(19) **Bundesrepublik Deutschland**
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 696 36 910 T2** 2007.11.08

(12) # Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) **EP 1 061 337 B1**
(21) Deutsches Aktenzeichen: **696 36 910.9**
(96) Europäisches Aktenzeichen: **00 115 478.0**
(96) Europäischer Anmeldetag: **28.03.1996**
(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **20.12.2000**
(97) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung beim EPA: **14.02.2007**
(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **08.11.2007**

(51) Int Cl.[8]: ***G01C 19/56*** (2006.01)
G01P 9/04 (2006.01)

(30) Unionspriorität:
7144295 **29.03.1995** **JP**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE, FR, GB

(73) Patentinhaber:
Canon K.K., Tokio/Tokyo, JP

(72) Erfinder:
Maeno, Takashi, Ohta-ku, Tokyo, JP

(74) Vertreter:
TBK-Patent, 80336 München

(54) Bezeichnung: **Vibrationskreisel**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Vibrationsgyroskop bzw. einen Vibrationskreisel zur Erfassung einer Winkelgeschwindigkeit und ein Bildunschärfe-Verhinderungsgerät unter Verwendung desselben.

[0002] Ein Vibrationskreisel ist als eine Einrichtung zur Erfassung einer Winkelgeschwindigkeit bekannt. Der Vibrationskreisel beruht auf dem Prinzip, dass eine Corioliskraft erzeugt wird, wenn eine Winkelgeschwindigkeit einem Objekt mit einer Geschwindigkeit beaufschlagt wird. Insbesondere gemäß dem Vibrationskreisel wird ein Objekt in Schwingung versetzt, um eine Geschwindigkeit aufzuweisen, und wird das Objekt mit einer Winkelgeschwindigkeit beaufschlagt. Die resultierende Corioliskraft wird durch ein Federsystem aufgenommen. Die zu der eingeschweißten Winkelgeschwindigkeit proportionale Corioliskraft wird dann als der Versatz der Federkraft erfasst, und die Information über die dem Objekt beaufschlagte Winkelgeschwindigkeit wird ausgegeben.

[0003] Bei dem Vibrationsgyroskop weist ein Gegenstand zum Zuführen von Vibrationen, d.h. der Vibrator, die Form einer Stimmgabel, eines H-förmigen Elements oder dergleichen auf. Ein bekanntes Vibrationsgyroskop weist einen einzigen Vibrator auf und ist zur Erfassung einer Drehung nur in einer Ebene ausgeführt, d.h. zur Erfassung einer Winkelgeschwindigkeit in einer einachsigen Richtung.

[0004] Falls das vorstehend angeführte bekannte Vibrationsgyroskop des einachsigen Typs an einem sich bewegenden Gegenstand, wie etwa einer Kamera zur Erfassung seiner Winkelgeschwindigkeit, angebracht ist, kann eine genaue Winkelgeschwindigkeit nicht erfasst werden, da zweidimensionale oder dreidimensionale Winkelgeschwindigkeits-Komponenten im allgemeinen an dem sich bewegenden Gegenstand zusätzlich zu eindimensionalen Winkelgeschwindigkeits-Komponenten erzeugt werden. Das heißt, das bekannte Vibrationsgyroskop, das Winkelgeschwindigkeit lediglich in der Richtung einer Achse erfassen kann, ist für den vorstehend angeführten Zweck nicht geeignet.

[0005] Verschiedene Typen von Vibrationsgyroskopen sind daher vorgeschlagen worden, wobei ein jedes biaxiale Winkelgeschwindigkeits-Komponenten erfassen kann. Das Betriebsprinzip eines derartigen biaxialen Vibrationsgyroskops wird nachstehend beschrieben.

[0006] Fig. 14 zeigt eine perspektivische Ansicht eines bekannten biaxialen Vibrationsgyroskops. Ein Vibrator A ist so ausgeführt, dass piezoelektrische Elemente **2** zwischen piezoelektrischen Element **1** und **1'** geklemmt/befestigt sind. Wird eine Wechselspannung V_C mit einer Frequenz, die nahezu gleich der Torsions-Eigenfrequenz des Vibrators A ist, einem der piezoelektrischen Elemente **2** zugeführt, wird an dem Vibrator A eine Torsionsvibration erzeugt. Wird der Vibrator A mit Winkelgeschwindigkeiten entlang der x- und y-Achsen beaufschlagt, werden durch Corioliskräfte Biegeschwingungen in der z-x- und y-z-Ebene verursacht. Folglich werden zu den gegebenen Winkelgeschwindigkeiten proportionale Wechselspannungen V_A und V_B zur Erfassung von Verwindungen infolge der jeweiligen Biegevibrationen an den piezoelektrischen Elementen **2** erzeugt.

[0007] Ein Halteelement **10** trägt den Vibrator A an einer Halteunterlage **7**.

[0008] Gemäß dem vorstehend angeführten Stand der Technik ist die Zahl der Teile jedoch groß, da mehrere piezoelektrische Elemente **2** zwischen den Vibrationselementen **1** und **1'** geklemmt und befestigt sind. Folglich ist ein komplizierter Montagevorgang erforderlich, und eine Montage mit hoher Präzision ist schwierig durchzuführen. Darüber hinaus ist die Struktur in der axialen Richtung lange, und ein großer Raum zu seiner Montage ist erforderlich.

[0009] Dokument JP-A-07/055478 offenbart ein piezoelektrisches Gyroskop, dessen Massenproduktivität groß ist, wobei zwei Sätze von entgegengesetzt Ansteuerelektroden und zwei Sätze von Detektionselektroden an zwei entgegengesetzten piezoelektrischen Keramiken angeordnet sind, und Biegevibrationen durch die Ansteuerelektroden hervorgerufen werden. Die Corioliskraft aufgrund einer Winkelgeschwindigkeit wird durch die Detektionselektroden erfasst und ausgegeben. Die Elektroden sind nur auf zwei Flächen ausgebildet, und Seitenflächen können einfach bearbeitet werden.

[0010] Weiterhin offenbart das Dokument JP-A-02 218 914 ein vibrierendes Gyroskop mit vier vibrierenden Stücken bzw. Teilen, die kreuzweise in einer x-y-Ebene angeordnet sind, wobei die zwei Achsen senkrecht zueinander sind. Die jeweiligen vibrierenden Teile des kreuzförmig vibrierenden Gyroskops sind mit piezoelektrischen Elementen zur Verursachung einer Vibration und zur Erfassung von Vibrationen und somit zur Erfassung von Winkelgeschwindigkeiten um die zwei Achsen ausgestattet.

[0011] Dokument US 4 431 935 offenbart einen Sensoraufbau, bei dem mehrere piezoelektrische Generatoren enthalten sind, wobei der Sensoraufbau mehrere piezoelektrische Biegeelemente in einer einzelnen piezoelektrischen Einheit integriert. Ein einzelnes Basiselement weist eine Vielzahl von Platten aus piezoelektrischem Material auf, und umfasst drei oder mehr Elektroden zum Ausbilden von zwei oder mehreren Biegeelementen. Insbesondere ist das Sensorelement aus drei flachen rechteckigen Platten aus piezoelektrischem Material aufgebaut,

die gemäß einem geschichteten Aufbau angeordnet sind. zum Bereitstellen eines elektrischen Kontakts befinden sich Elektroden auf den natürlichen Oberflächen. Die Elektroden sind schräg voneinander versetzt und sind weiterhin platziert und eingerichtet, eine bestimmte Symmetrieerscheinung zueinander aufzuweisen. Energieübertragungselemente und Elektroden sind geschichtet, und Ansteuerelektroden und Detektierelektroden sind in der gleichen Ebene angeordnet. Jede der piezoelektrischen Stellen, gleichmäßig und ungerichtet werden weiterhin polarisiert, so dass die Polarisationsrichtung von jeder Platte die natürliche Oberfläche ist, wobei diese Richtung ebenfalls senkrecht zur X-Y-Ebene liegt.

[0012] Angesichts des Stands der Technik ist es daher Aufgabe der Erfindung, ein Vibrationsgyroskop mit einem kreuzförmigen Vibrator bereitzustellen, um einen Biegevibrationsmodus zu verursachen, so dass Vibrationen entlang zweier Achsen des Vibrators unterschiedliche Phasen ausweisen, und um Verschiebungen aufgrund von Winkelgeschwindigkeiten entlang der zwei Achsen des Vibrators zu erfassen.

[0013] Die Aufgabe wird gemäß der Erfindung durch ein Vibrationsgyroskop wie in den angefügten Patentansprüchen beansprucht gelöst.

[0014] Fig. 1A und Fig. 1B zeigen ein erstes unbeanspruchtes Beispiel, wobei die Fig. 1A einem Blockschaltbild zur Veranschaulichung eines Vibrationsgyroskops entspricht, und Fig. 1B einer perspektivische Prinzipansicht eines Bildunschärfe-Verhinderungsgeräts entspricht.

[0015] Fig. 2 entspricht einer perspektivischen Ansicht zur Veranschaulichung eines Vibrationsmodus eines Vibrators gemäß dem ersten Beispiel,

[0016] Fig. 3 entspricht einer Draufsicht zur Veranschaulichung eines Vibrationsmodus des Vibrators gemäß dem ersten Beispiel,

[0017] Fig. 4A bis Fig. 4C zeigen Signalverläufe, die mit dem Vibrator gemäß dem ersten Beispiel verknüpft sind, wobei Fig. 4A ein Potential zeigt, das an einer Seitenfläche des Vibrators in der x-Achsen-Richtung erzeugt wird,

[0018] Fig. 4B ein Amplituden-moduliertes Signal auf der Grundlage einer Winkelgeschwindigkeit und Fig. 4C ein Winkelgeschwindigkeits-Signal, das durch Demodulation des Amplituden-modulierten Signals erzielt wird.

[0019] Fig. 5 entspricht einer Draufsicht zur Veranschaulichung eines Vibrationsmodus eines Vibrators gemäß einem zweiten unbeanspruchten Beispiel,

[0020] Fig. 6 entspricht einer Draufsicht zur Veranschaulichung eines Vibrationsmodus eines Vibrators gemäß einem dritten unbeanspruchten Beispiel,

[0021] Fig. 7A bis Fig. 7C entsprechen auseinandergezogenen Ansichten eines Vibrators gemäß dem Ausführungsbeispiel der Erfindung, wobei Fig. 7A einer Draufsicht der obersten piezoelektrischen Elementplatte entspricht, Fig. 7B einer Draufsicht der mittleren piezoelektrischen Elementplatte entspricht und Fig. 7C einer Draufsicht der untersten piezoelektrischen Elementplatte entspricht,

[0022] Fig. 8A und Fig. 8B zeigen einen Vibrator gemäß dem Ausführungsbeispiel der Erfindung, wobei die Fig. 8A einer Perspektivansicht des Vibrators und Fig. 8B einer Schnittansicht des Vibrators entspricht,

[0023] Fig. 9A und Fig. 9B zeigen den Vibrator gemäß dem Ausführungsbeispiel der Erfindung, wobei Fig. 9A einer Perspektivansicht zur Veranschaulichung des erregten Zustands eines Erregungsmodus in der z-Achsen-Richtung entspricht, und Fig. 9B einer Draufsicht zur Veranschaulichung des erregten Zustands gemäß Fig. 9A entspricht,

[0024] Fig. 10 entspricht einem Blockschaltbild zur Veranschaulichung des Ausführungsbeispiels der Erfindung,

[0025] Fig. 11 entspricht einem Blockschaltbild zur Veranschaulichung des vierten unbeanspruchten Beispiels,

[0026] Fig. 12 entspricht einer Draufsicht eines Vibrationsgyroskops gemäß einem fünften unbeanspruchten Beispiel,

[0027] Fig. 13 entspricht einer Perspektivansicht eines Vibrationsgyroskops gemäß einem sechsten unbeanspruchten Beispiel, und

[0028] Fig. 14 entspricht einer Prinzipansicht eines bekannten Vibrationsgyroskops.

Ausführliche Beschreibung der bevorzugten Ausführungsbeispiele und unbeanspruchten Beispiele

[0029] Fig. 1A und Fig. 1B zeigen das erste unbeanspruchte Beispiel in Zusammenhang mit der Erfindung.

[0030] Fig. 1A zeigt einen Vibrator und einen Schaltungsblock. Ein Metall-Vibrationselement **1** entspricht einem kreuzförmigen Element, wenn es von der Oberseite aus betrachtet wird. Das Vibrationselement ist so ausgeführt, dass piezoelektrische Elemente **2** als Energiewandlungselemente an den Flächen der vier Armabschnitte an der gleichen Ebene

angebracht sind, und piezoelektrische Elemente **2** an Seitenflächen der jeweiligen Armabschnitte angebracht sind. Ein jedes piezoelektrische Element **2** weist eine Funktionsweise auf, ein zugeführtes elektrisches Signal in eine mechanische Verschiebung zu wandeln, und eine Funktion, die Ausdehnungs-Schrumpfungs-Verschiebung (Verwindung) der Vibrationselementfläche, an der das piezoelektrische Element angebracht ist, in ein elektrisches Signal zu wandeln. Diese Signale werden über an den jeweiligen piezoelektrischen Elementen **2** aufgedruckten Elektroden **3** der Schaltung eingespeist bzw. von der Schaltung ausgegeben.

[0031] Eine Phasenschieberverstärkungs-Schaltung **4** empfängt ein Signal V_{ZAus} von einem piezoelektrischen Element **2** und gibt ein Signal V_{ZEin} den drei restlichen piezoelektrischen Elementen **2** an derselben zur Verursachung einer selbsterregten Vibration aus. Gemäß Fig. 2 biegen sich in dem selbsterregten Vibrationsmodus des Vibrationselements **1** zwei einander gegenüberliegende Arme c und d entlang der x-Achsen-Richtung in der negativen z-Achsen-Richtung, wenn zwei einander gegenüberliegende Arme a und b entlang der y-Achsen-Richtung sich in der positiven z-Achsen-Richtung biegen.

[0032] Unter der Annahme, dass eine Winkelgeschwindigkeit um die x-Achse gegeben ist, weist der Vibrator einen Geschwindigkeitsvektor in der Richtung auf, die durch einen "↑"-Pfeil oder "↓"-Pfeil angegeben ist. In diesem Fall wird eine Corioliskraft in der Richtung erzeugt, die den Umrisslinien-Pfeil senkrecht zu der Drehachse (x-Achse) und dem Geschwindigkeitsvektor angegeben ist. Da der Vibrator einen eigenen bzw. natürlichen Biegemodus in der y-Achsen-Richtung aufweist, wird durch die Corioliskraft eine Vibration in einem Modus verursacht, wie es in Fig. 3 dargestellt ist, falls die Eigenfrequenz dieses Modus nahezu gleich dem des selbsterregten Vibrationsmodus ist. Dabei ist anzumerken, dass die Maschen in Fig. 2 und Fig. 3 Maschen entsprechen, die für eine Finite-Element-Analyse aufgetragen sind.

[0033] In dem Modus gemäß Fig. 3 expandiert und schrumpft eine Seitenfläche des Arms in der x-Achsen-Richtung. Daher sind an Seitenflächen der Arme in der x-Achsen-Richtung zumindest ein Paar aus piezoelektrischen Elementen **2** angebracht, die Potentiale V_{x1} und V_{x2} erzeugen, die auf eine Expansion/ein Schrumpfen hin entgegengesetzte Vorzeichen aufweisen. Beispielsweise kann eines der piezoelektrischen Elemente **2**, wie in Fig. 1A dargestellt, vorgesehen sein oder es können zwei Paare von piezoelektrischen Elementen mit beiden Seitenflächen der Arme verbunden sein. Da wie vorstehend angeführt die Potentiale V_{x1} und V_{x2} entgegengesetzte Phasen aufweisen, wird ein Signal V_x erzielt, in dem die zwei Potentiale mit einem geeigneten Koeffizienten multipliziert werden, und ein Produkt von dem weiteren Produkt unter Verwendung einer Konstruktionsschaltung **5a** subtrahiert werden. Das Signal V_x ist nahezu 0, wenn die Winkelgeschwindigkeit ω_x dem Vibrator nicht beaufschlagt wird, aber wird eine amplitudenmodulierte Welle, die durch Modulation eines eine selbsterregte Vibrationsfrequenz aufweisendes Signals mit der Amplitude der Winkelgeschwindigkeit ω_x erzielt. Wird die Amplitudenmodulationswelle V_x durch eine Phasenerfassungsschaltung **6a** unter Verwendung eines Bezugssignals V_{REF} erfasst (demoduliert), wird ein Winkelgeschwindigkeits-Signal V_{XAus} erlangt, wie es in Fig. 4C dargestellt ist.

[0034] Das Gleiche gilt für den Fall, bei dem eine Winkelgeschwindigkeit ω_y um die y-Achse gegeben ist. D.h., ein in der x-Achsen-Richtung durch eine Corioliskraft erzeugter Vibrationsmodus (der äquivalent zu einem Modus ist, der durch Drehung der Struktur in Fig. 3 um die z-Achse erlangt wird) wird in Potentiale V_{y1} und V_{y2} mit entgegengesetztem Vorzeichen durch ein Paar oder zwei Paare von piezoelektrischen Elementen **2** gewandelt. Die Potentiale werden mit einem geeigneten Koeffizienten multipliziert und ein Produkt wird von dem weiteren Produkt unter Verwendung einer Subtraktionsschaltung **5B** zur Erlangung eines Signals V_y subtrahiert. Eine Amplitudenmodulations-Erfassung (Demodulation) des Signals V_y wird durch eine Schadenerfassungsschaltung **6B** ausgeführt. Als ein Ergebnis wird ein Winkelgeschwindigkeits-Signal V_{aus} um die y-Achse erzeugt.

[0035] Es wird angenommen, dass ein derartiges Vibrationsgyroskop an einem vibrierenden System **8**, wie etwa einer Kamera oder einer Videokamera gemäß Fig. 1B angebracht ist. Werden in diesem Fall Winkelgeschwindigkeits-Signale um die x- und y-Achsen einem Bildunschärfe-Verhinderungsgerät **9**, wie beispielsweise einem Prisma mit variablem Winkel, das zur Korrektur eines niedrig-frequentem Kamera-Wackelns verwendet wird, eingespeist, kann ein Gerät zur biaxialen Bildunschärfe-Verhinderung (wie beispielsweise eine Kamera-Verwacklungskorrektur) und Verwendung des Vibrationsgyroskops verwirklicht werden.

[0036] Da gemäß diesem Beispiel die Zahl an Teilen gering ist, kann ein Vibrationsgyroskop zur biaxialen Erfassung und ein Bildunschärfe-Verhinderungsgerät unter Verwendung des Gyroskops mit hoher Präzision auf einfache Weise hergestellt werden. Da darüber hinaus das Gyroskop und die Bildunschärfe-Verhinderungsgeräte hinsichtlich ihrer z-Achsen-Richtung eine geringe Größe aufweisen, benötigen sie keinen großen Raum für eine Installation.

[0037] Die gleichen Bezugszeichen in den nachstehenden Beispielen und dem Ausführungsbeispiel bezeichnen die gleichen Teile wie in dem ersten Beispiel, und auf ihre Beschreibung wird verzichtet.

(Zweites unbeanspruchtes Beispiel)

[0038] Fig. 5 zeigt das zweite unbeanspruchte Beispiel in Zusammenhang mit der Erfindung.

[0039] Fig. 5 zeigt ein Infinite-Element-Analyseergebnis des Erfassungsmodus (des Modus einer Vibration in der y-Achsen-Richtung) eines Vibrators gemäß dem zweiten Beispiel.

[0040] Bei diesem Beispiel weisen die entfernten Enden der vier Arme in der x- und y-Achsen-Richtung dreieckige Abschnitte auf. Fig. 5 entspricht Fig. 3 des ersten Beispiels. Das zweite unbeanspruchte Beispiel unterscheidet sich von dem ersten unbeanspruchten Beispiel in der Gestalt der entfernten Enden bzw. der äußeren Enden eines jeden Arms. Die zwei Beispiele arbeiten jedoch in derselben Weise.

[0041] Da die Masse eines jeden entfernten Endes bzw. eines jeden äußeren Endes bei dem zweiten unbeanspruchten Beispiel größer ist, ist eine Coriolis-kraft F, die gegeben ist durch

$$F = 2 m\omega v$$

(wobei m der Masse des Vibrators entspricht, ω = Winkelgeschwindigkeit und v entspricht der durch die erregte Vibration gegebenen Geschwindigkeit gegeben ist), größer, wobei die Erfassungsempfindlichkeit für die Winkelgeschwindigkeit ω verbessert werden kann.

[0042] Infolge der Wirkung der Masse eines jeden entfernten Endes steigt zusätzlich das Trägheitsmoment. Folglich fallen drei Eigenfrequenzen (eine Erregungsfrequenz und zwei Erfassungsfrequenzen). Falls die Eigenfrequenzen dieser Struktur gleich zu den Eigenfrequenzen der einfachen kreuzförmigen Struktur sind, kann die Größe in der y-Richtung verringert werden.

(Drittes unbeanspruchtes Beispiel)

[0043] Fig. 6 zeigt das dritte unbeanspruchte Beispiel in Verbindung mit der Erfindung.

[0044] Fig. 6 zeigt ein Ergebnis einer Infinite-Element-Analyse eines Erfassungsmodus eines Vibrators des dritten Beispiels.

[0045] Bei diesem Beispiel weisen die entfernten Enden bzw. die äußeren Enden der vier Arme in der x- und y-Achsen-Richtung rechtwinklige Abschnitte auf. Fig. 6 korrespondiert mit Fig. 3 des ersten Beispiels. Das dritte Beispiel unterscheidet sich von dem ersten Beispiel in der Gestalt des entfernten Endes eines jeden Arms. Die zwei unbeanspruchten Beispiele arbeiten jedoch in derselben Weise.

[0046] Da bei dem dritten Beispiel die Masse eines jeden entfernten Endes größer ist, ist eine durch die Gleichung

$$F = 2m\omega v$$

(wobei m der Masse des Vibrators entspricht, ω der Winkelgeschwindigkeit entspricht und v der durch die erregte Vibration gegebenen Geschwindigkeit entspricht) gegebene Corioliskraft F größer, wobei die Erfassungs-Empfindlichkeit für die Winkelgeschwindigkeit ω verbessert werden kann.

[0047] Infolge des Effekts der Masse eines jeden entfernten Endes steigt zusätzlich das Massenträgheitsmoment. Folglich fallen drei Eigenfrequenzen (eine Erregungsfrequenz und zwei Erfassungsfrequenzen). Alternativer Weise können die Ausmaße bzw. Größen dieser Struktur in der x- und y-Richtung im Vergleich zu der einfachen kreuzförmigen Struktur reduziert werden. Da die Form dieses Beispiels darüber hinaus durch Ausbildung von vier Einschnitten in einer rechtwinkligen Platte erlangt wird, kann das dritte Beispiel leichter als das zweite Beispiel gemäß Fig. 5 verarbeitet werden.

(Ausführungsbeispiel der Erfindung)

[0048] Die Fig. 7A bis Fig. 8B zeigen das Ausführungsbeispiel der Erfindung.

[0049] Bei jedem der vorher beschriebenen unbeanspruchten Beispiele ist der Vibrator ausgebildet, indem die piezoelektrischen Elemente **2** für das metallene elastische Vibrationselement **1** vorgesehen sind. In diesem Ausführungsbeispiel wird ein kreuzförmiges Vibrationselement selbst jedoch durch Verwendung eines schichtartigen piezoelektrischen Elements ausgebildet. Die Fig. 7A, Fig. 7B und Fig. 7C entsprechen jeweils Draufsichten, die piezoelektrische Elementplatten **1A**, **1B** und **1C** zeigen, welche Schichten bilden. Elektrodenmuster $\mathbf{3a_1}$ bis $\mathbf{3a_{12}}$ sind an der piezoelektrischen Elementplatte **1a** an der obersten Schichtgemäß Fig. 7A ausgebildet. Elektrodenmuster $\mathbf{3b_1}$ bis $\mathbf{3b_{12}}$ sind an der piezoelektrischen Elementplatte **1b** an der mittleren Schicht gemäß **Fig.** 7D ausgebildet. Elektrodenplattenmuster $\mathbf{3c_1}$ bis $\mathbf{3c_{12}}$ sind an der piezoelektrischen Elementplatte **1c** an der untersten Schicht gemäß Fig. 7C ausgebildet. Dabei ist anzumerken, dass der Anhang (1 bis 12) eines jeden Bezugszeichens, welche diese Elektrodenmuster bezeichnen, eine Gruppe von Elektrodenmustern angeben, die elektrisch miteinander verbunden sind. Die Struktur beinhaltet Durchgangsöffnungen **10**.

[0050] Wie vorstehend beschrieben, sind die piezoelektrischen Elementplatten **1a**, **1b** und **1c**, die jeweils die an einer Flächenseite eines Vibrationselements ausgebildete Elektroden **3a**, **3b** und **3c** aufwei-

sen, so geschichtet, dass die unteren Flächen der piezoelektrischen Elemente an den jeweiligen Schichten mit den benachbarten Elektroden verbunden sind/zwischen die benachbarten Elektroden geklemmt sind, wodurch ein Vibrator ausgebildet wird.

[0051] Gemäß Fig. 8A wird ein Polarisationsvorgang des Vibrationselements wie etwa bei dem schichtartigen piezoelektrischen Element durch Verdrahtung der Elektroden **3a** an der obersten Schicht und durch Anlegen einer hohen Spannung V_{pol} ausgeführt.

[0052] Mit dem Polarisationsvorgang gemäß Fig. 8A werden die inneren Abschnitte des geschichteten piezoelektrischen Elements in Richtungen polarisiert, wie sie durch die Pfeile in **Fig.** 8C angegeben sind. Insbesondere sind die Abschnitte unter einem Elektrodenmuster $\mathbf{3a_1}$ an der linken Seite von Fig. 8B wechselweise nach oben und nach unten polarisiert, wobei bei dem obersten Abschnitt begonnen wird. Die Abschnitte über einem Elektrodenmuster $\mathbf{3a_7}$ auf der rechten Seite von **Fig.** 8 sind so polarisiert, dass zwei Abschnitte wechselweise nach oben und nach unten polarisiert sind, wobei die Abschnitte über und unter einem Elektrodenmuster $\mathbf{3b_8}$ in der gleichen Richtung polarisiert sind, und die zwei unteren Abschnitte wechselweise polarisiert sind.

[0053] Wird das Signal V_{ZIN} den Elektrodenmustern $\mathbf{3a_7}$ und $\mathbf{3a_9}$ des geschichteten piezoelektrischen Elements zugeführt, dehnt sich der obere Abschnitt und schrumpft der untere Abschnitt, wie es gemäß Fig. 9A gezeigt ist. Folglich wird ein Erregungsmodus in der z-Achsen-Richtung erregt.

[0054] Wird ein Deformationsmodus in der y-Achsen-Richtung gemäß Fig. 9B verursacht, schrumpft der Abschnitt unter dem Elektrodenmuster $\mathbf{3a_1}$ und weitet sich der Abschnitt unter dem Elektrodenmuster $\mathbf{3a_3}$. Folglich werden Signale V_{y1} und V_{y2} mit entgegengesetzten Vorzeichen durch die Elektrodenmuster $\mathbf{3a_1}$ und $\mathbf{3a_3}$ erzeugt.

[0055] Ist das geschichtete piezoelektrische Element mit einer Schaltung gemäß Fig. 10 verbunden, kann gleichartig zu dem ersten unbeanspruchten Beispiel gemäß den Fig. 1A und Fig. 1B ein Vibrationsgyroskop verwirklicht werden, das Winkelgeschwindigkeiten um zwei Achsen erfassen kann. Die piezoelektrischen Elemente sind geschichtet, um gemäß dem Effekt des Ausführungsbeispiels eine große wirksame Fläche zu erzielen. Aus diesem Grund kann die Amplitude des Erregungsmodus erhöht werden und kann das Lademaß eines Erfassungssignals zur Verbesserung der Erfassungsgenauigkeit erhöht werden.

(Viertes unbeanspruchtes Beispiel)

[0056] Fig. 11 zeigt das vierte unbeanspruchte Beispiel in Verbindung mit der Erfindung. Dieses Beispiel ist dadurch gekennzeichnet, dass eine angelegte Spannung V_{ZEin} Potentialen V_{x1}, V_{x2}, V_{y1} und V_{y2} über verstellbare Widerstände R_x und R_y überlagert ist.

[0057] Eine derartige Schaltungsanordnung kann die Winkelgeschwindigkeits-Erfassungsgenauigkeit verbessern, indem unnötige Spannungen entfernt werden, die in dem auf eine Weitung oder Schrumpfung hin erzeugten Potentiale V_{x1}, V_{x2}, V_{y1} und V_{y2} enthalten sind.

[0058] Die Elektrodenmuster des Ausführungsbeispiels und des vierten Beispiels können geändert werden. Insbesondere können beliebige Muster ausgebildet sein, solang Vibrationsmodi in de z-Achsen-Richtung in dem kreuzförmigen Vibrationselement wechselweise erzeugt werden können und Biegeverschiebungen in der x- und y-Achsen-Richtung erfasst werden können.

(Fünftes unbeanspruchtes Beispiel)

[0059] Fig. 12 entspricht einer perspektivischen Ansicht zur Veranschaulichung des fünften unbeanspruchten Beispiels in Verbindung mit der Erfindung (keine Elektroden sind dargestellt). Ein Vibrationselement **1** wird an einer Haltegrundlage **7** über ein elastisches Halteelement **10a** in der Form einer Schleife gehalten/fixiert. Es reicht aus, falls das elastische Halteelement **10a** so positioniert und geformt ist, dass sein Einfluss auf drei zur Erregung und Erfassung verwendete Vibrationsmodi minimiert wird.

(Sechstes unbeanspruchtes Beispiel)

[0060] Fig. 13 entspricht einer perspektivischen Ansicht zur Veranschaulichung des sechsten unbeanspruchten Beispiels in Verbindung mit der Erfindung (keine Elektroden sind dargestellt). Ein Vibrationselement **1** ist an einer Haltegrundlage **7** über ein stabartiges, elastisches Halteelement **10b** befestigt. Dabei wird angemerkt, dass das stabartige, elastische Halteelement **10b** einem Stiel bzw. einem Stab entspricht, dessen Dicke und Länge so eingestellt sind, dass ihr Einfluss auf drei zur Erregung und Erfassung verwendete Vibrationsmodi minimiert wird.

[0061] Da gemäß dem fünften und sechsten unbeanspruchten Beispiel die Vibrationselemente **1** fixiert werden können, können Winkelgeschwindigkeiten mit hoher Genauigkeit erfasst werden. Da die zwei Vibrationselemente unterschiedliche Formen aufweisen, können sie gemäß den räumen selektiv verwendet werden, wo sie angebracht werden.

[0062] Da gemäß einem jeden vorstehend ange-

führten unbeanspruchten Beispiele und dem Ausführungsbeispiel der Vibrator durch das kreuzförmige Vibrationselement mit zwei rechtwinklig zueinander ausgebildeten Achsen aufgebaut ist, können Winkelgeschwindigkeits-Komponenten um die zwei Achsen gleichzeitige erfasst werden. Darüber hinaus kann die Form des Vibrationselements vereinfacht werden, und es kann in Folge dessen die Zahl der Teile reduziert werden. Folglich kann der Montagevorgang vereinfacht werden, und die Herstellungsgenauigkeit/Montagegenauigkeit kann verbessert werden. Da ferner die Größe des Vibrationselements in der Biegerichtung/Vibrationsrichtung reduziert werden kann, kann im Vergleich zum Stand der Technik der in der Biegerichtung/Vibrationsrichtung erforderliche Raum reduziert werden.

[0063] Da insbesondere gemäß dem Ausführungsbeispiel der Erfindung ein Anstieg hinsichtlich der wirksamen Fläche durch das geschichtete piezoelektrische Element erzielt werden kann, kann die Amplitude eines Erregungsmodus und das Polarisationsladema ß eines Erfassungssignals zur Verbesserung einer Ausgabe einer Winkelgeschwindigkeits-Signalerfassung erhöht werden.

[0064] Durch Erhöhung der Masse der entfernten Enden eines jeden Arms einer Vibrationsverschiebungs-Vergrößerungsstruktur, wie etwa eines kreuzförmigen Vibrationselements gemäß dem zweiten und dritten Beispiel kann eine auf ein Auftreten einer Winkelgeschwindigkeit hin erzeugte Corioliskraft zur Verbesserung der Empfindlichkeit der Winkelgeschwindigkeits-Erfassung erhöht werden. Da darüber hinaus das Trägheitsmoment ansteigt, können die Eigenfrequenzen eines Erregungsmodus und zweier Winkelgeschwindigkeits-Signalerfassungsmodi verringert werden. Unter der Bedingung einer gleichen Eigenfrequenz kann das Vibrationselement durch Minimierung der Größe der Arme in den zwei Achsen in seiner Größe im Vergleich zu einem einfachen kreuzförmigen Vibrationselement reduziert werden.

[0065] Da gemäß dem fünften und sechsten unbeanspruchten Beispiel die Vibrationselemente in einem gepufferten Zustand gehalten werden, können Winkelgeschwindigkeiten mit hoher Präzision erfasst werden.

[0066] Gemäß Fig. 1B kann eine Bildunschärfe-Verhinderung um zwei Achsen auf einfache Weise ausgeführt werden, indem das Vibrationsgyroskop eines jeden vorstehend beschriebenen Ausführungsbeispiels verwendet werden, da ein Vibrationssensor zur Korrektur einer Linse mit variablem Winkel verwendet wird, um ein niederfrequentes Schwenken bzw. Verwackeln einer Kamera zu korrigieren, das verursacht wird, wenn ein Benutzer eine Kamera oder eine Videokamera in seinen/ihren Händen hält.

[0067] Ein Vibrationsgyroskop beinhaltet ein kreuzförmiges Vibrationselement mit zwei zueinander rechtwinklig ausgebildeten Achsen, eine Erregungsstruktur zur Erzeugung einer Biegevibration, so dass Vibrationen entlang der zwei Achsen des Vibrationselements entgegengesetzte Phasen aufweisen, und eine Erfassungsstruktur zur Erfassung von Winkelgeschwindigkeiten um die zwei Achsen des Vibrationselements während einer Erregung der Biegevibration auf der Grundlage von Biegeverschiebungen.

Patentansprüche

1. Vibrationsgyroskop mit:

einem kreuzförmigen Vibrationselement (**1**) mit einer X- und einer Y-Achse, die zueinander rechtwinklig sind, wobei das Vibrationselement Energiewandlungssteuerelemente (**1a**, **1b**, **1c**) aufweist, die in einer Richtung einer Z-Achse, die sowohl zu der X- als auch zu der Y-Achse rechtwinklig ist, polarisiert sind;

einer Erregungsanordnung (**3a**$_7$–**3a**$_{12}$, **3b**$_7$–**3b**$_{12}$, **3c**$_7$–**3c**$_{12}$) zum Erzeugen von Biegevibrationen durch Verwenden der Energiewandlungssteuerelemente (**1a**, **1b**, **1c**), so dass Vibrationen entlang der X- und der Y-Achse des Vibrationselements (**1**) entgegengesetzte Phasen aufweisen, wobei die Erregungsanordnung eine Vielzahl von Ansteuerelektroden (**3a**$_7$–**3a**$_{12}$, **3b**$_7$–**3b**$_{12}$, **3c**$_7$–**3c**$_{12}$) aufweist, die auf einer Oberfläche des Vibrationselements angeordnet sind; und

einer Erfassungsanordnung (**3a**$_1$–**3a**$_6$, **3b**$_1$–**3b**$_6$, **3c**$_1$–**3c**$_6$) zum Erfassen von Winkelgeschwindigkeiten um die X- und die Y-Achse des Vibrationselements (**1**) während einer Erregung der Biegevibrationen auf der Grundlage einer Biegeverschiebung, wobei die Erfassungsanordnung Energiewandlungssteuerelemente (**1a**, **1b**, **1c**), die in der Richtung der Z-Achse polarisiert sind, und eine Vielzahl von Erfassungselektroden (**3a**$_1$–**3a**$_6$, **3b**$_1$–**3b**$_6$, **3c**$_1$–**3c**$_6$) umfasst, wobei die Vielzahl von Erfassungselektroden (**3a**$_1$–**3a**$_6$, **3b**$_1$–**3b**$_6$, **3c**$_1$–**3c**$_6$) auf der Oberfläche des Vibrationselements angeordnet ist, auf der die Vielzahl von Ansteuerelektroden angeordnet ist, wobei

die Energiewandlungssteuerelemente (**1a**, **1b**, **1c**) und die Ansteuerelektroden (**3a**$_7$–**3a**$_{12}$, **3b**$_7$–**3b**$_{12}$, **3c**$_7$–**3c**$_{12}$) abwechselnd geschichtet sind, und die Energiewandlungssteuerelemente (**1a**, **1b**, **1c**) und die Erfassungselektroden (**3a**$_1$–**3a**$_6$, **3b**$_1$–**3b**$_6$, **3c**$_1$–**3c**$_6$) abwechselnd geschichtet sind, und

die Erregungsanordnung (**3a**$_7$–**3a**$_{12}$, **3b**$_7$–**3b**$_{12}$, **3c**$_7$–**3c**$_{12}$) auf jedem von zwei Armen des kreuzförmigen Vibrationselements (**1**) ausgebildet ist, und die Erfassungsanordnung (**3a**$_1$–**3a**$_6$, **3b**$_1$–**3b**$_6$, **3c**$_1$–**3c**$_6$) auf jedem von anderen zwei Armen des kreuzförmigen Vibrationselements (**1**) ausgebildet ist, und eine polarisierte Struktur der Erregungsanordnung (**3a**$_7$–**3a**$_{12}$, **3b**$_7$–**3b**$_{12}$, **3c**$_7$–**3c**$_{12}$) von der der Erfassungsanordnung (**3a**$_1$–**3a**$_6$, **3b**$_1$–**3b**$_6$, **3c**$_1$–**3c**$_6$) verschieden ist.

2. Vibrationsgyroskop gemäß Anspruch 1, wobei das Vibrationselement (**1**) durch ein elastisches Element gehalten wird.

Es folgen 10 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG. 1A

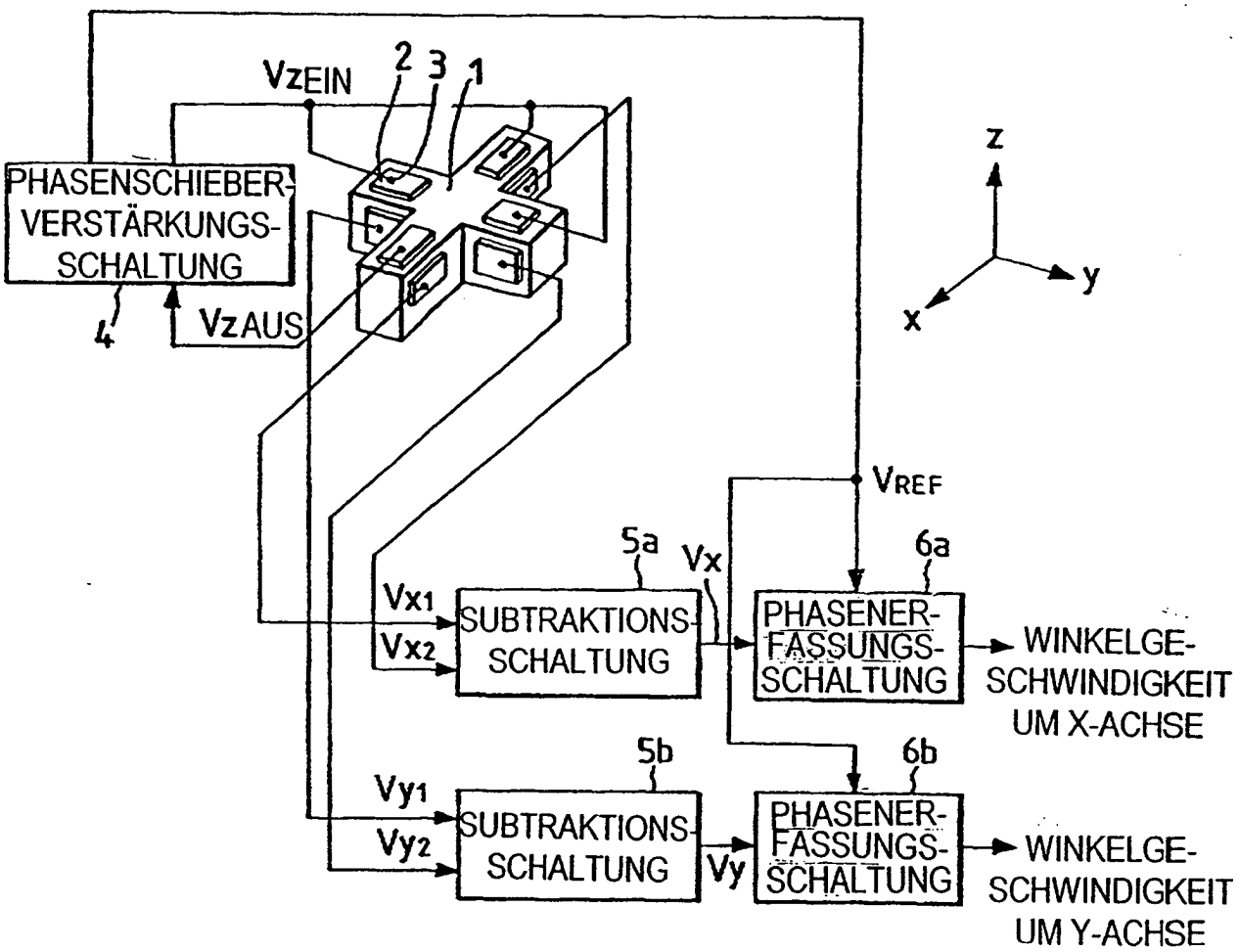


FIG. 1B

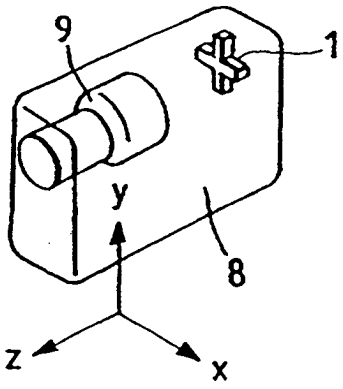


FIG. 2

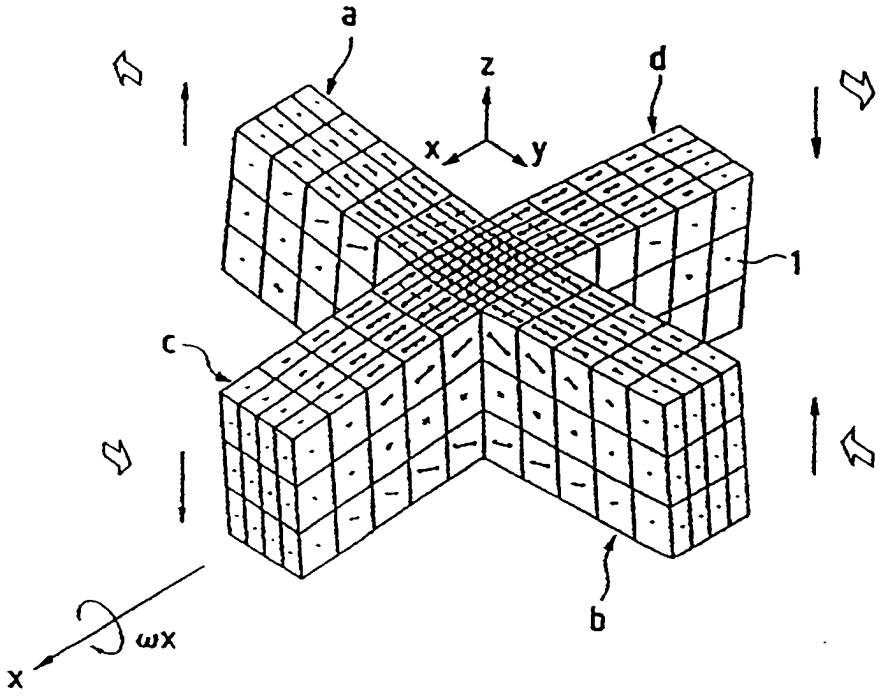


FIG. 3

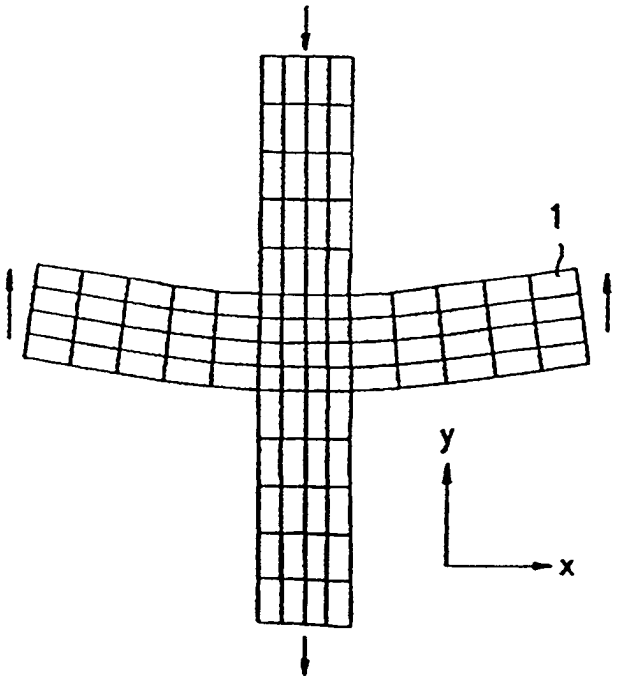


FIG. 4A

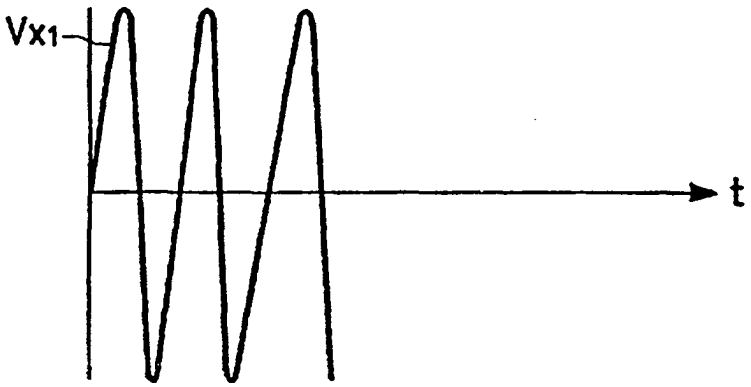


FIG. 4B

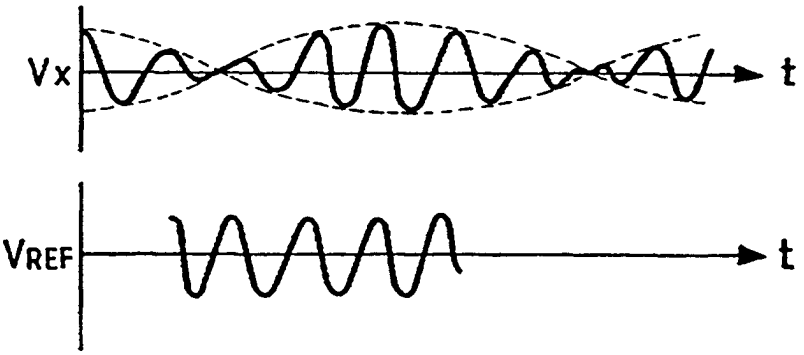


FIG. 4C



FIG. 5

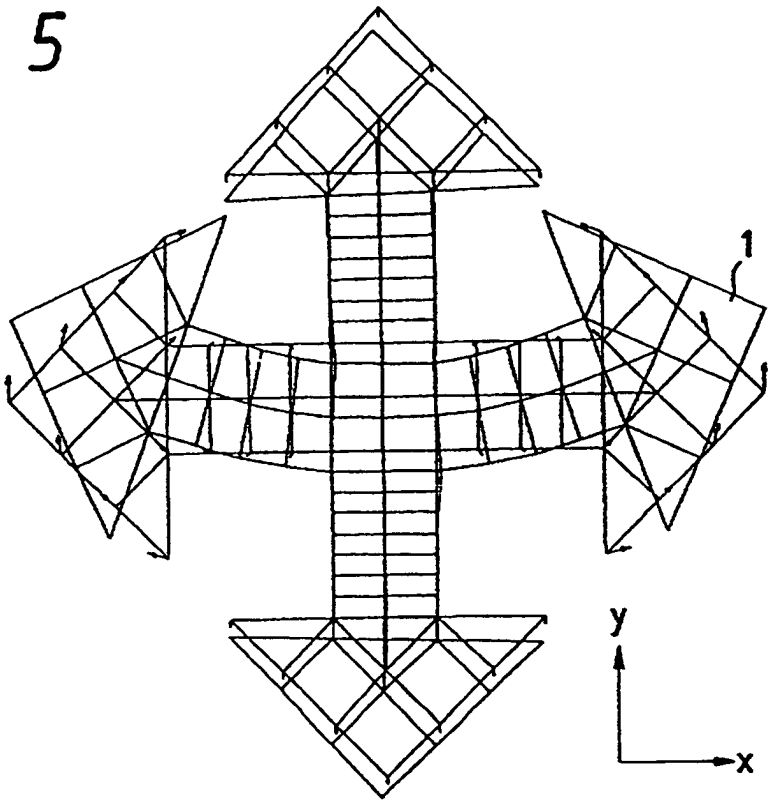


FIG. 6

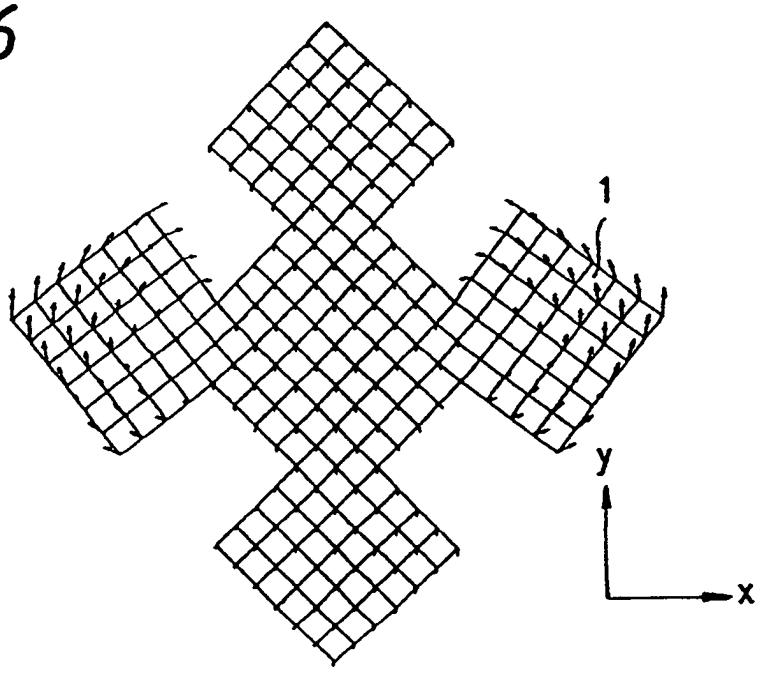


FIG. 7A

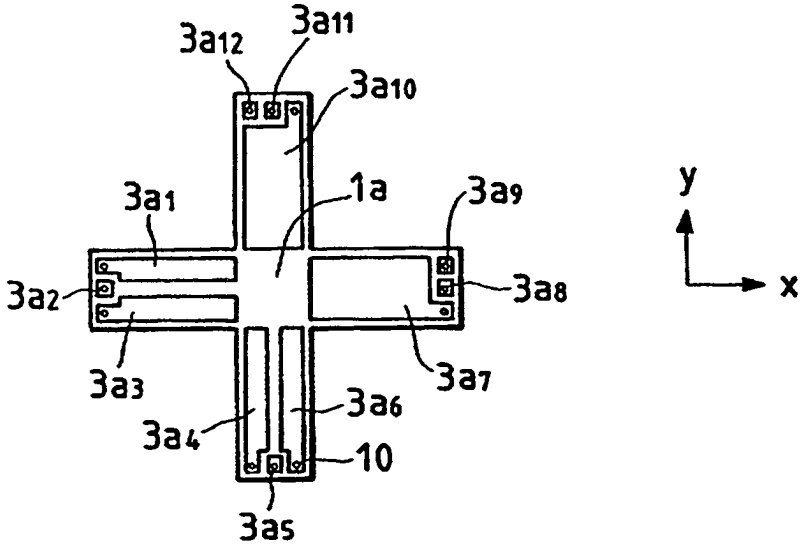


FIG. 7B

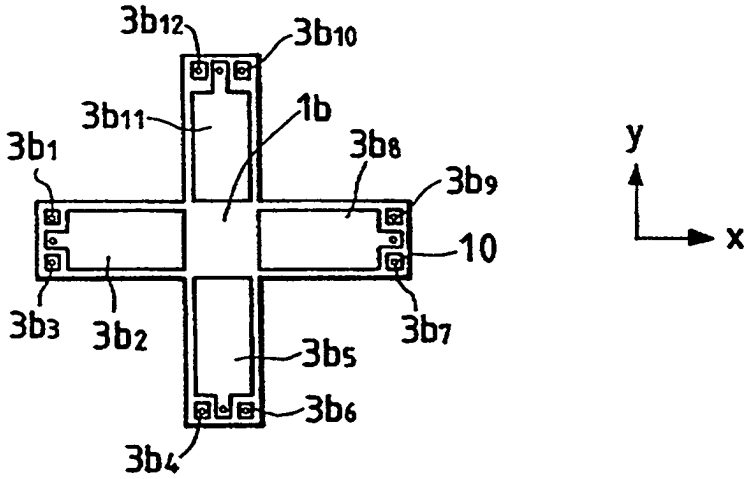


FIG. 7C

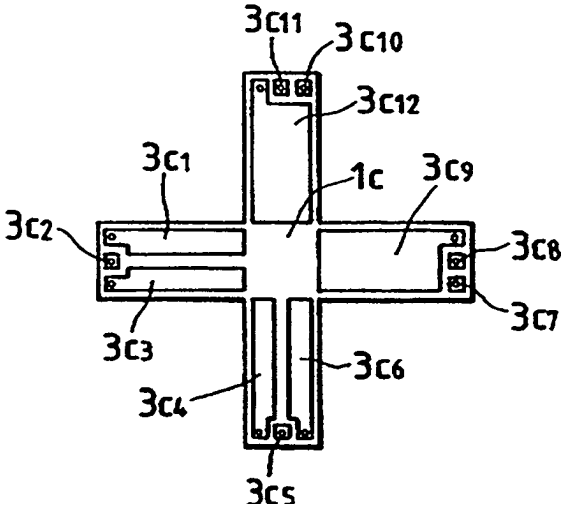


FIG. 8A

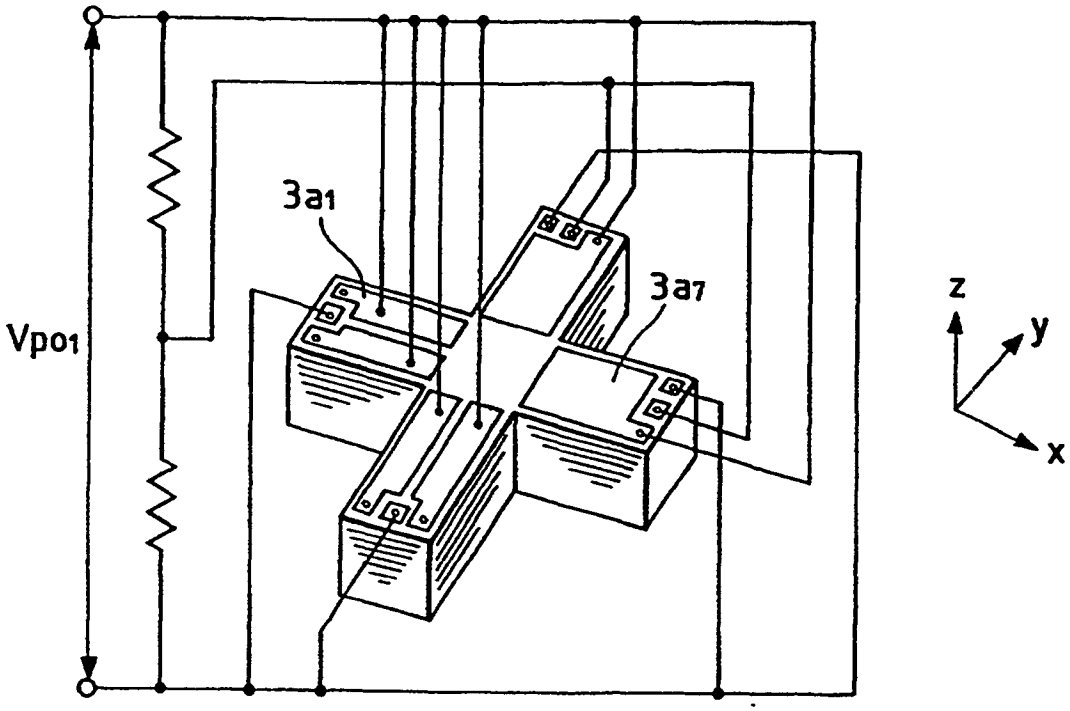

Vpo1
3a1
3a7
z
y
x

FIG. 8B

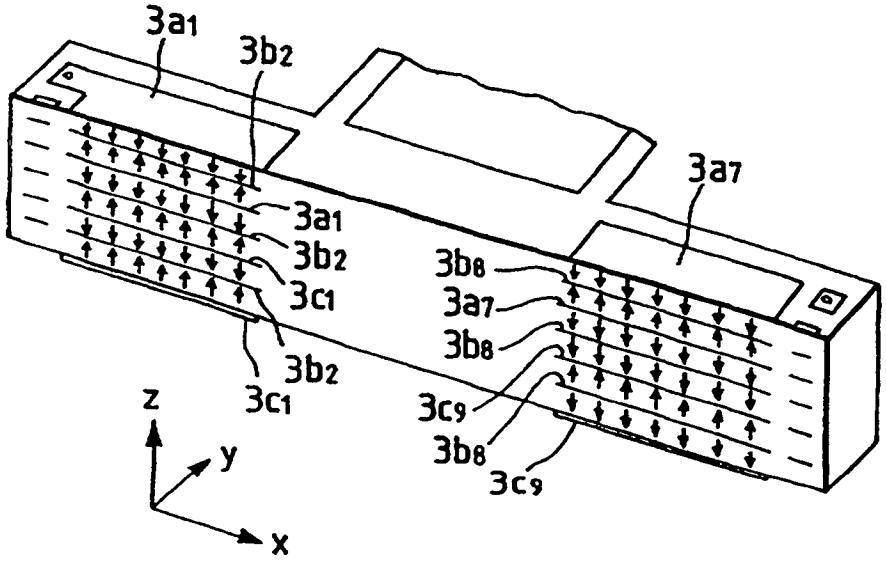

3a1
3b2
3a7
3a1
3b2
3c1
3b2
3c1
3b8
3a7
3b8
3c9
3b8
3c9
z
y
x

FIG. 9A

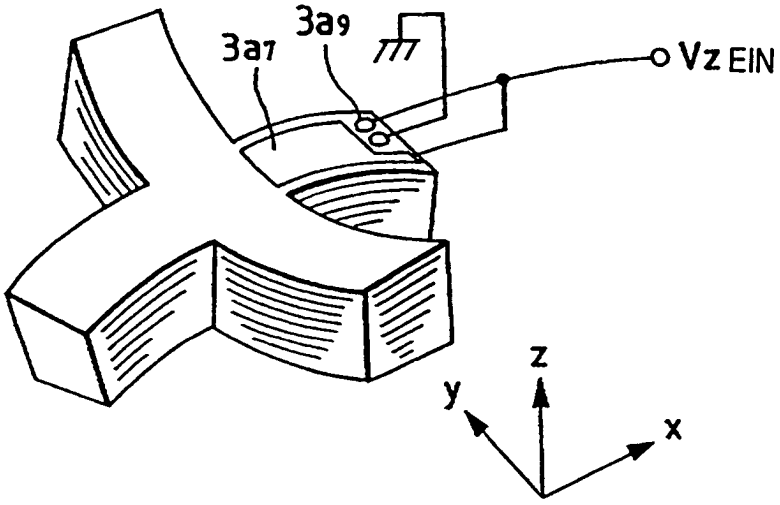


FIG. 9B

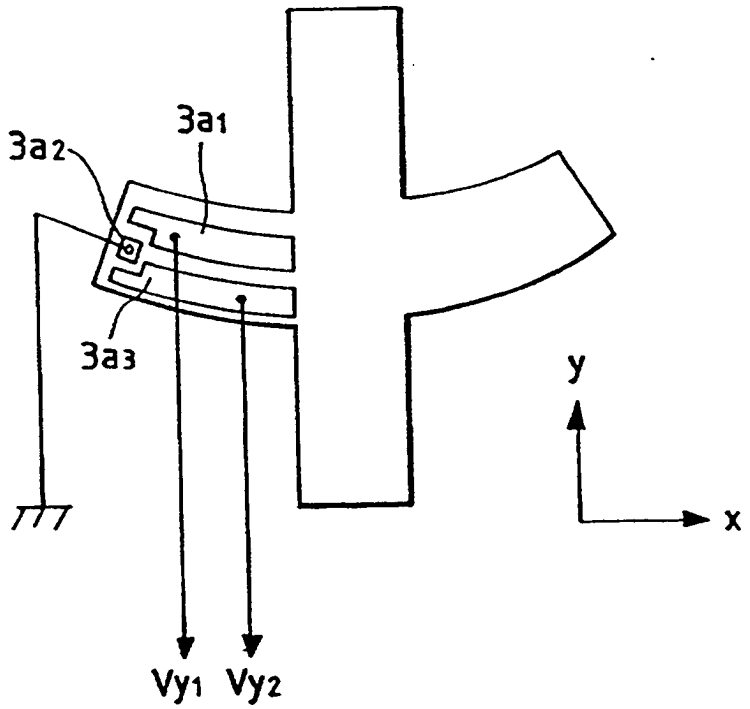


FIG. 10

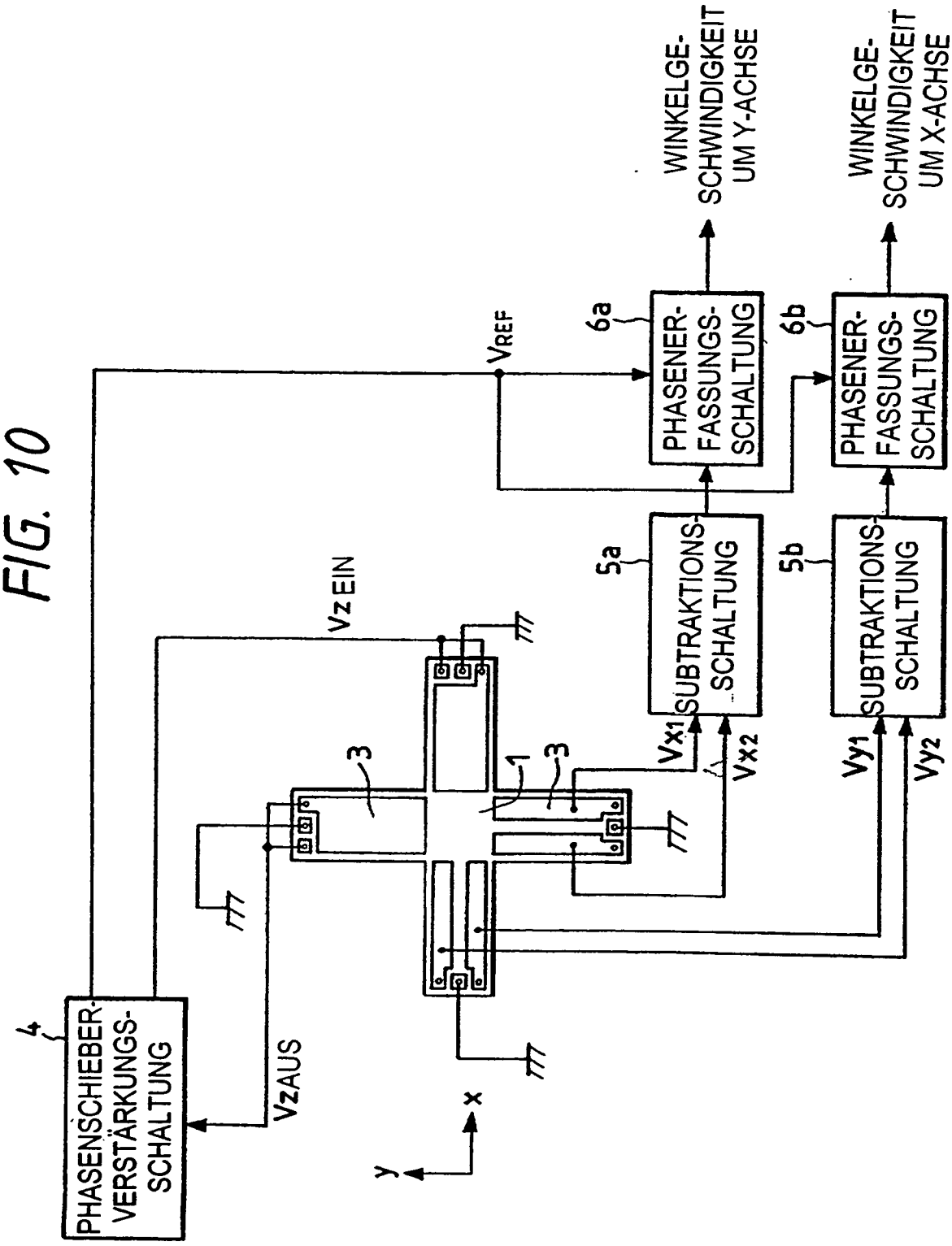

WINKELGE-SCHWINDIGKEIT UM Y-ACHSE
WINKELGE-SCHWINDIGKEIT UM X-ACHSE
PHASENER-FASSUNGS-SCHALTUNG
PHASENER-FASSUNGS-SCHALTUNG
SUBTRAKTIONS-SCHALTUNG
SUBTRAKTIONS-SCHALTUNG
PHASENSCHIEBER-VERSTÄRKUNGS-SCHALTUNG
VREF
VZ EIN
VZAUS
Vx1
Vx2
Vy1
Vy2
6a
6b
5a
5b
4
3
1
x
y

FIG. 11

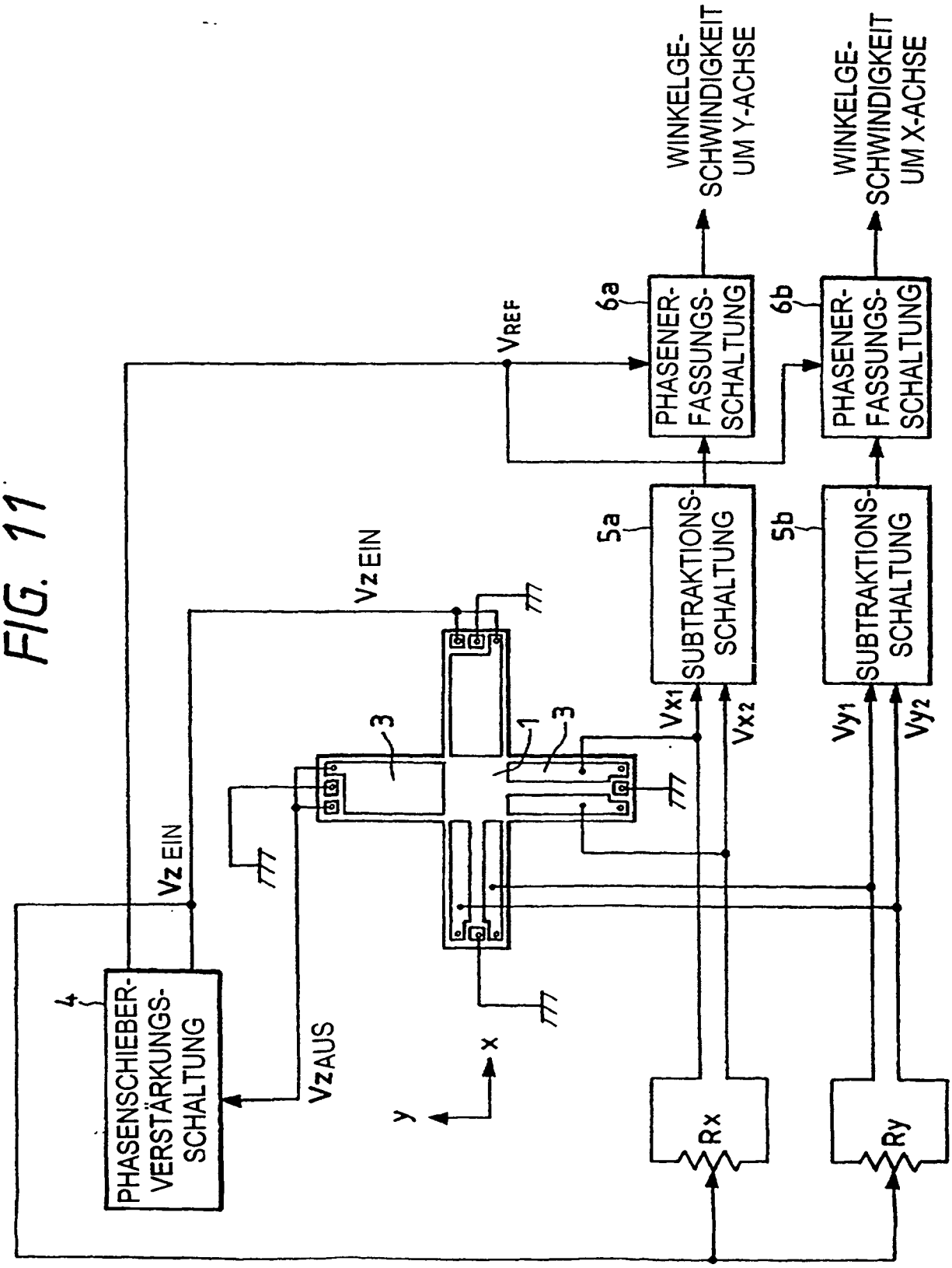

WINKELGE-SCHWINDIGKEIT UM Y-ACHSE
WINKELGE-SCHWINDIGKEIT UM X-ACHSE
6a
6b
PHASENER-FASSUNGS-SCHALTUNG
PHASENER-FASSUNGS-SCHALTUNG
VREF
5a
5b
SUBTRAKTIONS-SCHALTUNG
SUBTRAKTIONS-SCHALTUNG
VZ EIN
VZ EIN
3
1
3
Vx1
Vx2
Vy1
Vy2
4
PHASENSCHIEBER-VERSTÄRKUNGS-SCHALTUNG
VZAUS
x
y
Rx
Ry

FIG. 12

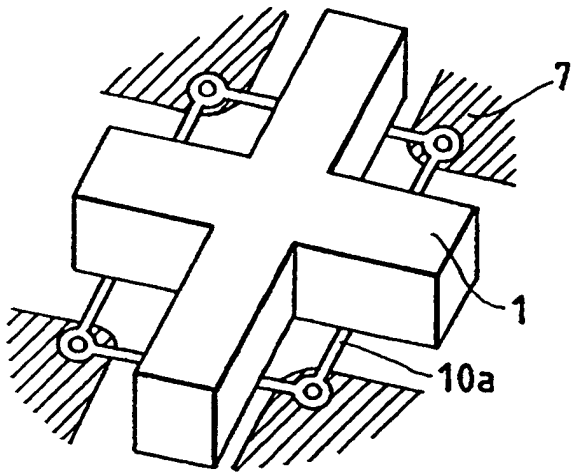


FIG. 13

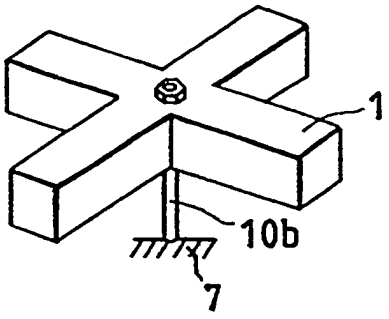


FIG. 14

