CH 684029 A5

(19) SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
BUNDESAMT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

(11) CH 684029 A5

(51) Int. Cl.[5]: G 01 P 15/08

Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein
Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

(12) PATENTSCHRIFT A5

(21) Gesuchsnummer: 1685/91

(22) Anmeldungsdatum: 06.06.1991

(30) Priorität(en): 14.07.1990 DE 4022464

(24) Patent erteilt: 30.06.1994

(45) Patentschrift veröffentlicht: 30.06.1994

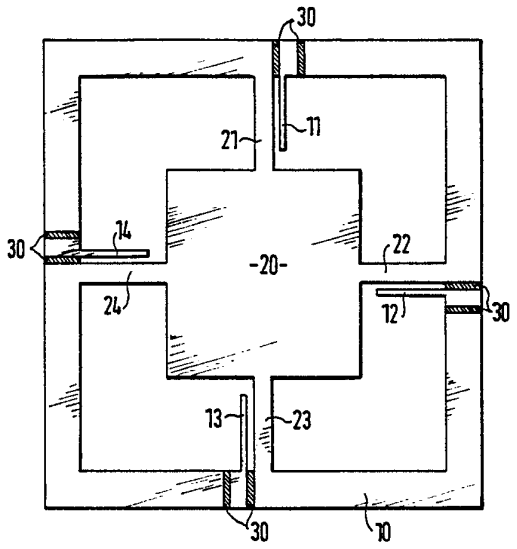
(73) Inhaber:
Robert Bosch GmbH, Stuttgart 10 (DE)

(72) Erfinder:
Marek, Jiri, Dr.-Ing., Reutlingen 22 (DE)

(74) Vertreter:
Dipl.-Ing. Martin Schnoz, Solothurn

(54) Beschleunigungssensor.

(57) Es wird ein Sensor zur Messung von Beschleunigungen, insbesondere von Winkelbeschleunigungen, vorgeschlagen, der aus einem Siliziumträger hergestellt ist. Aus dem Siliziumträger sind zumindest ein feststehender Rahmen (10) und mindestens eine in dem Rahmen befestigte, auslenkbare seismische Masse (20) herausstrukturiert. Ferner sind Mittel zur Erfassung von Auslenkungen in der Trägerebene der mindestens einen seismischen Masse (20) vorhanden. Die seismische Masse (20) ist über mindestens zwei symmetrisch angeordnete, in der Trägerebene verbiegbare Stege (21 bis 24) mit dem Rahmen (10) verbunden. Die Auslenkung der seismischen Masse (20) in der Trägerebene wird an mindestens zwei gegenüberliegenden Seiten der seismischen Masse (20) piezoresistiv oder kapazitiv erfasst.



Beschreibung

Stand der Technik

Die Erfindung geht aus von einem Sensor zur Messung von Beschleunigungen, insbesondere von Winkelbeschleunigungen, nach der Gattung des unabhängigen Anspruchs.

In der DE-PS 4 000 903 wird ein Beschleunigungssensor beschrieben, der aus einem monokristallinen, zweischichtigen Träger gefertigt ist. Er weist eine parallel zur Trägeroberfläche schwingungsfähige Zunge auf, der gegenüber in Schwingungsrichtung eine feststehende Elektrode angeordnet ist. Die Beschleunigung wird bei diesem Sensor über die kapazitive Änderung zwischen der beweglichen Zunge und der feststehenden Elektrode erfasst.

Aus «Laterally Driven Polysilicon Resonant Microstructures»: W. C. Tang, T. H. Nguyen, R. T. Howe; Sensors and Actuators, 20 (1989) 25–30 sind bereits seismische Massen, die an archimedischen Spiralen aufgehängt sind und mit einem elektrostatischen Kammantrieb versehen sind, bekannt. In diesem Artikel wird die Realisierung solcher Strukturen in Polysilizium-Technologie beschrieben.

Vorteile der Erfindung

Der erfindungsgemässe Sensor mit den kennzeichnenden Merkmalen des unabhängigen Anspruchs hat den Vorteil, dass sich durch das Erfassen der Auslenkung der seismischen Masse an mehreren Seiten der seismischen Masse Drehbewegungen von Linearbeschleunigungen unterscheiden lassen. Je nach Art der Beschleunigung ändern sich die Messsignale, die an unterschiedlichen Seiten der seismischen Masse erfasst werden, entweder gleichsinnig oder gegenläufig. Durch einen Vergleich der Signale kann also auf besonders einfache Weise zwischen einer Drehbewegung und einer Linearbeschleunigung unterschieden werden. Vorteilhaft ist auch, dass die seismische Masse des Sensors bevorzugt in der Trägerebene auslenkbar ist und dabei nicht aus der Trägeroberfläche hinausragt. Der Träger selbst dient dabei vorteilhaft als Schutz gegen mechanische Überlast. Eine zumindest zweiseitige Aufhängung der seismischen Masse an dünnen Stegen erhöht die Stabilität des Sensors gegen Überlast und gewährleistet gleichzeitig eine sehr hohe Messempfindlichkeit. Gleichzeitig wird die Empfindlichkeit gegen Querbeschleunigungen erniedrigt. In bezug auf Querempfindlichkeit ist auch eine vierseitige symmetrische Aufhängung der seismischen Masse besonders vorteilhaft. Die Herstellung des Sensors aus einem Siliziumträger ist besonders vorteilhaft, da mit Standardverfahren besonders kleine Bauweisen erzielt werden können. Vorteilhaft ist ausserdem, dass sich auf einem Siliziumträger auch Auswerteschaltungen des Sensors integrieren lassen.

Durch die in den abhängigen Ansprüchen aufgeführten Massnahmen sind vorteilhafte Weiterbildungen des im unabhängigen Anspruch angegebenen Sensors möglich.

Das Erfassen der Auslenkungen der seismischen Masse erfolgt besonders vorteilhaft piezoresistiv mit Hilfe von jeweils zwei Piezowiderständen, die auf den Aufhängungsstegen rechts und links von der Stegachse aufgebracht sind. Bei Linearbeschleunigungen der seismischen Masse ändern sich die mindestens zwei Piezowiderstände auf jedem der Aufhängungsstege gleichsinnig. Im Falle einer Drehbewegung wird eine Seite jedes Aufhängungssteges gedehnt, während die andere Seite gestaucht wird. Das führt zu einer gegenläufigen Veränderung der Widerstandswerte eines jeden Aufhängungssteges. Die piezoresistive Signalerfassung lässt sich auch vorteilhaft auf Sensoren anwenden, die aus einem einschichtigen Träger gefertigt sind. Die Ausbildung von schmalen Aufhängungsstegen in der gesamten Trägerdicke ist vorteilhaft, da dadurch Auslenkungen der seismischen Masse innerhalb der Trägerebene bevorzugt werden, während Auslenkungen der seismischen Masse senkrecht zur Trägerebene unterdrückt werden.

Für die Herstellung und zur Isolation von Teilstrukturen des Sensors ist es besonders günstig, zweischichtige Siliziumträger zu verwenden, wobei zwischen der oberen Schicht und der unteren Schicht ein Dotierungsübergang, vorzugsweise ein pn-Übergang besteht. Der Träger kann monokristallin sein, wobei die obere Schicht durch Diffusion von Fremdatomen erzeugt sein kann oder eine auf einem Träger abgeschiedene Epitaxieschicht sein kann. Je nach Sensorstruktur ist es von Vorteil, einen Siliziumträger mit einer darauf abgeschiedenen Polysiliziumschicht zu verwenden. In diesem Fall erfolgt die Isolation z.B. über eine Siliziumoxidschicht zwischen den einkristallinen und polykristallinen Siliziumschichten.

Eine weitere vorteilhafte Möglichkeit besteht in der kapazitiven Signalerfassung. Dazu ist es vorteilhaft, feststehende Elektroden von zwei gegenüberliegenden Seiten des Rahmens ausgehend aus dem Siliziumträger heraus zu strukturieren, die parallel zu den Aufhängungsstegen angeordnet sind. Zusammen mit den als bewegliche Elektroden dienenden Aufhängungsstegen bilden diese feststehenden Elektroden jeweils einen Kondensator. Alternativ oder zur Verstärkung des Signals ist es vorteilhaft, weitere von dem Rahmen ausgehende feststehende Elektroden zu strukturieren und parallel dazu bewegliche Elektroden, die von der seismischen Masse ausgehen und zusammen mit den feststehenden Elektroden Interdigitalkondensatoren bilden. Eine weitere vorteilhafte Ausgestaltung ist auch, diese Kondensatoren durch Anlegen einer variablen Spannung zur Lageregelung zu verwenden, mit der die seismische Masse wieder in ihre Ruhelage gebracht wird. Dies stellt eine besonders günstige Möglichkeit der Überlastsicherung dar. Vorteilhaft ist auch eine Kombination von kapazitiver Lageregelung, kapazitiver Signalerfassung und piezoresistiver Signalerfassung. Die Isolation der beweglichen Elektroden gegenüber den feststehenden Elektroden lässt sich besonders günstig realisieren, wenn die Aufhängungsstege der seismischen Masse nur in der oberen Schicht ausgebildet sind. Der pn-Übergang zwischen oberer und unterer

Schicht stellt dann eine Isolation der Elektroden gegenüber der unteren Schicht dar; die Isolation in der oberen Schicht kann entweder vorteilhaft durch Isolationsdiffusionen oder durch die obere Schicht vollständig durchdringende Ätzgräben erfolgen.

Eine weitere vorteilhafte Ausgestaltung des erfindungsgemässen Sensors besteht darin, die seismische Masse an zwei ineinander verlaufenden, archimedischen Spiralen aufzuhängen, die an den aussenliegenden Windungen mit beweglichen Stegen versehen sind. Die beweglichen Stege weisen kammförmige Fingerstrukturen auf, die zusammen mit von feststehenden Stegen ausgehenden Fingerstrukturen elektrostatische Reluktanzantriebe bilden. Diese ineinandergreifenden Fingerstrukturen können vorteilhaft entweder zum Signalabgriff oder aber auch zur Lageregelung verwendet werden. Eine zusätzliche Signalabnahme kann vorteilhaft piezoresistiv mittels auf den Spiralen angeordneten Piezowiderständen erfolgen.

Zur Empfindlichkeitssteigerung des Sensors kann die seismische Masse entweder in voller Trägerdikke ausgebildet werden. Bei Ausbildung der seismischen Masse in der gleichen Dicke wie die der Aufhängung können entweder das Trägheitsmoment oder die Querempfindlichkeit optimiert werden.

Zeichnung

Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in der Zeichnung dargestellt und in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert. Es zeigen

Fig. 1 die Aufsicht auf einen Sensor mit piezoresistivem Signalabgriff,

Fig. 2 die Aufsicht auf einen Sensor mit kapazitivem Signalabgriff,

Fig. 3 den Schnitt durch diesen Sensor,

Fig. 4 die Aufsicht auf einen Sensor mit Interdigitalkondensatoren,

Fig. 5 die Aufsicht auf einen Sensor mit einer Aufhängung mittels archimedischer Spiralen und die

Fig. 6a und b Schnitte durch diesen Sensor entlang der A- und B-Achse.

Beschreibung der Erfindung

In Fig. 1 ist ein Sensor dargestellt, mit einem feststehenden Rahmen 10 und einer darin befestigten, auslenkbaren seismischen Masse 20. Die seismische Masse 20 ist hier symmetrisch über vier dünne Stege 21 bis 24 aufgehängt. Diese Struktur kann aus einem ein- oder zweischichtigen Siliziumträger strukturiert sein. Der Träger kann monokristallin sein oder mit einer Poly-Silizium-Schicht versehen sein. Die Stege 21 bis 24 und die seismische Masse 20 können sowohl in voller Trägerdicke ausgebildet sein als auch in ihrer Dicke reduziert sein. Zur Erhöhung der Empfindlichkeit ist es sinnvoll, die seismische Masse 20 möglichst gross zu machen, also in voller Trägerdicke auszubilden. Bei seismischen Massen 20, deren Stege 21 bis 24 dicker als breit sind, also z.B. die gesamte Trägerdicke haben, sind Auslenkungen innerhalb der Trägerebene gegenüber Auslenkungen senkrecht zur Trägerebene bevorzugt. Bei dem in Fig. 1 dargestellten Ausführungsbeispiel sind auf jedem Steg 21 bis 24 jeweils zwei Piezowiderstände 81, 82, aufgebracht. Sie sind jeweils rechts und links von den Stegachsen angeordnet. Eine Linearbeschleunigung des Sensors in der Trägerebene oder senkrecht dazu führt immer zu einer gleichsinnigen Längenänderung der beiden Hälften der Aufhängungsstege rechts und links von der Stegachse und also zu einer gleichsinnigen Widerstandsänderung der Piezowiderstände auf einem Steg. Im Gegensatz dazu führt eine Drehbewegung um eine Drehachse senkrecht zur Trägeroberfläche zu einer gegensinnigen Verbiegung der Steghälften und damit zu einer gegensinnigen Widerstandsänderung der Piezowidestände auf einem Steg. Durch Vergleich der Widerstandswerte der Widerstände auf einem Steg bzw. durch entsprechende Verschaltung lassen sich also einfach Linearbeschleunigungen von Drehbewegungen unterscheiden.

In Fig. 2 ist eine Sensorstruktur dargestellt, die mit der in Fig. 1 dargestellten vergleichbar ist. Der Signalabgriff erfolgt hier aber nicht piezoresistiv sondern kapazitiv. Dazu sind parallel zu den Aufhängungsstegen 21 bis 24, vom feststehenden Rahmen 10 ausgehend, feststehende Elektroden 11 bis 14 aus dem Träger strukturiert. Diese feststehenden Elektroden 11 bis 14 bilden zusammen mit den als bewegliche Elektroden dienenden Aufhängungsstegen 21 bis 24 Kapazitäten. Die feststehenden Elektroden 11 bis 14 sind bezüglich der beweglichen Elektroden 21 bis 24 so angeordnet, dass eine Linearbeschleunigung in der Trägerebene zu gegenläufigen Kapazitätsänderungen an den beiden gegenüberliegenden Kapazitäten führt. Nur eine Drehbewegung um eine Drehachse senkrecht zur Trägerebene führt zu einer gleichsinnigen Kapazitätsänderung an mindestens zwei gegenüberliegenden Kapazitäten. Diese Sensorstruktur ist aus einem zweischichtigen Siliziumträger 1 strukturiert, wobei zwischen der oberen Schicht 2 und der unteren Schicht 3 des Siliziumträgers 1 ein Dotierungsübergang besteht. Die Stege 21 bis 24 sind nur in der oberen Schicht 2 ausgebildet. In den Rahmen 10 sind um den Mündungsbereichen der Stege Isolationsdiffusionen 30 eingebracht. Die Isolationsdiffusionen 30 können aber auch in geeigneter Weise an den Stellen des Rahmens 10 eingebracht werden, von denen die feststehenden Elektroden 11 bis 14 ausgehen. Diese in Verbindung mit dem pn-Übergang zwischen der oberen Schicht 2 und der unteren Schicht 3 dienen dazu, die als bewegliche Elektroden dienenden Aufhängungsstege 21 bis 24 von den feststehenden Elektroden 11 bis 14 elektrisch zu isolieren. In Fig. 3 ist ein Schnitt durch diesen Sensor im Bereich der Stege 22 und 24 dargestellt. Der feststehende Rahmen 10 ist in voller Trägerdicke ausgebildet, ebenso wie die seismische Masse 20. Möglich ist aber auch, die seismische Masse 20 ganz oder teilweise in ihrer Dicke zu reduzieren oder auch nur in der oberen Schicht 2 auszubilden.

Eine weitere Möglichkeit der Isolation von Strukturteilen und des Signalabgriffs ist in Fig. 4 dargestellt. Mit 45 sind Ätzgräben bezeichnet, die die

obere Schicht 2 vollständig durchdringen. Damit sind in Fig. 4 vom Rahmen ausgehende feststehende Elektroden 41 elektrisch von den von der seismischen Masse 20 ausgehenden beweglichen Elektroden 42 getrennt. Die beweglichen Elektroden 42 bilden mit den feststehenden Elektroden 41 parallelgeschaltete Interdigitalkondensatoren, die signalverstärkend wirken. Die Funktionsweise des in Fig. 4 dargestellten Sensors entspricht der des in den Fig. 2 und 3 dargestellten Sensors. Möglich sind auch alle Kombinationen der dargestellten Signalerfassungsmethoden, wie Interdigitalkondensatoren mit den in Fig. 2 dargestellten Diffusionsisolationen und/oder in Verbidung mit einer piezoresisitiven Signalerfassung wie in Fig. 1 dargestellt. Ausserdem denkbar ist es, die in den Fig. 2 und 4 dargestellten Kondensatorstrukturen nicht nur zur Signalerfassung, sondern auch durch Anlegen einer variablen Spannung zur Lageregelung der seismischen Masse 20 einzusetzen. Auf diese Weise kann Überlastsituationen besser begegnet werden, was die Lebensdauer des Sensors erhöht. Die Linearität des Ausgangssignals wird hierdurch auch verbessert.

In Fig. 5 ist die Aufsicht auf einen Sensor dargestellt, der aus einem Siliziumträger 1 bestehend aus einem Substrat 3, einer darauf aufgebrachten Isolationsschicht 5 und einer auf die Isolationsschicht 5 aufgebrachten Polysiliziumschicht 2 strukturiert ist. Die Fig. 6a und b zeigen Schnitte durch den Sensor an den in Fig. 5 mit A und B bezeichneten Achsen. Aus der Polysiliziumschicht 2 ist ein Ankerpunkt 55 herausstrukturiert, der über die Isolationsschicht 5 fest mit dem Substrat 3 verbunden ist. Von diesem Ankerpunkt 55 als Mittelpunkt gehen zwei ineinanderverlaufende Spiralen 50, 60 aus, die nur in der Polysiliziumschicht 2 ausgebildet sind und ausser über den Ankerpunkt 55 nicht mit dem Substrat 3 verbunden sind und also wie Spiralfedern beweglich sind. Jeweils an den aussenliegenden Windungen der Spiralen 50, 60 sind bewegliche Massen 51, 61 ebenfalls nur in der Polysiliziumschicht 2 ausgebildet, die sternförmig zum Ankerpunkt 55 angeordnet sind. Sie weisen zweiseitig kammförmige Fingerstrukturen 511, 611 auf. Ebenfalls sternförmig um den Ankerpunkt 55 sind zwischen den beweglichen Massen 51, 61 feststehende Elektroden 71 angeordnet, die mit dem Substrat 3 und/oder einem in den Fig. 5, 6a und b nicht dargestellten Rahmen verbunden sind. Auch die feststehenden Elektroden 71 weisen kammförmige Fingerstrukturen 711 auf. Die Fingerstrukturen 511, 611 der beweglichen Massen 51, 61 und die Fingerstrukturen 711 der feststehenden Elektroden 71 greifen ineinander. Diese Fingerstrukturen 511, 611, 711 bilden zusammen Interdigitalkondensatoren bzw. elektrostatische Reluktanzantriebe, die zur Lageregulierung aber auch zur Signalerfassung benutzt werden können. Eine Signalerfassung bei dieser Struktur ist ausserdem mit auf den Spiralen 50 und 60 angeordneten Piezowiderständen möglich.

Mit diesem Sensor lassen sich besonders günstig Winkelbeschleunigungen um eine Achse senkrecht zur Trägeroberfläche erfassen. Dabei wirken die archimedischen Spiralen 50, 60 wie Spiralfedern, die je nach Drehrichtung gedehnt oder gestaucht werden, wodurch die Lage der beweglichen Massen 51, 61 bezüglich der feststehenden Elektroden 71 verändert wird, was zu Änderungen der elektrischen Verhältnisse an den Interdigitalkondensatoren führt.

Patentansprüche

1. Sensor zur Messung von Winkelbeschleunigungen der aus einem plattenförmigen Si-Träger herausstrukturiert ist, wobei aus dem Si-Träger zumindest ein feststehendes Element (10, 55), mindestens eine seismische Masse (20, 51, 61) und verbiegbare Stege (21 bis 24, 50, 60) herausstrukturiert sind, wobei die seismische Masse (20, 51, 61) mit den Stegen am feststehenden Element (10, 55) aufgehängt ist, dadurch gekennzeichnet, dass Mittel vorhanden sind, eine Drehung der seismischen Masse (20, 51, 61) um eine Achse nachzweisen, die senkrecht auf der Oberfläche des plattenförmigen Si-Trägers steht.

2. Sensor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das feststehende Element als Rahmen (10) ausgebildet ist, dass Mittel zur Erfassung von Auslenkungen in der Trägerebene der mindestens einen seismischen Masse vorhanden sind, dass die seismische Masse (20) über mindestens zwei symmetrisch angeordnete, in der Trägerebene verbiegbare Stege (21 bis 24) mit dem Rahmen (10) verbunden ist und dass die Auslenkung der seismischen Masse (20) in der Trägerebene an mindestens zwei gegenüberliegenden Seiten der seismischen Masse (20) erfasst wird.

3. Sensor nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Rahmen (10) quadratisch ist, dass die seismische Masse (20) eine quadratische Oberseite hat, dass die seismische Masse (20) vierseitig bzw. zweiseitig mit dem Rahmen (10) verbunden ist, so dass die Kanten der quadratischen Oberseite der seismischen Masse (20) parallel zu den Innenflächen des Rahmens (10) orientiert sind und so dass die seismische Masse (20) in der Mitte des Rahmens (10) hängt, und dass die Aufhängungsstege (21 bis 24) senkrecht von den Kantenmitten der Oberseite der seismischen Masse (20) ausgehen.

4. Sensor nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass auf den Stegen (21 bis 24) jeweils mindestens zwei Piezowiderstände (81, 82) rechts und links von der Stegachse aufgebracht sind oder in die Stege (21 bis 24) integriert sind.

5. Sensor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Stege (21 bis 24) und/oder die seismische Masse (20) ganz oder teilweise in der gesamten Dicke des Siliziumträgers (1) ausgebildet sind.

6. Sensor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Siliziumträger (1) eine obere Schicht (2) und eine untere Schicht (3) aufweist.

7. Sensor nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen der oberen Schicht (2) und der unteren Schicht ein Dotierungsübergang, vorzugsweise ein pn-Übergang, besteht.

8. Sensor nach Anspruch 6 oder 7, dadurch ge-

kennzeichnet, dass der Siliziumträger (1) monokristallin ist.

9. Sensor nach Anspruch 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, dass die obere Schicht (2) eine Poly-Silizium-Schicht ist.

10. Sensor nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass der Siliziumträger (1) zwischen der oberen Schicht (2) und der unteren Schicht (3) eine Isolationsschicht (5), vorzugsweise eine Siliziumoxidschicht, aufweist.

11. Sensor nach einem der Ansprüche 6 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass aus dem Siliziumträger (1) von zwei gegenüberliegenden Seiten des Rahmens (10) ausgehend mindestens zwei feststehende Elektroden (11 bis 14) herausstrukturiert sind, die jeweils parallel zu einem Aufhängungssteg (21 bis 24) angeordnet sind und zusammen mit den als bewegliche Elektroden ausgebildeten Aufhängungsstegen (21 bis 24) jeweils einen Kondensator bilden.

12. Sensor nach einem der Ansprüche 6 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass aus dem Siliziumträger (1) von zwei gegenüberliegenden Seiten des Rahmens (10) ausgehend mindestens zwei feststehende Elektroden (41) und parallel dazu von der seismischen Masse (20) ausgehend mindestens zwei bewegliche Elektroden (42) herausstrukturiert sind, die zusammen jeweils einen Kondensator bilden.

13. Sensor nach Anspruch 11 oder 12, dadurch gekennzeichnet, dass die Aufhängungsstege (21 bis 24) nur in der oberen Schicht (2) ausgebildet sind und dass die feststehenden Elektroden (11 bis 14, 41) gegen die beweglichen Elektroden (21 bis 24, 42) durch einen pn-Übergang oder eine Isolationsschicht (5) zwischen der oberen Schicht (2) und der unteren Schicht (3) und durch Isolationsdiffusionen (30) in der oberen Schicht (2) und/oder durch die obere Schicht (2) vollständig durchdringende Ätzgräben (45) isoliert sind.

14. Sensor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Siliziumträger (1) ein Substrat (3) eine darauf aufgebrachte Isolationsschicht (5) und eine auf die Isolationsschicht (5) aufgebrachte Polysiliziumschicht (2) aufweist, dass aus der Polysiliziumschicht (2) als feststehendes Element ein Ankerpunkt (55) herausstrukturiert ist, der über die Isolationsschicht (5) fest mit dem Substrat (3) verbunden ist, dass von dem Ankerpunkt (55) als Mittelpunkt ausgehend in der Polysiliziumschicht (2) zwei ineinanderverlaufende, nicht mit dem Substrat (3) verbundene Spiralen (50, 60) herausstrukturiert sind, dass die Spiralen (50, 60) jeweils an der aussenliegenden Windung mindestens eine bewegliche Masse (51, 61) aufweisen, die sternförmig um den Ankerpunkt (55) angeordnet sind, dass die beweglichen Massen (51, 61) ein- oder zweiseitig Fingerstrukturen (511, 611) aufweisen, dass sternförmig um den Ankerpunkt (55) zwischen den beweglichen Massen (51, 61) feststehende, mit dem Substrat (3) über die Isolationsschicht (5) verbundene Elektroden (71) angeordnet sind, die ein- oder zweiseitig Fingerstrukturen (711) aufweisen, und dass die Fingerstrukturen (511, 611) der beweglichen Massen (51, 61) und die Fingerstrukturen (711) der feststehenden Elektroden (71) ineinandergreifen.

15. Sensor nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, dass Piezowiderstände auf den Spiralen (50, 60) angeordnet sind.

FIG. 1

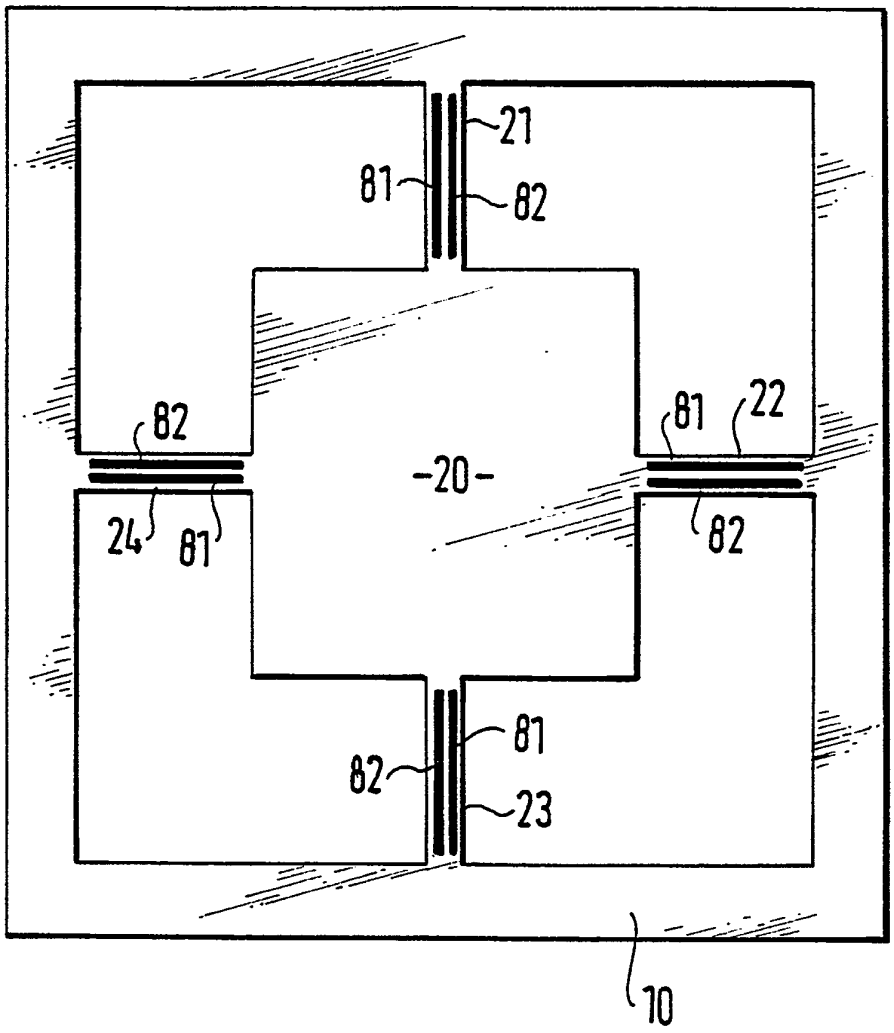


FIG. 2

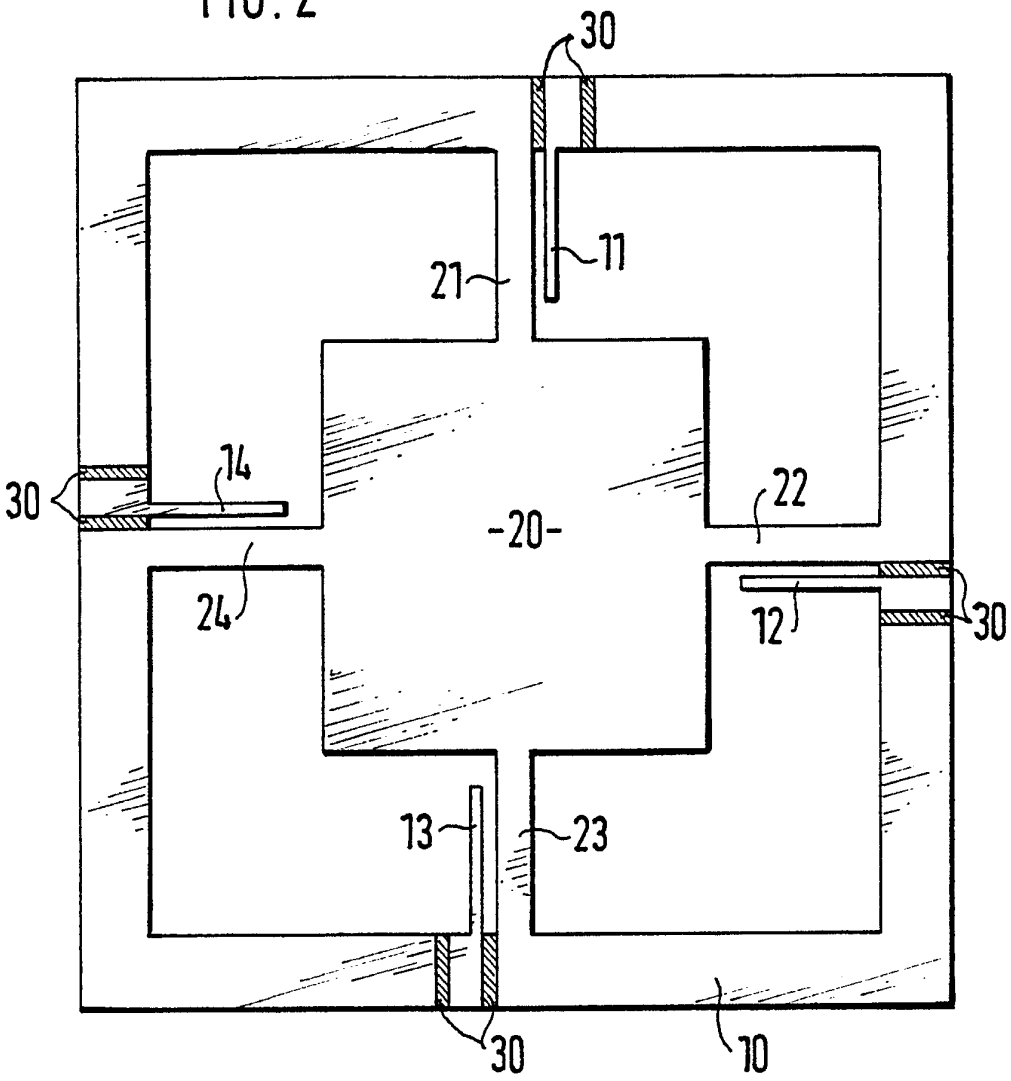


FIG. 3

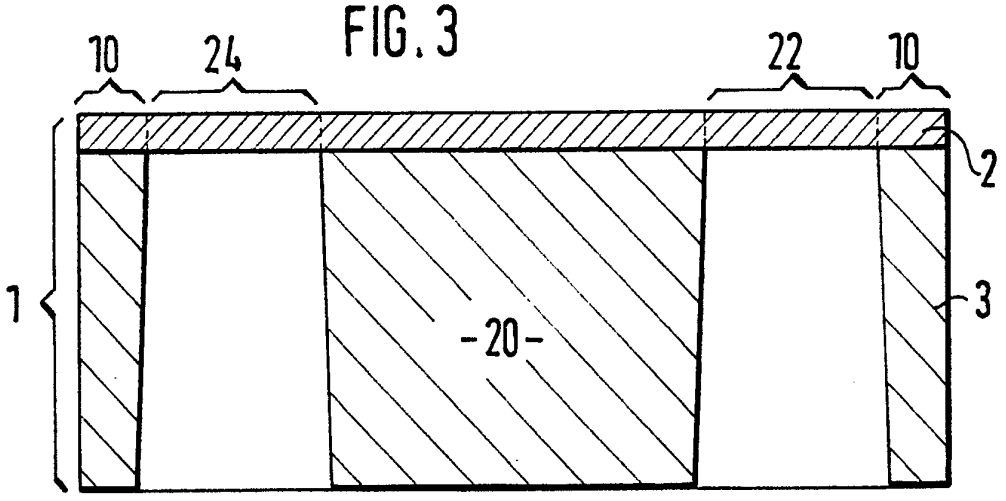


FIG. 4

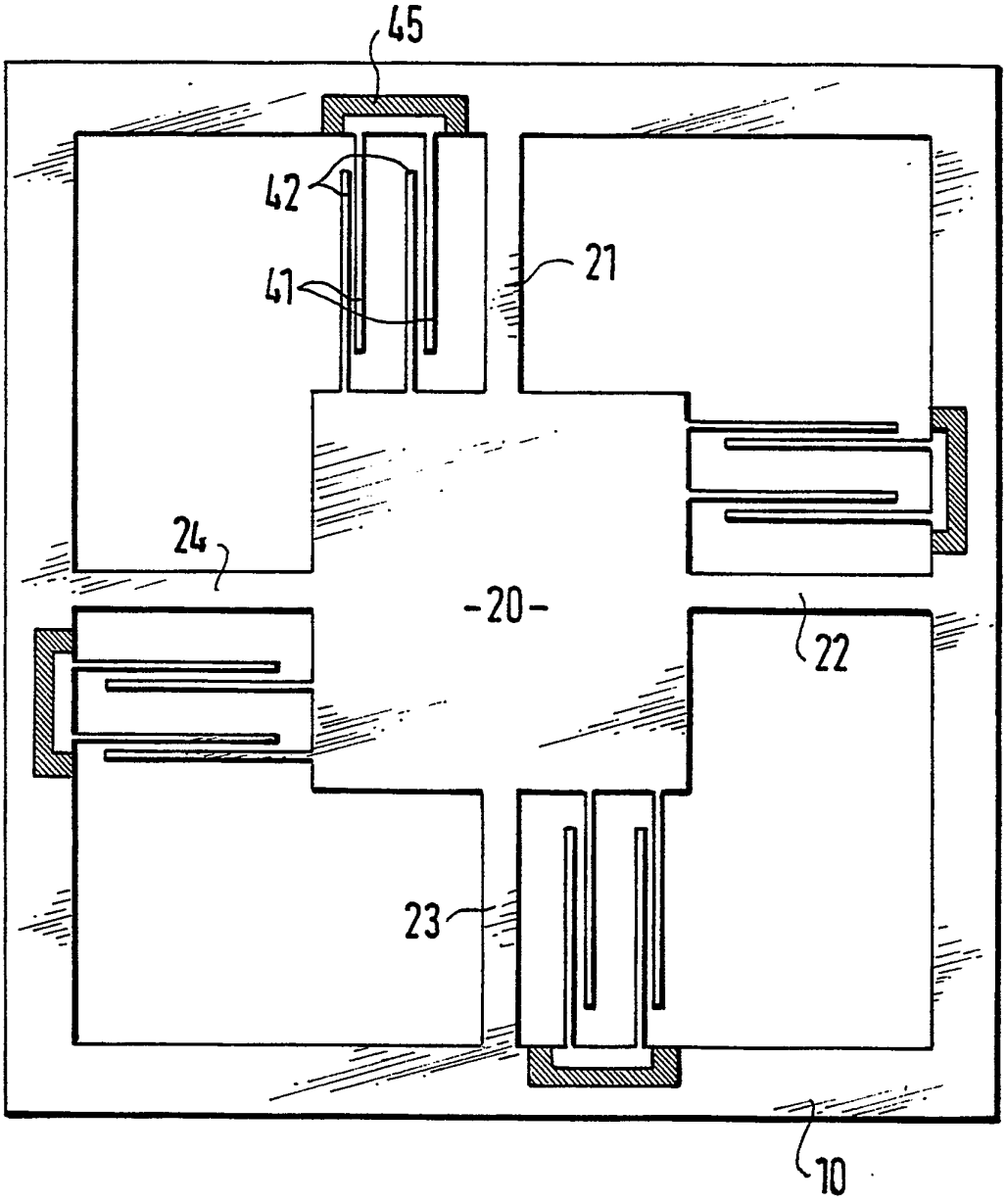


FIG. 5

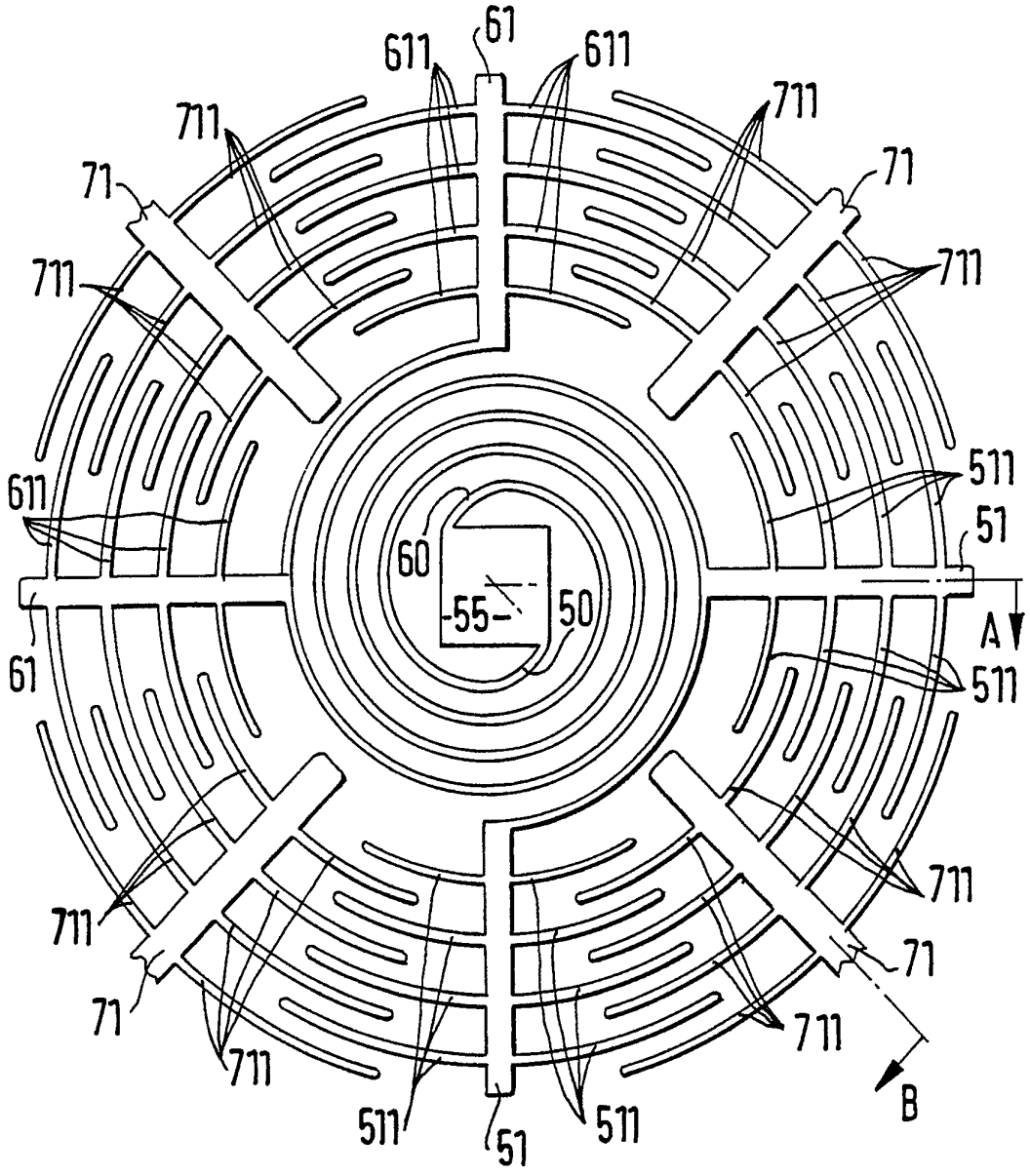

61
611
611
711
711
71
71
711
711
611
511
51
60
55
50
A
61
511
711
711
71
71
711
711
511
51
511
B

FIG. 6a

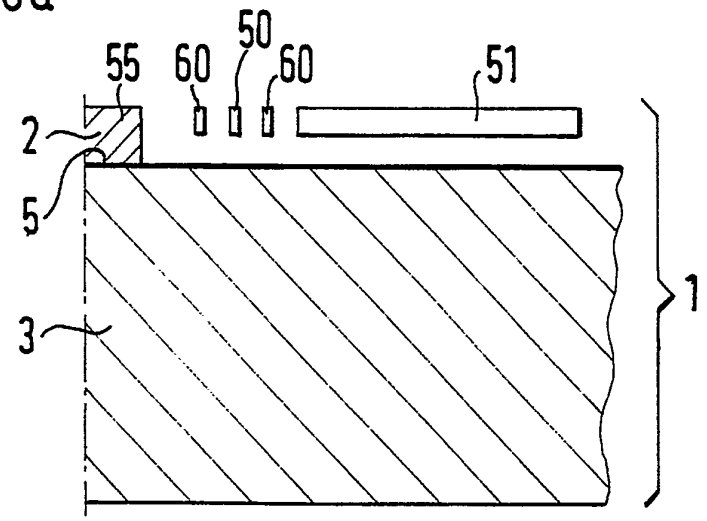


FIG. 6b

