

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 1 151 446 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:

07.05.2003 Patentblatt 2003/19

(51) Int Cl.7: **H01H 1/00**, H01H 1/04

(86) Internationale Anmeldenummer:

PCT/EP00/00552

(21) Anmeldenummer: **00902631.1**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:

WO 00/044012 (27.07.2000 Gazette 2000/30)

(22) Anmeldetag: **25.01.2000**

(54) **MIKROSCHALTKONTAKT**

MICROSWITCHING CONTACT

MICROCONTACT DE COMMUTATION

(84) Benannte Vertragsstaaten:

**AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU
MC NL PT SE**

(30) Priorität: **25.01.1999 DE 19902868**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:

07.11.2001 Patentblatt 2001/45

(73) Patentinhaber: **GFD-Gesellschaft für**

Diamantprodukte mbH

89081 Ulm (DE)

(72) Erfinder:

• **ADAMSCHIK, Mario**

D-89081 Ulm (DE)

• **KOHN, Erhard**

D-89081 Ulm-Lehr (DE)

• **ERTL, Stefan**

D-89415 Lauingen (DE)

• **SCHMID, Philipp**

D-89231 Neu-Ulm (DE)

(74) Vertreter: **Pfenning, Meinig & Partner GbR**

Mozartstrasse 17

80336 München (DE)

(56) Entgegenhaltungen:

EP-A- 0 518 532

EP-A- 0 732 635

US-A- 4 954 170

US-A- 5 413 668

EP 1 151 446 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf einen mechanisch schließenden elektrischen Mikroschaltkontakt. Derartige Schaltkontakte werden überall dort benötigt, wo große elektrische Ströme auf engstem Raum geschaltet werden sollen, so beispielsweise in Sensoren, Aktoren und Hochleistungs-/Hochtemperaturapplikationen, wie beispielsweise in der Leistungselektronik, Kfz-Elektronik oder in chemisch aggressiven Umgebungen. Ein Mikroschaltkontakt gemäß Oberbegriff von Anspruch 1 ist z.B. aus US-A-4954170 bekannt. Mikromechanische Schalter sind im Vergleich zu konventionellen Relais schnell, schockresistent und benötigen sehr wenig Steuerleistung bei elektrostatischem Antrieb und besitzen obendrein gewöhnlich vernachlässigbare Steuerleckströme. Die Miniaturisierung erlaubt ferner die Implementierung in Mikrowellenschaltungen, wo Pulsbetrieb hoher Leistung erforderlich ist. Mikroschalter und Mikrorelais können dabei auf dem elektrostatischen (kapazitiven), magnetischen oder induktiven Prinzip beruhen oder auch über Temperaturänderung schaltbar sein. Die Strukturen derartiger Mikroschalter basieren im allgemeinen auf Silizium- oder Metall- oder Keramik-Mikromechanikkonzepten. Hierbei dient üblicherweise mit Siliziumdioxid beschichtetes Silizium als elektrisch isolierendes Substrat, während die Kontakte aus unterschiedlichen Mehrschichtmaterialsystemen bestehen. Für die Herstellung ist daher ein komplexes Materialsystem und eine entsprechend komplexe Vorgehensweise erforderlich.

[0002] Die zu schaltenden Ströme sind dabei jedoch bei metallischen oder siliziumbasierten Mikroschaltern beschränkt, da bei hohen Stromdichten durch die Verlustwärme des Schalters oft sehr hohe Temperaturen entstehen, die mit diesen Materialien nicht mehr handhabbar sind. Alternativ existieren Hybridbauten oder Schalter aus Keramik. Bei diesen ist jedoch die jeweilige Materialdicke, beispielsweise eines Biegebalkens, nach unten beschränkt.

[0003] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es daher, einen mechanisch schließenden, elektrischen Mikroschaltkontakt zur Verfügung zu stellen, der chemisch inert ist, eine hohe Lebensdauer, hohe Schlagfestigkeit, hohe Schaltdynamik, minimale Materialkomplexität aufweist, der mikrowellentauglich ist, bei sehr hohen Temperaturen eingesetzt werden und eine hohe Stromdichte schalten kann.

[0004] Diese Aufgabe wird durch den Mikroschaltkontakt nach Anspruch 1 sowie durch das Herstellungsverfahren für einen derartigen Mikroschaltkontakt gemäß Anspruch 28 gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen werden in den abhängigen Ansprüchen gegeben.

[0005] Der erfindungsgemäße Mikroschaltkontakt besitzt zwei elektrisch leitende Kontaktelemente, die im geschlossenen Zustand sich im Bereich zweier elektrisch leitender Kontaktflächen berühren. Dabei besteht mindestens eine der beiden Kontaktflächen aus hoch-

dotiertem, leitfähigem und mithin quasi metallischem Diamant, Siliziumcarbid (SiC), Galliumnitrid (GaN), Bor-nitrid (BN), Aluminiumnitrid (AlN) und/oder Aluminium-galliumnitrid (AlGaIn). Besonders Diamant zeichnet sich durch eine hohe Debytemperatur aus und ist daher bis zu hohen Temperaturen elastisch und hat eine hohe Temperaturleitfähigkeit. Weiterhin besitzen diese Materialien die Eigenschaft, daß ihre elektrischen Eigenschaften durch Dotierung zwischen isolierend, halbleitend und quasi-metallisch geändert werden können. Weiterhin besitzt Diamant eine hohe Verschleißfestigkeit und mechanische Stabilität, was zu einer hohen Lebensdauer des Schaltkontaktes führt. Darüber hinaus kann der erfindungsgemäße Mikroschalter bei sehr hohen Temperaturen, beispielsweise bis 800 °C, eingesetzt werden und eine hohe Stromdichte (mit hoher Verlustleistung) beispielsweise von $1 \times 10^6 \text{ A/cm}^2$ bei < 600 °C Betriebstemperatur, schalten. Diese Eigenschaften werden durch ein einziges Grundmaterial ermöglicht. Dadurch, daß keine plastische Verformung, selbst bei hohen Temperaturen in Diamant auftritt, ist auch keine Veränderung der Schwellspannung bei Temperaturen selbst über $T > 600 \text{ °C}$ zu erwarten.

[0006] Unter Schwellspannung wird die minimale erforderliche Schaltspannung und unter Schaltgrenzfrequenz die maximale, stabil erzeugbare Schaltfrequenz verstanden.

[0007] Eine derart hohe Temperatur-Stabilität ist mit metallischen oder siliziumbasierten Mikroschaltern nicht realisierbar.

[0008] Weiterhin ist es mit dem erfindungsgemäßen Mikroschaltkontakt möglich, sehr kleine freistehende Schichtstrukturen herzustellen, beispielsweise Biegebalken mit einer Dicke zwischen üblicherweise 0,5 bis 10 µm. Dies reduziert die Trägheit der bewegten Elemente und erhöht damit die Schaltdynamik. Derartig kleine Schichtdicken mit hoher Biegesteifigkeit und Bruchfestigkeit sind mit Keramik- und Hybridbau derzeit nicht realisierbar.

[0009] Erfindungsgemäß können eine oder vorzugsweise beide Kontaktflächen der Kontaktelemente aus Diamant, SiC, AlN, BN, GaN und/oder AlGaIn bestehen. Alternativ kann jedoch auch eine der beiden Kontaktflächen zumindest teilweise aus Metall (Al, Au, Cu, Ni), einem carbidbildenden Metall und/oder einer hochtemperaturstabilen Metallisierung bestehen. Die hochtemperaturstabile Metallisierung kann dabei W:Si und/oder Ta:Si enthalten.

[0010] Vorteilhafterweise ist je eine der beiden Kontaktflächen auf einer Bodenplatte und/oder einem Biegebalken angeordnet. Dabei ist der Biegebalken vorzugsweise freitragend über einen an einem seiner Enden angeordneten Anker oder einer anderen mechanischen Verbindung fixiert. Sowohl die Bodenplatte als auch der Anker oder der Biegebalken können aus einem der oben genannten Materialien Diamant, SiC, GaN, AlN, BN und/oder AlGaIn bestehen. Vorteilhafterweise

wird als BN für sämtliche Schichten und Elemente des erfindungsgemäßen Mikroschaltkontaktes kubisches Bornitrid verwendet.

[0011] Bei Verwendung von Diamant ergibt sich ein hervorragendes mechanisches Federungsverhalten und damit eine hohe Schaltgrenzfrequenz des Biegebalkens, da Diamant ein sehr hohes Elastizitätsmodul aufweist. Der Biegebalken kann nunmehr aufgrund des elektrostatischen, induktiven, hydraulischen, pneumatischen, mechanischen und/oder thermomechanischen Prinzips in Richtung der Bodenplatte bewegt werden, so daß sich die einander gegenüber angeordneten Kontaktelemente berühren und einen elektrischen Kontakt erzeugen. Die Ströme zu den beiden Kontaktelementen können über jeweilige Außenkontakte, die beispielsweise auf dem ersten Kontaktelement bzw. auf dem Biegebalken als Metallisierung aufgebracht sind, zugeführt werden.

[0012] Weiterhin kann auf der Bodenplatte unterhalb des Biegebalkens eine Steuerelektrode angebracht sein, über die mittels des elektrostatischen Prinzips der Biegebalken in Richtung der Bodenplatte bewegt werden kann. Auch an dieser Steuerelektrode sind seitlich außerhalb des von dem Biegebalken überdeckten Bereiches Metallisierungen als Außenkontakte zum Anlegen der Steuerspannung angeordnet.

[0013] Die Kontaktierung der Kontaktelemente und der Steuerelektrode kann auch über die sogenannte via-hole-Technik erfolgen, bei der entsprechende Löcher in die Bodenplatte rückseitig eingeätzt sind, so daß rückseitig die entsprechenden zu kontaktierenden Bestandteile freiliegen und mit einer Metallisierung als Außenkontakt überzogen werden können.

[0014] Erfindungsgemäß kann nun das gesamte Bauelement (Mikroschaltkontakt) aus einem einzigen Material aufgebaut werden, beispielsweise Diamant. Dabei wird mittels geeigneter Dotierung erreicht, daß beispielsweise die Kontaktelemente, die Steuerelektrode und der Biegebalken elektrisch leitend sind, beispielsweise durch starke Dotierung beispielsweise mit Bor, Stickstoff, Schwefel oder Phosphor. Andererseits kann die Bodenplatte aus isolierendem, über ein CVD-Verfahren abgeschiedenem Diamant bestehen, ebenso der Anker.

[0015] Das gesamte Bauelement kann auf einer Trägerschicht, beispielsweise aus Silizium, angeordnet sein. Diese kann auch noch während der Fertigung des Bauelements vorhanden und nachträglich wieder entfernt werden. Zwischen der Bodenplatte und der Trägerschicht kann dabei eine weitere isolierende Schicht, beispielsweise aus SiO_x angeordnet werden, um jegliche Leckströme durch das Trägermaterial zu unterbinden.

[0016] Erfindungsgemäß kann die Herstellung eines verankerten Schaltkontaktes erfolgen, indem zuerst die Bodenplatte, der Anker und das erste Kontaktelement sowie gegebenenfalls die Steuerelektrode auf einen Siliziumträger, beispielsweise über CVD-Verfahren, vorzugsweise Plasma-CVD aber auch über Arc-Jet-CVD

oder Hot-Filament-CVD abgeschieden werden. Daraufhin wird eine Opfer-Schicht aufgebracht, auf die anschließend der Biegebalken abgeschieden wird. Der Biegebalken wird dabei mit dem Anker und damit der Bodenplatte verbunden, so daß anschließend die Opfer-Schicht entfernt werden kann und der Biegebalken als freitragendes mechanisches Bauelement verbleibt.

[0017] Im folgenden wird ein Beispiel eines erfindungsgemäßen Mikroschaltkontaktes gegeben. Es zeigen

Figur 1 einen erfindungsgemäßen Mikroschaltkontakt;

Figur 2 die Temperaturabhängigkeit der Schwellspannung des Schaltkontaktes aus Figur 1;

Figur 3 die Simulation der Temperaturverteilung im Vakuum des Mikroschaltkontaktes aus Figur 1;

Figur 4 einen Schaltkontakt mit einem geschalteten Schaltkontakt und zwei Abschirmungen sowie

Figur 5 einen Schaltkontakt mit geschaltetem Signalkontakt und zwei geschalteten Abschirmungen.

[0018] Figur 1 zeigt einen erfindungsgemäßen Mikroschaltkontakt 1. Bei dem Mikroschaltkontakt 1 befindet sich auf einer Trägerschicht 2 aus Silizium eine Bodenplatte 3 aus nichtdotiertem und damit nichtleitendem, über ein CVD-Verfahren abgeschiedenen Diamant. An einem Ende der Bodenplatte ist eine weitere nichtleitende Diamantschicht als Anker 4 aufgebracht. Am anderen Ende der Bodenplatte 3 ist ein Kontaktelement 7 aus stark mit Bor dotiertem und mithin quasi-metallisch leitendem Diamant angeordnet.

[0019] Oberhalb des Ankers 4 und mit diesem verbunden, jedoch in Richtung der Bodenplatte 3 diesen überragend, befindet sich ein Biegebalken 5 aus ebenfalls über eine starke Bor-Dotierung quasi-metallisch leitendem Diamant. Die Höhe des Ankers 4 bestimmt dabei den Abstand des Biegebalkens 5 von der Bodenplatte 3. Dieser Biegebalken 5 erstreckt sich freitragend bis über das erste Kontaktelement 7, wo an seiner Unterseite ein zweites Kontaktelement 8 aus elektrisch leitendem Diamant angeordnet ist. Die beiden Kontaktelemente 7 und 8 weisen im nichtgeschalteten Zustand einen vorbestimmten Abstand voneinander auf.

[0020] Unterhalb des Biegebalkens im Zwischenraum zwischen dem Biegebalken 5 und der Bodenplatte 3 befindet sich eine Steuerelektrode 9 aus elektrisch leitendem Diamant. Sowohl die Steuerelektrode 9 als auch das erste Kontaktelement 7 weisen Metallisierungen aus W:Si oder Au 11 bzw. 10 auf, die als Außenkontakte zum Anlegen von Spannungen und Strömen

an die Steuerelektrode 9 bzw. das erste Kontaktelement 7 dienen. Diese Metallisierungen 11 und 10 sind außerhalb des Bereiches angebracht, der von dem Biegebalken 5 überdeckt wird. Dadurch wird eine Kontaktierung zwischen dem Biegebalken 5 und den Metallisierungen 11 und 10 vermieden, wenn sich der Biegebalken in Richtung des Pfeiles A durchbiegt.

[0021] Das zweite Kontaktelement 8 ist über den Biegebalken 5 mit einer auf diesem Biegebalken angebrachten, als Außenkontakt dienenden Metallisierung 6 elektrisch verbunden. An diese Metallisierung 6 kann Spannung an das zweite Kontaktelement 8 angelegt werden.

[0022] Über die Dicke und die Dimensionierung des Biegebalkens 5 können dessen elastische Eigenschaften verändert werden, so daß beispielsweise die Schwellspannung oder auch die Schaltgrenzfrequenz individuell eingestellt werden können.

[0023] In alternativen Ausführungen kann die Bodenplatte 3 des Mikroschaltkontaktes statt aus Diamant auch aus SiC, GaN, AlN, AlGaIn oder BN bestehen. Der Träger 2 besteht vorteilhafterweise aus (100)-orientiertem Silizium. In diesem Falle kann die Bodenplatte 3 hoch orientiert sein und eine hohe Oberflächenplanarität besitzen. Der zweite Kontakt 8 kann alternativ auch aus einer hochtemperaturstabilen Metallisierung wie W:Si oder Ta:Si bestehen. Alternativ kann jedoch auch das zweite Kontaktelement 8 aus Diamant und das erste Kontaktelement 7 aus einer derartigen hochtemperaturstabilen Metallisierung bestehen. Die Metallisierung kann selbst auf einem Diamantsubstrat erfolgen ("metallüberzogener Diamant"), wobei die guten mechanischen Eigenschaften des Diamants genutzt werden. Derartige hochtemperaturstabile Metallisierungen sind beispielsweise von hochtemperaturstabilen Schottky-Diodenmaterialien her bekannt.

[0024] Der in Figur 1 gezeigte Schaltkontakt 1 wird hier kapazitiv (elektrostatisch) geschaltet. Als obere Kondensatorplatte dient dabei der Biegebalken 5 und als untere Elektrode die Steuerelektrode 9. Abhängig von der geometrischen Dimensionierung des Biegebalkens 5 und der Steuerelektrode 9 kann dabei die Schaltspannung zwischen einigen Volt und einigen 10 Volt eingestellt werden. Im vorhergehenden Beispiel besitzt der Biegebalken 5 eine Dicke zwischen 0,5 und 10 µm. Diese geringen Schichtdicken führen ebenso wie das hohe Elastizitätsmodul von Diamant zu einer geringen Trägheit und damit hohen Schaltgrenzfrequenz. Derartig kleine Schichtdicken für Biegebalken sind mit einem Keramik- oder Hybridbau nicht realisierbar.

[0025] Figur 2 zeigt die gemessene Temperaturabhängigkeit der Schwellspannung des in Figur 1 dargestellten Mikroschaltkontaktes 1. Es ist unschwer zu erkennen, daß bis zu Temperaturen weit über 600 °C ein Schalten ohne eine Veränderung der Schwellspannung möglich ist.

[0026] Figur 3 zeigt die simulierte Temperaturverteilung im Vakuum des in Figur 1 dargestellten Mikro-

schaltkontaktes 1 bei einer Stromdichte von $1 \times 10^6 \text{ A/cm}^2$.

[0027] Durch die hohe Wärmeleitfähigkeit von Diamant lassen sich hohe Verlustleistungen abführen.

[0028] Durch die hohe Temperaturstabilität des Materials toleriert der Schaltkontakt hohe Temperaturen.

[0029] Figur 4 zeigt ein weiteres Beispiel eines erfindungsgemäßen Mikroschaltkontaktes, bei dem Abschirmungen für HF-Frequenzen vorgesehen sind. Bei dieser Figur sind entsprechende Elemente mit entsprechenden Bezugszeichen wie in Figur 1 versehen und werden daher nicht weiter erläutert.

[0030] Im Unterschied zu Figur 1 ist nunmehr an dem Anker 4 ein Biegebalken 5 befestigt, der drei verschiedene, voneinander elektrisch getrennte Metallisierungen 6a, 6b und 6c aufweist. Der Biegebalken selbst ist aus elektrisch isolierendem Diamant, während die Metallisierung 6a, 6b, 6c jeweils mit Kontaktelementen 8a, 8b und 8c verbunden sind. Dies ist in Figur 4A dargestellt. Die Metallisierungen 6a, 6b und 6c sind auf der Seite des Ankers 4 mit weiteren Metallisierungen 12a, 12b und 12c verbunden. Damit trägt der Biegebalken 5 insgesamt 3 Schaltfinger, wobei der mittlere Schaltfinger mit der Metallisierung 6b zur Signalleitung verwendet wird, während die beiden anderen Schaltfinger mit den Metallisierungen 6a und 6c zur Abschirmung auf Masse gelegt sind.

[0031] Wird der Biegebalken 5 nun durchgebogen, indem an die Steuerelektrode 9 eine entsprechende Spannung angelegt wird, so werden die Kontaktelemente 6a, 6b und 6c mit den entsprechenden Kontaktelementen 7a, 7b und 7c auf dem Diamantsubstrat 3 verbunden. Folglich wird ein elektrischer Kontakt zwischen den Metallisierungen 12a, 12b und 12c mit den Metallisierungen 10a, 10b bzw. 10c hergestellt. Damit ist nicht nur das Signal, sondern auch die entsprechende Massenabschirmung durchgeschaltet.

[0032] Figur 4B zeigt einen Querschnitt durch jeden der einzelnen Schaltfinger, wobei zu beachten ist, daß sämtliche Schaltfinger auf demselben Biegebalken 5 angeordnet sind. Die Indizes a, b und c wurden hier weggelassen, da jeder dieser Schaltfinger gleich aufgebaut ist.

[0033] Figur 5 zeigt einen weiteren erfindungsgemäßen Schaltkontakt, der ebenfalls drei Finger aufweist, wobei jedoch nur der mittlere Signalkontakt geschaltet wird. In Figur 5 sind ebenfalls, wie in Figur 4, entsprechende Elemente mit entsprechenden Bezugszeichen wie in Figur 1 versehen, so daß auf ihre Beschreibung verzichtet wird.

[0034] Figur 5B zeigt einen Querschnitt durch einen masseführenden Schaltkontakt, bei dem auf dem gemeinsamen Biegebalken 5 eine Metallisierung 14 aufgebracht ist. Weiterhin ist zwischen der isolierenden Diamantschicht 3 und dem Anker 4 eine Metallisierung 13 angeordnet, die sich über die gesamte Länge des Schaltfingers erstreckt und als Masseabschirmung beide Seiten des Schaltkontaktes miteinander verbindet.

Die Metallisierung 14 auf dem Biegebalken 5 dient als Steuerelektrode. Sowohl die Metallisierung 13 als auch die Metallisierung 14 können beispielsweise aus W:Si, W:Si:N, Ti, Au, eventuell auch mit darunter liegender P⁺-Diamantschicht bestehen. Der Biegebalken 5 ist in diesem Beispiel semi-isolierend ausgeführt.

[0035] In Figur 5C ist der mittlere Schaltfinger dargestellt, der als Signalleitung fungiert. Dieser Schaltkontakt ist in gleicher Weise ausgeführt wie der Schaltkontakt, der in Figur 4B dargestellt ist, und wird an dieser Stelle daher nicht weiter beschrieben.

[0036] In Figur 5A ist eine Aufsicht auf den gesamten Schaltkontakt dargestellt, wobei hier zu erkennen ist, daß lediglich der mittlere Schaltfinger bei einer Durchbiegung des Biegebalkens 5 einen elektrischen Kontakt zwischen den beiden Kontaktelementen 7 und 8 herstellt. Der Balken 5 wird dabei elektrostatisch durch Anlegen einer Spannung zwischen dem Balkenkontakt 14 und der Substratmassefläche 13 ausgelenkt. Dadurch wird der Diamantkontakt über die Kontaktelemente 7, 8 geschlossen und es kann ein Signalstrom über die Metallisierung 12, 6, über die Kontaktelemente 8, 7 und die Metallisierung 10 fließen. Die Balkenmetallisierungen 14 für die Steuerspannung sind von der darunter und daneben liegenden Substratmassemetallisierung 13 über den isolierenden Anker 4 elektrisch getrennt. Die beiden Signalmetallisierungen 6 sind mit der Substrat-signalmetallisierung 12 verbunden, wobei die beiden Metallisierungen 12 und 13 sowie die beiden Metallisierungen 10 und 13 jeweils räumlich und damit auch elektrisch voneinander getrennt sind.

[0037] Insgesamt ergibt sich folglich, daß mit dem erfindungsgemäßen Mikroschaltkontakt es möglich wird, sehr hohe Ströme bei sehr hohen Temperaturen zu schalten. Dabei wird insbesondere ausgenutzt, daß Diamant, abhängig von seiner Dotierung, sehr variable elektrische Eigenschaften besitzt und als multifunktionelles Material eingesetzt werden kann. Diamant besitzt eine hohe Wärmeleitfähigkeit sowie eine hohe Hitzebeständigkeit. Der erfindungsgemäße Mikroschalter ist chemisch inert, weist eine hohe Lebensdauer, hohe Schlagfestigkeit, hohe Schaltdynamik sowie eine minimale Materialkomplexität auf und ist mikrowellentauglich.

Patentansprüche

1. Mechanisch schließender, elektrischer Mikroschaltkontakt mit einem ersten und einem zweiten elektrisch leitenden Kontaktelement mit einer ersten bzw. einer zweiten elektrisch leitenden Kontaktfläche, wobei die beiden Kontaktelemente im offenen Zustand des Mikroschaltkontakts einen vorbestimmten Abstand voneinander aufweisen und im geschlossenen Zustand einander in einem Kontaktbereich im Bereich der ersten und zweiten Kontaktflächen berühren, **dadurch gekennzeichnet**,

daß das erste Kontaktelement an einem Ende eines Biegebalkens aus Diamant angeordnet ist und die erste Kontaktfläche und/oder die zweite Kontaktfläche zumindest teilweise aus einem karbidbildenden Metall, einer hochtemperaturstabilen Metallisierung, hochdotiertem, leitfähigem Diamant, Siliziumcarbid (SiC), Galliumnitrid (GaN), Bornitrid (BN), Aluminium-Galliumnitrid (AlGaN) und/oder Aluminiuminitrid (AlN) besteht.

2. Mikroschaltkontakt nach dem vorhergehenden Anspruch, **dadurch gekennzeichnet, daß** eine der beiden Kontaktflächen zumindest teilweise aus Metall, einem karbidbildenden Metall und/oder einer hochtemperaturstabilen Metallisierung besteht.

3. Mikroschaltkontakt nach dem vorhergehenden Anspruch, **dadurch gekennzeichnet, daß** die hochtemperaturstabile Metallisierung W:Si und/oder Ta:Si enthält.

4. Mikroschaltkontakt nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **gekennzeichnet durch** eine Bodenplatte, wobei auf der Oberseite der Bodenplatte das erste Kontaktelement derart angeordnet ist, daß seine Kontaktfläche der Bodenplatte gegenüber liegt, einen Anker, der auf der Oberseite der Bodenplatte in einem vorbestimmten Abstand zu dem ersten Kontaktelement angeordnet ist, wobei der Biegebalken auf der der Bodenplatte abgewandten Seite des Ankers befestigt ist, von diesem in einem vorbestimmten Abstand zur Bodenplatte gehalten wird und sich freitragend von dem Anker bis zum ersten Kontaktelement erstreckt und wobei das zweite Kontaktelement auf der dem ersten Kontaktelement zugewandten Seite des Biegebalkens angeordnet ist, derart, daß die Kontaktfläche des zweiten Kontaktelementes der Kontaktfläche des ersten Kontaktelementes gegenüber liegt.

5. Mikroschaltkontakt nach dem vorhergehenden Anspruch, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Bodenplatte zumindest teilweise aus einer elektrisch isolierenden Diamantschicht, SiC, GaN, AlGaN, BN und/oder AlN besteht.

6. Mikroschaltkontakt nach einem der beiden vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Anker zumindest teilweise aus elektrisch isolierendem Diamant, SiC, GaN, AlGaN, BN und/oder AlN besteht derart, daß er die Bodenplatte und den Biegebalken voneinander elektrisch isoliert.

7. Mikroschaltkontakt nach einem der drei vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Biegebalken zumindest teilweise aus elek-

trisch leitend dotiertem Diamant, SiC, GaN, AlGaN, BN und/oder AlN besteht.

8. Mikroschaltkontakt nach einem der Ansprüche 4 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Biegebalken in Richtung senkrecht zur Oberfläche der Bodenplatte eine Dicke zwischen 0,5 und 10 µm aufweist. 5
9. Mikroschaltkontakt nach einem der Ansprüche 4 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Bodenplatte auf einem Substrat als Träger angeordnet ist. 10
10. Mikroschaltkontakt nach dem vorhergehenden Anspruch, **dadurch gekennzeichnet, daß** das Substrat zumindest teilweise aus Silizium besteht. 15
11. Mikroschaltkontakt nach dem vorhergehenden Anspruch, **dadurch gekennzeichnet, daß** das Substrat zumindest teilweise aus (100)-orientiertem Silizium besteht. 20
12. Mikroschaltkontakt nach einem der Ansprüche 4 bis 11, **dadurch gekennzeichnet, daß** er elektrostatisch, induktiv, mechanisch und/oder thermodynamisch schaltbar ist. 25
13. Mikroschaltkontakt nach dem vorhergehenden Anspruch, **dadurch gekennzeichnet, daß** auf der Bodenplatte zwischen der Bodenplatte und dem Biegebalken eine Steuerelektrode angeordnet ist. 30
14. Mikroschaltkontakt nach dem vorhergehenden Anspruch, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Steuerelektrode zumindest teilweise aus elektrisch leitend dotiertem Diamant besteht. 35
15. Mikroschaltkontakt nach einem der beiden vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Steuerelektrode elektrische Außenkontakte zur Spannungsversorgung der Steuerelektrode aufweist. 40
16. Mikroschaltkontakt nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** an dem ersten und/oder zweiten Kontaktelement außerhalb des Kontaktbereichs elektrische Außenkontakte zur Spannungs- und Stromversorgung des Kontaktelementes angeordnet sind. 45
17. Mikroschaltkontakt nach dem vorhergehenden Anspruch, **dadurch gekennzeichnet, daß** das erste und/oder zweite Kontaktelement außerhalb des Kontaktbereichs mit Oberflächenmetallisierungen zur Bildung der elektrischen Außenkontakte versehen sind. 50
18. Mikroschaltkontakt nach Anspruch 15, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Steuerelektrode mit

Oberflächenmetallisierungen zur Bildung der elektrischen Außenkontakte versehen ist.

19. Mikroschaltkontakt nach einem der Ansprüche 4 bis 18, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Oberfläche des Biegebalkens zumindest teilweise Oberflächenmetallisierungen aufweist.
20. Mikroschaltkontakt nach dem vorhergehenden Anspruch, **dadurch gekennzeichnet, daß** die dem Anker entgegengesetzte Oberfläche des Biegebalkens zumindest teilweise Oberflächenmetallisierungen aufweist.
21. Mikroschaltkontakt nach einem der Ansprüche 17 bis 20, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Oberflächenmetallisierung ein Edelmetall, ein Nichtedelmetall oder eine Metalllegierung aufweist.
22. Mikroschaltkontakt nach dem vorhergehenden Anspruch, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Oberflächenmetallisierung durch Aufdampfen, Zerstäuben oder galvanische Abscheidung auf die Kontaktelemente, den Biegebalken und/oder die Steuerelektrode aufgebracht ist.
23. Mikroschaltkontakt nach einem der Ansprüche 4 bis 22, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Bodenplatte und ggf. der Träger im Bereich des ersten Kontaktelementes und gegebenenfalls im Bereich der Steuerelektrode auf der von diesen abgewandten Seite Öffnungen aufweisen, über die das erste Kontaktelement und gegebenenfalls die Steuerelektrode elektrisch kontaktierbar sind.
24. Mikroschaltkontakt nach einem der Ansprüche 4 bis 23, **dadurch gekennzeichnet, daß** zwischen dem Träger und der Bodenplatte eine Zwischenschicht aus Silizium(di)oxid (SiO_x), Siliziumnitrid, Metall, einer Legierung und/oder einem Dielektrikum angeordnet ist.
25. Mikroschaltkontakt nach einem der Ansprüche 4 bis 24, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Bodenplatte, der Anker und/oder der Biegebalken durch chemische Gasphasenabscheidung (CVD-Verfahren) von Diamant hergestellt ist.
26. Mikroschaltkontakt nach dem vorhergehenden Anspruch, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Diamant durch Plasma-CVD, Arc-Jet-CVD, und/oder Hot-Filament-CVD abgeschieden ist.
27. Mikroschaltkontakt nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** die elektrisch leitfähigen Diamantschichten der Kontaktelemente, des Biegebalkens und/oder der Steuerelektrode zumindest teilweise aus Diamant-

schichten bestehen, der mit Bor, Stickstoff, Schwefel und/oder Phosphor dotiert sind.

28. Verfahren zur Herstellung eines Mikroschaltkontaktes nach einem der Ansprüche 4 bis 27, **dadurch gekennzeichnet, daß** auf einem Träger eine Bodenplatte, ein Anker und das erste Kontaktelement aufgebracht, auf die Bodenplatte bis zur Höhe des Ankers eine Opferschicht aufgebracht, auf den Anker und die Opferschicht der Biegebalken und das mit dem Biegebalken verbundene zweite Kontaktelement aufgebracht wird, und abschließend die Opferschicht entfernt wird.
29. Verfahren nach dem vorhergehenden Anspruch, **dadurch gekennzeichnet, daß** eine Opferschicht aus Metall, einem Dielektrikum, Siliziumdioxid, SiO_x , Si_3N_4 und/oder SiO_xN_y aufgebracht wird.
30. Verfahren nach einem der beiden vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Opferschicht durch Ätzen entfernt wird.

Claims

1. Mechanically closing, electrical microswitching contact having a first and a second electrically conductive contact element with a first and a second electrically conductive contact surface, respectively, the two contact elements in the open state of the microswitching contact being at a predetermined distance from each other and in the closed state touching each other in a contact region in the region of the first and second contact surfaces, **characterised in that** the first contact element is arranged at one end of a bending beam made of diamond, and the first contact surface and/or the second contact surface consists at least partly of a carbide-forming metal, a metallisation stable at high temperatures, highly doped, conductive diamond, silicon carbide (SiC), gallium nitride (GaN), boron nitride (BN), aluminium-gallium nitride (AlGaN) and/or aluminium nitride (AlN).
2. Microswitching contact according to the preceding claim, **characterised in that** one of the two contact surfaces consists at least partly of metal, a carbide-forming metal and/or a metallisation stable at high temperatures.
3. Microswitching contact according to the preceding claim, **characterised in that** the metallisation stable at high temperatures contains W:Si and/or Ta:Si.

4. Microswitching contact according to one of the preceding claims, **characterised by** a base plate, the first contact element being arranged on the upper side of the base plate in such a way that its contact surface lies opposite the base plate, an armature, which is arranged on the upper side of the base plate at a predetermined distance from the first contact element, the bending beam being fastened on that side of the armature which faces away from the base plate, being kept by the armature at predetermined distance from the base plate and extending in a cantilevered manner from the armature as far as the first contact element, and the second contact element being arranged on that side of the bending beam which faces towards the first contact element, so that the contact surface of the second contact element lies opposite the contact surface of the first contact element.
5. Microswitching contact according to the preceding claim, **characterised in that** the base plate consists at least partly of an electrically insulating diamond layer, SiC, GaN, AlGaN, BN and/or AlN.
6. Microswitching contact according to one of the two preceding claims, **characterised in that** the armature consists at least partly of electrically insulating diamond, SiC, GaN, AlGaN, BN and/or AlN, so that it electrically insulates the base plate and the bending beam from each other.
7. Microswitching contact according to one of the three preceding claims, **characterised in that** the bending beam consists at least partly of electrically conductively doped diamond, SiC, GaN, AlGaN, BN and/or AlN.
8. Microswitching contact according to one of Claims 4 to 7, **characterised in that** the bending beam has a thickness of between 0.5 and 10 μm in the direction perpendicular to the surface of the base plate.
9. Microswitching contact according to one of Claims 4 to 8, **characterised in that** the base plate is arranged on a substrate as a support.
10. Microswitching contact according to the preceding claim, **characterised in that** the substrate consists at least partly of silicon.
11. Microswitching contact according to the preceding claim, **characterised in that** the substrate consists at least partly of (100)-oriented silicon.
12. Microswitching contact according to one of Claims 4 to 11, **characterised in that** it is electrostatically,

inductively, mechanically and/or thermodynamically switchable.

13. Microswitching contact according to the preceding claim, **characterised in that** a control electrode is arranged on the base plate between the base plate and the bending beam. 5
14. Microswitching contact according to the preceding claim, **characterised in that** the control electrode consists at least partly of electrically conductively doped diamond. 10
15. Microswitching contact according to one of the two preceding claims, **characterised in that** the control electrode has external electrical contacts for the voltage supply to the control electrode. 15
16. Microswitching contact according to one of the preceding claims, **characterised in that** external electrical contacts are arranged at the first and/or second contact element, outside the contact region, for the voltage and current supply to the contact element. 20
17. Microswitching contact according to the preceding claim, **characterised in that** the first and/or second contact element are provided, outside the contact region, with surface metallisations for the purpose of forming the external electrical contacts. 25
18. Microswitching contact according to Claim 15, **characterised in that** the control electrode is provided with surface metallisations for the purpose of forming the external electrical contacts. 30
19. Microswitching contact according to one of Claims 4 to 18, **characterised in that** the surface of the bending beam has at least partial surface metallisations. 35
20. Microswitching contact according to the preceding claim, **characterised in that** that surface of the bending beam which is opposite the armature has at least partial surface metallisations. 40
21. Microswitching contact according to one of Claims 17 to 20, **characterised in that** the surface metallisation comprises a noble metal, a base metal or a metal alloy. 45
22. Microswitching contact according to the preceding claim, **characterised in that** the surface metallisation is deposited on the contact elements, the bending beam and/or the control electrode by vapour deposition, sputtering or electrodeposition. 50
23. Microswitching contact according to one of Claims

4 to 22, **characterised in that** the base plate and, where appropriate, the support have openings in the region of the first contact element and, where appropriate, in the region of the control electrode, on the side facing away therefrom, via which openings electrical contact can be made with the first contact element and, where appropriate, the control electrode.

24. Microswitching contact according to one of Claims 4 to 23, **characterised in that** an intermediate layer made of silicon (di)oxide (SiO_x), silicon nitride, metal, an alloy and/or a dielectric is arranged between the support and the base plate. 55
25. Microswitching contact according to one of Claims 4 to 24, **characterised in that** the base plate, the armature and/or the bending beam are produced by chemical vapour deposition of diamond.
26. Microswitching contact according to the preceding claim, **characterised in that** the diamond is deposited by plasma CVD, arc-jet CVD, and/or hot-filament CVD.
27. Microswitching contact according to one of the preceding claims, **characterised in that** the electrically conductive diamond layers of the contact elements, of the bending beam and/or of the control electrode consist at least partly of diamond layers doped with boron, nitrogen, sulphur and/or phosphorus.
28. Process for producing a microswitching contact according to one of Claims 4 to 27, **characterised in that** a base plate, an armature and the first contact element are deposited on a support, a sacrificial layer is deposited on the base plate up to the level of the armature, the bending beam, and the second contact element connected to the bending beam, is deposited on the armature and the sacrificial layer, and finally the sacrificial layer is removed.
29. Process according to the preceding claim, **characterised in that** a sacrificial layer made of metal, a dielectric, silicon dioxide, SiO_x , Si_3N_4 and/or SiO_xN_y is deposited.
30. Process according to one of the two preceding claims, **characterised in that** the sacrificial layer is removed by etching.

Revendications

1. Microcontact de commutation électrique à fermetu-

- re mécanique avec un premier et un deuxième élément de contact électriquement conducteurs ayant respectivement une première et une deuxième surface électriquement conductrices, dans lequel les deux éléments de contact, à l'état ouvert du microcontact de commutation électrique, présentent une distance prédéterminée l'un de l'autre et, à l'état fermé, sont en contact l'un avec l'autre dans une zone de contact dans la région des première et deuxième surfaces de contact, **caractérisé en ce que** le premier élément de contact est disposé à une extrémité d'une traverse flexible en diamant et que la première surface de contact et/ou la deuxième surface de contact consiste au moins partiellement en un métal formant un carbure, en une métallisation stable à haute température, en du diamant conducteur fortement dopé, en du carbure de silicium (SiC), en du nitrure de gallium (GaN), en du nitrure de bore (BN), en du nitrure d'aluminium et de gallium (Al-GaN) et/ou en du nitrure d'aluminium (AlN).
2. Microcontact de commutation selon la revendication précédente, **caractérisé en ce qu'une** des deux surfaces de contact consiste au moins partiellement en un métal, un métal formant un carbure et/ou en une métallisation stable à haute température.
 3. Microcontact de commutation selon la revendication précédente, **caractérisé en ce que** la métallisation stable à haute température contient W:Si et/ou Ta:Si.
 4. Microcontact de commutation selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé par** une plaque de base dans lequel sur la face supérieure de la plaque de base le premier élément de contact est disposé de sorte que sa surface de contact soit située en regard de la plaque de base,
 - une armature qui est disposée sur la face supérieure de la plaque de base à une distance prédéterminée du premier élément de contact,
 - dans lequel la traverse flexible est fixée sur le côté de l'armature éloigné de la plaque de base, est maintenue par celle-ci à une distance prédéterminée de la plaque de base et s'étend en saillie depuis l'armature jusqu'au premier élément de contact,
 - et dans lequel le deuxième élément de contact est disposé sur le côté tourné vers le premier élément de contact de la traverse flexible, de sorte que la surface de contact du deuxième élément de contact soit située en regard de la surface de contact du premier élément de contact.
 5. Microcontact de commutation selon la revendication précédente, **caractérisé en ce que** la plaque de base consiste au moins partiellement en une couche de diamant électriquement isolante, en SiC, en GaN, en AlGaN, en BN et/ou en AlN.
 6. Microcontact de commutation selon l'une des deux revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'armature consiste au moins partiellement en du diamant électriquement isolant, en SiC, en GaN, en AlGaN, en BN et/ou en AlN, de sorte qu'elle isole électriquement l'une de l'autre la plaque de base et la traverse flexible.
 7. Microcontact de commutation selon l'une des trois revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la traverse flexible consiste au moins partiellement en du diamant dopé électriquement conducteur, en SiC, en AlGaN, en BN et/ou en AlN.
 8. Microcontact de commutation selon l'une des revendications 4 à 7, **caractérisé en ce que** la traverse flexible présente dans une direction perpendiculaire à la surface de la plaque de base une épaisseur entre 0,5 et 10 μm .
 9. Microcontact de commutation selon l'une des revendications 4 à 8, **caractérisé en ce que** la plaque de base est disposée comme support sur un substrat.
 10. Microcontact de commutation selon la revendication précédente, **caractérisé en ce que** le substrat consiste au moins partiellement en du silicium.
 11. Microcontact de commutation selon la revendication précédente, **caractérisé en ce que** le substrat consiste au moins partiellement en du silicium orienté (100).
 12. Microcontact de commutation selon l'une des revendications 4 à 11, **caractérisé en ce qu'il** peut être commuté de manière électrostatique, inductive, mécanique et/ou thermodynamique.
 13. Microcontact de commutation selon la revendication précédente, **caractérisé en ce qu'une** électrode de commande est disposée sur la plaque de base, entre la plaque de base et la traverse flexible.
 14. Microcontact de commutation selon la revendication précédente, **caractérisé en ce que** l'électrode de commande consiste au moins partiellement en du diamant dopé électriquement conducteur.
 15. Microcontact de commutation selon l'une des deux revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'électrode de commande présente des contacts électriques extérieurs pour une alimentation en tension de l'électrode de commande.
 16. Microcontact de commutation selon l'une des re-

vendications précédentes, **caractérisé en ce que**, sur le premier et/ou le deuxième élément de contact en dehors de la région de contact, des contacts électriques extérieurs sont disposés pour une alimentation en tension et en courant de l'élément de contact.

17. Microcontact de commutation selon la revendication précédente, **caractérisé en ce que** le premier et/ou le deuxième élément de contact en dehors de la région de contact sont munis de métallisations superficielles pour former les contacts électriques extérieurs. 5
18. Microcontact de commutation selon la revendication 15, **caractérisé en ce que** l'électrode de commande est munie de métallisations superficielles pour former les contacts électriques extérieurs. 10
19. Microcontact de commutation selon l'une des revendications 4 à 18, **caractérisé en ce que** la surface de la traverse flexible présente au moins partiellement des métallisations superficielles. 15
20. Microcontact de commutation selon la revendication précédente, **caractérisé en ce que** la surface de la traverse flexible opposée à l'armature présente au moins partiellement des métallisations superficielles. 20
21. Microcontact de commutation selon l'une des revendications 17 à 20, **caractérisé en ce que** la métallisation superficielle contient au moins un métal précieux, un métal commun ou un alliage métallique. 25
22. Microcontact de commutation selon la revendication précédente, **caractérisé en ce que** la métallisation superficielle est formée par vaporisation sous vide, pulvérisation ou dépôt électrolytique sur les éléments de contact, la traverse flexible et/ou l'électrode de commande. 30
23. Microcontact de commutation selon l'une des revendications 4 à 22, **caractérisé en ce que** la plaque de base et éventuellement le support présentent dans la région du premier élément de contact et, le cas échéant, dans la zone de l'électrode de commande, des ouvertures sur le côté opposé à ceux-ci, au moyen desquelles le premier élément de contact et, le cas échéant, l'électrode de commande, peuvent être mis en contact électrique. 35
24. Microcontact de commutation selon l'une des revendications 4 à 23, **caractérisé en ce qu'**entre le support et la plaque de base est disposée une couche intermédiaire de (di)oxyde de silicium (SiO_x), 40

de nitrure de silicium, de métal, d'un alliage et/ou d'un diélectrique.

25. Microcontact de commutation selon l'une des revendications 4 à 24, **caractérisé en ce que** la plaque de base, l'armature et/ou la traverse flexible sont fabriquées par dépôt chimique de diamant en phase vapeur (procédé CVD), 45
26. Microcontact de commutation selon la revendication précédente, **caractérisé en ce que** le diamant est déposé par dépôt chimique par plasma, dépôt chimique par propulseur électrothermique à arc, et/ou dépôt chimique par effet thermoionique. 50
27. Microcontact de commutation selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** les couches de diamant électriquement conductrices des éléments de contact, de la traverse flexible et/ou de l'électrode de commande consistent au moins partiellement en des couches de diamant qui sont dopées avec du bore, de l'azote, du soufre et/ou du phosphore. 55
28. Procédé de fabrication d'un microcontact de commutation selon l'une des revendications 4 à 27, **caractérisé en ce que** sur un support sont déposés une plaque de base, un curseur et le premier élément de contact, sur la plaque de base jusqu'à la hauteur du curseur une couche sacrificielle est formée, la traverse flexible et le deuxième élément de contact reliée à la traverse flexible sont déposés sur l'armature et la couche sacrificielle, et qu'enfin la couche sacrificielle est retirée. 60
29. Procédé selon la revendication précédente, **caractérisé en ce qu'**une couche sacrificielle est déposée consistant en du métal, un diélectrique, du dioxyde de silicium (SiO_x), de Si_3N_4 et/ou de $\text{SiO}_x\text{-N}_y$. 65
30. Procédé selon l'une des deux revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la couche sacrificielle est retirée par attaque chimique. 70

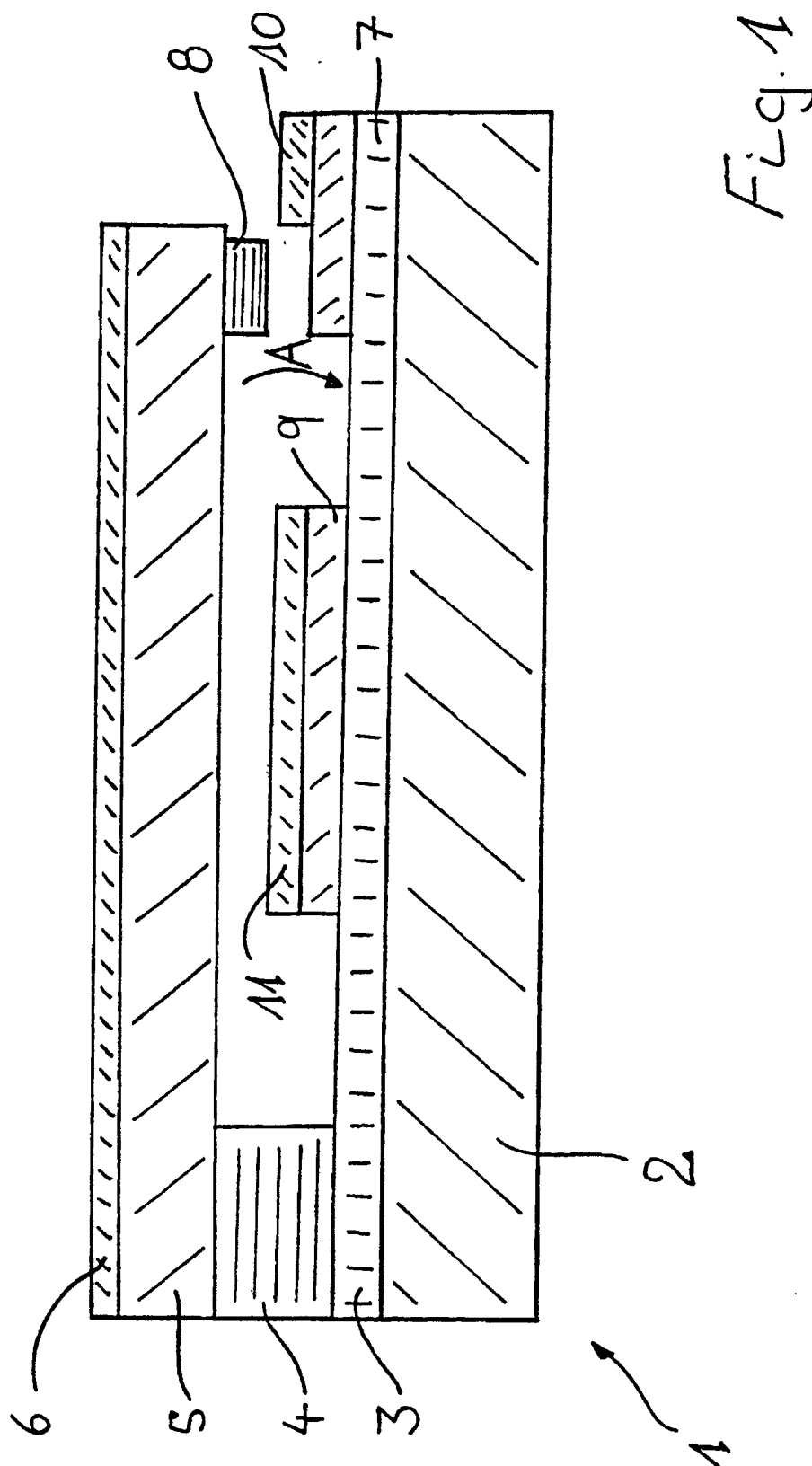


Fig. 1

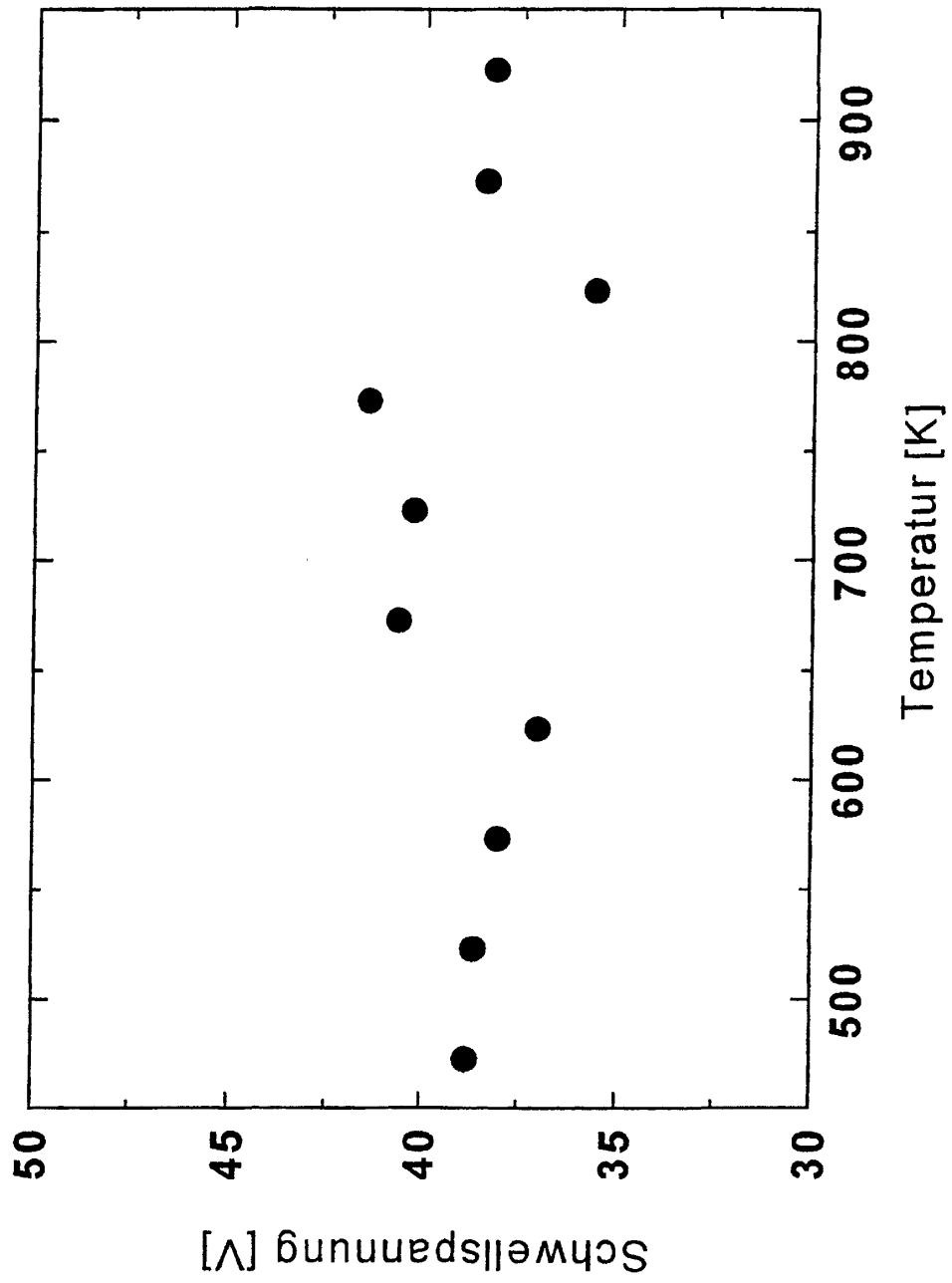


Fig. 2

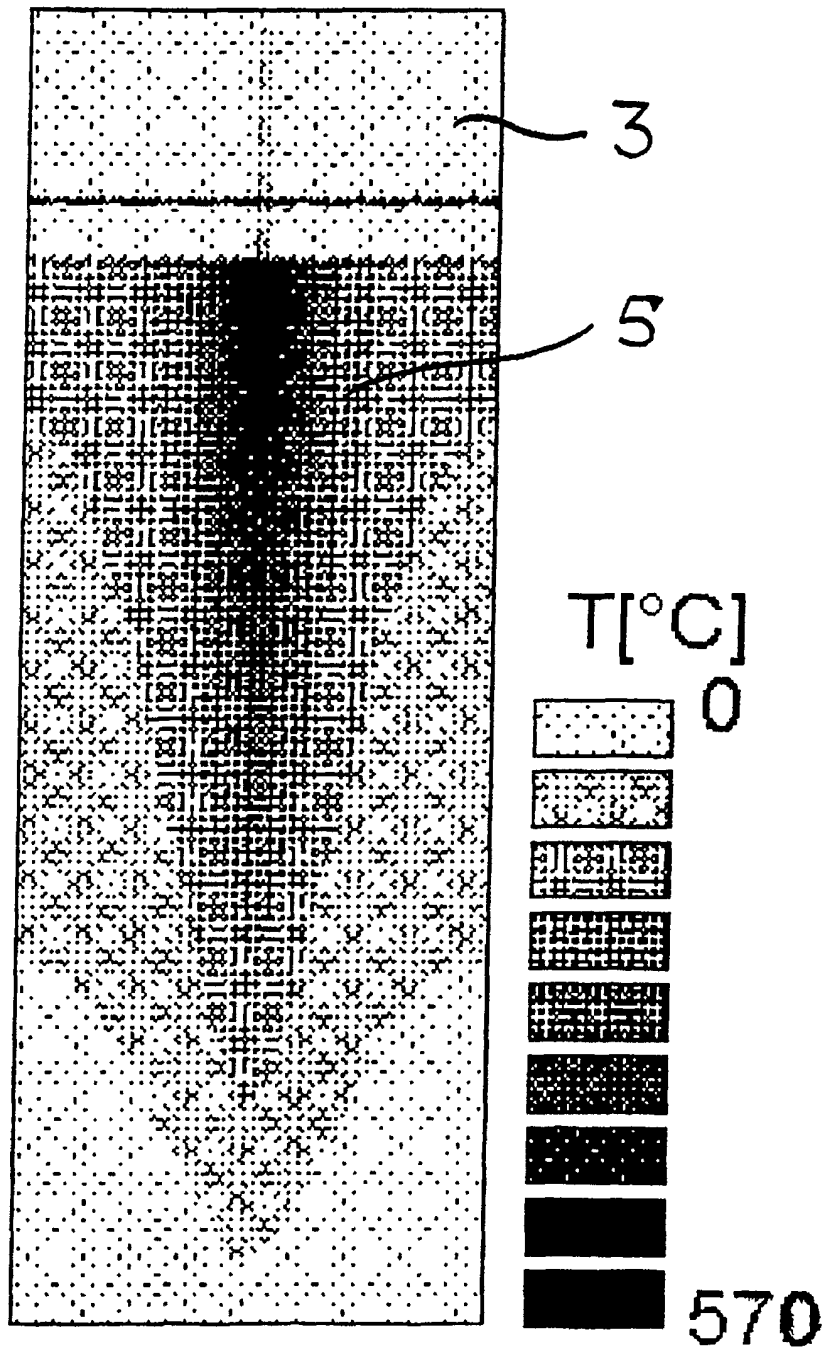


Fig. 3

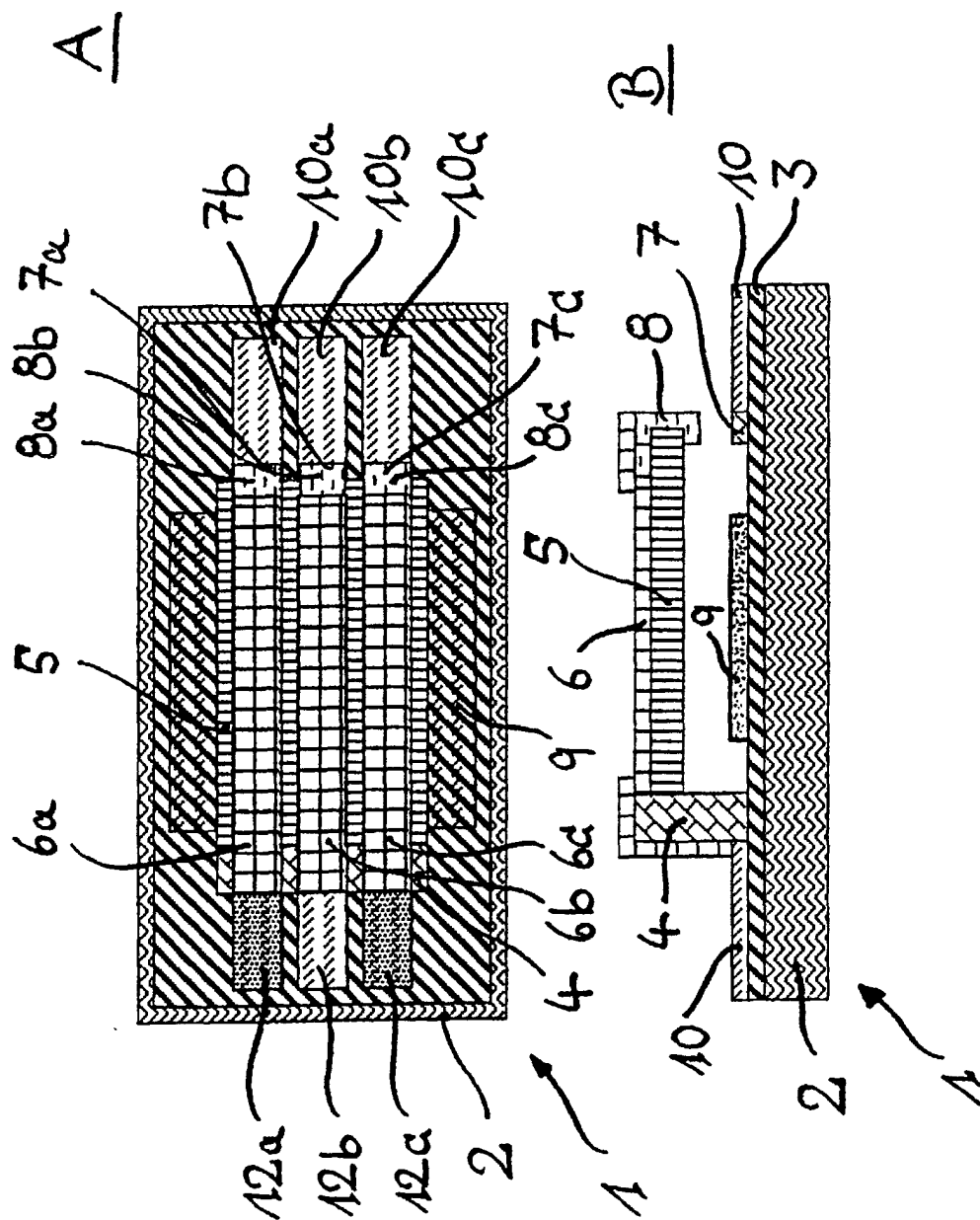


Fig. 4

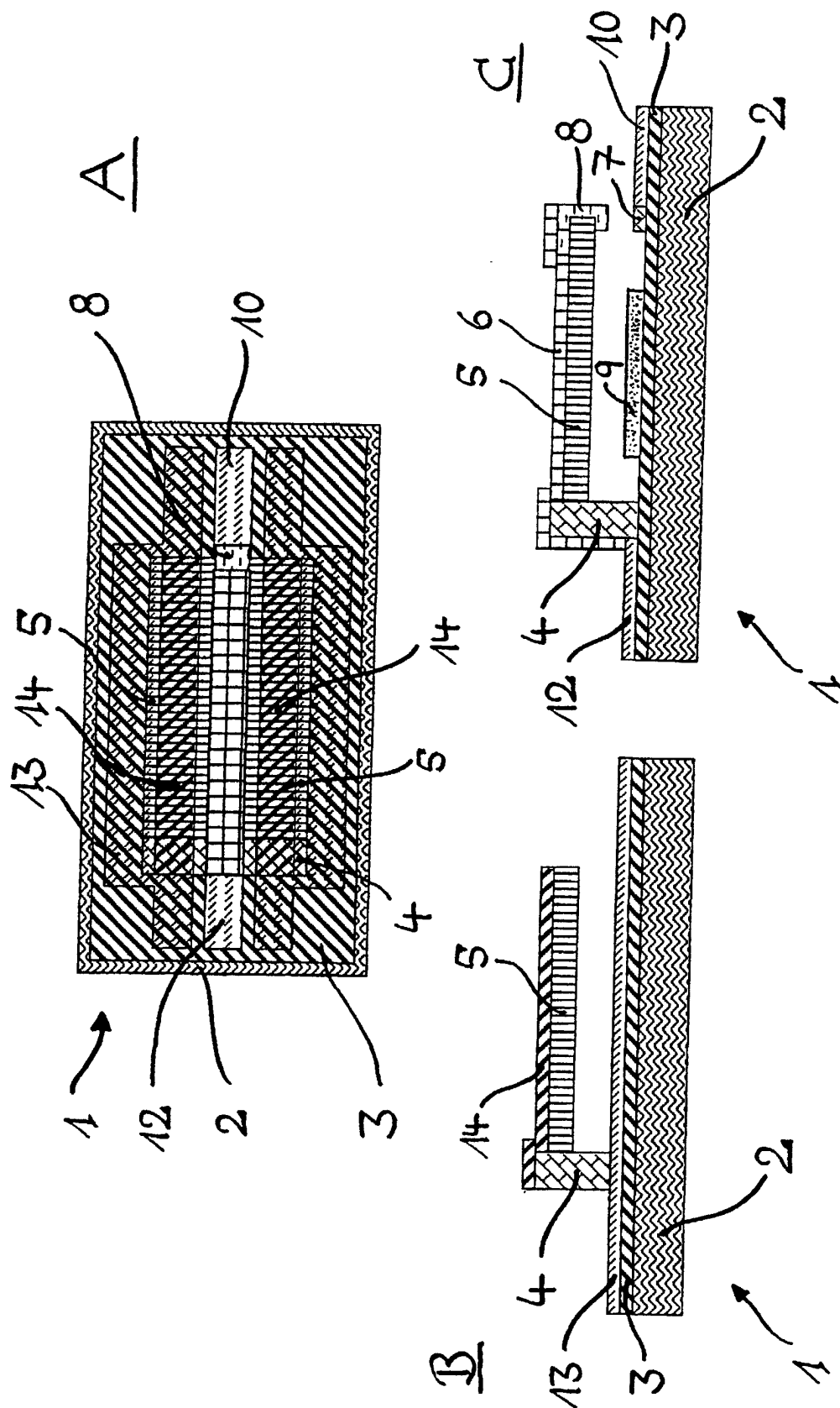


Fig. 5