



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 103 55 395 A1** 2005.06.30

(12)

## Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **103 55 395.9**  
(22) Anmeldetag: **25.11.2003**  
(43) Offenlegungstag: **30.06.2005**

(51) Int Cl.7: **B81C 1/00**  
**B81B 3/00**

(71) Anmelder:  
**Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE**

(72) Erfinder:  
**Fischer, Frank, 72810 Gomaringen, DE; Baer, Hans-Peter, 72793 Pfullingen, DE; Metzger, Lars, 72116 Mössingen, DE; Hoechst, Arnim, 72076 Tübingen, DE; Scheuerer, Roland, 72760 Reutlingen, DE; Kirbach, Gunter, 70374 Stuttgart, DE**

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

(54) Bezeichnung: **Verfahren zur Herstellung eines mikrostrukturierten Bauelementes und hierdurch hergestelltes mikrostrukturiertes Bauelement**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Herstellen eines mikrostrukturierten Bauelementes und ein hierdurch herstellbares mikrostrukturiertes Bauelement.

Das erfindungsgemäße Verfahren weist mindestens folgende Schritte auf:

Ausbilden einer strukturierten Maske (3, 7) mit mindestens einer Ätzöffnung (9) auf einer Opferschicht (1), Einbringen eines Ätzgases (G) durch die Ätzöffnung und Ätzen einer Kaverne (5) in der Opferschicht (1) unterhalb der Ätzöffnung (9).

Hierbei liegt der gemittelte Durchmesser der Ätzöffnung (9) in einem Bereich von 0,05 bis 5  $\mu\text{m}$  und kann insbesondere im Bereich von  $\pm 1 \mu\text{m}$  um einen Idealwert

$d_i = 0,0113 \cdot p \cdot t$ ,

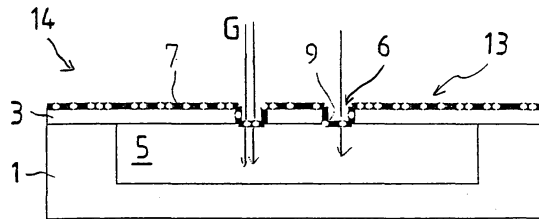
liegen, mit

p Ätzdruck in Milibar,

t Ätzzeit in Minuten und

$d_i$  Idealwert in Mikrometern.

Durch die kleinen Ätzöffnungen kann überraschenderweise eine hohe Ätzrate erreicht werden. Die Ätzöffnungen können direkt durch Strukturierung einer Maskenschicht (3) oder durch zusätzliches Auftragen einer porösen Schicht (7) auf die Maskenschicht ausgebildet werden. Weiterhin kann eine die Ätzöffnungen bedeckende Abdeckschicht aufgetragen werden.



**Beschreibung**

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein mikrostrukturiertes Bauelement, das insbesondere ein Drucksensor, Drehratensensor oder Massenflusssensor mit einer unterätzten Struktur, z.B. einer Membran, sein kann.

**[0002]** Derartige Unterätzungen werden herkömmlicher Weise entweder durch Plasmaätzverfahren, z.B. mit SF<sub>6</sub>, oder durch Ätzverfahren ohne Plasma-Anregung unter Verwendung spontan ätzender Gase, z.B. Fluoride wie XeF<sub>2</sub>, ClF<sub>3</sub> usw. ausgebildet.

**[0003]** Die Ausbildung der Unterätzung erfolgt hierbei, indem auf die zu ätzende Opferschicht eine Maskenschicht aufgetragen wird und die Ätzzugänge durch Strukturierung erzeugt werden. Anschließend wird das Ätzgas von außen durch die Ätzöffnungen zugeführt und die Unterätzung bzw. Kaverne ausgebildet. Um einen schnellen Austausch der Ätzspezies bzw. Ätzprodukte zu ermöglichen, ist eine hohe Ätzrate gewünscht. Hierzu werden Ätzzugänge mit großen Ätzöffnungen verwendet, da durch die größeren Ätzöffnungen ein größerer Austausch des sich verbrauchenden Ätzgases ermöglicht wird. Die Ätzöffnungen sind hierbei herkömmlicherweise z.B. von der Größenordnung größer 15 µm, ein typischer Wert liegt bei 40 µm.

**[0004]** Das erfindungsgemäße mikrostrukturiertes Bauelement und das erfindungsgemäße Verfahren weisen demgegenüber insbesondere den Vorteil auf, dass eine hohe Ätzrate erreicht wird.

**[0005]** Der Erfindung liegt die überraschende Erkenntnis zugrunde, dass bei Verwendung spontan ätzender Gase durch eine Verkleinerung der Ätzöffnungen eine Erhöhung der Ätzrate erreicht werden kann. Entgegen der bisher allgemein geltenden Auffassung, dass durch eine Vergrößerung der einzelnen Ätzöffnungen aufgrund des besseren Austauschs des Ätzgases eine Erhöhung der Ätzrate erreicht wird, konnte erfindungsgemäß festgestellt werden, dass gerade eine Verkleinerung der Ätzöffnungen auf den erfindungsgemäßen gemittelten Durchmesser eine deutliche Erhöhung der Ätzrate erreichbar ist.

**[0006]** Der erfindungsgemäße gemittelte Durchmesser der einzelnen Ätzöffnung hängt hierbei von den jeweiligen Prozessparametern des Ätzschrittes ab und liegt zunächst in einem Bereich oberhalb von 50 nm und unterhalb von 5 µm, vorzugsweise unterhalb von 3 µm, wobei der erfindungsgemäße Effekt bereits oberhalb von 2 µm stark nachlässt.

**[0007]** Der gemittelte Durchmesser einer Ätzöffnung ergibt sich als Durchmesser eines Kreises, dessen Fläche der Ätzöffnung entspricht; bei üblicherweise ausgebildeten quadratischen Ätzöffnungen entspricht er somit etwa dem 1,13-fachen der Kan-

tenlänge der Ätzöffnung.

**[0008]** Es konnte bei quadratischen Ätzöffnungen bei einer Substrattemperatur von -20° C ein optimaler Wert für die Kantenlänge  $a$  in Abhängigkeit der Prozessparameter Druck  $p$  in Milibar und Zeit  $t$  in Minuten ermittelt werden, der grob durch die Gleichung

$$a = 0,01 \cdot p \cdot t$$

wiedergegeben wird, so dass ein erfindungsgemäßer Idealwert des gemittelten Durchmessers den Wert 0,013·p·t annimmt.

**[0009]** Die erfindungsgemäße Wirkung wurde insbesondere bei Silizium als zu ätzendem halbleitenden Material und Ätzgasen festgestellt, die Silizium mit einer geringen Effizienz von ca. 10<sup>-3</sup> bis 10<sup>-5</sup> spontan ohne Plasma-Anregung ätzen, d.h. dass etwa nur jedes tausendste bis hunderttausendste Gasmolekül mit Silizium reagiert. Die Ätzgase können insbesondere Fluoride, z.B. ClF<sub>3</sub>, BrF<sub>3</sub>, BrF<sub>5</sub>, IF<sub>5</sub>, IF<sub>7</sub> sein. Erfindungsgemäß kann hierbei eine Erhöhung der Ätzrate um einen Faktor 2 bis 5 erreicht werden. Hierbei werden vorzugsweise Prozessdrücke zwischen 0,01 mbar und 100 mbar angewendet.

**[0010]** Die deutlich erhöhte Ätzrate ermöglicht zusätzlich eine erhöhte Freiheit in der Design-Auslegung von mikromechanischen oder mikroelektronischen Bauteilen und eine deutlich verkürzte Prozesszeit bei dem Opferschichtätzen mit entsprechend verbundener Kostenreduktion.

**[0011]** Weiterhin können die erfindungsgemäß verwendeten kleinen Ätzöffnungen relativ leicht in einem nachfolgenden Schritt durch eine Abdeckschicht verschlossen werden, ohne dass das zur Ausbildung der Abdecksicht verwendete Material durch die Ätzöffnungen in die ausgebildete Kaverne tritt. Somit können erfindungsgemäß auch Bauelemente mit einer hermetisch verschlossenen Kaverne bzw. hermetisch verschlossenem Freiraum oder einer vollständigen Verkappung oder einer Membran mit geschlossener Membranfläche, z.B. für einen Massenflusssensor oder einen Drucksensor, hergestellt werden können.

**[0012]** Zur Ausbildung der Kaverne kann gemäß einer erfindungsgemäßen Ausführung die Maskenschicht direkt abgeschieden und mit den erfindungsgemäßen kleinen Ätzöffnungen strukturiert werden, so dass nachfolgend in an sich bekannter Weise das Ätzgas von außen durch die Ätzöffnungen in die zu ätzende Opferschicht geführt werden kann.

**[0013]** Gemäß einer hierzu alternativen Ausführung kann zunächst eine untere Maskenschicht aufgetragen und mit relativ großen Ätzzugängen strukturiert werden, auf die nachfolgend eine permeable bzw. po-

röse Schicht aufgetragen wird, die die freigelegten Ätzzugänge bedeckt. Die permeable bzw. poröse Schicht weist hierbei die als Ätzöffnungen dienenden Poren, insbesondere Mikro- oder Nanoporen, auf. Die Poren können direkt bei dem Auftragen der permeablen Schicht ausgebildet werden, oder es kann zunächst eine Bedeckungsschicht aufgetragen werden, in die durch geeignete Verfahren nachträglich die als Ätzöffnungen dienenden Poren ausgebildet werden.

**[0014]** Die Erfindung wird im Folgenden anhand der beiliegenden Zeichnungen an einigen Ausführungsformen erläutert. Die Figuren zeigen den Prozessablauf der Herstellungsverfahren. Es zeigen:

**[0015]** [Fig. 1](#) einen ersten Prozessschritt einer ersten Ausführungsform nach Aufbringen und Strukturieren einer Ätzmaske mit Ätzöffnungen;

**[0016]** [Fig. 2](#) einen nachfolgenden Prozessschritt nach selektivem Ätzen einer Kaverne;

**[0017]** [Fig. 3](#) einen ersten Prozessschritt einer weiteren Ausführungsform nach Aufbringen und Strukturieren einer Ätzmaske mit größeren Ätzzugängen;

**[0018]** [Fig. 4](#) einen nachfolgenden Prozessschritt nach Aufbringen einer permeablen Schicht mit als Ätzöffnungen dienenden Poren;

**[0019]** [Fig. 5](#) einen nachfolgenden Prozessschritt nach selektivem Ätzen einer Kaverne;

**[0020]** [Fig. 6](#) einen gemäß einer weiteren Ausführungsform zwischen den Schritten der [Fig. 3](#) und [Fig. 4](#) durchzuführenden Prozessschritt;

**[0021]** [Fig. 7](#) ein Halbleiter-Bauelement, das durch einen den [Fig. 2](#) oder [Fig. 5](#) folgenden weiteren Prozessschritt hergestellt ist;

**[0022]** [Fig. 8](#) ein Messdiagramm der Unterätzweiten in Abhängigkeit der Seitenlänge der quadratischen Ätzöffnung bei einer Ätzzeit von a) 10 Minuten und b) 5 Minuten;

**[0023]** [Fig. 9](#) ein Messdiagramm einer optimalen Ätzöffnungsgröße für ein Ätzratenmaximum in Abhängigkeit von dem Produkt aus Druck und Zeit.

**[0024]** Eine zu ätzende Silizium-Schicht **1** kann z.B. kristallines oder polykristallines Silizium aufweisen. Als Schicht **1** kann direkt ein Substrat oder eine weitere Siliziumschicht dienen, z.B. eine LPCVD (low pressure chemical vapor deposition)- bzw. Epi-Poly-Siliziumschicht. Die Schicht **1** dient hierbei als Opferschicht für den späteren Ätzzugang. Auf die Oberfläche **2** der zu ätzenden Schicht **1** wird in an sich bekannter Weise eine Maskenschicht **3** aus einem ge-

genüber dem später verwendeten Ätzgas  $\text{ClF}_3$  resistenten Material ausgebildet oder aufgebracht, z.B. ein Oxid, Nitrid, Photolack, Metall usw.

**[0025]** Anschließend wird die Ätzmaske **3** in an sich bekannter Weise z.B. durch bekannte Lithographiemethoden und/oder Nass- oder Trockenätzverfahren strukturiert, so dass Ätzöffnungen **4** in der Maskenschicht **3** ausgebildet werden.

**[0026]** Nachfolgend wird gemäß [Fig. 2](#) mit einem das Silizium mit einer geringen Effizienz von ca.  $10^{-3}$  bis  $10^{-5}$  spontan ohne Plasma-Anregung ätzenden Ätzgas G, insbesondere  $\text{ClF}_3$ , aber auch z.B.  $\text{BrF}_3$ ,  $\text{BrF}_5$ ,  $\text{IF}_5$ ,  $\text{IF}_7$ , eine Kaverne **5** in der Schicht **1** unter der Ätzmaske **3** geätzt, wobei vorzugsweise vorzugsweise Prozessdrücke zwischen 0,01 mbar und 100 mbar angewendet werden. Hierdurch wird ein Bereich **13** der Maskenschicht **3** und gegebenenfalls weiterer, nicht geätzter Schichten zur Ausbildung einer Mikrostruktur unterätzt. Es wird somit ein mikrostrukturiertes Bauelement **8** mit einem unterätzten Bereich **13**, die z.B. als Membran **13** dienen kann, geschaffen.

**[0027]** Bei der Ausführungsform der [Fig. 1](#), [Fig. 2](#) werden die Ätzöffnungen **4** direkt mit dem erfindungsgemäßen gemittelten Durchmesser ausgebildet. Gemäß einer vorteilhaften Ausbildung der Erfindung können Ätzöffnungen bzw. Strukturgrößen in der Ätzmaske **3** zwischen 0,05  $\mu\text{m}$  und 2  $\mu\text{m}$ , vorzugsweise zwischen 0,05 und 1  $\mu\text{m}$  mittels Elektronenstrahlithographie, Röntgenlithographie und/oder extrem tiefer UV-Strahlungs-Lithographie erzeugt werden.

**[0028]** Gemäß der Ausführungsform der [Fig. 3](#) bis [Fig. 5](#) wird wiederum in [Fig. 3](#) zunächst auf der zu ätzenden Schicht **1** die Ätzmaske **3** abgeschieden und nachfolgend mit bekannten Methoden, z.B. Lithographie und/oder Trocken- oder Nassätzprozessen strukturiert. Hierbei werden relativ große Ätzzugänge **6** in der Ätzmaske **3** in der Größenordnung von z.B. einem bis mehreren Mikrometern ausgebildet.

**[0029]** Nachfolgend wird gemäß [Fig. 4](#) eine permeable Schicht **7** abgeschieden, welche kleine Poren **9**, insbesondere Mikro- oder Nanoporen **9**, aufweist. Hierdurch kann die effektive freie Ätzfläche in den Ätzzugängen **6** entsprechend drastisch auf die Bereiche der Poren **9** innerhalb der Ätzzugänge **6** reduziert werden. Die Poren **9** auf der Ätzmaske **3** außerhalb der Ätzzugänge **6** sind hierbei ohne Bedeutung.

**[0030]** Nachfolgend wird gemäß [Fig. 5](#) wiederum gemäß den bei der ersten Ausführungsform genannten Bedingungen Ätzgas G durch die Ätzzugänge **6** und Poren **9** innerhalb der Ätzzugänge **6** geführt, so dass in der Schicht **1** eine Kaverne **5** ausgebildet wird. Hierdurch wird das mikrostrukturierte Bauelement **14** mit einem z.B. als Membran dienenden un-

terätzten Bereich **13** geschaffen.

**[0031]** Um von [Fig. 3](#) zu [Fig. 4](#) zu gelangen, kann gemäß dieser Ausführungsform direkt die permeable bzw. poröse Schicht **7** ausgebildet werden. Alternativ hierzu kann von [Fig. 3](#) ausgehend zunächst gemäß [Fig. 6](#) eine dünne Bedeckungsschicht **15** ohne Poren aufgetragen werden, in die nachfolgend die Poren **9** der [Fig. 4](#) ausgebildet werden.

**[0032]** Für die permeable Schicht **7** bzw. die zwischendurch erzeugte Bedeckungsschicht **15** können erfindungsgemäß z.B. eingesetzt werden: 10–200 nm dünnes PECVD-Oxid auf der Basis von Silan ( $\text{SiH}_4$ ) mit  $\text{O}_2$ ,  $\text{N}_2\text{O}$  oder anderen Oxidationsmitteln, 10–200 nm dünnes PECVD- oder LPCVD-Nitrid. Die gewünschte Permeabilität des Nitrids kann hierbei gemäß [Fig. 6](#), [Fig. 4](#) durch eine entsprechende Nachbehandlung erreicht werden, beispielsweise, indem das LPCVD-Nitrid nachfolgend ganz oder teilweise unter Fluorwasserstoff (HF) zu Silikat wie  $\text{SiF}_6(\text{NH}_4)_2$  umgewandelt wird, das als durchgehende Schicht permeabel ist. Weiterhin kann als Material der Schicht **7** 10–200 nm dünne Polymerfilme aus einer Plasmaabscheidung, z.B. Aluminiumfluorid oder organische Verbindungen wie beispielsweise aus  $\text{C}_4\text{F}_8$ -Prozessen oder ähnlichen, dünne gesputterte oder aufgedampfte Metalle wie Gold, Aluminium, Al-SiCu usw. verwendet werden. Bei der Verwendung von AlSiCu kann das selektive Herauslösen von Silizium oder Kupferausscheidungen zur Herstellung einer Mikroporosität verwendet werden. Weiterhin ist es möglich, dünne LPCVD-Siliziumfilme von 50–200 nm als Bedeckungsschicht **15** auf dem mikroskopischen Ätzzugang **6** zu erzeugen, die vor dem  $\text{ClF}_3$ -Ätzen kurz anoxidiert werden, z.B. als thermisches Oxid dünner als 50 nm. Durch die Oxidation wird der Film hierbei gegen den Angriff von  $\text{ClF}_3$  teilweise passiviert.

**[0033]** Weiterhin können als Material der permeablen Schicht **7** Fotolacke mit Siliziumanteil in der Polymerkette, BCB (Butylcyclobuten), poröse dielektrische Schichten aus Aufdampf- oder Schleuderverfahren verwendet werden.

**[0034]** Weiterhin kann die permeable Schicht **7** ausgebildet werden durch Auftragen von zwei verschiedenen, in einer gemeinsamen oder verschiedenen Lösungsmitteln gelösten Polymeren als Bedeckungsschicht **15**, woraufhin das eine oder die mehreren Lösungsmittel verdampft werden, und eines der beiden Polymere selektiv gegen das andere aus der gebildeten Schicht herausgelöst wird.

**[0035]** Die Bauelemente **8**, **14** können direkt verwendet werden. Weiterhin kann bei beiden Ausführungsformen nachfolgend eine Abschlusschicht **16** abgeschieden werden, die die Ätzöffnungen **4** bzw. die Mikro- oder Nanoporen **9** hermetisch abdichtet.

Hierzu kann ein CVD- oder Sputterverfahren verwendet werden, das lediglich diese feinen Ätzöffnungen **4** bzw. Poren **9** abdichtet, ohne dass eine Abscheidung des verwendeten Materials in die Kavertie **5** unter der Maskenschicht **3** erfolgt. Es kann somit ein Bauelement **19** mit einer Membran **13** mit geschlossener Membranfläche, z.B. für einen Massenflusssensor oder einen Drucksensor, hergestellt werden.

**[0036]** Die [Fig. 8](#) und [Fig. 9](#) zeigen Messergebnisse von unterätzten Kavertien **5**, die bei Bauelementen der Ausführungsform der [Fig. 1](#) und [Fig. 2](#) bei jeweils einer Ätzöffnung **4** und einer Substrattemperatur von  $-20^\circ\text{C}$  ermittelt worden sind. [Fig. 8](#) zeigt hierbei die in den jeweiligen Kavertien **5** in  $\langle 110 \rangle$ -Kristallrichtung des Silizium-Substrats **1** gemessenen Unterätzweiten  $u$  in  $\mu\text{m}$  in Abhängigkeit von der jeweiligen Seitenlänge  $a$  der quadratischen Ätzöffnung **4** bei einer Ätzzeit  $t = 10$  Minuten (durch Interpolation gebildete Messkurve a) und einer Ätzzeit  $t = 5$  Minuten (durch Interpolation gebildete Messkurve b). Bei Messkurve a ergibt sich ein Maximum bei  $a = 0,8 \mu\text{m}$ , bei Messkurve b ein Maximum bei  $a = 0,4 \mu\text{m}$ .

**[0037]** [Fig. 9](#) zeigt die Abhängigkeit des Ätzratenmaximums von dem Produkt  $p \cdot t$  aus Ätzdruck  $p$  und Ätzzeit  $t$ . Aufgetragen ist die optimale Kantenlänge  $a$  in  $\mu\text{m}$  der Ätzöffnung **4**, bei der ein Ätzratenmaximum ermittelt wird, in Abhängigkeit von dem Produkt  $p \cdot t$  in mbar-Minuten. Hierbei sind mit dem Symbol + Messwerte bei einem Druck von 6,8 mbar und mit dem Symbol x Messwerte bei einem Druck von 10 mbar gekennzeichnet.

## Patentansprüche

1. Verfahren zum Herstellen eines mikrostrukturierten Bauelementes, mit mindestens folgenden Schritten:

Ausbilden mindestens einer strukturierten Maske (**3**; **3**, **7**) mit mindestens einer Ätzöffnung (**4**, **9**) auf einer Opferschicht (**1**),  
Einbringen eines Ätzgases (G) durch die Ätzöffnung (**4**, **9**) und  
Ätzen einer Kavertie (**5**) in der Opferschicht (**1**) unterhalb der Ätzöffnung (**4**, **9**) in einem Ätzschritt, wobei der gemittelte Durchmesser ( $d$ ) der Ätzöffnung (**4**, **9**) in einem Bereich von  $0,05 \mu\text{m}$  bis  $5 \mu\text{m}$  liegt.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der gemittelte Durchmesser ( $d$ ) der mindestens einen Ätzöffnung (**4**, **9**) in einem Bereich von  $0,05 \mu\text{m}$  bis unterhalb des doppelten Wertes eines Idealwertes ( $d_i$ ) liegt, der sich in Abhängigkeit des Ätzdruckes ( $p$ ) und der Ätzzeit ( $t$ ) des Ätzschrittes durch die Gleichung

$$d_i = 0,0113 \cdot p \cdot t,$$

ergibt, mit

p Ätzdruck in Milibar,  
t Ätzzeit in Minuten und  
di Idealwert des gemittelten Durchmessers (d) in Mikrometern.

3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass der gemittelte Durchmesser (d) der Ätzöffnung (4, 9) innerhalb eines Bereichs von 1 µm, insbesondere 0,3 µm, um den Idealwert (di) herum liegt.

4. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass mehrere Ätzöffnungen (4, 9) vorgesehen sind.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Maske (3) mit der Ätzöffnung (4) ausgebildet wird, indem eine Maskenschicht (3) auf die Opferschicht (1) aufgetragen wird und nachfolgend die Ätzöffnung (4) durch Strukturierung ausgebildet wird.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Maske (3, 7) mit den Ätzöffnungen (9) ausgebildet wird, indem auf die Opferschicht (1) eine Maskenschicht (3) aufgetragen wird, mindestens ein Ätzzugang (6) strukturiert wird, und auf die Maskenschicht (3) und den mindestens einen Ätzzugang (6) eine permeable Schicht (7) mit als Ätzöffnungen dienenden Poren (9) ausgebildet wird.

7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass die permeable Schicht (7) mit den Poren (9) ausgebildet wird, indem zunächst eine Bedeckungsschicht (15) auf die Maskenschicht (3) aufgetragen wird und nachfolgend die Poren (9) in der Bedeckungsschicht (15) ausgebildet werden.

8. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass als Bedeckungsschicht (15) ein LP-CVD- oder PECVD-Nitrid aufgetragen wird und die Poren (9) ausgebildet werden, in dem Florwasserstoff (HF) zugeführt wird und in der Bedeckungsschicht (15) ganz oder bereichsweise  $\text{SiF}_6(\text{NH}_4)_2$  ausgebildet wird.

9. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass als Bedeckungsschicht (15) AlSiCu aufgetragen wird und nachfolgend die Poren (9) durch selektives Herauslösen von Silizium- und/oder Kupferausscheidungen ausgebildet werden.

10. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass als Bedeckungsschicht (15) ein LP-CVD-Siliziumfilm mit einer Dicke von 50–200 nm aufgetragen wird und nachfolgend die Poren (9) durch Oxidieren, z.B. Anoxidieren, der Bedeckungsschicht (15) ausgebildet werden.

11. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass die permeable Schicht (7) ausgebildet wird durch Auftragen von zwei verschiedenen, in einer gemeinsamen oder verschiedenen Lösungsmitteln gelösten Polymeren, das eine oder die beiden Lösungsmittel verdampft werden, und eines der beiden Polymere selektiv gegen das andere aus der gebildeten Bedeckungsschicht (15) herausgelöst wird.

12. Verfahren nach Anspruch 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, dass die permeable Schicht (7) aus einem Material der folgenden Gruppe ausgebildet wird:

Fotolack mit Siliziumanteil in der Polymerkette, BCB, poröse dielektrische Schicht aus Aufdampf- oder Schleuderverfahren, gesputterte oder aufgedampfte Metallschicht, PECVD-Oxid auf der Basis von Silan mit einem Oxidationsmittel, z.B. O<sub>2</sub> oder N<sub>2</sub>O.

13. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass nachfolgend eine Abdeckschicht (16) auf die strukturierte Maske (3; 3, 7) aufgetragen wird, die die Ätzöffnungen (4, 9) bedeckt.

14. Verfahren nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass die Abdeckschicht (16) durch einen CVD- oder Sputterschritt ausgebildet wird.

15. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die zu ätzende Opferschicht (1) aus Silizium ausgebildet ist und das Ätzgas (G) das Silizium mit einer geringen Effizienz von ca. 10<sup>-3</sup> bis 10<sup>-5</sup> spontan ohne Plasma-Anregung ätzt.

16. Verfahren nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, dass das Ätzgas (G) ein Interhalogen, z.B. ClF<sub>3</sub>, BrF<sub>3</sub>, BrF<sub>5</sub>, IF<sub>5</sub> oder IF<sub>7</sub>, ist.

17. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass bei dem Ätzschritt Prozessdrücke zwischen 0,01 mbar und 100 mbar angewendet werden.

18. Mikrostrukturiertes Bauelement, das aufweist:

eine Opferschicht (1),  
eine in der Opferschicht (1) ausgebildete Kaverne (5),  
eine auf der Opferschicht (1) ausgebildete, die Kaverne (5) bedeckende Maskenschicht (3; 3, 7), die mindestens eine Ätzöffnung (4, 9) aufweist, wobei die mindestens eine Ätzöffnung (4, 9) einen Durchmesser zwischen 0,05 µm und 5 µm aufweist.

19. Mikrostrukturiertes Bauelement nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, dass die min-

destens eine Ätzöffnung (4, 9) einen Durchmesser von 0,05 µm bis 4 µm, insbesondere von 0,05 µm bis 3 µm, z.B. von 0,05 µm bis 2 µm, beispielsweise 0,05 µm bis 1 µm aufweist.

20. Mikrostrukturiertes Bauelement nach Anspruch 18 oder 19, dadurch gekennzeichnet, dass mehrere Ätzöffnungen (4, 9) vorgesehen sind.

21. Mikrostrukturiertes Bauelement nach einem der Ansprüche 18 bis 20, dadurch gekennzeichnet, dass auf der Opferschicht (1) genau eine Maskenschicht (3) ausgebildet ist, in der die mindestens eine Ätzöffnung (4) ausgebildet ist.

22. Mikrostrukturiertes Bauelement nach einem der Ansprüche 18 bis 20, dadurch gekennzeichnet, dass es eine Maskenschicht (3) mit mindestens einem größeren Ätzzugang (6) und eine auf der Maskenschicht (3) und dem Ätzzugang (6) aufgetragene permeable Schicht (7) mit Poren (9) aufweist, und die Poren (9) der permeablen Schicht (7) die Ätzöffnungen (9) bilden.

23. Mikrostrukturiertes Bauelement nach Anspruch 22, dadurch gekennzeichnet, dass die permeable Schicht (7) eine Dicke von 10 nm–200 nm aufweist und aus einem der folgenden Materialien hergestellt ist:  
 einem LPCVD-Nitrid oder PECVD-Nitrid mit Silikat-ausscheidungen, z.B.  $\text{SiF}_6(\text{NH}_4)_2$ ,  
 einem Polymerfilm aus einer Plasmaabscheidung, z.B.  $\text{AlF}_3$ ,  
 einer organischen Verbindung, z.B. Butylcyclobuten,  
 einer aufgesputterten oder aufgedampften Metallschicht, z.B. Au, Al oder  $\text{AlSiCu}$  mit Silizium- oder Kupferausscheidungen,  
 einem anoxidiertem LPCVD-Silizium mit thermischen Oxid dünner als 50 nm,  
 einem Fotolack mit Siliziumanteil in einer Polymerkette,  
 einer porösen dielektrischen Schicht aus einem Aufdampf- oder Schleuderverfahren.

24. Mikrostrukturiertes Bauelement nach einem der Ansprüche 18 bis 23, dadurch gekennzeichnet, dass auf der Maske (3; 3, 7) eine Abdeckschicht (16) aufgetragen ist, die die mindestens eine Ätzöffnung (4, 9) verschließt.

25. Mikrostrukturiertes Bauelement nach Anspruch 24, dadurch gekennzeichnet, dass die Abdeckschicht (16) als CVD-Schicht oder Sputterschicht aufgetragen ist.

26. Mikrostrukturiertes Bauelement nach einem der Ansprüche 18 bis 25, dadurch gekennzeichnet, dass die auf der Kaverne (5) ausgebildeten Schichten (3; 3, 7; 3, 7, 16) eine Membran (13) bilden.

27. Mikrostrukturiertes Bauelement nach Anspruch 26, dadurch gekennzeichnet, dass es ein Beschleunigungssensor, Drehratensensor oder Massenflusssensor ist.

Es folgen 4 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

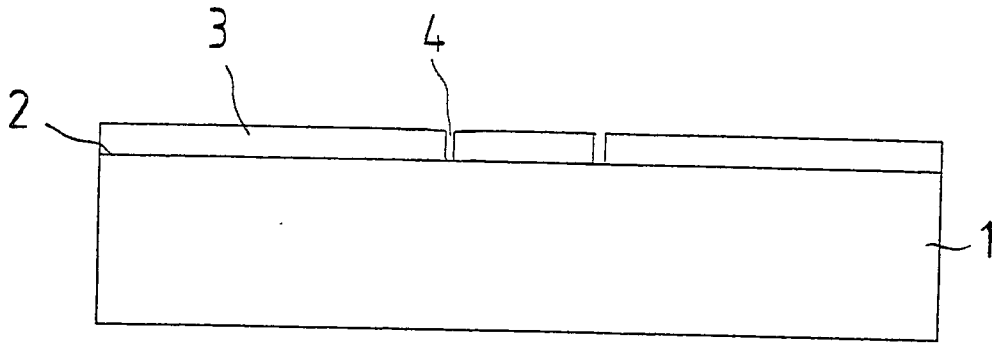


Fig. 1

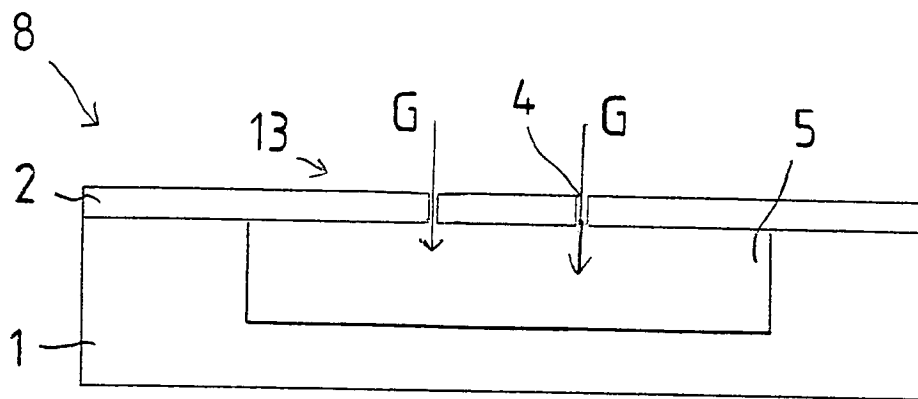


Fig. 2

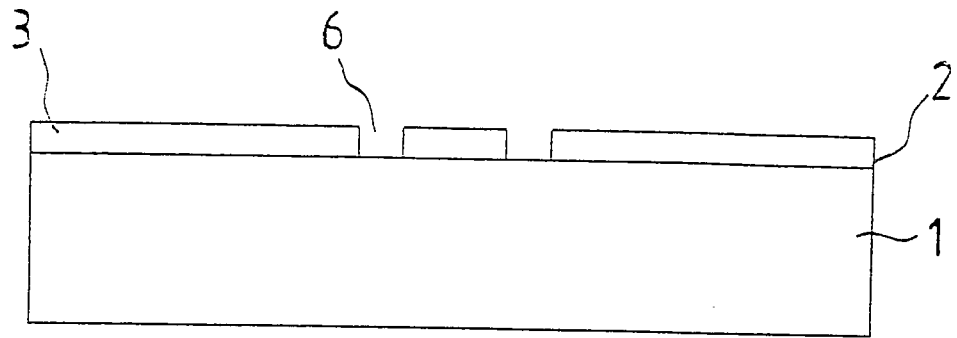


Fig. 3

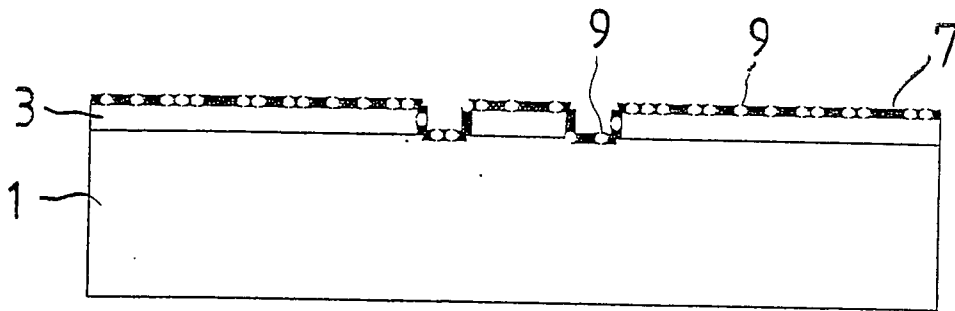


Fig. 4

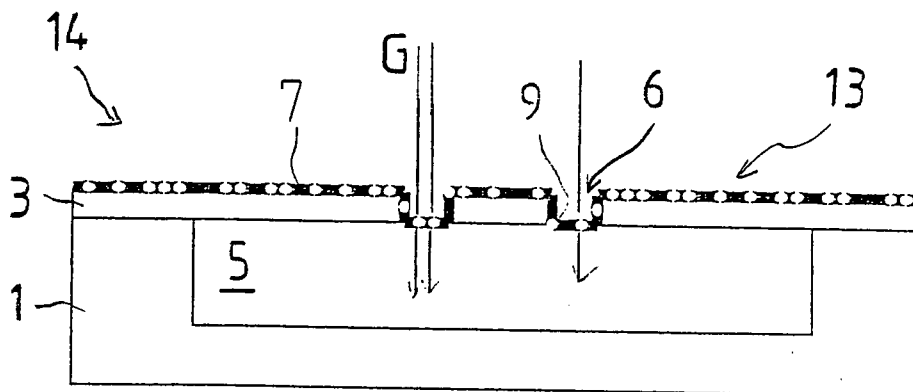


Fig. 5

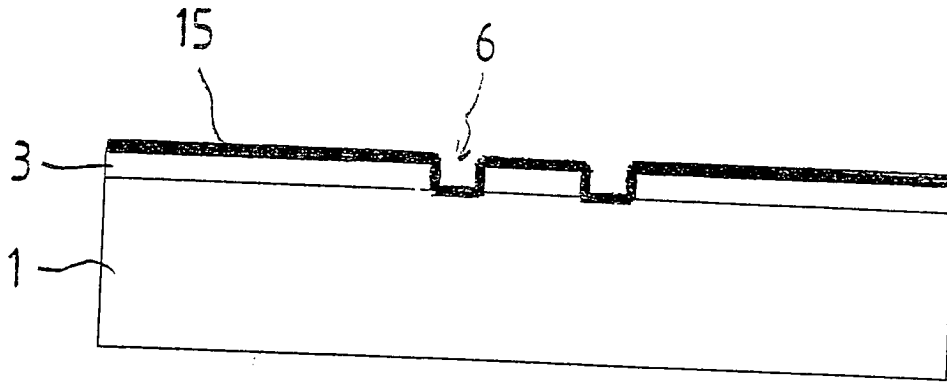


Fig. 6

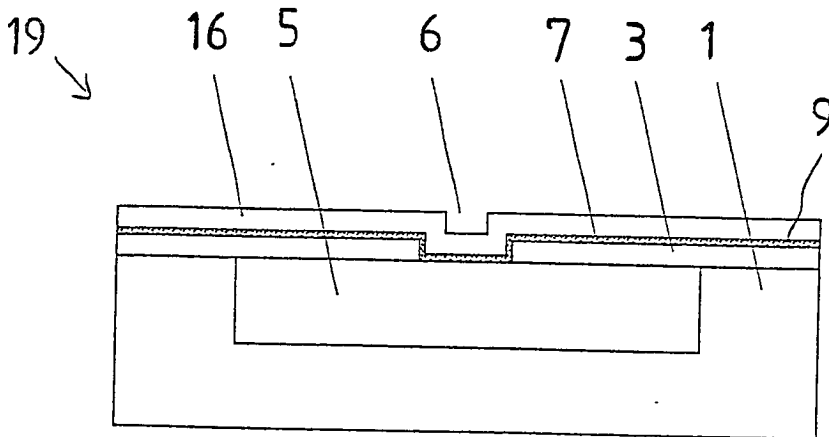


Fig. 7

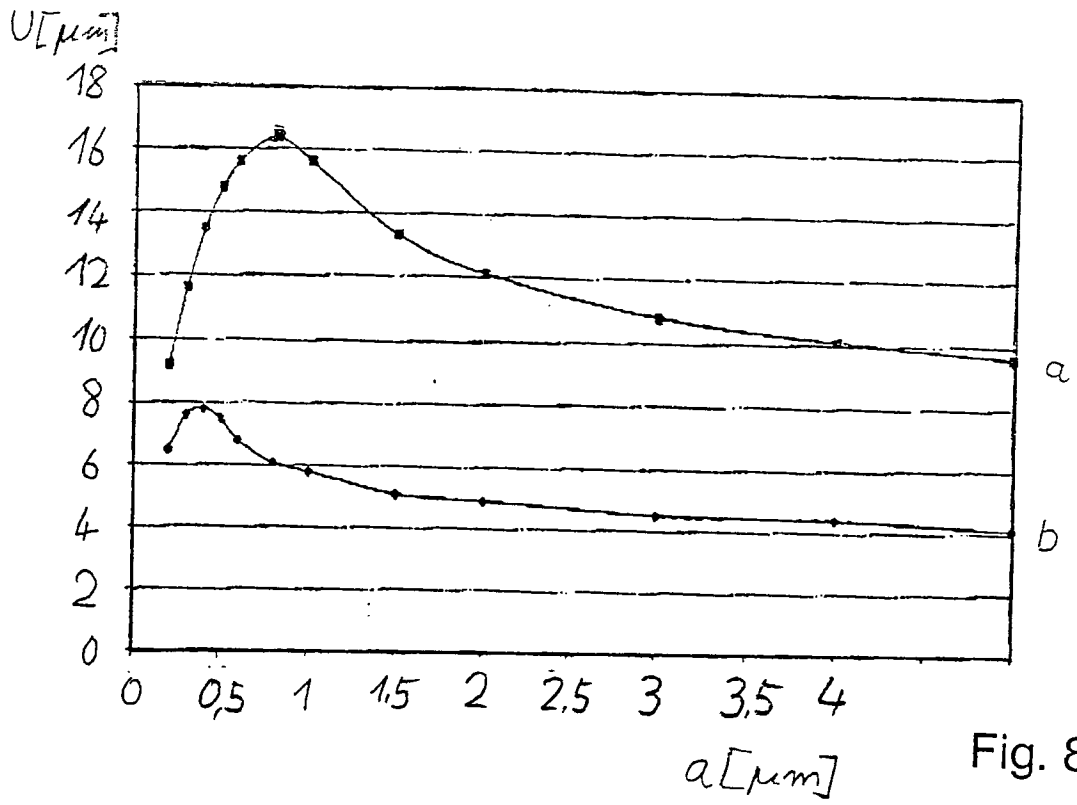


Fig. 8

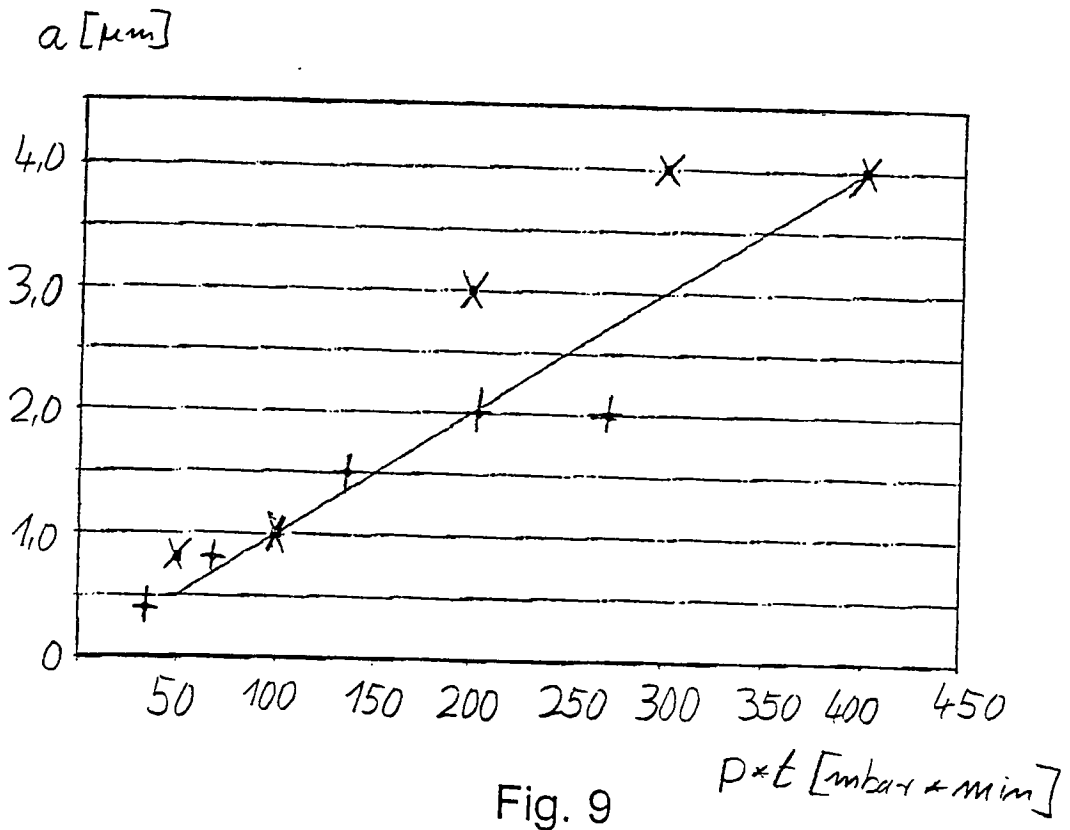


Fig. 9