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

(11) EP 0 710 971 B1

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
28.01.1998 Patentblatt 1998/05

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

(21) Anmeldenummer: **95115648.8**

(22) Anmeldetag: **04.10.1995**

(54) Mikromechanisches Relais

Micromechanical relay

Relais micromécanique

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE FR GB IT

(30) Priorität: **18.10.1994 DE 4437259**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
08.05.1996 Patentblatt 1996/19

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

(72) Erfinder:
- **Schlaak, Helmut, Dr.**
  D-13503 Berlin (DE)
- **Schimkat, Joachim**
  D-13351 Berlin (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
DE-C- 4 205 029
DE-C- 4 205 340

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 0 710 971 B1

Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein mikromechanisches elektrostatisches Relais mit einem Basissubstrat, das eine Basis-Elektrodenschicht und ein Basis-Kontaktstück trägt, und mit einem auf dem Basissubstrat liegenden Ankersubstrat mit einer freigearbeiteten, einseitig angebundenen Anker-Federzunge, welche eine Anker-Elektrodenschicht und in der Nähe ihres freien Endes auf einem teilweise freigeschnittenen Kontaktfederabschnitt ein Anker-Kontaktstück trägt, wobei die Federzunge im Ruhezustand mit ihrer Anker-Elektrodenschicht einen keilförmigen Luftspalt gegenüber der Basis-Elektrodenschicht bildet und im Arbeitszustand aufgrund einer zwischen den beiden Elektroden anliegenden Steuerspannung sich an das Basissubstrat anschmiegt, so daß die beiden Kontaktstücke unter elastischer Deformation des Kontaktfederabschnittes aufeinanderliegen.

Ein derartiges mikromechanisches Relais ist bereits aus der DE 42 05 029 C1 bekannt. Wie dort ausgeführt ist, läßt sich ein derartiger 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. Durch Anlegen einer Steuerspannung zwischen der Ankerelektrode der Federzunge und der ebenen Basiselektrode rollt die gekrümmte Federzunge auf der Gegenelektrode 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.

In der oben genannten Schrift ist auch in einem Ausführungsbeispiel eine Federzunge gezeigt, bei der der das Ankerkontaktstück tragende Kontaktfederabschnitt durch Längsschlitze parallel zu den Längsseiten der Federzunge teilweise freigeschnitten ist. Dadurch erreicht man, daß sich die übrigen Abschnitte der Federzunge hinter und seitlich des Kontaktfederabschnittes flach auf die Basiselektrode legen können, während der Kontaktfederabschnitt selbst sich aufgrund der Höhe der Kontaktstücke leicht nach oben durchbiegt und auf diese Weise eine gewünschte Kontaktkraft erzeugt.

Durch Variation der Länge und der Lage der Schlitze können die Federsteifigkeit des Kontaktfederabschnittes sowie der Verlauf der Schaltcharakteristik beeinflußt werden. Bei der durch zwei parallele Längsschlitze abgeteilten Kontaktzunge läßt sich allgemein sagen, daß eine möglichst kurze und breite Kontaktfeder eine hohe Steifigkeit erhält und damit auch eine gewünscht hohe Kontaktkraft erzeugen könnte. Allerdings ginge dies auf Kosten der Elektrodenfläche; die Anzugsspannung würde sich erhöhen und die gewünschte Kippcharakteristik beim Schließen und Öffnen des Kontaktes würde sich verschlechtern. Vereinfacht gesagt, bewirkt ein relativ harter Kontaktfederbereich, der über die Linie zwischen den beiden Längsschlitzen verhältnismäßig steif an die Anker-Federzunge angekoppelt ist, im Bereich der Ansprechspannung und der Abfallspannung jeweils ein unsicheres Schaltverhalten, wobei die seitlich des Kontaktfederabschnittes befindlichen Teile der Ankerelektrode sich zu spät an die Basiselektrode anlegen bzw. bei Verminderung der Haltespannung sich vorzeitig abheben.

Ziel der vorliegenden Erfindung ist es deshalb, bei einem mikromechanischen Relais der eingangs genannten Art den Kontaktfederabschnitt so zu gestalten, daß er möglichst wenig Fläche von der Anker-Federzunge benötigt, zugleich aber durch seine Steifigkeit eine möglichst hohe Kontaktkraft erzeugt und ein möglichst vollständiges Aufliegen der restlichen Federzunge auf der Basiselektrode ermöglicht.

Erfindungsgemäß wird dieses Ziel dadurch erreicht, daß der Kontaktfederabschnitt allseitig von der Federzunge umschlossen und mit dieser axialsymmetrisch über Federstege in Form eines Sonnenrades verbunden ist, dessen Speichen durch ringförmig mit gegenseitiger Überlappung angeordnete Schlitze begrenzt sind, deren Winkelbereiche zusammen mehr als 360° ergeben.

Durch die erfindungsgemäße koaxiale Anbindung des Kontaktfederabschnittes an die eigentliche Federzunge in Form eines Sonnenrades kann dieser Kontaktfederabschnitt mit einer sehr kleinen Fläche auskommen, die nur wenig größer ist als das eigentliche Kontaktstück. Die Anbindung erfolgt nämlich über die Sonnenradspeichen in Form von Torsionsstegen, die aufgrund der ringförmig übereinandergreifenden Begrenzungsschlitze annähernd Kreisabschnitte sind, mit denen die gewünschte Beweglichkeit des Kontaktfederabschnittes gegenüber der Federzunge einerseits und die erforderliche Federsteifigkeit zur Erzielung der Kontaktkraft andererseits auf engstem Raum durch entsprechende Bemessung der Länge und Breite dieser Speichen eingestellt werden können. Diese rotationssymmetrische Anbindung über Torsionselemente erfordert also wesentlich weniger Platz als eine einseitige Anbindung über eine lange zungenförmige Blattfeder.

In bevorzugter Ausgestaltung besitzen die Schlitze zur Abgrenzung der Sonnenradspeichen die Form von konzentrisch ineinandergreifenden Spiralabschnitten, wobei durch die Länge dieser Abschnitte und die dadurch bedingte Länge ihrer Überlappung auch die Länge der zwischenliegenden Sonnenradspeichen festgelegt werden kann. Die radialen Abstände der Schlitze bestimmen andererseits die Breite der Sonnenradspeichen. So kann also auf einfache Weise die Steifigkeit der Federaufhängung für den Kontaktfederabschnitt festgelegt werden. Um die erwähnte Torsion der Sonnenradspeichen zu ermöglichen, ist in jedem Fall eine Überlappung der Schlitze erforderlich, was sich durch die erwähnte Gesamtsumme ihrer Winkelbereiche von mehr als 360° ergibt. Das bedeutet für ein vierspeichiges Sonnenrad jeweils Winkelbereiche der Schlitze von mehr als 90°; vorzugsweise besitzen die Schlitze in diesem Fall einen

Winkelbereich zwischen 135° und 270°, was allgemein bei einer beliebigen Anzahl von Speichen bedeutet, daß die Winkelbereiche der Schlitze zusammen das 1,5-fache bis zum 3-fachen eines Vollkreises ergeben. Denn natürlich ist das hier verwendete Sonnenrad nicht auf eine Zahl von vier Speichen festzulegen. Je nach den Erfordernissen können Sonnenräder mit zwei, drei oder auch mehr als vier Speichen verwendet werden. Vielspeichige Sonnenräder führen allerdings zu sehr schmalen Stegen, die ungünstig für die Leiterbahnen zum Schaltkontakt wären. Denn es braucht hier nicht eigens ausgeführt zu werden, daß auch die Stromzufuhr zum Ankerkontaktstück über diese Sonnenradspeichen erfolgen muß. Umgekehrt würden bei einem zweispeichigen Sonnenrad an den Enden der Schlitze sehr hohe mechanische Spannungen auftreten.

Durch die nach Spiralfederart drehsymmetrisch in einer Richtung ineinandergreifenden Schlitze bzw. Sonnenradspeichen wird beim Schaltvorgang, also bei der axialen Auslenkung und Torsion der Speichen ein taumelndes Aufsetzen des Kontaktes bzw. des Kontaktfederabschnittes und auch der als Antrieb dienenden Federzunge in den Bereichen seitlich des Kontaktfederabschnittes bewirkt. Dies kann zu einem reibenden Kontaktschließvorgang führen, der hinsichtlich der Kontaktgabe und des Kontaktwiderstandes vorteilhaft sein kann, andererseits jedoch unter Umständen die Lebensdauer des Kontaktes verkürzt.

Um diesem zuletzt erwähnten Effekt entgegenzuwirken, kann es von Vorteil sein, den Kontaktfederabschnitt durch Federstege in Form zweier konzentrisch angeordneter Sonnenräder zu halten, wobei die Speichen der beiden Sonnenräder zueinander gegenläufige Spiralanordnungen bilden. Anstelle von zwei voll ausgebildeten konzentrischen Sonnenrädern ist es aber auch denkbar, die Speichen eines einzelnen Sonnenrades in sich zu krümmen, so daß jede Speiche zwei gegenläufig spiralige Stegabschnitte aufweist, die zueinander entgegengesetzt tordiert werden. Auf diese Weise entstehen zwei entgegengesetzte Drehvorgänge, die sich in der Wirkung auf die Kontaktbewegung gegenseitig aufheben.

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

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

Figur 2 eine Ansicht von unten auf eine Federzunge mit einem in bekannter Weise durch Schlitze abgegrenzten Kontaktfederabschnitt,

Figur 3 eine erfindungsgemäß gestaltete Federzunge in Draufsicht mit spiralförmig abgegrenztem Kontaktfederabschnitt,

Figur 4a und 4b zwei Diagramme zur Darstellung des Bewegungsablaufes einzelner Punkte der Spiralfeder sowie des Verlauf der Kontaktkraft in Abhängigkeit von der Steuerspannung,

Figur 5 eine Federzunge in Draufsicht, bei der der Kontaktfederabschnitt durch zwei konzentrisch gegenläufig angeordnete Sonnenradstrukturen abgegrenzt ist, und

Figur 6 eine Federzunge in Draufsicht mit einem Kontaktfederabschnitt, der über eine Sonnenradstruktur mit in sich gegenläufig gekrümmten Speichen abgegrenzt ist.

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 Silizium-Schicht 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 beispielsweise unterteilt, um in gleicher Ebene eine metallische Zuleitung zu einem Anker-Kontaktstück 7 zu ermöglichen.

Das Ankersubstrat 1 ist 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 sich die Federzunge streckt und das Ankerkontaktstück 7 mit dem Basis-kon-

taktstück 13 verbunden wird. Es sei noch erwähnt, daß die Größenverhältnisse und Schichtdicken in Figur 1 lediglich unter dem Gesichtspunkt der Anschaulichkeit dargestellt sind und nicht den tatsächlichen Verhältnissen entsprechen.

Um beim flachen Aufliegen der Ankerelektrode 5 auf der Basiselektrode 11 für die beiden Kontaktstücke eine geforderte Kontaktkraft zu erzeugen, ist das Kontaktstück 7 auf einem Kontaktfederabschnitt angeordnet, der gegenüber der eigentlichen Federzunge 2 teilweise freigeschnitten ist, so daß er sich elastisch durchbiegen und auf diese Weise die Kontaktkraft erzeugen kann. In Figur 2 ist ein Beispiel für einen Kontaktfederabschnitt 9 gezeigt, wie er bereits vorgeschlagen wurde. Dieser Kontaktfederabschnitt 9 ist durch Schlitze 8 parallel zu den Seitenkanten der Federzunge freigeschnitten, so daß der Kontaktfederabschnitt selbst die Form einer Blattfederzunge besitzt. Durch die einseitige Anbindung dieses Kontaktfederabschnittes 9 an der Federzunge 2 ergibt sich das eingangs bereits geschilderte Problem, daß dieser Kontaktfederabschnitt verhältnismäßig viel Fläche erfordert, die an der Federzunge 2 wiederum als Elektrodenfläche verlorengeht und daß bei Wahl eines kurzen breiten Kontaktfederabschnittes 9 zur Erzielung einer hohen Kontaktkraft durch die steife einseitige Ankopplung an die Federzunge im Bereich des Endes der Schlitze 8 und an den Elektrodenlappen zu beiden Seiten des Kontaktfederabschnittes das Schaltverhalten unter Umständen nicht stabil ist.

Figur 3 zeigt in Draufsicht die Gestaltung einer Federzunge 20, bei der das Kontaktstück 7 von einem rotationssymmetrischen und von allen Seiten durch die Federzunge 20 umschlossenen Kontaktfederbereich 21 getragen wird. Dieser Kontaktfederbereich 21 ist über Federstege 22 in Form von Sonnenradspeichen getragen, die durch Schlitze 23 gebildet und voneinander getrennt sind, wobei diese Schlitze 23 als Spiralabschnitte ringförmig mit gegenseitiger Überlappung angeordnet sind. Im vorliegenden Beispiel besitzt das Sonnenrad vier Federstege oder Speichen 22, wobei die zur Begrenzung dienenden Spiralschlitze 23 etwa einen Winkelbereich von 200° überdecken. Dadurch ergibt sich eine ausreichende Überlappung, um die Torsion der Federstege 22 bei Axialbewegung des Kontaktstücks 7 zu gewährleisten. Je nach Länge und Abstand der Schlitze 23 können die Federstege weicher oder steifer gemacht werden, um so die Kontaktkraft einzustellen. Die Federstege müssen jedenfalls so weich gemacht werden, daß die Federzunge 20 im gesamten Bereich rings um den Kontaktfederabschnitt 21 flach auf der Basiselektrode 11 aufliegen kann.

Eine Untersuchung des Schaltverhaltens einer Feder gemäß Figur 3 wurde mit einer Computersimulation durchgeführt, wobei ein Aufbau gemäß Figur 3 mit folgenden Kennwerten gewählt wurde:

Gesamtlänge der Federzunge	1750 µm
Breite der Federzunge	1000 µm
Abstand des Kontaktstücks zur Einspannstelle der Federzunge	1300 µm
Länge der gekrümmten Zone der Federzunge	400 µm
Breite der Schlitze des Sonnenrades	20 µm
Winkelbereich der Schlitze	200°

Die Ergebnisse der Computersimulation sind in Figur 4a und 4b dargestellt. Figur 4a zeigt in Abhängigkeit von der Steuerspannung den Verlauf des Abstandes A verschiedener Punkte der Federzunge 20 von der Basiselektrode 11 beim Schaltvorgang. Im einzelnen zeigt die Kurve a7 den Verlauf des Abstandes für das Kontaktstück 7, die Kurve a24 den Bewegungsablauf für einen Punkt 24 neben dem Sonnenrad und die Kurve a25 die Bewegung eines Punktes 25 an der Spitze der Federzunge 20. Das Diagramm von Figur 4a weist eindeutige Kippzustände sowohl beim Schließen als auch beim Öffnen auf. Auch der Verlauf der Kontaktkraft gemäß Figur 4b zeigt eindeutige Kippzustände. Die Ansprechspannung liegt etwa bei 11 V, wobei sich die Punkte 24 und 25 schlagartig an die Basiselektrode anliegen und das Kontaktstück 7 auf das Gegenkontaktstück 13 gedrückt wird. Der Abstand des Kontaktstücks 7 zur Basiselektrode wird im angezogenen Zustand nicht zu Null, sondern erreicht die Höhe des Basiskontaktstücks 13 von etwa 2,5 µm.

Die Steifigkeit der Anbindung des Kontaktfederabschnittes über die Sonnenradspeichen muß so dimensioniert werden, daß bei der Ansprechspannung auch alle Punkte der Federzunge 20 gleichzeitig auf der Basiselektrode zur Anlage kommen. Wie das Diagramm von Figur 4b zeigt, erreicht man mit einer Federgestaltung gemäß Figur 3 eine Kontaktkraft von etwa 1,8 mN; diese ist somit etwa sechsmal so groß wie die Kontaktkraft, die man mit einem durch einfache Schlitze gemäß Figur 2 abgetrennten Kontaktfederabschnitt erreichen kann.

Figur 5 zeigt eine etwas abgewandelte Ausführungsform einer Federzunge 30. Hierbei ist ein Kontaktfederabschnitt 31 durch zwei konzentrische Sonnenradanordnungen aufgehängt, nämlich eine innere Sonnenradstruktur mit jeweils drei Federspeichen 32 und entsprechend drei Schlitzen 33 sowie eine äußere Sonnenradstruktur mit wiederum drei Federspeichen 34 und drei Schlitzen 35. Die beiden Sonnenradstrukturen besitzen eine Spiralanordnung mit jeweils entgegengesetztem Drehsinn. Auf diese Weise kann die durch die einseitige Torsion der Federstege bei der Feder gemäß Figur 3 bewirkte Taumelbewegung beim Schaltvorgang behoben werden, da die beiden Sonnenradstrukturen entgegengesetzte, sich gegenseitig aufhebende Drehbewegungen verursachen.

Während bei der Ausführungsform gemäß Figur 5 zwei ineinanderliegende Sonnenradstrukturen durch einen konzentrischen durchgehenden Kreisring 36 (gestrichelt angedeutet) voneinander getrennt sind, läßt sich die gleiche Wirkung auch durch eine Anordnung gemäß Figur 6 erzielen, wobei in einer einzigen Sonnenradstruktur die Federspeichen in sich einen gekrümmten Verlauf besitzen, so daß Torsionsbewegungen in zwei entgegengesetzten Richtungen erfolgen. Gemäß Figur 6 ist in einer Federzunge 40 ein Kontaktfederabschnitt 41 über eine Sonnenradstruktur mit vier Federspeichen 42 und dazwischenliegenden Schlitzen 43 aufgehängt. Jede der Federspeichen besitzt einen ersten Speichenabschnitt 42a und einen zweiten Speichenabschnitt 42b, die haarnadelförmig aneinanderschließen. Während die Speichenabschnitte 42a nach Art einer rechts drehenden Spirale ineinanderlaufen, sind die äußeren Speichenabschnitte 42b nach Art einer links drehenden Spirale angeordnet, während die zwischenliegenden Schlitze 43 diese Struktur durch entsprechende Verzweigungen erzielen. Auf diese Weise werden bei einer Axialbewegung des Kontaktstücks 7 die Speichenabschnitte 42a entgegengesetzt zu den Speichenabschnitten 42b tordiert, so daß eine Axialauslenkung des Kontaktstücks 7 ohne wesentliche Drehbewegung erfolgt.

Durch die vergrößerten Radien an den Einspannstellen werden die mechanischen Spannungen an den Schlitzenden reduziert. Die Anordnung nach Figur 6 ermöglicht eine optimale Länge der Torsionsbereiche bei reduziertem Platzbedarf.

Patentansprüche

1. Mikromechanisches elektrostatisches Relais mit einem Basissubstrat (10), das eine Basis-Elektrodenschicht (11) und ein Basis-Kontaktstück (13) trägt, und mit einem auf dem Basissubstrat liegenden Ankersubstrat (1) mit einer freigearbeiteten, einseitig angebundenen Anker-Federzunge (2; 20; 30; 40), welche eine Anker-Elektrodenschicht (5) und in der Nähe ihres freien Endes auf einem teilweise freigeschnittenen Kontaktfederabschnitt (21; 31; 41) ein Anker-Kontaktstück (7) trägt,
   wobei die Federzunge (2; 20; 30; 40) im Ruhezustand mit ihrer Anker-Elektrodenschicht (5) einen keilförmigen Luftspalt (14) gegenüber der Basis-Elektrodenschicht (11) bildet und im Arbeitszustand aufgrund einer zwischen den beiden Elektroden anliegenden Steuerspannung sich an das Basissubstrat (10) anschmiegt, so daß die beiden Kontaktstücke (7, 13) unter elastischer Deformation des Kontaktfederabschnittes (21; 31; 41) aufeinanderliegen,
   dadurch gekennzeichnet, daß der Kontaktfederabschnitt (21; 31; 41) allseitig von der Federzunge (20; 30; 40) umschlossen und mit dieser axialsymmetrisch über Federstege (22; 32, 34; 42) in Form eines Sonnenrades verbunden ist, dessen Speichen durch ringförmig mit gegenseitiger Überlappung angeordnete Schlitze (23; 33, 35; 43) begrenzt sind, deren Winkelbereiche zusammen mehr als 360° ergeben.

2. Relais nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet,** daß die Schlitze (23; 33, 35) die Form von konzentrisch ineinandergreifenden Spiralabschnitten besitzen.

3. Relais nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet,** daß die Winkelbereiche der Schlitze (23; 33, 35; 43) zusammen das 1,5- bis 3-fache eines Vollkreises ergeben.

4. Relais nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet,** daß der Kontaktfederabschnitt (21; 31; 41) durch Federstege (32, 34) in Form zweier konzentrisch angeordneter Sonnenräder gehalten ist, deren Speichen zueinander gegenläufig jeweils spiralförmig ineinandergreifen.

5. Relais nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet,** daß die Federstege (42) als Speichen eines Sonnenrades jeweils zwei gegenläufige Speichenabschnitte (42a, 42b) in Form von gegenläufigen Spiralenabschnitten besitzen.

Claims

1. Micromechanical electrostatic relay having a base substrate (10) which is fitted with a base electrode layer (11) and a basic contact piece (13), and having an anchor substrate (1) which is located on the base substrate and has an anchor spring tongue (2; 20; 30; 40) which is cut free, is attached on one side and is fitted with an anchor electrode layer (5) and, in the vicinity of its free end on a partially cut-free contact spring section (21; 31; 41), with an anchor contact piece (7), the spring tongue (2; 20; 30; 40) in the rest state forming with its anchor electrode layer (5) a wedge-shaped air gap (14) with respect to the base electrode layer (11), and, in the operating state and because of a control voltage applied between the two electrodes, being closely joined to the base substrate (10) so that the two contact pieces (7, 13) rest on one another with the contact spring section (21; 31; 41) being elastically deformed, characterized in that the contact spring section (21; 31; 41) is surrounded on all sides by the spring

tongue (20; 30; 40) and is connected to the latter axially symmetrically via spring webs (22; 32, 34; 42) in the form of a sun wheel whose spokes are bounded by slots (23; 33, 35; 43) which are arranged in an annular shape with a mutual overlap and whose angle ranges together add up to more than 360°.

2. Relay according to Claim 1, characterized in that the slots (23; 33, 35) are in the form of spiral sections which engage in one another concentrically.

3. Relay according to Claim 1 or 2, characterized in that the angle ranges of the slots (23; 33, 35; 43) together add up to 1.5 to 3 times a complete circle.

4. Relay according to one of Claims 1 to 3, characterized in that the contact spring section (21; 31; 41) is kept by spring webs (32, 34) in the form of two concentrically arranged sun wheels whose spokes in each case engage in one another in the form of a spiral, running in opposite directions with respect to one another.

5. Relay according to Claim 1, characterized in that the spring webs (42), as spokes of a sun wheel, each have two spoke sections (42a, 42b), running in opposite directions, in the form of spiral sections running in opposite directions.

Revendications

1. Relais micromécanique électrostatique comprenant un substrat de base (10), qui porte une couche d'électrode de base (11) et une pièce de contact de base (13), et un substrat d'armature (1) appuyé sur le substrat de base et possédant une languette élastique d'armature (2 ; 20 ; 30 ; 40) découpée, liée unilatéralement, qui porte une couche d'électrode d'armature (5) ainsi qu'une pièce de contact d'armature (7), dans le voisinage de son extrémité libre, sur un segment formant ressort de contact (21 ; 31 ; 41) partiellement dégagé par découpage,
et dans lequel, à l'état de repos, la languette élastique (2 ; 20 ; 30 ; 40) forme, par sa couche d'électrode d'armature (5), un entrefer (14) en forme de coin avec la couche d'électrode de base (11) tandis qu'à l'état de travail, sous l'effet d'une tension de commande appliquée entre les deux électrodes, elle s'applique sur le substrat de base (10), de sorte que les deux pièces de contact (7, 13) sont appuyées l'une sur l'autre avec déformation élastique du segment formant ressort de contact (21 ; 31 ; 41), caractérisé en ce que le segment formant ressort de contact (21 ; 31 ; 41) est entouré de tous côtés par la languette élastique (20 ; 30; 40) et est relié à celle-ci par des nervures élastiques (22 ; 32 ; 34 ; 42), dans une disposition à symétrie axiale, en forme de roue soleil dont les rayons sont limités par des fentes (23 ; 33, 35 ; 43) disposées en une couronne, avec recouvrement mutuel, dont les amplitudes angulaires donnent ensemble plus de 360°.

2. Relais selon la revendication 1, caractérisé en ce que les fentes (23 ; 33, 35) possèdent la forme de segments de spirales qui s'emboîtent concentriquement entre eux.

3. Relais selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que les amplitudes angulaires des fentes (23 ; 33, 35 ; 43) donnent ensemble 1,5 à 3 fois un cercle complet.

4. Relais selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que le segment formant ressort de contact (21 ; 31 ; 41) est tenu par des nervures élastiques (32, 34) se présentant sous la forme de deux roues soleil disposées concentriquement, dont les rayons s'emboîtent entre eux en spirale, les uns en sens inverse des autres.

5. Relais selon la revendication 1, caractérisé en ce que les nervures élastiques (42) présentées sous la forme des rayons d'une roue soleil présentent chacune deux segments de rayons (42a, 42b) dirigés l'un en sens inverse de l'autre, en forme de segments de spirales dirigées l'une en sens inverse de l'autre.

FIG 1

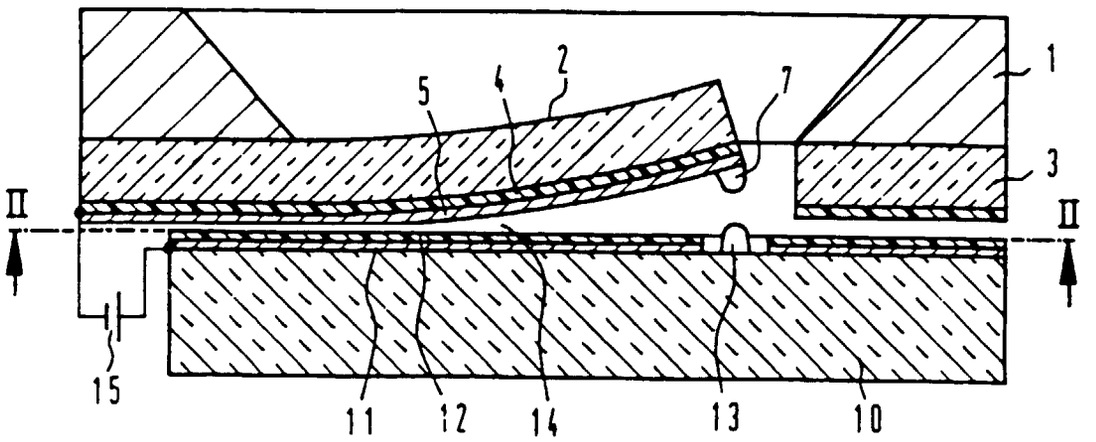


FIG 2

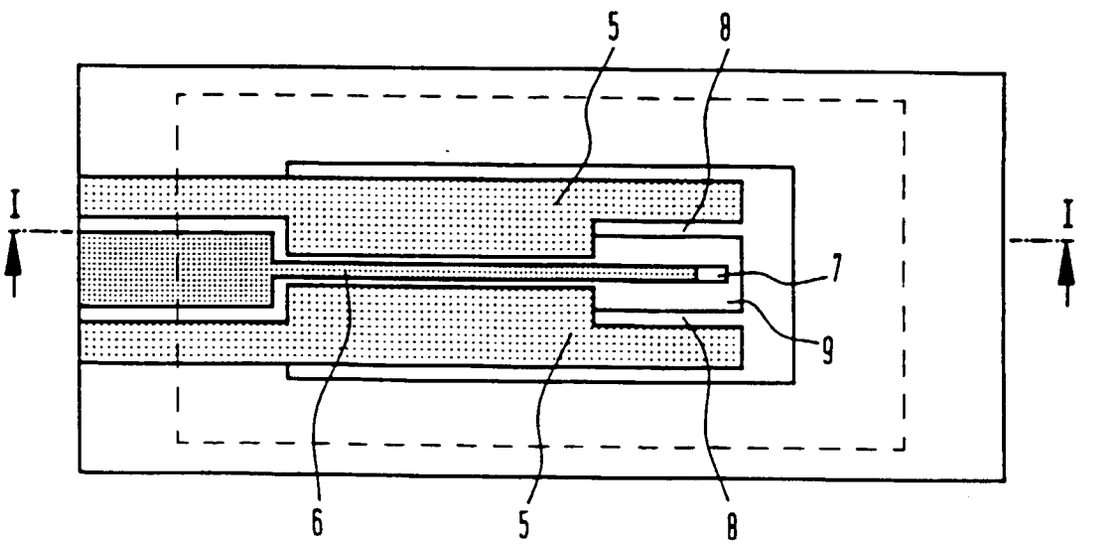
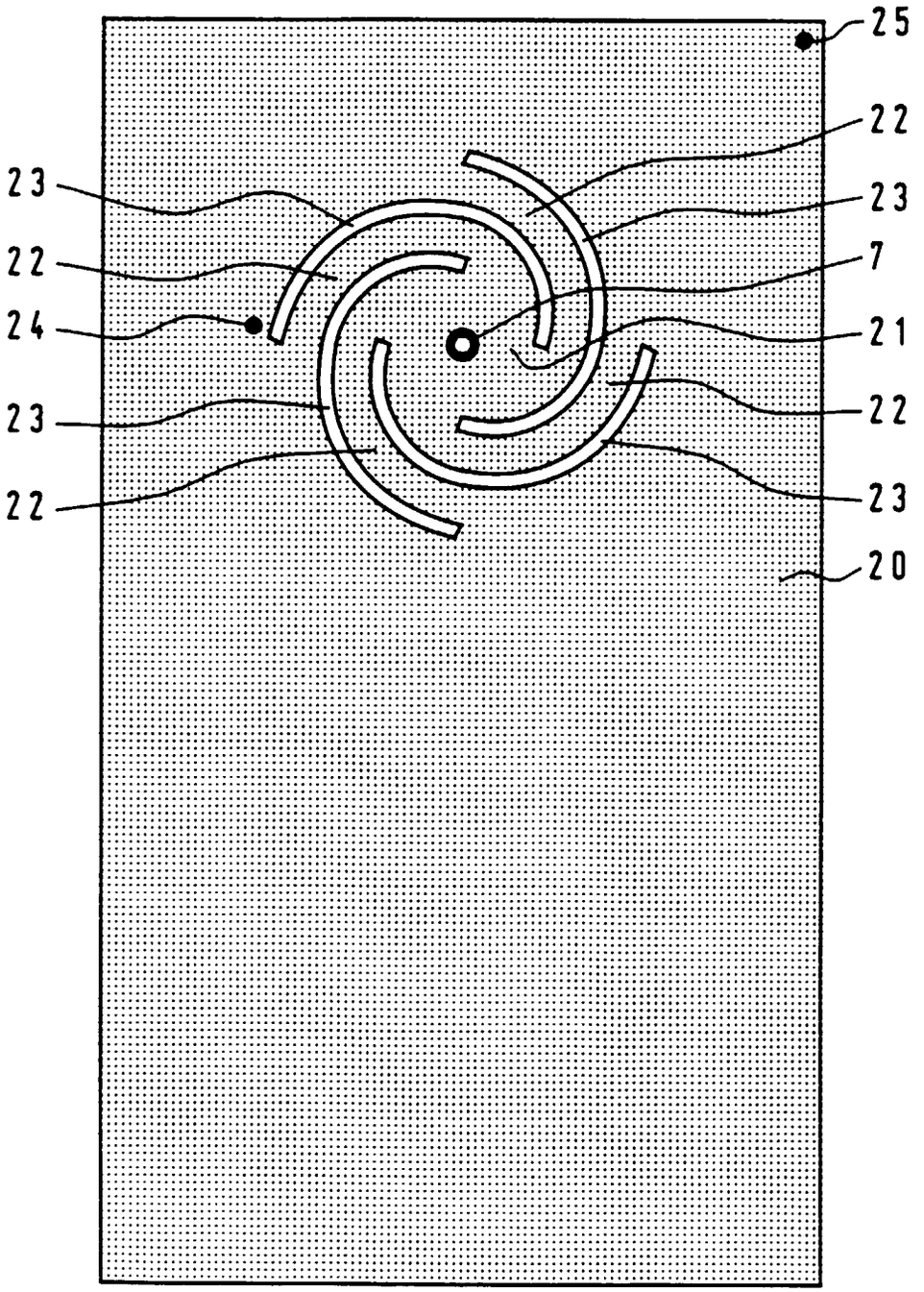


FIG 3



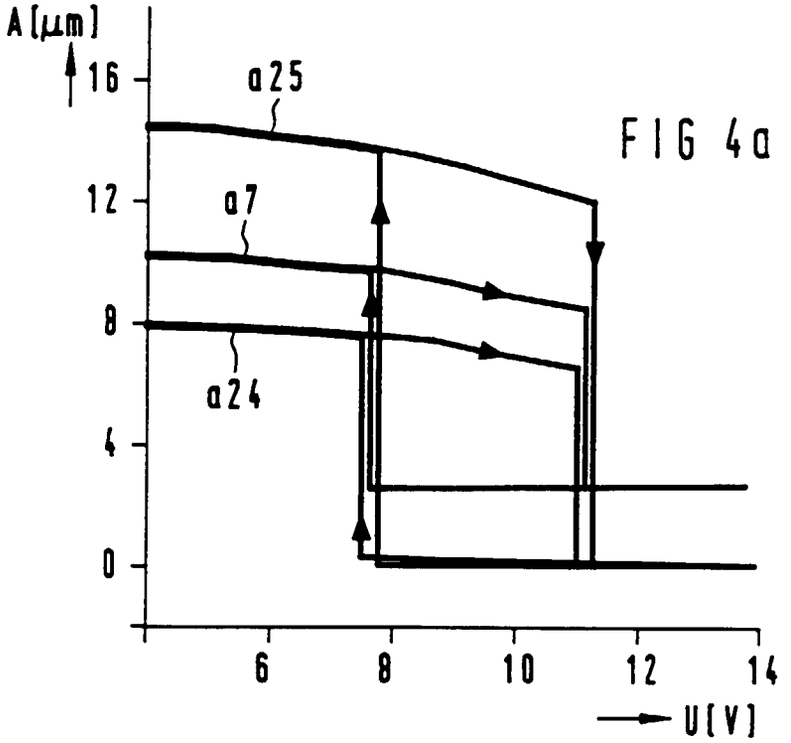

A[µm]
16
12
8
4
0
a25
a7
a24
6
8
10
12
14
U[V]

FIG 4a

FIG 4b

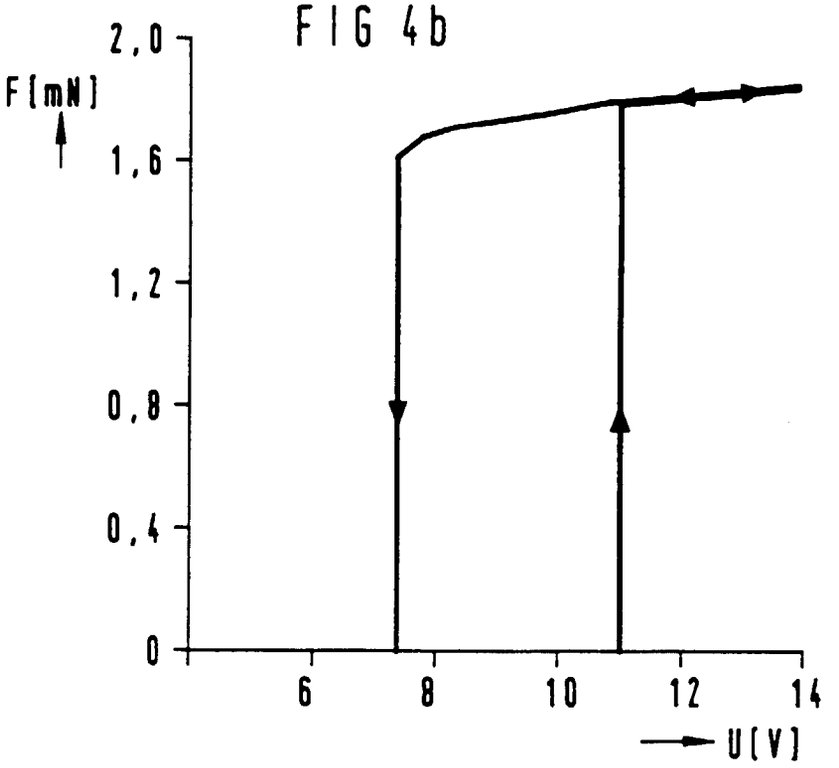

F[mN]
2,0
1,6
1,2
0,8
0,4
0
6
8
10
12
14
U[V]

FIG 5

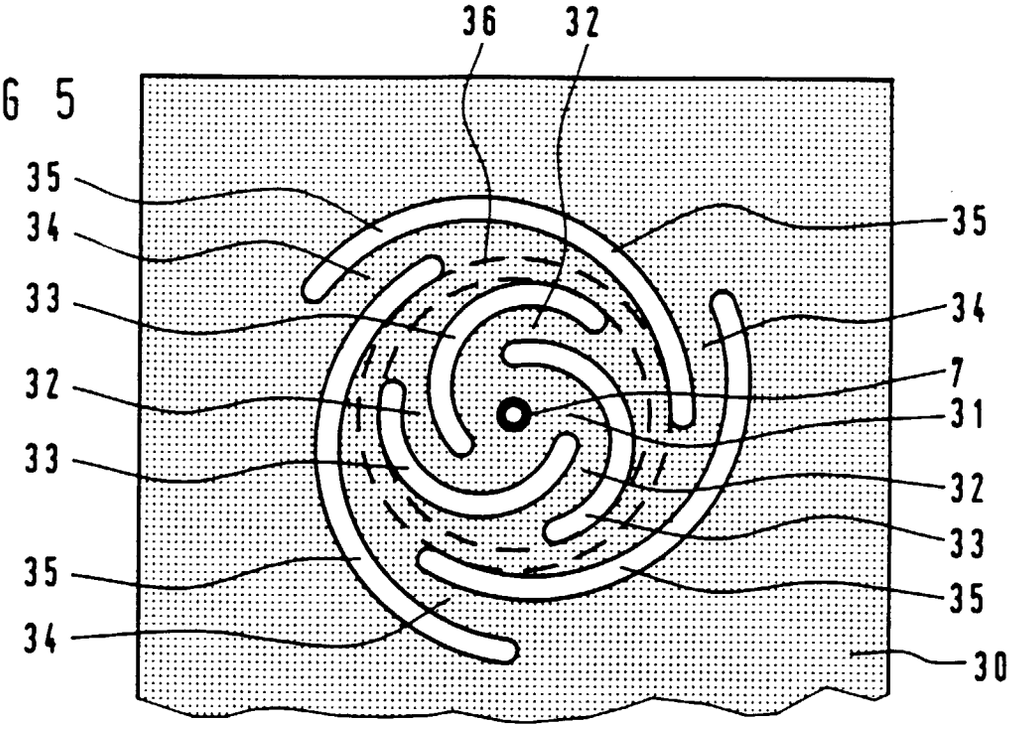
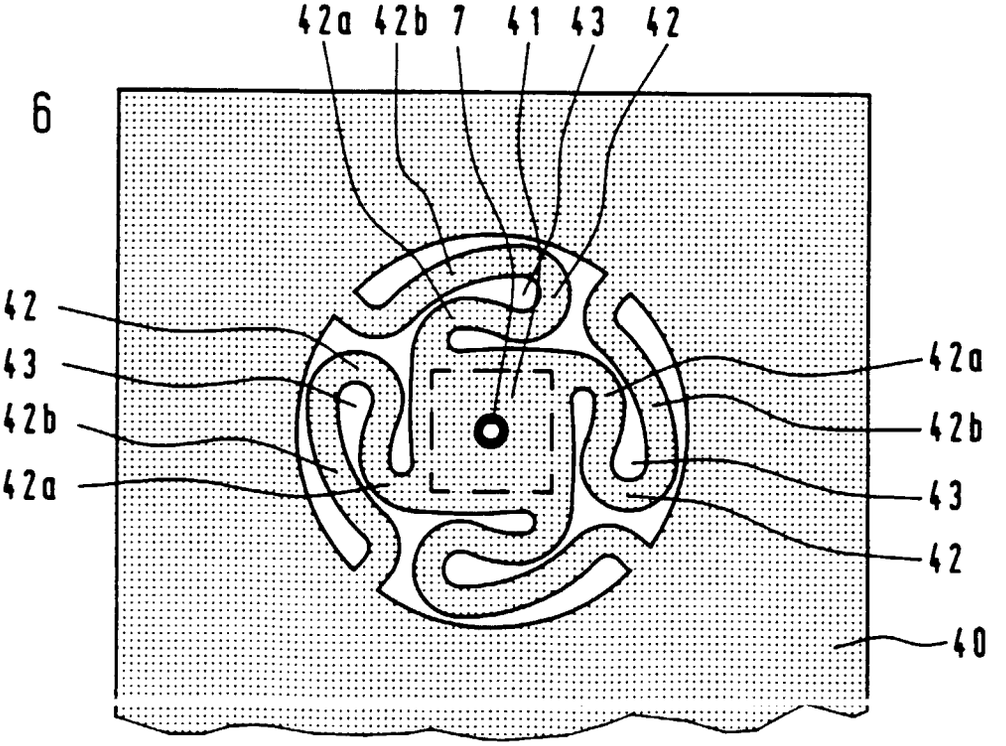

36
32
35
34
33
32
33
35
34
35
34
33
32
7
31
32
33
35
30

FIG 6


42a
42b
7
41
43
42
42
43
42b
42a
42a
42b
43
42
40