



CH 682766 A5



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
BUNDESAMT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

① CH 682766 A5

⑤ Int. Cl.⁵: G 01 C 9/06
C 25 F 3/12

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

⑫ PATENTSCHRIFT A5

⑳ Gesuchsnummer: 1277/91

㉒ Anmeldungsdatum: 29.04.1991

③① Priorität(en): 22.05.1990 DE 4016471

㉔ Patent erteilt: 15.11.1993

④⑤ Patentschrift veröffentlicht: 15.11.1993

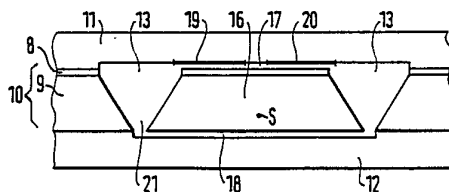
⑦③ Inhaber:
Robert Bosch GmbH, Stuttgart 10 (DE)

⑦② Erfinder:
Bantien, Frank, Dipl.-Phys., Ditzingen (DE)

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

⑤④ Mikromechanischer Neigungssensor.

⑤⑦ Es wird ein Sensor zur Neigungsmessung vorgeschlagen, dessen Sensorelement aus einem monokristallinen Siliziumwafer hergestellt ist, aus dem zumindest eine auslenkbare Siliziummasse herausgeätzt ist. Die Siliziummasse ist durch einen Ätzgraben, der den Siliziumwafer vollständig durchdringt, freigelegt und durch zwei in einer Achse liegende Stege mit dem Siliziumwafer so verbunden, dass die Siliziummasse durch eine Drehung um die Stegachse unter Verdrillung der Stege auslenkbar ist. Das Sensorelement ist mit einer oberen und/oder mit einer unteren Abdeckung verbunden. Auf mindestens eine der beiden Abdeckungen sind im Bereich der Siliziummasse mindestens zwei Elektroden aufgebracht. Die Auswertung der Auslenkung der Siliziummasse erfolgt durch Differenzbildung der beiden Kapazitäten, die die Siliziummasse mit den zwei Elektroden bildet.



CH 682766 A5

Beschreibung

Stand der Technik

Die Erfindung geht aus von einem Sensor zur Neigungsmessung nach der Gattung des Patentanspruchs 1.

Heute übernehmen in im Kfz-Bereich verwendeten Systemen Quecksilberschalter die Aufgaben eines Neigungssensors. Eine Quecksilberkugel wird unter der statischen Erdbeschleunigung entsprechend des Neigungswinkels des Sensors aus ihrer Ruhelage ausgelenkt. Bei Überschreiten eines definierten Winkels bewirkt diese Auslenkung die Unterbrechung eines elektrischen Kontakts. Aus toxischen Gründen wird die Verwendung dieser Quecksilberschalter in den nächsten Jahren zunehmend verboten.

Aus der Patentanmeldung P 3 814 952 sind Sensoren auf der Basis der Siliziummikromechanik bekannt, bei denen eine Zunge, die an einem oder mehreren Stegen aufgehängt ist, durch eine senkrecht zur Chipoberfläche angreifende Kraft aus ihrer Ruhelage ausgelenkt wird. Die Auslenkung wird hier piezoresistiv über die Dehnung der Stege bestimmt. Diese Sensoren werden vorzugsweise zur Beschleunigungsmessung eingesetzt. Sie weisen zusätzlich zu der Empfindlichkeit in Bewegungsrichtung eine starke Querempfindlichkeit und Temperaturempfindlichkeit auf.

Aus der DE-PS 3 625 441 sind mikromechanische Beschleunigungssensoren mit kapazitivem Signalabgriff bekannt. Die Auslenkung einer an mehreren Stegen aufgehängten Siliziummasse, die als Mittelelektrode eines Differentialkondensators ausgebildet ist, wird mit Hilfe zweier fester Gegenelektroden detektiert.

Aus der nicht vorveröffentlichten Patentanmeldung P 3 927 163 ist bekannt, dass in Halbleiterwafern weitere Strukturen herausätzbar sind.

Vorteile der Erfindung

Der erfindungsgemässe Sensor mit den kennzeichnenden Merkmalen des Patentanspruchs 1 hat demgegenüber den Vorteil, dass keine gesundheitsschädlichen Materialien verwendet werden. Vorteilhaft ist auch, dass sich das Sensorelement mit herkömmlichen mikromechanischen Fertigungsverfahren und bekannten Verfahren zur Herstellung von Halbleiterbauelementen einfach herstellen lässt. Die für die neigungsabhängige Beschleunigungsmessung erforderliche seismische Masse lässt sich durch Ausnutzung der gesamten Waferdicke beim Freilegen der Siliziummasse leicht realisieren. Das kapazitive Erfassen der Auslenkung der Siliziummasse ist als besonders vorteilhaft anzusehen, da die Signalauswertung in Form von Differenzkapazitäten eine Verstärkung des Signals ermöglicht und den Einfluss störender Querbeschleunigungen eliminiert.

Durch die in den abhängigen Ansprüchen aufgeführten Massnahmen sind vorteilhafte Weiterbildungen des im Patentanspruch 1 angegebenen Sensors möglich. Vorteilhaft ist die Kapselung des Sensorelements, um innerhalb des Sensorelemen-

tes einen definierten Druck einzustellen, so dass die Siliziummasse optimal gedämpft ist. Eine Kapselung verhindert ausserdem die Verschmutzung des Sensorelements. Zur Sicherstellung der Beweglichkeit der Siliziummasse werden vorteilhafterweise Abdeckungen verwendet, die eine Kaverte im Bereich der Siliziummasse und der Stege aufweisen. Besonders vorteilhaft ist es, die beweglichen Siliziumstrukturen in ihrer Gesamtdicke zu reduzieren und somit die Beweglichkeit sicherzustellen. Vorteilhaft ist es, die Elektroden in Form einer strukturierten Metallisierung auf der Abdeckung zu realisieren. Falls eine der Abdeckungen oder beide Abdeckungen strukturiert sind, ist es von Vorteil, die als strukturierte Metallisierung ausgebildeten Elektroden am Boden einer Kaverte im Bereich der Siliziummasse anzuordnen. Als besonders vorteilhaft erweist sich, als Material für die Abdeckungen entweder Pyrex-Glas oder Silizium zu wählen und die Abdeckungen anodisch gegen das Sensorelement zu bonden. Die Siliziummasse lässt sich besonders vorteilhaft aus Siliziumwafern mit (100)- oder (110)-Kristallorientierung herausätzen, da sich in Wafern dieser Kristallorientierung mittels elektrochemischen, anisotropen Ätzens besonders einfach Strukturen erzeugen lassen, bei denen der Schwerpunkt der Siliziummasse möglichst weit von der Stegachse entfernt liegt, so dass die Empfindlichkeit des Sensors möglichst gross ist. Bei Siliziumwafern mit (100)-Kristallorientierung erweist sich als besonders vorteilhaft, die Lage der Stegachse innerhalb der Waferoberfläche in (100)-Richtung zu wählen, da man dadurch bei der Herstellung des Sensorelements die Anisotropieeigenschaften des Ätzprozesses zur Unterätzung der Stege besonders gut ausnutzen kann. Als Vorteil bei der Herstellung des Sensorelements erweist sich auch die Verwendung von Siliziumwafern, die durch ein n- oder p-dotiertes Substrat und eine darauf aufgebrachte, anders dotierte Epitaxieschicht gebildet werden. Wesentlich in diesem Zusammenhang ist der Dotierungsübergang zwischen Substrat und Epitaxieschicht. Der Dotierungsübergang kann aber auch durch eine Diffusion erzeugt werden. Als vorteilhaft erweisen sich ein np-Übergang, ein np+-Übergang und ein pp+-Übergang, da sie als Ätzstopgrenze für elektrochemische Ätzverfahren verwendet werden können.

Die Verdrillungsstege lassen sich aufgrund der Ätzstopeigenschaften der Epitaxieschicht besonders vorteilhaft in der Epitaxieschicht ausbilden. Eine besonders vorteilhafte Ausgestaltung des Sensors besteht darin, die Elektroden gegenüber der Unterseite der Siliziummasse anzubringen. Die elektrische Kontaktierung der als Kondensatorplatte dienenden Siliziummasse von der Wafervorderseite aus kann dann vorteilhaft durch eine entsprechende Dotierung des die Siliziummasse bildenden Substrats und/oder der Epitaxieschicht im Bereich der Siliziummasse und/oder der Stege ermöglicht werden. Ein besonderer Vorteil der erfindungsgemässen Sensorstruktur ist, dass sich durch Kombination zweier Sensoren sehr einfach Sensoren realisieren lassen, die die Neigungswinkel in mehrere Richtungen messen.

Ein weiterer Vorteil ist, dass die Herstellung des Sensors aus Siliziumwafern, die einen Dotierungsübergang zwischen Substrat und darauf aufgebracht Epitaxieschicht aufweisen, ausschliesslich in der Halbleitertechnologie übliche Prozessschritte umfasst.

Vorteilhaft ist in diesem Zusammenhang, dass das Sensorelement sowohl durch Rückseitenätzung als auch durch Vorderseitenätzung des Siliziumwafers unter Verwendung der Epitaxieschicht als Ätzstoppschicht mittels elektrochemischen Ätzens herstellbar ist.

Zeichnung

Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung ist in der Zeichnung dargestellt und in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert.

Es zeigen

Fig. 1 die Aufsicht auf das Sensorelement eines Sensors,

Fig. 2 einen Schnitt des Sensors nach Fig. 1 in der AA-Ebene,

Fig. 3 einen Schnitt des Sensors nach Fig. 1 in der BB-Ebene,

Fig. 4a bis 4c Schnitte durch verschiedene Sensorelemente,

Fig. 5a und 5b Aufsichten auf verschiedene Sensorelemente,

Fig. 6 einen weiteren Schnitt durch ein Sensorelement und

Fig. 7 die Anordnung zweier Sensorelemente innerhalb eines Sensors.

Beschreibung des Ausführungsbeispiels

In Fig. 1 ist mit 10 ein monokristalliner Siliziumwafer bezeichnet, aus dem die Struktur des Sensorelementes herausgeätzt ist. Der Siliziumwafer in diesem Beispiel hat eine (100)-Kristallorientierung, kann aber beispielsweise auch eine (110)-Kristallorientierung haben. Mittels eines Ätzgrabens 13 ist eine Struktur freigelegt, die aus einer Siliziummasse 16 und zwei Stegen 14 und 15 besteht. Die Stege 14 und 15 dienen als Aufhängung der Siliziummasse 16 und sind in einer Achse angeordnet, so dass die Siliziummasse 16 senkrecht zur Chipoberfläche unter Verdrillung der Stege auslenkbar ist.

Der Siliziumwafer 10 in diesem Beispiel wird aus einem n- oder p-dotierten Substrat 9 und einer darauf aufgetragenen Epitaxieschicht 8 gebildet, die eine unterschiedliche Dotierung aufweist, so dass ein Dotierungsübergang zwischen dem Substrat 9 und der Epitaxieschicht 8 besteht. Es kann sich dabei um einen pn-Übergang, einen np⁺-Übergang oder auch einen pp⁺-Übergang handeln. In Fig. 2 ist ausserdem eine obere Abdeckung 11 dargestellt, die im Bereich der Siliziummasse 16 und der Stege 14 und 15 eine Kaverne 17 hat, wodurch eine Behinderung der Auslenkbarkeit der Siliziummasse 16 durch die obere Abdeckung 11 vermieden wird. Das Sensorelement ist auf eine untere Abdeckung 12 aufgebracht, die im Bereich der Siliziummasse

16 ebenfalls eine Kaverne 18 aufweist, wodurch eine Behinderung der Auslenkung der Siliziummasse 16 durch die untere Abdeckung 12 vermieden wird. Alternativ dazu kann auch die Siliziummasse 16 an ihrer Ober- und Unterseite in der Dicke reduziert sein. Sowohl die untere Abdeckung 12 als auch die obere Abdeckung 11 bestehen aus Glas oder Silizium und dienen zur Kapselung des Sensorelements. Im Sensorhohlraum 21 wird ein definierter Druck eingestellt, so dass die Siliziummasse 16 optimal gedämpft ist. Die Ausbildung der Siliziummasse 16 erfolgt durch anisotropes nasschemisches Ätzen, wobei in Siliziumwafern der (100)-Kristallorientierung Strukturen mit trapezförmigem Querschnitt auftreten und in Siliziumwafern mit (110)-Kristallorientierung Strukturen mit rechteckigem Querschnitt auftreten. Die Siliziummasse 16 erstreckt sich über die gesamte Dicke des Siliziumwafers 10. Die Stege 14 und 15 werden durch elektrochemisches Unterätzen gebildet. Als Ätzstopp dient dabei der Dotierungsübergang zwischen Substrat 9 und Epitaxieschicht 8. Ein pn-Übergang wird dazu während des Ätzvorganges in Sperrichtung geschaltet. Die Ätzrate sinkt bei Erreichen einer Raumladungszone infolge veränderter elektrochemischer Potentiale an der Kristalloberfläche stark ab. Dieser Effekt tritt auch bei einem np⁺- oder einem pp⁺-Übergang auf, wobei hier das Anlegen einer Spannung nicht erforderlich ist. Infolgedessen sind die Stege 14 und 15 nur in der Epitaxieschicht ausgebildet. Um eine optimale Auslenkung der Siliziummasse 16 zu erreichen, werden für die Stege 14 und 15 typischerweise die Masse von 2 mm x 20 µm x 20 µm gewählt. Um den Sensor möglichst empfindlich zu gestalten, muss der Schwerpunkt S der Siliziummasse 16 möglichst weit von der Stegachse entfernt liegen, so dass das bei einer Drehung des Sensors um die Stegachse auftretende Drehmoment, welches die Masse aus ihrer Ruhelage auslenkt, möglichst gross ist.

In Fig. 3 sind mit 19 und 20 zwei Elektroden bezeichnet, die am Boden der Kaverne 17 aufgebracht sind. Sie bilden jeweils zusammen mit der gegenüberliegenden Oberfläche der Siliziummasse 16 eine Kapazität. Die Elektroden 19 und 20 können beispielsweise in Form einer strukturierten Metallisierung der oberen Abdeckung 11 realisiert werden. Bei einer Auslenkung der Siliziummasse 16 unter Verdrillung der Stege 14 und 15 ändern sich die Abstände zwischen der Siliziummasse 16 und der Elektrode 19 und der Siliziummasse 16 und der Elektrode 20 gegenläufig. Z.B. führt eine Vergrösserung des Abstands der Siliziummasse 16 zu der Elektrode 19 zu einer Verkleinerung ihres Abstandes zu der Elektrode 20 und umgekehrt. Durch die Änderung der Abstände ändern sich auch die Kapazitäten. Erfolgt die Auswertung der Auslenkung der Siliziummasse 16 durch Differenzbildung der Kapazitäten zwischen der Siliziummasse 16 und der Elektrode 19 einerseits und der Siliziummasse 16 und der Elektrode 20 andererseits, so wird ein durch eine Neigung des Sensors erzeugtes Signal verstärkt. Signale, die beispielsweise durch eine Beschleunigung senkrecht zur Sensoroberfläche erzeugt werden, werden bei der Auswertung durch

Differenzbildung nicht erfasst, da sich die beiden Kapazitäten gleichsinnig ändern.

In Fig. 4a und 4b sind Sensorelemente dargestellt, deren Strukturen mittels einer Rückseitenätzung eines Siliziumwafers 10 erzeugt wurden, der aus einem n- oder p-dotierten Substrat und einer darauf aufgetragenen Epitaxieschicht besteht, die eine andere Dotierung als das Substrat aufweist, so dass zwischen Substrat und Epitaxieschicht ein Dotierungsübergang auftritt. Fig. 4a zeigt ein Sensorelement auf einem Siliziumwafer 10 mit (100)-Kristallorientierung. Beim elektrochemischen anisotropen Ätzen der Rückseite bilden sich V-förmige Ätzgräben 13 aus. Der in Fig. 4b dargestellte Siliziumwafer 10 weist eine (110)-Kristallorientierung auf, da sich beim elektrochemischen anisotropen Ätzen der Rückseite Ätzgräben mit senkrechten Wänden gebildet haben. Ein abschliessender Ätzprozess von der Wafervorderseite ausgehend definiert dann die Sensorelementstruktur. In Fig. 4c ist ebenfalls ein Sensorelement in einem zweischichtigen Siliziumwafer 10 mit (100)-Kristallorientierung dargestellt. Im Gegensatz zu dem in Fig. 4a dargestellten Sensorelement erfolgte die Strukturierung hier ausgehend von der Vorderseite des Siliziumwafers 10. Bei beiden Herstellungsverfahren werden die Hauptseiten des Siliziumwafers mit in der Mikromechanik üblichen Maskierungen passiviert. Mit S ist jeweils der Schwerpunkt der Siliziummasse 16 bezeichnet. Je nach Kristallorientierung des Siliziumwafers 10 und Prozessführung bei der Herstellung des Sensorelements kann die Lage des Schwerpunkts S der Siliziummasse 16 unterschiedlich gewählt werden und damit die Empfindlichkeit des Sensors variiert werden.

Weitere Ausführungsformen eines Sensorelementes, das sich ohne Rückseitenätzung herstellen lässt, sind in Aufsicht in den Fig. 5a und 5b dargestellt. Die Siliziummasse 16 wird hier aus Siliziumwafern mit (100)-Kristallorientierung herausgeätzt, die einen Dotierungsübergang zwischen Substrat und Epitaxieschicht aufweisen. Die Stege 14 und 15 werden innerhalb der Epitaxieschicht ausgebildet und sind in einer der (100)-Richtungen orientiert. Die als Ätzstopschicht wirkende Epitaxieschicht wird in einem ersten Ätzschritt im Grabenbereich strukturiert. Anschliessend wird der Siliziumwafer 10 durch elektrochemisches anisotropes Ätzen von der Vorderseite ausgehend strukturiert. Hierbei werden die Stege 14 und 15 unterhalb der Epitaxieschicht unterätzt und somit freigelegt. Bei der Unterätzung der Stege ist darauf zu achten, dass die sich unter den Stegen ausbildenden konvexen Ecken der Siliziummasse nicht frühzeitig angegriffen werden. Es ist deshalb von Vorteil, im Design der Ätzmaske die konvexen Ecken der Struktur mit geeigneten Eckenkompensationen zu versehen und/oder die Stege sehr breit zu dimensionieren. Dadurch lässt sich die laterale Ätzrate in (100)-Richtung ausnutzen. Erst kurz vor Ende der Tiefenätzung muss die Epitaxieschicht z. B. durch Anlegen einer Spannung in Sperrichtung passiviert werden.

Sind die Epitaxieschicht und das Substrat durch den Dotierungsübergang, beispielsweise durch einen np-Übergang, elektrisch voneinander isoliert, so

kann nicht die gesamte Oberfläche der Siliziummasse als Mittelelektrode des Differentialkondensators verwendet werden, da die Mittelelektrode nur über die Stege abgegriffen werden kann und so nur der mit der Epitaxieschicht bedeckte Teil zur Bildung des Kondensators verwendet werden kann. Dieses Problem besteht nicht, wenn der Dotierungsübergang zwischen dem Substrat und der Epitaxieschicht ein pp⁺-Übergang ist. Eine weitere Ausführungsform des Sensorelements, bei der die gesamte Oberfläche der Siliziummasse 16 als bewegliche Elektrode des Differentialkondensators dient, ist in Fig. 6 dargestellt. Der Siliziumwafer 10, aus dem das Sensorelement herausgeätzt ist, besteht aus einem p-dotierten Substrat 9 und einer darauf aufgetragenen n-dotierten Epitaxieschicht 8. Bei der Herstellung des Sensorelements wird vor der Epitaxie das p-Substrat mit einer p-Dotierung, vorzugsweise Bor, im Bereich der Siliziummasse 16 versehen. Nach der Epitaxie wird die n-Epitaxie im Bereich der Siliziummasse, der Stege und der Anschlusszuleitungen ebenfalls mit Bor dotiert. Ein nachfolgender Temperschritt treibt die Bor-Atome in die Epitaxieschicht ein und ermöglicht den elektrischen Anschluss der Siliziummasse. Derartige Prozessschritte werden bei der Herstellung von Bipolar-Ics zur Up-and-Down-Isolation sowie als Basisanschlussdiffusion verwendet.

Eine Anordnung zweier Sensoren, wie in Fig. 7 dargestellt, ermöglicht die definierte Messung eines Drehwinkels bis zu 360° um die Drehachse 31. Während der erste Sensor mit den beiden Elektroden 201 und 191 der Siliziummasse 161 und den Stegen 141 und 151 ein Signal proportional zum Sinus des Neigungswinkels liefert, liefert Sensor 2 mit den Elektroden 202 und 192 der Siliziummasse 162 und den Stegen 142 und 152 ein Signal proportional zum Cosinus des Drehwinkels. Die Kombination der Signale ermöglicht die eindeutige Bestimmung des Drehwinkels.

Eine Anordnung zweier Sensoren in einer Ebene mit zueinander senkrecht stehenden Torsionsachsen ermöglicht darüber hinaus die zweidimensionale Erfassung des Neigungswinkels.

Patentansprüche

1. Sensor zur Neigungsmessung, mit einem Sensorelement aus monokristallinem Siliziummaterial, aus dem zumindest eine auslenkbare Siliziummasse (16) herausgeätzt ist, und mit Mitteln zur Auswertung der Auslenkung der zumindest einen Siliziummasse (16), dadurch gekennzeichnet, dass die mindestens eine Siliziummasse (16) durch einen Ätzgraben (13), der den Siliziumwafer (10) vollständig durchdringt, freigelegt ist und durch zwei in einer Achse liegende Stege (14, 15) mit dem Siliziumwafer (10) so verbunden ist, dass die Siliziummasse (16) durch eine Drehung um die Stegachse unter Verdrillung der Stege (14, 15) auslenkbar ist, dass das Sensorelement mit einer oberen Abdeckung (11) und/oder mit einer unteren Abdeckung (12) verbunden ist, dass auf mindestens eine der beiden Abdeckungen (11, 12) im Bereich der Siliziummasse (16) mindestens zwei Elektroden (19, 20)

aufgebracht sind und dass die Auswertung der Auslenkung der Siliziummasse (16) durch Differenzbildung der beiden Kapazitäten erfolgt, die die Siliziummasse (16) mit den mindestens zwei Elektroden (19, 20) bildet.

2. Sensor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die obere Abdeckung (11) und/oder die untere Abdeckung (12) im Bereich der Siliziummasse (16) eine Kaverne (17, 18) aufweist.

3. Sensor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Stege (14, 15) und/oder die auslenkbare Siliziummasse (16) in ihrer Dicke reduziert sind, so dass Abstände von den Stegen (14, 15) und der Siliziummasse (16) zu der oberen Abdeckung (11) und der unteren Abdeckung (12) bestehen.

4. Sensor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die mindestens zwei Elektroden (19, 20) mittels einer strukturierten Metallisierung der oberen Abdeckung (11) und/oder der unteren Abdeckung (12) im Bereich der Siliziummasse (16) ausgebildet sind.

5. Sensor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die untere Abdeckung (12) und/oder obere Abdeckung (11) aus Silizium oder Glas sind.

6. Sensor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die untere Abdeckung (12) und/oder die obere Abdeckung (11) durch anodisches Bonden mit dem Siliziumwafer (10) verbunden sind.

7. Sensor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Siliziumwafer (10) (100)- oder (110)-Kristallorientierung hat.

8. Sensor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Siliziumwafer (10) aus einem n- oder p-dotierten Substrat (9) und einer anders dotierten Ätzstoppschicht (8) gebildet ist, so dass ein Dotierungsübergang zwischen Substrat (9) und Ätzstoppschicht (8) besteht.

9. Sensor nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass der Siliziumwafer (10) (100)-Kristallorientierung hat und dass die Stegachse in einer der (100)-Richtungen orientiert ist, die in der Waferoberfläche liegen.

10. Sensor nach Anspruch 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, dass der Dotierungsübergang ein pn-Übergang ist und dass die Siliziummasse (16) mittels einer Dotierung des Substrats (9) im Bereich der Siliziummasse (16) und/oder einer Dotierung der Epitaxieschicht (8) im Bereich der Siliziummasse (16) und/oder im Bereich der Stege (14, 15) in elektrischem Kontakt mit der Waferoberfläche steht.

11. Sensor nach einem der Ansprüche 8 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass das Substrat (9) im Bereich der Stege (14, 15) weggeätzt ist.

12. Sensor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens ein weiteres Sensorelement angefügt ist, dessen Stegachse senkrecht zur Stegachse des ersten Sensorelements orientiert ist.

13. Sensor nach einem der vorhergehenden Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass

mindestens ein weiteres gleichartiges Sensorelement angefügt ist, dessen Auslenkungsrichtung senkrecht zur Auslenkungsrichtung des ersten Sensors orientiert ist, so dass die Stegachsen des ersten und des weiteren Sensors parallel orientiert sind.

14. Verfahren zur Herstellung eines Sensorelements für einen Sensor nach einem der Ansprüche 8 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass die Siliziummasse (16) durch anisotropes nasschemisches Ätzen von der Rückseite eines Siliziumwafers (10) ausgehend im Substrat (9) freigelegt wird, dass eine Epitaxieschicht (8) als Ätzstop für die Rückseitenätzung dient und dass das Freilegen der Siliziummasse (16) und der Stege (14, 15) in der Epitaxieschicht durch isotropes oder anisotropes Ätzen von der Vorderseite des Siliziumwafers (10) ausgehend erfolgt.

15. Verfahren zur Herstellung eines Sensorelements für einen Sensor nach einem der Ansprüche 8 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass eine Epitaxieschicht (8) im Ätzgrabenbereich in einem anisotropen Ätzprozess, vorzugsweise einem Trenchprozess, entfernt wird, dass der Siliziumwafer (10) im Ätzgrabenbereich in einem folgenden, elektrochemischen, anisotropen Ätzprozess von der Wafervorderseite ausgehend durchgeätzt wird und dass eine Unterätzung der Stege (14, 15) elektrochemisch erfolgt, wobei die Epitaxieschicht (8) als Ätzstop dient.

16. Verfahren nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, dass die Epitaxieschicht (8) mittels einer Passivierschicht passiviert wird, in die mit fotolithographischen Mitteln eine Ätzmaske eingebracht wird und dass die Struktur der Ätzmaske mit Eckenkompensationen für die konvexen Ecken der Sensorstruktur des Sensorelements versehen ist.

17. Verfahren nach einem der Ansprüche 14 bis 16, dadurch gekennzeichnet, dass ein p-Substrat (9) in einem Bereich, in dem die bewegliche Siliziummasse (16) strukturiert werden soll, mit einer ersten p-Dotierung (7) versehen wird, bevor eine n-Epitaxieschicht (8) aufgebracht wird, dass nach dem Aufbringen der n-Epitaxieschicht (8) diese mit einer zweiten p-Dotierung (6) in einem Bereich in dem die bewegliche Siliziummasse (16) und die Stege (14, 15) strukturiert werden sollen, versehen wird, so dass die erste p-Dotierung (7) und die zweite p-Dotierung (6) nach einem Tempersschritt ineinandergreifen.

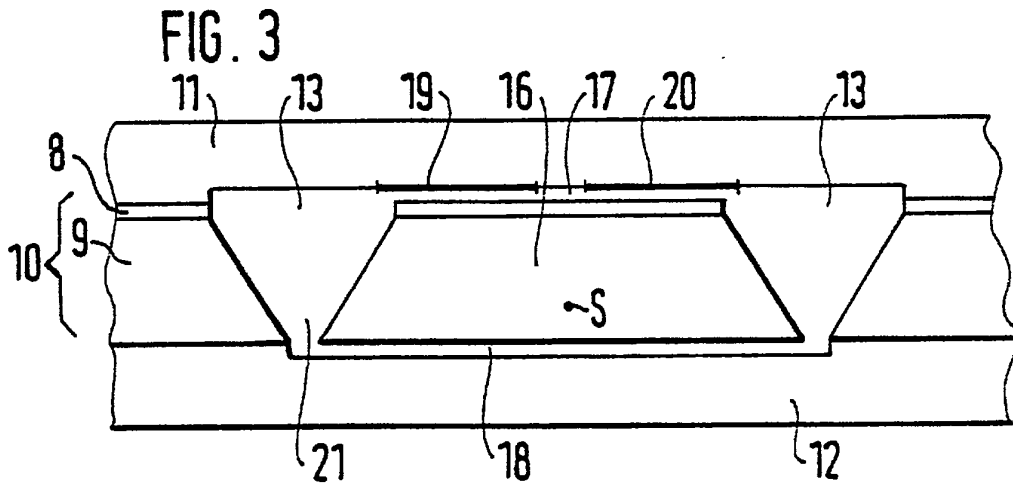
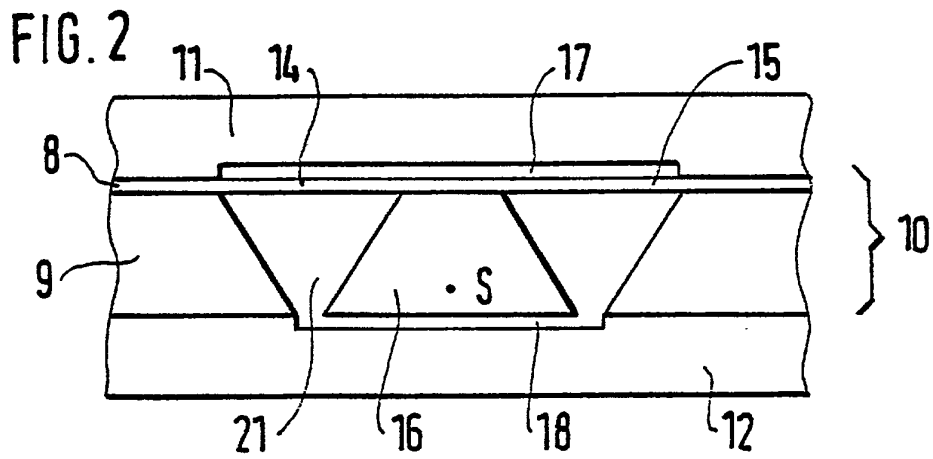
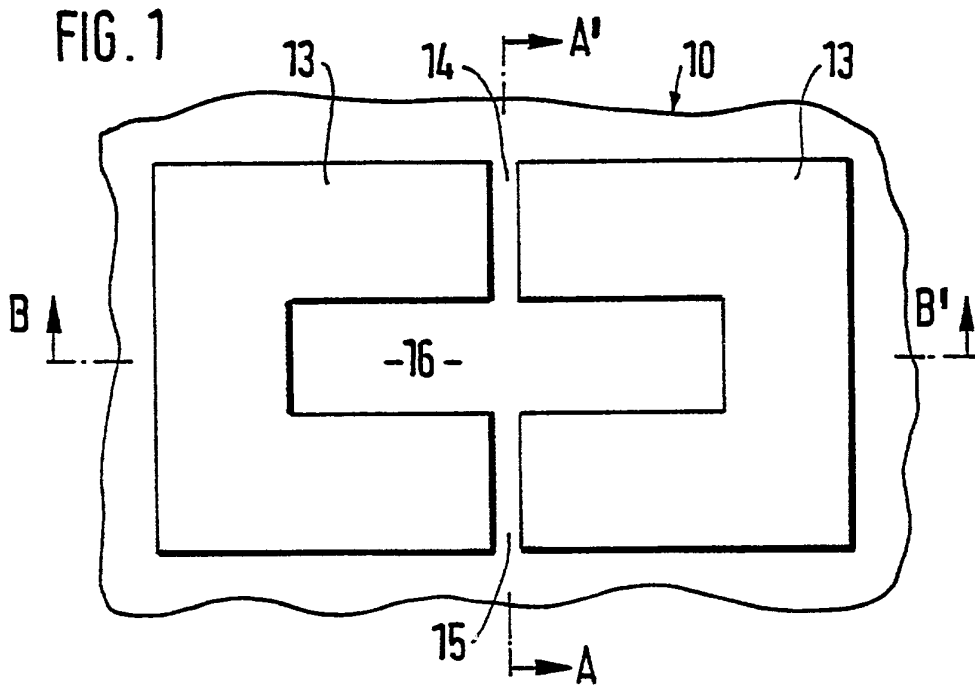


FIG. 4a

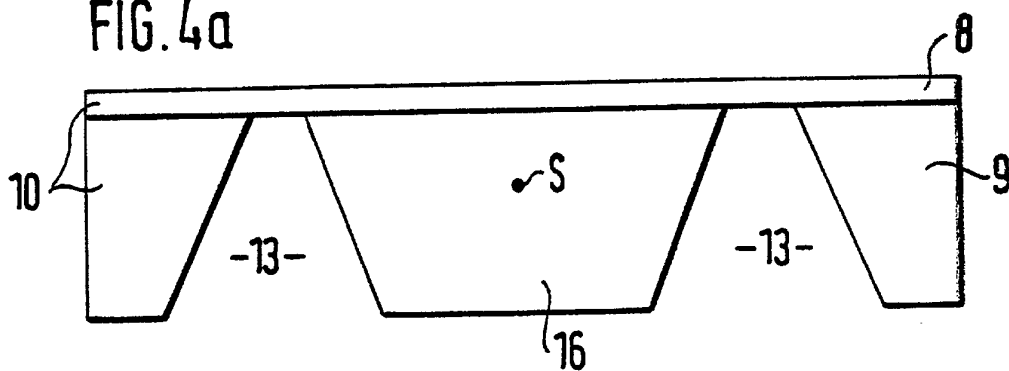


FIG. 4b

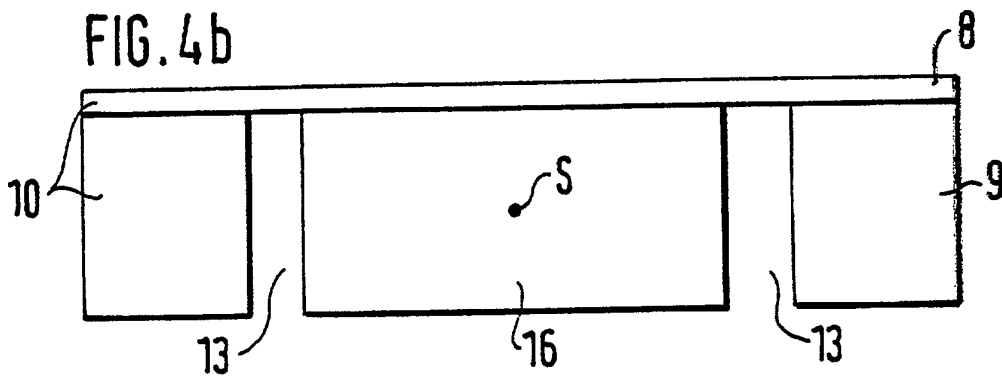
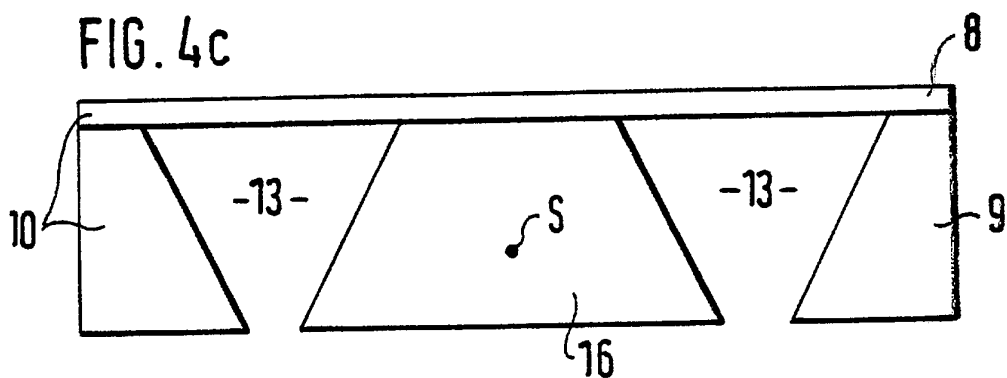


FIG. 4c



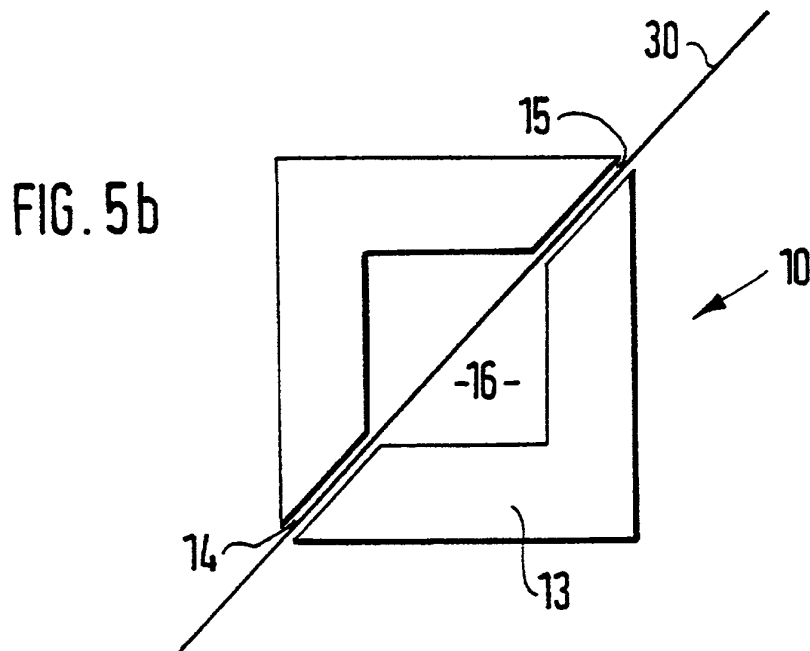
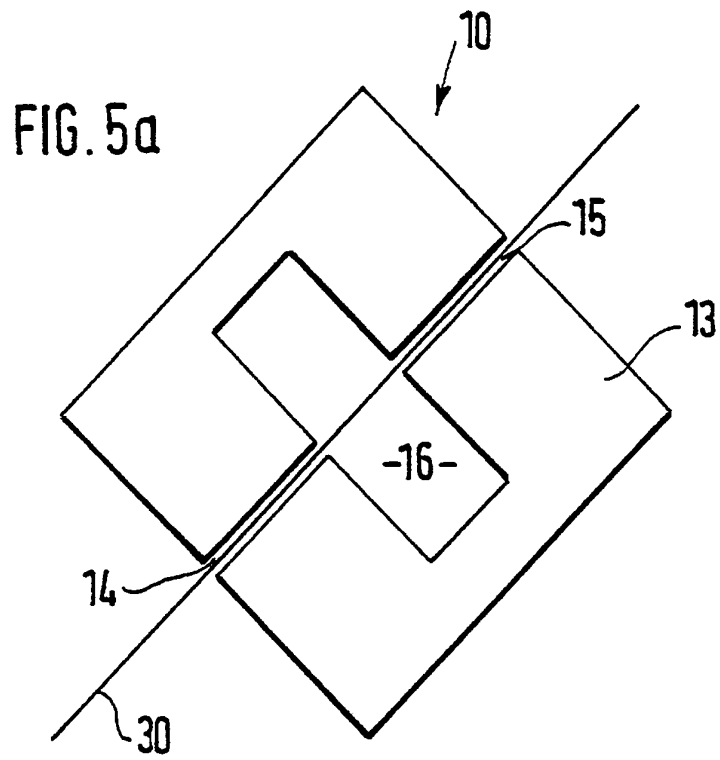


FIG. 6

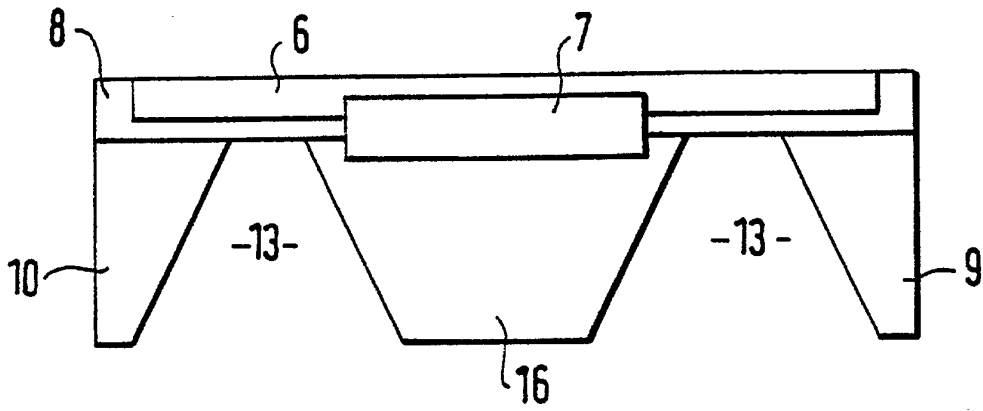


FIG. 7

