



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 43 45 552 B4** 2007.04.26

(12)

## Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **P 43 45 552.2**  
(22) Anmeldetag: **25.03.1993**  
(43) Offenlegungstag: **04.11.1993**  
(45) Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: **26.04.2007**

(51) Int Cl.<sup>8</sup>: **G01P 15/08** (2006.01)  
**B81B 3/00** (2006.01)

Innerhalb von drei Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 2 Patentkostengesetz).

(30) Unionspriorität:

**P 4-66470**      **25.03.1992**      **JP**  
**P 4-227651**      **27.08.1992**      **JP**

(62) Teilung aus:

**P 43 09 786.3**

(73) Patentinhaber:

**Fuji Electric Co., Ltd., Kawasaki, Kanagawa, JP;**  
**Fujitsu Ten Ltd., Kobe, Hyogo, JP**

(74) Vertreter:

**Grünecker, Kinkeldey, Stockmair &**  
**Schwanhäusser, 80538 München**

(72) Erfinder:

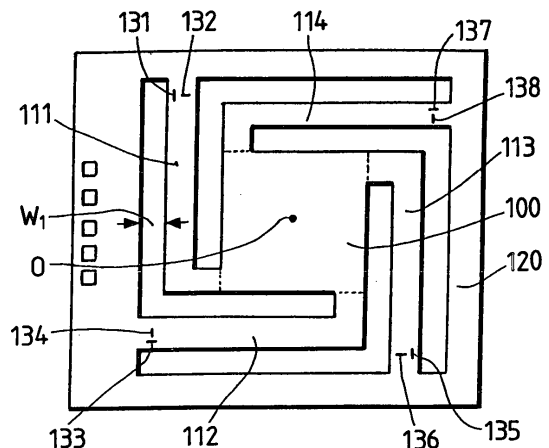
**Ueyanagi, Katsumichi, Kawasaki, Kanagawa, JP**

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht  
gezogene Druckschriften:

**DE 30 09 091 A1**  
**US 46 41 539**  
**US 45 53 436**

(54) Bezeichnung: **Halbleiterbeschleunigungssensor**

(57) Hauptanspruch: Halbleiterbeschleunigungssensor, der aus einem Halbleiter geformt ist, wobei er umfasst: ein Gewicht (901) mit einem zentralen, quadratischen, dickwandigen Bereich (901A) und vier quadratischen, dickwandigen Ausstülpungen (901A, 901B, 901C, 901D), die auf den jeweiligen Seiten des zentralen Bereichs geformt sind, wobei die Seiten davon untereinander einen rechten Winkel um den Mittelpunkt des zentralen Bereichs bilden, einen dickwandigen Träger (906), mit einer quadratischen, inneren Öffnung, die in einem vorgegebenen Abstand von den äußeren Seiten der Ausstülpungen des Gewichts entfernt derart angeordnet ist, dass sie das Gewicht umgibt, vier dünnwandige Balken (902, 903, 904, 905) zum Verbinden den der einen Seiten der Ausstülpungen des Gewichts, wobei die Seiten davon untereinander einen rechten Winkel um den Mittelpunkt des zentralen Bereichs bilden, und jeweils in den Balken geformten Dehnungsmessstreifen (902A, 902B, 903A, 903B, 904A, 904B, 905A, 905B), wobei die in den vier Balken geformten Dehnungsmessstreifen des Halbleiterbeschleunigungssensors vier Dehnungsmessstreifen auf...



## Beschreibung

**[0001]** Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf einen Mikro- Beschleunigungssensor aus einem Halbleiter.

### Stand der Technik

**[0002]** Ein herkömmlicher Halbleiterbeschleunigungssensor ist in den **Fig. 12A** und **12B** gezeigt. **Fig. 12A** ist eine perspektivische Ansicht und **Fig. 12B** ist ein Schaltkreisdigramm. In **Fig. 12A** umfaßt der Halbleiterbeschleunigungssensor ein viereckiges, prismaförmiges, dickes Gewicht **10** aus einem Halbleiter mit einer Dicke von zum Beispiel 400 µm, ein dickes Trägerelement **12**, das durch eine vorgegebene Lücke von dem Gewicht **10** getrennt ist und so geformt ist, das es dieses umgibt, und einen dünnen Balken **11**, der eine Seitenfläche des Gewichts **10** mit derjenigen des Trägerelements **12** verbindet, die der einen Seitenfläche gegenüberliegt, und der eine Dicke von zum Beispiel 10 bis 40 µm besitzt. Dehnungsmeßstreifen **31**, **32**, **33** und **34** sind auf der oberen Seitenfläche des Balkens **11** geformt. Die Dehnungsmeßstreifen **31** und **33** sind in der Verbindungsseite mit dem Gewicht **10** in der longitudinalen Richtung des Balkens **11** geformt, und die Dehnungsmeßstreifen **32** und **34** sind in der Querrichtung des Balkens **11** geformt. Diese Dehnungsmeßstreifen **31** bis **34** sind elektrisch wie in **Fig. 12B** verbunden und bilden eine Wheatstone-Brücke, in der die Dehnungsmeßstreifen **31** und **33** sowie **32** und **34** jeweils einander gegenüberliegen. In **Fig. 12B** bezeichnet **V** eine Spannungsversorgung, und **S<sub>1</sub>** und **S<sub>2</sub>** bezeichnen Signalausgabeanschlüsse.

**[0003]** Wenn eine Beschleunigung in der vertikalen Richtung (welches die Richtung der Beschleunigungsmessung ist) auf das Gewicht **10** wirkt, wirkt auf das Gewicht **10** eine Kraft in der vertikalen Richtung, und der Balken **11** biegt sich in die durch den Pfeil **P** gekennzeichnete Richtung. Zu diesem Zeitpunkt wirkt eine Zugspannung auf die obere Seite des Balkens **11**, so daß der Widerstand jeder der Dehnungsmeßstreifen **31** und **33**, die in der longitudinalen Richtung des Balkens **11** geformt sind, zunimmt und sich demgegenüber der Widerstand jeder der Dehnungsmeßstreifen **32** und **34**, die in der Querrichtung des Balkens **11** geformt sind, nicht ändert. Dies bewirkt, daß ein Detektionssignal, dessen Pegel proportional dem Betrag der Beschleunigung ist, von den Signalausgabeanschlüssen **S<sub>1</sub>** und **S<sub>2</sub>** der Wheatstone-Brücke ausgegeben wird.

**[0004]** Wegen der Konfiguration, bei der das Gewicht **10** nur an einem Ende gehalten wird, besitzt der Halbleiterbeschleunigungssensor eine ungleiche Stoßfestigkeit. Wie in **Fig. 13** gezeigt, ist daher ein solcher Halbleiterbeschleunigungssensor üblicherweise in einem hermetisch abgeschlossenen Behäl-

ter **850** untergebracht, welcher eine Dämpfungsflüssigkeit **830** enthält. In **Fig. 13** bezeichnet **800** den Halbleiterbeschleunigungssensor und **820** bezeichnet einen Verstärker zur Signaldetektion.

**[0005]** In dem oben beschriebenen Halbleiterbeschleunigungssensor, wie er in **Fig. 14** gezeigt ist, ist die Biegunsmittelpunktslinie **13** des Balkens **11** um einen Abstand **L** von dem Schwerpunkt des Gewichts **10** entfernt. Wenn eine Beschleunigung in der transversalen Richtung (die nicht die Richtung der Beschleunigungsmessung ist) auf das Gewicht **10** wirkt, wird ein durch den Pfeil **M** angezeigtes Drehmoment durch diese Beschleunigung und den Abstand **L** erzeugt, das auf das Gewicht **10** wirkt, so daß auf das Gewicht **10** eine Kraft in der vertikalen Richtung auf die gleiche Weise wirkt, wie in dem Fall, in dem eine vertikale Beschleunigung wirkt, wodurch der Balken **11** in die durch den Pfeil **P** gezeigte Richtung gebogen wird. Diese Biegung bewirkt, daß die Wheatstone-Brücke ein Signal ausgibt, und diese Signalausgabe ist eine Störausgabe, die die Detektionsgenauigkeit beeinträchtigt.

**[0006]** Als eine Gegenmaßnahme zu diesem Problem kann eine Konfiguration vorgeschlagen werden, in der, wie in **Fig. 15** gezeigt, ein zusätzliches Gewicht **14** aus Glas oder dergleichen mit der oberen Fläche des Gewichts **10** verbunden ist, so daß der Schwerpunkt **G** des Gewichts aus dem Gewicht **10** und dem zusätzlichen Gewicht **14** auf der Biegemittelpunktslinie **13** des Balkens **11** liegt, wodurch der Abstand **L** auf Null reduziert wird. Jedoch besitzt diese verbesserte Konstruktion insofern einen Nachteil, als ein zusätzlicher Prozeßschritt zum Befestigen des zusätzlichen Gewichts erforderlich ist und somit die Produktionskosten zunehmen.

**[0007]** Bei der Herstellung eines Halbleiterbeschleunigungssensors, wie in **Fig. 12** oder **15** gezeigt, werden das Gewicht **10**, das Trägerelement **12** und der Balken **11** durch Ätzen sowohl der oberen als auch der unteren Flächen eines Halbleitersubstrats unter Verwendung eines Geräts, wie etwa einer Plasmaätzvorrichtung, erzeugt. Bei einem solchen Plasmaätzvorgang geht das Ätzen, wegen der entsprechenden Arbeitsmerkmale, mit einer hohen Geschwindigkeit vonstatten, wenn die Arbeitsbreite groß ist, und es geht mit einer niedrigen Geschwindigkeit vonstatten, wenn die Arbeitsbreite klein ist. In dem Fall, daß unterschiedliche Arbeitsbreiten in einem zu bearbeitenden Halbleitersubstrat existieren, wie in **Fig. 16** durch **W<sub>3</sub>** und **W<sub>4</sub>** angezeigt, resultieren daraus unterschiedliche Ätztiefen, wie durch **D<sub>3</sub>** und **D<sub>4</sub>** angezeigt. Dies erzeugt insofern ein Problem, als die Genauigkeit des Ätzzvorgangs verringert wird, wobei die Prozeßausbeute verringert wird.

**[0008]** Um die Stoßfestigkeit zu verbessern, sind die oben beschriebenen Halbleiterbeschleunigungssen-

soren üblicherweise in einem hermetisch abgeschlossenen Gehäuse untergebracht, welches eine Dämpfungsflüssigkeit enthält. Das Vorhandensein einer Dämpfungsflüssigkeit bewirkt eine Verringerung der Detektionsempfindlichkeit, und daher ist es erforderlich, die Reduktionsrate abzuschätzen und die Empfindlichkeit vor Einführen der Dämpfungsflüssigkeit in den Behälter einzustellen. Da die Viskosität und die Kompressibilität der Dämpfungsflüssigkeit sich abhängig von Druck und Temperatur ändern, ändert sich die Empfindlichkeit, was ein weiteres Problem mit sich bringt, daß nämlich die Produktionsausbeute ungleichmäßig ist.

**[0009]** Die **Fig. 22** und **23** zeigen einen weiteren herkömmlichen Halbleiterbeschleunigungssensor als Beispiel: **Fig. 22** ist eine Draufsicht, und **Fig. 23** ist eine Seitenansicht. Wie in den **Fig. 22** und **23** gezeigt, umfaßt der Halbleiterbeschleunigungssensor ein dickwandiges, quadratisches Gewicht **901**, das zum Beispiel 400 µm dick ist, einen dickwandigen Träger **906**, der in einem vorgegebenen Abstand von einer Seite des Gewichts angeordnet ist, und einen dünnwandigen Balken **907**, der zum Beispiel 20–40 µm dick ist, wobei der Balken eine Seite des Gewichts **901** mit einer gegenüberliegenden Seite des Trägers **906** verbindet. In dem Balken **907** sind Dehnungsmeßstreifen **907A**, **907B**, **907C**, **907D** geformt. Die Dehnungsmeßstreifen **907A**, **907C** sind in der oberen Fläche der Verbindung zwischen dem Balken **907** und dem Träger **906** in der Längsrichtung des Balkens **907** geformt, während die Dehnungsmeßstreifen **907B**, **907D** in der oberen Fläche der Verbindung zwischen dem Balken **907** und dem Gewicht **901** in der Querrichtung des Balkens **907** geformt sind. Diese Dehnungsmeßstreifen **907A**, **907B**, **907C**, **907D** werden zum Bilden einer Wheatstone-Brücke verwendet, indem die Dehnungsmeßstreifen **907A**, **907C** sowie **907B**, **907D** einander gegenüberliegend angeordnet sind, wie in **Fig. 26** gezeigt. In diesem Fall bezeichnet E einen Spannungsversorgungsanschluß, G einen Masseanschluß und S1, S2 Signalausgabeanschlüsse.

**[0010]** Wenn eine Beschleunigung auf das Gewicht **901** in der Richtung des Pfeiles V in **Fig. 23** wirkt, als in einer Richtung senkrecht zum Gewicht **901** (die Richtung, in der die Beschleunigung festgestellt wird), erfährt das Gewicht **901** eine vertikale Kraft Fv, was ein Herunterbiegen des Balkens in Richtung des Pfeiles M bewirkt, wie in **Fig. 27** gezeigt. Zu diesem Zeitpunkt wirkt eine Zugspannung auf die obere Oberfläche der Verbindung zwischen dem Balken **907** und dem Träger **906** und auf die der Verbindung zwischen dem Balken **907** und dem Gewicht **901**. Als Ergebnis nimmt der Widerstand der Dehnungsmeßstreifen **907A**, **907C**, die in der Längsrichtung des Balkens geformt sind, zu, wohingegen derjenige der Dehnungsmeßstreifen **907B**, **907D**, die in der Querrichtung geformt sind, unverändert bleibt. Es werden

also Detektionssignale, deren Wert proportional der Beschleunigung ist, von den Ausgabeanschlüssen S1, S2 der Wheatstone-Brücke ausgegeben.

**[0011]** Da eine normale Diffusionstechnik zum Herstellen der Dehnungsmeßstreifen **907A**, **907B**, **907C**, **907D** verwendet wird, sind die Oberflächen des Gewichts **901**, des Balkens **907** und des Trägers **906** mit einem Passivierungsfilm **910** aus SiO<sub>2</sub>, SiN oder dergleichen bedeckt, um diese zu schützen.

**[0012]** Da es einen Abstand L von der Spannungsmittellinie **909** des Balkens **907** bis zum Schwerpunkt W des Gewichts **901** im Beschleunigungssensor der **Fig. 23** gibt, erzeugen der Abstand L von der Spannungsmittellinie **909** zum Schwerpunkt W des Gewichts **901** und die Querkraft Fh, die in dem Gewicht **901** aufgrund der Beschleunigung erzeugt wird, ein Drehmoment, wenn die Beschleunigung quer auf das Gewicht **901** wirkt (die Richtung, in der die Beschleunigung nicht festgestellt wird), wie durch den Pfeil H gezeigt. Demzufolge wird ein Herunterbiegen des Balkens **907** in Richtung des Pfeiles M bewirkt, wie in dem Falle, in dem die Beschleunigung vertikal auf den Balken **907** wirkt. In Abhängigkeit von der Spannung gibt die Wheatstone-Brücke ein Signal aus, das eine Störausgabe bildet und die Meßgenauigkeit verringert.

**[0013]** Aus dem oben angegebenen Grund kann es als hilfreich erachtet werden, den Abstand L auf Null zu verringern, indem ein zusätzliches Gewicht **908**, wie etwa Glas, auf der oberen Oberfläche des Gewichts **901** hinzugefügt wird, um den Schwerpunkt W der Kombination von Gewicht **901** und dem zusätzlichen Gewicht **908** mit der Spannungsmittellinie **909** des Balkens **907** zusammenfallen zu lassen; jedoch wird der zusätzliche Verfahrensschritt zum Verbinden der beiden Gewichte die Kosten weiter erhöhen.

**[0014]** Ein weiteres Problem, das mit dem oben erwähnten Beschleunigungssensor verbunden ist, ist eine geringe Meßempfindlichkeit, da die in der oberen Oberfläche der Verbindung zwischen dem Balken und dem Gewicht in der Querrichtung des Balkens geformten Dehnungsmeßstreifen keine Widerstandsänderungen erzeugen, wenn eine Beschleunigung wirkt.

**[0015]** Darüberhinaus wird der Passivierungsfilm aus SiO<sub>2</sub>, SiN oder dergleichen für den Schutz der Dehnungsmeßstreifen normalerweise bei hohen Temperaturen verarbeitet bevor wieder die normale Temperatur eingestellt wird. Der Unterschied in den thermischen Ausdehnungskoeffizienten des Passivierungsfilms und des Halbleiters Silizium kann aufgrund der auf der Oberfläche des Halbleiters Silizium erzeugten Spannung, wenn wieder die normale Temperatur eingestellt wird, ein Biegen des Balkens **7** bewirken, wie in **Fig. 29** gezeigt. Die Situation, in der

eine Beschleunigung angelegt wurde, wird erreicht, wenn der Balken gebogen wird und eine Spannung von der Wheatstone-Brücke ausgegeben wird. Diese Spannung wird Offset-Spannung genannt und verringert nicht nur das Signal/Rauschverhältnis der Sensorausgabe sondern auch die Messgenauigkeit.

**[0016]** Aus der US 4,553,436 ist ein Beschleunigungsmesser aus Silizium bekannt, der dem Oberbegriff von Anspruch 1 entspricht. Hier ist eine zentrale Masse an ihren Ecken durch vier flexible jeweils senkrecht zueinander angeordnete Träger gehalten. An dem jeweils festen Ende eines Trägers ist ein Widerstandselement angeordnet. Jedes Widerstandselement kann zwei parallele Teile aufweisen, um so ein kompaktes Widerstandselement zur Verfügung zu stellen.

**[0017]** Aus der DE 30 09 091 ist eine Messfederplatte mit einem zentralen Teil bekannt, der über Messfeldern mit dem Randgebiet der Platte zusammenhängt. Auf den Messfeldern sind Dehnungsmessstreifen angeordnet. Die Messfederplatte kann in ihrem zentralen Teil eine Last aufnehmen.

**[0018]** Aus der US 4,641,539 ist ein Kraftsensor bekannt. Ein Kraftaufnahmeelement ist mit einem Grundkörper über vier Tragelemente verbunden. Die Tragelemente weisen Messglieder auf, die auf eine Deformation der selben reagieren. Ein nicht unterbrochener Leiterpfad führt über jede der Tragelemente.

**[0019]** Es ist die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, einen Beschleunigungssensor zur Verfügung zu stellen, der so ausgeführt ist, dass er die Offset-Spannung verringert.

**[0020]** Diese und weitere Aufgaben werden erfindungsgemäß durch den in den beigefügten Patentsprüchen definierten Halbleiterbeschleunigungssensor gelöst.

**[0021]** Entsprechend der Erfindung ist ein Halbleiterbeschleunigungssensor aus einem Halbleiter geformt und umfasst ein Gewicht mit einem quadratischen, dickwandigen, zentralen Bereich und vier quadratische, dickwandige Ausstülpungen, die auf den jeweiligen Seiten des zentralen Bereichs geformt sind, wobei die Seiten davon untereinander einen rechten Winkel um den Mittelpunkt des zentralen Bereichs bilden, einen dickwandigen Träger mit einer quadratischen, inneren Öffnung, die in einem vorgegebenen Abstand von den äußeren Seiten der Ausstülpungen des Gewichts entfernt derart angeordnet ist, dass sie das Gewicht umgibt, vier dünnwandige Balken zum Verbinden der einen Seiten der Ausstülpungen des Gewichts, wobei die Seiten davon untereinander einen rechten Winkel um den Mittelpunkt des zentralen Bereichs bilden, und in den jeweiligen Balken geformte Dehnungsmessstreifen.

**[0022]** Die in den vier Balken geformten Dehnungsmessstreifen beider Halbleiterbeschleunigungssensoren umfassen vier Dehnungsmessstreifen auf einer ersten Seite, wobei diese vier Dehnungsmessstreifen in den oberen Oberflächen der Verbindungen zwischen den Balken und dem Träger jeweils in der Längsrichtung der Balken geformt sind, und vier Dehnungsmessstreifen auf einer zweiten Seite, wobei diese vier Dehnungsmessstreifen in den oberen Oberflächen der Verbindungen zwischen den Balken und dem Gewicht jeweils in der Längsrichtung der Balken geformt sind. Eine Wheatstone-Brücke wird gebildet, indem zwei Dehnungsmessstreifen von den vier Dehnungsmessstreifen, die die Dehnungsmessstreifen der ersten Seite bilden den verbleibenden zwei symmetrisch zum Mittelpunkt des Gewichts gegenüberliegen und indem zwei Dehnungsmessstreifen von den vier Dehnungsmessstreifen, die die Dehnungsmessstreifen der zweiten Seite bilden den verbleibenden zwei symmetrisch zum Mittelpunkt des Gewichts gegenüberliegen. Passivierungsfilme sind auf den Oberflächen der Balken mit den darin geformten Dehnungsmessstreifen in dem Halbleiterbeschleunigungssensor geformt, in dem die in den vier Balken zu formenden Dehnungsmessstreifen jeweils in der oberen Oberfläche der Verbindung zwischen den Verbindungen der Balken mit dem Träger in der Längsrichtung der Balken geformt sind.

**[0023]** Alternativ ist der Sensor in einem Behälter angeordnet, der ein inertes Gas enthält.

**[0024]** Der Halbleiterbeschleunigungssensor entsprechend einem zehnten Gesichtspunkt der Erfindung ist aus einem Halbleiter geformt und umfasst ein Gewicht mit einem quadratischen, dickwandigen, zentralen Bereich und vier quadratische, dickwandige Ausstülpungen, die auf den jeweiligen Seiten des zentralen Bereichs geformt sind, wobei die Seiten davon untereinander einen rechten Winkel um den Mittelpunkt des zentralen Bereichs bilden, einen dickwandigen Träger mit einer quadratischen, inneren Öffnung, die in einem vorgegebenen Abstand von den äußeren Seiten der Ausstülpungen des Gewichts entfernt derart angeordnet ist, daß sie das Gewicht umgibt, vier dünnwandige Balken zum Verbinden der einen Seiten der Ausstülpungen des Gewichts, wobei die Seiten davon untereinander einen rechten Winkel um den Mittelpunkt des zentralen Bereichs bilden, und in den jeweiligen Balken geformte Dehnungsmeßstreifen. Da die Balken entlang der jeweiligen Seiten des zentralen Bereichs des Gewichts in dem Halbleiterbeschleunigungssensor geformt sind, können ihre Längsseiten länger gemacht werden, wodurch die Balken leichter gebogen werden.

**[0025]** Die in den vier Balken geformten Dehnungsmeßstreifen beider Halbleiterbeschleunigungssensoren umfassen vier Dehnungsmeßstreifen auf einer ersten Seite, wobei diese vier Dehnungsmeßstreifen

in den oberen Oberflächen der Verbindungen zwischen den Balken und dem Träger jeweils in der Längsrichtung der Balken geformt sind, und vier Dehnungsmeßstreifen auf einer zweiten Seite, wobei diese vier Dehnungsmeßstreifen in den oberen Oberflächen der Verbindungen zwischen den Balken und dem Gewicht jeweils in der Längsrichtung der Balken geformt sind. Eine Wheatstone-Brücke wird gebildet, indem zwei Dehnungsmeßstreifen von den vier Dehnungsmeßstreifen, die die Dehnungsmeßstreifen der ersten Seite bilden den verbleibenden zwei symmetrisch zum Mittelpunkt des Gewichts gegenüberliegen und indem zwei Dehnungsmeßstreifen von den vier Dehnungsmeßstreifen, die die Dehnungsmeßstreifen der zweiten Seite bilden den verbleibenden zwei symmetrisch zum Mittelpunkt des Gewichts gegenüberliegen. Wenn eine Querschleunigung (welches nicht die Meßrichtung ist) wirkt, ergeben zum Beispiel zwei Paar von Dehnungsmeßstreifen auf den ersten und zweiten Seiten, die symmetrisch bezüglich des Mittelpunkts des Gewichts sind, die folgenden Ergebnisse: wenn eine Druckspannung auf einen der Dehnungsmeßstreifen wirkt, wirkt eine Zugspannung auf den anderen, und keine Signale werden von der Wheatstone-Brücke ausgegeben, da sich die Widerstandsänderungen gegenseitig aufheben. Wenn eine vertikale (welches die Meßrichtung ist) Beschleunigung wirkt, ergeben alle Dehnungsmeßstreifen auf den ersten und zweiten Seiten das folgende Ergebnis: wenn eine Druckspannung auf einen der Dehnungsmeßstreifen wirkt, wirkt eine Zugspannung auf den anderen, und von der Wheatstone-Brücke werden Detektionssignale ausgegeben, da sich die Widerstände aller Dehnungsmeßstreifen ändern. Daher nimmt die Störausgabe ab, während sich die Empfindlichkeit erhöht.

**[0026]** Außerdem sind Passivierungsfilme auf den Oberflächen der Balken mit den darin geformten Dehnungsmeßstreifen in dem Halbleiterbeschleunigungssensor geformt, in dem die in den vier Balken zu formenden Dehnungsmeßstreifen jeweils in den oberen Oberflächen der Verbindungen zwischen den Balken mit dem Träger geformt sind und in den oberen Oberflächen der Verbindungen zwischen den Balken und dem Gewicht in der Längsrichtung der Balken geformt sind. Auch wenn aufgrund der unterschiedlichen thermischen Ausdehnungskoeffizienten des Passivierungsfilms und des Halbleiters Silizium Spannungen in der Oberfläche des Halbleiters Silizium erzeugt werden, erzeugen die Dehnungsmeßstreifen in den oberen Oberflächen der Balken in der Längsrichtung dieselben Widerstandsänderung, und wenn sie mit der Wheatstone-Brücke verbunden sind, heben sich die Widerstandsänderungen gegenseitig auf, so daß keine Offsetspannung erzeugt wird.

**[0027]** Jeder der oben beschriebenen Halbleiterbeschleunigungssensoren besitzt eine Konfiguration, durch die die Stoßfestigkeit des Sensors verbessert

wird, und kann in einem hermetisch abgeschlossenen Behälter untergebracht werden, der ein inertes Gas anstelle einer Dämpfungsflüssigkeit enthält.

#### Ausführungsbeispiel

**[0028]** Die [Fig. 1A](#) bis [Fig. 1C](#) zeigen ein erstes Ausführungsbeispiel eines Halbleiterbeschleunigungssensors.

**[0029]** Die [Fig. 2A](#) bis [Fig. 2B](#) zeigen ein Verfahren zum Bearbeiten eines Halbleitersubstrats in einem zweiten Ausführungsbeispiel eines Halbleiterbeschleunigungssensors.

**[0030]** Die [Fig. 3A](#) bis [Fig. 3B](#) zeigen ein Verfahren zum Bearbeiten eines Halbleitersubstrats in einem dritten Ausführungsbeispiel eines Halbleiterbeschleunigungssensors.

**[0031]** [Fig. 4](#) ist ein Querschnitt eines vierten Ausführungsbeispiel eines Halbleiterbeschleunigungssensors.

**[0032]** Die [Fig. 5A](#) und [Fig. 5B](#) zeigen den Sensor der [Fig. 4](#) in größerem Detail.

**[0033]** Die [Fig. 6A](#) und [Fig. 6B](#) zeigen fünfte und sechste Ausführungsbeispiele eines Halbleiterbeschleunigungssensors.

**[0034]** [Fig. 7](#) ist ein Querschnitt eines siebten Ausführungsbeispiels eines Halbleiterbeschleunigungssensors.

**[0035]** Die [Fig. 8A](#) und [Fig. 8B](#) zeigen den Sensor der [Fig. 7](#) in größerem Detail.

**[0036]** [Fig. 9](#) ist ein Querschnitt eines achten Ausführungsbeispiels eines Halbleiterbeschleunigungssensors.

**[0037]** Die [Fig. 10A](#) bis [Fig. 10C](#) zeigen den Sensor der [Fig. 9](#) in größerem Detail.

**[0038]** [Fig. 11](#) ist ein Querschnitt, der den Fall zeigt, daß einer der Halbleiterbeschleunigungssensoren nach dem ersten bis achten Ausführungsbeispiel in einem hermetisch abgeschlossenen Behälter angeordnet ist, der ein inertes Gas enthält.

**[0039]** Die [Fig. 12A](#) und [Fig. 12B](#) zeigen einen herkömmlichen Halbleiterbeschleunigungssensor.

**[0040]** [Fig. 13](#) ist ein Querschnitt, der den herkömmlichen Halbleiterbeschleunigungssensor der [Fig. 12](#) zeigt, der in einem hermetisch abgeschlossenen Behälter angeordnet ist, der mit einer Dämpfungsflüssigkeit gefüllt ist.

[0041] [Fig. 14](#) ist ein Querschnitt, der den Mechanismus zeigt, durch den eine Störausgabe in dem herkömmlichen Halbleiterbeschleunigungssensor der [Fig. 12](#) erzeugt wird.

[0042] [Fig. 15](#) ist ein Querschnitt eines weiteren herkömmlichen Halbleiterbeschleunigungssensors.

[0043] [Fig. 16](#) ist ein Querschnitt, der ein Verfahren zum Bearbeiten eines Halbleitersubstrats zeigt, das bei den herkömmlichen Halbleiterbeschleunigungssensoren der [Fig. 12](#) oder [Fig. 14](#) verwendet wird.

[0044] [Fig. 17A](#) ist eine Draufsicht eines Halbleiterbeschleunigungssensors entsprechend einem neunten Ausführungsbeispiel

[0045] [Fig. 17B](#) ist ein Querschnitt entlang der Linie A-A der [Fig. 17A](#).

[0046] [Fig. 18A](#) ist eine Draufsicht eines Halbleiterbeschleunigungssensors entsprechend einem Ausführungsbeispiel der Erfindung.

[0047] [Fig. 18B](#) ist ein Querschnitt entlang der Linie A-A der [Fig. 18A](#).

[0048] [Fig. 19](#) ist ein Verbindungsdiagramm des Halbleiterbeschleunigungssensors der [Fig. 17A](#).

[0049] [Fig. 20](#) ist ein Querschnitt, der den Betrieb des Halbleitersensors der [Fig. 17A](#) zeigt.

[0050] [Fig. 21](#) ist ein Querschnitt, der noch weiter den Betrieb des Halbleiterbeschleunigungssensors der [Fig. 17A](#) zeigt.

[0051] [Fig. 22](#) ist eine Draufsicht eines Beispiels für einen herkömmlichen Halbleiterbeschleunigungssensor.

[0052] [Fig. 23](#) ist eine Seitenansicht der [Fig. 22](#).

[0053] [Fig. 24](#) ist eine Draufsicht eines weiteren herkömmlichen Halbleiterbeschleunigungssensor.

[0054] [Fig. 25](#) ist eine Seitenansicht der [Fig. 24](#).

[0055] [Fig. 26](#) ist ein Verbindungsdiagramm des herkömmlichen Halbleiterbeschleunigungssensors der [Fig. 22](#).

[0056] [Fig. 27](#) ist eine Seitenansicht, die den Betrieb des herkömmlichen Halbleitersensors der [Fig. 22](#) zeigt.

[0057] [Fig. 28](#) ist eine Seitenansicht, die noch weiter den Betrieb des herkömmlichen Halbleiterbeschleunigungssensors der [Fig. 22](#) zeigt.

[0058] [Fig. 29](#) ist eine Seitenansicht, die noch weiter den Betrieb des herkömmlichen Halbleiterbeschleunigungssensors der [Fig. 22](#) zeigt.

[0059] [Fig. 1](#) zeigt ein erstes Ausführungsbeispiel eines Halbleiterbeschleunigungssensors. [Fig. 1A](#) ist eine Draufsicht, [Fig. 1B](#) ist ein Querschnitt und [Fig. 1C](#) ist ein Schaltkreisdiagramm. In den [Fig. 1A](#) und [Fig. 1B](#) umfaßt der Halbleiterbeschleunigungssensor ein viereckiges, prismaförmiges, dickes Gewicht **100** aus einem Halbleiter mit einer Dicke von zum Beispiel 400 µm, ein dickes Trägerelement **120**, das durch einen vorgegebenen Abstand von dem Gewicht **100** getrennt ist und so geformt ist, daß es dieses umgibt, und erste und zweite Sätze von dünnen, L-förmigen Balken, die die äußere Peripherie des Gewichts **100** mit der inneren Peripherie des Trägerelements **120** verbinden und die eine Dicke von zum Beispiel 10 bis 40 µm besitzen. Die ersten und zweiten Sätze bestehen jeweils aus einem Balkenpaar **111** und **113** und einem Balkenpaar **112** und **114**. In jedem der Balkensätze sind die Balken so angeordnet, daß, wenn einer von ihnen um 180 Grad um den Mittelpunkt O des Gewichts **100** gedreht wird, dieser Balken mit dem anderen Balken zusammenfällt. Dehnungsmeßstreifen **131** bis **138** sind auf den oberen Flächen der Balken geformt.

[0060] In dem Halbleiterbeschleunigungssensor wird das Gewicht an zwei gegenüberliegenden Enden von einem Balkenpaar gehalten. Wenn eine Beschleunigung in der transversalen Richtung (die nicht die Beschleunigungsmeßrichtung ist) auf das Gewicht wirkt, ist die Biegung der Balken sehr viel geringer als bei einem Sensor, bei dem das Gewicht nur an einem Ende gehalten wird, so daß der Betrag einer Störausgabe verringert und die Stabilität verbessert wird.

[0061] Die auf den oberen Flächen der Balken **111** bis **114** geformten Dehnungsmeßstreifen **131** bis **138** sind klassifiziert in Dehnungsmeßstreifen **131**, **133**, **135** und **137** eines ersten Typs, die jeweils auf den oberen Flächen dieser Balken in der Verbindungsseite der Balken mit dem Trägerelement **120** in der longitudinalen Richtung des jeweiligen Balkens geformt sind, und in Dehnungsmeßstreifen **132**, **134**, **136** und **138** eines zweiten Typs, die jeweils auf den oberen Flächen dieser Balken in der Verbindungsseite der Balken mit dem Trägerelement **120** in der Querrichtung des jeweiligen Balkens geformt sind. Diese Dehnungsmeßstreifen **131** bis **138** sind, wie in [Fig. 1C](#) gezeigt, elektrisch miteinander verbunden und bilden eine Wheatstone-Brücke, in der die Dehnungsmeßstreifen **131** und **135** des ersten Typs, die jeweils auf dem ersten Satz von Balken **111** und **113** geformt sind, den Dehnungsmeßstreifen **133** und **137** des ersten Typs, die jeweils auf dem zweiten Satz von dünnen Balken **112** und **114** geformt sind, gegenüberliegen, und die Dehnungsmeßstreifen **132** und **136**



des zweiten Typs, die jeweils auf dem ersten Satz von Balken **111** und **113** geformt sind, den Dehnungsmeßstreifen **134** und **138** des zweiten Typs, die jeweils auf dem zweiten Satz von dünnen Balken **112** und **114** geformt sind, gegenüberliegen. In [Fig. 1C](#) bezeichnet V einen Spannungsversorgungsanschluß und  $S_1$  und  $S_2$  bezeichnen Signalausgabeanschlüsse.

**[0062]** Wenn eine Beschleunigung in der vertikalen Richtung (welche die Beschleunigungsmeßrichtung ist) auf das Gewicht **100** wirkt, wirkt auf das Gewicht **100** eine Kraft in der vertikalen Richtung und die Balken **111**, **112**, **113** und **114** biegen sich in der durch einen Pfeil P gezeigten Richtung. Zu diesem Zeitpunkt wirkt eine Zugspannung auf die oberen Flächen der Balken in der Verbindungsseite derselben mit dem Trägerelement **120**, so daß der Widerstand jedes Dehnungsmeßstreifens **131**, **133**, **135** und **137** des ersten Typs, die in der longitudinalen Richtung des jeweiligen Balken geformt sind, zunimmt. Im Gegensatz dazu ändert sich der Widerstand der Dehnungsmeßstreifen **132**, **134**, **136** und **138** des zweiten Typs, die in der Querrichtung des jeweiligen Balken geformt sind, nicht. Dies verursacht, daß ein Detektionssignal, dessen Wert proportional dem Betrag der Beschleunigung ist, von den Signalausgabeanschlüssen  $S_1$  und  $S_2$  der Wheatstone-Brücke ausgegeben wird.

**[0063]** In diesem Ausführungsbeispiel ist die Biegemittel punktslinie **13** jedes Balkens um einen Abstand L von dem Schwerpunkt G des Gewichts **100** getrennt. Wenn eine Beschleunigung in der transversalen Richtung (die nicht die Beschleunigungsmeßrichtung ist) auf das Gewicht **100** wirkt, wirkt ein durch den Abstand L erzeugtes Drehmoment auf das Gewicht **100** und erzeugt so eine Druckspannung, die auf die obere Fläche des einen der paarigen Balken **112** und **114** wirkt (zum Beispiel auf den Balken **112**). Zu diesem Zeitpunkt wirkt eine Zugspannung auf die obere Fläche des anderen Balken **114**. In der Wheatstone-Brücke ändert sich daher der Widerstand jeder der Dehnungsmeßstreifen **133** und **137** des ersten Typs, die jeweils auf diesen Balken geformt sind, derart, daß sich die Widerstandsänderungen einander aufheben. Demzufolge gibt die Wheatstone-Brücke kein Ausgabesignal aus, mit der Ergebnis, daß der Betrag einer Störausgabe verringert wird.

**[0064]** In dem Ausführungsbeispiel der [Fig. 1](#) ist das dicke Gewicht **100** in der Draufsicht viereckig. Das Gewicht **100** ist nicht auf eine viereckige Form beschränkt und kann eine andere Form besitzen, zum Beispiel eine kreisförmige Form. Auch wenn oben ein Sensor mit dünnen Balken in einer L-Form beschrieben wurde, sind die Balken nicht auf eine L-Form beschränkt und können eine andere Form besitzen, zum Beispiel eine I-Form oder eine recht-

winklige Form.

#### Zweites Ausführungsbeispiel

**[0065]** Ein zweites Ausführungsbeispiel eines Halbleiterbeschleunigungssensors wird unter Bezugnahme auf die [Fig. 2A](#) und [Fig. 2B](#) beschrieben, die ein Verfahren zum Herstellen eines Gewichts, eines Trägerelements und von Balken aus einem Halbleitersubstrat zeigen. [Fig. 2A](#) ist eine Draufsicht des Halbleitersubstrats und [Fig. 2B](#) ist eine Draufsicht des Halbleitersubstrats.

**[0066]** Bei dem in [Fig. 2](#) gezeigten Verfahren werden ein Gewicht **100**, ein Trägerelement **120** und Balken **111**, **112**, **113** und **114** wie folgt hergestellt. Zunächst werden, wie in [Fig. 2A](#) gezeigt, Bereiche, die schraffiert und mit **210** bezeichnet sind, zum Beispiel durch einen Plasmaätzprozeß von der oberen Fläche des Halbleitersubstrats bis zu einer Tiefe gleich oder größer als die Dicke des Gewichts **100** geätzt. Danach werden Bereiche, die in [Fig. 2B](#) schraffiert und mit **211** bezeichnet sind, so geätzt, daß sie die Balken **111**, **112**, **113** und **114** mit einer Dicke von zum Beispiel 10 bis 40 µm bilden.

**[0067]** In der Erfindung ist jede der Arbeitsbreiten  $W_1$  und  $W_2$  der geätzten Bereiche **210** und **211**, die jeweils von den oberen und unteren Flächen des Halbleitersubstrats geätzt werden, entlang der gesamten Länge konstant. Daher findet der Ätzprozeß mit einer konstanten Rate statt, was zu einer verbesserten Arbeitsgenauigkeit führt.

#### Drittes Ausführungsbeispiel

**[0068]** Die [Fig. 3A](#) und B zeigen ein drittes Ausführungsbeispiel eines Halbleiterbeschleunigungssensors. Das Ausführungsbeispiel der [Fig. 3A](#) und [Fig. 3B](#) ist auf die gleiche Weise ausgeführt wie das der [Fig. 2](#), außer daß dünne Balken **111**, **112**, **113** und **114** mit einer I-förmigen Form oder einer rechtwinkligen Form anstelle der in [Fig. 2](#) verwendeten L-förmigen Form vorgesehen sind und daß diese Balken so angeordnet sind, daß, wenn die Balken **111** und **112** um 180 Grad um den Mittelpunkt O des Gewichts **100** gedreht werden, diese Balken jeweils mit den Balken **113** und **114** zusammenfallen und daß die Balken **111** und **112** mit den Balken **114** und **113** jeweils symmetrisch bezüglich der longitudinalen Achse V des Gewichts **100** sind.

#### Viertes Ausführungsbeispiel

**[0069]** Die [Fig. 4](#) und 5 zeigen ein viertes Ausführungsbeispiel eines Halbleiterbeschleunigungssensors. [Fig. 4](#) ist ein Querschnitt, und [Fig. 5](#) zeigt den Sensor der [Fig. 4](#) in größerem Detail. [Fig. 5A](#) ist ein Draufsicht eines Sensorbereichs, der ein Gewicht **100**, ein Trägerelement **120** und Balken **111** bis **114**

umfaßt, und [Fig. 5B](#) ist eine Draufsicht eines Trägersubstrats **450**. In dem Ausführungsbeispiel der [Fig. 4](#) und [5](#) ist eine Mehrzahl von Signalanschlüssen **430** auf einer Seite, die mit auf den oberen Flächen der Balken geformten Dehnungsmeßstreifen verbunden sind, und eine Mehrzahl von Blind-Signalanschlüssen **431** auf der einen Seite, die dieselbe Form wie die Signalanschlüsse **430** besitzen, in der Peripherie der oberen Fläche des Trägerelements **120** in im wesentlichen gleichen Abständen angeordnet. Das Trägersubstrat **450** ist mit einer Mehrzahl von Signalanschlüssen **432** und Blind-Signalanschlüssen **433** der anderen Seite versehen, die jeweils der Mehrzahl von Signalanschlüssen **430** und Blindsignalanschlüssen **431** der einen Seite gegenüberliegen und mit diesen verbunden sind. Die auf den Balken geformten Dehnungsmeßstreifen sind über die Signalanschlüsse **432** der anderen Seite und mit den Signalanschlüssen verbundenen Verbindungsanschlüssen **460** mit einer externen Einheit verbunden. Die Summe der Höhe der Signalanschlüsse **430** auf der einen Seite und der Signalanschlüsse **432** auf der anderen Seite sowie die Summe der Höhe der Blind-Signalanschlüsse **431** auf der einen Seite und der Blind-Signalanschlüsse **433** auf der anderen Seite sind auf einen Wert  $H_1$  eingestellt, der geringfügig größer ist (zum Beispiel 10 bis 30  $\mu\text{m}$ ) als der Verschiebebetrag des Gewichts **100** während des Betriebs. Wenn also ein Stoß auf den Halbleiterbeschleunigungssensor wirkt, wird das Gas zwischen der oberen Fläche des Gewichts **100** und der unteren Fläche des Trägersubstrats **450** komprimiert, so daß ein Dämpfungsvorgang im Hochfrequenzbereich von zum Beispiel 500 Hz oder höher für das Gewicht **100** durchgeführt wird, wodurch die Stoßfestigkeit des Sensors verbessert wird.

[0070] Es ist günstig, die Signalanschlüsse **430** und **432** und die Blind-Signalanschlüsse **431** und **433** der einen und der anderen Seite aus einem Dickfilm aus einem Metall oder einer Legierung wie etwa aus Au, Ag oder Pb/Sn herzustellen.

#### Fünftes Ausführungsbeispiel

[0071] Die [Fig. 6A](#) und [Fig. 6B](#) zeigen ein fünftes Ausführungsbeispiel eines Halbleiterbeschleunigungssensors. [Fig. 6A](#) ist ein Querschnitt, der den Fall zeigt, wo ein Stoß auf den Sensor der [Fig. 6A](#) wirkt. In [Fig. 6A](#) ist ein zusätzliches Gewicht- und Stoppelement **520** mit einer umgekehrten konvexen Form auf der oberen Fläche des Gewichts **100** angeordnet. Die äußere Peripherie des zusätzlichen Gewicht- und Stoppelements **520** ist größer als die innere Peripherie des Trägerelements **120**. Der Abstand  $H_2$  zwischen der unteren Fläche des äußeren peripheren Bereichs des zusätzlichen Gewicht- und Stoppelements **520** und die obere Fläche des Trägerelements **120** ist auf einen Wert eingestellt, der kleiner ist als der erlaubte Verschiebebetrag des Ge-

wichts **100**. Wenn daher ein Stoß, zum Beispiel ein Stoß mit einer geringen Frequenz von einigen zehn Hz oder weniger, auf den Halbleiterbeschleunigungssensor wirkt, wird die Biegung des Gewichts **100** innerhalb der erlaubten Verschiebung durch das zusätzliche Gewicht- und Stoppelement **520** eingeschränkt, wie in [Fig. 6B](#) gezeigt. Das Vorhandensein des zusätzlichen Gewicht- und Stoppelements **520** erhöht das Gewicht des Gewichts. Dies trägt zu einer Verbesserung der Empfindlichkeit des Sensors bei.

#### Sechstes Ausführungsbeispiel

[0072] Die [Fig. 6A](#) und [Fig. 6B](#) zeigen auch ein sechstes Ausführungsbeispiel eines Halbleiterbeschleunigungssensors. In [Fig. 6A](#) ist ein Trägersubstrat **510** mit einer sich nach oben öffnenden Vertiefung **511** auf der unteren Fläche des Trägerelements **120** angeordnet. Die Vertiefung **511** ist größer als die äußere Peripherie des Gewichts **100**. Der Abstand  $H_1$  zwischen der Fläche der Vertiefung **511** und der unteren Fläche des Gewichts **100** ist auf einen Wert eingestellt, der geringfügig größer ist (zum Beispiel um 10 bis 30  $\mu\text{m}$ ) als der bewegliche Verschiebebetrag des Gewichts **100** während des Betriebs. Wenn also ein Stoß auf den Halbleiterbeschleunigungssensor wirkt, wird das Gas zwischen der unteren Fläche des Gewichts **100** und der Fläche der Vertiefung **511** des Trägersubstrats **510** komprimiert, so daß ein Dämpfungsvorgang auf dieselbe Weise wie in dem Ausführungsbeispiel der [Fig. 4](#) auf das Gewicht wirkt, wodurch die Stoßfestigkeit des Sensors verbessert wird.

#### Siebttes Ausführungsbeispiel

[0073] Die [Fig. 7](#) und [Fig. 8A](#) bis [Fig. 8C](#) zeigen ein siebttes Ausführungsbeispiel eines Halbleiterbeschleunigungssensors. [Fig. 7](#) ist ein Querschnitt, und die [Fig. 8A](#) bis [Fig. 8C](#) zeigen den Sensor der [Fig. 7](#) in größerem Detail. [Fig. 8A](#) ist eine Draufsicht eines oberen Trägersubstrats **610**, [Fig. 8B](#) ist eine Draufsicht eines Sensorbereichs mit einem Gewicht **100**, einem Trägerelement **120** und Balken **111** bis **114**, und [Fig. 8C](#) ist eine Draufsicht eines unteren Trägersubstrats **620**. In den [Fig. 7](#) und [8](#) sind das obere Trägersubstrat **610** und das untere Trägersubstrat **620** jeweils auf der oberen und der unteren Fläche des Trägerelements **120** angeordnet. Das obere Trägersubstrat **610** besitzt eine sich nach unten öffnende Vertiefung **611**. Die Vertiefung **611** ist größer als die äußere Peripherie des Gewichts **100**. In der Vertiefung **611** ist eine Mehrzahl (z.B. 4) von nach unten gehenden Ausstülpungen **612** an der äußeren Peripherie des Gewichts **100** gegenüberliegenden Stellen geformt. Das untere Trägersubstrat **620** besitzt eine sich nach oben öffnende Vertiefung **621**. Die Vertiefung **621** ist größer als die äußere Peripherie des Gewichts **100**. In der Vertiefung **621** ist eine Mehrzahl (z.B. 4) von nach oben gehenden Ausstülpungen **622** an der äußeren Peripherie des Gewichts



**100** gegenüberliegenden Stellen geformt. Die Abstände zwischen den oberen und unteren Flächen des Gewichts **100** und den Flächen der Vertiefungen **611** und **621** der oberen und unteren Trägersubstrate **610** und **620** sind auf einen Wert  $H_1$  eingestellt, der geringfügig größer ist (zum Beispiel um 10 bis 40  $\mu\text{m}$ ) als der bewegliche Verschiebebetrag des Gewichts **100** während des Betriebs. Die Abstände zwischen den oberen und unteren Flächen des Gewichts **100** und den in den Vertiefungen **611** und **621** geformten Ausstülpungen **612** und **622** der oberen und unteren Trägersubstrate **610** und **620** sind auf einen Wert  $H_2$  eingestellt, der kleiner ist als der erlaubte Verschiebebetrag des Gewichts **100**.

[0074] Wenn also ein Stoß auf den Halbleiterbeschleunigungssensor wirkt, wird das Gas zwischen der oberen und unteren Fläche des Gewichts **100** und der Fläche der Vertiefung **611** des oberen Trägersubstrats **610** oder die Fläche der Vertiefung **621** des unteren Trägersubstrats **620** komprimiert, so daß ein Dämpfungsvorgang auf dieselbe Weise wie in dem vierten Ausführungsbeispiel der [Fig. 4](#) und 5 auf das Gewicht wirkt, wodurch die Stoßfestigkeit des Sensors verbessert wird. Darüberhinaus wird die Biegung des Gewichts **100** durch die in den Vertiefungen **611** oder **621** der oberen oder unteren Trägersubstrate **610** oder **620** geformten Ausstülpungen **612** oder **622** auf dieselbe Weise wie bei dem fünften, in [Fig. 6](#) gezeigten Ausführungsbeispiel innerhalb des erlaubten Verschiebebetrags eingeschränkt.

#### Achtes Ausführungsbeispiel

[0075] Die [Fig. 9](#) und [Fig. 10A](#) bis [Fig. 10C](#) zeigen ein achtes Ausführungsbeispiel eines Halbleiterbeschleunigungssensors. [Fig. 9](#) ist ein Querschnitt, und die [Fig. 10A](#) bis [Fig. 10C](#) zeigen den Sensor der [Fig. 9](#) in größerem Detail. [Fig. 10A](#) ist eine Draufsicht eines oberen Trägersubstrats **710**, [Fig. 10B](#) ist eine Draufsicht eines Sensorbereichs mit einem Gewicht **100**, einem Trägerelement **120** und Balken **111** bis **114**, und [Fig. 10C](#) ist eine Draufsicht eines unteren Trägersubstrats **720**.

[0076] Die Konfiguration und die Arbeitsweise des in den [Fig. 9](#) und 10 gezeigten achten Ausführungsbeispiels sind die gleichen wie bei dem in den [Fig. 7](#) und 8 gezeigten siebten Ausführungsbeispiel, außer daß Ausstülpungen **712** und **722** an der äußeren Peripherie des Gewichtes **100** gegenüberliegenden Stellen anstelle der in den [Fig. 7](#) und 8 gezeigten Mehrzahl (z.B. 4) von Ausstülpungen **612** und **622**, die an der äußeren Peripherie des Gewichtes **100** gegenüberliegenden Stellen geformt sind, angeordnet sind. Die Ausstülpungen **712** und **722** erstrecken sich entlang der äußeren Peripherie des Gewichtes **100**.

[0077] Wie in [Fig. 11](#) gezeigt, ist, falls erforderlich, jeder der oben beschriebenen Halbleiterbeschleuni-

gungssensoren in einem hermetisch abgeschlossenen Behälter **850** untergebracht, der ein inertes Gas enthält. Diese Anordnung ermöglicht, die Sensoren hinreichend sicher auch unter harten Umweltbedingungen für Kraftfahrzeugsensoren zu verwenden. In [Fig. 11](#) bezeichnet **810** einen der Halbleiterbeschleunigungssensoren, und **820** bezeichnet einen Verstärker für ein Detektionssignal.

[0078] Die [Fig. 17A](#) und [Fig. 17B](#) zeigen einen Halbleiterbeschleunigungssensor. [Fig. 17A](#) ist eine Draufsicht und [Fig. 17B](#) ist ein Querschnitt entlang der Linie A-A der [Fig. 17A](#). Wie in den [Fig. 17A](#) und [Fig. 17B](#) gezeigt, ist der Halbleiterbeschleunigungssensor aus einem Halbleiter geformt und umfaßt ein quadratisches, dickwandiges Gewicht **901**, das zum Beispiel 400  $\mu\text{m}$  dick ist, einen dickwandigen Träger **906**, der mit einer inneren quadratischen Öffnung versehen ist, die in einem vorgegebenen Abstand von dem Gewicht **901** angeordnet ist und die so geformt ist, daß sie das Gewicht **901** umgibt, vier dünnwandige Balken **902**, **903**, **904**, **905**, die zum Beispiel 20–40  $\mu\text{m}$  dick sind zum Verbinden von vier Endseiten auf beiden gegenüberliegenden, äußeren Seiten des Gewichtes **901** mit den jeweils gegenüberliegenden, inneren Seiten des Trägers **906**, und jeweils in den Balken **902**, **903**, **904**, **905** geformte Dehnungsmeßstreifen **902A**, **902B**, **903A**, **903B**, **904A**, **904B**, **905A**, **905B**. Die Dehnungsmeßstreifen **902A**, **903A**, **904A**, **905A** von all diesen Dehnungsmeßstreifen sind in den oberen Oberflächen der Verbindungen zwischen dem Träger **906** und den Balken **902**, **903**, **904**, **905** jeweils in der Längsrichtung der Balken geformt. Auf der anderen Seite sind die Dehnungsmeßstreifen **902B**, **903B**, **904B**, **905B** in den oberen Oberflächen der Verbindungen zwischen dem Gewicht **901** und den Balken **902**, **903**, **904**, **905** jeweils in der Längsrichtung der Balken geformt. Unter der Annahme, daß die in den oberen Oberflächen der Verbindungen zwischen den Balken und dem Träger geformten Dehnungsmeßstreifen **902A**, **903A**, **904A**, **905A** Dehnungsmeßstreifen der ersten Seite genannt werden und daß die in den oberen Oberflächen der Verbindungen zwischen den Balken und dem Gewicht geformten Dehnungsmeßstreifen **902B**, **903B**, **904B**, **905B** Dehnungsmeßstreifen der zweiten Seite genannt werden, kann eine Wheatstone-Brücke, wie in [Fig. 19](#) gezeigt gebildet werden, indem zwei Dehnungsmeßstreifen **902A**, **905A** der vier Dehnungsmeßstreifen den Dehnungsmeßstreifen **903A**, **904A** symmetrisch bezüglich dem Mittelpunkt C des Gewichtes **901** gegenüberliegen und indem zwei Dehnungsmeßstreifen **902B**, **905B** der vier Dehnungsmeßstreifen den Dehnungsmeßstreifen **903B**, **904B** symmetrisch bezüglich dem Mittelpunkt C des Gewichtes **901** gegenüberliegen. In diesem Fall bezeichnet V einen Spannungsversorgungsanschluß, G einen Masseanschluß und S1, S2 Signalausgabeeanschlüsse.

**[0079]** Wenn eine Beschleunigung in Richtung des Pfeiles V in [Fig. 17B](#) auf das Gewicht **901** wirkt, also in einer Richtung senkrecht zum Gewicht **901** (die Richtung, in der die Beschleunigung gemessen wird), erfährt das Gewicht **901** eine vertikale Kraft  $F_v$ , bewegt sich nach unten, wie in [Fig. 20](#) gezeigt, und wird von den Balken **902**, **903** und **904**, **905** auf beiden Seiten gehalten. Zu diesem Zeitpunkt wirkt eine Zugspannung auf die oberen Oberflächen der Verbindungen zwischen den Balken und dem Träger **906**, während Druckspannungen auf die oberen Oberflächen der Verbindungen zwischen den Balken und dem Gewicht **901** wirken. Dann nehmen die Widerstände der Dehnungsmeßstreifen **902A**, **903A**, **904A**, **905A** auf der ersten Seite zu und die Widerstände der Dehnungsmeßstreifen **902B**, **903B**, **904B**, **905B** auf der zweiten Seite nehmen ab. Meßsignale, deren Höhe proportional der Beschleunigung ist, werden folglich von den Ausgabeanschlüssen S1, S2 der Wheatstone-Brücke ausgegeben.

**[0080]** Wenn eine Beschleunigung in der Richtung des Pfeiles H in [Fig. 17B](#) auf das Gewicht **901** wirkt, also in der Querrichtung (die Richtung, in der die Beschleunigung nicht gemessen wird), erzeugt ein Drehmoment, das durch den Abstand L von der Spannungsmittelpunktslinie **909** des Balkens zum Schwerpunkt W des Gewicht **901** und die in dem Gewicht **901** aufgrund der Beschleunigung erzeugte Querkraft  $F_h$  erzeugt wird, eine Verbiegung wie in [Fig. 21](#) gezeigt. Hinsichtlich der Balken **902**, **903** auf der Seite, die von dem Gewicht **901** gedrückt wird, wirkt eine Druckspannung auf die obere Oberfläche der Verbindung jedes Balkens mit dem Träger und eine Zugspannung wirkt auf die obere Oberfläche der Verbindung jedes Balkens mit dem Gewicht. Hinsichtlich der Balken **904**, **905** auf der Seite, die von dem Gewicht **901** gezogen wird, wirkt eine Zugspannung auf die obere Oberfläche der Verbindung jedes Balkens mit dem Träger und eine Druckspannung wirkt auf die obere Oberfläche der Verbindung jedes Balkens mit dem Gewicht.

**[0081]** Daher ergeben die beiden Paare von Dehnungsmeßstreifen **902A**, **905A** und **903A**, **904A**, die symmetrisch bezüglich des Mittelpunktes C des Gewicht **901** unter den vier Dehnungsmeßstreifen **902A**, **903A**, **904A**, **905A** auf der ersten Seite sind, die folgenden Ergebnisse: der Widerstand von **902A** nimmt ab und der von **905A** nimmt zu, so daß sich die Widerstandsänderungen aufheben; und der Widerstand von **903A** nimmt ab und der von **904A** nimmt zu, so daß sich die Widerstandsänderungen ebenfalls aufheben. Dies ist ebenfalls der Fall bei den Dehnungsmeßstreifen **902B**, **903B**, **904B**, **905B** der zweiten Seite, deren Widerstandsänderungen sich aufheben. Mit anderen Worten, es wird kein Signal von der Wheatstone-Brücke ausgegeben.

**[0082]** Da das Gewicht **901** dieses Halbleiterbe-

schleunigungssensors von den Balken **902**, **903** und **904**, **905** auf beiden Seiten gehalten wird, wird das Gewicht von den Balken auf der linken und der rechten Seite gehalten, wenn eine Beschleunigung in der Querrichtung (die nicht die Meßrichtung ist) wirkt. Daher ist die Biegung der Balken in diesem Fall viel geringer als die der Balken im herkömmlichen Fall, bei dem das Gewicht nur von den Balken auf einer Seite gehalten wird. Weiterhin wird die Störausgabe deutlich verringert, da sich die Widerstandsänderungen der Dehnungsmeßstreifen gegenseitig aufheben, wie zuvor erklärt.

**[0083]** Die [Fig. 18A](#) und [Fig. 18B](#) zeigen einen weiteren Halbleiterbeschleunigungssensor entsprechend der vorliegenden Erfindung: [Fig. 18A](#) ist eine Draufsicht, und [Fig. 18B](#) ist ein Querschnitt entlang der Linie B-B der [Fig. 18A](#). Wie in den [Fig. 18A](#) und [Fig. 18B](#) gezeigt, ist der Halbleiterbeschleunigungssensor aus einem Halbleiter geformt und umfaßt ein Gewicht **901** mit einem quadratischen, dickwandigen, zentralen Bereich **901A**, der zum Beispiel 400  $\mu\text{m}$  dick ist, und vier quadratische, dickwandige Ausstülpungen **901A**, **901B**, **901C**, **901D**, die auf den jeweiligen Seiten des zentralen Bereichs **901A** geformt sind, wobei die Seiten davon untereinander einen rechten Winkel um den Mittelpunkt des zentralen Bereichs **901A** bilden, einen dickwandigen Träger **906** mit einer quadratischen, inneren Öffnung, die in einem vorgegebenen Abstand von den äußeren Seiten der Ausstülpungen **901A**, **901B**, **901C**, **901D** des Gewicht **901** entfernt derart angeordnet ist, daß sie das Gewicht **901** umgibt, vier dünnwandige Balken **902**, **903**, **904**, **905**, die zum Beispiel 20–40  $\mu\text{m}$  dick sind, zum Verbinden der einen Seiten der Ausstülpungen **901A**, **901B**, **901C**, **901D** des Gewicht **901**, wobei die Seiten davon untereinander einen rechten Winkel um den Mittelpunkt des zentralen Bereichs **901A** des Gewicht **901** bilden, mit den jeweils gegenüberliegenden Seiten des Trägers **906** und in den jeweiligen Balken **902**, **903**, **904**, **905** geformte Dehnungsmeßstreifen **902A**, **902B**, **903A**, **903B**, **904A**, **904B**, **905A**, **905B**. Die Dehnungsmeßstreifen **902A**, **903A**, **904A**, **905A** von all diesen Dehnungsmeßstreifen sind in den oberen Oberflächen der Verbindungen zwischen dem Träger **906** und den Balken **902**, **903**, **904**, **905** jeweils in der Längsrichtung der Balken geformt. Auf der anderen Seite sind die Dehnungsmeßstreifen **902B**, **903B**, **904B**, **905B** von all diesen Dehnungsmeßstreifen in den oberen Oberflächen der Verbindungen zwischen dem Gewicht **901** und den Balken **902**, **903**, **904**, **905** jeweils in der Längsrichtung der Balken geformt. Die Dehnungsmeßstreifen sind genauso angeordnet, wie in den [Fig. 17A](#) und [Fig. 17B](#) gezeigt.

**[0084]** Da die Balken **902**, **903**, **904**, **905** entlang der jeweiligen Seiten des zentralen Bereichs **901A** des Gewicht **901** in dem Halbleiterbeschleunigungssensor geformt sind, können ihre Längsseiten länger ge-

macht werden, wodurch die Balken leichter gebogen werden, was die Meßempfindlichkeit weiter verbessert.

**[0085]** In diesem Fall können die auf den jeweiligen Seiten des Gewichts **901** angeordneten Ausstülpungen **901A**, **901B**, **901C**, **901D** an den einen Enden der jeweiligen Seiten angeordnet sein, um jeden der Balken **902**, **903**, **904**, **905** auf einer der beiden Seiten der Ausstülpung zu formen, wobei die eine Seite weiter als die andere Seite von der gegenüberliegenden Innenseite des Trägers **906** entfernt ist. Aus dieser Weise kann die Länge der Balken vergrößert werden.

**[0086]** Außerdem sind Passivierungsfilme **910** aus  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{SiN}$  oder dergleichen auf den Oberflächen der Balken geformt, um die Dehnungsmeßstreifen in der oberen Oberfläche des Halbleiterbeschleunigungssensors zu schützen, wie den [Fig. 17A](#) und [Fig. 17B](#) oder [Fig. 18A](#) und [Fig. 18B](#) gezeigt. Der Passivierungsfilm wird normalerweise bei Temperaturen von mehreren hundert Grad geformt, bevor die Temperatur auf die normale Temperatur zurückgefahren wird. Die unterschiedlichen thermischen Ausdehnungskoeffizienten des Passivierungsfilms und des Halbleiters Silizium verursachen bleibende Spannungen in der Oberfläche des Halbleiters Silizium. Auch wenn sich die Widerstände der Dehnungsmeßstreifen **902A**, **902B**, **903A**, **903B**, **904A**, **904B**, **905A**, **905B** entsprechend ändern, wird dieselbe Widerstandsänderung erzeugt, da alle Dehnungsmeßstreifen in den oberen Oberflächen der Balken in der Längsrichtung der Balken angeordnet sind. Da diese Dehnungsmeßstreifen dieselben Widerstandsänderungen erzeugen, heben sich, wenn sie mit der Wheatstone-Brücke der [Fig. 5](#) verbunden sind, die Widerstandsänderungen gegenseitig auf, so daß keine Offsetspannung erzeugt wird.

**[0087]** Jeder der oben beschriebenen Halbleiterbeschleunigungssensoren besitzt eine Konfiguration, durch die die Stoßfestigkeit des Sensors verbessert wird, und kann in einem hermetisch abgeschlossenen Behälter, der ein inertes Gas enthält, statt in einem herkömmlichen hermetisch abgeschlossenen Behälter angeordnet werden, der eine Dämpfungsflüssigkeit enthält, wodurch die Produktionsausbeute verbessert wird.

**[0088]** Wie oben beschrieben wird bei den Halbleiterbeschleunigungssensoren nach der vorliegenden Erfindung der Betrag einer Störausgabe reduziert, die Arbeitsgenauigkeit des Ätzprozesses bei der Produktion wird verbessert, und die Stoßfestigkeit wird verbessert, so daß es nicht erforderlich ist, daß der Sensor in einem hermetisch abgeschlossenen Gehäuse angeordnet wird, das eine Dämpfungsflüssigkeit enthält. Erfindungsgemäß wird daher ein sehr leistungsfähiger und preiswerter Halbleiterbeschleunigungssensor mit einer hervorragenden Meßgenauigkeit und einer verbesserten Produktionsausbeute zur Verfügung gestellt.

nigungssensor mit einer hervorragenden Meßgenauigkeit und einer verbesserten Produktionsausbeute zur Verfügung gestellt.

**[0089]** Da die vorliegende Erfindung darauf abzielt, die Meßempfindlichkeit zu verbessern und die Stör- und Offsetsausgaben ohne die Notwendigkeit von zusätzlichen Arbeitsschritten zu verringern, indem sie die Konfiguration des aus einem Halbleiter geformten Halbleiterbeschleunigungssensors, die Anzahl und Positionen der darin zu formenden Dehnungsmeßstreifen und die Art ihrer Verbindung angibt, ist es möglich einen sehr leistungsfähigen Halbleiterbeschleunigungssensor mit geringen Kosten zu erzeugen. Ein Halbleiterbeschleunigungssensor dieser Art ist für verschiedene Verwendungen geeignet, um nicht nur die Verwendung in der Automobilindustrie zu erwähnen.

### Patentansprüche

1. Halbleiterbeschleunigungssensor, der aus einem Halbleiter geformt ist, wobei er umfasst: ein Gewicht (**901**) mit einem zentralen, quadratischen, dickwandigen Bereich (**901A**) und vier quadratischen, dickwandigen Ausstülpungen (**901A**, **901B**, **901C**, **901D**), die auf den jeweiligen Seiten des zentralen Bereichs geformt sind, wobei die Seiten davon untereinander einen rechten Winkel um den Mittelpunkt des zentralen Bereichs bilden, einen dickwandigen Träger (**906**), mit einer quadratischen, inneren Öffnung, die in einem vorgegebenen Abstand von den äußeren Seiten der Ausstülpungen des Gewichts entfernt derart angeordnet ist, dass sie das Gewicht umgibt, vier dünnwandige Balken (**902**, **903**, **904**, **905**) zum Verbinden den der einen Seiten der Ausstülpungen des Gewichts, wobei die Seiten davon untereinander einen rechten Winkel um den Mittelpunkt des zentralen Bereichs bilden, und jeweils in den Balken geformten Dehnungsmessstreifen (**902A**, **902B**, **903A**, **903B**, **904A**, **904B**, **905A**, **905B**), wobei die in den vier Balken geformten Dehnungsmessstreifen des Halbleiterbeschleunigungssensors vier Dehnungsmessstreifen auf einer ersten Seite umfassen, wobei diese vier Dehnungsmessstreifen in den oberen Oberflächen der Verbindungen zwischen den Balken und dem Träger jeweils in der Längsrichtung der Balken geformt sind, und vier Dehnungsmessstreifen auf einer zweiten Seite umfassen, wobei diese vier Dehnungsmessstreifen in den oberen Oberflächen der Verbindungen zwischen den Balken und dem Gewicht jeweils in der Längsrichtung der Balken geformt sind, wodurch eine Wheatstone-Brücke gebildet wird, indem zwei Dehnungsmessstreifen von den vier Dehnungsmessstreifen, die die Dehnungsmessstreifen der ersten Seite bilden den verbleibenden zwei symmetrisch zum Mittelpunkt des Gewichts gegenüberliegen und indem zwei Deh-

nungsmessstreifen von den vier Dehnungsmessstreifen, die die Dehnungsmessstreifen der zweiten Seite bilden den verbleibenden zwei symmetrisch zum Mittelpunkt des Gewichts gegenüberliegen, **dadurch gekennzeichnet**, dass Passivierungsfilme (910) auf den Oberflächen der Balken mit den darin geformten Dehnungsmessstreifen in dem Halbleiterbeschleunigungssensor geformt sind.

2. Halbleiterbeschleunigungssensor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Sensor in einem Behälter angeordnet ist, der ein inertes Gas enthält.

Es folgen 15 Blatt Zeichnungen

FIG. 1A

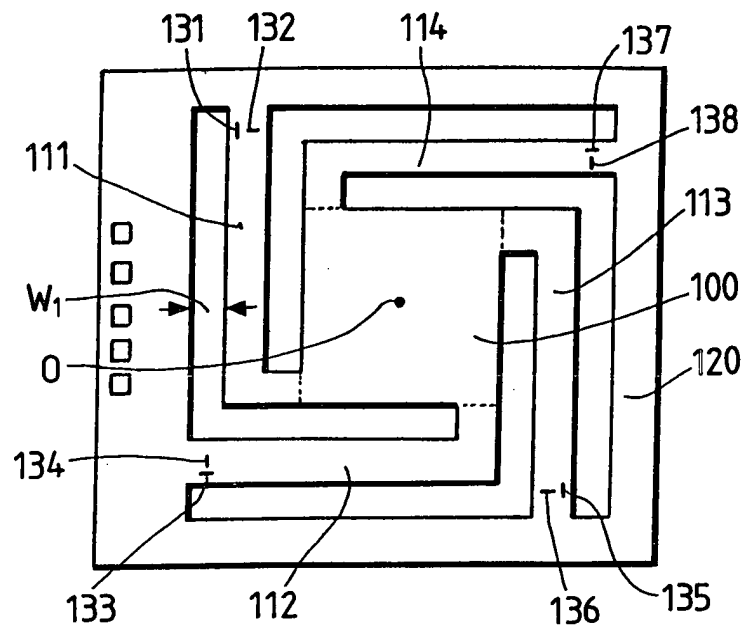


FIG. 1B

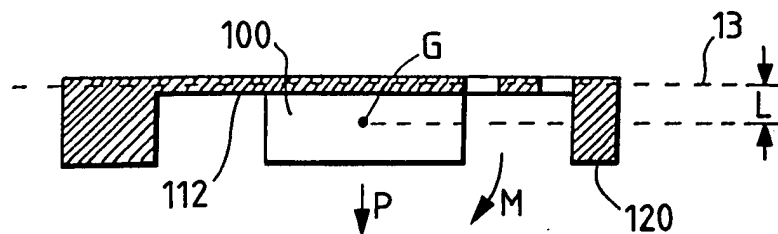


FIG. 1C

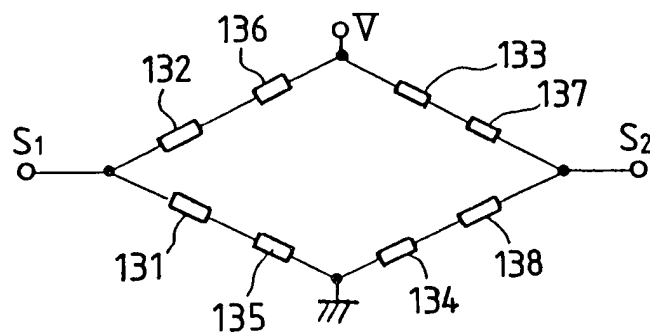


FIG. 2A

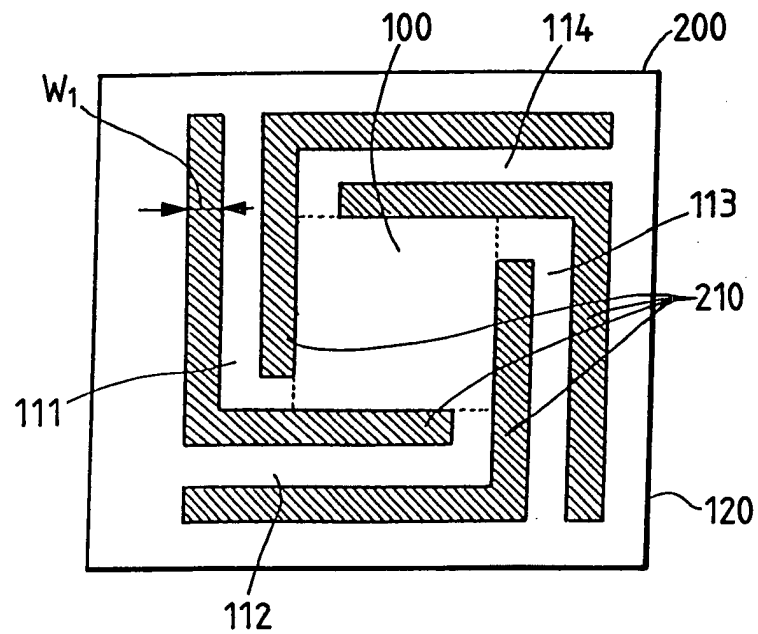


FIG. 2B

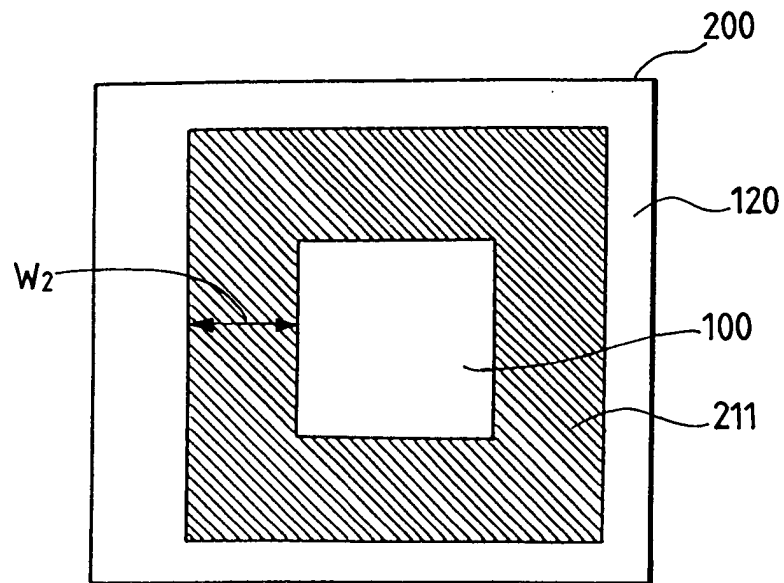




FIG. 3A

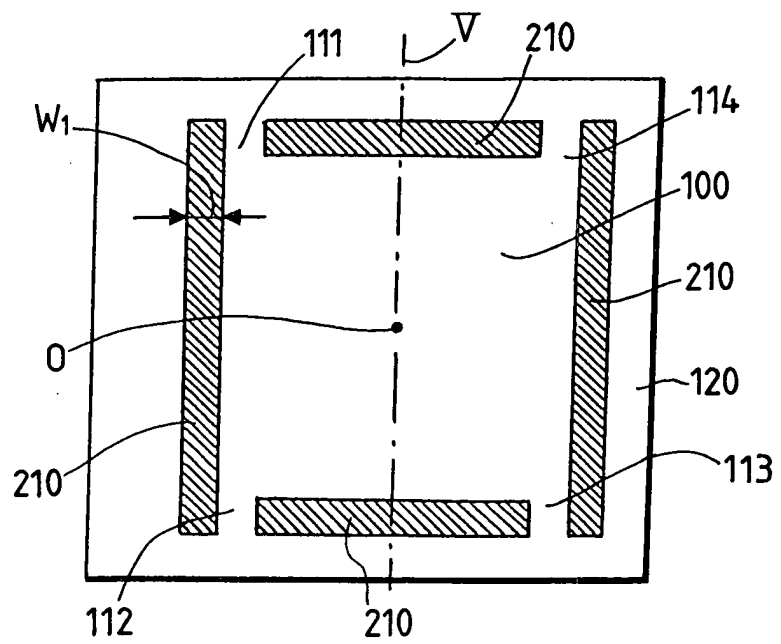


FIG. 3B

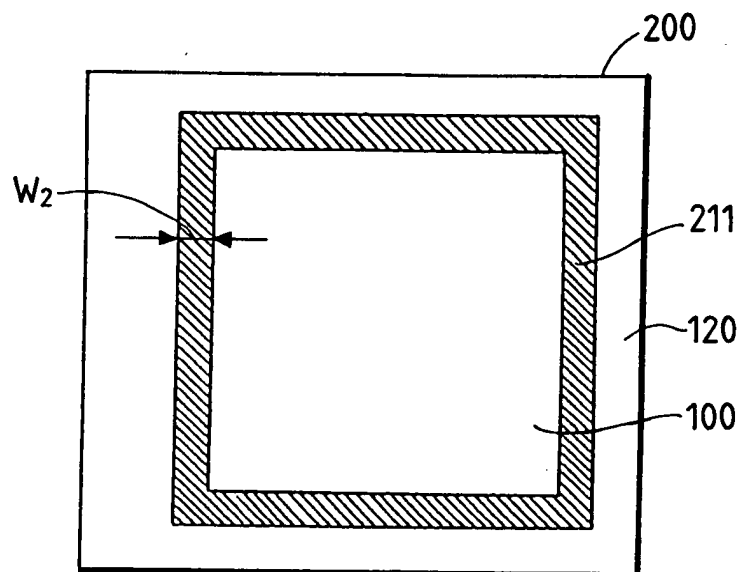
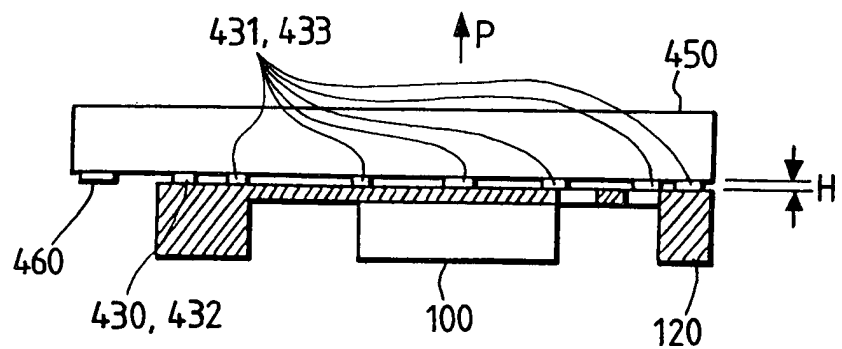
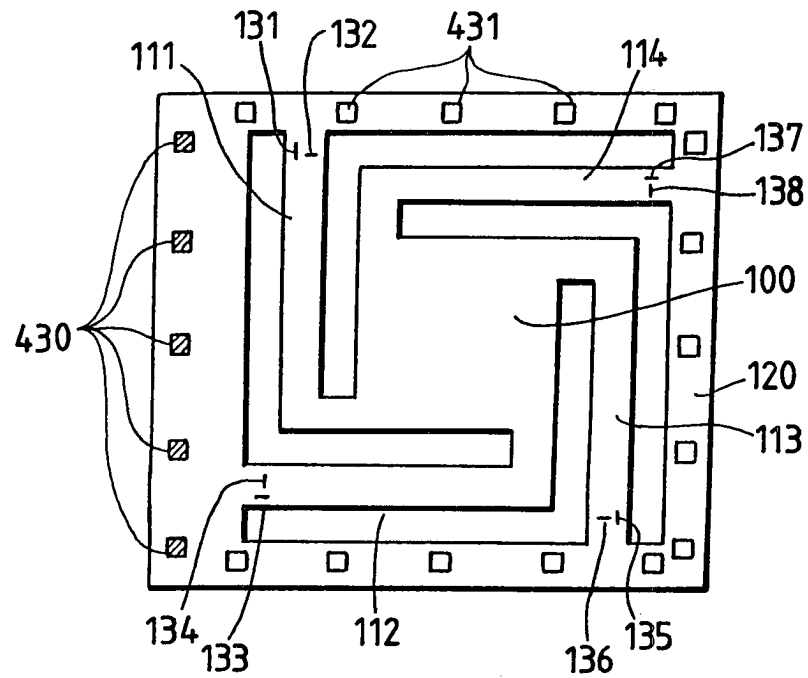


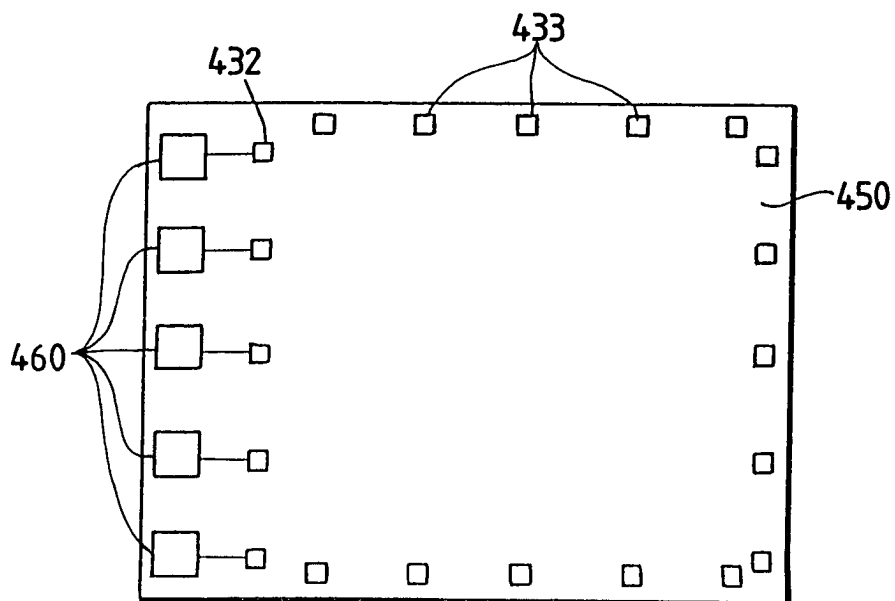
FIG. 4



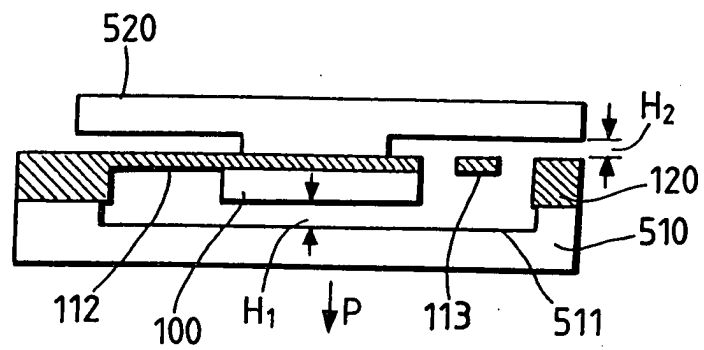
*FIG. 5A*



*FIG. 5B*



*FIG. 6A*



*FIG. 6B*

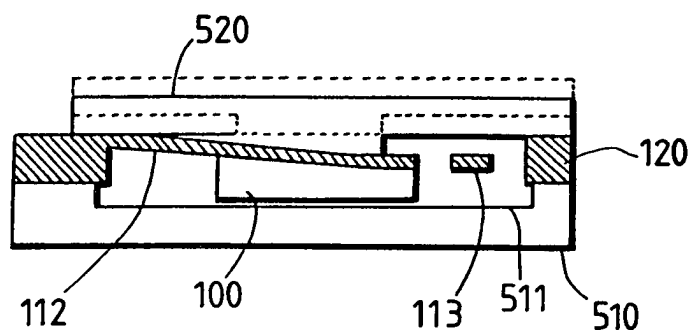


FIG. 7

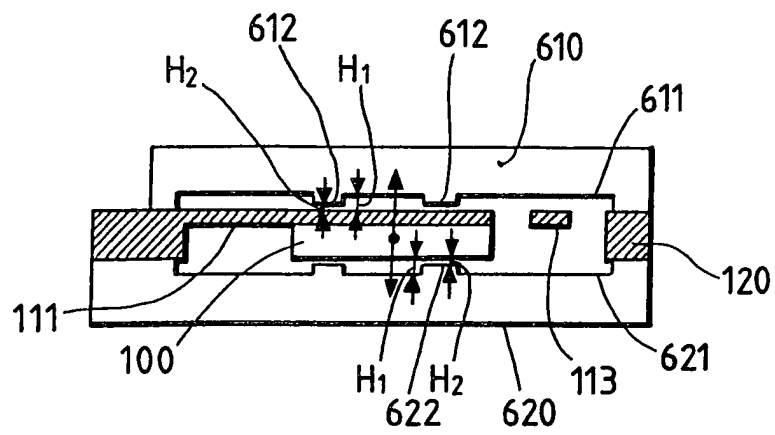


FIG. 9

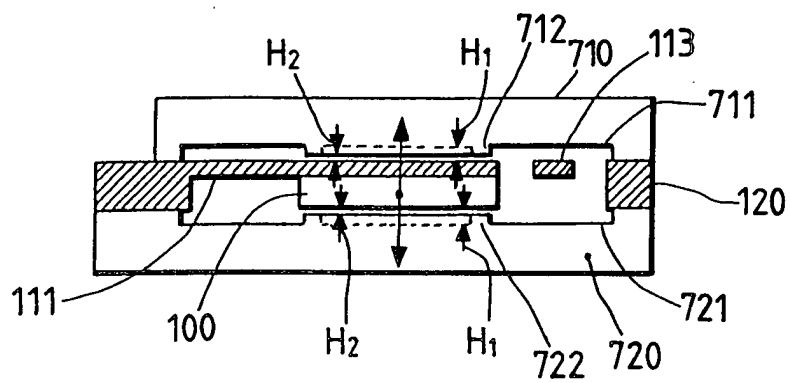


FIG. 8A

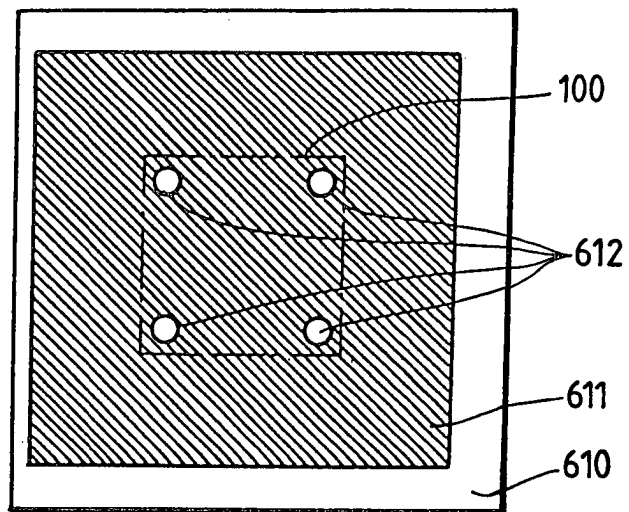


FIG. 8B

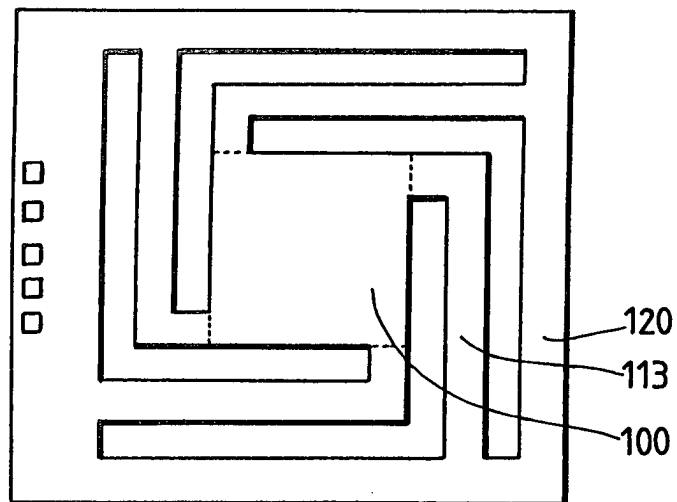
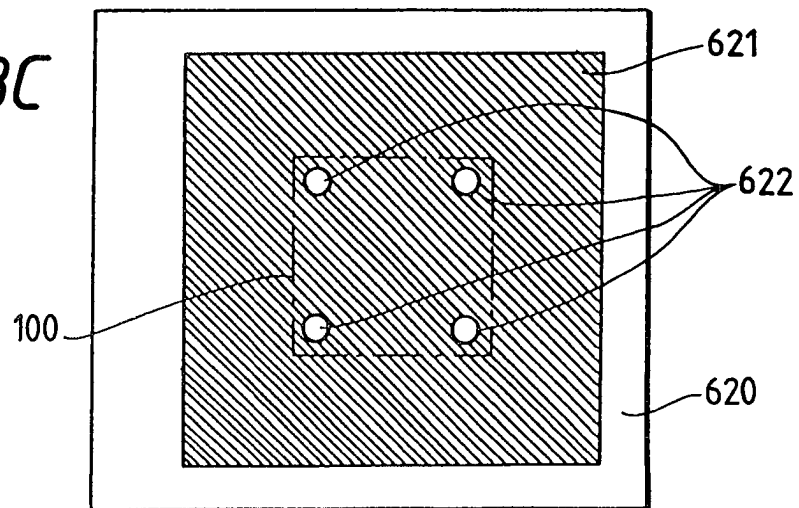
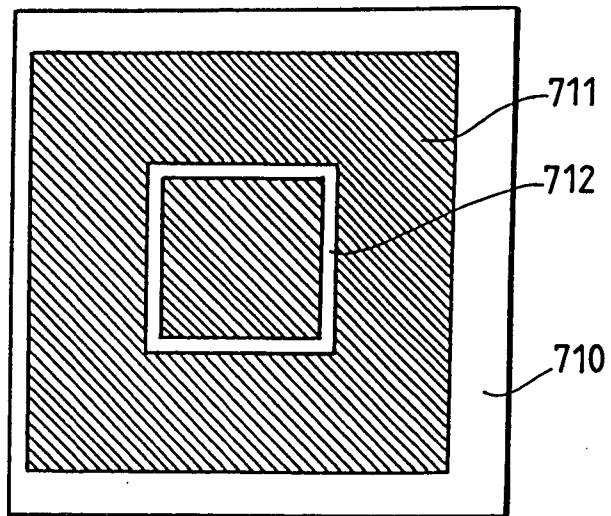


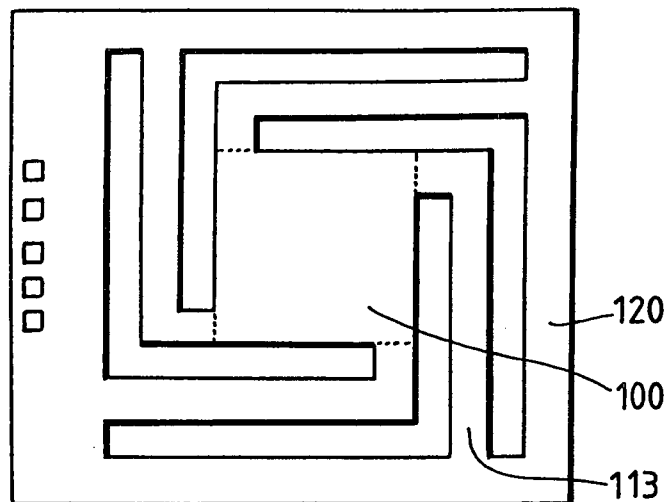
FIG. 8C



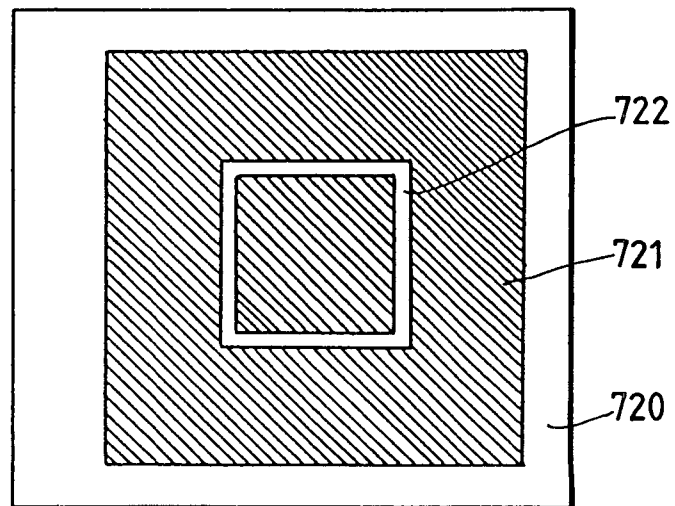
*FIG. 10A*



*FIG. 10B*

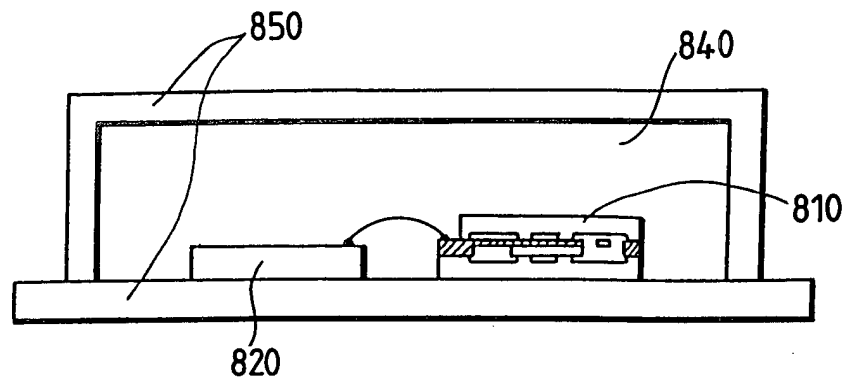


*FIG. 10C*

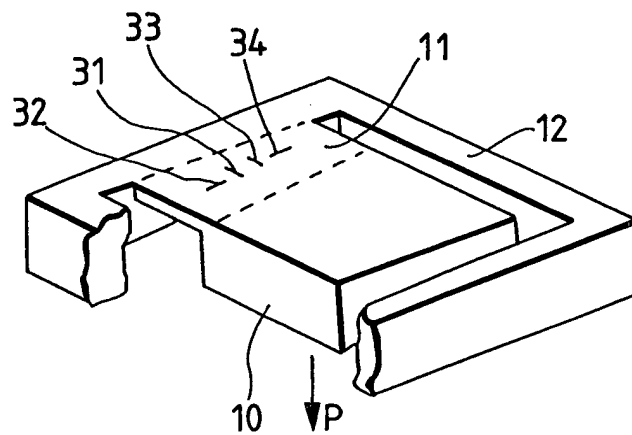




*FIG. 11*



*FIG. 12A*



*FIG. 12B*

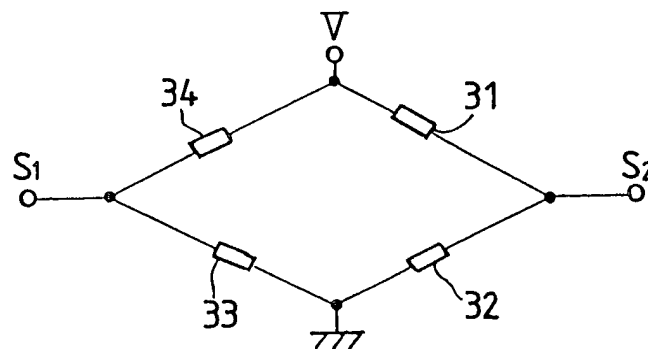


FIG. 13

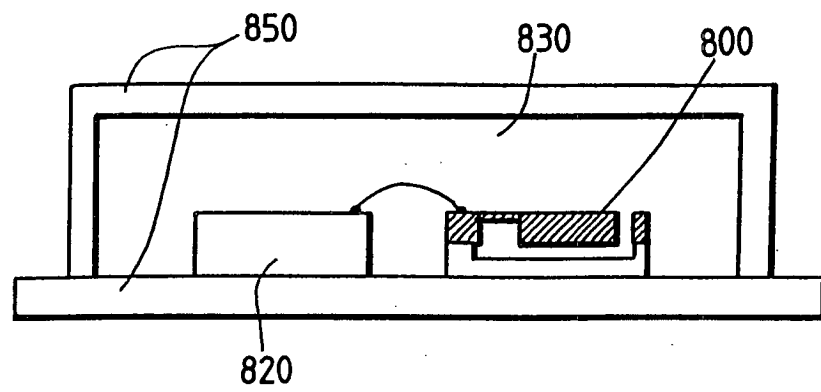


FIG. 14

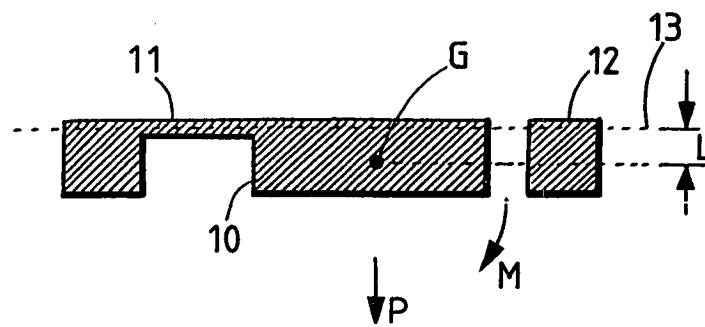


FIG. 15

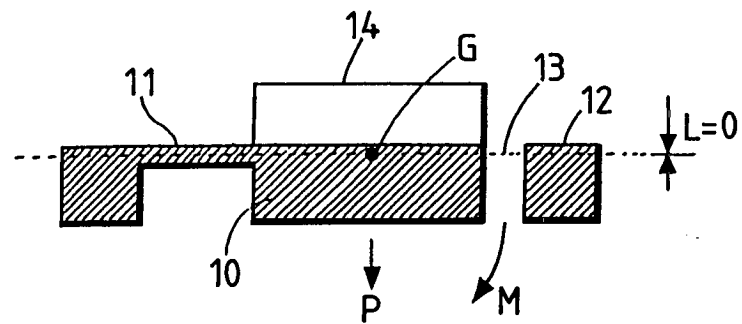


FIG. 16

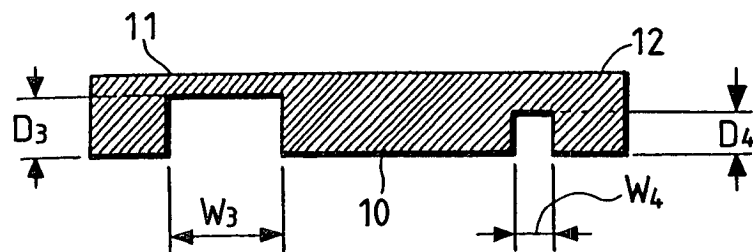


FIG. 17A

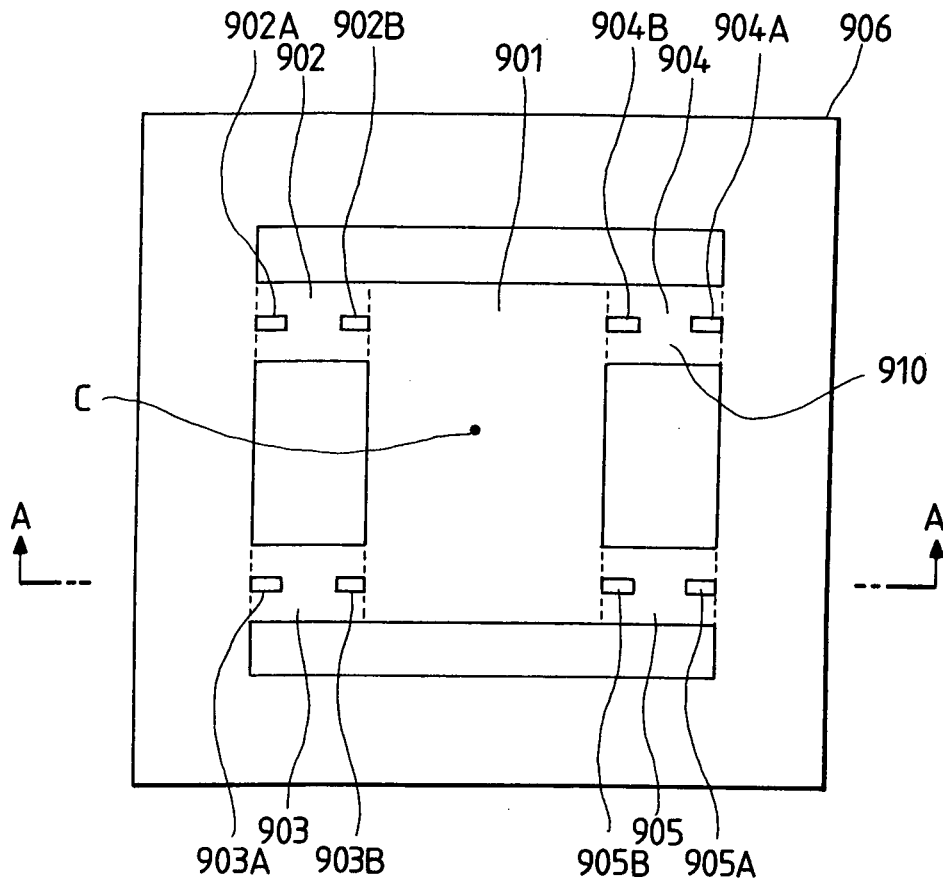


FIG. 17B

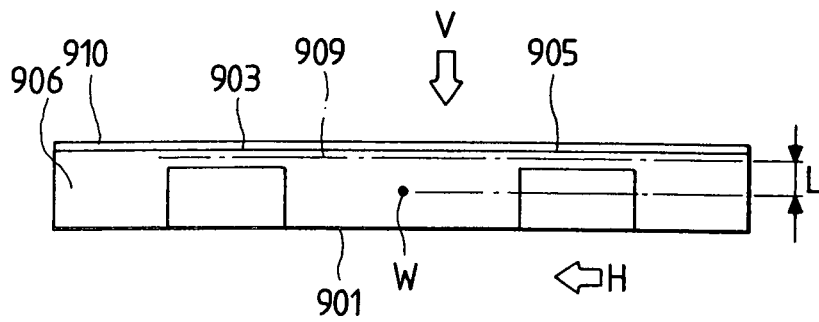


FIG. 18A

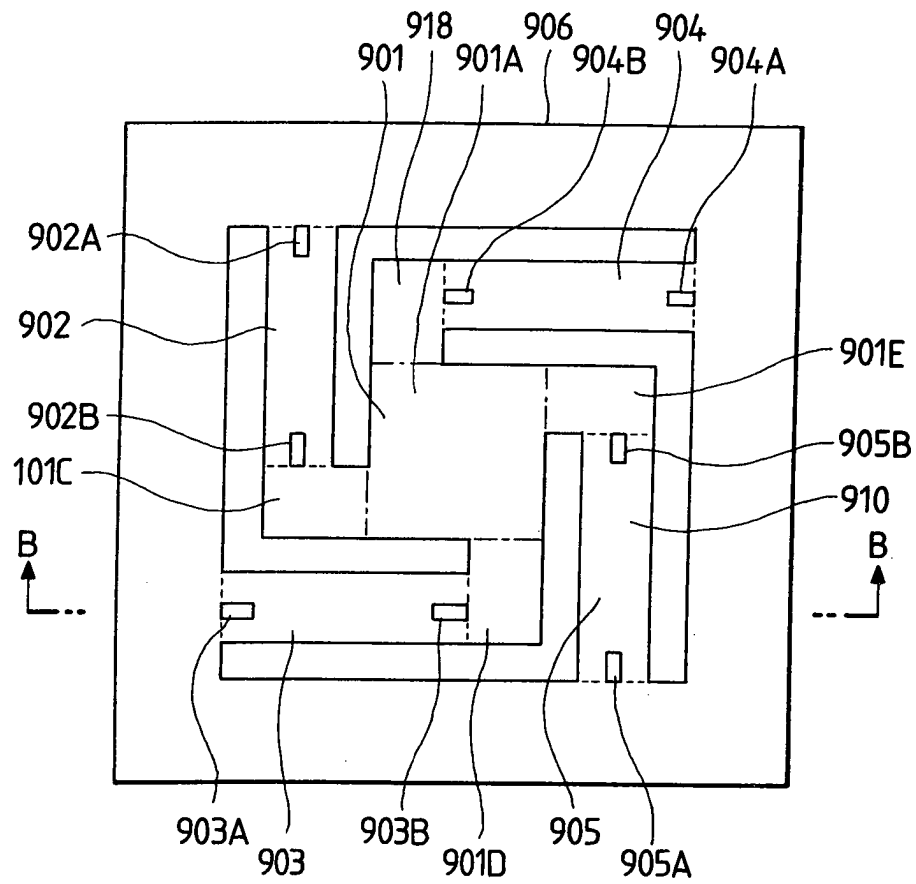


FIG. 18B

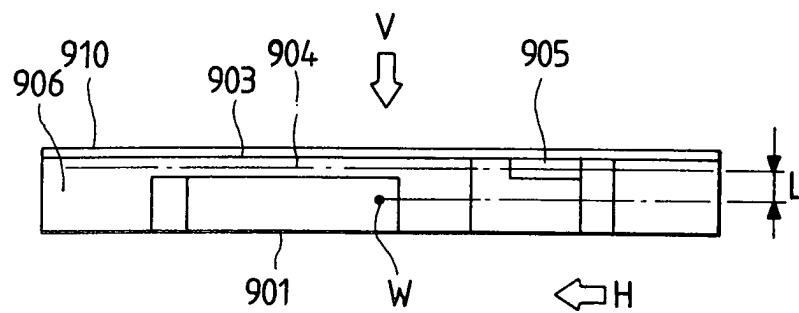


FIG. 19

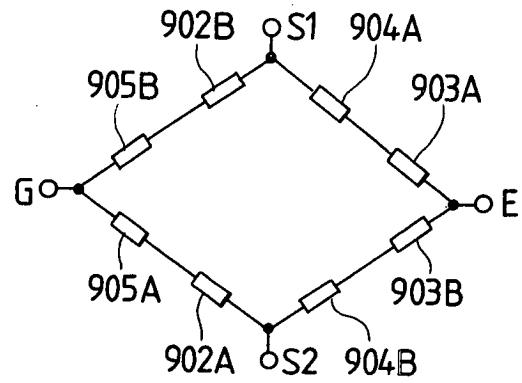


FIG. 20

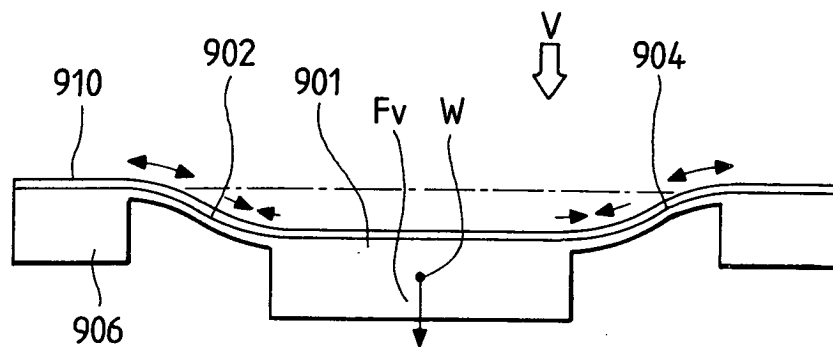


FIG. 21

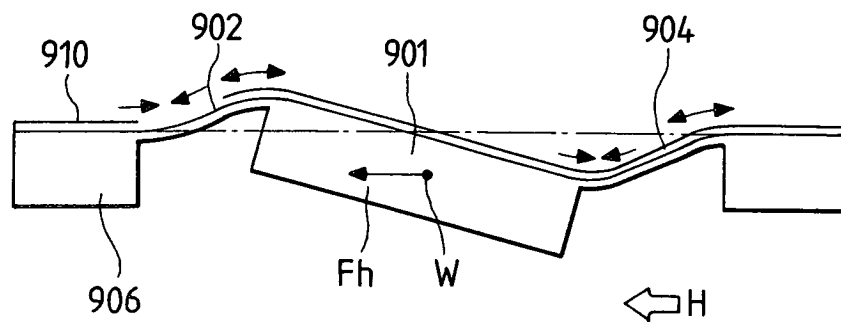


FIG. 22

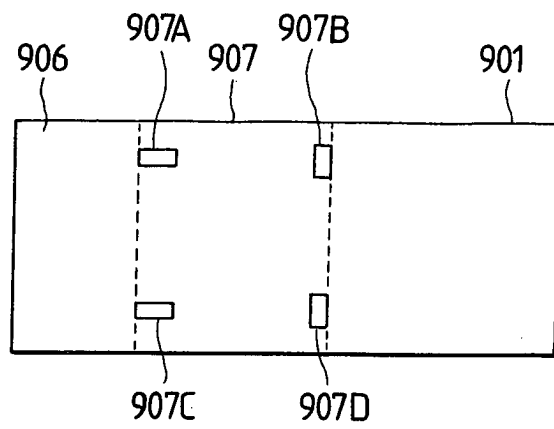


FIG. 23

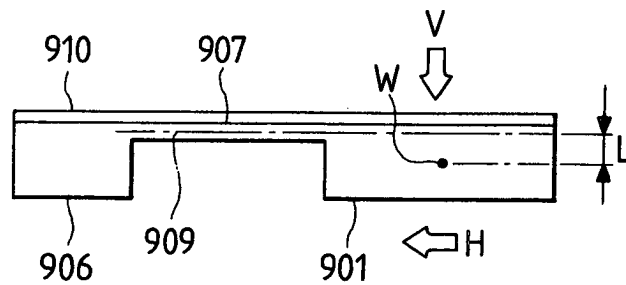


FIG. 24

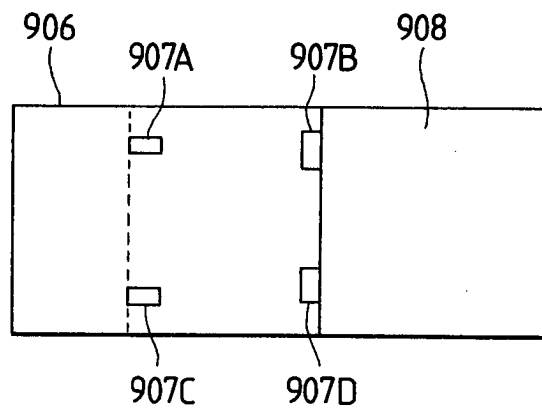


FIG. 25

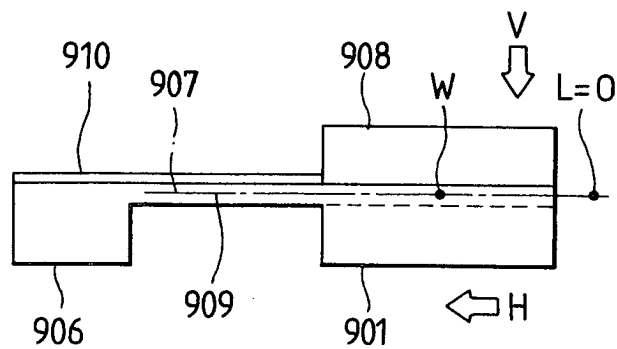




FIG. 26

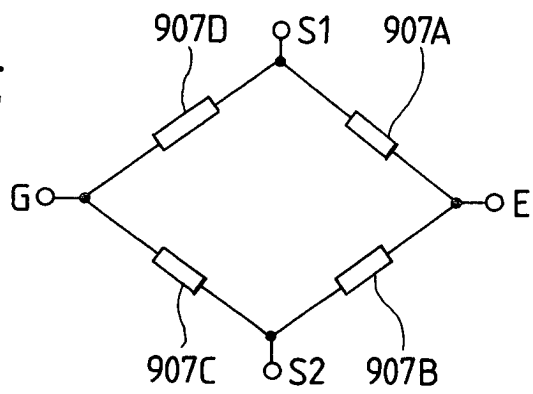


FIG. 27

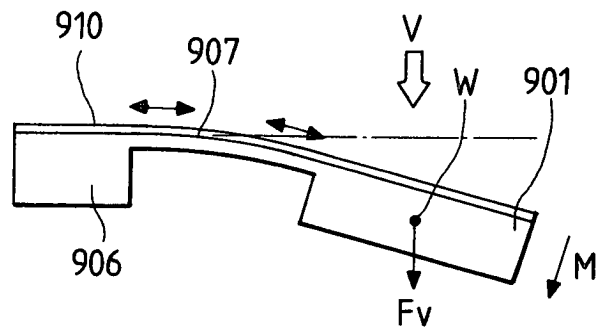


FIG. 28

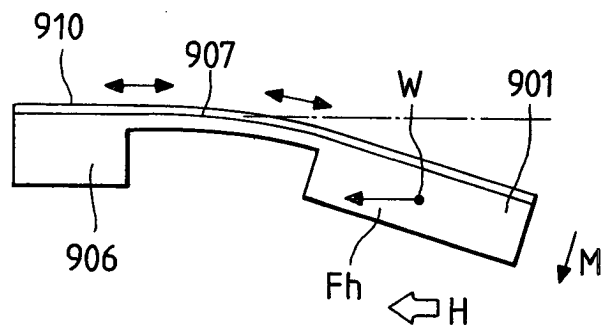


FIG. 29

