(19) Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 101 47 997 B4** 2004.05.19

(12) **Patentschrift**

(21) Aktenzeichen: **101 47 997.2**
(22) Anmeldetag: **28.09.2001**
(43) Offenlegungstag: **18.04.2002**
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **19.05.2004**

(51) Int Cl.[7]: **G01P 15/09**

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden.

(30) Unionspriorität:
**2000-298008 29.09.2000 JP**

(71) Patentinhaber:
**Murata Mfg. Co., Ltd., Nagaokakyo, Kyoto, JP**

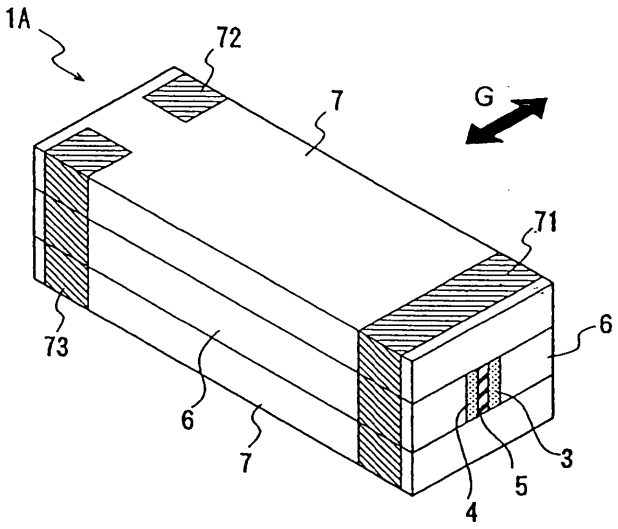
(74) Vertreter:
**Schoppe, Zimmermann, Stöckeler & Zinkler, 82049 Pullach**

(72) Erfinder:
**Tabota, Jun, Nagaokakyo, JP**

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht gezogene Druckschriften:
**DE 199 42 573 A1**
**JP 04-3 61 165 A**
**JP 06-2 73 439**

(54) Bezeichnung: **Beschleunigungssensor**

(57) Hauptanspruch: Beschleunigungssensor (1A; 1B), der ein Bimorph-Typ-Beschleunigungserfassungselement (2) aufweist, das einen ersten Resonator (3), einen zweiten Resonator (4) und eine Zwischenschicht (5; 5a, 5b) umfaßt, wobei der erste Resonator (3) und der zweite Resonator (4) mit der Zwischenschicht, die zwischen denselben angeordnet ist, verbunden sind, wobei jeder Resonator einen piezoelektrischen Körper und Elektroden (3a, 3b, 4a, 4b) umfaßt, die an beiden Hauptoberflächen derselben angeordnet sind,
wobei die Zwischenschicht (5; 5a, 5b) hart genug ist, um eine Biegespannung in dem ersten oder dem zweiten Resonator zu dem anderen des ersten und zweiten Resonators zu übertragen, und wobei die Vibration des ersten oder des zweiten Resonators (3, 4) gedämpft wird, um zu dem anderen des ersten und des zweiten Resonators übertragen zu werden,
wobei das Beschleunigungserfassungselement (2) an einem longitudinalen Ende oder an beiden longitudinalen Enden desselben derart gestützt wird, daß der erste und der zweite Resonator (3, 4) in die...



## Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf einen Beschleunigungssensor.

### Stand der Technik

[0002] Die Patent Abstracts of Japan 06-273439 offenbaren einen Beschleunigungssensor, der eine piezoelektrische Keramik verwendet. Dieser Beschleunigungssensor umfaßt ein Bimorph-Typ-Erfassungselement, das durch Laminieren eines Paars piezoelektrischer Vorrichtungen, die aus piezoelektrischen Keramiken gebildet sind, in einen Einheitskörper erzeugt wird. Das Erfassungselement wird an beiden Enden desselben gestützt und in einem Gehäuse untergebracht. Wenn eine Beschleunigung auf den Beschleunigungssensor wirkt, wird das Erfassungselement abgelenkt, wobei eine Spannung in dem Erfassungselement erzeugt wird. Der Beschleunigungssensor erfaßt eine Beschleunigung durch das Erfassen einer Ladung oder Spannung, die durch Piezoelektrizität erzeugt wird. Der Beschleunigungssensor ist kompakt genug, um ohne weiteres in eine Oberflächenbefestigungskomponente (eine Chipkomponente) strukturiert zu werden.

[0003] Bei dem Beschleunigungssensor, der mit diesem Prinzip arbeitet, wird ein Vorspannungsstrom, der von einer Schaltung des Sensors in den piezoelektrischen Körper fließt, in einen Kondensator C des piezoelektrischen Körpers geladen, wobei ein Widerstand R benötigt wird, um den Vorspannungsstrom abzuleiten. Der Widerstand R und der Kondensator C bilden ein Filter, wodurch ein Gleichsignal und eine Niedrigfrequenzkomponente unter einer Grenzfrequenz desselben unerfaßt bleiben.

[0004] Bei einem bekannten Beschleunigungssensor (in der ungeprüften japanischen Patentanmeldung Nr. 4-361165 offenbart) sind zwei Vibratoren auf einem Biege-Typ-Stimmgabel-Trägerkörper befestigt. Wenn eine Beschleunigung auf die Vibratoren wirkt, werden die Vibratoren, die an der Stimmgabelträgerstruktur befestigt sind, einer Zugspannung und einer Druckspannung an mittleren Trägheitsabschnitten (Gewichtsabschnitten) unterworfen, wobei eine Beschleunigung aus einer Frequenzdifferenz erfaßt wird, die zwischen den beiden Vibratoren auftritt. Dieser Beschleunigungssensor erfaßt eine Gleichsignal- und eine Niedrigfrequenzkomponente.

[0005] Da der Beschleunigungssensor mit einem derartigen Aufbau den Trägerkörper einer Stimmgabel aufweist, wird der Entwurf der Struktur komplex und sperrig, wobei die Ausmaße von Elektroden von den Vibratoren ebenfalls komplex sind. Es ist deshalb schwierig, diesen Beschleunigungssensor in einer Miniaturoberflächenbefestigungskomponente (einer Chipkomponente) anzuordnen, die direkt an einer gedruckten Schaltungsplatine befestigt werden kann.

[0006] Der Stimmgabelvibrator ist als ein bimodaler Stimmgabelvibrator entworfen, um in einem Kombinationsvibrationsmodus zu vibrieren, in dem ein Torsionsvibrationsmodus und ein Biegevibrationsmodus kombiniert sind, wodurch die Abhängigkeit einer Vorspannungsfrequenz von der Temperatur reduziert wird. Diese Anordnung kann die Temperaturabhängigkeit derselben nicht vollständig beseitigen.

[0007] Aus der DE 199 42 573 A1 ist ein Beschleunigungssensor bekannt, bei dem eine rechteckquaderförmige Basis und ein rechteckquaderförmiger Gewichtsabschnitt entlang eines Kantenabschnitts derselben über einen Torsionsvibrator verbunden sind. Der Torsionsvibrator umfaßt zwei Gleitvibratoren und ist so ausgestaltet, dass eine Potentialdifferenz, die durch Gleitspannungen auf die beiden Gleitvibratoren mit zueinander verschiedenen Richtungen verursacht wird, detektiert wird.

### Aufgabenstellung

[0008] Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung darin besteht, einen kompakten Hochleistungsbeschleunigungssensor zu liefern, der oberflächenmontiert werden kann und unempfindlich gegenüber anderen Faktoren als einer Beschleunigung, wie z.B. Temperaturveränderungen, ist.

[0009] Diese Aufgabe wird durch einen Beschleunigungssensor gemäß Anspruch 1 gelöst.

[0010] Gemäß einem Aspekt umfaßt die vorliegende Erfindung ein Bimorph-Typ-Beschleunigungserfassungselement, das einen ersten Resonator, einen zweiten Resonator und eine Zwischenschicht umfaßt, wobei der erste Resonator und der zweite Resonator mit der Zwischenschicht, die zwischen denselben angeordnet ist, verbunden ist. Jeder Resonator umfaßt einen piezoelektrischen Körper und Elektroden, die an beiden Hauptoberflächen desselben angeordnet sind. Die Zwischenschicht ist hart genug, um eine Biegespannung in dem ersten oder dem zweiten Resonator zu dem jeweils anderen des ersten und des zweiten Resonators zu übertragen, wobei die Vibration des ersten oder des zweiten Resonators gedämpft wird, um zu dem jeweils anderen des ersten und des zweiten Resonators übertragen zu werden. Das Beschleunigungserfassungselement wird an einem longitudinalen Ende oder an beiden longitudinalen Enden desselben gestützt, derart, daß der erste und der zweite Resonator gemäß der Ausübung der Beschleunigung in die gleiche Richtung abgelenkt werden. Eine Beschleunigung wird durch das Erfassen einer Differenz zwischen Frequenzänderungen des ersten Resonators und des zweiten Resonators oder einer Differenz zwischen Impedanzänderungen des ersten Resonators und des zweiten Resonators erfaßt, die durch die Ablenkung des Beschleunigungserfassungselements bewirkt wird.

[0011] Der Beschleunigungssensor der vorliegenden Erfindung weist eine bimorphe Struktur auf, bei der das Beschleunigungserfassungselement durch ein Verbinden der beiden Resonatoren miteinander, wobei die Zwischenschicht zwischen denselben an-

geordnet ist, hergestellt wird. Die Zwischenschicht weist eine Härte auf, die es ermöglicht, daß eine Biegespannung von einem Resonator zu dem anderen Resonator übertragen wird. Wenn eine Beschleunigung ausgeübt wird, wird das Beschleunigungserfassungselement abgelenkt und verformt, wobei dann eine Zugspannung auf den einen Resonator wirkt und eine Druckspannung auf den anderen Resonator. Die Zwischenschicht hat die Funktion, die beiden Resonatoren bei der Vibrationsübertragung mechanisch mäßig zu koppeln. Anders ausgedrückt werden die Vibrationen des einen Resonators gedämpft, um an den anderen Resonator übertragen zu werden.

[0012] Aus diesem Grund vibriert jeder Resonator bei seiner Eigenfrequenz. Die Frequenz des Resonators an der Zugseite des Elements wird niedriger, während die Frequenz des Resonators auf der Druckseite des Elements höher wird. Eine Beschleunigung wird so durch ein unterschiedliches Aufnehmen einer Differenz zwischen Frequenzänderungen der beiden Resonatoren oder einer Differenz zwischen Impedanzänderungen der beiden Resonatoren erfaßt.

[0013] Da die Frequenzdifferenz oder die Impedanzdifferenz erfaßt wird und nicht die Frequenzänderungen der beiden Resonatoren oder die Impedanzänderungen der beiden Resonatoren einzeln aufgenommen werden, löschen Spannungen, die gemeinsam auf die beiden Resonatoren wirken (beispielsweise eine Spannung aufgrund einer Temperaturänderung), einander aus. Ein Hochleistungsbeschleunigungssensor, der frei von der Wirkung von Temperaturänderungen ist, wird geschaffen.

[0014] Vorzugsweise ist die Zwischenschicht aus einer elastischen Haftschicht aufgebaut. Die Zwischenschicht überträgt eine Biegespannung, wobei die Vibration des einen Resonators gedämpft wird, um zu dem anderen Resonator übertragen zu werden. Unter Verwendung der elastischen Haftschicht werden diese Funktionen ohne weiteres durchgeführt.

[0015] Ein Haftmittel auf Epoxidbasis, ein Epoxid-Acryl-Haftmittel oder ein Haftmittel auf Silikonbasis kann für die elastische Haftschicht verwendet werden. Wenn das Haftmittel auf Epoxidbasis oder das Epoxid-Acryl-Mittel verwendet wird, kann die Dicke desselben einige Mikrometer bis Dutzende Mikrometer dick sein. Wenn das Haftmittel auf Silikonbasis verwendet wird, beträgt die Dicke desselben aufgrund seines kleinen elastischen Koeffizienten mehrere Mikrometer.

[0016] Vorzugsweise ist sowohl der erste als auch der zweite Resonator ein Vibrationsmoduselement, in dem Energie zu dem longitudinalen Mittelabschnitt desselben eingeschlossen wird, wobei ein Zwischenraum in der longitudinalen Mitte der Zwischenschicht geschaffen wird. Der Zwischenraum ist flächenmäßig größer als eine eingeschlossene Vibrationsregion des ersten und des zweiten Resonators und flächenmäßig kleiner als eine Ablenkungsregion des ersten und des zweiten Resonators, die gemäß einer Beschleunigung abgelenkt werden.

[0017] Ein Laminieren des Resonators und der Zwischenschicht an den gesamten Oberflächen derselben ist akzeptabel. Es wird jedoch angemerkt, daß eine derartige Anordnung das Verhalten des Resonators (wie z.B. Q- und K-Faktor) reduziert, weil die Vibration des Resonators durch die Zwischenschicht eingeschränkt ist. Da die Zwischenschicht in der longitudinalen Mitte derselben den Zwischenraum aufweist, der flächenmäßig größer als eine eingeschlossene Vibrationsregion jedes Resonators und flächenmäßig kleiner als eine Ablenkungsregion jedes Resonators ist, der unter einer Beschleunigung abgelenkt wird, wird die Übertragung der Vibration gesteuert, selbst wenn das nichtelastische Material als die Zwischenschicht verwendet wird. Ferner überträgt die Zwischenschicht eine Biegespannung von einem Resonator auf den anderen.

[0018] Vorzugsweise ist die äußere Oberfläche des Beschleunigungserfassungselements, die in eine Richtung zeigt, in der eine Beschleunigung ausgeübt wird, mit einem Gehäusebauglied bedeckt, wobei jede offene Oberfläche, die das Beschleunigungserfassungselement und das Gehäusebauglied definieren, mit einem Abdeckbauglied bedeckt ist, wobei die Elektroden, die auf dem ersten und dem zweiten Resonator angeordnet sind, jeweils mit externen Elektroden verbunden sind, die auf der Oberfläche des Abdeckbauglieds angeordnet sind, und zwar über interne Elektroden, die auf der Oberfläche des Gehäusebauglieds angeordnet sind.

[0019] Das Beschleunigungserfassungselement ist vollständig von dem Gehäusebauglied und dem Abdeckbauglied eingeschlossen und ist deshalb zur Verwendung als eine oberflächenbefestigte elektronische Komponente geeignet.

[0020] Der Beschleunigungssensor der vorliegenden Erfindung verwendet zwei Verfahren zum unterschiedlichen Aufnehmen der Signale von dem ersten Resonator und dem zweiten Resonator und zum Erhalten eines Signals, das proportional zu der Beschleunigung ist, die auf das Beschleunigungserfassungselement wirkt. Bei einem Verfahren schwingen der erste und der zweite Resonator mit unterschiedlichen Frequenzen, wobei eine Differenz zwischen den Schwingfrequenzen erfaßt wird, und wobei ein Signal, das proportional zu der Beschleunigung ist, aus der Frequenzdifferenz bestimmt wird. Bei dem anderen Verfahren schwingen der erste und der zweite Resonator mit der gleichen Frequenz, wobei entweder eine Phasendifferenz oder eine Amplitudendifferenz aus einer Differenz zwischen elektrischen Impedanzen der beiden Resonatoren erzielt wird, und wobei ein Signal, das proportional zu der Beschleunigung ist, entweder aus der Phasendifferenz oder der Amplitudendifferenz bestimmt wird.

[0021] Eine Beschleunigung wird sehr genau unter Verwendung eines der beiden oben erwähnten Verfahren erfaßt.

Ausführungsbeispiel

[0022] Bevorzugte Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung werden nachfolgend Bezug nehmend auf die beiliegenden Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

[0023] **Fig.** 1 eine allgemeine perspektivische Ansicht, die ein erstes Ausführungsbeispiel eines Beschleunigungssensors der vorliegenden Erfindung zeigt;

[0024] **Fig.** 2 eine auseinandergezogene perspektivische Ansicht, die den Beschleunigungssensor aus **Fig.** 1 zeigt;

[0025] **Fig.** 3 eine auseinandergezogene perspektivische Ansicht, die den Beschleunigungssensor aus **Fig.** 1 zeigt, wobei ein Abdeckbauglied entfernt ist;

[0026] **Fig.** 4 eine Seitenansicht, die den Beschleunigungssensor aus **Fig.** 1 zeigt, der an einer gedruckten Schaltungsplatine befestigt ist;

[0027] **Fig.** 5 eine Querschnittsansicht des Beschleunigungssensors, die entlang einer Linie V-V aus **Fig.** 4 genommen ist;

[0028] **Fig.** 6A bis 6C Verfahrensdiagramme, die das Herstellungsverfah ren zum Herstellen des Beschleunigungssensors aus **Fig.** 1 zeigen;

[0029] **Fig.** 7 ähnelt der Querschnittsansicht aus **Fig.** 5, die entlang der Linie V-V aus **Fig.** 4 genommen ist, zeigt jedoch ein zweites Ausführungsbeispiel des Beschleunigungssensors der vorliegenden Erfindung;

[0030] **Fig.** 8 ein Schaltungsdiagramm, das eine Beschleunigungserfassungsvorrichtung unter Verwendung des Beschleunigungssensors der vorliegenden Erfindung zeigt; und

[0031] **Fig.** 9 ein Schaltungsdiagramm, das eine andere Beschleunigungserfassungsvorrichtung unter Verwendung des Beschleunigungssensors der vorliegenden Erfindung zeigt.

[0032] Die **Fig.** 1 bis **Fig.** 5 zeigen den Beschleunigungssensor **1A** eines ersten Ausführungsbeispiels der vorliegenden Erfindung. Der Beschleunigungssensor **1A** umfaßt ein Bimorph-Typ-Beschleunigungserfassungselement **2**, das an beiden Enden desselben in Isolationsgehäusen **6** und **7**, die aus einer Keramik hergestellt sind, gestützt wird. Das Beschleunigungserfassungselement **2** wird durch ein Verbinden von streifenartigen piezoelektrischen Keramikresonatoren **3** und **4** mit einer Zwischenschicht **5**, die zwischen denselben angeordnet ist, hergestellt. Der Resonator **3** weist Elektroden **3a** und **3b** an beiden Hauptoberflächen desselben auf, wobei der Resonator **4** Elektroden **4a** und **4b** an beiden Hauptoberflächen desselben aufweist. Jeder Resonator **3** und **4** ist ein Schervibrationsmodusresonator mit Energieeinschlußdicke und in der longitudinalen Richtung desselben polarisiert. Die Elektroden **3a** und **3b** in den Enden desselben sind einander in dem Mittelabschnitt des Resonators **3** zugewandt und erstrecken sich von dort in Richtung der unterschiedlichen, gegenüberliegenden Enden des Resonators **3**. Die Elektroden **4a** und **4b** in den Enden desselben sind einander in dem Mittelabschnitt des Resonators **4** zugewandt und erstrecken sich von dort in Richtung von unterschiedlichen, gegenüberliegenden Enden des Resonators **4**.

[0033] Die Resonatoren **3** und **4** sind mit der Zwischenschicht **5** aus einem elastischen Haftmittel, die zwischen denselben angeordnet ist, laminiert. Die Zwischenschicht **5** weist eine Härte auf, die es ermöglicht, daß eine Biegespannung von einem Resonator auf den anderen Resonator übertragen wird, während die Vibration des einen Resonators gedämpft wird, wenn die Vibration auf den anderen Resonator übertragen wird. Da die Resonatoren **3** und **4** aus piezoelektrischen, keramischen Substraten, die die gleiche Form aufweisen, hergestellt sind, liegt eine biegemäßig neutrale Ebene des Beschleunigungserfassungselements **2** ansprechend auf eine Beschleunigung G in der Zwischenschicht **5** (wie in **Fig.** 5 durch eine gestrichelte Linie N dargestellt ist).

[0034] Die gegenüberliegenden externen Oberflächen des Beschleunigungserfassungselements **2**, die in eine Richtung zeigen, in der eine Beschleunigung G ausgeübt wird, sind von einem Paar von Gehäusebaugliedern **6** und **6** umgeben. Jedes Gehäusebauglied **6** weist einen flachen U-förmigen Querschnitt auf, wobei beide hervorstehenden Segmente **6a** desselben fest mit äußeren, gegenüberliegenden Enden des Beschleunigungserfassungselements **2** (äußere Oberflächen der Resonatoren **3** und **4**) verbunden sind. Ausnehmungen **6b** bilden so jeweils Zwischenräume zwischen dem einen Gehäusebauglied **6** und dem Beschleunigungserfassungselement **2** bzw. zwischen dem anderen Gehäusebauglied **6** und dem Beschleunigungserfassungselement **2**. Die Zwischenräume ermöglichen es so, daß das Beschleunigungserfassungselement **2** ansprechend auf die Beschleunigung G abgelenkt wird. Die obere und untere offene Oberfläche eines Aufbaus des Beschleunigungserfassungselements **2** und das Gehäusebauglied **5** werden dann mit dem oberen bzw. dem unteren Gehäusebauglied **7** und **7** von oben und unten bedeckt. Die Abdeckungsbauglieder **7** weisen jeweils an den inneren Oberflächen derselben eine Ausnehmung **7a** auf, die einen Zwischenraum bildet, um das Beschleunigungserfassungselement **2** jeweils nicht zu berühren. Die umgebenden Konturabschnitte der Abdeckungsbauglieder **7** sind fest mit der oberen und der unteren Oberfläche des Aufbaus verbunden. Verschiebbare Abschnitte des Beschleunigungserfassungselements **2** sind vollständig in den Gehäusebaugliedern **6** und dem Abdeckungsbauglied **7** eingeschlossen.

[0035] Die Gehäusebauglieder **6** und das Abdeckbauglied **7** sind aus isolierenden Materialien gefertigt. Insbesondere können diese Komponenten aus einem Keramiksubstrat oder einem Harzsubstrat hergestellt sein.

[0036] Die Gehäusebauglieder **6**, die einen U-förmigen Querschnitt aufweisen, werden bei diesem Aus-

führungsbeispiel verwendet. Wenn ein Vibrationsraum durch die Dicke jeder Haftschicht, die zwischen dem einen Gehäusebauglied **6** und dem Beschleunigungserfassungselement **2** und zwischen dem anderen Gehäusebauglied **6** und dem Beschleunigungserfassungselement **2** angeordnet ist, sichergestellt ist, können die Gehäusebauglieder **6** aus einem ebenen Bauglied gebildet sein. Da die Ablenkung jedes Beschleunigungserfassungselements **2** unter der Beschleunigung G eine kleine Amplitude aufweist, liefert die Dicke der Haftschicht einen ausreichend großen Vibrationsraum.

[0037] Ähnlich wird, da ein Zwischenraum durch die Dicke einer Haftschicht, die in der inneren Oberfläche des Abdeckungsbauglieds **7** angebracht ist, gebildet ist, die den Zwischenraum bildende Ausnehmung **7a** in der inneren Oberfläche des Abdeckungsbauglieds **7** weggelassen.

[0038] Die Elektroden **3a** und **4b** von den Elektroden **3a**, **3b**, **4a** und **4b**, die in den Resonatoren **3** und **4** gebildet sind, sind elektrisch durch ein inneres Elektrodenband **61** miteinander verbunden, das an der offenen Oberfläche des Aufbaus angeordnet ist, der aus dem Beschleunigungserfassungselement **2** und den Gehäusebaugliedern **6** besteht, wobei das innere Elektrodenband **61** aus der äußeren Oberfläche des Gehäusebauglieds **6** herausgeleitet ist. Die Elektrode **3b** wird aus der äußeren Oberfläche des Gehäusebauglieds **6** durch ein inneres Elektrodenband **62** herausgeleitet, das an der oberen offenen Oberfläche des Aufbaus angeordnet ist. Die Elektrode **4a** ist aus einer anderen äußeren Oberfläche des Gehäusebauglieds **6** durch ein inneres Elektrodenband **63** herausgeleitet, das an der unteren offenen Oberfläche des Aufbaus angeordnet ist.

[0039] Bezug nehmend auf **Fig.** 1 weisen die Gehäusebauglieder **6** und das Abdeckungsbauglied **7** an den äußeren Oberflächen derselben äußere Elektroden **71**, **72** und **73** auf. Die inneren Elektrodenbänder **61**, **62** und **63** sind jeweils elektrisch mit den äußeren Elektroden **71**, **72** und **73** verbunden. Auf diese Weise wird ein Oberflächenbefestigung-Chip-Typ-Beschleunigungssensor geschaffen.

[0040] Bei diesem Ausführungsbeispiel ist die eine Elektrode **3a** des Beschleunigungserfassungselements **3** elektrisch durch das innere Elektrodenband **61** als eine gemeinsame Elektrode mit der einen Elektrode **4b** des Beschleunigungserfassungselements **4** verbunden. Alternativ können die vier Elektroden **3a**, **3b**, **4a** und **4b** unabhängig zu jeweiligen äußeren Elektroden geleitet sein. In diesem Fall können die vier inneren Elektrodenbänder und die vier äußeren Elektrodenbänder verwendet werden.

[0041] **Fig.** 4 zeigt den Beschleunigungssensor **1A**, der an einer Schaltungsstruktur Pa einer gedruckten Schaltungsplatine PCB befestigt ist.

[0042] **Fig.** 6 zeigt ein Herstellungsverfahren zum Herstellen des Beschleunigungssensors **1A**, der den oben erwähnten Aufbau aufweist.

[0043] Es werden zwei piezoelektrische Keramiklagen **3M** bzw. **4M** für die Resonatoren **3** und **4**, die Elektrodenstrukturen für die Elektroden **3a**, **3b** bzw. die Elektroden **4a**, **4b** aufweisen, die an beiden Hauptseiten derselben angeordnet sind, und ein Paar von Gehäusebaugliedlagen **6M** für die Gehäusebauglieder **5** vorbereitet, die Ausnehmungen **6b** aufweisen, wobei jede Ausnehmung in regelmäßigen Intervallen eine vorbestimmte Breite aufweist. Die Lagen **3M**, **4M** und **6M** sind unter Verwendung eines Haftmittels in eine Einheitsstruktur verbunden. Ein Block B1 wird erzielt, indem eine Mehrzahl von Laminatstrukturen (siehe **Fig.** 6A) gestapelt wird. Der Block B1 wird entlang Schnittlinien S, wie dies in **Fig.** 6A gezeigt ist, vereinzelt, wobei eine Mehrzahl von einzelnen Blöcken B2 so erhalten wird (siehe **Fig.** 6B).

[0044] Die vereinzelten Blöcke B2 werden auf die Seite gelegt, wobei Abdeckungsbaugliedlagen **7M**, die eine Anzahl von Zwischenräumen aufweisen, die an den inneren Oberflächen derselben Ausnehmungen **7a** bilden, mit jedem einzelnen Block B2 von oben und unten verbunden werden, wie in **Fig.** 6C gezeigt ist. Ein Endblock wird so erhalten. Die Abdeckungsbaugliedlage **7M** weist Strukturen auf, die als äußere Elektroden dienen. Der Endblock wird vertikal und horizontal in einzelne Sensorvorrichtungen geschnitten. Elektroden werden an den Seiten und Enden jeder vereinzelten Sensorvorrichtung unter Verwendung eines Sputtern-Verfahrens angeordnet. Der Beschleunigungssensor **1A**, der in **Fig.** 1 gezeigt ist, entsteht so.

[0045] Da die Lagen für jedes Bauglied vorbereitet und dann in dem Zustand von Lagen und nicht von einzelnen Streifen auf diese Weise laminiert und miteinander verbunden werden, ist ein Produktionsertrag hoch, wobei ein Beschleunigungssensor **1A** mit gleichbleibender Qualität und mit niedrigen Kosten geschaffen wird.

[0046] **Fig.** 7 zeigt einen Beschleunigungssensor **1B** eines zweiten Ausführungsbeispiels der vorliegenden Erfindung.

[0047] Der Beschleunigungssensor **1B** umfaßt zwei Zwischenschichten **5a** und **5b**, wobei ein Zwischenraum **5c** zwischen denselben gebildet ist. Der Zwischenraum **5c** ist flächenmäßig breiter als eine Region der eingeschlossenen Vibration jedes Resonators **3** und **4** und flächenmäßig kleiner als eine Ablenkregion jedes Resonators **3** und **4** unter einer Beschleunigung.

[0048] Bei dem ersten Ausführungsbeispiel sind die Resonatoren **3** und **4** auf der gesamten Oberfläche derselben zusammenlaminiert, wobei Vibrationen der Resonatoren **3** und **4** einer Dämpfung unterworfen werden. Das Verhalten der Resonatoren (wie z.B. Q- und K-Faktor) wird möglicherweise leicht verschlechtert. Das Material der Zwischenschicht **5** muß aus bestimmten Materialien ausgewählt sein, die eine geeignete Härte und eine geeignete Elastizität aufweisen.

[0049] Bei dem zweiten Ausführungsbeispiel ist der

Vibrationsraum **5c** zwischen den beiden Zwischenschichten **5a** und **5b** gebildet. Die Übertragung einer Vibration zwischen den Resonatoren **3** und **4** wird so gesteuert, selbst wenn ein Haftmittel, das eine hohe Verbindungskraft aufweist (wie z.B. ein Haftmittel auf Epoxidbasis), als die Zwischenschicht **5** verwendet wird. Da die Resonatoren **3** und **4** einen Schervibrationsmodus mit Energieeinschlußdicke verwenden, funktioniert ein kleiner Vibrationsraum **5c**. Die beiden Resonatoren **3** und **4** werden unter einer Beschleunigung G einstückig gebogen. Insbesondere wird eine Zugspannung in einem Resonator erzeugt, während eine Druckspannung in dem anderen Resonator erzeugt wird.

[0050] Die Abdeckbauglieder **7** (nicht gezeigt) sind mit offenen Oberflächen der Resonatoren **3** und **4** und den Gehäusebaugliedern **6** verbunden, wie in **Fig.** 2 gezeigt ist.

[0051] **Fig.** 8 zeigt eine Beschleunigungserfassungsvorrichtung, die den Beschleunigungssensor **1A** verwendet. Die Vorrichtung verwendet unabhängige Vibrationen der Beschleunigungserfassungselemente **3** und **4**. Die äußeren Elektroden **71** und **72** des Beschleunigungssensors **1A** sind mit einer Oszillatorschaltung **8a** verbunden, wobei die äußeren Elektroden **71** und **73** mit einer Oszillatorschaltung **8b** verbunden sind. Die Oszillatorschaltungen **8a** und **8b** können ein bekannter Colpitts-Oszillator sein. Die Resonatoren **3** und **4** werden unabhängig durch die Oszillatorschaltungen **8a** und **8b** in Schwingung versetzt, wobei Schwingfrequenzen $f_1$ und $f_2$ in einen Frequenzdifferenzzähler **8c** eingegeben werden. Der Frequenzdifferenzzähler **8c** gibt ein Signal $V_0$, das proportional zu der Frequenzdifferenz ist, aus.

[0052] Wenn keine Beschleunigung G an den Beschleunigungssensor **1A** ausgeübt wird, schwingen die beiden Resonatoren **3** und **4** mit konstanten Frequenzen als unabhängige Resonatoren. Wenn die Resonatoren **3** und **4** eine vollständig identische Struktur aufweisen, wird eine Schwingung bei der gleichen Frequenz angeregt, wobei das Ausgangssignal $V_0$ des Zählers **8c** Null ist. Wenn eine Beschleunigung G an den Beschleunigungssensor **1A** ausgeübt wird, wirkt eine Trägheit in einer Richtung, die entgegengesetzt zu der Richtung der ausgeübten Beschleunigung ist, auf das Beschleunigungserfassungselement **2**. Der Mittelabschnitt des Beschleunigungserfassungselements **2** wird in der Richtung, die entgegengesetzt zu der Richtung der ausgeübten Beschleunigung ist, abgelenkt. In Zuordnung zu der Ablenkung des Beschleunigungserfassungselements **2** wird eine Zugspannung in dem einen Resonator **3** und eine Druckspannung in dem anderen Resonator **4** erzeugt, wie in **Fig.** 5 gezeigt ist. Bei dem Resonator, der mit dem Dickenschervibrationsmodus arbeitet, fällt die Schwingfrequenz des Zugresonators **3**, während die Schwingfrequenz des Druckresonators **4** ansteigt. Die Frequenzdifferenz wird aus den Elektroden **3a**, **3b**, **4a** und **4b** durch die inneren Elektrodenbänder **61**, **62** und **63** an die äußeren Elektroden **71**, **72** und **73** ausgegeben. Das Signal $V_0$, das proportional zu der Beschleunigung G ist, wird so erhalten.

[0053] Nicht nur die Größe der Beschleunigung G, sondern auch die Richtung der Beschleunigung G werden aus dem Signal $V_0$ erfaßt.

[0054] Wenn der Beschleunigungssensor **1A** in einer Umgebung mit variierender Temperatur verwendet wird, dehnen sich die Resonatoren **3** und **4**, die Gehäusebauglieder **6** und die Abdeckungsbauglieder **7** thermisch aus. Wenn sich der thermische Ausdehnungskoeffizient der Resonatoren **3** und **4** von dem der Gehäusebauglieder **6** und der Abdeckbauglieder **7** unterscheidet, werden in den Resonatoren **3** und **4** Spannungen erzeugt. Eine Veränderung der Frequenzdifferenz tritt aufgrund von Faktoren, die keine Beschleunigung sind, auf. Wenn die Resonatoren **3** und **4** jedoch aus dem gleichen Material hergestellt und identisch geformt sind, werden auch die erzeugten Spannungen gleich. Da der Frequenzzähler **8c** eine Differenz zwischen den Ausgangssignalen der Resonatoren **3** und **4** liefert, löschen Veränderungen, die bei den Ausgangssignalen auftreten, wenn die Resonatoren **3** und **4** gleichermaßen einer Temperaturänderung ausgesetzt werden, einander aus. Eine Beschleunigungserfassungsvorrichtung, die nur auf eine Beschleunigung G anspricht, wird so erhalten.

[0055] **Fig.** 9 zeigt eine andere Beschleunigungserfassungsvorrichtung, die den Beschleunigungssensor **1A** verwendet. Die Beschleunigungserfassungsvorrichtung verwendet die gleichen Frequenzvibrationen des Beschleunigungserfassungselements **2**. Die äußeren Elektroden **72** und **73** des Beschleunigungssensors **1A** sind mit einer Impedanzdifferenzerfassungsschaltung **9a** verbunden. Die äußere Elektrode **71** als eine gemeinsame Elektrode ist mit einer Oszillatorschaltung **9b** verbunden. In der Vorrichtung sind auch Anpassungswiderstände **9c** und **9d** enthalten. Die beiden Resonatoren **3** und **4** werden durch die Oszillatorschaltung **9b** bei der gleichen Frequenz zum Schwingen gebracht. Eine Phasendifferenz oder eine Amplitudendifferenz wird aus einer Differenz zwischen elektrischen Impedanzen der Resonatoren **3** und **4** erfaßt, wobei ein Ausgangssignal $V_0$, das proportional zu einer Beschleunigung G ist, aus der Impedanzdifferenzerfassungsschaltung **9a** erhalten wird. Um zu bewirken, daß die beiden Resonatoren **3** und **4** mit der gleichen Frequenz schwingen, ist die Oszillatorschaltung **9a** derart angeordnet, daß eines der Ausgangssignale der beiden Resonatoren oder die Summe der Ausgangssignale der beiden Resonatoren rückgeführt wird.

[0056] Bei diesem Beispiel wird wieder das Signal, das proportional zu der Beschleunigung G ist, aufgenommen, während Änderungen bei den Ausgangssignalen aufgrund einer Temperaturänderung einander auslöschen. Eine Beschleunigungserfassungsvorrichtung, die nur auf die Beschleunigung G anspricht, wird so erhalten.

[0057] Der Beschleunigungssensor **1A** des ersten Ausführungsbeispiels wird bei den Beschleunigungserfassungsvorrichtungen verwendet, die in den **Fig.** 8 und 9 gezeigt sind, wobei jeder Beschleunigungssensor **1B**, der in **Fig.** 7 gezeigt ist, gleichermaßen verwendet werden kann.

[0058] Jeder Beschleunigungssensor **1A** und **1B** ist derart strukturiert, daß das Erfassungselement fest an beiden Enden desselben durch das Gehäusebauglied gestützt wird. Alternativ kann das Erfassungselement nur an einem Ende gestützt werden, d.h. kann eine Auslegerstruktur aufweisen. In diesem Fall ist eine Verschiebung des Erfassungselements an dem freien Ende desselben unter einer Beschleunigung groß, wobei u.U. eine große Frequenzänderung oder eine große Impedanzänderung erhalten werden kann.

[0059] Die Beschleunigungssensoren **1A** und **1B** des ersten und des zweiten Ausführungsbeispiels verwenden einen Dickenscherresonator für die Resonatoren **3** und **4**. Die vorliegende Erfindung ist nicht auf diesen Modus beschränkt. Andere Modi (wie z.B. ein Dickenvibrationsmodus, ein longitudinaler Vibrationsmodus, ein Bereichsbiegevibrationsmodus usw.) können ebenfalls verwendet werden.

[0060] Gemäß der vorliegenden Erfindung wird ein Bimorph-Typ-Beschleunigungserfassungselement, bei dem die beiden Resonatoren mit der Zwischenschicht, die zwischen denselben angeordnet ist, verbunden sind, verwendet. Wenn die Beschleunigungserfassungselemente ansprechend auf eine Beschleunigung verformt werden, wird eine Druckspannung in einem Resonator erzeugt, während in dem anderen Resonator auf eine wirksame Weise eine Zugspannung erzeugt wird. Durch ein unterschiedliches Aufnehmen der Frequenzänderungen der beiden Resonatoren oder der Impedanzänderungen der beiden Resonatoren wird ein Signal erhalten, das proportional zu der Beschleunigung ist. Ein Hochleistungsbeschleunigungserfassungssensor wird so geschaffen.

[0061] Da eine Beschleunigung unter Verwendung der Frequenzänderungen oder der Impedanzänderungen erfaßt wird, kann die Beschleunigung von Gleichsignal- oder Niedrigfrequenzkomponenten erfaßt werden.

[0062] Da eine Spannung, die aus einer Temperaturänderung resultiert, auf die beiden Resonatoren ausgeübt wird, löschen Spannungen aufgrund von Faktoren, die keine Beschleunigung sind, einander aus, indem die Ausgangssignale der beiden Resonatoren unterschiedlich aufgenommen werden. Ein Beschleunigungssensor, der nur auf eine Beschleunigung anspricht, wird so geschaffen.

[0063] Da die Beschleunigungserfassungselemente einen einfachen Aufbau aufweisen und da ein Herausleiten der Elektroden einfach ist, wird ein kompakter Entwurf realisiert. Das Beschleunigungserfassungselement wird so in eine Oberflächenbefestigungskomponente (eine Chipkomponente) strukturiert.

## Patentansprüche

1. Beschleunigungssensor (**1A**; **1B**), der ein Bimorph-Typ-Beschleunigungserfassungselement (**2**) aufweist, das einen ersten Resonator (**3**), einen zweiten Resonator (**4**) und eine Zwischenschicht (**5**; **5a**, **5b**) umfaßt, wobei der erste Resonator (**3**) und der zweite Resonator (**4**) mit der Zwischenschicht, die zwischen denselben angeordnet ist, verbunden sind, wobei jeder Resonator einen piezoelektrischen Körper und Elektroden (**3a**, **3b**, **4a**, **4b**) umfaßt, die an beiden Hauptoberflächen derselben angeordnet sind,
wobei die Zwischenschicht (**5**; **5a**, **5b**) hart genug ist, um eine Biegespannung in dem ersten oder dem zweiten Resonator zu dem anderen des ersten und zweiten Resonators zu übertragen, und wobei die Vibration des ersten oder des zweiten Resonators (**3**, **4**) gedämpft wird, um zu dem anderen des ersten und des zweiten Resonators übertragen zu werden,
wobei das Beschleunigungserfassungselement (**2**) an einem longitudinalen Ende oder an beiden longitudinalen Enden desselben derart gestützt wird, daß der erste und der zweite Resonator (**3**, **4**) in die gleiche Richtung gemäß der Ausübung einer Beschleunigung abgelenkt werden, und
wobei eine Beschleunigung durch ein Erfassen einer Differenz zwischen Frequenzänderungen des ersten Resonators (**3**) und des zweiten Resonators (**4**) oder einer Differenz zwischen Impedanzänderungen des ersten Resonators und des zweiten Resonators erfaßt wird, die durch eine Ablenkung des Beschleunigungserfassungselements (**2**) bewirkt werden.

2. Beschleunigungssensor (**1A**; **1B**) gemäß Anspruch 1, bei dem die Zwischenschicht (**5**; **5a**, **5b**) aus einer elastischen Haftschicht besteht.

3. Beschleunigungssensor gemäß Anspruch 1 oder 2, bei dem sowohl der erste als auch der zweite Resonator (**3**, **4**) ein Vibrationsmoduselement ist, bei dem Energie zu dem longitudinalen Mittelabschnitt desselben eingeschlossen wird, und bei dem ein Zwischenraum (**5c**) in der longitudinalen Mitte der Zwischenschicht (**5a**, **5b**) vorgesehen ist, wobei der Zwischenraum flächenmäßig größer als eine eingeschlossene Vibrationsregion des ersten und des zweiten Resonators (**3**, **4**) und flächenmäßig kleiner als eine Ablenkungsregion des ersten und des zweiten Resonators (**3**, **4**), die gemäß der Beschleunigung abgelenkt wird, ist.

4. Beschleunigungssensor gemäß Anspruch 1 oder 2, bei dem die äußere Oberfläche des Beschleunigungserfassungselements (**2**), die in eine Richtung zeigt, in der eine Beschleunigung ausgeübt wird, mit einem Gehäusebauglied (**6**) bedeckt ist, wobei jede offene Oberfläche, die durch das Beschleunigungs-

erfassungselement (**2**) und das Gehäusebauglied (**6**) definiert ist, mit einem Abdeckbauglied (**7**) bedeckt ist, und
wobei die Elektroden, die in dem ersten und dem zweiten Resonator (**3**, **4**) angeordnet sind, jeweils mit äußeren Elektroden (**71**, **72**, **73**), die auf der Oberfläche des Abdeckbauglieds angeordnet sind, über innere Elektroden (**61**, **62**, **63**), die auf der Oberfläche des Gehäusebauglieds angeordnet sind, verbunden sind.

5. Beschleunigungssensor gemäß Anspruch 1 oder 2, bei dem der erste und der zweite Resonator (**3**, **4**) mit unterschiedlichen Frequenzen schwingen, wobei eine Differenz zwischen den Schwingfrequenzen erfaßt wird, und wobei ein Signal, das proportional zu der Beschleunigung ist, aus der Frequenzdifferenz bestimmt wird.

6. Beschleunigungssensor gemäß Anspruch 1 oder 2, bei dem der erste und der zweite Resonator (**3**, **4**) mit der gleichen Frequenz schwingen, wobei entweder eine Phasendifferenz oder eine Amplitudendifferenz aus einer Differenz zwischen elektrischen Impedanzen der beiden Resonatoren (**3**, **4**) erhalten wird, und wobei ein Signal, das proportional zu der Beschleunigung ist, entweder aus der Phasendifferenz oder der Amplitudendifferenz bestimmt wird.

Es folgen 6 Blatt Zeichnungen

**Anhängende Zeichnungen**

FIG. 1

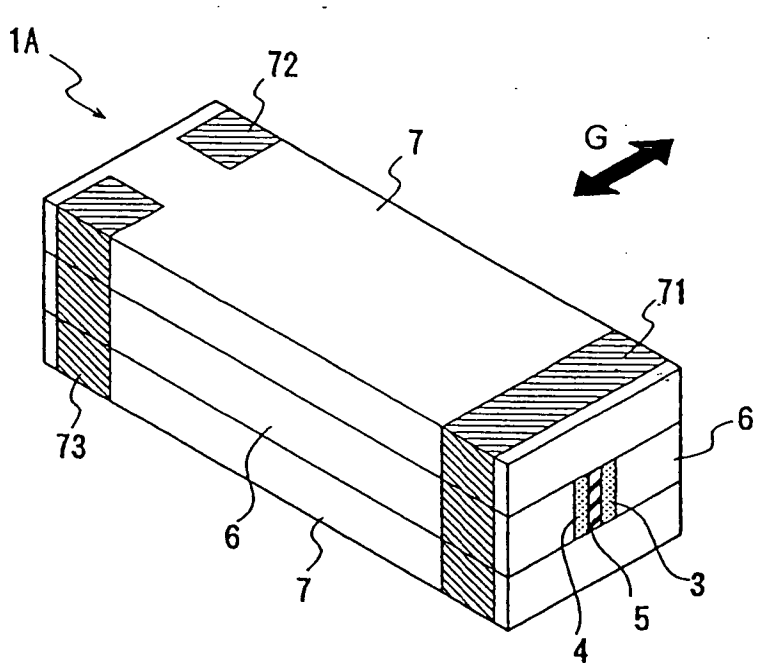


FIG. 2

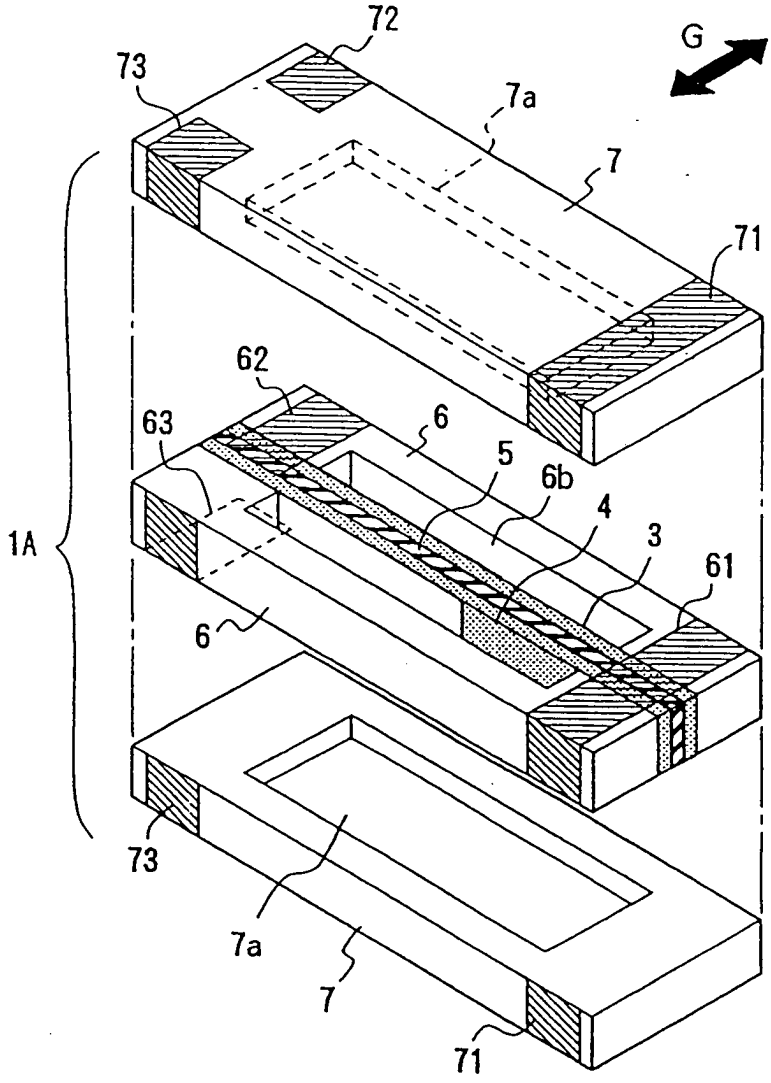


FIG. 3

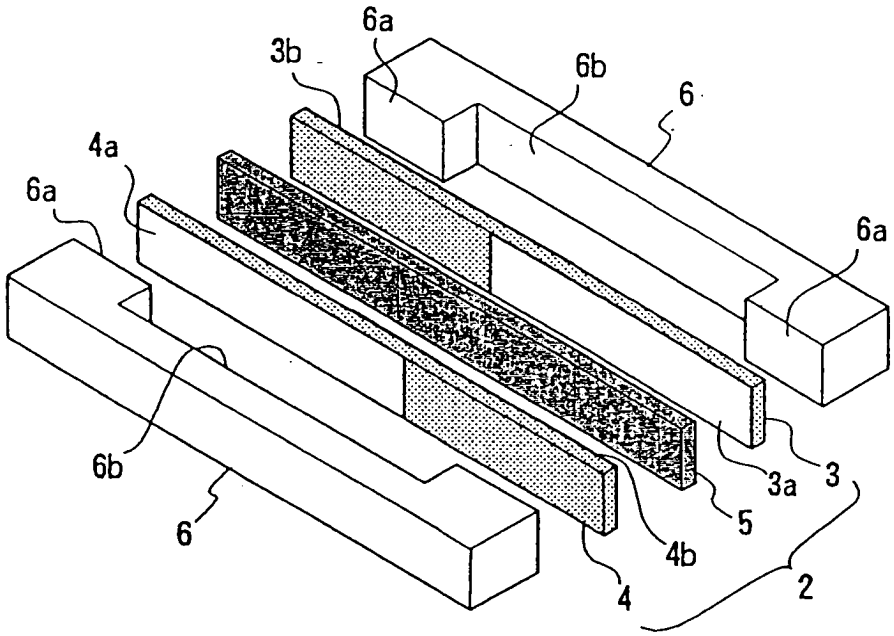



FIG. 4

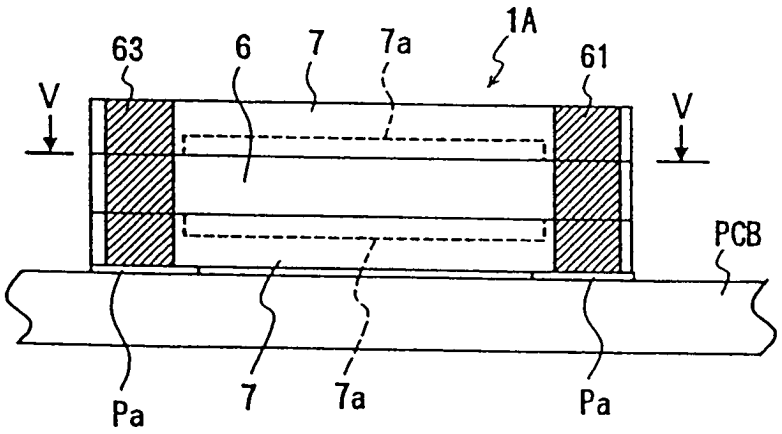


FIG. 5

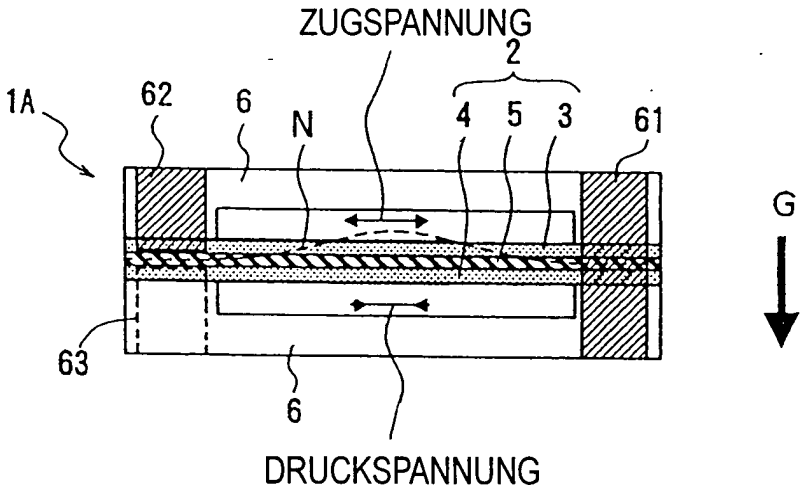


FIG. 6C

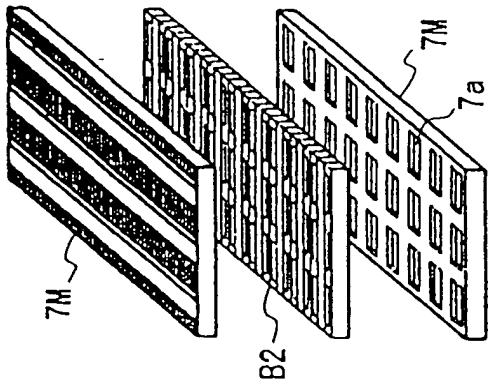



FIG. 6B

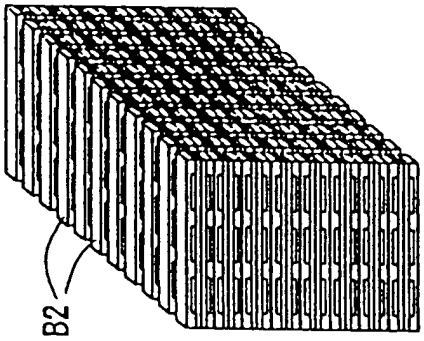



FIG. 6A

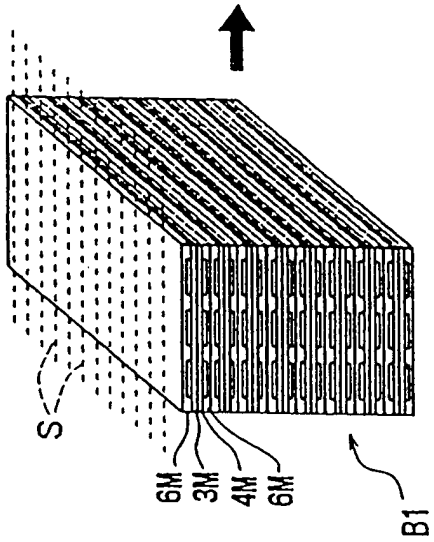


FIG. 7

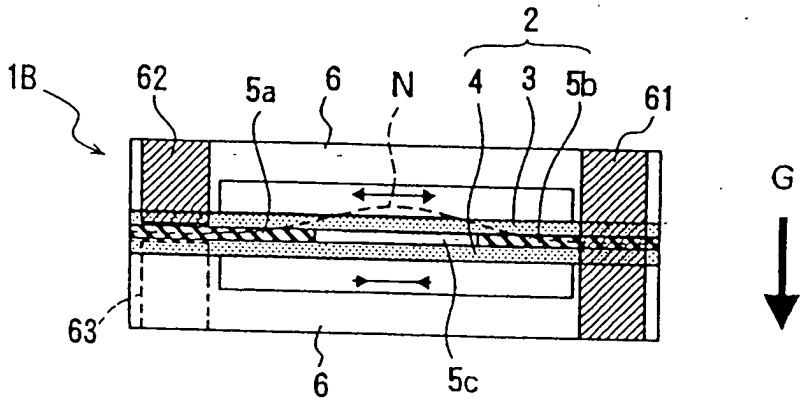



FIG. 8

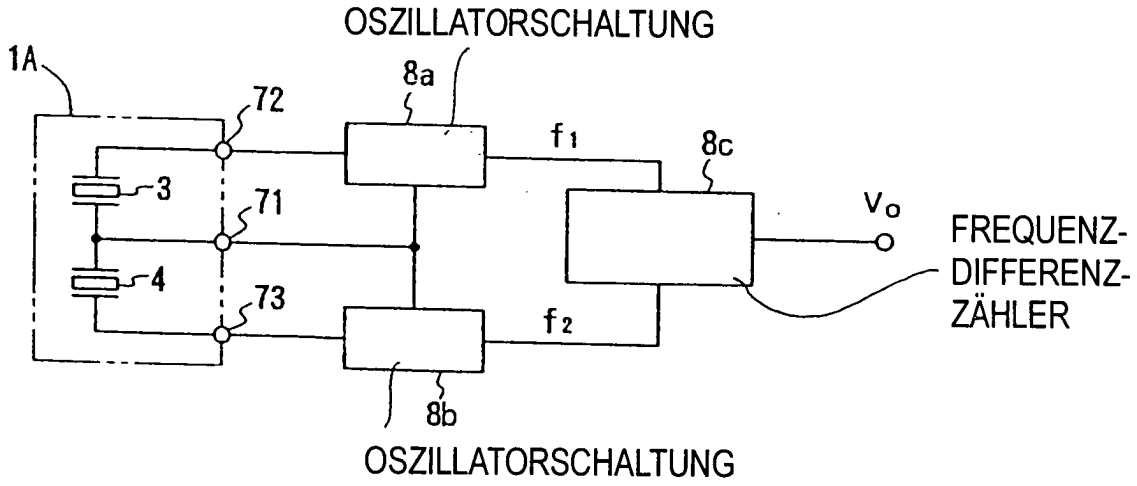



FIG. 9

