(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) EP 0 713 235 B1

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
25.02.1998 Patentblatt 1998/09

(51) Int Cl.[6]: **H01H 59/00**

(21) Anmeldenummer: **95115647.0**

(22) Anmeldetag: **04.10.1995**

(54) Mikromechanisches elektrostatisches Relais

Micromechanical electrostatic relay

Relais micromécanique électrostatique

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE FR GB IT

(30) Priorität: **18.10.1994 DE 4437261**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
22.05.1996 Patentblatt 1996/21

(73) Patentinhaber: **SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT**
80333 München (DE)

(72) Erfinder:
- **Kiesewetter, Lothar, Prof. Dr.**
  D-12357 Berlin (DE)
- **Schimkat, Joachim**
  D-13351 Berlin (DE)
- **Schlaak, Helmut, Dr.**
  D-13503 Berlin (DE)
- **Gevatter, Hans-Jürgen, Prof. Dr.**
  D-14193 Berlin (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
DE-C- 4 205 029

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).

EP 0 713 235 B1

Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein mikromechanisches elektrostatisches Relais mit einem Basissubstrat, das eine Basis-Elektrodenschicht und mindestens ein Basis-Kontaktstück trägt, und mit

einem auf dem Basissubstrat liegenden Ankersubstrat mit mindestens einer freigearbeiteten, einseitig angebundenen Anker-Federzunge, welche eine Anker-Elektrodenschicht und an ihrem freien Ende ein Anker-Kontaktstück trägt,
wobei die Federzunge im Ruhezustand durch eine stetige Krümmung vom Basissubstrat weg gebogen ist, so daß die beiden Elektrodenschichten einen keilförmigen Luftspalt zwischen einander bilden und
wobei sich die Federzunge im Arbeitszustand bei Anliegen einer Spannung zwischen den Elektrodenschichten an das Basis- substrat anschmiegt und die beiden Kontaktstücke aufeinanderliegen.

Ein derartiges mikromechanisches Relais ist bereits aus der DE 42 05 029 C1 bekannt. Wie dort ausgeführt ist, läßt sich ein solcher Relaisaufbau beispielsweise aus einem kristallinen Halbleitersubstrat, vorzugsweise Silizium, herstellen, wobei die als Anker dienende Federzunge durch entsprechende Dotierungs- und Ätzvorgänge aus dem Halbleitersubstrat herausgearbeitet wird. Grundsätzlich ist dort auch bereits beschrieben, wie man in der Federzunge durch eine Mehrschichtstruktur eine homogene Krümmung erzeugen kann, wobei die verschiedenen Schichten aufgrund ihrer unterschiedlichen Ausdehnungskoeffizienten und Abscheidetemperaturen gegeneinander verspannt werden. Die gekrümmte Federzunge mit ihrer entsprechend gekrümmten Ankerelektrode bildet somit einen keilförmigen Luftspalt gegenüber einer ebenen Basiselektrode auf einem ebenen Basissubstrat, welches beispielsweise ebenfalls aus Silizium oder auch aus Glas bestehen kann. Durch Anlegen einer Steuerspannung zwischen der Ankerelektrode der Federzunge und der ebenen Basiselektrode rollt die gekrümmte Federzunge auf der Basiselektrode ab und bildet damit einen sogenannten Wanderkeil. Während dieses Abrollens wird die Federzunge gestreckt, bis das freie Federende mit dem Ankerkontaktstück das Basiskontaktstück auf dem Basissubstrat berührt.

Dieser geschilderte Schaltvorgang mit dem Wanderkeil, bei dem die stetig gekrümmte Ankerelektrode stetig abrollt, bringt es mit sich, daß auch das eigentliche Schließen und Öffnen des Kontaktes in einer kontinuierlichen Bewegung erfolgt, wodurch sich eine sogenannte schleichende Kontaktgabe ergibt. In der Übergangsphase, bei der sich die Kontaktstücke nur mit geringer Kontaktkraft und dabei mit hohem Übergangswiderstand berühren, entsteht ein Lichtbogen bzw. eine unerwünschte Erwärmung der Kontaktstücke, wobei die Kontaktoberflächen Schaden nehmen. Generell ist deshalb für Relais ein abrupter Schaltvorgang erwünscht, wobei die Federzunge bzw. das Ankerkontaktstück bei Erreichen der Ansprechspannung vollständig auf der Basiselektrode bzw. dem Basiskontaktstück aufschlägt und somit beim ersten Berühren des Arbeitskontakts eine definierte Kontaktkraft entsteht. Entsprechendes gilt für den Haltevorgang beim Absenken der Steuerspannung. Die Öffnung der Kontakte und damit das Abfallen der Federzunge sollen ebenfalls als Kippvorgang bei Unterschreitung der Haltespannung erfolgen.

Aufgabe der Erfindung ist es, ein mikromechanisches Relais der eingangs genannten Art so weiterzubilden, daß es eine Schaltcharakteristik mit eindeutigem Kippverhalten erhält, daß also das oben erwähnte schleichende Schaltverhalten vermieden wird.

Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe dadurch gelöst, daß der keilförmige Luftspalt zwischen den Elektroden mindestens eine geometrische Diskontinuität aufweist. Durch diese erfindungsgemäß vorgesehene Unterbrechung des durchgehend keilförmigen Luftspaltes zwischen den beiden Elektroden wird erreicht, daß jeweils ein abrupter Schaltvorgang den Kontakt schließt bzw. öffnet.

In einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung weist die Federzunge einen im Bereich der Anbindung am Ankersubstrat beginnenden, stetig gekrümmten Abschnitt und daran anschließend zu ihrem freien Ende hin einen geraden Abschnitt auf, wobei die Länge des gekrümmten Abschnittes vorzugsweise etwa 20 bis 40 % der Gesamtlänge der Federzunge betragen kann. Bei dieser Ausgestaltung rollt also die Federzunge zunächst über ihren gekrümmten Abschnitt stetig auf der Basiselektrode ab, bis der Übergang zum geraden Abschnitt erreicht wird. In diesem Augenblick schlägt der restliche, gerade Abschnitt der Federzunge in einem abrupten Schaltvorgang auf das Ende der Basiselektrode, wobei das Ankerkontaktstück abrupt auf das Basiskontaktstück schlägt.

In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung ist vorgesehen, daß der Beginn der Elektrodenfläche einen Versatz gegenüber der Anbindung der Federzunge am Ankersubstrat aufweist, dessen Länge vorzugsweise 20 bis 40 % der Gesamtlänge der Federzunge betragen kann. Bei dieser Ausführungsform kann also die Federzunge über ihre gesamte Länge kontinuierlich gekrümmt sein, während die Diskontinuität nunmehr durch den versetzten Beginn der Elektrode auf der Federzunge erzeugt wird.

Weiterhin kann ein abruptes Schaltverhalten dadurch erzeugt werden, daß die Basiselektrode gegenüber der Ankerelektrode an der Anbindungsstelle der Federzunge einen vorgegebenen Spalt aufweist, dessen Höhe mindestens 10 % der Gesamtauslenkung des freien Federendes gegenüber dem Basissubstrat im Ruhezustand beträgt. Diese Höhe des Spaltes, die vorzugsweise zwischen 10 und 20 % der genannten Federauslenkung betragen kann, ist somit

wesentlich größer als die Dicke einer Isolierschicht, die zur notwendigen Isolierung zwischen den beiden Elektroden an der Einspannstelle in jedem Fall erforderlich ist.

Ergänzend sei noch erwähnt, daß die genannten Maßnahmen zur Erzeugung einer Diskontinuität sowohl einzeln als auch in Kombination angewendet werden können.

Zur Erzeugung der Kontaktkraft ist am freien Ende der Federzunge in an sich bekannter Weise ein durch Schlitze teilweise freigeschnittener Kontaktfederbereich gebildet, auf dem das Ankerkontaktstück angeordnet ist. Dabei ist der Abstand zwischen den beiden Kontaktstücken geringer als der Abstand zwischen den beiden Elektroden im Bereich des freien Federendes. Wenn der Kontaktfederbereich mittig freigeschnitten ist, kann also die Ankerelektrode an zwei Seitenlappen neben dem Kontaktfederbereich flach auf der Basiselektrode aufliegen, während der Kontaktfederbereich aufgrund der erhöhten Kontaktstücke durchgebogen wird und damit die Kontaktkraft erzeugt.

Die Erfindung wird nachfolgend an Ausführungsbeispielen anhand der Zeichnung näher erläutert. Es zeigen

Figur 1 eine schematische Darstellung für den grundsätzlichen Aufbau eines mikromechanischen Relais mit stetig gekrümmter Anker-Federzunge im Schnitt,

Figur 2 eine Ansicht von unten auf das Ankersubstrat von Figur 1,

Figuren 3a und 3b Diagramme mit Darstellungen des Verlaufs des Abstandes der Federzunge von der Basiselektrode und der Kontaktkraft, jeweils in Abhängigkeit von der Steuerspannung an den Elektroden, bei einem kontinuierlich keilförmigen Luftspalt zwischen den Elektroden gemäß Figur 1,

Figuren 4a und 4b eine schematische Darstellung einer nur teilweise gekrümmten Anker-Federzunge im Ruhe- und Arbeitszustand,

Figuren 5a und 5b Diagramme für den Verlauf des Abstandes zwischen Federzunge und Basiselektrode sowie der Kontaktkraft in Abhängigkeit von der Steuerspannung für die Federzunge gemäß Figur 4,

Figuren 6a und 6b die schematische Darstellung einer Federzunge mit versetztem Elektrodenbeginn im Ruhezustand und im Arbeitszustand,

Figuren 7a und 7b den Verlauf des Kontaktabstandes und der Kontaktkraft in Abhängigkeit von der Steuerspannung bei einer Federzunge gemäß Figur 6,

Figur 8 die schematische Darstellung einer Federzunge mit einem zusätzlichen Luftspalt zwischen Ankerelektrode und Basiselektrode im Ruhezustand und im Arbeitszustand, und

Figuren 9a und 9b Diagramme für den Verlauf des Abstandes zwischen den Kontaktstücken bzw. zwischen der Federzunge und der Basiselektrode sowie den Verlauf der Kontaktkraft in Abhängigkeit von der Steuerspannung bei einer Federzunge gemäß Figur 8.

Figur 1 zeigt schematisch den grundsätzlichen Aufbau eines mikromechanischen elektrostatischen Relais, bei dem die Erfindung zur Anwendung kommt. Dabei ist an einem Ankersubstrat 1, vorzugsweise einem Silizium-Wafer, eine Anker-Federzunge 2 innerhalb einer entsprechend dotierten Siliziumschicht durch selektive Ätzverfahren freigearbeitet. An der Unterseite der Federzunge ist eine Doppelschicht 4 erzeugt, die in dem Beispiel aus einer SiO_2-Schicht, welche Druckspannungen erzeugt, und einer Si_3N_4-Schicht, welche Zugspannungen erzeugt, besteht. Durch entsprechende Wahl der Schichtdicken kann der Federzunge eine gewünschte Krümmung verliehen werden. Schließlich trägt die Federzunge eine metallische Schicht als Ankerelektrode 5 an ihrer Unterseite. Diese Ankerelektrode 5 ist, wie in Figur 2 zu sehen, zweigeteilt, um in der Mitte der Federzunge eine metallische Zuleitung 6 für ein Anker-Kontaktstück 7 zu bilden.

Wie aus Figur 2 weiter ersichtlich ist, ist am freien Ende der Federzunge durch zwei Schlitze 8 ein Kontaktfederbereich 9 freigeschnitten, der das Kontaktstück 7 trägt. Dieser Kontaktfederbereich 9 kann sich beim flachen Aufliegen der Ankerelektrode 5 auf einer Basiselektrode elastisch durchbiegen, wodurch die Kontaktkraft erzeugt wird.

Wie in Figur 1 weiter zu sehen ist, ist das Ankersubstrat 1 auf einem Basissubstrat 10 befestigt, welches im vorliegenden Beispiel aus Pyrex-Glas besteht, das aber beispielsweise auch aus Silizium gebildet sein könnte. Auf seiner ebenen Oberfläche trägt das Basissubstrat 10 eine Basiselektrode 11 und eine Isolierschicht 12, um die Basiselektrode 11 gegenüber der Ankerelektrode 5 zu isolieren. Ein Basis-Kontaktstück 13 ist in nicht weiter dargestellter Weise mit einer Zuleitung versehen und natürlich gegenüber der Basiselektrode 11 isoliert angeordnet. Zwischen der gekrümmten Federzunge 2 mit der Ankerelektrode 5 einerseits und der Basiselektrode 11 andererseits ist ein keilförmiger Luftspalt

14 ausgebildet. Bei Anliegen einer Spannung von einer Spannungsquelle 15 zwischen den beiden Elektroden 5 und 11 rollt die Federzunge auf der Basiselektrode 11 ab, wodurch das Ankerkontaktstück 7 mit dem Basiskontaktstück 13 verbunden wird.

Die Größenverhältnisse und Schichtdicken sind in den Figuren 1 und 2 lediglich unter dem Gesichtspunkt der Anschaulichkeit dargestellt und entsprechen nicht den tatsächlichen Verhältnissen. Für die nachfolgend beschriebenen Untersuchungen (mit Hilfe einer Computer-Simulation) wurde ein Aufbau gewählt, der etwa die folgenden Dimensionen hatte:

Länge der Federzunge (2)	1300 µm
Breite der Federzunge (2)	1000 µm
Dicke der Federzunge (Si-Schicht) (2)	10 µm
SiO_2-Schichtdicke (4)	500 nm
Si_3N_4-Schichtdicke(4)	50 nm
Länge der Schlitze (8)	500 µm
Auslenkung Zungenende zur Basiselektrode ca.	11 µm

In Figur 3 sind die Schaltkennlinien eines Aufbaus gemäß Figur 1 mit stetig gekrümmter Federzunge in Abhängigkeit von der Steuerspannung gezeigt. Dabei ist in Figur 3a der Abstand A der Federzunge von der Basiselektrode gezeigt. Die Kurve a24 zeigt den Verlauf des Abstandes des Kontaktfederbereiches (am Punkt 24) von der Basiselektrode, während die Kurve a25 den entsprechenden Abstandsverlauf der Federzunge im Gabelpunkt 25 zwischen Kontaktfederbereich und Ankerelektrodenbereich (Ende der Schlitze 8) zeigt. Aus Figur 3a ist deutlich zu ersehen, daß sich die Federzunge stetig an das Basis-substrat bzw. die Basiselektrode annähert, bis bei etwa 8,5 V der Kontakt geschlossen wird; der Kontaktfederbereich der Federzunge ist dann um die Höhe der Kontaktstücke von der Basiselektrode entfernt (etwa 4 µm). Der Verlauf der Kontaktkraft F in Figur 3b zeigt bei der Ansprechspannung von 8,5 V eine sehr geringe Kontaktkraft von ca. 8 µN (Kurve f1), die mit steigender Spannung weiter ansteigt. Erst bei ca. 10,5 V geht die steil ansteigende Kurve in eine Charakteristik geringerer Steilheit über. Dieser Kennlinienverlauf ist für Relais nicht erwünscht.

Um dieses unerwünschte schleichende Kontaktverhalten zu vermeiden, werden erfindungsgemäß verschiedene Maßnahmen zur Erzeugung einer geometrischen Diskontinuität vorgeschlagen, mit denen ein abruptes Schaltverhalten erzeugt wird. In Figur 4 ist schematisch eine Federzunge 41 gezeigt, die im Anschluß an ihre Einspannstelle zunächst einen stetig gekrümmten Abschnitt 42 mit dem Radius R und daran anschließend bis zum freien Ende einen geraden Abschnitt 43 aufweist. Ansonsten ist der Aufbau mit dem von Figur 1 vergleichbar. Die Ankerelektrode 5 und die Basiselektrode 11 erstrecken sich jeweils über die volle Länge der Federzunge. Figur 4b zeigt die Federzunge 41 in angezogenem Zustand, wobei die Kontaktstücke aufeinanderliegen und durch die Durchbiegung des teilweise freigeschnittenen Kontaktfederbereiches 9 die Kontaktkraft erzeugt wird. (Zwischen Basissubstrat und Ankersubstrat ist in den Figuren 4, 6 und 8 jeweils ein kleiner Abstand gezeichnet, der in Wirklichkeit lediglich auf die Dicke einer Isolierschicht beschränkt ist!)

Die Schaltcharakteristik einer Anordnung gemäß Figur 4 ist in Figur 5a und 5b zu erkennen. Gezeigt ist die Bewegung des Punktes 44 am Ende des Kontaktfederbereiches 9 (Kurve a44) und die Bewegung des Gabelungspunktes 45 bei der Anbindung des Kontaktfederbereiches (Kurve a45) in Abhängigkeit von der Steuerspannung. Außerdem zeigt Figur 5b den Verlauf der Kontaktkraft F in Abhängigkeit von der Steuerspannung (Kurve f4). Es zeigt sich eine Schaltcharakteristik mit Hysterese und eindeutigen Kippvorgängen sowohl beim Schließen als auch beim Öffnen des Kontaktes. Bis zur Ansprechspannung von etwa 12 V bewegt sich die Feder in einer quadratischen Abhängigkeit von der Spannung um etwa 10 bis 20 % der Anfangsauslenkung und schaltet nach Überschreiten der Ansprechspannung schlagartig durch. Das Rückfallen erfolgt bei etwa 4 V. Gemäß Figur 5b wird bei der Ansprechspannung von 12 V eine Kontaktkraft von etwa 0,28 mN erreicht. Danach steigt die Kraft mit verminderter Steigung an. Als grobe Dimensionierung sollte die Länge der gekrümmten Zone 42 etwa 20 bis 40 % der Gesamtfederlänge der Federzunge 41 betragen.

Figur 6 zeigt eine Ausführungsform einer Federzunge 61, bei der die geometrische Diskontinuität in einem Versatz der Elektroden besteht. Die Ankerelektrode 62 beginnt in diesem Fall nicht wie die vorher gezeigte Ankerelektrode 5 an der Einspannstelle oder Anbindungsstelle der Federzunge am Ankersubstrat 1, sondern weist einen Versatz L gegenüber dieser Anbindungsstelle auf. Entsprechend kann auch der Beginn der Basiselektrode 63 um den Betrag L versetzt sein, ohne daß es darauf ankommt. Figur 6a zeigt den Ruhezustand der Anordnung, also ohne Steuerspannung, während Figur 6b den angezogenen Zustand, also bei Anliegen einer Steuerspannung zwischen den Elektroden 62 und 63, zeigt.

Figur 7 zeigt den Bewegungsablauf am Kontaktpunkt 64 am Ende der Federzunge 61 (Kurve a64) sowie in Figur 7b den Verlauf der Kontaktkraft (Kurve f6). Durch die versetzte Elektrode nach Figur 6 wird die aktive Elektrodenfläche reduziert, so daß die Ansprechspannung gegenüber Figur 3 vergrößert ist; sie liegt bei dem Beispiel der Simulation

bei etwa 18 V. Wie man aus den Figuren 7a und 7b ersieht, erzielt man auch bei der Gestaltung von Figur 6 eindeutige Kippzustände. Die Versatzlänge L sollte etwa im Bereich von 20 bis 40 % der Länge der Federzunge 61 gewählt werden.

Eine weitere Ausführungsform einer Federzunge mit Diskontinuität ist in Figur 8 gezeigt. In diesem Fall ist eine Federzunge 81 mit einer kontinuierlichen Krümmung über ihre gesamte Länge und mit einer über ihre gesamte Länge verlaufenden Ankerelektrode 82 vorgesehen. Die geometrische Diskontinuität besteht hier darin, daß die Basiselektrode 83 um einen Abstand d im Basissubstrat 10 nach unten versetzt ist, so daß gegenüber der Einspannstelle der Federzunge 81 ein Spalt von der Dicke d entsteht. Wie am Kurvenverlauf in den Figuren 9b und 9b zu erkennen ist, ergibt sich auch bei einer Anordnung gemäß Figur 8 eine Erhöhung der Ansprechspannung mit eindeutigen Kippzuständen für Öffnen und Schließen des Kontaktes. Dargestellt sind typische Schaltverläufe bei einer Luftspaltbreite von d = 2 µm. Die Ansprechspannung beträgt hier 14 V, wobei alle geometrischen Daten gegenüber den vorherigen Ausführungsbeispielen vergleichbar sind. Zur Dimensionierung bietet sich eine Spaltbreite von d = 1 bis 2 µm an, was etwa 10 bis 20 % der Auslenkung des Federendes im Ruhezustand ist.

Dargestellt ist in Figur 9a der Bewegungsverlauf am Kontaktpunkt 84 (Kurve a84) und am Gabelpunkt 85 (Kurve a85), ähnlich der Darstellung in Figur 5. Außerdem ist in Figur 9b der Verlauf der Kontaktkraft gezeigt (Kurve f8).

Wie aus den Kurvenverläufen in den Figuren 7 und 9 zu erkennen ist, führen die Lösungen gemäß den Figuren 6 und 8 zu erhöhten Ansprechspannungen, da das elektrostatische Feld insgesamt verringert wird. Unter diesem Gesichtspunkt bietet die Lösung gemäß Figur 4 mit den Kurvenverläufen gemäß Figur 5 die optimale Ausnutzung der elektrostatischen Felder. Allerdings ist diese Lösung mit einer nur teilweise gekrümmten Feder schwieriger herzustellen als die homogen gekrümmten Federn von Figur 6 und 8. Welche Lösung im Endeffekt zu bevorzugen ist, hängt also unter anderem von den zur Verfügung stehenden Herstellverfahren und Materialien ab. Wie eingangs bereits erwähnt wurde, könnten natürlich Kombinationen der verschiedenen Ausführungsformen gemäß den Figuren 4, 6 und 8 in Betracht kommen und gegebenenfalls zu einer optimalen Lösung führen.

Patentansprüche

1. Mikromechanisches elektrostatisches Relais mit einem Basissubstrat (10), das eine Basis-Elektrodenschicht (11; 63, 83) und mindestens ein Basis-Kontaktstück (13) trägt, und mit einem auf dem Basissubstrat liegenden Ankersubstrat (1) mit mindestens einer freigearbeiteten, einseitig angebundenen Anker-Federzunge(2; 41, 61, 81), welche eine Anker-Elektrodenschicht (5; 62, 82) und an ihrem freien Ende ein Anker-Kontaktstück (7) trägt,
wobei die Federzunge (2; 41; 61; 81) im Ruhezustand durch eine stetige Krümmung vom Basissubstrat (10) weg gebogen ist, so daß die beiden Elektroden (5, 11; 62, 63; 82, 83) einen keilförmigen Luftspalt (14) zwischen einander bilden und wobei sich die Federzunge (2; 41; 61; 81) im Arbeitszustand bei Anliegen einer Spannung zwischen den Elektroden an das Basissubstrat (10) anschmiegt und die beiden Kontaktstücke (7, 13) aufeinanderliegen, **dadurch gekennzeichnet**, daß der keilförmige Luftspalt (14) zwischen den Elektroden mindestens eine geometrische Diskontinuität aufweist.

2. Relais nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Federzunge (41) einen im Bereich der Anbindung am Ankersubstrat beginnenden, stetig gekrümmten Abschnitt (42) und daran anschließend zu ihrem freien Ende hin einen geraden Abschnitt (43) aufweist.

3. Relais nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Länge des gekrümmten Abschnittes (42) etwa 20 bis 40 % der Gesamtlänge der Federzunge (41) beträgt.

4. Relais nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Beginn der Elektrodenfläche (62) einen Versatz (L) gegenüber der Anbindung der Federzunge (61) am Ankersubstrat (1) aufweist.

5. Relais nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Länge des Versatzes (L) der Elektrode (62) etwa 20 bis 40 % der Gesamtlänge der Federzunge (61) beträgt.

6. Relais nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Basiselektrode (83) gegenüber der Ankerelektrode (82) an der Anbindungsstelle der Federzunge einen vorgegebenen Spalt (d) aufweist, dessen Höhe mindestens 10 % der Gesamtauslenkung des freien Federendes gegenüber dem Basissubstrat im Ruhezustand beträgt.

7. Relais nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Höhe des Spaltes (d) zwischen 10 und 20 % der Gesamtauslenkung des freien Federendes gegenüber dem Basissubstrat (10) im Ruhezustand beträgt.

8. Relais nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Federzunge (2; 41; 61; 81) an ihrem freien Ende einen durch Schlitze (8) teilweise freigeschnittenen Kontaktfederbereich (9) bildet, auf dem das Ankerkontaktstück (7) angeordnet ist, und daß der Abstand zwischen den beiden Kontaktstücken (7, 13) geringer ist als der Abstand zwischen den beiden Elektroden (5, 11) im Bereich des freien Federendes.

9. Relais nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Kontaktfederbereich (9) mittig der Kontaktfederbreite durch zwei vom freien Ende her parallel zu den Seitenkanten der Federzunge verlaufende Schlitze (8) gebildet ist, deren Länge etwa 20 % bis 50 % der Gesamtlänge der Federzunge (2) beträgt.

Claims

1. Micromechanical electrostatic relay having a base substrate (10) which is fitted with a base electrode layer (11; 63, 83) and at least one base contact piece (13), and having an armature substrate (1) which is located on the base substrate and has at least one armature spring tongue (2; 41, 61, 81) which is machined out, is attached on one side and has an armature electrode layer (5; 62, 82) and, at its free end, an armature contact piece (7), the spring tongue (2; 41, 61; 81) being bent away from the base substrate (10) by continuous curvature in the rest state, such that the two electrodes (5, 11; 62, 63; 82, 83) form a wedge-shaped air gap (14) between them, and the spring tongue (2; 41; 61; 81) being closely adjacent to the base substrate (10) and the two contact pieces (7, 13) resting against one another in the operating state when a voltage is applied between the electrodes, characterized in that the wedge-shaped air gap (14) has at least one geometric discontinuity between the electrodes.

2. Relay according to Claim 1, characterized in that the spring tongue (41) has a continuously curved section (42) starting in the region of the link to the armature substrate and, adjacent to this section and towards its free end, has a straight section (43).

3. Relay according to Claim 2, characterized in that the length of the curved section (42) is about 20 to 40% of the overall length of the spring tongue (41).

4. Relay according to one of Claims 1 to 3, characterized in that the start of the electrode area (62) has an offset (L) from the link of the spring tongue (61) to the armature substrate (1).

5. Relay according to Claim 4, characterized in that the length of the offset (L) of the electrode (62) is about 20 to 40% of the overall length of the spring tongue (61).

6. Relay according to one of Claims 1 to 5, characterized in that the base electrode (83) has a predetermined gap (d) from the armature electrode (82) at the attachment point of the spring tongue, the height of which gap (d) is at least 10% of the total deflection of the free spring end with respect to the base substrate in the rest state.

7. Relay according to Claim 6, characterized in that the height of the gap (d) is between 10 and 20% of the overall deflection of the free spring end with respect to the base substrate (10) in the rest state.

8. Relay according to one of Claims 1 to 7, characterized in that the spring tongue (2; 41; 61; 81) forms a contact spring region (9) at its free end, which contact spring region (9) is partially cut free by means of slots (8) and on which the armature contact piece (7) is arranged, and in that the distance between the two contact pieces (7, 13) is less than the distance between the two electrodes (5, 11) in the region of the free spring end.

9. Relay according to Claim 8, characterized in that the contact spring region (9) is formed in the middle of the contact spring width by means of two slots (8) which run, from the free end, parallel to the side edges of the spring tongue and whose length is about 20% to 50% of the overall length of the spring tongue (2).

Revendications

1. Relais micromécanique électrostatique avec un substrat de base (10) qui porte une couche d'électrode de base (11; 63 , 83) et au moins un élément de contact de base (13), et avec un substrat d'induit (1), placé sur le substrat de base avec au moins une lame élastique d'induit (2; 41, 61, 81) dégagée et reliée d'un seul côté, laquelle porte une couche d'électrode d'induit (5; 62, 82) et à son extrémité libre un élément de contact d'induit (7)

pour lequel la lame élastique (2; 41; 61; 81) au repos est recourbée par une courbure continue s'éloignant du substrat de base (10) de telle sorte que les deux électrodes (5, 11; 62, 63; 82, 83) forment entre elles un entrefer (14) en forme de coin, et pour lequel la lame élastique (2; 41; 61; 81) à l'état de fonctionnement lors de l'application d'une tension entre les électrodes épouse la forme du substrat de base (10) et les deux éléments de contact (7, 13) sont situés l'un sur l'autre, caractérisé en ce que l'entrefer (14) en forme de coin entre les électrodes présente au moins une discontinuité géométrique.

2. Relais selon la revendication 1, caractérisé en ce que la lame élastique (41) présente un tronçon continûment courbé (42) débutant dans la zone de liaison avec le substrat d'induit et présente ensuite jusqu'à son extrémité libre un tronçon rectiligne (43).

3. Relais selon la revendication 2, caractérisé en ce que la longueur du tronçon courbé (42) vaut environ 20 à 40% de la longueur totale de la lame élastique (41).

4. Relais selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que le commencement de la surface d'électrode (62) présente un décalage (L) par rapport à la liaison de la lame élastique (61) avec le substrat d'induit (1).

5. Relais selon la revendication 4, caractérisé en ce que la longueur du décalage (L) de l'électrode (62) vaut environ 20 à 40% de la longueur totale de la lame élastique (61).

6. Relais selon l'une des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que l'électrode de base (83) présente en face de l'électrode d'induit (82) près du point de liaison de la lame élastique un interstice (d) prédéfini, dont la hauteur vaut au moins 10% de la déviation totale par rapport au substrat de base de l'extrémité libre de la lame au repos.

7. Relais selon la revendication 6, caractérisé en ce que la hauteur de l'interstice (d) vaut entre 10 et 20% de la déviation totale par rapport au substrat de base (10) de l'extrémité libre de la lame au repos.

8. Relais selon l'une des revendications 1 à 7, caractérisé en ce que la lame élastique (2; 41; 61; 81) forme près de son extrémité libre, un domaine de contact élastique partiellement dégagé par découpage par des entailles (8), sur lequel est disposé l'élément de contact d'induit (7), et en ce que l'écart entre les deux éléments de contact (7, 13) est plus petit que l'écart entre les deux électrodes (5, 11) dans la zone de l'extrémité libre de la lame.

9. Relais selon la revendication 8, caractérisé en ce que le domaine de contact élastique (9) est formé, au centre de la largeur de la lame de contact, par deux entailles (8) s'étendant à partir de l'extrémité libre parallèlement aux arêtes latérales de la lame élastique, dont la longueur vaut environ 20% à 50% de la longueur totale de la lame élastique (2).

FIG 1

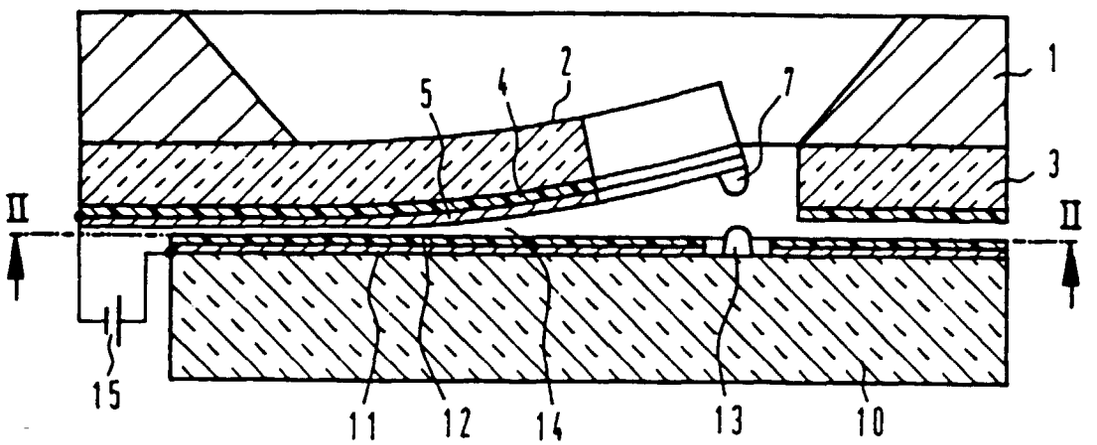
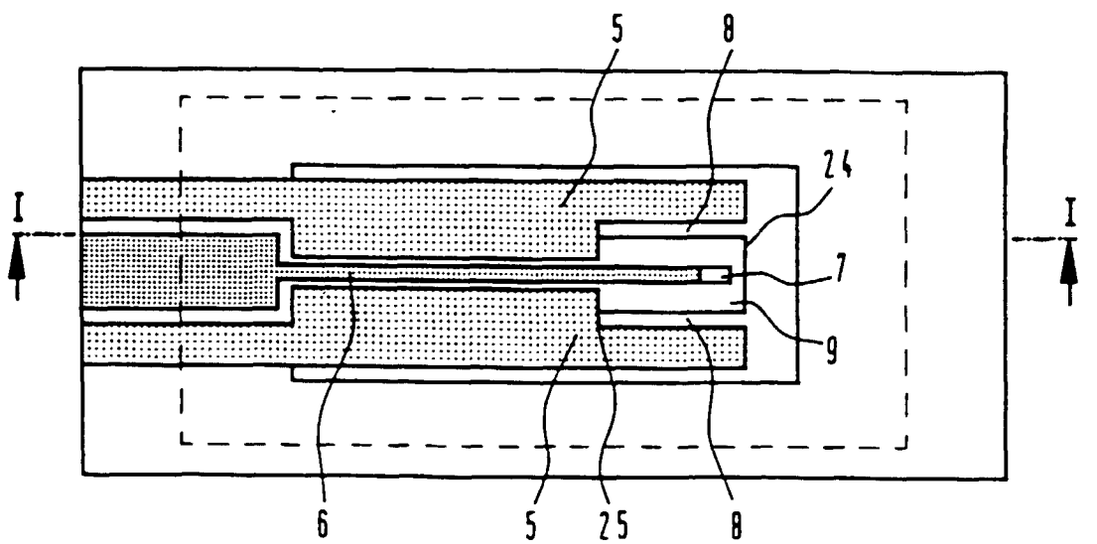


FIG 2



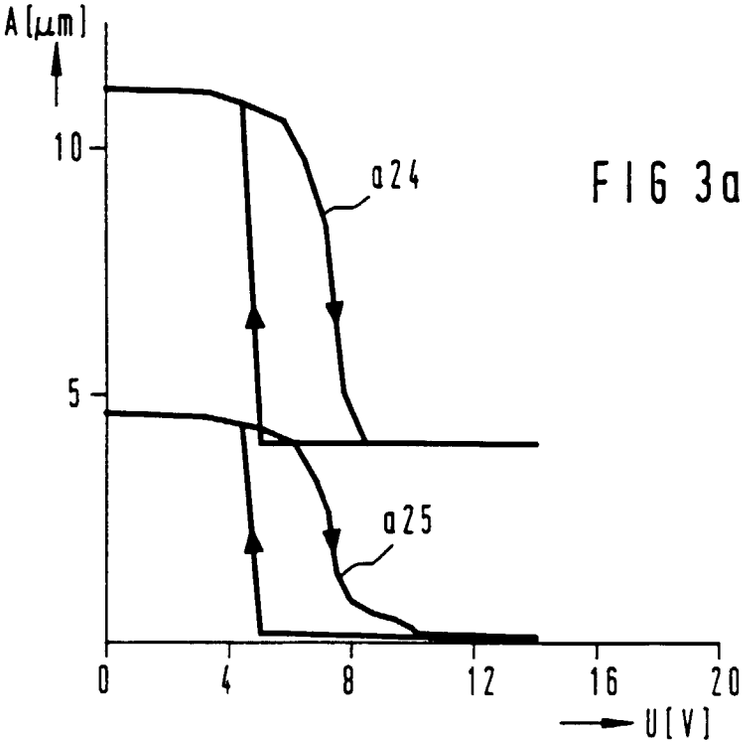


FIG 3a

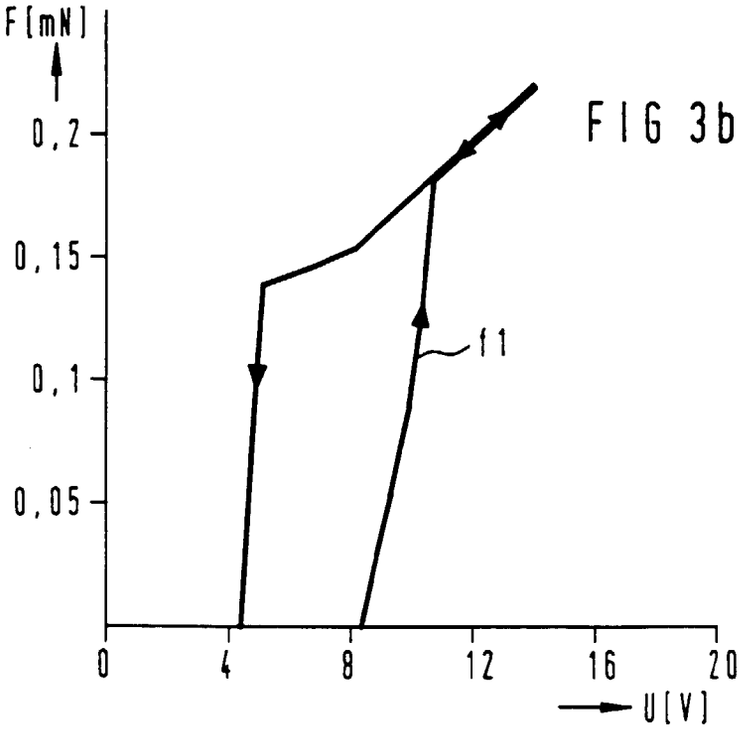


FIG 3b

FIG 4a

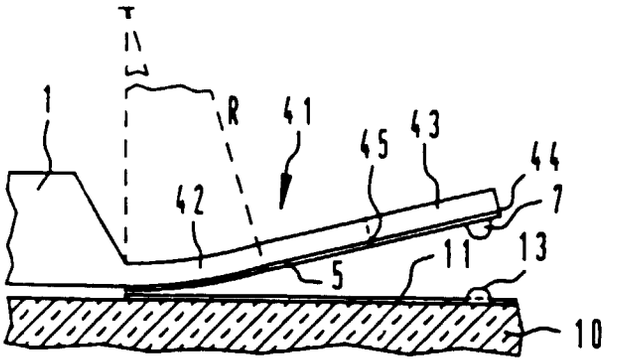


FIG 4b

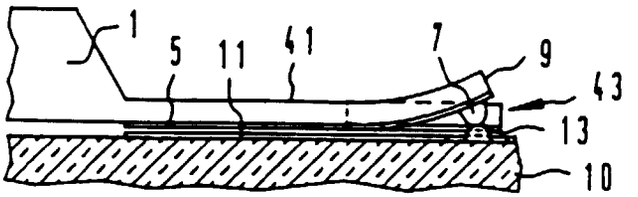


FIG 6a

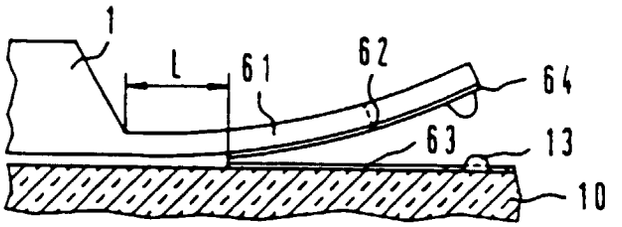


FIG 6b

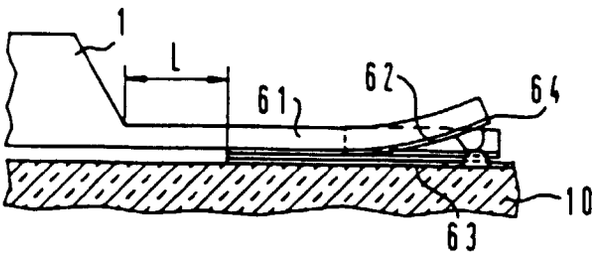


FIG 8a

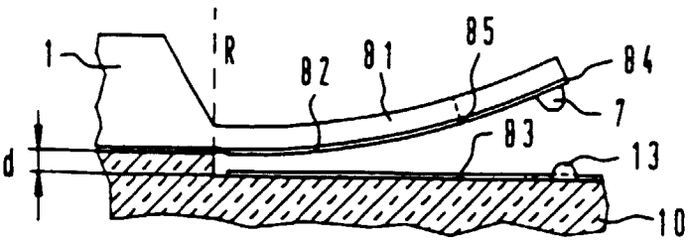
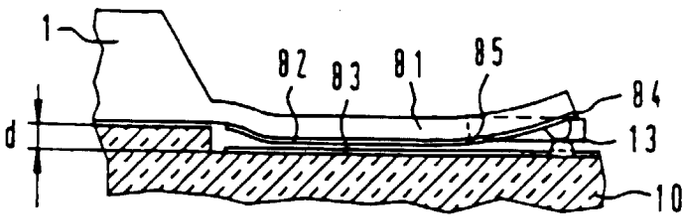


FIG 8b



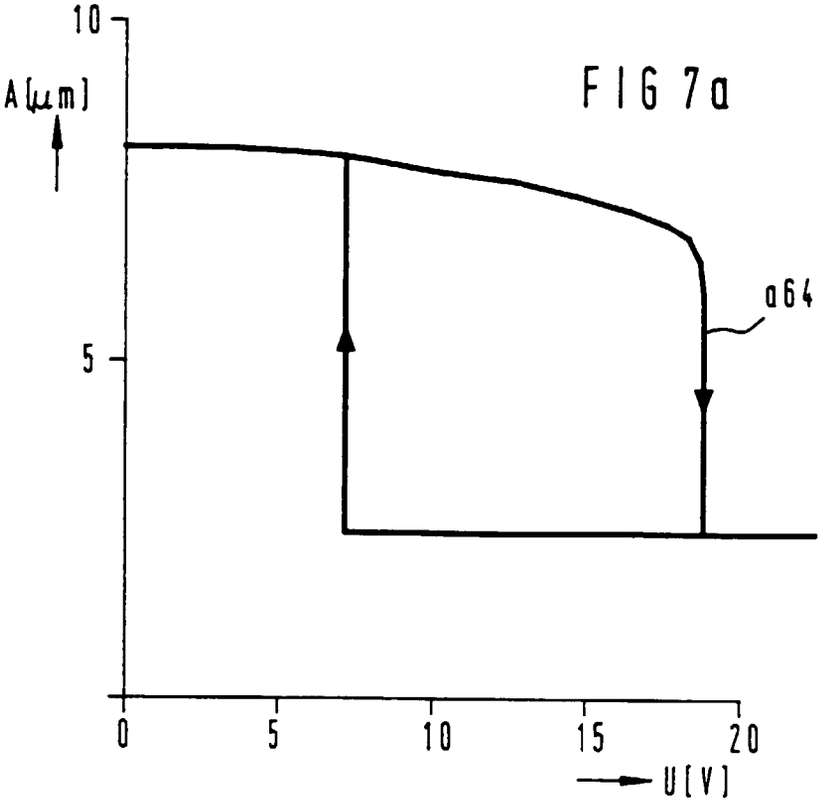


FIG 7a

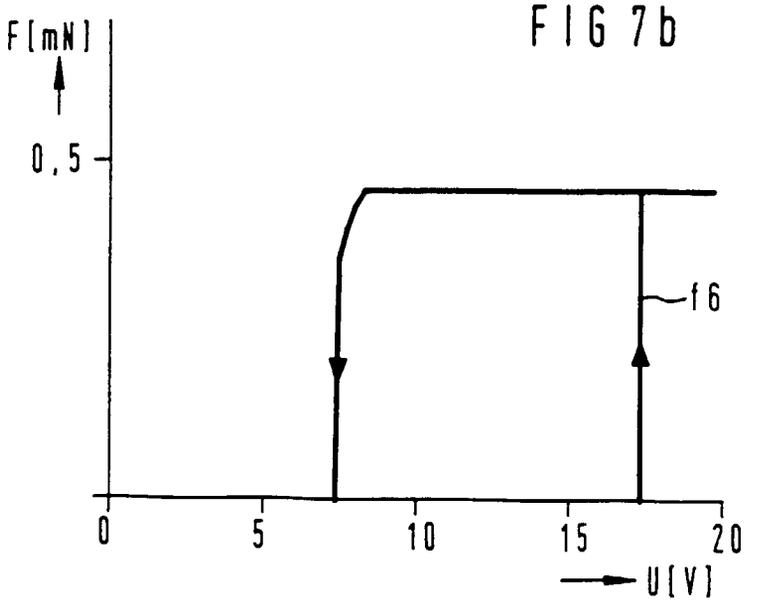


FIG 7b

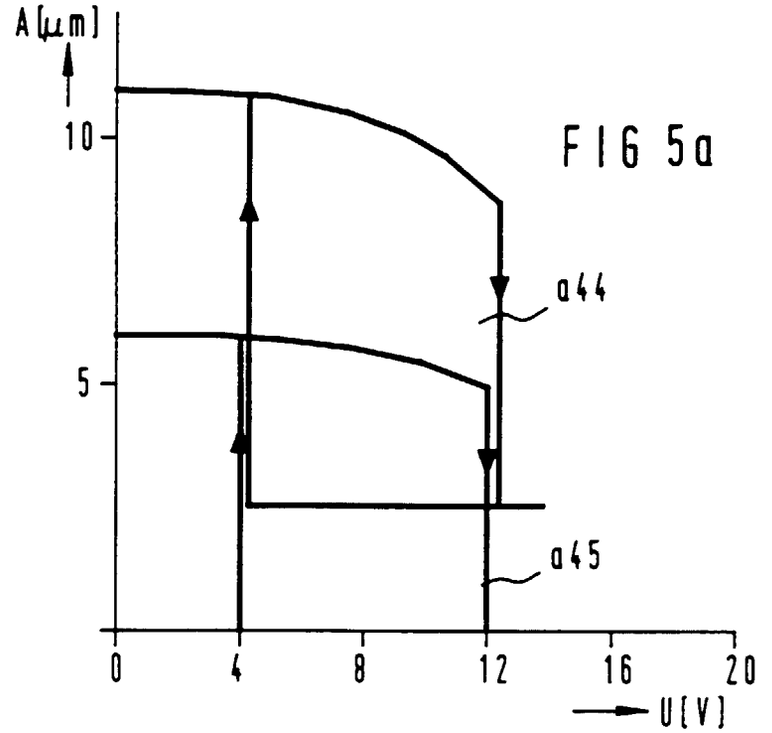


FIG 5a

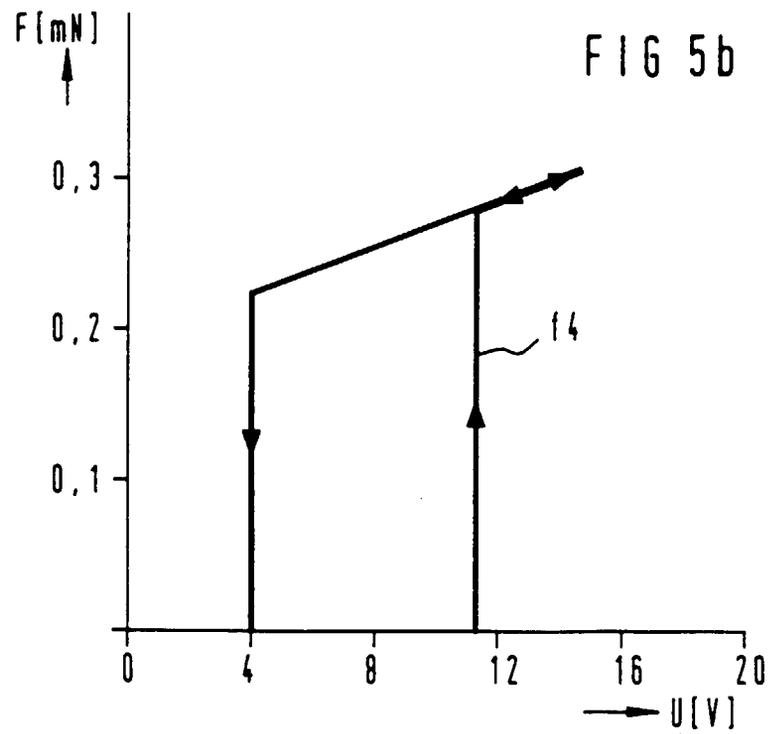


FIG 5b

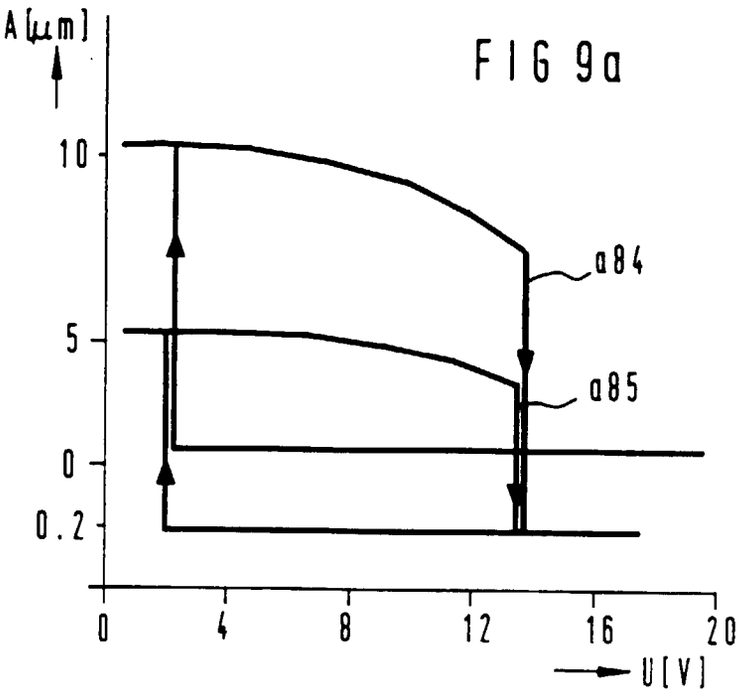


FIG 9a

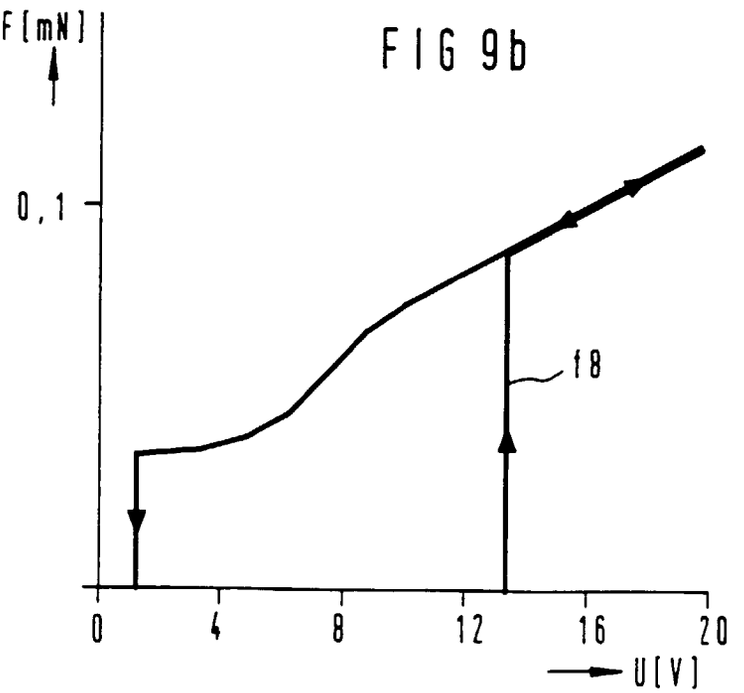


FIG 9b