

(19)



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11)

EP 1 021 815 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Patenterteilung:
23.01.2002 Patentblatt 2002/04

(21) Anmeldenummer: **98947333.5**

(22) Anmeldetag: **24.07.1998**

(51) Int Cl.7: **H01H 59/00**

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/DE98/02092

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 99/10907 (04.03.1999 Gazette 1999/09)

(54) **MIKROMECHANISCHES ELEKTROSTATISCHES RELAIS UND VERFAHREN ZU DESSEN
HERSTELLUNG**

MICROMECHANICAL ELECTROSTATIC RELAY AND METHOD FOR THE PRODUCTION
THEREOF

RELAIS ELECTROSTATIQUE MICROMECHANIQUE ET SON PROCEDE DE PRODUCTION

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE FR GB

(30) Priorität: **22.08.1997 DE 19736674**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
26.07.2000 Patentblatt 2000/30

(73) Patentinhaber: **Tyco Electronics Logistics AG**
9323 Steinach / SG (CH)

(72) Erfinder:
• **SCHLAAK, Helmut**
D-13503 Berlin (DE)

• **KIESEWETTER, Lothar**
D-12357 Berlin (DE)

(74) Vertreter: **Heinz-Schäfer, Marion**
Tyco Electronics Logistics AG Ampèrestrasse 3
9323 Steinach (CH)

(56) Entgegenhaltungen:
DE-C- 4 205 029 DE-C- 4 437 261
US-A- 4 570 139 US-A- 5 430 421

EP 1 021 815 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 Erfindung betrifft ein mikromechanisches elektrostatisches Relais mit

- einem Basissubstrat mit einer Basiselektrode und mit mindestens einem Festkontakt,

einer Anker-Federzunge, die einseitig an einer mit dem Basissubstrat verbundenen Trägerschicht angebunden ist, eine der Basiselektrode gegenüberliegende Anker-elektrode besitzt, im Ruhezustand unter Bildung eines keilförmigen Luftspaltes elastisch von dem Basissubstrat weggekrümmt ist und an ihrem freien Ende mindestens einen, dem Festkontakt gegenüberliegenden beweglichen Kontakt trägt. Außerdem betrifft die Erfindung ein Verfahren zur Herstellung eines derartigen Relais.

[0002] Ein derartiges mikromechanisches Relais und ein entsprechendes Herstellungsverfahren sind bereits grundsätzlich aus der DE 42 05 029 C1 bekannt. Wesentlich ist dabei, daß die aus einem Substrat freigelegte Anker-Federzunge eine Krümmung derart besitzt, daß die Ankerelektrode mit der gegenüberliegenden Basiselektrode einen keilförmigen Luftspalt bildet, der beim Anlegen einer Spannung zwischen die beiden Elektroden eine schnelle Anzugsbewegung nach dem sog. Wanderkeil-Prinzip bewirkt. Verfeinerungen dieses Prinzips sind beispielsweise in der DE 44 37 259 C1 und DE 44 37 261 C1 gezeigt.

[0003] Bei all diesen bekannten Relais mit mikromechanischem Aufbau ist ein relativ hoher fertigungstechnischer Aufwand insofern erforderlich, als zwei Substrate, nämlich einerseits ein Basissubstrat mit der Basiselektrode und dem Festkontakt und andererseits ein Ankersubstrat mit der Anker-Federzunge, der Ankerelektrode und dem beweglichen Kontakt getrennt bearbeitet und miteinander verbunden werden müssen. Neben den erwähnten Hauptfunktionselementen der beiden Substrate sind weitere Beschichtungs- und Ätzvorgänge erforderlich, beispielsweise für Isolierschichten, Zuleitungen und dergleichen. Beide Substrate müssen also jeweils für sich all den erforderlichen aufwendigen Prozessen unterworfen werden, bevor sie mit ihren Hauptfunktionsschichten einander zugewandt verbunden werden können. Da die Schaltelemente auch vor Umwelteinflüssen geschützt werden sollen, ist in der Regel ein zusätzliches Deckelteil als Abschlußelement erforderlich, ohne daß hierauf näher eingegangen werden muß.

[0004] Wünschenswert wäre es zur Vereinfachung der Herstellung, wenn alle Funktionselemente des Relais auf einem Substrat von einer Seite her gebildet werden könnten. Dabei ist es grundsätzlich denkbar, eine Federzunge mit einem beweglichen Kontakt und ein Festkontaktelement auf ein und demselben Substrat auszubilden, wobei etwa der Festkontakt und der bewegliche Kontakt übereinanderliegend hergestellt wer-

den können und wobei durch Wegätzen einer sog. Opferschicht der Kontaktabstand gebildet werden kann. Grundsätzlich ist eine solche Anordnung aus der US-4 570 139 bekannt. Bei dem dortigen mikromechanischen Schalter ist allerdings unterhalb der Anker-Federzunge ein nicht genau definierter Hohlraum geschaffen, der für die Bildung eines elektrostatischen Antriebs nicht geeignet ist. Bei dem dortigen Schalter ist deshalb vorgesehen, sowohl die Anker-Federzunge als auch den Festkontakt mit jeweils einer magnetischen Schicht zu versehen und den Schalter über ein von außen angelegtes Magnetfeld zu betätigen. Mit einem solchen Magnetfeld kann auch bei dem relativ geringen Kontaktabstand, der mit der Opferschichttechnik zwischen dem beweglichen Kontakt und dem starren Festkontakt erreicht werden kann, die nötige Kontaktkraft erzeugt werden. Allerdings ist dazu eine zusätzliche Einrichtung zur Erzeugung des Magnetfeldes, beispielsweise eine Spule, erforderlich, die erheblich mehr Platz benötigt, als man für bestimmte Anwendungsfälle für ein mikromechanisches Relais zur Verfügung hat.

[0005] Ziel der vorliegenden Erfindung ist es, ein mikromechanisches Relais der eingangs genannten Art konstruktiv so weiterzubilden, daß auch mit dem elektrostatischen Antrieb größere Kontaktkräfte erzeugt werden können, wobei aber die Funktionselemente des Relais auf dem Basissubstrat durch Bearbeitung von einer Seite geschaffen werden können.

[0006] Erfindungsgemäß wird dieses Ziel dadurch erreicht, daß der mindestens eine Festkontakt auf einer Festkontakt-Federzunge angeordnet ist, die der Anker-Federzunge gegenüberstehend wie diese einseitig an einer Trägerschicht angebunden und im Ruhezustand elastisch von dem Basissubstrat weggekrümmt ist, und daß der mindestens eine bewegliche Kontakt an dem freien Ende der Anker-Federzunge über dieses vorkragend und den Festkontakt überlappend ausgebildet ist.

[0007] Bei der Erfindung wird also im Unterschied zu den bisherigen Vorschlägen für mikromechanische Relais und Schalter auch der Festkontakt nicht mehr starr auf dem Basissubstrat angeordnet, sondern er sitzt wie der bewegliche Kontakt auf einer gekrümmten Federzunge, wodurch sich ein zusätzlicher Schaltweg erzielen läßt. Der bewegliche Kontakt sitzt auf der Anker-Federzunge und überlappt den Festkontakt. Durch die Vorkrümmung der beiden einander gegenüberstehenden Federzungen läßt sich so beim Schalten vom Beginn der Kontaktgabe bis zur Endposition des Ankers ein ausreichender Überhub zur Erzeugung der gewünschten Kontaktkraft erzielen. Dieser Effekt wird erzielt, auch wenn bei der Ausbildung der Anker-Federzunge auf einem Basissubstrat über die Opferschichttechnik unterhalb des Ankers nur ein relativ geringer Freiraum geschaffen werden kann, durch den der Anker über seine gestreckte Position hinaus beim Anzug an die Gegenelektrode nur einen geringen eigenen Überhub erfährt.

[0008] Besonders günstig ist die Herstellung dann, wenn sowohl die Anker-Federzunge als auch die Fest-

kontakt-Federzunge aus der gleichen Trägerschicht gebildet sind und somit in ein und demselben Ätzzvorgang hergestellt werden können. Die mit ihren freien Enden einander gegenüberstehenden Federzungen können in vorteilhafter Weise zahnartig ineinandergreifen, so daß der vorspringende bewegliche Kontakt nicht nur an seinem hinteren Ende, sondern zumindest auch noch an einer Seite mit der Oberfläche der Anker-Federzunge verbunden werden kann. Die spezielle Gestaltung hängt davon ab, ob ein Schließerkontakt oder ein Brückenkontakt geschaffen werden soll.

[0009] Als Basissubstrat kommt vorzugsweise Silizium in Betracht, wobei die Trägerschicht für die Federzungen als Siliziumschicht unter Zwischenfügung der jeweils erforderlichen Funktions- und Isolierschichten abgeschieden oder aufgebondet und in den entsprechenden Arbeitsgängen freigeätzt ist. Das Basissubstrat kann aber auch aus Glas oder aus Keramik bestehen; diese Materialien sind wesentlich kostengünstiger als Silizium. Kermaik erfordert aber eine zusätzliche Oberflächenbehandlung, um die für die Relaisstrukturen erforderliche glatte Oberfläche zu erhalten. Die die Federzungen bildende Trägerschicht kann beispielsweise aus abgeschiedenem Polysilizium oder Polysilizium mit Rekristallisation bestehen oder als freigelegte dotierte Silizium-Schicht eines aufgebondeten Silizium-Wafers vorliegen. Diese Schicht kann durch Epitaxie oder Diffusion in einem Silizium-Wafer hergestellt werden. Neben dieser Siliziumstruktur kann aber auch eine abgeschiedene Schicht eines Federmetalls, wie Nickel, einer Nickel-Eisenlegierung oder von Nickel mit sonstigen Zusätzen verwendet werden. Auch andere Metalle können in Betracht kommen; wichtig ist, daß das Material gute Federeigenschaften und eine geringe Ermüdung zeigt.

[0010] Ein vorteilhaftes Verfahren zur Herstellung eines erfindungsgemäßen Relais weist die folgenden Schritte auf:

- auf einem mit einer metallischen Schicht als Basiselektrode versehenen Basissubstrat wird unter Zwischenfügung einer Isolierschicht und eines Zwischenraums eine Trägerschicht aus Metall aufgebracht,
- in der Trägerschicht werden zwei einseitig angebundene, einander mit ihren freien Enden gegenüberstehende Federzungen ausgebildet,
- die Federzungen werden an ihrer Oberseite zumindest abschnittsweise mit einer Zugspannungsschicht versehen,
- eine - vorzugsweise kürzere - Federzunge wird an ihrem freien Ende mit mindestens einem Festkontakt versehen,
- die - vorzugsweise längere - Federzunge wird mit mindestens einem beweglichen Kontakt versehen, der unter Zwischenfügung einer Opferschicht den Festkontakt überlappt, und
- durch Freilegung der Federzungen voneinander

und von dem Substrat wird deren Krümmung vom Substrat weg nach oben erreicht.

[0011] Weiter Ausgestaltungen des Herstellungsverfahrens sind in den Ansprüchen 14 bis 16 genannt.

[0012] Die Erfindung wird nachfolgend an Ausführungsbeispielen anhand der Zeichnung näher erläutert. Es zeigt

Figur 1 den Aufbau der wesentlichen Funktionsschichten eines erfindungsgemäßen mikromechanischen Relais in einer Schnittdarstellung, Figur 2 das mikromechanische Relais von Figur 1 im Endzustand (ohne Gehäuse) in Ruheposition, Figur 3 das Relais von Figur 2 in Arbeitsposition, Figur 4 eine Draufsicht auf das Relais von Figur 3, welches einen Arbeitskontakt bildet,

Figur 5 die gleiche Ansicht wie Figur 4, jedoch mit einer Ausführungsform, welche einen Brückenkontakt bildet,

Figur 6 eine abgewandelte Ausführungsform einer Brückenkontakt-Anordnung,

Figur 7 eine Darstellung entsprechend Figur 1, jedoch mit einer Zugspannungsschicht über einem Teilabschnitt der Anker-Federzunge,

Figur 8 eine Ansicht entsprechend Figur 2 mit Federzungenabschnitten unterschiedlicher Krümmung,

Figur 9 einen gegenüber Figur 1 etwas abgewandelten Schichtaufbau eines Basissubstrats bis zum Aufbau einer Trägerschicht aus Polysilizium für die Federzungen,

Figur 10 einen gegenüber Figur 9 abgewandelten Schichtaufbau mit einer Trägerschicht aus Metall für die Federzungen,

Figur 11 einen gegenüber Figur 9 und 10 abgewandelten Schichtaufbau mit einer auf das Basissubstrat aufgebondeten Lost-Wafer-Schicht zur Bildung der Trägerschicht für die Federzungen und Figur 12 einen abgewandelten Schichtaufbau unter Verwendung eines SOI-Wafer-Halbzeugs.

[0013] Zunächst sei darauf hingewiesen, daß alle Schichtdarstellungen lediglich schematisch die Schichtfolge und nicht die Dickenverhältnisse der Schichten zeigen.

[0014] In den Figuren 1 bis 3 ist der Funktionsschichtaufbau eines erfindungsgemäßen mikromechanischen Relais auf Siliziumbasis gezeigt. Das Basissubstrat 1 besteht in diesem Fall aus Silizium. Dieses Basissubstrat dient zugleich als Basiselektrode; nach Bedarf kann aber auch eine entsprechende Elektroden-schicht durch geeignete Dotierung ausgebildet werden. Über dem Basissubstrat ist eine Isolierschicht 2, beispielsweise aus Silizium-Nitrit ausgebildet. Auf dieser wiederum liegt eine erste Opferschicht 3, die später herausgeätzt wird. Sie besteht beispielsweise aus Silizium-Dioxid und besitzt eine Dicke d_1 von vorzugs-

weise weniger als $0,5\ \mu\text{m}$. Über der Opferschicht 3 liegt eine Trägerschicht 4 zur Bildung von Federzungen. Diese Schicht ist elektrisch leitend und besteht beispielsweise aus Polysilizium mit einer Dicke von 5 bis $10\ \mu\text{m}$. Aus dieser Trägerschicht 4 werden später eine Anker-Federzunge 41 und eine Festkontakt-Federzunge 42 freigeätzt.

[0015] Beim Schichtaufbau sind sie zunächst durch eine zweite Opferschicht 5 voneinander getrennt. Auf den beiden Federzungen 41 und 42 ist eine isolierende Zugspannungsschicht 6 angeordnet, die nach dem Freiätzen der Federzungen aufgrund ihrer Zugspannung eine Krümmung der Federzungen vom Basissubstrat weg nach oben bewirkt. Dieser Zustand ist in Figur 2 gezeigt.

[0016] Auf der Festkontakt-Federzunge 42 wird durch entsprechende Beschichtungsverfahren ein Festkontakt 7 abgelagert, während auf dem freien Ende der Anker-Federzunge 41 ein beweglicher Kontakt 8 derart ausgebildet wird, daß er unter Zwischenfügung der zweiten Opferschicht 5 den Festkontakt 7 überlappt. Die Höhe der Schaltkontakte ist beliebig wählbar, typischerweise beträgt sie zwischen 2 und $10\ \mu\text{m}$. Je nach Erfordernis können die Dicken bzw. die Materialzusammensetzungen der Schaltkontakte auch asymmetrisch sein. Wie in Figur 4 gezeigt ist, greifen die beiden Federzungen 41 und 42 zahnartig ineinander, so daß ein mittiger Vorsprung 44 der Federzunge 42 von zwei seitlichen Vorsprüngen 43 der Anker-Federzunge 41 zangenförmig umfaßt wird. Auf diese Weise liegt der bewegliche Kontakt 8 mit drei Seitenabschnitten auf der Anker-Federzunge auf. Er bildet in dieser Ausgestaltung einen einfachen Schließerkontakt mit dem Festkontakt 7. Im übrigen ist erkennbar, daß der bewegliche Kontakt 8 einen S-förmigen oder Z-förmigen Querschnitt aufweist, um die Überlappung mit dem Festkontakt 7 sicherzustellen. Die zwischenliegende Opferschicht 2 besitzt typischerweise eine Dicke d_2 von weniger als $0,5\ \mu\text{m}$.

[0017] In bekannter Weise werden die übrigen erforderlichen Schichten ausgebildet, beispielsweise eine Zuleitung 71 zum Festkontakt 7, eine Zuleitung 81 zum beweglichen Kontakt 8 sowie eine weitere Isolierschicht 9 zur Passivierung der Oberseite der Anker-Federzunge.

[0018] In Figur 2 ist die fertige Anordnung nach der Freilegung der Federzungen durch Herausätzen der beiden Opferschichten 3 und 5 gezeigt, wobei unterhalb der Anker-Federzunge 41 ein Freiraum 31 entsteht. Wie erwähnt, krümmen sich die beiden Federzungen 41 und 42 aufgrund der Zugspannungsschicht 6 nach oben, so daß die Anordnung gemäß Figur 2 mit geöffnetem Kontakt entsteht. Die Anker-Federzunge krümmt sich aufgrund der Vorspannung zu einer lichten Öffnung x_1 am Federende. In gleicher Weise krümmt sich die Festkontakt-Federzunge 42 nach der Freilegung um die lichte Öffnung x_2 nach oben. Somit ergibt sich der lichte Kontaktabstand

$$x_K = x_1 - x_2 + d_2$$

und näherungsweise

$$x_K = x_1 - x_2.$$

[0019] Dieser lichte Kontaktabstand x_K ist durch die Geometrie der Anker-Federzunge und der Festkontakt-Federzunge sowie die durch die Schicht 6 hervorgerufene Zugspannung in der Feder frei einstellbar.

[0020] Den geschlossenen Schaltzustand des Relais zeigt Figur 3. Dabei liegt die Anker-Federzunge 41 direkt an der Gegenelektrode an, d.h., sie berührt die Isolationsschicht 2 der Gegenelektrode bzw. des Basissubstrats. Somit ist die Anker-Federzunge um die Dicke der ersten Opferschicht 3, nämlich d_1 , nach unten gebogen. Es ergibt sich dabei ein Überhub zu

$$x_u = x_2 - d_2 + d_1,$$

also näherungsweise

$$x_u = x_2.$$

[0021] Dieser Überhub ist von den Fertigungstoleranzen der Kontakthöhen unabhängig.

[0022] Wie erwähnt, zeigt Figur 4 eine Draufsicht auf die Federzungen 41 und 42 gemäß den Figuren 1 bis 3. Dabei ist die Form und Anordnung der Kontakte zu sehen, nämlich des Festkontaktes 7 auf dem Vorsprung 44 der Federzunge 42 sowie des beweglichen Kontaktes 8 mit dreiseitiger Aufhängung auf den Vorsprüngen 43 der Federzunge 41. Außerdem ist andeutungsweise ein Lochraster 10 zum Freiätzen der ersten Opferschicht 3 gezeigt.

[0023] In Figur 5 ist eine gegenüber Figur 4 abgewandelte Ausführungsform mit einem Brückenkontakt gezeigt. In diesem Fall besitzt die Federzunge 42 zwei getrennte Festkontakte 7 mit entsprechenden Anschlußbahnen auf zwei äußeren Vorsprüngen 46, während die Federzunge 41 einen mittigen Vorsprung 47 bildet, auf dem der bewegliche Kontakt 8 liegt. Ein Schlitz 42a in der Festkontakt-Federzunge 42 sorgt für eine hohe Torsions-Nachgiebigkeit, damit bei ungleichem Abbrand beide Kontakte sicher schließen. Dieser dient bei diesem Beispiel als Brückenkontakt, indem er beiderseits die Festkontakte 7 überlappt.

[0024] Die gleiche Wirkung kann man auch mit einer Struktur gemäß Figur 6 erzielen. Dort ist eine Anker-Federzunge 141 mit einem mittigen Vorsprung 147 versehen, auf dem ein beiderseits überstehender beweglicher Brücken-Kontakt 148 liegt. Dieser arbeitet mit zwei Festkontakten 144 und 145 zusammen, welche auf zwei getrennten Festkontakt-Federzungen 142 und 143 sit-

zen. Diese Festkontakt-Federzungen 142 und 143 stehen quer zur Anker-Federzunge 141, d.h., ihre Einspann-Linien 142a und 143a stehen senkrecht zur Einspann-Linie 141a der Anker-Federzunge.

[0025] Für die Optimierung der Schaltkennlinie ist es zweckmäßig, die Anker-Federzunge nur abschnittsweise zu krümmen, wie dies in den Dokumenten DE 44 37 260 C1 und DE 44 37 261 C1 ausführlich gezeigt ist. In den Figuren 7 und 8 ist schematisch eine Ausgestaltung während der Herstellung und im fertigen Zustand gezeigt, bei der die Anker-Federzunge nur teilweise gekrümmt ausgebildet ist. Im Vergleich zu den Figuren 1 und 2 besteht der wesentliche Unterschied darin, daß in den Figuren 7 und 8 eine Zugspannungsschicht 61 sich nur über einen Teil der Anker-Federzunge 41 erstreckt, so daß sich eine gekrümmte Zone 62 der Anker-Federzunge auf den Bereich der Einspannstelle begrenzt, während eine Zone 63 zum Federende hin gerade bzw. mit geringerer Krümmung verläuft. Bei der Darstellung in den Figuren 7 und 8 ist auf der Silizium-Trägerschicht 4 eine eigenspannungsfreie Isolationsschicht 64 dargestellt, welche die galvanische Trennung des Lastkreises mit der Zuleitung 81 von der Federzunge bildet. Darüber liegt die bereits erwähnte Zugspannungsschicht 61.

[0026] Zur Realisierung der beschriebenen und dargestellten Schichtanordnung sind verschiedene, an sich bekannte Verfahren anwendbar. So zeigt Figur 9 den grundsätzlichen Schichtaufbau auf dem Basissubstrat 1, wie er nach der sog. Additiv-Technik erfolgt. Bei diesem Verfahren werden die beweglichen Federzungen bzw. deren Trägerschicht aus einem Material gewonnen, das während der Herstellung erst auf dem Substrat abgeschieden wird. Als Substrat dient in dem gezeigten Beispiel von Figur 9 ein Wafer aus p-Silizium. Auf diesem wird zunächst eine Steuer-Basiselektrode 11 n-durch Diffusion (beispielsweise mit Phosphor) erzeugt; zwischen dem n-Silizium der Elektrode und dem p-Silizium des Basissubstrats bildet sich eine Sperrschicht 12. Über der Elektrode wird die Isolationsschicht 2 und darüber die Opferschicht 3 aufgebracht und strukturiert. Darüber wird die Trägerschicht 4 mit einer Dicke von z. B. 5 bis 10 µm abgeschieden. Sie besteht aus Poly-Silizium oder aus Poly-Silizium mit Rekristallisation. Mit üblicher Maskentechnik wird die Struktur der Federzungen hergestellt. Der weitere Aufbau erfolgt gemäß Figur 1. So werden die verschiedenen Funktionsschichten, nämlich eine Isolationsschicht zwischen Lastkreis und beweglicher Antriebselektrode, gegebenenfalls eine zusätzliche Zugspannungsschicht und die erforderlichen Lastkreisleiterbahnen abgeschieden. Außerdem werden die beschriebenen Kontakte mit der zwischenliegenden zweiten Opferschicht sowie eventuell erforderliche Passivierungsisolationen für die Leiterbahnen erzeugt.

[0027] Wie bereits eingangs erwähnt, können auch andere Materialien Verwendung finden. So ist in Figur 10 schematisch eine Schichtanordnung gezeigt, wobei

das Substrat aus Glas besteht. Es könnte aber auch aus Silizium-Substrat mit einer Isolationsschicht oder aus Keramik mit entsprechender Oberflächenbehandlung bestehen. Über diesem Substrat wird eine-Basiselektrode 11 in Form einer Metallschicht erzeugt. Darauf liegt dann eine Isolierschicht 2 und über dieser die Opferschicht 3. Als Trägerschicht dient in diesem Beispiel eine galvanisch aufgetragene Metallschicht, die aus Nickel oder einer Nickel-Legierung (z.B. Nickel-Eisen) oder auch einer anderen Metallegierung besteht. Wichtig ist die Federeigenschaft mit geringer Ermüdung dieses Metalls. Durch eine entsprechende Stromführung beim Galvanikprozeß können inhomogene Nickelschichten erzeugt werden, die eine spätere Krümmung der strukturierten Federzungen erzeugen. Der weitere Aufbau erfolgt analog zu Figur 9 bzw. Figur 1.

[0028] Eine weitere Möglichkeit für die Erzeugung der Funktionsschichten des Relais ist die sog. Lost-Wafer-Technik. Diese soll anhand von Figur 11 kurz geschildert werden. In diesem Fall werden zwei Ursprungs-Substrate verwendet, die jedoch eine Schichtbearbeitung von einer Oberfläche aus erfahren. Auf ein Basissubstrat 1, das wiederum aus Silizium oder aus Glas besteht, wird zunächst eine Basiselektrode 11 aufgebracht, die in diesem Beispiel in einer Ätzgrube versenkt ist. Darüber liegt die Isolationsschicht 2. Danach wird ein zweiter Silizium-Wafer 20 mit einer n-dotierten Silizium-Schicht 21, die entweder durch Epitaxie aufgebracht oder durch Diffusion hergestellt wird, anodisch auf das bereits strukturierte Basissubstrat 1 gebondet. Von der Oberseite erfolgt danach ein Rückätzen des Wafers 20 mit elektrochemischem Ätzstop, so daß nur die Epitaxie-Schicht 21 stehen bleibt, die als Trägerschicht für die beweglichen Federzungen dient. Der Fügenschritt des Lost-Wafers auf dem Basissubstrat kann auch ohne die erste Opferschicht 3 (siehe Figur 1) erfolgen, wenn sich ein Freiraum 31 bilden läßt, ohne daß die Isolationsschicht 2 an der dotierten Silizium-Schicht 21 festbondet.

[0029] Schließlich erfolgt auch bei diesem Beispiel die Strukturierung der Lastkreiselemente analog zur Additiv-Technik, wie anhand von Figur 1 bzw. Figur 6 bereits beschrieben. Es werden also zum Beispiel eine Isolationsschicht 64 zur Isolierung zwischen Lastkreis und der durch die Federzunge 41 gebildeten Antriebselektrode, soweit erforderlich, eine zusätzliche Zugspannungsschicht 61, die Lastkreisleiterbahnen 71 und 81, der feststehende Kontakt 7, die zweite Opferschicht 5 und der bewegliche Kontakt 8 nacheinander aufgebracht und strukturiert. Soweit zusätzliche Schichten zur Passivierungsisolation erforderlich sind, geschieht dies nach dem Erfahrungswissen des Fachmanns.

[0030] Eine weitere Möglichkeit zur Erzeugung der erfindungsgemäßen Struktur besteht im Einsatz eines sog. SOI-Wafers (silicon-on-insulator). In Figur 12 ist ein solcher SOI-Wafer als Halbzeug dargestellt. Der Unterschied zum Aufbau gemäß Figur 9 besteht darin, daß die einzelnen Schichten in diesem Fall nicht nachträg-

lich auf dem Substrat abgelagert werden, sondern daß vielmehr ein solcher SOI-Wafer als Halbzeug einen vorgefertigten Schichtaufbau besitzt, wobei auf dem Silizium-substrat 1 eine Isolationsschicht 2, zum Beispiel aus Silizium-Nitrit, eine erste Opferschicht 3, zum Beispiel aus Silizium-Dioxid, sowie eine kristalline Silizium-Epitaxie-Schicht als Trägerschicht 4 mit einer Dicke von zum Beispiel 5 bis 10 µm angeordnet sind. Auf diesem Halbzeug erfolgt dann die Strukturierung der Lastkreiselemente analog zur oben beschriebenen Additiv-Technik, wobei als Funktionsschichten die Isolationsschicht 64, die zusätzliche Zugspannungsschicht 61, die Lastkreisleiterbahnen 71 und 81, der feststehende Kontakt 7, die zweite Opferschicht 5 (gegebenenfalls auch als Passivierungs-Isolation für die Leiterbahnen) und der bewegliche Kontakt 8 strukturiert werden.

[0031] Die Funktion des Relais ergibt sich ohne weiteres aus dem beschriebenen Aufbau. Über entsprechende Anschlußelemente wird zur Betätigung des Relais eine Steuerspannung U_s an die Elektroden angelegt, also gemäß Figur 2 an das Basissubstrat 1, das zugleich als Basiselektrode dient, oder an die vom Basissubstrat elektrisch isolierte Basiselektrode gemäß den Ausführungsformen in den Figuren 9 bis 11 und an die Anker-Federzunge 41, die zugleich als Ankerelektrode dient. Durch die elektrostatische Aufladung wird die Anker-Federzunge 41 an die Basiselektrode angezogen, wodurch die Kontakte schließen.

[0032] Für den Fachmann ist es auch klar, daß die in der Zeichnung dargestellte Struktur in geeigneter Weise in ein Gehäuse eingebaut wird, so daß die Kontakte gegen Umwelteinflüsse geschützt sind. Auch sei noch erwähnt, daß mehrere dargestellte Schalteinheiten auf ein und demselben Substrat nebeneinander und in einem gemeinsamen Gehäuse zur Bildung eines Vielfach-Relais angeordnet werden können.

Patentansprüche

1. Mikromechanisches elektrostatisches Relais mit

- einem Basissubstrat (1) mit einer Basiselektrode (1,11) und mit mindestens einem Festkontakt (7),

einer Anker-Federzunge (41), die einseitig an einer mit dem Basissubstrat (1) verbundenen Trägerschicht (4) angebunden ist, eine der Basiselektrode (1,11) gegenüberliegende Ankerelektrode (41) besitzt, im Ruhezustand unter Bildung eines keilförmigen Luftspaltes elastisch von dem Basissubstrat (1) weggekrümmt ist und an ihrem freien Ende mindestens einen, dem Festkontakt (7) gegenüberliegenden beweglichen Kontakt (8) trägt,

dadurch gekennzeichnet, daß der mindestens eine Festkontakt (7) auf einer Festkontakt-Federzunge (42) angeordnet ist, die der Anker-Federzunge

(41) gegenüberstehend wie diese einseitig an einer Trägerschicht (4) angebunden und im Ruhezustand elastisch von dem Basissubstrat (1) weggekrümmt ist, und

daß der mindestens eine bewegliche Kontakt (8) an dem freien Ende der Anker-Federzunge (41) über dieses vorkragend und den Festkontakt (7) überlappend ausgebildet ist.

2. Relais nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Anker-Federzunge (41) und die Festkontakt-Federzunge (42) aus der gleichen Trägerschicht (4) gebildet sind.

3. Relais nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, daß** der mindestens eine bewegliche Kontakt (8) einen annähernd Z-förmigen Querschnitt aufweist, wobei ein Endschenkel auf der Anker-Federzunge (41) liegt und ein dazu annähernd paralleler Endschenkel den Festkontakt (7) überlappt.

4. Relais nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, daß** die freien Enden der Anker-Federzunge (41) und der Festkontakt-Federzunge (42) zahnförmig ineinandergreifen, wobei jeweils ein Vorsprung (44;47) der einen Federzunge (42;41) in eine Ausnehmung der anderen Federzunge (41;42) eingreift, und daß der mindestens eine Festkontakt (7) auf einem Vorsprung (44;46) der Festkontakt-Federzunge (42) liegt, während der mindestens eine bewegliche Kontakt (8) sich über eine Ausnehmung der anderen Federzunge (41) erstreckt.

5. Relais nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Anker-Federzunge (41) in gestrecktem Zustand mit ihrem zangenförmig ausgebildeten Endabschnitt (43) einen mittigen, den Festkontakt (7) tragenden Vorsprung (44) der Festkontakt-Federzunge (42) umschließt und daß sich ein beidseitig aufliegender beweglicher Kontakt (8) frei über diesen Festkontakt (7) erstreckt.

6. Relais nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, daß** ein mittiger Vorsprung (47) der Anker-Federzunge (41) in gestrecktem Zustand zwischen zwei mit Festkontakten (7) versehene Vorsprünge (46) der Festkontakt-Federzunge (42) eingreift und daß ein beweglicher Brückenkontakt (8) auf dem mittigen Vorsprung (47) befestigt ist und sich beiderseits frei über die Festkontakte (7) erstreckt.

7. Relais nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, daß** ein mittiger Vorsprung (147) der Anker-Federzunge (141) einen

beiderseits überstehenden Brückenkontakt (148) trägt und daß zwei Festkontakt-Federzungen (142,143) je einen mit dem Brückenkontakt (148) zusammenwirkenden Festkontakt (144,145) tragen.

5

8. Relais nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Trägerschicht (4) der Federzungen eine unter Zwischenfügung einer teilweise weggeätzten Opferschicht (3) auf dem Basis-substrat (1) abgeschiedene Schicht ist. 10
9. Relais nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, daß** das Basis-substrat (1) und die Trägerschicht (4) aus Silizium bestehen und daß die beiden Elektrodenschichten im Basis-substrat und in der Anker-Federzunge durch eigenleitendes oder dotiertes Silizium gebildet sind. 15
20
10. Relais nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Federzungen (41,42) jeweils auf ihrer dem Basissubstrat abgewandten Seite zumindest über einen Teil ihrer Länge eine Zugspannung erzeugende Schicht (6; 61) aufweisen. 25
11. Relais nach einem der Ansprüche 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet, daß** die die Federzungen (41,42) bildende Trägerschicht aus abgeschiedenem Polysilizium oder Polysilizium mit Rekristallisation besteht. 30
12. Relais nach einem der Ansprüche 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet, daß** die die Federzungen (41,42) bildende Trägerschicht (4) aus einer galvanisch abgeschiedenen Metallschicht, insbesondere Nickel, Nickel-Eisen oder einer sonstigen Nickellegierung gebildet ist. 35
40
13. Relais nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, daß** das Basis-substrat (1) aus Silizium oder Glas besteht und daß die die Federzungen (41,42) bildende Federschicht (4) durch eine auf das Basissubstrat gebondete und freigelegte Silizium-Schicht (21) eines Silizium-Wafers (20) gebildet ist. 45
14. Verfahren zur Herstellung eines mikromechanischen elektrostatischen Relais nach einem der Ansprüche 1 bis 13, **gekennzeichnet durch** folgende Schritte: 50
 - auf einem mit einer elektrisch leitenden Schicht als Basiselektrode versehenen Basissubstrat (1) wird unter Zwischenfügung einer Isolierschicht (2) und eines Zwischenraums (31) eine elektrisch leitende Trägerschicht (4; 21) aufge- 55

bracht,

- in der Trägerschicht (4; 21) werden zwei einseitig angebundene, einander mit ihren freien Enden gegenüberstehende Federzungen (41,42) ausgebildet,
 - die Federzungen (41,42) werden an ihrer Oberseite zumindest abschnittsweise mit einer Zugspannungsschicht (6;61) versehen,
 - eine - vorzugsweise kürzere - Federzunge (42) wird an ihrem freien Ende mit mindestens einem Festkontakt (7) versehen,
 - die - vorzugsweise längere - Federzunge (41) wird mit mindestens einem beweglichen Kontakt (8) versehen, der unter Zwischenfügung einer Opferschicht (5) den Festkontakt (7) überlappt, und
 - **durch** Freiätzung der Federzungen (41,42) voneinander und von dem Substrat (1) wird deren Krümmung vom Substrat weg nach oben erreicht.
15. Verfahren nach Anspruch 14, wobei auf dem aus Silizium bestehenden Basissubstrat (1) unter Zwischenfügung einer ersten Opferschicht (3) die elektrisch leitende Federzungenschicht (4) aus Polysilizium oder Polysilizium mit Rekristallisation mit der Struktur der beiden Federzungen (41,42) abgeschieden wird, wobei die Konturen der Federzungen und die Kontakte durch eine zweite Opferschicht (5) voneinander getrennt werden, und wobei nach dem Aufbringen der Kontakte die beiden Opferschichten (3,5) herausgeätzt werden.
 16. Verfahren nach Anspruch 14, wobei auf dem Basis-substrat (1) aus Glas, Keramik oder Silizium unter Zwischenfügung einer ersten Opferschicht (3) die Struktur der Federzungen (41,42) aus Nickel oder einer Nickel-Legierung, insbesondere Nickel-Eisen, galvanisch abgeschieden wird, wobei auf einer der Federzungen (42) mindestens ein Festkontakt (7) und nach Aufbringen einer zweiten Opferschicht (5) auf der anderen Federzunge (41) ein dem Festkontakt (7) überlappender beweglicher Kontakt (8) aufgebracht wird und wobei schließlich nach dem Aufbringen der Kontakte die beiden Opferschichten (3,5) herausgeätzt werden.
 17. Verfahren nach Anspruch 14, wobei
 - auf dem Basissubstrat (1) aus Silizium oder Glas die Gegenelektrode (11) und darüber eine Isolierschicht (2) abgeschieden werden,
 - dann ein Silizium-Wafer (20) mit einer dotierten Silizium-Schicht (21), insbesondere einer Epitaxie-Schicht oder einer diffundierten Schicht, als Federzungenschicht auf das Basissubstrat (1) gebondet wird,
 - danach der Wafer (20) rückgeätzt wird, bis nur

die dotierte Silizium-Schicht (21) stehenbleibt, dann aus dieser Silizium-Schicht die Strukturen der beiden Federzungen (41,42) herausgeätzt werden,

- dann auf der einen Federzunge (42) mindestens ein Festkontakt aufgebracht wird, 5
- dann unter Zwischenfügung einer Opferschicht (5) auf der anderen Federzunge (41) mindestens ein den Festkontakt (7) überlappend beweglicher Kontakt (8) aufgebracht wird und 10
- schließlich die Opferschicht (5) herausgeätzt wird.

Claims

1. Micromechanical, electrostatic relay comprising

a base substrate (1) with a base electrode (1, 11) and at least one fixed contact (7), 20

a relay armature spring tongue (41), which is one-sidedly attached to a carrier layer (4) connected to the base substrate (1), with an armature electrode (41) arranged opposite the basis electrode (1, 11), which in its resting state is elastically curved away from the base substrate (1) by forming a wedge-shaped air gap, and comprises at its free end at least one movable contact (8) arranged opposite the fixed contact (7), 30

characterised in that the at least one fixed contact (7) is arranged on a fixed contact spring tongue (42), which is arranged opposite the armature spring tongue (41) and, like the latter, is one-sidedly attached to a carrier layer (4) and, in its resting state, is elastically curved away from the base substrate (1), and **in that** 35

the at least one movable contact (8) is formed on the free end of the armature spring tongue (41) such that it projects over the latter and overlaps the fixed contact (7). 40

2. Relay according to claim 1, **characterised in that** the armature spring tongue (41) and the fixed contact spring tongue (42) are formed from the same carrier layer (4). 45

3. Relay according to claim 1 or 2, **characterised in that** the at least one movable contact (8) displays an approximately Z-shaped cross section, whereby one end limb is situated on the armature spring tongue (41) and an end limb approximately parallel thereto overlaps the fixed contact (7). 50

4. Relay according to one of claims 1 to 3, **characterised in that** the free ends of the armature spring 55

tongue (41) and the fixed contact spring tongue (42) engage one another in a toothed manner, whereby in each case a projection (44; 47) of the one spring tongue (42; 41) engages in a recess of the other spring tongue (41; 42), and **in that** the at least one fixed contact (7) is situated on a projection (44; 46) of the fixed contact spring tongue (42), whereas the at least one movable contact (8) extends over a recess of the other spring tongue (41).

5. Relay according to claim 4, **characterised in that** the armature spring tongue (41), in an extended state, encloses with its tong-shaped end section (43) a central projection (44) of the fixed contact spring tongue (42) which carries the fixed contact (7), and **in that** a movable contact (8) supported on both sides freely extends over this fixed contact (7). 15

6. Relay according to claim 4, **characterised in that** a central projection (47) of the armature spring tongue (41), in an extended state, engages between two projections (46) of the fixed contact spring tongues (42) provided with fixed contacts (7), and **in that** a movable bridge forming contact (8) is secured to the central projection (47) and extends freely on both sides over the fixed contacts (7). 20

7. Relay according to claim 4, **characterised in that** a central projection (147) of the armature spring tongue (141) carries a bridge forming contact (148) projecting on both sides and that two fixed spring tongues (142, 143) each carry a fixed contact (144, 145) cooperating with the bridge forming contact (148). 30

8. Relay according to one of claims 1 to 7, **characterised in that** the carrier layer (4) of the spring tongues consists of a layer which has been deposited on the base substrate (1) by inserting a sacrificial layer (3) which has been partly etched away. 40

9. Relay according to one of claims 1 to 8, **characterised in that** the base substrate (1) and the carrier layer (4) are made of silicon and **in that** both electrode layers in the base substrate and in the armature spring tongue are formed from intrinsic or doped silicon. 45

10. Relay according to one of claims 1 to 9, **characterised in that** the spring tongues (41, 42), in each case on their side opposite to the base substrate, comprise over at least part of their length a tensile stress producing layer (6; 61). 50

11. Relay according to one of claims 1 to 10, **characterised in that** the carrier layer forming the spring tongues (41;42) consists of deposited polysilicon or polysilicon with recrystallisation. 55

12. Relay according to one of claims 1 to 10, **characterised in that** the carrier layer (4) forming the spring tongues (41;42) consists of an electrodeposited metal layer, in particular nickel, ferronickel or another nickel alloy. 5
13. Relay according to one of claims 1 to 9, **characterised in that** the base substrate (1) consists of silicon or glass and **in that** the spring layer (4) forming the spring tongues (41, 42) is formed through a silicon layer (21) of a silicon wafer (20) which has been bonded and exposed on the base substrate. 10
14. Method for the production of a micromechanical electrostatic relay according to one of claims 1 to 13, **characterised by** the following steps: 15
- an electroconductive carrier layer (4;21) is arranged on a base substrate (1) provided with an electroconductive layer as a basis electrode, by inserting an insulating layer (2) and an intermediate space (31), 20
- in the carrier layer (4; 21), two one-sidedly attached spring tongues (41, 42) facing each other with their free ends are arranged, 25
- the spring tongues (41, 42) are provided with a tensile stress layer (6; 61) on their upper side, at least in sections, 30
- a preferably shorter spring tongue (42) is provided with at least one fixed contact (7) at its free end, 35
- the preferably longer spring tongue (41) is provided with at least one movable contact (8) which, by inserting a sacrificial layer (5), overlaps the fixed contact (7), and 40
- by etching the spring tongues (41, 42) free from one another and from the substrate (1), their upward curvature away from the substrate is achieved. 45
15. Method according to claim 14, in which the electroconductive spring tongue layer (4). composed of silicon or polysilicon with recrystallisation, is deposited with the structure of the two spring tongues (41, 42) on the base substrate (1), composed of silicon, by inserting a first sacrificial layer (3), whereby the contours of the spring tongues and the contacts are separated from one another by a second sacrificial layer (5), and whereby the two sacrificial layers (3, 5) are etched out after application of the contacts. 55
16. Method according to claim 14, in which the structure of the spring tongues (41, 42), composed of nickel

or a nickel alloy, in particular ferronickel, are electrodeposited on the base substrate (1) composed of glass, ceramic or silicon, by inserting a first sacrificial layer (3), whereby at least one fixed contact (7) is arranged on one of the spring tongues (42) and, after application of a second sacrificial layer (5), a movable contact (8) overlapping the fixed contact (7) is arranged on the other spring tongue (4) and whereby finally, after application of the contacts, the two sacrificial layers (3, 5) are etched out.

17. Method according to claim 14, in which

the backplate electrode (11) and an insulating layer (2) above it are deposited on the base substrate (1) composed of silicon or glass,

then a silicon wafer (20) with a doped silicon layer (21), in particular an epitaxial layer or a diffuse layer, is bonded as a spring tongue layer to the base substrate (1),

then the wafer (20) is etched back, until only the doped silicon layer (21) remains, then from this silicon layer the structures of both spring tongues (41, 42) are etched out,

then on the one spring tongue (42) at least one fixed contact is applied,

then by inserting a sacrificial layer (5) on the other spring tongue (41) at least one movable contact (8) overlapping the fixed contact (7) is applied, and

finally the sacrificial layer (5) is etched out.

Revendications

1. Relais électrostatique micromécanique comportent

un substrat de base (1) avec une électrode de base (1, 11) et au moins un contact fixe (7),

une languette élastique d'induit (palette) de relais (41), reliée d'un côté sur une couche de support (4) reliée au substrat de base (1), comportant une électrode de base (1, 11) opposée à l'électrode de l'induit (41), courbée à l'état de repos élastiquement à l'écart du substrat de base (1) avec formation d'un entrefer en forme de coin, et comportant au niveau de son extrémité libre au moins un contact mobile (8) opposé au contact fixe (7),

caractérisé en ce que le au moins un contact fixe (7) est agencé sur une languette élastique de

contact fixe (42), opposée à la languette élastique de l'induit (41) et liée comme celle-ci d'un côté sur une couche de support (4) et courbée à l'état de repos élastiquement à l'écart du substrat de base (1), et

en ce que le au moins un contact mobile (8) est formé sur et débordé de l'extrémité libre de la languette élastique de l'induit (41) et chevauche le contact fixe (7).

2. Relais selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** la languette élastique de l'induit (41) et la languette élastique du contact fixe (42) sont formées à partir de la même couche de support (4).

3. Relais selon les revendications 1 ou 2, **caractérisé en ce que** le au moins un contact mobile (8) a une section transversale ayant pratiquement une forme en Z, une branche d'extrémité étant agencée sur la languette élastique de l'induit (41) et une branche d'extrémité pratiquement parallèle à celle-ci chevauchant le contact fixe (7).

4. Relais selon l'une des revendications 1 à 3, **caractérisé en ce que** les extrémités libres de la languette élastique de l'induit (41) et de la languette élastique de contact fixe (42) s'engagent en forme de dents, une saillie (44; 47) de l'une des languettes élastiques (42; 41) s'engageant respectivement dans un évidement de l'autre languette élastique (41; 42), et **en ce que** le au moins un contact fixe (7) est agencé sur une saillie (44; 46) de la languette élastique de contact fixe (42), le au moins un contact mobile (8) s'étendant au-delà d'un évidement de l'autre languette élastique (41).

5. Relais selon la revendication 4, **caractérisé en ce que** la languette élastique de l'induit (41) renferme dans l'état étendu avec sa section d'extrémité en forme de tenailles (43) une saillie centrale (44), supportant le contact fixe (7), un contact mobile (8) reposant sur les deux côtés s'étendant librement au-dessus de ce contact fixe (7).

6. Relais selon la revendication 4, **caractérisé en ce qu'une** saillie centrale (47) de la languette élastique de l'induit (41) s'engage dans l'état étendu entre deux saillies (46) de la languette élastique du contact fixe (42) comportant des contacts fixes (7), un contact à pont mobile (8) étant fixé sur la saillie centrale (47) et s'étendant librement des deux côtés au-dessus des contacts fixes (7).

7. Relais selon la revendication 4, **caractérisé en ce qu'une** saillie centrale (147) de la languette élastique de l'induit (141) supporte un contact à pont (148) débordant des deux côtés, deux languettes élastiques de contact fixe (142, 143) supportant

respectivement un contact fixe (144, 145) coopérant avec le contact à pont (148).

8. Relais selon l'une des revendications 1 à 7, **caractérisé en ce que** la couche de support (4) des languettes élastiques constitue une couche déposée sur le substrat de base (1), avec insertion d'une couche sacrificielle en partie éliminée par gravure (3).

9. Relais selon l'une des revendications 1 à 8, **caractérisé en ce que** le substrat de base (1) et la couche de support (4) sont composés de silicium, les deux couches d'électrode étant formées dans le substrat de base et dans la languette élastique de l'induit par du silicium à conductibilité intrinsèque ou dopé.

10. Relais selon l'une des revendications 1 à 9, **caractérisé en ce que** les languettes élastiques (41, 42) comportent respectivement une couche produisant une contrainte de traction (6; 61) sur leur côté écarté du substrat de base, au moins sur une partie de leur longueur.

11. Relais selon l'une des revendications 1 à 10, **caractérisé en ce que** la couche de support formant les languettes élastiques (41; 42) est composée de polysilicium déposé ou de polysilicium à recristallisation.

12. Relais selon l'une des revendications 1 à 10, **caractérisé en ce que** la couche de support (4) formant les languettes élastiques (41, 42) est formée par une couche métallique à dépôt par galvanisation, composée en particulier de nickel, de nickel-fer ou d'un autre alliage de nickel.

13. Relais selon l'une des revendications 1 à 9, **caractérisé en ce que** le substrat de base (1) est composé de silicium ou de verre, la couche élastique (4) formant les languettes élastiques (41, 42) étant formée par une couche de silicium (21) d'une plaque de silicium (20), liée sur le substrat de base et exposée.

14. Procédé de fabrication d'un relais électrostatique micromécanique selon l'une des revendications 1 à 13, **caractérisé par** les étapes ci-dessous:

application d'une couche de support conductrice d'électricité (4, 21) sur un substrat de base (1) comportant une couche conductrice d'électricité, faisant fonction d'électrode de base, avec insertion d'une couche isolante (2) et d'un espace intermédiaire (31);

formation dans la couche de support (4, 21) de deux languettes élastiques (41, 42) liées d'un côté, à extrémités libres opposées;

application d'une couche de contrainte de traction (6; 61) sur le côté supérieur des languettes élastiques (41, 42), au moins dans certaines sections,

5

agencement d'au moins un contact fixe (7) sur l'extrémité libre d'une languette élastique (42), de préférence plus courte,

agencement d'au moins un contact mobile (8) sur la languette élastique (41), de préférence plus longue, chevauchant le contact fixe (7) par insertion d'une couche sacrificielle (5),

10

dégagement des languettes élastiques (41, 42) l'une de l'autre et du substrat (1) par gravure, pour entraîner leur courbure vers le haut à l'écart du substrat.

15

15. Procédé selon la revendication 14, dans lequel la couche des languettes élastiques conductrice d'électricité (4), composée de polysilicium ou de polysilicium à recristallisation, est déposée avec la structure des deux languettes élastiques (41, 42) sur le substrat de base composé de silicium (1), avec insertion d'une première couche sacrificielle (3), les contours des languettes élastiques et les contacts étant séparés par une deuxième couche sacrificielle (5), les deux couches sacrificielles (3, 5) étant éliminées par gravure après l'application des contacts.

20

25

30

16. Procédé selon la revendication 14, dans lequel la structure des languettes élastiques (41, 42) composée de nickel ou d'un alliage de nickel, en particulier de nickel-fer, est déposée par galvanisation sur le substrat de base (1) composé de verre, de céramique ou de silicium, avec insertion d'une première couche sacrificielle (3), au moins un contact fixe (7) étant agencé sur une des languettes élastiques (42), un contact mobile (8), chevauchant le contact fixe (7) étant agencé sur l'autre languette élastique (41) après application d'une deuxième couche sacrificielle (5), les deux couches sacrificielles (3, 5) étant finalement éliminées par gravure après l'application des contacts.

35

40

45

17. Procédé selon la revendication 14, dans lequel

la contre-électrode (11) et une couche isolante agencée au-dessus (2) sont déposées sur le substrat de base (1) composé de silicium ou de verre,

50

une plaquette de silicium (20) comportant une couche de silicium dopé (21), en particulier une couche d'épitaxie ou une couche à diffusion, est liée sur le substrat de base (1) pour faire

55

fonction de couche des languettes élastiques,

la plaquette (20) est ensuite soumise à une gravure en retrait, de sorte à ne maintenir que la couche de silicium dopé (21), les structures des deux languettes élastiques (41, 42) étant ensuite formées par gravure à partir de cette couche de silicium;

au moins un contact fixe est agencé sur une des languettes élastiques (42),

au moins un contact mobile (8) chevauchant le contact fixe (7) est agencé sur l'autre languette élastique (41) avec insertion d'une couche sacrificielle (5),

la couche sacrificielle (5) est finalement éliminée par gravure.

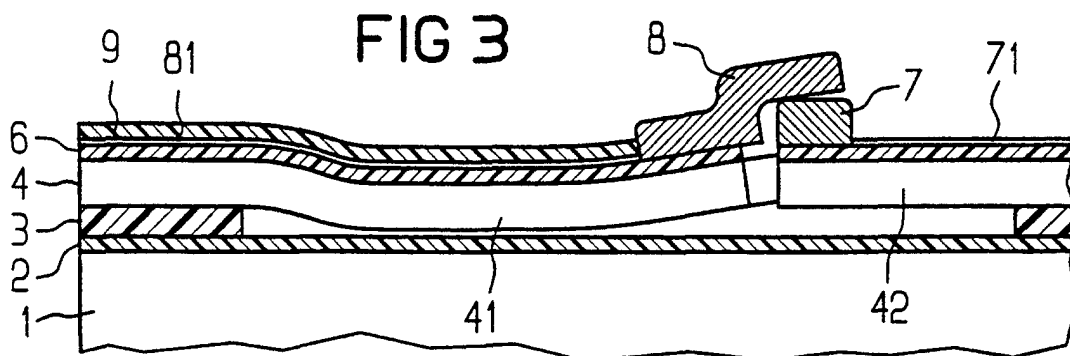
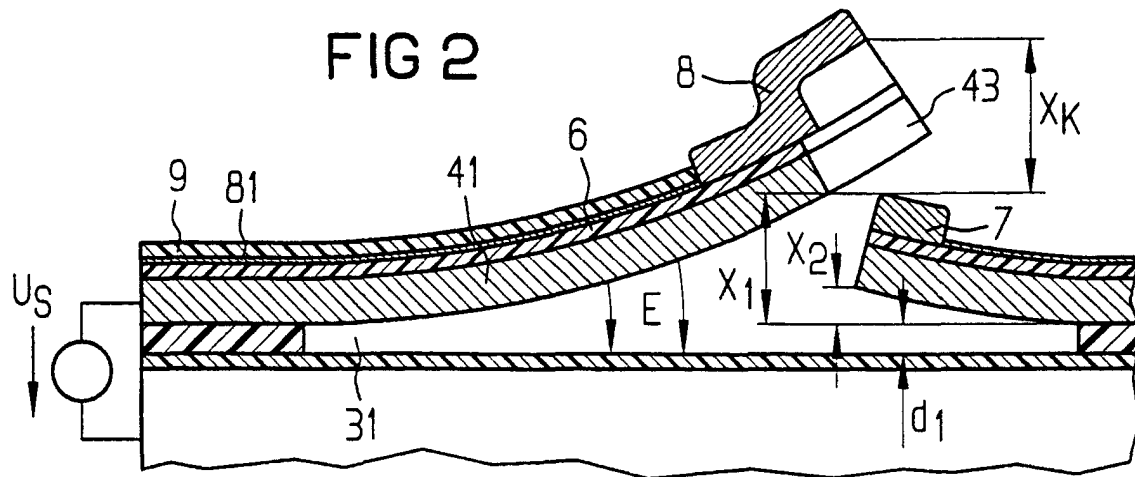
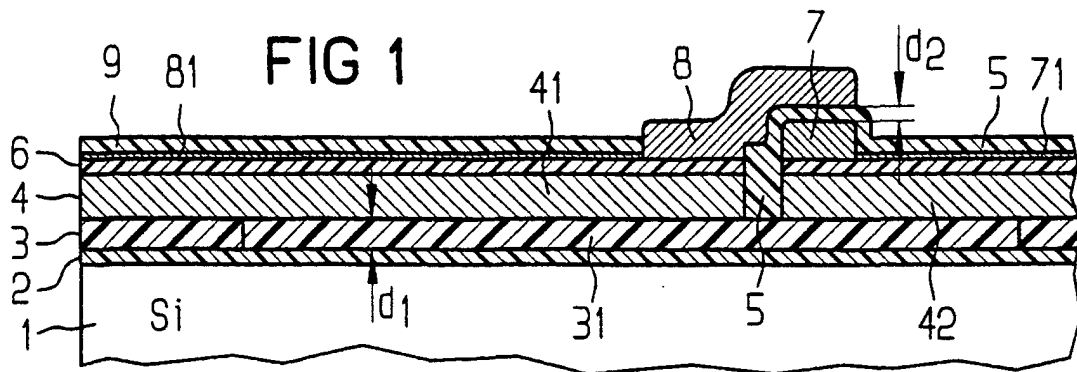


FIG 4

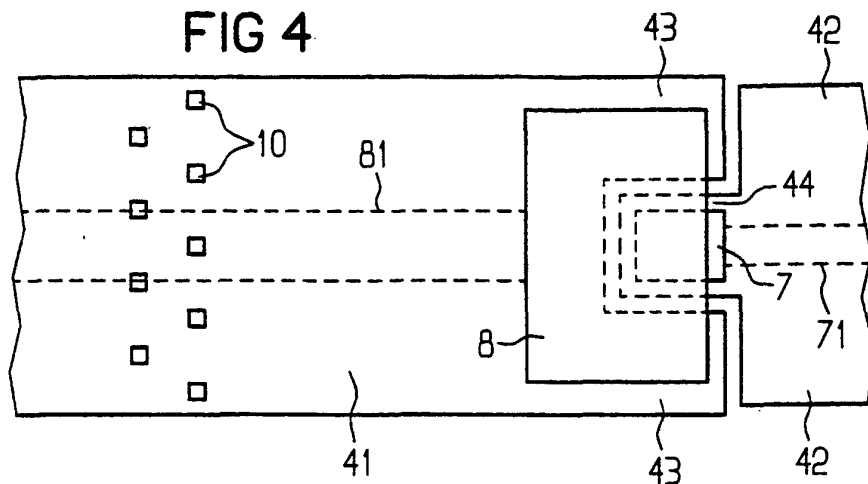


FIG 5

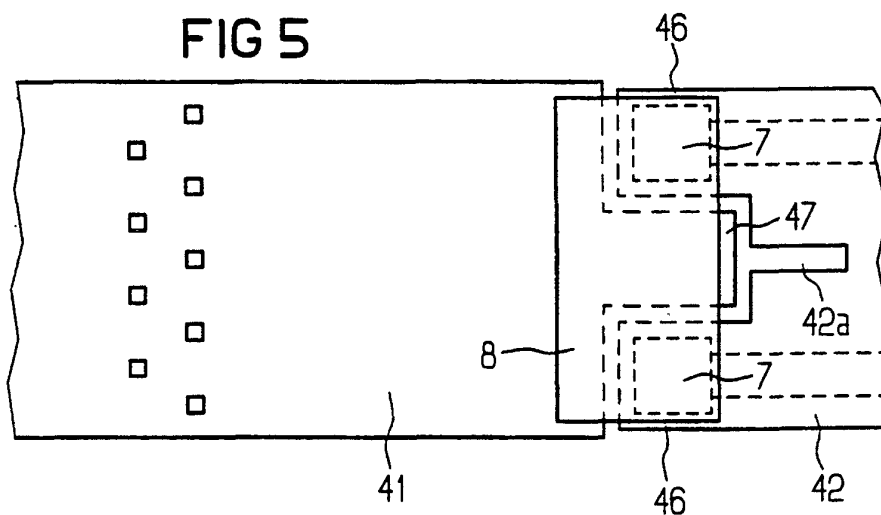
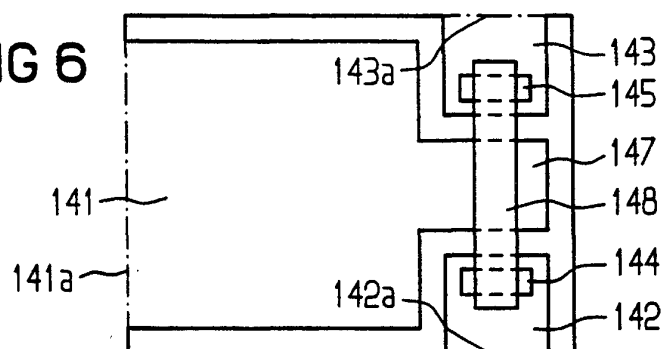


FIG 6



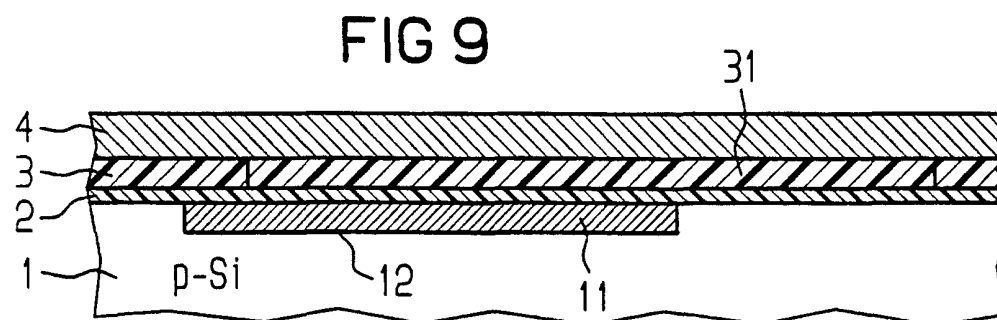
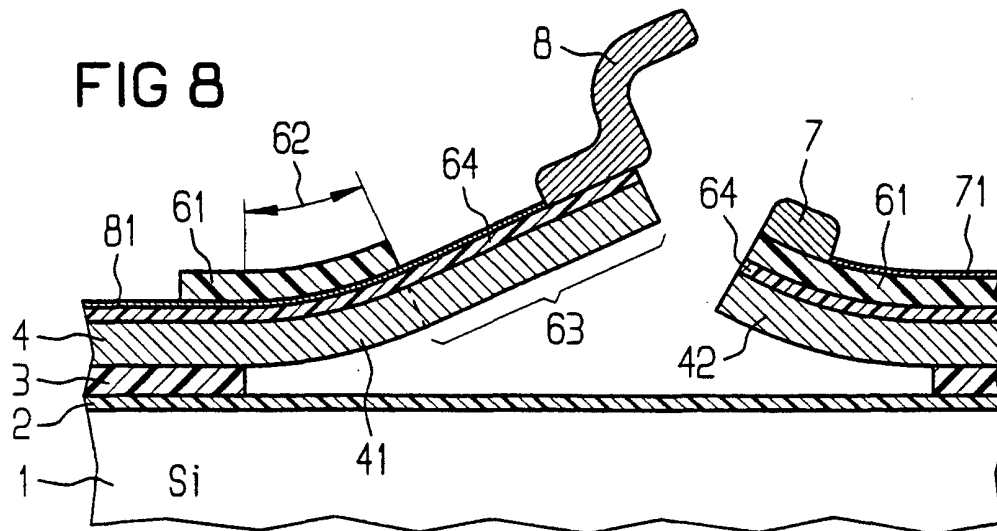
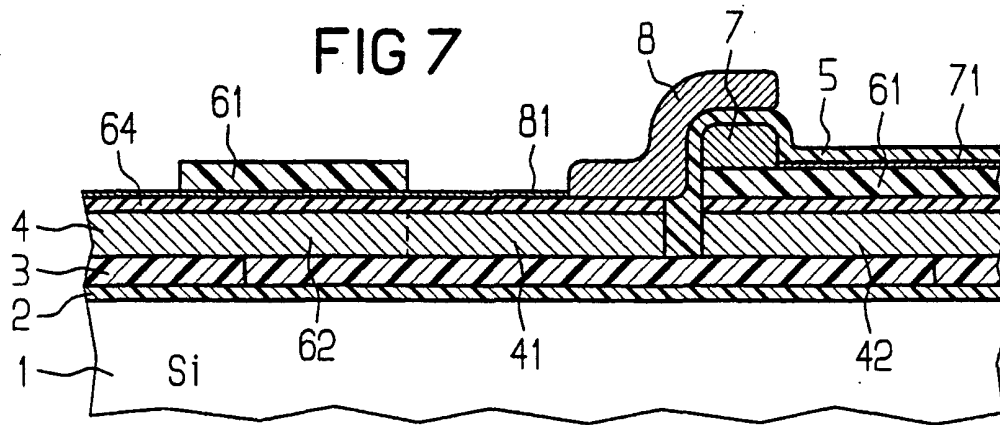


FIG 10

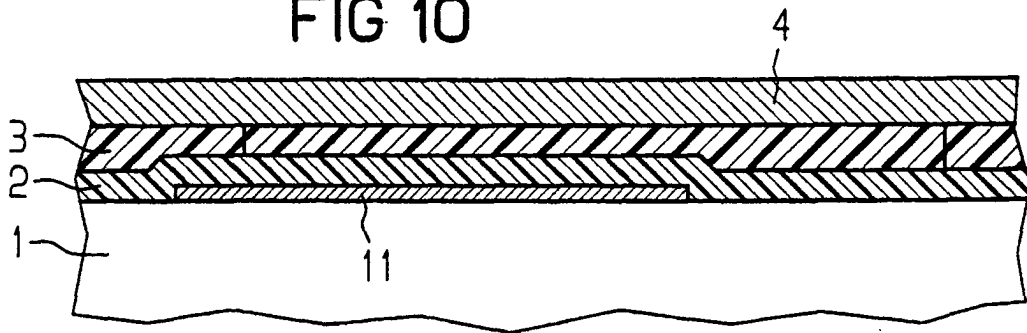


FIG 11

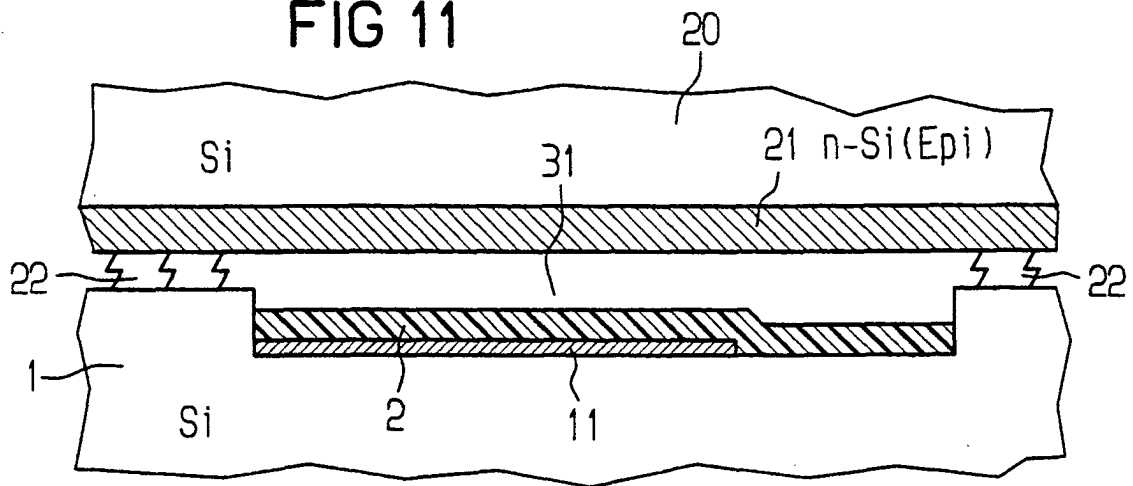


FIG 12

