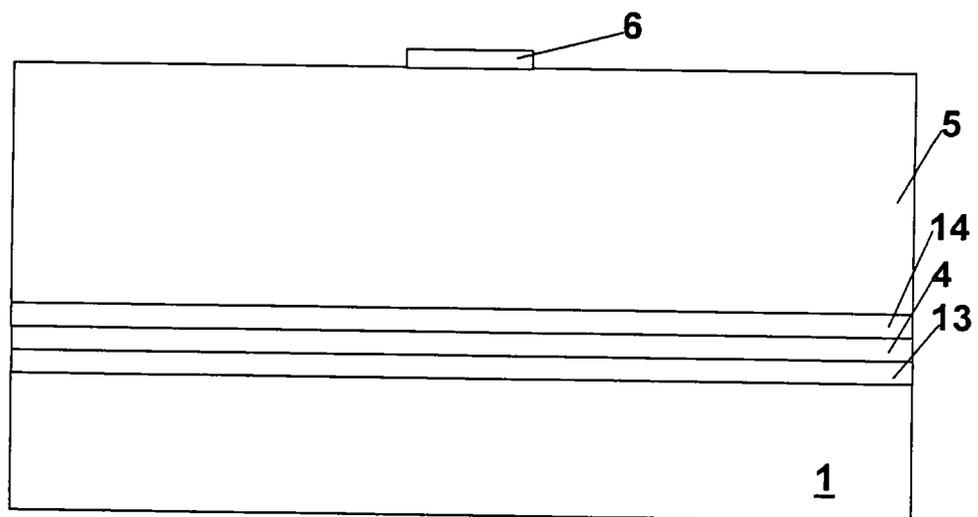


Fig. 5

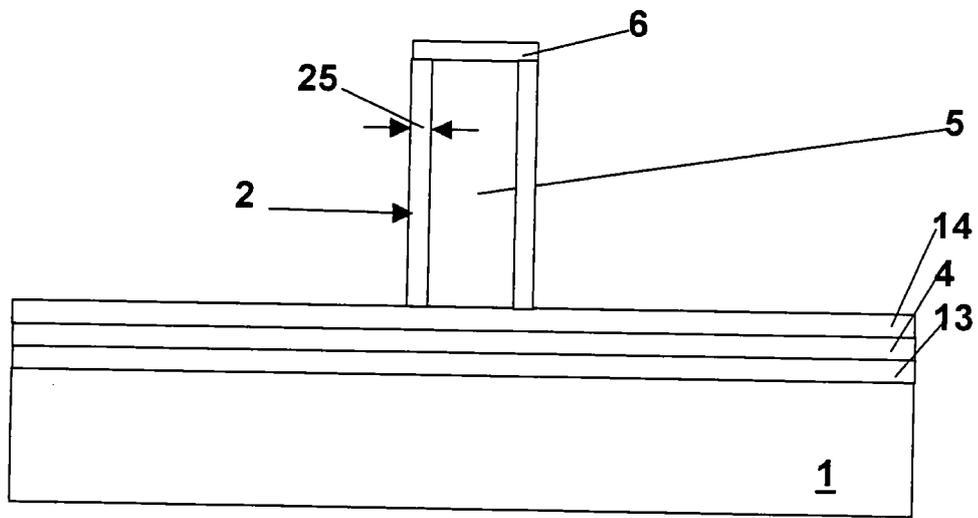


Fig. 6

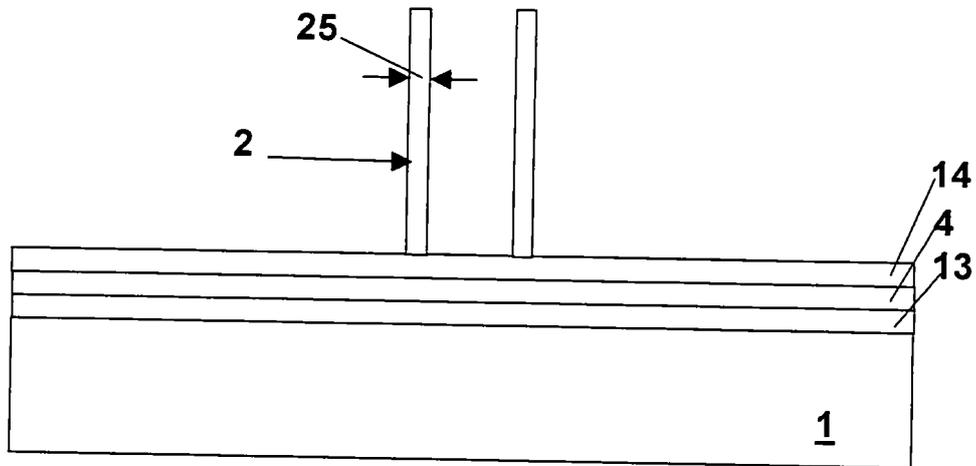


Fig. 7

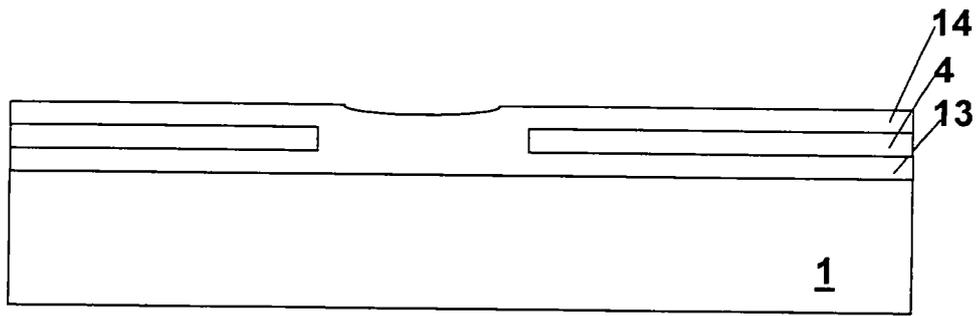


Fig. 8

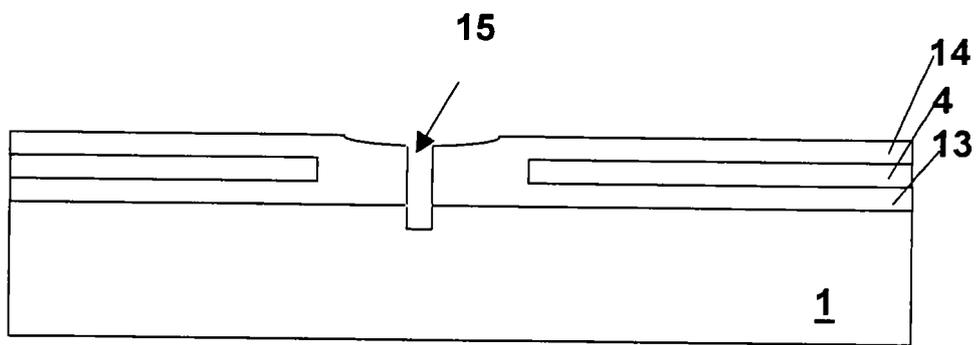


Fig. 9

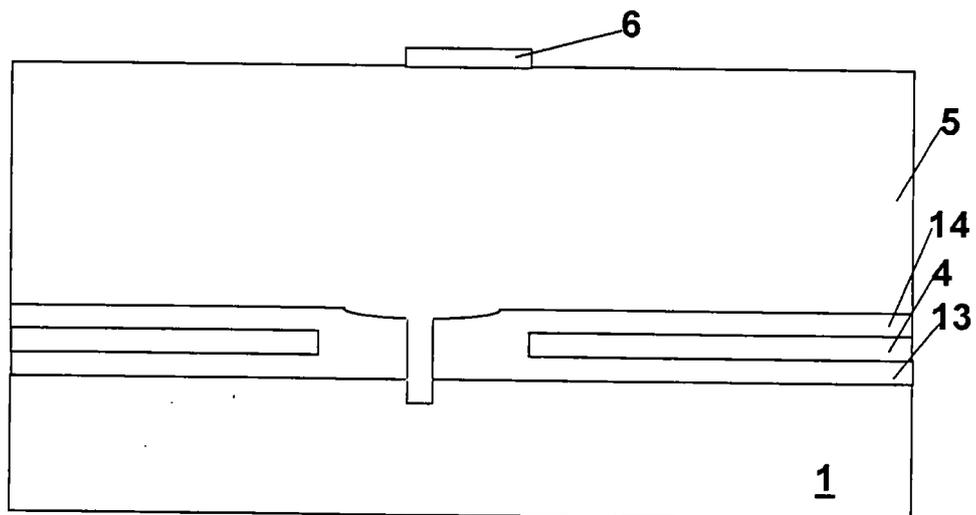


Fig. 10

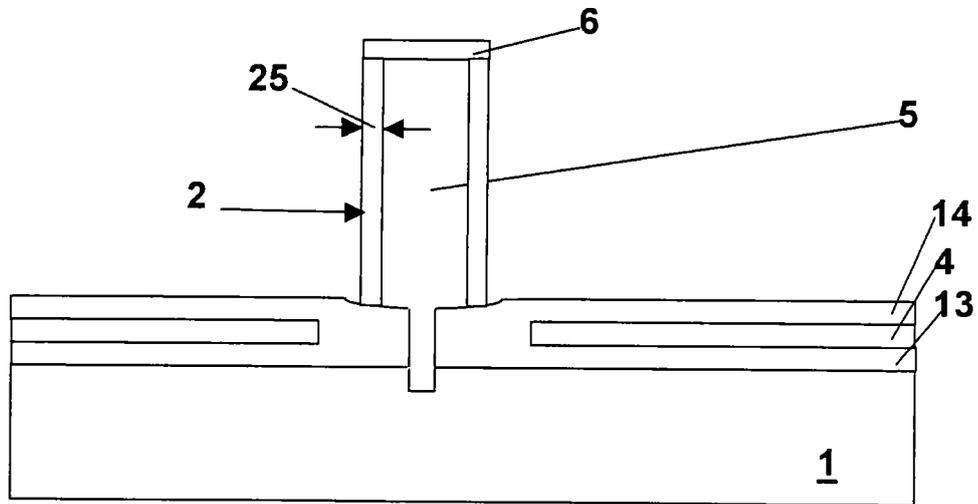


Fig. 11

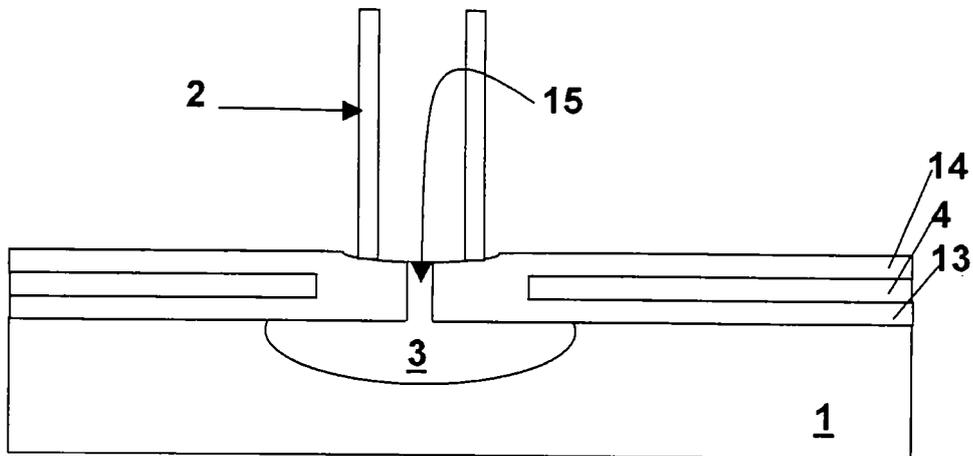


Fig. 12

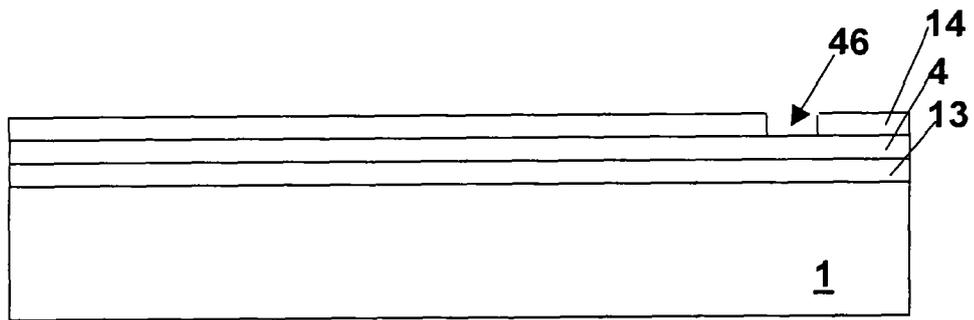


Fig. 13

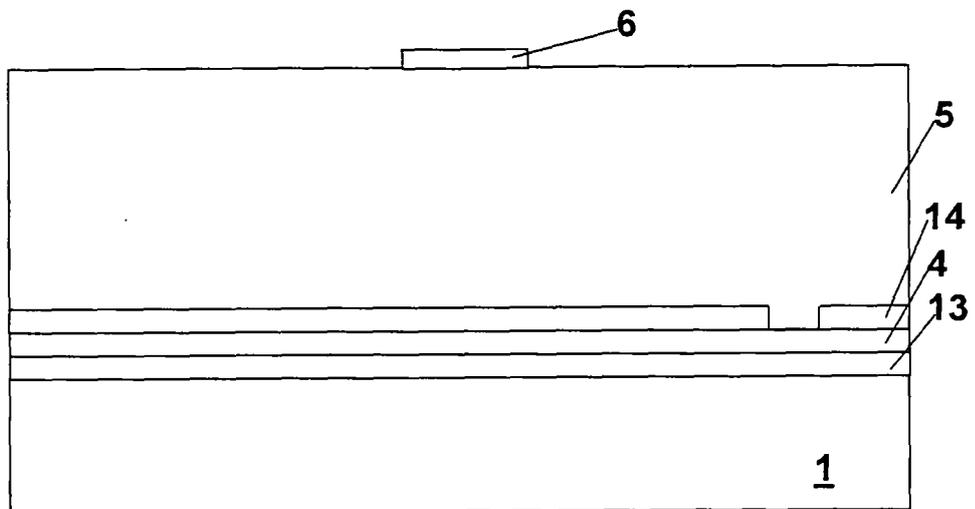


Fig. 14

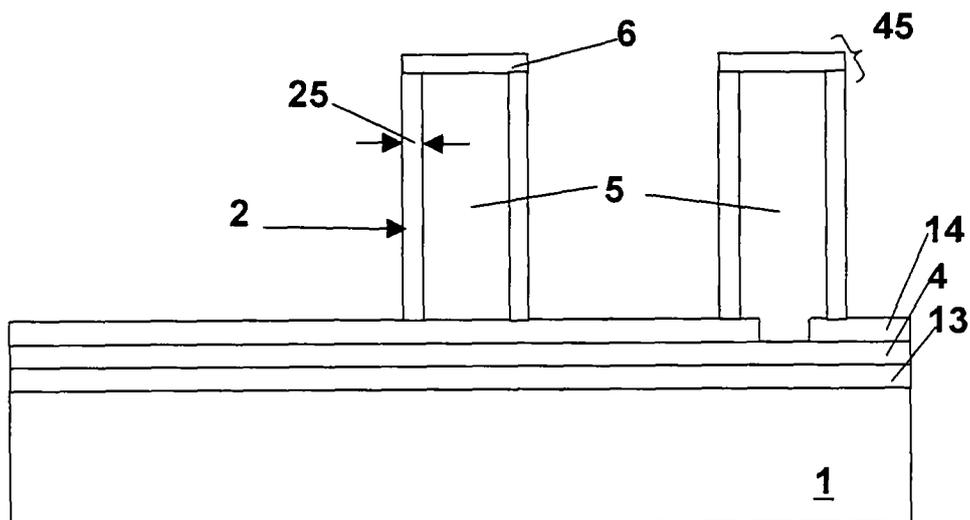


Fig. 15

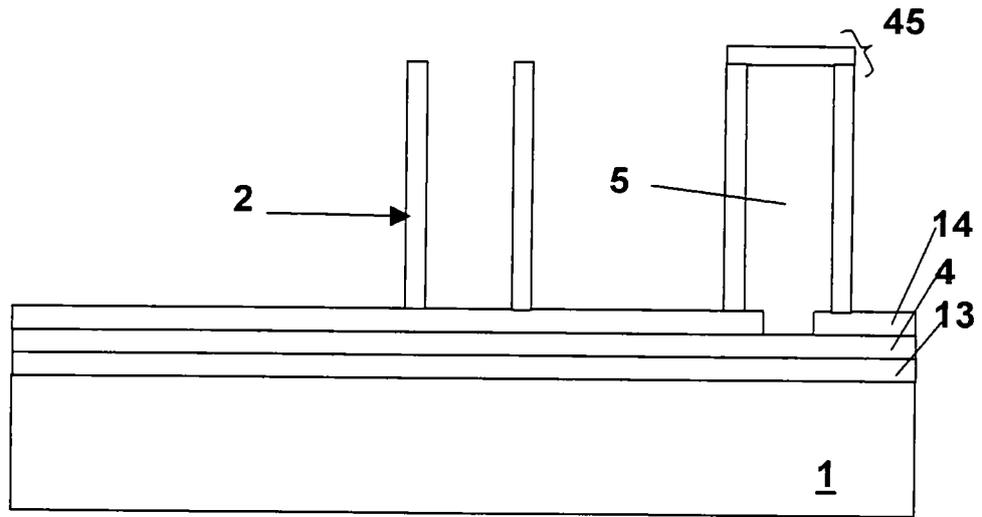


Fig. 16

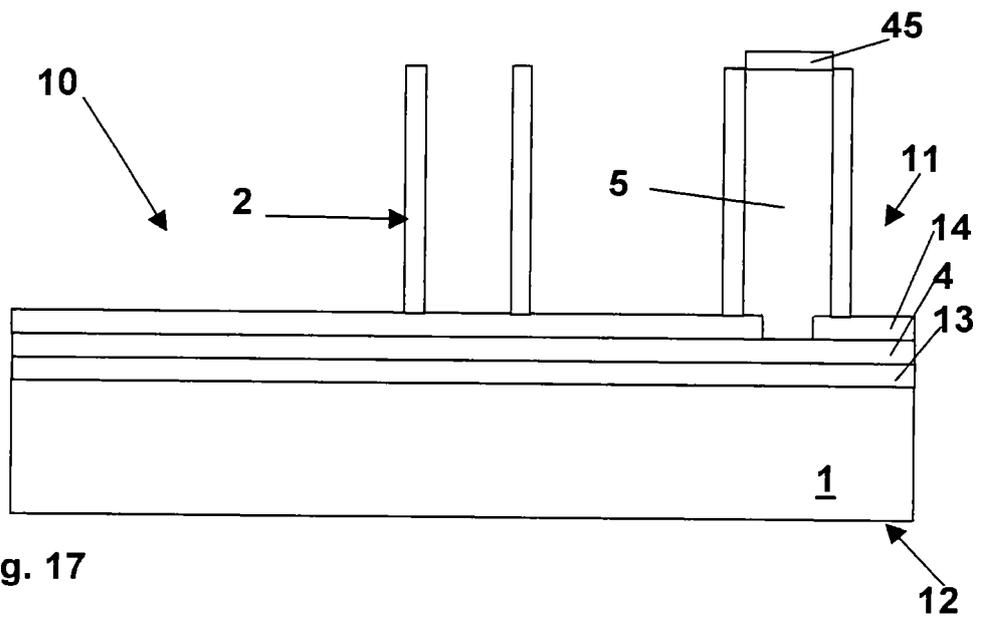


Fig. 17