



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 103 17 889 B4** 2008.10.30

(12)

## Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **103 17 889.9**  
(22) Anmeldetag: **17.04.2003**  
(43) Offenlegungstag: **18.11.2004**  
(45) Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: **30.10.2008**

(51) Int Cl.<sup>8</sup>: **B81B 1/00** (2006.01)  
**B81C 1/00** (2006.01)  
**B81B 5/00** (2006.01)  
**G04D 3/00** (2006.01)

Innerhalb von drei 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:  
**GFD-Gesellschaft für Diamantprodukte mbH,**  
**89081 Ulm, DE**

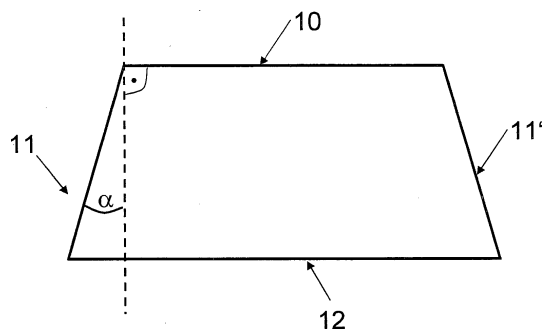
(74) Vertreter:  
**PFENNING MEINIG & PARTNER GbR, 80339**  
**München**

(72) Erfinder:  
**Flöter, André, Dr., 89567 Sontheim, DE; Gluche,**  
**Peter, Dr., 89073 Ulm, DE; Ertl, Stephan, 89075**  
**Ulm, DE; Geiger, Dietmar, Dr., 89075 Ulm, DE**

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht  
gezogene Druckschriften:  
**DE 198 08 326 A1**  
**US2003/00 52 080 A1**  
**US 53 34 342**  
**WO 99/37 437 A1**  
**A.A. Yasseen et al., MEMS '99: Twelfth IEEE**  
**International Conference on Orlando, USA,**  
**Conference Proceedings, S. 644-649, Jan. 1999;**  
**V. Ralchenko et al., Diamond Materials,**  
**Proceedings of the Sixth International**  
**Symposium,**  
**Honolulu, USA, S. 72-79, Okt. 1999;**

(54) Bezeichnung: **Mikromechanisches Bauteil und Verfahren zu seiner Herstellung**

(57) Hauptanspruch: Mikromechanisches Bauteil mit einer ersten Oberfläche (10) und einer zweiten Oberfläche (12), die aufeinander im Wesentlichen senkrecht stehen, wobei die erste (10) und/oder die zweite Oberfläche (12) zumindest bereichsweise aus Diamant ( $C_1$ ),  $Al_xO_y$ ,  $Si_xC_y$ ,  $Si_xN_y$ ,  $Si_xO_yN_{y-1}$ , metallischen Karbiden der Gruppen 4, 5 oder 6 des Periodensystems und/oder Zirkonverbindungen, insbesondere  $Zr_xO_y$ , bestehen, wobei x und y positive ganze Zahlen sind, wobei die erste (10) und/oder die zweite (12) Oberfläche eine mittlere Rauigkeit  $R_{rms} \leq 10 \mu m$  aufweist.



**Beschreibung**

**[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft ein mikro-mechanisches Bauteil sowie ein Verfahren zu seiner Herstellung. Derartige mikromechanische Bauteile werden in allen Bereichen benötigt, in denen die Mikromechanik Einzug gehalten hat, z. B. als mikromechanische Geräte, Getriebe und insbesondere in der Uhrenindustrie. In einem Uhrwerk finden derartige mikromechanische Bauteile insbesondere als Zahnräder, Unruhe, Feder und/oder Zeiger Verwendung.

**[0002]** Nach dem Stand der Technik sind mikromechanische Bauteile gewöhnlich aus Metallen oder anderen Festkörpern hergestellt. Es wurden bereits mikromechanische Bauteile aus Diamant mit Abmessungen, wie sie beispielsweise für den Einsatz in einer Uhr benötigt werden, gefertigt, (www.iaf.fraunhofer.de und dortige Verweise). Jedoch ist es bisher nicht gelungen, diese Teile so herzustellen, dass sie geeignet sind, in einem mikromechanischen Getriebe, z. B. in einem Uhrlaufwerk, eingesetzt zu werden. Bisherige, aus Diamant gefertigte mikromechanische Bauteile werden dabei so hergestellt, dass zuerst über ein CVD-Verfahren Diamant auf einem flachen bzw. scheibenförmigen Substrat abgeschieden wird. Dies kann bis zu einer Stärke von etwa 3 mm erfolgen. Um aus einer derartigen einheitlichen Diamantschicht das gewünschte mikromechanische Bauteil zu erhalten, wird mittels eines gütegeschalteten Nd:YAG-Lasers die gewünschte Form aus der Diamantscheibe herausgeschnitten. Aufgrund der sehr hohen Wärmeleitfähigkeit von Diamant ist ein thermisches Schneidverfahren in der Anwendung problematisch.

**[0003]** Aus der US 5 334 342 A ist ein kombinatorisches Verfahren aus einem Hochtemperaturschritt und einem mikrolithographischen formgebenden Schritt zur Herstellung von Diamantfilmen bekannt, die zur Abscheidung hohe Temperaturen benötigen.

**[0004]** Aus der DE 198 08 326 A1 ist ein Mikroaktor auf Diamantbasis bekannt, der einen auf einer thermisch isolierenden Schicht angeordneten Mikroaktor mit Widerstandsschicht aus dotiertem Diamant umfasst.

**[0005]** Aus der Veröffentlichung A. A. Pässeen et al., MEMS '99: Twelfth IEEE International Conference an Orlando, USA, Conference Proceedings, S. 644–649, Jan. 1999, ist ein Verfahren zur Herstellung von oberflächenbearbeiteten Siliziumcarbid (SiC) Mikromotoren bekannt, die eine vielschichtige polykristalline Siliciumcarbidoberflächenbeschichtung aufweisen.

**[0006]** Ebenso ist in der Veröffentlichung von V. Ralchenko et al., Diamond Materials, Proceedings of the Sixth International Symposium, Honolulu, USA, S.

72–79, Okt. 1999 ein Mikrowellenverfahren und ein Gleichstrom-Plasma-CVD-Verfahren zur Abscheidung von Diamantschichten auf Substraten bekannt.

**[0007]** Die US 2003/0052080 A1 beschreibt ein Verfahren zur Herstellung von nanoskaligen Diamantfasern, bei denen ein Diamantfilm auf einem Substrat abgeschieden wird und im Anschluss unter Verwendung einer Ätzmaske ein Ätzschritt des Diamantfilms vorgenommen wird.

**[0008]** Die so hergestellten mikromechanischen Bauteile haben daher den Nachteil, dass die bearbeitete Schnittfläche als Oberfläche überaus rauh ist und insbesondere aufgrund der thermischen Wirkung des Lasers nicht senkrecht auf der flächig ausge dehnten Scheibenoberfläche steht. Die Oberflächen sind daher für mikromechanische Bauteile ungenügend. Lediglich die Scheibenoberfläche kann durch Schleifen und Polieren auf Rauheitswerte unter 2 mm gebracht werden. Feinere Strukturen können mit Lasern nicht erzeugt werden aufgrund der begrenzten Fokussierbarkeit von Lasern. Es sind lediglich minimale Schnittbreiten von ca. 50 µm möglich.

**[0009]** Die vorliegende Erfindung stellt sich daher die Aufgabe, ein mikromechanisches Bauteil zur Verfügung zu stellen, bei dem eine erste und eine zweite Oberfläche im Wesentlichen senkrecht aufeinander stehen. Weitere Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, ein Verfahren anzugeben, mit dem derartige Bauteile hergestellt werden können.

**[0010]** Diese Aufgabe wird durch das mikromechanische Bauteil nach Anspruch 1 und das Verfahren nach Anspruch 12 gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen des erfindungsgemäßen mikromechanischen Bauteils und des erfindungsgemäßen Verfahrens wird in den jeweiligen abhängigen Ansprüchen gegeben.

**[0011]** Erfindungsgemäß besteht das mikromechanische Bauteil aus Diamant,  $Al_xO_y$ ,  $Si_xC_y$ ,  $Si_xN_y$ ,  $Si_xO_yN_{y-1}$ , metallischen Carbiden der Gruppen 3, 4 und 5 des Periodensystems und/oder Zirkonverbindungen, insbesondere  $Zr_xO_y$ . X und Y bezeichnen dabei positive ganze Zahlen. Erfindungsgemäß wird erstmals ein mikromechanisches Bauteil zur Verfügung gestellt, dessen Oberflächen senkrecht aufeinander stehen. Hierzu wird zuerst eine aus den obigen Materialien bestehende Schicht auf einem Substrat abgeschieden und anschließend das Bauteil in seiner Außenkontur mittels eines Ätzschrittes und einer Ätzmaske auf einer ersten Oberfläche der abgeschiedenen ersten Schicht herausgeätzt. Durch die Auswahl geeigneter Prozessparameter und/oder Prozessgase gelingt es, die Selektivität der Ätzraten zwischen Maskenmaterial und der zu ätzenden Schicht sicherzustellen. Dadurch ist es möglich, eine im Wesentlichen rechtwinklige Kante zwischen der Oberfläche

der ersten abgeschiedenen Schicht und der Ätzkante auszubilden. Besonders vorteilhaft wird reaktives Ionenätzen verwendet, beispielsweise mittels Chlor oder Sauerstoff.

[0012] Ein ähnliches Ätzverfahren mit dem Ziel eine schräge Schneidkante einer Diamantschneide zu erzeugen, ist in der WO 99/37437 A1 offenbart.

[0013] Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren ist es also erstmals möglich, ein mikromechanisches Bauteil zu schaffen, bei dem eine erste und eine zweite Oberfläche im Wesentlichen senkrecht aufeinander stehen, vorteilhafterweise mit einer Abweichung um weniger als  $2^\circ$  von der Senkrechten. Es ist auch erstmals möglich, ein Bauteil zu schaffen, dessen erste und/oder zweite Oberfläche eine mittlere Rauigkeit  $R_{rms} < 10 \mu\text{m}$  ( $rms = \text{root mean square}$ , Wurzel des arithmetischen Mittels) aufweist.

[0014] Aufgrund der glatten Kanten und Flächen ist insbesondere die Abnutzung des Gleit- bzw. Reibpartners, beispielsweise eines metallischen zweiten Zahnrades sehr gering. Vorteilhafterweise können zur weiteren Verringerung der Reibung und der Abnutzung die Kanten zwischen den beiden Oberflächen verrundet werden. Dies ist beispielsweise in einem Ultraschallbad möglich, dessen Badflüssigkeit Diamantpartikel und/oder eine sauerstoffhaltige Substanz (Sauerstoff als Atom, in einem Molekül oder als Radikal), z. B. Kaliumpermanganat oder Kaliumnitrat, enthält.

[0015] Wird das Bauelement aus Diamant gefertigt, so hat es überragende mechanische und chemische Eigenschaften. Zu erwähnen sind hier insbesondere seine hohe Wärmeleitfähigkeit, die ein Überhitzen des Bauelementes verhindert, sein hohes E-Modul, die geringe Wärmeausdehnung, die den Einsatz des Bauelementes unter wechselnden Temperaturen mit dennoch geringen Toleranzen ermöglicht, seine hohe Verschleißfestigkeit, und sein geringer Reibungskoeffizient. All diese Eigenschaften ermöglichen es, Mikrobaulemente mit bisher nicht erreichten Gebrauchseigenschaften herzustellen.

[0016] Im Folgenden werden einige Beispiele erfindungsgemäßer Herstellungsverfahren beschrieben.

[0017] Es zeigen:

[0018] [Fig. 1](#) ein Schema eines mikromechanischen Bauteils;

[0019] [Fig. 2](#) ein Herstellungsverfahren für ein mikromechanisches Bauelement;

[0020] [Fig. 3](#) ein weiteres Herstellungsverfahren für ein mikromechanisches Bauteil;

[0021] [Fig. 4](#) ein mikromechanisches Bauteil; und

[0022] [Fig. 5](#) Vorrichtungen zum Herstellen erfindungsgemäßer mikromechanischer Bauteile.

[0023] [Fig. 1](#) zeigt schematisch ein erfindungsgemäßes mikromechanisches Bauteil mit zwei parallelen Oberflächen **10**, **12** als erste Oberflächen und Flanken **11**, **11'** als zweite Oberflächen. Die Oberflächen **10**, **12** und Flanken **11**, **11'** stehen im Wesentlichen senkrecht zueinander. Die Vertikalität der Flanken **11**, **11'** weicht dabei höchstens zu einem Winkel  $\alpha < 10^\circ$ , vorzugsweise  $\alpha < 5^\circ$ , vorzugsweise  $\alpha < 2^\circ$  von der orthogonalen Orientierung ab.

[0024] [Fig. 2](#) zeigt ein Herstellungsverfahren in den Teilbildern A bis D, bei dem (Teilbild A) zuerst auf einer Substratschicht **1** aus Silizium oder Polysilizium eine Schicht **2** aus Diamant über ein CVD- oder PVD-Verfahren abgeschieden wird. Anschließend wird die Diamantschicht **2** mit einer weiteren Siliziumschicht **3** beschichtet ([Fig. 2B](#)), die anschließend strukturiert wird, um eine Ätzmaske **3a**, **3b** zu bilden ([Fig. 2C](#)). Anschließend findet ein Ätzschritt statt, dessen Verfahrensparameter so gewählt werden, dass die Diamantschicht **2** in den Bereichen abgeätzt wird, in denen sie nicht von der Maske **3a**, **3b** bedeckt ist. Dabei bilden sich seitliche Flanken **11** aus, die bei geeigneter Wahl der Verfahrensbedingungen im Wesentlichen senkrecht auf der Grenzschicht zwischen den verbleibenden Diamantelementen **2a**, **2b** und der Ätzmaske **3a** und **3b** steht. Anschließend werden sowohl die Ätzmaske **3a**, **3b** als auch die Substratschicht **1** als Opferschicht entfernt, so dass die Elemente **2a** und **2b** als mikromechanische Bauteile übrig bleiben. Die Flanken **11**, die beim Ätzen entstanden sind, stehen dabei im Wesentlichen senkrecht auf den gegenüberliegenden Oberflächen **10**, **12a** und **12b**.

[0025] [Fig. 3](#) zeigt ein weiteres Herstellungsverfahren für ein Zahnrad (falls der Fertigungsprozess nach Schritt C1 abgebrochen wird) bzw. ein Doppelzahnrad, wie es in [Fig. 4](#) dargestellt ist. Dieses Doppelzahnrad besitzt zwei Zahnoberflächen **11a**, **11b**, die jeweils senkrecht zu den benachbarten Oberflächen **10**, **12** sind. Die Zahnflächen **11a** und **11b** entsprechen verschiedenen Zahnradradien.

[0026] Wie in [Fig. 3A](#) zu erkennen ist, wird zuerst eine strukturierte Substratschicht **1** aus Silizium, Polysilizium oder einem Carbid eines Metalls der 3ten bis 5ten Hauptgruppe des Periodensystems hergestellt, die Vertiefungen **5a** und **5b** aufweist. Auf diese Substratschicht **1** wird nun eine Diamantschicht **2** abgeschieden, wobei deren Dicke so gewählt wird, dass die Vertiefungen **5a** und **5b** sich nunmehr auch in der Diamantschicht **2** ausprägen.

[0027] In einem Schritt C1 wird nun die Diamant-

schicht **2** bis auf die ursprüngliche Oberfläche der Substratschicht **1** abgeschliffen, so dass die Diamantschicht in zwei Bereiche **2a** und **2b** zerfällt, die in den Vertiefungen **5a** bzw. **5b** angeordnet sind. An ihrer Oberfläche bilden sie Oberflächen **10** aus, während senkrecht hierzu in den Vertiefungen **5a**, **5b** vertikale Flanken **11** als Grenzfläche zwischen der Diamantschicht **2a**, **2b** und der Substratschicht **1** vorliegen.

**[0028]** Alternativ zum Schritt C1 ist es auch möglich, in einem Schritt C2 die Diamantschicht nicht vollständig bis zur Oberfläche der Substratschicht abzuschleifen, so dass eine durchgehende Diamantschicht stehen bleibt.

**[0029]** Fig. 3D2 zeigt nun einen weiteren Schritt ausgehend von Fig. 3C2, wobei hier jetzt die Diamantschicht **2** mit einer weiteren Siliziumschicht **3** als Ätzmaske überschichtet wird. Diese Ätzmaske **3** wird strukturiert, so dass sie wie in Fig. 3E2 zu sehen ist, zwei Maskenelemente **3a** und **3b** bilden, die einen größeren Durchmesser als die Vertiefungen **5a** und **5b** besitzen. Anschließend erfolgt ein Ätzschritt, dessen Verfahrensbedingungen so gewählt werden, dass die sich senkrecht ausbildenden Oberflächen **11a** der Diamantelemente **2a**, **2b** im Wesentlichen senkrecht auf den Grenzflächen **10** zwischen den Diamantelementen **2a**, **2b** und den Ätzmasken **3a** und **3b** stehen.

**[0030]** Abschließend wird sowohl das Substrat **1** als Opferschicht als auch die Ätzmasken **3a**, **3b** entfernt, so dass das mikromechanische Bauteil, das in Fig. 4 gezeigt ist, erhalten wird.

**[0031]** Fig. 5 zeigt nun verschiedene Anlagen, die zur Herstellung der erfindungsgemäßen mikromechanischen Bauteile verwendet werden können.

**[0032]** Fig. 5A zeigt eine RIE-Anlage (Reactive Ion Etching) mit rein kapazitivem Betrieb. Diese Anlage weist eine Kammer **20** auf, in der ein Substrat **26** auf einer Unterlage **21b** angeordnet ist. Dem Substrat **26** gegenüber ist eine Elektrode **21a** angeordnet. Die Elektrode **21a** und die Unterlage **21b** sind über Leitungen **22a** und **22b** mit einer Spannungsquelle **23** verbunden, die eine Leistung zwischen 1 W und 3000 W erzeugt. Hierdurch wird ein Plasma **25** aus Argon-Ionen und Sauerstoff zwischen dem Substrat **26** und der Elektrode **21a** erzeugt, das das Substrat in den nicht von einer Maske bedeckten Bereichen ätzt. Dabei ergibt sich eine Self-Bias-Spannung mit negativem Potential. Der Self-Bias-Spannung kann eine zusätzliche, erzwungene Spannung überlagert werden. Dies geschieht durch Einfügen eines Gleichstromgenerators zwischen Substratelektrode und Erdung.

**[0033]** Fig. 5B zeigt eine weitere Anlage nach dem

ICP-Verfahren (Inductive Coupled Plasma). Hier wie zuvor auch sind gleiche oder ähnliche Bauelemente mit gleichen oder ähnlichen Bezugszeichen wie in den anderen Figuren versehen. Statt der Elektrode **21a** ist nun innerhalb der Kammer **20** eine Elektrode **21a** mit einer Spule angeordnet, über die induktiv die Leistung in das Plasma **25** eingekoppelt wird. Die Kammer **20** und die Unterlage **21b** sind ebenfalls über eine Spannungsquelle **23** miteinander verbunden.

**[0034]** In beiden Anlagen beträgt die Self-Bias-Spannung vorteilhafterweise 20 bis 1000 V, vorzugsweise 250 bis 800 V, vorzugsweise zwischen 350 und 700 V.

**[0035]** Wesentliche Parameter bei der Verfahrensführung für den Ätzschritt sind der Kammerdruck und die Partialdruckverhältnisse.

**[0036]** Insbesondere der Kammerdruck ist für die hohe Vertikalität des Ätzprozesses und den anisotropen Ätzangriff von wesentlicher Bedeutung. Ziel ist dabei ein niedriger Kammerdruck bei gleichzeitig ausreichender Menge von reaktiven Spezies. Als geeignete Druckwerte für die RIE-Anlage wurden Werte < 20 Pa, vorzugsweise < 10 Pa, vorzugsweise < 4,7 Pa ermittelt. Für die ICP-Anlage beträgt der Kammerdruck vorzugsweise 1,3 bis 2,7 Pa.

**[0037]** Die genannten Bereiche des Kammerdrucks führen zu einer anisotropen Ätzung, während sich bei hohem Druck zu viele Atome in der Kammer befinden, die die Argonionen während des Beschusses ablenken. Bei zu hohem Kammerdruck wird daher eine isotrope Ätzung bewirkt.

**[0038]** Über die Partialdruckverhältnisse kann insbesondere die Ätzgeschwindigkeit und damit auch die Anisotropie der Ätzung beeinflusst werden. Vorzugsweise beträgt das Partialdruckverhältnis zwischen den Partialdrücken von Ar<sup>+</sup> und O<sub>2</sub> zwischen 0,0 und 10,0, vorzugsweise zwischen 0,2 und 2,0, vorzugsweise zwischen 0,4 und 0,6. Auf den in Fig. 5 gezeigten Anlagen ergeben sich im oben genannten Parameterbereich Ätzgeschwindigkeiten zwischen 100 nm/Stunde und 10 µm/Stunde.

**[0039]** Statt Argon und Sauerstoff als Plasma-Gase können auch andere Systeme eingesetzt werden. Insbesondere kommen statt Argon alle Edelgase der zweiten Hauptgruppe des Periodensystems der Elemente in Frage. Anstelle von Sauerstoff als reaktivem Gas kommen alle Gase in Frage, die mit Kohlenstoff eine flüchtige Verbindung eingehen können, insbesondere

1. chlorhaltige Gase, z. B. Cl<sub>2</sub>, CCl<sub>2</sub>, BCl<sub>3</sub>, PCl<sub>3</sub> sowie weitere chlorhaltige Gase und/oder deren Mischungen;
2. fluorhaltige Gase, z. B. F, F<sub>2</sub>, CF<sub>4</sub>, CF<sub>n</sub>, C<sub>2</sub>F<sub>6</sub>,

SF<sub>4</sub>, SF<sub>6</sub>, SF<sub>4</sub> sowie weitere fluorhaltige Gase sowie deren Verbindungen und/oder Mischungen;  
 3. sauerstoffhaltige Gase O<sub>2</sub>, CO, CO<sub>2</sub> sowie weitere sauerstoffhaltige Gase und/oder deren Mischungen;  
 4. Gase, die Fluor und/oder Chlor und/oder Sauerstoff enthalten, z. B. CClF<sub>2</sub>, CClF<sub>5</sub>, CClF<sub>3</sub> und/oder deren Mischungen.

**[0040]** Während des Ätzprozesses ist es weiterhin wichtig, Redepositionen, zu denen es während des Ätzprozesses kommt, in regelmäßigen oder unregelmäßigen Abständen zu entfernen, um glatte Oberflächen an der senkrechten zweiten Fläche **11** zu erzielen. Denn bei dem laufenden Prozess zur Diamantätzung kommt es durch den Ionen-Beschuss zu Redepositionen des Maskenmaterials und sonstiger Partikel auf der zu ätzenden Schicht. Daher wird der Ätzprozess nach einiger Zeit, z. B. nach 20 min unterbrochen. Es folgt dann ein kurzer Ätzschritt von ca. einer Minute, z. B. Standard-Siliziumätzschritt, um Silizium-Redepositionen zu entfernen. Hierzu wird als Gas beispielsweise CF<sub>4</sub> bei 10 Pa Partialdruck verwendet. Zusätzlich sollte die Probe chemisch gereinigt werden und zwar nach etwa 50 µm Ätztiefe. Hierzu bietet sich die RCA-Reinigung, wie sie in der Siliziumbearbeitung Standard ist, an.

### Patentansprüche

1. Mikromechanisches Bauteil mit einer ersten Oberfläche **(10)** und einer zweiten Oberfläche **(12)**, die aufeinander im Wesentlichen senkrecht stehen, wobei die erste **(10)** und/oder die zweite Oberfläche **(12)** zumindest bereichsweise aus Diamant (C<sub>i</sub>), Al<sub>x</sub>O<sub>y</sub>, Si<sub>x</sub>C<sub>y</sub>, Si<sub>x</sub>N<sub>y</sub>, Si<sub>x</sub>O<sub>y</sub>N<sub>y-1</sub>, metallischen Karbiden der Gruppen 4, 5 oder 6 des Periodensystems und/oder Zirkonverbindungen, insbesondere Zr<sub>x</sub>O<sub>y</sub>, bestehen, wobei x und y positive ganze Zahlen sind, wobei die erste **(10)** und/oder die zweite **(12)** Oberfläche eine mittlere Rauigkeit R<sub>rms</sub> ≤ 10 µm aufweist.

2. Bauteil nach dem vorhergehenden Anspruch, dadurch gekennzeichnet, dass der Winkel zwischen der ersten **(10)** und der zweiten Oberfläche **(12)** um weniger als 10° von der Senkrechten abweicht.

3. Bauteil nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Winkel zwischen der ersten **(10)** und der zweiten Oberfläche **(12)** um weniger als 5° von der Senkrechten abweicht.

4. Bauteil nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Winkel zwischen der ersten **(10)** und der zweiten Oberfläche **(12)** um weniger als 2° von der Senkrechten abweicht.

5. Bauteil nach einem der vorhergehenden An-

sprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die erste **(10)** und/oder die zweite Oberfläche **(12)** eine mittlere Rauigkeit R<sub>rms</sub> ≤ 5 µm aufweist.

6. Bauteil nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die erste **(10)** und/oder die zweite Oberfläche **(12)** eine mittlere Rauigkeit R<sub>rms</sub> ≤ 2 µm aufweist.

7. Bauteil nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die erste **(10)** und/oder die zweite Oberfläche **(12)** eine mittlere Rauigkeit R<sub>rms</sub> ≤ 500 nm aufweist.

8. Bauteil nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass seine Dicke senkrecht zur ersten Oberfläche **(10)** zwischen 0,5 µm und 3000 µm beträgt.

9. Bauteil nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass seine Stärke in Richtung der zweiten Oberfläche **(12)** zwischen 10 µm und 500 µm beträgt.

10. Bauteil nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass seine Stärke in Richtung der zweiten Oberfläche **(12)** zwischen 30 µm und 200 µm beträgt.

11. Bauteil nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Bauteil in seinem Innern, seine erste **(10)** und/oder zweite Oberfläche **(12)** aus Diamant besteht und zumindest bereichsweise elektrisch leitend dotiert ist.

12. Verfahren zur Herstellung eines mikromechanischen Bauteils nach einem der vorhergehenden Ansprüche mit den folgenden Schritten:

a) Abscheiden einer ersten Schicht **(2)** aus Diamant (C<sub>i</sub>), Al<sub>x</sub>O<sub>y</sub>, Si<sub>x</sub>C<sub>y</sub>, Si<sub>x</sub>N<sub>y</sub>, Si<sub>x</sub>O<sub>y</sub>N<sub>y-1</sub>, metallischen Karbiden der Gruppen 4, 5 oder 6 des Periodensystems und/oder Zirkonverbindungen, insbesondere Zr<sub>x</sub>O<sub>y</sub>, wobei x und y positive ganze Zahlen sind, auf einem Substratmaterial **(1)**,

b) Strukturieren einer Kante zwischen einer ersten **(10)** und einer zweiten Oberfläche **(12)** durch mindestens einen Ätzschritt unter Verwendung einer Ätzmaske **(3a, 3b)** auf der ersten Oberfläche **(10)**, welche getrennt von der ersten Schicht **(2)** oder gleichzeitig mit der ersten Schicht **(2)** geätzt wird, wobei das Verhältnis der Ätzgeschwindigkeiten von erster Schicht **(2)** und Ätzmaske **(3a, 3b)** derart eingestellt wird, dass zwischen der ersten und der zweiten Oberfläche **(12)** eine im Wesentlichen rechtwinklige Kante ausgebildet wird.

13. Verfahren nach dem vorhergehenden Anspruch, dadurch gekennzeichnet, dass der Ätzschritt trockenchemisch unter Zuhilfenahme eines Plasmas durchgeführt wird.

14. Verwendung nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass der Ätzschritt eine reaktive und/oder physikalische Komponente enthält.

15. Verfahren nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass bei dem Ätzschritt reaktives Ionenätzen verwendet wird.

16. Verfahren nach einem der Ansprüche 12 bis 15, dadurch gekennzeichnet, dass die Ätzmaske (**3a**, **3b**) und die erste Schicht (**2**) in ein oder mehreren Ätzschritten gemeinsam oder getrennt voneinander geätzt werden.

17. Verfahren nach einem der Ansprüche 12 bis 16, dadurch gekennzeichnet, dass vor dem Durchführen des mindestens einen Ätzschrittes des Verfahrens zur Strukturierung des Bauteils eine Strukturierung des Substratmaterials (**1**) durchgeführt wird und das strukturierte Substratmaterial (**1**) als Ätzmaske verwendet wird.

18. Verfahren nach einem der Ansprüche 12 bis 17, dadurch gekennzeichnet, dass mit Sauerstoff, Fluor und/oder Chlor als reaktiver Komponente geätzt wird.

19. Verfahren nach einem der Ansprüche 12 bis 17, dadurch gekennzeichnet, dass mit einem Edelgas der Gruppe 8 des Periodensystems als physikalische Komponente geätzt wird.

20. Verfahren nach einem der Ansprüche 12 bis 19, dadurch gekennzeichnet, dass während des Ätzschrittes eine Biasspannung an dem Substrat (**1**) anliegt oder angelegt wird.

21. Verfahren nach dem vorhergehenden Anspruch, dadurch gekennzeichnet, dass eine Biasspannung von 10–1000 Volt an dem Substrat (**1**) anliegt oder angelegt wird.

22. Verfahren nach dem vorhergehenden Anspruch, dadurch gekennzeichnet, dass eine Biasspannung von 250–800 Volt an dem Substrat (**1**) anliegt oder angelegt wird.

23. Verfahren nach dem vorhergehenden Anspruch, dadurch gekennzeichnet, dass eine Biasspannung von 350–700 Volt an dem Substrat (**1**) anliegt oder angelegt wird.

24. Verfahren nach einem der Ansprüche 12 bis 23, dadurch gekennzeichnet, dass der Ätzschritt ein- oder mehrmals in unterschiedlichen oder periodischen Abständen unterbrochen wird.

25. Verfahren nach dem vorhergehenden Anspruch, dadurch gekennzeichnet, dass während der Unterbrechung des Ätzschrittes eine Reinigung der

Substratoberfläche, beispielsweise von Redepositionen, durchgeführt wird.

26. Verwendung eines Bauteils oder Verfahrens nach einem der vorhergehenden Ansprüche zur Herstellung eines mikromechanischen Gerätes, eines Mikrogetriebes, insbesondere eines Uhrwerks.

27. Verwendung nach dem vorhergehenden Anspruch als Zahnrad, Unruhe, Feder, Ziffernblatt, Lagerstein, Wellen, Grundplatte, Blocker, Hemmung und/oder Zeiger in einem Uhrwerk.

Es folgen 5 Blatt Zeichnungen

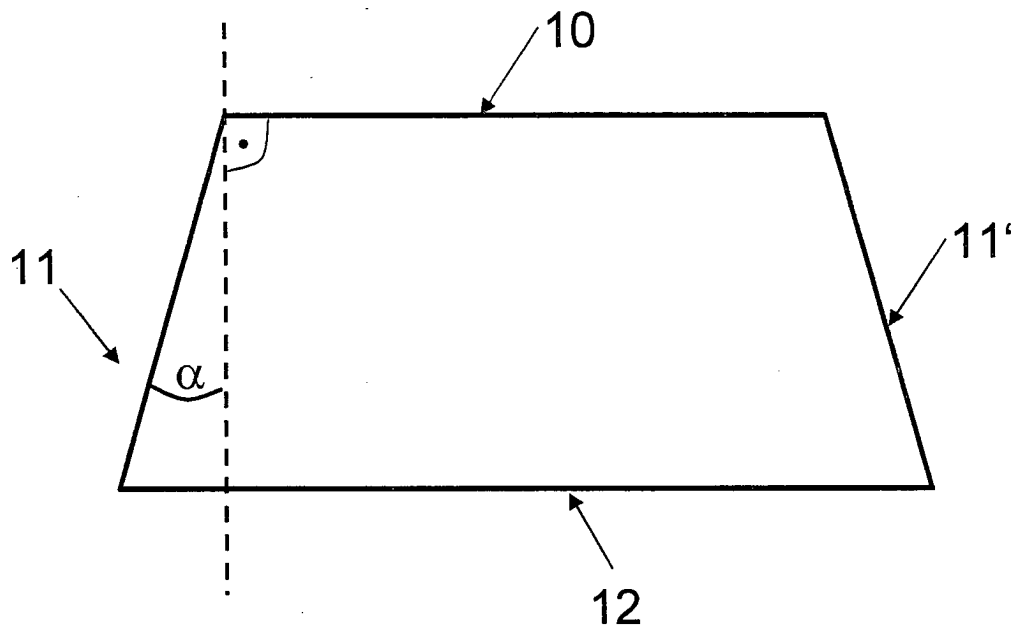


Fig. 1

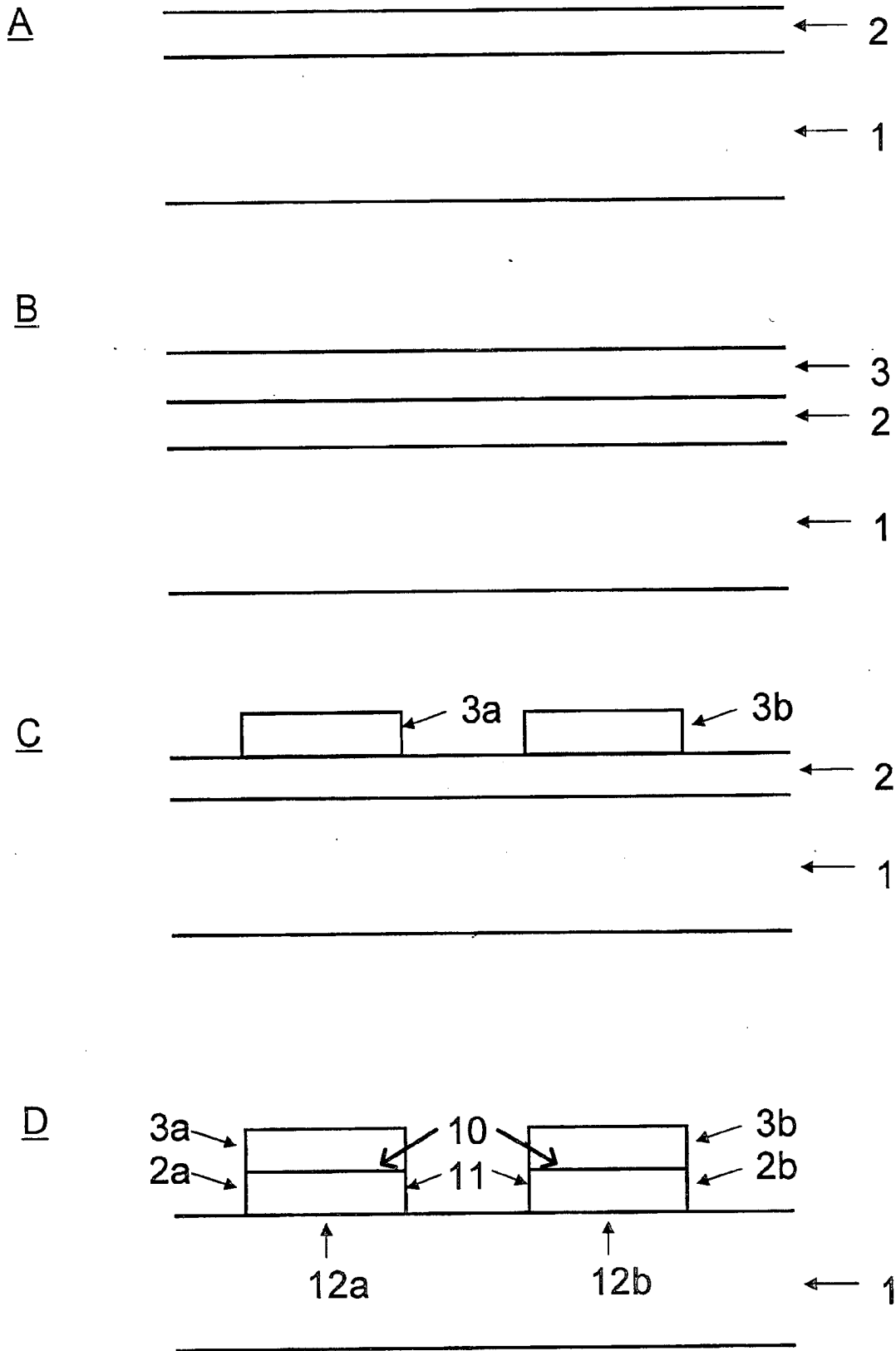


Fig.2

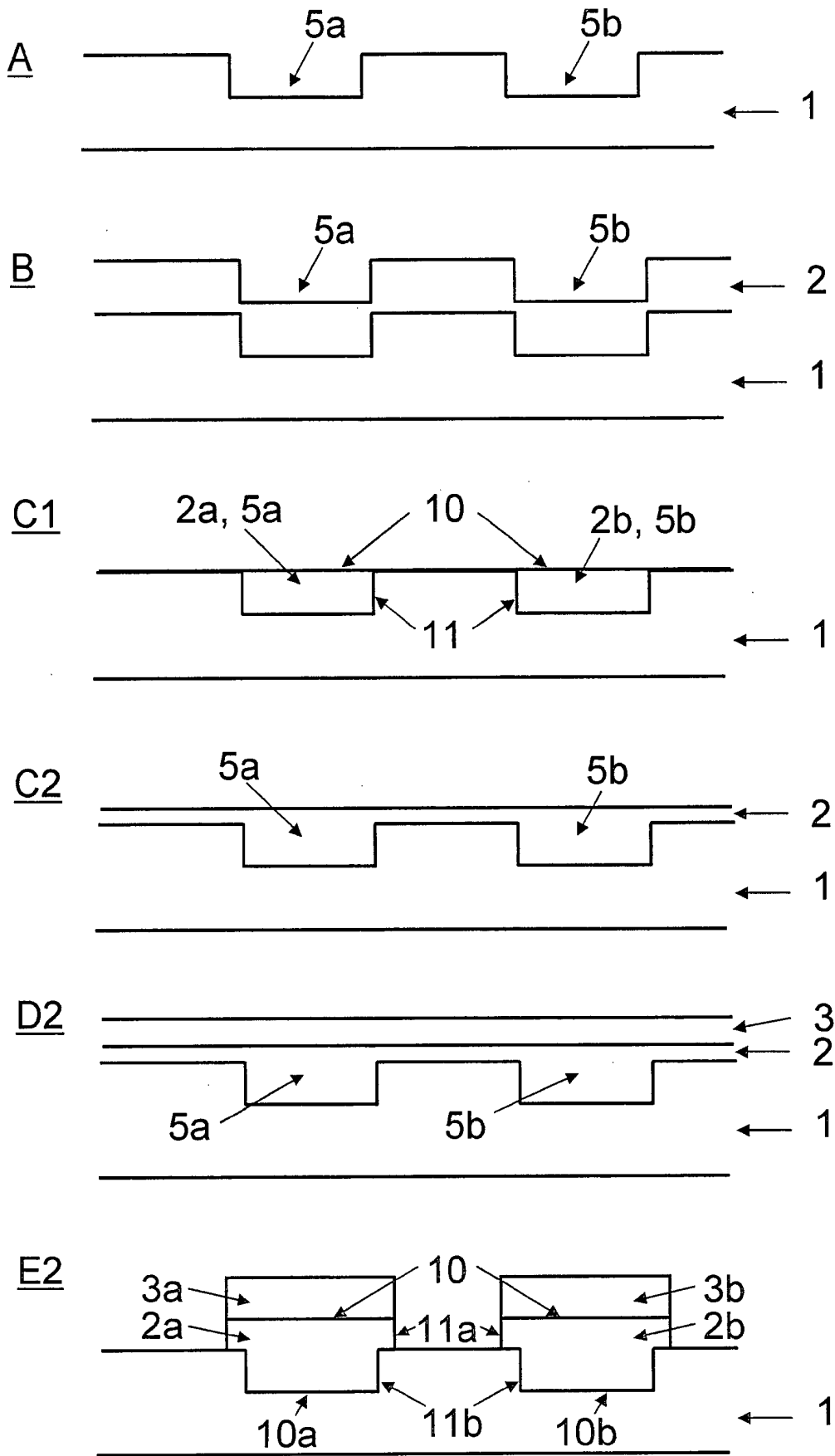


Fig.3

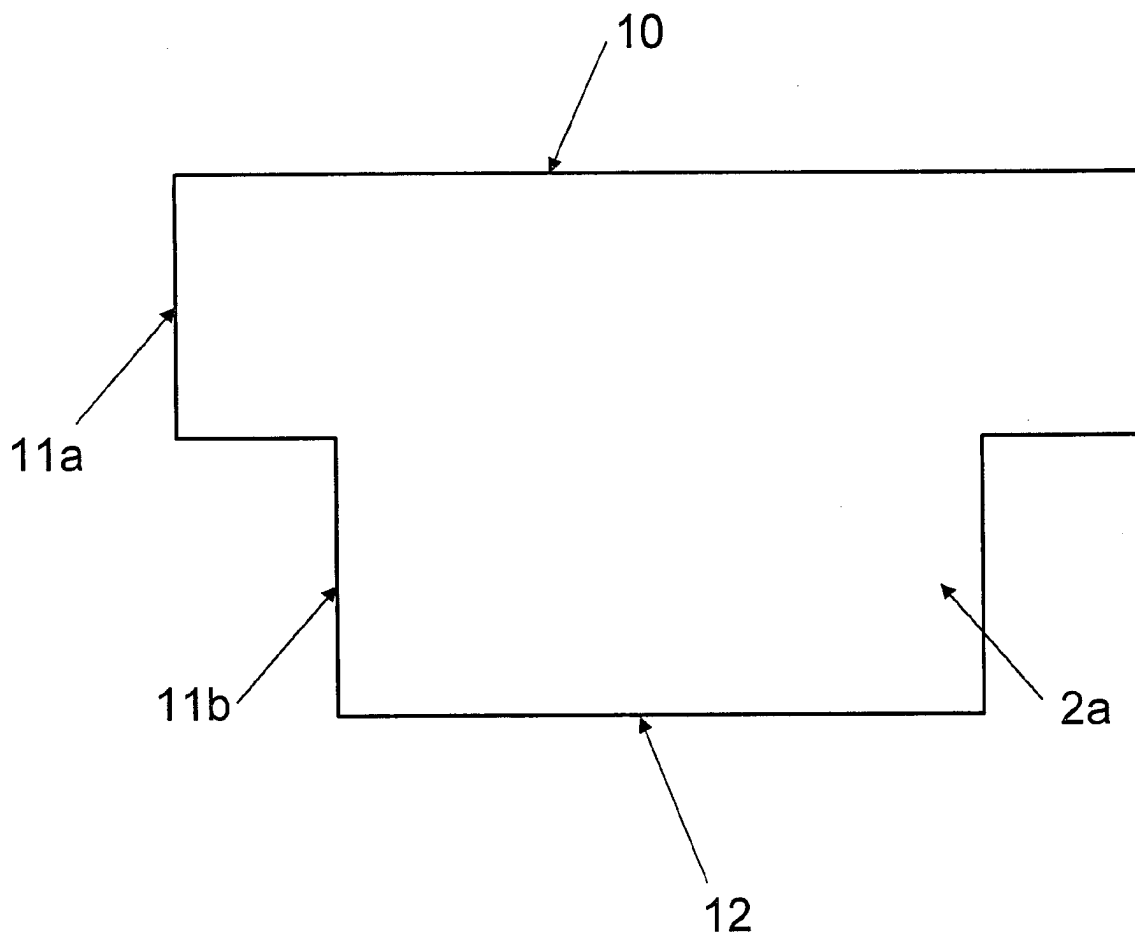


Fig.4

