



(10) **DE 101 24 822 B4** 2011.11.03

(12) **Patentschrift**

(21) Aktenzeichen: **101 24 822.9**
 (22) Anmeldetag: **21.05.2001**
 (43) Offenlegungstag: **20.12.2001**
 (45) Veröffentlichungstag
 der Patenterteilung: **03.11.2011**

(51) Int Cl.: **B81B 3/00 (2006.01)**
G01C 19/56 (2011.01)
G01P 15/125 (2011.01)

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. 1 Patentkostengesetz).

(30) Unionspriorität:
P 00-149558 22.05.2000 JP

(73) Patentinhaber:
Toyota Jidosha Kabushiki Kaisha, Toyota-shi, Aichi-ken, JP

(74) Vertreter:
TBK, 80336, München, DE

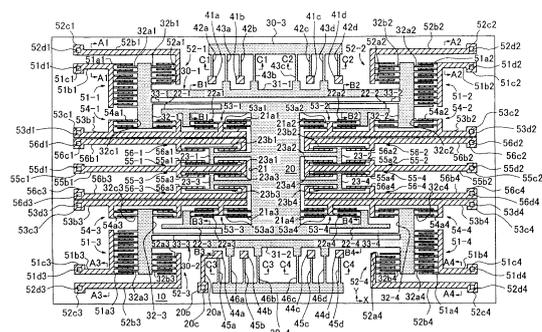
(72) Erfinder:
Chida, Kazumi, Toyota, Aichi, JP; Hashimoto, Masato, Toyota, Aichi, JP; Nagao, Masaru, Toyota, Aichi, JP; Senda, Hidemi, Toyota, Aichi, JP; Okayama, Norihisa, Toyota, Aichi, JP; Neki, Keiko, Toyota, Aichi, JP; Sugimoto, Masahiro, Toyota, Aichi, JP

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

DE	196 32 060	A1
DE	199 21 863	A1
US	5 487 305	A
US	5 894 091	A
US	5 594 172	A
US	6 051 503	A
US	5 447 067	A
EP	0 915 323	A1
EP	0 785 413	A2
EP	0 925 932	A2
WO	98/058265	A1
WO	99/ 19 734	A2
JP	10 300 475	A

(54) Bezeichnung: **Sensorvorrichtung und Sensorgerät**

(57) **Hauptanspruch:** Sensorvorrichtung mit einem Vibrator (20), der in Bezug auf ein Substrat (10) verschiebbar gestützt ist, einer Vielzahl an Elektrodenpaaren (51-1 bis 51-4, 52-1 bis 52-4, 53-1 bis 53-4, 54-1 bis 54-4, 55-1 bis 55-4, 56-1 bis 56-4), die jeweils eine bewegliche Elektrode (32a1 bis 32a4, 32b1 bis 32b4, 21a1 bis 21a4, 22a1 bis 22a4, 32c1 bis 32c4, 23a1 bis 23a4, 23b1 bis 23b4), die mit dem Vibrator (20) verbunden ist und die zusammen mit dem Vibrator (20) an dem Substrat (10) verschoben wird, und eine feststehende Elektrode (51a1 bis 51a4, 52a1 bis 52a4, 53a1 bis 53a4, 54a1 bis 54a4, 55a1 bis 55a4, 56a1 bis 56a4) haben, die an dem Substrat (10) so befestigt ist, dass sie der beweglichen Elektrode (32a1 bis 32a4, 32b1 bis 32b4, 21a1 bis 21a4, 22a1 bis 22a4, 32c1 bis 32c4, 23a1 bis 23a4, 23b1 bis 23b4) zugewandt ist, und einer Vielzahl an Leitern...



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf eine Sensorvorrichtung zum Erfassen einer physikalischen Eigenschaft wie beispielsweise einer Winkelgeschwindigkeit, einer Beschleunigung, eines Druckes und dgl. in Übereinstimmung mit der Verschiebung eines von einem Substrat nach oben beanstandeten Vibrators. Die Erfindung bezieht sich des Weiteren auf ein Sensorgerät, das die Sensorvorrichtung hat.

[0002] Das Vorsehen einer Sensorvorrichtung ist bekannt, die einen an einem Substrat verschiebbar gestützten Vibrator, eine Vielzahl an Elektroden, von denen jede aus einer beweglichen Elektrode und einer feststehenden Elektrode besteht, und eine Vielzahl an Leitungen hat, die ein Durchtreten von elektrischen Signalen ermöglichen, wobei diese Vorrichtung eine physikalische Eigenschaft wie beispielsweise eine Winkelgeschwindigkeit erfasst, und es ist ein Sensorgerät bekannt, das eine derartige Sensorvorrichtung hat. Die bewegliche Elektrode ist mit dem Vibrator verbunden und wird zusammen mit diesem auf dem Substrat verschoben. Die feststehende Elektrode ist an dem Substrat in einer derartigen Weise befestigt, dass sie der beweglichen Elektrode zugewandt ist. Bei dieser Art an Sensorvorrichtung, wie sie beispielsweise in der offengelegten japanischen Patentanmeldung Nr. 10-300 475 offenbart ist, sind Kompensationsleitungen zusätzlich an dem Substrat zum Zwecke des Beseitigens des Einflusses der parasitären Kapazität der vorstehend beschriebenen Leitungen vorgesehen, womit ein elektrisch geeigneter Ausgleich zwischen den Leitungen erzielt wird.

[0003] Jedoch wird bei der Sensorvorrichtung und dem Sensorgerät gemäß dem vorstehend erwähnten Stand der Technik die elektrische Eigenschaft von jeder Leitung nicht berücksichtigt. Das heißt, der Widerstand, die Kapazität und dgl. von jeder Leitung ist unterschiedlich aufgrund des Einflusses von Fehlern (Streuungen) in Bezug auf die Länge, die Breite und die Dicke und dgl. der Leitungen. Wenn daher eine Vielzahl an Elektroden zu Antriebszwecken verwendet wird, streuen die Antriebskräfte der Elektroden. Wenn des Weiteren eine Vielzahl an Elektroden zu Erfassungszwecken verwendet wird, streuen die von den Elektroden erhaltenen Erfassungswerte. Dies führt schließlich zu einem Problem einer Verschlechterung der Erfassungsgenauigkeit der Sensorvorrichtung.

[0004] Des Weiteren sind bei der Sensorvorrichtung des vorstehend beschriebenen Standes der Technik die Probleme im Zusammenhang mit der Herstellung von Balken zum Stützen des Vibrators in Bezug auf das Substrat nicht berücksichtigt worden. Die Balken können Kerben während der Herstellung entwi-

ckeln. Die Entwicklung von Einkerbungen verursacht ungleichmäßige und un stabile Schwingungen des Vibrators und bewirkt schließlich eine Verschlechterung der Erfassungsgenauigkeit der Sensorvorrichtung.

[0005] Die Druckschrift DE 199 21 863 A1 offenbart eine Messvorrichtung mit Elektroden. Die Elektroden sollen so gestaltet sein, dass sie an der unteren Seite eine Abschrägung aufweisen. Die Kerben an dieser Abschrägung werden dabei als unproblematisch aufgefasst. Der Abstand zwischen den Elektroden beträgt 2–4 µm.

[0006] Die Druckschrift US 5 594 172 A schlägt eine Vorrichtung mit einem C-förmigen Zwischenraum vor. In dem unteren Abschnitt dieses C-förmigen Zwischenraums nimmt der Abstand zwischen den Randflächen zu.

[0007] Die Druckschrift US 6 051 503 A offenbart ein Verfahren zur Behandlung von Halbleitersubstraten. Dabei werden Öffnungen im Bereich von weniger als 0,5 µm vorgesehen.

[0008] Die Druckschrift DE 196 32 060 A1 schlägt ein Verfahren zur Herstellung eines Vibrators (auslenkbare Masse) vor. Dieser Vibrator ist zu einer seitlichen Halterung hin und von dieser weg verschiebbar.

[0009] Die Druckschrift WO 98/58 265 A1 offenbart eine Sensorvorrichtung mit einem relativ zu einem Substrat in zwei Richtungen verschiebbaren Vibrator. Der Vibrator ist an seinen vier Ecken auf dem Substrat anhand von serpentinartigen Balken abgestützt.

[0010] Die Druckschrift US 5 894 091 A offenbart eine Sensorvorrichtung mit einem relativ zu einem Substrat in zwei Richtungen verschiebbaren Vibrator. Der Vibrator weist Durchgangslöcher auf, die dazu dienen, eine Ätzflüssigkeit hindurchzuleiten.

[0011] Die Druckschrift US 5 487 305 A offenbart eine weitere Sensorvorrichtung mit einem relativ zu einem Substrat in zwei Richtungen verschiebbaren Vibrator.

[0012] Die vorliegende Erfindung ist eine Lösung der vorstehend erwähnten Probleme. Es ist eine Aufgabe der Erfindung, eine Sensorvorrichtung und ein Sensorgerät zu schaffen, die zu einer genauen Erfassung in der Lage sind.

[0013] In Hinblick auf die Sensorvorrichtung ist diese Aufgabe durch eine Sensorvorrichtung mit den Merkmalen von Anspruch 1 gelöst. Alternative Lösungen sind in den nebengeordneten Ansprüchen 2, 3 und 4 aufgezeigt. In Hinblick auf das Sensorgerät ist diese Aufgabe durch ein Sensorgerät mit den Merkmalen

von Anspruch 12 gelöst. Vorteilhaftere Weiterbildungen sind Gegenstand der abhängigen Ansprüche.

[0014] Die vorliegende Erfindung schafft eine Sensorvorrichtung mit einem Vibrator, der in Bezug auf ein Substrat verschiebbar gestützt ist, einer Vielzahl an Elektrodenpaaren, die jeweils eine bewegliche Elektrode, die mit dem Vibrator verbunden ist und die zusammen mit dem Vibrator an dem Substrat verschoben wird, und eine feststehende Elektrode haben, die an dem Substrat so befestigt ist, dass sie der beweglichen Elektrode zugewandt ist, und einer Vielzahl an Leitern, die an dem Substrat vorgesehen sind und mit den paarweise vorgesehenen Elektrode, verbunden sind, um das Durchtreten von elektrischen Signalen zu ermöglichen, wobei eine elektrische Eigenschaft für jene der Leiter eingestellt ist, die ein Durchtreten der elektrischen Signale der gleichen Art ermöglichen. In diesem Fall ist es geeignet, dass eine elektrische Eigenschaft für jene Leiter durch ein Gleichgestalten der Länge, der Breite und der Dicke von jenen Leitern eingestellt wird, die ein Durchtreten der elektrischen Signale der gleichen Art ermöglichen.

[0015] Bei diesem Aufbau wird eine elektrische Eigenschaft für jene Leiter eingestellt, die das Hindurchtreten von elektrischen Signalen der gleichen Art ermöglichen. Wenn daher eine Vielzahl an Elektroden zu Antriebszwecken verwendet wird, werden an den Elektroden angelegte Antriebsspannungen zueinander gleich, womit die Streuung der Antriebskräfte vermindert wird. Wenn des Weiteren eine Vielzahl an Elektroden zu Erfassungszwecken verwendet wird, wird die Streuung der Erfassungsspannungen der Elektroden verringert. Als ein Ergebnis wird die Erfassungsgenauigkeit der Sensorvorrichtung verbessert.

[0016] Eine Vielzahl an Balken ist zwischen dem Substrat und dem Vibrator vorgesehen, um den Vibrator zu verschieben, wobei der Abstand zwischen einem der Balken und einem anderen Balken oder Element, der oder das nahe zu einer Seite des einen Balkens ist und sich parallel zu diesem erstreckt, dem Abstand zwischen dem einen Balken und einem wiederum anderen Balken oder Element gleich eingestellt ist, der oder das nahe zu der anderen Seite des einen Balkens ist und parallel zu diesem sich erstreckt.

[0017] Bei diesem Aufbau sind die entgegengesetzten Seiten von jedem Balken symmetrisch ausgebildet, wenn die Leiter durch Ätzen ausgebildet sind. Selbst wenn beispielsweise Einkerbungen an entgegengesetzten Seiten von jedem der Balken aufgrund des Ätzens entwickelt worden sind, sind die Kerben symmetrisch ausgebildet. Daher kann eine Streuung bei den elektrischen Eigenschaften der Leiter mit Leichtigkeit vermindert werden und somit kann

eine elektrische Eigenschaft mit Leichtigkeit für eine Vielzahl an Leitern eingestellt werden.

[0018] Die vorstehende genannte Aufgabe und weitere Ziele, Merkmale, Vorteile und die technische und industrielle Bedeutung der vorliegenden Erfindung ist durch die nachstehend aufgeführte detaillierte Beschreibung der bevorzugten Ausführungsbeispiele der Erfindung unter Bezugnahme auf die beigefügten Zeichnungen besser verständlich.

[0019] [Fig. 1](#) zeigt eine Draufsicht auf eine Winkelgeschwindigkeitserfassungsvorrichtung mit einem Halbleitermaterial gemäß einem ersten Beispiel.

[0020] [Fig. 2](#) zeigt eine Schnittansicht entlang der Linien A1-A1, A2-A2, A3-A3 und A4-A4 der in [Fig. 1](#) gezeigten Winkelgeschwindigkeitserfassungsvorrichtung.

[0021] [Fig. 3](#) zeigt ein Schnittansicht entlang der Linien B1-B1, B2-B2, B3-B3 und B4-B4 der in [Fig. 1](#) gezeigten Winkelgeschwindigkeitserfassungsvorrichtung.

[0022] [Fig. 4](#) zeigt eine Schnittansicht entlang der Linien C1-C1, C2-C2, C3-C3 und C4 und C4 der in [Fig. 1](#) gezeigten Winkelgeschwindigkeitserfassungsvorrichtung.

[0023] [Fig. 5A](#) zeigt eine Schnittansicht einer Halbleitervorrichtung, wobei eine Situation dargestellt ist, bei der eine Kerbe entwickelt wird.

[0024] [Fig. 5B](#) zeigt eine grafische Darstellung des Abstandes zwischen den Elementen und einer Situation, bei der eine Kerbe entwickelt wird.

[0025] [Fig. 6A](#) zeigt eine vergrößerte Draufsicht auf einen in [Fig. 1](#) gezeigten Massenabschnitt.

[0026] [Fig. 6B](#) zeigt eine vergrößerte Draufsicht auf eine feststehende und eine bewegliche Elektrode, die in [Fig. 1](#) gezeigt sind.

[0027] [Fig. 7](#) zeigt eine Blockdarstellung eines Elektroschaltungsgerätes zum Erfassen der Winkelgeschwindigkeit unter Verwendung einer Winkelgeschwindigkeitserfassungsvorrichtung gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel.

[0028] [Fig. 8](#) zeigt eine Draufsicht auf eine Winkelgeschwindigkeitserfassungsvorrichtung gemäß einem zweiten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung.

[0029] [Fig. 9](#) zeigt eine Schnittansicht entlang einer in [Fig. 8](#) gezeigten Linie 9-9.

[0030] [Fig. 10](#) zeigt eine Schnittansicht eines Winkelgeschwindigkeitserfassungsgerätes, an dem Winkelgeschwindigkeitserfassungsvorrichtungen gemäß dem ersten und dem zweiten Ausführungsbeispiel montiert sind.

[0031] In der nachstehend erörterten Beschreibung und den beigefügten Zeichnungen ist die vorliegende Erfindung unter Bezugnahme auf spezifische Ausführungsbeispiele detaillierter beschrieben.

[0032] Zunächst ist eine Winkelgeschwindigkeitserfassungsvorrichtung als eine Sensorvorrichtung gemäß einem ersten Beispiel beschrieben. In den [Fig. 1](#) bis [Fig. 4](#) sind die durch Punkte dargestellten Elemente von der oberen Fläche eines Substrates **10** beabstandet und die durch diagonale Linien dargestellten Elemente sind nicht von dem Substrat **10** beabstandet, sondern an dem Substrat **10** fixiert.

[0033] Diese Winkelgeschwindigkeitserfassungsvorrichtung ist symmetrisch um Mittellinien in der Richtung der Achse X und der Achse Y ausgebildet, die senkrecht zueinander an einer horizontalen Ebene stehen. Das Substrat **10** ist aus Silizium zu einer quadratischen Form ausgebildet. Ein Vibrator **20**, ein Paar an Hauptrahmen **30-1** und **30-2** und ein Paar an Nebenrahmen **30-3** und **30-4** erstrecken sich in einer horizontalen Ebene, die um einen vorbestimmten Abstand von der oberen Fläche des Substrates **10** beabstandet ist.

[0034] Während der Vibrator **20** in der Richtung der Achse X schwingt, schwingt er in der Richtung der Achse Y aufgrund der um eine Achse Z, die senkrecht zu der Achse X und der Achse Y steht, auftretenden Winkelgeschwindigkeit mit einer Amplitude, die der Größe der Winkelgeschwindigkeit proportional ist. Der Vibrator **20** hat eine im Allgemeinen "H-Form". Das heißt, der Vibrator **20** hat einen im Allgemeinen quadratischen Massenabschnitt **21**, der eine geeignete Masse hat und der an einem mittleren Abschnitt des Vibrators **20** in einer derartigen Weise vorgesehen ist, dass die Seiten des Massenabschnittes **21** sich in der Richtung der Achse X oder der Achse Y erstrecken, und vier Armabschnitte **22-1** bis **22-4**, die sich von den entsprechenden Vertexorten des Massenabschnittes **21** in der Richtung der Achse X erstrecken. Obwohl dies nicht in [Fig. 1](#) gezeigt ist, ist eine Vielzahl an quadratischen Durchgangslöchern **21a** wie in [Fig. 6A](#) gezeigt in breiten Bereichen des Massenabschnittes **21**, der Armabschnitte **22-1** bis **22-4** und dgl. vorgesehen.

[0035] Die Hauptrahmen **30-1** und **30-2** schwingen den Vibrator **20** in der Richtung der X-Achse. Jeder Hauptrahmen **30-1** und **30-2** hat im Allgemeinen eine "I"-Form. Das heißt, jeder Hauptrahmen hat einen breiten, länglichen Abschnitt **31-1** oder **31-2**, der sich in der Richtung der Achse X erstreckt an ei-

ner Position, die außerhalb der benachbarten Armabschnitte **22-1**, **22-2** oder **22-3**, **22-4** des Vibrators **20** in Bezug auf die Richtung der Achse Y ist, und breite und kurze Anschlussabschnitte **32-1**, **32-2** oder **32-3**, **32-4**, die sich von entgegengesetzten Enden des länglichen Abschnittes **31-1** oder **31-2** zu entgegengesetzten Seiten des länglichen Abschnittes in der Richtung der Achse Y erstrecken. Die Nebenrahmen **30-3**, **30-4** haben außerdem eine größere Breite und erstrecken sich in der Richtung der Achse X an Positionen außerhalb der länglichen Abschnitte **31-1** und **31-2** in Bezug auf die Richtung der Achse Y. Zu den Durchgangslöchern **21a** in dem Vibrator **20** identische Durchgangslöcher sind ebenfalls in den Hauptrahmen **30-1** und **30-2** und den Nebenrahmen **30-3** und **30-4** vorgesehen.

[0036] Die Hauptrahmen **30-1** und **30-2** sind mit dem Vibrator **20** über Balken **33-1** bis **33-4** verbunden. Die Balken **33-1** bis **33-4** erstrecken sich ebenfalls in der Richtung der Achse X in einer horizontalen Ebene beabstandet um einen vorbestimmten Abstand von der oberen Fläche des Substrates **10**. Jeder Balken **33-1** bis **33-4** ist an einem Ende von ihm mit einem nahen Grundabschnitt eines entsprechenden Armabschnittes **22-1** bis **22-4** des Vibrators **20** verbunden. Das andere Ende von jedem Balken ist mit einem entsprechenden Anschlussabschnitt **32-1** bis **32-4** der Hauptrahmen **30-1** und **30-2** verbunden. Die Balken **33-1** bis **33-4** sind schmaler als die Armabschnitte **22-1** bis **22-4** des Vibrators **20** und als die länglichen Abschnitte **31-1** und **31-2** und die Anschlussabschnitte **32-1** bis **32-4** der Hauptrahmen **30-1** und **30-2**. Daher werden Schwingungen in der Richtung der Achse Y nicht ohne Weiteres von den Hauptrahmen **30-1**, **30-2**, zu dem Vibrator **20** übertragen, wohingegen Schwingungen in der Richtung der Achse Y wirkungsvoll von den Hauptrahmen **30-1** und **30-2** zu dem Vibrator **20** übertragen werden. Des Weiteren schwingt der Vibrator **20** leichter in der Richtung der Achse Y als in der Richtung der Achse X in Bezug auf die Hauptrahmen **30-1** und **30-2**. Das heißt, die Balken **33-1** bis **33-4** haben die Funktion eines Stützens des Vibrators **20** in einer derartigen Weise, dass der Vibrator **20** in der Richtung der Achse Y in Bezug auf das Substrat **20**, die Hauptrahmen **30-1** und **30-2** und die Nebenrahmen **30-3** und **30-4** schwingen kann. Der Hauptrahmen **30-1** ist für Schwingungsbewegungen zu dem Substrat **10** über Anker **41a** bis **41d**, Balken **42a** bis **42d**, dem Nebenrahmen **30-3** und Balken **43a** bis **43d** gestützt. Die Anker **41a** bis **41d** sind an der oberen Fläche des Substrates **10** an Positionen außerhalb des länglichen Abschnittes **31-1** des Hauptrahmens **30-1** in Bezug auf die Richtung der Achse Y fixiert. Jeder der Balken **42a** bis **42d** ist an einem Ende von ihm mit einem entsprechenden Anker **41a** bis **41d** verbunden und erstreckt sich von dem Anker **41a** bis **41d** in der Richtung der Achse Y nach außen. Ein entferntes Ende von jedem der Balken **42a** bis **42d** ist mit einem Innenende des Ne-

benrahmens **30-3** verbunden. Jeder der Balken **43a** bis **43d**, der sich nach innen von dem Nebenrahmen **30-3** in Bezug auf die Richtung der Achse Y erstreckt, ist an einem Ende von ihm mit dem Nebenrahmen **30-3** verbunden. Das andere Ende von jedem Balken **43a** bis **43d** ist mit einem Außenende des länglichen Abschnittes **31-1** des Hauptrahmens **30-1** verbunden, der in der Richtung der Achse Y nach außen gewandt ist. Die Balken **42a** bis **42d** und die Balken **43a** bis **43d** sind um einen vorbestimmten Abstand von dem Substrat wie in dem Fall des Vibrators **20**, der Hauptrahmen **30-1** und **30-2** und der Nebenrahmen **30-3** und **30-4** beabstandet und haben eine verringerte Breite wie in dem Fall der Balken **33-1** bis **33-4**.

[0037] Der Hauptrahmen **30-2** ist für Schwingungsbewegungen zu dem Substrat **10** über Anker **44a** bis **44d**, Balken **45a** bis **45d**, dem Nebenrahmen **30-4** und Balken **46a** bis **46d** gestützt. Die Anker **44a** bis **44d**, die Balken **45a** bis **45d**, der Nebenrahmen **30-4** und die Balken **46a** bis **46d** sind symmetrisch um die Mittellinie in der Richtung der Achse Y und im Wesentlichen in der gleichen Weise wie die Anker **41a** bis **41d**, die Balken **42a** bis **42d**, der Nebenrahmen **30-3** und die Balken **43a** bis **43d** jeweils ausgebildet. Durch diesen Aufbau sind die Hauptrahmen **30-1** und **30-2** so gestützt, dass die Hauptrahmen mit Leichtigkeit in der Richtung der Achse X schwingen und nicht ohne Weiteres in der Richtung der Achse Y in Bezug auf das Substrat **10** schwingen. Das heißt, die Balken **42a** bis **42d**, **43a** bis **43d**, **45a** bis **45d** und **46a** bis **46d** haben die Funktion eines Stützens der Hauptrahmen **30-1** und **30-2**, der Nebenrahmen **30-3** und **30-4** und des Vibrators **20** in einer derartigen Weise, dass diese in der Richtung der Achse X in Bezug auf das Substrat **10** schwingen.

[0038] An dem Substrat **10** sind Antriebselektroden **51-1** bis **51-4** zum Antreiben der Hauptrahmen **30-1** und **30-2** relativ zu dem Substrat **10** in der Richtung der Achse X, Antriebsüberwachungselektroden **52-1** bis **52-4** zum Überwachen des Antreibens der Hauptrahmen **30-1** und **30-2** relativ zu dem Substrat **10** in der Richtung der Achse X, Erfassungselektroden **53-1** bis **53-4** zum Erfassen der Schwingung des Vibrators **20** relativ zu dem Substrat **10** in der Richtung der Achse X, Korrektorelektroden **54-1** bis **54-4** zum Ausgleichen des Einflusses der Diagonalschwingungen der Hauptrahmen **30-1** und **30-2** aufgrund des Antreibens (Schwingungskomponenten in der Richtung der Achse Y), Einstellelektroden **55-1** bis **55-4** zum Einstellen der Resonanzfrequenz des Vibrators **20** und Servoelektroden **56-1** bis **56-4** zum Ausgleichen der Schwingung des Vibrators **20** in der Richtung der Achse Y vorgesehen.

[0039] Jede der Antriebselektroden **51-1** bis **51-4** hat an einer Position außerhalb eines entsprechenden Anschlussabschnittes **32-1** bis **32-4** der Hauptrah-

men **30-1** und **30-2** in Bezug auf die Richtung der Achse X jeweils kammartige Elektroden (die ebenfalls "befestigte Elektrode" genannt werden) **51a1** bis **51a4**, die eine Vielzahl an Elektrodenfingern hat, die sich zu dem entsprechenden Anschlussabschnitt **32-1** bis **32-4** in der Richtung der Achse X erstrecken. Jede kammartige Elektrode **51a1** bis **51a4** ist mit einer Anschlussfläche **51c1** bis **51c4** über einen Leitungsabschnitt (oder Leiterabschnitt) **51b1** bis **51b4** verbunden, der sich nach außen in Bezug auf die Richtung der Achse X erstreckt. Die feststehenden Elektroden **51a1** bis **51a4**, die Leitungsabschnitte **51b1** bis **51b4** und die Anschlussflächen **51c1** bis **51c4** sind an der oberen Fläche des Substrates **10** befestigt. Jede Anschlussfläche **51c1** bis **51c4** hat an seiner oberen Fläche eine Elektrodenanschlussfläche **51d1** bis **51d4**, die aus einem elektrisch leitfähigen Metall (beispielsweise Aluminium) ausgebildet ist.

[0040] Die Anschlussabschnitte **32-1** bis **32-4** sind mit kammartigen beweglichen Elektroden **32a1** bis **32a4** versehen, die jeweils eine Vielzahl an Elektrodenfingern haben, die sich nach außen in der Richtung der Achse X erstrecken. Die beweglichen Elektroden **32a1** bis **32a4** sind jeweils den befestigten oder feststehenden Elektroden **51a1** bis **51a4** zugewandt. Die beweglichen Elektroden **32a1** bis **32a4** sind zusammen mit den Anschlussabschnitten **32-1** bis **32-4** jeweils ausgebildet und sind um einen vorbestimmten Abstand von der oberen Fläche des Substrates **10** beabstandet. Jeder Elektrodenfinger von jeder beweglichen Elektrode **32a1** bis **32a4** ist in eine in der Breitenrichtung mittleren Position zwischen benachbarten Elektrodenfingern der entsprechenden, befestigten Elektroden **51a1** bis **51a4** eingefügt und ist diesen benachbarten Elektrodenfingern zugewandt.

[0041] Jede Antriebsüberwachungselektrode **52-1** bis **52-4** hat an einer Position nach innen von einem entsprechenden Anschlussabschnitt **32-1** bis **32-4** der Hauptrahmen **30-1** und **30-2** in Bezug auf die Richtung der Achse X eine kammartige Elektrode **52a1** bis **52a4** mit einer Vielzahl an Elektrodenfingern, die sich zu dem entsprechenden Anschlussabschnitt **32-1** bis **32-4** in der Richtung der Achse X erstrecken. Jede kammartige Elektrode **52a1** bis **52a4** ist mit einer Anschlussfläche **52c1** bis **52c4** über einen Leitungsabschnitt **52b1** bis **52b4** verbunden, der sich in Bezug auf die Richtung der Achse X nach außen erstreckt. Die befestigten Elektroden **52a1** bis **52a4**, die Leitungsabschnitte **52b1** bis **52b4** und die Anschlussflächen **52c1** bis **52c4** sind an der oberen Fläche des Substrates **10** befestigt. Jede Anschlussfläche **52c1** bis **52c4** hat an ihrer oberen Fläche eine Elektrodenanschlussfläche **52d1** bis **52d4**, die aus einem elektrisch leitfähigen Metall (beispielsweise Aluminium) ausgebildet ist.

[0042] Die Anschlussabschnitte **32-1** bis **32-4** sind mit kammartigen beweglichen Elektroden **32b1** bis **32b4** versehen, die jeweils eine Vielzahl an Elektrodenfingern haben, die sich nach innen in der Richtung der Achse X erstrecken. Die beweglichen Elektroden **32b1** bis **32b4** sind den feststehenden Elektroden **52a1** bis **52a4** jeweils zugewandt. Die beweglichen Elektroden **32b1** bis **32b4** sind zusammen mit den Anschlussabschnitten **32-1** bis **32-4** jeweils ausgebildet und sind bei einem vorbestimmten Abstand von der oberen Fläche des Substrates **10** beabstandet. Jeder Elektrodenfinger von jeder beweglichen Elektrode **32b1** bis **32b4** ist zu einer in der Breitenrichtung mittleren Position zwischen benachbarten Elektrodenfingern einer entsprechenden der feststehenden Elektroden **52a1** bis **52a4** eingeführt und ist jenen benachbarten Elektrodenfingern zugewandt.

[0043] Jede der Erfassungselektroden **53-1** bis **53-4** hat an einer Position außerhalb des Massenabschnittes **21** eine kammartige, feststehende Elektrode **53a1** bis **53a4**, die eine Vielzahl an Elektrodenfingern hat, die sich nach innen und nach außen in der Richtung der Achse X erstrecken. Jede feststehende Elektrode **53a1** bis **53a4** ist mit einer Anschlussfläche **53c1** bis **53c4** über einen Leitungsabschnitt **53b1** bis **53b4** verbunden, der sich in der Richtung der Achse X nach außen erstreckt. Die feststehenden Elektroden **53a1** bis **53a4**, die Leitungsabschnitte **53b1** bis **53b4** und die Anschlussflächen **53c1** bis **53c4** sind an der oberen Fläche des Substrates **10** befestigt. Jede Anschlussfläche **53c1** bis **53c4** hat an ihrer Oberfläche eine Elektrodenanschlussfläche **53d1** bis **53d4**, die aus einem elektrisch leitfähigen Metall (beispielsweise Aluminium) ausgebildet ist.

[0044] Der Massenabschnitt **21** des Vibrators **20** hat kammartige, bewegliche Elektroden **21a1** bis **21a4**, von denen jede eine Vielzahl an Elektrodenfingern hat, die sich nach außen in der Richtung der Achse X erstrecken. Jede bewegliche Elektrode **21a1** bis **21a4** ist einer Seite einer entsprechenden, feststehenden Elektrode **53a1** bis **53a4** zugewandt. Die kammartigen, beweglichen Elektroden **22a1** bis **22a4**, von denen jede eine Vielzahl an Elektrodenfingern hat, die sich in der Richtung der Achse X nach innen erstrecken, sind ebenfalls an mittleren Bereichen der Armabschnitte **22-1** bis **22-4** des Vibrators **20** jeweils vorgesehen. Jede bewegliche Elektrode **22a1** bis **22a4** ist der anderen Seite einer entsprechenden, feststehenden Elektrode **53a1** bis **53a4** zugewandt. Die kammartigen Elektroden **22a1** bis **22a4** sind entsprechend den Halbabschnitten der kammartigen Elektroden **53a1** bis **53a4** zugewandt. Die beweglichen Elektroden **21a1** bis **21a4** und **22a1** bis **22a4** sind zusammen mit dem Massenabschnitt **21** und den Armabschnitten **22-1** bis **22-4** jeweils ausgebildet und sind bei einem vorbestimmten Abstand von der oberen Fläche des Substrates **10** beabstandet. Jeder Elektrodenfinger von jeder beweglichen Elektrode **21a1**

bis **21a4** und **22a1** bis **22a4** ist zwischen benachbarten Elektrodenfingern einer entsprechenden, feststehenden Elektrode **53a1** bis **53a4** eingefügt und ist jenen benachbarten Elektrodenfingern zugewandt. In diesem Fall sind die Elektrodenfinger von jeder beweglichen Elektrode **21a1** bis **21a4** und **22a1** bis **22a4** zu einer Seite von den in Breitenrichtung mittleren Positionen zwischen benachbarten Elektrodenfingern der entsprechenden, feststehenden Elektrode **53a1** bis **53a4** versetzt. Die Versatzrichtung in diesem Fall der Erfassungselektroden **53-1** und **53-2** ist zu der Versatzrichtung in dem Fall der Erfassungselektroden **53-3** und **53-4** entgegengesetzt.

[0045] Jede der Korrekturalektroden **54-1** bis **54-4** ist an einem Innenbereich eines entsprechenden Anschlussabschnittes **32-1** bis **32-4** der Hauptrahmen **30-1** und **30-2** in Bezug auf die Richtung der Achse Y vorgesehen. Die Korrekturalektroden **54-1** bis **54-4** sind nach innen und nach außen in Bezug auf die Richtung der Achse X vorgesehen. Jede Korrekturalektrode **54-1** bis **54-4** hat eine kammartige, feststehende Elektrode **54a1** bis **54a4**, die eine Vielzahl an Elektrodenfingern hat, die sich in der Richtung der Achse X erstrecken. Jede feststehende Elektrode **54a1** bis **54a4** ist mit einem entsprechenden Leitungsabschnitt **53b1** bis **53b4** verbunden, der ebenfalls für die Erfassungselektroden **53-1** bis **53-4** jeweils verwendet wird.

[0046] Kammartige, bewegliche Elektroden **32c1** bis **32c4**, von denen jede eine Vielzahl an Elektrodenfingern hat, die sich nach innen und nach außen in Bezug auf die Richtung der Achse X erstrecken, sind an Innenbereichen der Anschlussabschnitte **32-1** bis **32-4** der Hauptrahmen **30-1** und **30-2** in Bezug auf die Richtung der Achse Y jeweils vorgesehen. Die beweglichen Elektroden **32c1** bis **32c4** sind den feststehenden Elektroden **54a1** bis **54a4** jeweils zugewandt. Die beweglichen Elektroden **32c1** bis **32c4** sind zusammen mit den Hauptrahmen **30-1** und **30-2** jeweils ausgebildet und sie sind um einen vorbestimmten Abstand an der oberen Fläche des Substrates **10** beabstandet. Jeder Elektrodenfinger von jeder beweglichen Elektrode **32c1** bis **32c4** ist zwischen benachbarten Elektrodenfingern der entsprechenden von feststehenden Elektroden **54a1** bis **54a4** eingefügt und ist jenen benachbarten Elektrodenfingern zugewandt.

[0047] Auch in diesem Fall sind die Elektrodenfinger von jeder beweglichen Elektrode **32c1** bis **32c4** zu einer Seite von den in Breitenrichtung mittleren Positionen zwischen benachbarten Elektrodenfingern der einen entsprechenden, feststehenden Elektrode **54a1** bis **54a4** versetzt. Die Versatzrichtung in dem Fall der Korrekturalektroden **54-1** und **54-2** ist zu der Versatzrichtung in dem Fall der Erfassungselektroden **54-3** und **54-4** entgegengesetzt. Des Weiteren ist die Versatzrichtung der Elektrodenfinger der beweg-

lichen Elektroden **32c1** bis **32c4** zu der Richtung entgegengesetzt, in der die Elektrodenfinger der beweglichen Elektroden **21a1** bis **21a4** und **22a1** bis **22a4** in Bezug auf die Elektrodenfinger der feststehenden Elektroden **54a1** bis **53a4** jeweils in dem Fall der vorstehend erwähnten Erfassungselektroden **53-1** bis **53-4** versetzt sind. Somit sind in diesem Fall die Änderungen der Kapazität der Korrektorelektroden **54-1** bis **54-4** aufgrund der Verschiebung der Hauptrahmen **30-1** und **30-2** in der Richtung der Achse Y zu den Änderungen der Kapazität der Erfassungselektroden **53-1** bis **53-4** aufgrund der Verschiebung des Vibrators **20** in der Richtung der Achse Y entgegengesetzt. Das heißt, wenn die Hauptrahmen **30-1** und **30-2** und der Vibrator **20** in die gleiche Richtung verschoben werden, das heißt in die Richtung der Achse Y, nimmt die Kapazität der Korrektorelektroden **54-1** bis **54-4** zu (ab), wohingegen die Kapazität der Erfassungselektrode **53-1** bis **53-4** abnimmt (zunimmt). Während unerwünschte Schwingungen der Hauptrahmen **30-1** und **30-2** in der Richtung der Achse Y Veränderungen der Kapazität der Korrektorelektroden **54-1** bis **54-4** bewirken können, können unerwünschte Schwingungen des Vibrators **20** in der Richtung der Achse Y Änderungen bei der Kapazität der Erfassungselektroden **53-1** bis **53-4** bewirken. Die Korrektorelektroden **54-1** bis **54-4** und die Erfassungselektroden **53-1** bis **53-4** müssen derart gestaltet sein, dass die Korrektorelektroden **54-1** bis **54-4** und die Erfassungselektroden **53-1** bis **53-4** die Kapazität in entgegengesetzte Richtungen und um die gleichen Größen ändern.

[0048] Jede der Einstellelektroden **55-1** bis **55-4** ist an einem mittleren Abschnitt des Substrates **10** in der Richtung der Achse Y an einer Position außerhalb des Massenabschnittes **21** des Vibrators **20** in Bezug auf die Richtung der Achse X vorgesehen und hat ein Paar an feststehenden Elektroden **55a1** bis **55a4**, die sich in der Richtung der Achse X erstrecken. Die feststehenden Elektroden **55a1** und **55a3** sind mit einer gemeinsamen Anschlussfläche **56c1** über einen gemeinsamen Leitungsabschnitt **55b1** verbunden, der sich in der Richtung der Achse X erstreckt. Die feststehenden Elektroden **55a2** und **55a4** sind mit einer gemeinsamen Anschlussfläche **56c2** über einen gemeinsamen Leitungsabschnitt **55b2** verbunden, der sich in der Richtung der Achse X erstreckt. Die feststehenden Elektroden **55a1** bis **55a4**, die Leitungsabschnitte **55b1** und **55b2** und die Anschlussflächen **55c1** und **55c2** sind an der oberen Fläche des Substrates **10** befestigt. Jede der Anschlussflächen **55c1** und **55c2** hat an seiner oberen Fläche eine Elektrodenanschlussfläche **55d1** und **55d2**, die aus einem elektrisch leitfähigen Metall (beispielsweise Aluminium) ausgebildet ist.

[0049] Jede der paarweise vorgesehenen, feststehenden Elektroden **55a1** bis **55a4** hat paarweise vorgesehene, bewegliche Elektroden **23a1** bis **23a4**, die

zusammen mit dem Vibrator **20** ausgebildet sind und sich in der Richtung der Achse X erstrecken. Jede der paarweise vorgesehenen, beweglichen Elektroden **23a1** bis **23a4** ist in einer entgegengesetzten Weise in der Richtung der Achse Y angeordnet. Jede bewegliche Elektrode **23a1** bis **23a4** ist zusammen mit einem Innenende eines T-förmigen Abschnittes **23-1** bis **23-4** in Bezug auf die Richtung der Achse Y ausgebildet. Die T-förmigen Abschnitte **23-1** bis **23-4** ragen in der Richtung der Achse X von entgegengesetzten Seiten des Massenabschnittes **21** des Vibrators **20** in der Richtung der Achse X vor. Die T-förmigen Abschnitte **23-1** bis **23-4** und die beweglichen Elektroden **23a1** bis **23a4** sind zusammen mit dem Vibrator **20** ausgebildet und bei einem vorbestimmten Abstand von der oberen Fläche des Substrates **10** beabstandet.

[0050] Jede der Servoelektroden **56-1** bis **56-4** ist an einer inneren Position einer entsprechenden der Erfassungselektroden **53-1** bis **53-4** vorgesehen und hat ein Paar an feststehenden Elektroden **56a1** bis **56a4**, die sich in der Richtung der Achse X erstrecken. Die feststehenden Elektroden **56a1** bis **56a4** sind mit Anschlussflächen **56c1** bis **56c4** über Leitungsabschnitte **56b1** bis **56b4** verbunden, die sich jeweils in der Richtung der Achse X erstrecken. Die feststehenden Elektroden **56a1** bis **56a4**, die Leitungsabschnitte **56b1** bis **56b4** und die Anschlussflächen **56c1** bis **56c4** sind an der oberen Fläche des Substrates **10** befestigt. Jede der Anschlussflächen **56c1** bis **56c4** hat an ihrer oberen Fläche eine Elektrodenanschlussfläche **56d1** bis **56c4**, die aus einem elektrisch leitfähigen Metall (beispielsweise Aluminium) ausgebildet ist.

[0051] Jede der paarweise vorgesehenen, feststehenden Elektroden **56a1** bis **56a4** hat paarweise vorgesehene bewegliche Elektroden **23b1** bis **23b4**, die zusammen mit diesen an einem Außenende eines entsprechenden der T-förmigen Abschnitte **23-1** bis **23-4** in Bezug auf die Richtung der Achse Y ausgebildet sind. Jeder der paarweise vorgesehenen beweglichen Elektroden **23b1** bis **23b4** ist in einer entgegengesetzten Weise in der Richtung der Achse Y angeordnet. Jede der beweglichen Elektroden **23b1** bis **23b4** ist außerdem zusammen mit dem Vibrator **20** ausgebildet und bei einem vorbestimmten Abstand von der oberen Fläche des Substrats **10** beabstandet.

[0052] Des Weiteren hat das Substrat **10** an seiner oberen Fläche eine Anschlussfläche **20e**, die mit dem Vibrator **20** über die Balken **33-3**, **33-4**, den Hauptrahmen **30-2**, den Balken **46a** bis **46d**, dem Nebenrahmen **30-4**, den Balken **45a**, dem Anker **44a** und einem L-förmigen Leitungsabschnitt **20a** verbunden ist. Sowohl der Leitungsabschnitt **20a** als auch die Anschlussflächen **20b** sind an der oberen Fläche des Substrats **10** befestigt. Die Anschlussfläche **20b** hat an ihrer oberen Fläche eine Elektrodenanschlussflä-

che **20c**, die aus einem elektrisch leitfähigen Metall (bspw. Aluminium) ausgebildet ist.

[0053] Nachstehend ist ein Verfahren zum Herstellen einer Winkelgeschwindigkeitserfassungsvorrichtung beschrieben, die so aufgebaut ist, wie dies vorstehend beschrieben ist. Zunächst wird ein SOI(Silizium-On-Isolator)-Substrat vorbereitet, bei dem eine Einzelkristall-Siliziumlage (bspw. mit einer Membrandicke von 40 µm) auf einer oberen Fläche einer Einzelkristall-Siliziumlage über eine Siliziumoxidmembran (bspw. mit einer Membrandicke von 4,5 µm) angeordnet wird. Der Widerstand der obersten Einzelkristall-Siliziumlage wird verringert, indem diese mit Verunreinigungen wie bspw. Phosphor und Bor dotiert wird. Nachstehend wird, wie dies in den [Fig. 2](#) bis [Fig. 4](#) gezeigt ist, auf die unterste Einzelkristall-Siliziumlage, den mittleren Siliziumoxidfilm und die oberste Einzelkristall-Siliziumlage, deren Widerstand reduziert worden ist, als das Substrat **10**, eine Isolationslage A und eine Geringwiderstandslage (elektrischer Leiter) B jeweils Bezug genommen.

[0054] Danach werden die Bereiche, die durch diagonale Linien in [Fig. 1](#) dargestellt sind und die die Elektrodenfinger umfassen, mit einer Widerstandslage maskiert und die Geringwiderstandslage B wird durch ein Reaktivionenätzen und dgl. geätzt, womit die Anker **41a** bis **41d** und **44a** bis **44d**, die feststehenden Elektroden **51a1** bis **51a4**, **52a1** bis **52a4**, **53a1** bis **53a4**, **54a1** bis **54a4**, **55a1** bis **55a4** und **56a1** bis **56a4**, die Leitungsabschnitte **20a**, **51b1** bis **51b4**, **52b1** bis **52b4**, **53b1** bis **53b4**, **55b1**, **55b2** und **56b1** bis **56b4** und die Anschlussflächen **20b**, **51c1** bis **51c4**, **52c1** bis **52c4**, **53c1** bis **53c4**, **55c1**, **55c2** und **56c1** bis **56c4** (die Elemente, die bei der vorstehend dargelegten Beschreibung so beschrieben sind, dass sie an dem Substrat **10** befestigt sind) auf der Isolationslage A ausgebildet sind.

[0055] Danach wird die Isolationslage A, die in den Bereichen verbleibt, in denen die vorstehend erwähnten Elemente nicht ausgebildet sind, geätzt und unter Verwendung einer wässrigen Lösung aus einer Hydrofluorsäure und dgl. beseitigt, womit der Vibrator **20**, die Balken **33-1** bis **33-4**, die Haupttrahmen **30-1** und **30-2**, die Nebenrahmen **30-3** und **30-4**, die Balken **42a** bis **42d**, **43a** bis **43d**, **45a** bis **45d** und **46a** bis **46d** und die beweglichen Elektroden **32a1** bis **32a4**, **32b1** bis **32b4**, **21a1** bis **21a4**, **22a1** bis **22a4**, **32c1** bis **32c4**, **23a1** bis **23a4** und **23b1** bis **23b4** ausgebildet sind (die Elemente, die in der vorstehend dargelegten Beschreibung so beschrieben sind, dass sie bei einem vorbestimmten Abstand von dem Substrat **10** beabstandet sind). Die Elektrodenanschlussfläche **20c**, **51d1** bis **51d4**, **52d1** bis **52d4**, **53d1** bis **53d4**, **55d1**, **55d2** und **56d1** bis **56d4** sind an den Anschlussflächen **20b**, **51c1** bis **51c4**, **52c1** bis **52c4**, **53c1** bis **53c4**, **55c1**, **55c2** und **56c1** bis **56c4** jeweils

durch Verdampfen von Aluminium und dgl. ausgebildet.

[0056] Somit werden die an dem Substrat **10** ausgebildeten vorstehend beschriebenen Elemente (die durch Punkte in [Fig. 1](#) dargestellten Elemente) durch die Niedrigwiderstandslage (elektrischer Leiter) B gebildet, die von dem Substrat **10** isoliert ist. Der Vibrator **20**, die Balken **33-1** bis **33-4**, die Haupttrahmen **30-1** und **30-2**, die Nebenrahmen **30-3** und **30-4**, die Balken **42a** bis **42d**, **43a**, bis **43d**, **45a** bis **45d** und **46a** bis **46d** und die beweglichen Elektroden **32a1** bis **32a4**, **32b1** bis **32b4**, **21a1** bis **21a4**, **22a1** bis **22a4**, **32c1** bis **32c4**, **23a1**, bis **23a4** und **23b1** bis **23b4** sind bei einem vorbestimmten Abstand von dem Substrat **10** beabstandet und für Schwingungenbewegungen zu dem Substrat **10** über die Anker **41a** bis **41d** und **44a** bis **44d** gestützt.

[0057] Bei dem vorstehend beschriebenen Herstellverfahren wird eine hohe Erfassungsgenauigkeit erzielt, wenn die Leitungsabschnitte und die befestigten Elektroden und die beweglichen Elektroden der Elektroden **51-1** bis **51-4**, **52-1** bis **52-4**, **53-1** bis **53-4**, **54-1** bis **54-4**, **55-1** bis **55-4** und **56-1** bis **56-4** symmetrisch um die Mitte der Vorrichtung in den vier Richtungen angeordnet sind. Insbesondere die Leitungsabschnitte haben eine gleichwertige Länge, Breite und Dicke für die Elektroden der gleichen Art, so dass die elektrischen Eigenschaften der Leitungsabschnitte, wie bspw. die Kapazität und der Widerstand, zueinander passend sind. Bspw. haben, wie dies in [Fig. 2](#) gezeigt ist, die Leitungsabschnitte **51b1** bis **51b4** die gleiche Länge, Breite und Dicke und die Leitungsabschnitte **52b1** bis **52b4** haben die gleiche Länge, Breite und Dicke. Wenn die elektrischen Eigenschaften inkonsistent sind, verschlechtern sich die Erfassungsgenauigkeit und die Erfassungsempfindlichkeit und es gibt eine höhere Streuung zwischen unterschiedlichen Vorrichtungen. Bei der Vorrichtung von diesem Ausführungsbeispiel garantiert der vorliegende Standard zum Herstellen von Halbleitermaterialien ein Bearbeiten der Elektroden der gleichen Art bis zu einem derartigen Maß, dass die Streuung in Bezug auf die Länge und die Dicke ihrer Leitungsabschnitte als im Wesentlichen „0“ betrachtet werden kann. Das Bearbeiten kann derart ausgeführt werden, dass sich die Streuung in Bezug auf die Breite ungefähr bei ±5% beläuft und somit können zufriedenstellende Eigenschaften erzielt werden.

[0058] Indem der spezifische Widerstand der Niedrigwiderstandslage B auf ungefähr 0,01 bis 0,02 Ωcm eingestellt wird, werden erwünschte Eigenschaften erzielt. Natürlich wird bevorzugt, dass der spezifische Widerstand der Niedrigwiderstandslage B gleich oder geringer als 0,01 Ωcm beträgt, jedoch ist dies vom Gesichtspunkt des Herstellverfahrens nicht einfach. Jedoch ist erkannt worden, dass eine ausreichende Erfassungsempfindlichkeit selbst bei einem spezifi-

schen Widerstand von ungefähr 0,01 bis 0,02 Ωcm erzielt werden kann. Wenn im umgekehrten Fall bei den Elektroden **51-1** bis **51-4**, **52-1** bis **52-4**, **53-1** bis **53-4**, **54-1** bis **54-4**, **55-1** bis **55-4** und **56-1** bis **56-4** der spezifische Widerstand der Niedrigwiderstandslage B bis auf 3 bis 5 Ωcm erhöht wird, nehmen die Widerstände, die sich aus den die feststehenden Elektroden mit den Anschlussflächen und Rahmen verbindenden Leitungsabschnitten und den die beweglichen Elektroden mit den Anschlussflächen **20b** verbindenden Balken ergeben, in Bezug auf die Kapazitäten der Kondensatoren zu, die durch die feststehenden Elektroden und die beweglichen Elektroden gebildet werden. Somit verschlechtert sich die Empfindlichkeit der Elektroden.

[0059] In Bezug auf die Balken **33-1** bis **33-4**, **42a** bis **42d**, **43a** bis **43d**, **44a** bis **44d** und **45a** bis **45d**, die in den **Fig. 3** und **Fig. 4** gezeigt sind, sind die Abstände zwischen benachbarten Balken oder Elementen gleich und auf 30 μm oder mehr eingestellt. Bspw. sind der längliche Abschnitt **31-1** des Hauptrahmens **33-1** und der Armabschnitt **22-1** des Vibrators **20** an entgegengesetzten Seiten des Balkens **33-1** in Bezug auf seine axiale Richtung. Eine horizontale Entfernung L1 zwischen dem Balken **33-1** und dem länglichen Abschnitt **31-1** des Hauptrahmens **30-1** und eine horizontale Entfernung L2 zwischen dem Balken **33-1** und dem Armabschnitt **22-1** des Vibrators **20** sind gleich und auf 30 μm oder mehr eingestellt. Das gleiche gilt für die Balken **33-2** bis **33-4**. Des Weiteren sind die horizontalen Abstände L3, L4 und L5 zwischen den Balken **42a**, **43a**, **42b** und **43b** gleich und auf 30 μm oder mehr eingestellt. Das gleiche gilt für die Balken **43c**, **42c**, **43d** und **42d**, die Balken **45a**, **46a**, **45b** und **46b** und die Balken **46c**, **45c**, **46d** und **45d**.

[0060] Indem ein Balken von den Balken an der entgegengesetzten Seite von diesem gleich beabstandet wird, können die Balken symmetrisch in Bezug auf die axiale Richtung ausgebildet werden und der auf die Eigenschaften der Vorrichtung ausgeübte Einfluss kann beseitigt werden. Wenn im umgekehrten Fall ein Balken nicht von den Elementen, wie bspw. den Balken an den entgegengesetzten Seiten, von diesem nicht gleich beabstandet ist, können die Balken nicht mit Leichtigkeit symmetrisch in Bezug auf die axiale Richtung ausgebildet werden und somit werden die Eigenschaften der Vorrichtung außerordentlich beeinflusst. Wenn des Weiteren in dem Fall, bei dem ein Zwischenraum L zwischen den Niedrigwiderstandslagen B und B belassen bleibt, wie dies in **Fig. 5A** gezeigt ist, die Abstände L1 bis L5 auf 30 μm eingestellt sind, kann das Entwickeln einer Einkerbung N während des Ätzens bei den Herstellprozessen der Balken verhindert werden. Die grafische Darstellung von **Fig. 5B** zeigt die Beziehung zwischen dem Zwischenraum L und der Tiefe der Einkerbung N. Wie dies aus dieser grafischen Darstellung hervor-

geht, kann das Entwickeln der Einkerbung N verhindert werden, indem der Zwischenraum auf 30 μm eingestellt wird. D. h., da das Entwickeln der Einkerbung N verhindert werden kann und die Streuung zwischen den unterschiedlichen Teilen verringert werden kann, indem die Abstände L1 bis L5 auf 30 μm oder mehr eingestellt werden, kann die Erfassungsgenauigkeit der Vorrichtung verbessert werden. Das vorstehend erwähnte Einstellen der Abstände sollte nicht nur bei den Balken, sondern auch bei den anderen Elementen angewendet werden, bei denen ein hoher Grad an Maßgenauigkeit erforderlich ist.

[0061] Nachstehend ist ein Elektroschaltgerät zum Erfassen der Winkelgeschwindigkeit unter Anwendung der vorstehend beschrieben aufgebauten Winkelgeschwindigkeitserfassungsvorrichtung beschrieben. **Fig. 7** zeigt das Elektroschaltgerät in einer Blockdarstellung.

[0062] Ein Hochfrequenzoszillator **61** ist mit den Elektrodenanschlussflächen **53d1**, **53d2** verbunden, die an den Erfassungselektroden **53-1** und **53-2** und den Korrektorelektroden **54-1** und **54-2** gemeinschaftlich vorhanden sind. Der Oszillator **61** liefert zu den Anschlussflächen **53d1** und **53d2** ein Erfassungssignal $E_1 \sin(2\pi f_1 t)$ einer Frequenz f_1 , die viel höher als die Resonanzfrequenz des Vibrators **20** ist. Eine Phasenumwandlungsschaltung **61a** ist mit dem Hochfrequenzoszillator **61** verbunden. Die Schaltung **61a** liefert zu den Elektrodenanschlussflächen **53d3** und **53d4**, die für die Erfassungselektroden **53-3** und **53-4** und die Korrektorelektroden **54-3** und **54-4** gemeinschaftlich vorhanden sind, ein Erfassungssignal $E_1 \sin(2\pi f_1 t)$, das durch ein Invertieren der Phase des Erfassungssignals $E_1 \sin(2\pi f_1 t)$ erhalten wird.

[0063] Ein Hochfrequenzoszillator **62** ist mit dem Elektrodenanschlussflächen **52d1** und **52d3** der Antriebsüberwachungselektroden **52-1** und **52-3** verbunden. Der Oszillator **62** liefert die Elektrodenanschlussflächen **52d1** und **52d3** mit einem Überwachungssignal $E_2 \sin(2\pi f_2 t)$ einer Frequenz f_2 , die viel höher als die Resonanzfrequenz des Vibrators **20** ist und sich von der Frequenz f_1 unterscheidet. Eine Phaseninvertierschaltung **62a** ist mit dem Hochfrequenzoszillator **62** verbunden. Die Phaseninvertierschaltung **62a** liefert die Elektrodenanschlussflächen **52d2** und **52d4** der Antriebsüberwachungselektroden **52-2** und **52-4** mit einem Überwachungssignal $E_2 \sin(2\pi f_2 t + \pi)$, das durch ein Invertieren der Phase des Überwachungssignals $E_2 \sin(2\pi f_2 t)$ erhalten wird. Wenn daher die Schwingungen des Vibrators **20** in der Richtung der Achsen X und Y durch $E_{0x} \sin(2\pi f_0 t)$ und $E_{0y} \sin(2\pi f_0 t)$ wiedergegeben werden, können die Signale, die von der Elektrodenanschlussfläche **20c** ausgegeben werden und die Schwingungen in der Richtung der Achse X und in der Richtung der Achse Y anzeigen, als $E_2 \cdot E_{0x} \sin(2\pi f_0 t) \sin(2\pi f_2 t)$ und $E_1 \cdot E_{0y} \sin(2\pi f_0 t) \sin(2\pi f_1 t)$ aus-

gedrückt werden, wobei f_0 eine Frequenz nahe bei der Resonanzfrequenz des Vibrators **20** ist.

[0064] Eine Antriebsschaltung **70** ist mit den Elektrodenanschlussflächen **51d1** bis **51d4** der Antriebselektroden **51-1** bis **51-4** verbunden. Die Antriebsschaltung **70** erzeugt ein Antriebssignal auf der Grundlage eines Signals, das von der Elektrodenanschlussfläche **20c** über einen Verstärker **63** eingegeben wird, und liefert das erzeugte Signal zu den Elektrodenanschlussflächen **51d1** bis **51d4**.

[0065] Die Antriebsschaltung **70** hat eine Demodulationsschaltung **71**, eine Phasenverschiebungsschaltung **72** und eine Verstärkungssteuerschaltung **73**, die mit dem Verstärker **63** in Reihe verbunden sind. Die Antriebsschaltung **70** hat des Weiteren eine Gleichrichterschaltung **74**, die mit der Demodulationsschaltung **71** verbunden ist und den Verstärkungsfaktor der Verstärkungssteuerschaltung **73** steuert.

[0066] Die Demodulationsschaltung **71** führt eine synchrone Erfassung des Signals von der Elektrodenanschlussfläche **20c** bei der Frequenz f_2 aus (d. h. sie extrahiert die Hülle der Amplitude des Signals der Frequenz f_2) und gibt ein Signal $E_{0x} \sin(2\pi f_0 t)$ aus, das die Schwingungskomponente des Vibrators **20** in der Richtung der Achse X anzeigt. Die Phasenverschiebungsschaltung **72** lässt die Phase eines Eingangesignals um $\pi/2$ zum Zweck der Korrektur einer Verzögerung von $\pi/2$ (die einer $1/8\pi f_0$ Sekunde entspricht) eines Erfassungssignals, das die Schwingungen des Vibrators **20** anzeigt, von dem Signal zum Antreiben des Vibrators **20** voreilen und gibt dieses Phasenvoreilsignal aus. Die Gleichrichterschaltung **74** führt eine Ganzwellengleichrichtung des Signals von der Demodulationsschaltung **71** aus (d. h. sie extrahiert die Hülle der Amplitude der Komponente der Schwingung des Vibrators **20** in der Richtung der Achse X) und gibt ein Signal E_{0x} aus, das die Amplitude der Komponente der Schwingung des Vibrators **20** in der Richtung der Achse X anzeigt. Es ist zu beachten, dass die Verstärkungssteuerschaltung **73** Wellen beseitigt, die bei dem Ausgabesignal von der Gleichrichterschaltung **74** umfasst sind. Die Verstärkungssteuerschaltung **73** steuert die Amplitude des Ausgabesignals von der Phasenverschiebeschaltung **72** so, dass die Amplitude der Eingangesignale der Phasenverschiebeschaltung **72** und der Gleichrichterschaltung **74** (die Amplitude der Komponente der Schwingung des Vibrators **20** in der Richtung der Achse X) konstant wird, und gibt dann das amplitudengesteuerte Signal aus. D. h., die Verstärkungssteuerschaltung **73** steuert das Signal so, dass die Amplitude des Ausgabesignals der Verstärkungssteuerschaltung **73** abnimmt, wenn das Signal von der Gleichrichterschaltung **74** zunimmt, und sie gibt das gesteuerte Signal aus.

[0067] Die Antriebsschaltung **70** ist des Weiteren mit Addierschaltungen **75-1** und **75-3** versehen, die mit

einem Ausgang der Verstärkungssteuerschaltung **73** verbunden sind, und sie ist mit Addierschaltungen **75-2** und **75-4** versehen, die mit der Verstärkungssteuerschaltung **73** über eine Phaseninvertierschaltung **73a** verbunden ist. Die Phaseninvertierschaltung **73a** kehrt die Phase des Signals von der Verstärkungssteuerschaltung **73** um und gibt das phaseninvertierte Signal aus. Die Addierschaltungen **75-1** und **75-2** sind mit einer Spannungsquelle **76a** für eine variable Spannung verbunden, die eine variabel eingestellte Gleichspannung E_T abgibt. Die Addierschaltungen **75-3** und **75-4** sind mit einer Spannungsquelle **76b** für eine konstante Spannung verbunden, die eine feststehende Gleichspannung E_B ausgibt.

[0068] Die Addierschaltung **75-1** addiert das Signal $E_{0x} \sin(2\pi f_0 t)$ von der Verstärkungssteuerschaltung **73** zu dem Gleichspannungssignal E_T von der Spannungsquelle **76a** für die variable Spannung und liefert die addierte Spannung $E_T + E_{0x} \sin(2\pi f_0 t)$ zu der Elektrodenanschlussfläche **51d1** der Antriebselektrode **51-1**. Die Addierschaltung **75-2** addiert das Signal $E_{0x} \sin(2\pi f_0 t + \pi)$ von der Phaseninvertierschaltung **72a** zu dem Gleichspannungssignal E_T von der Spannungsquelle **76a** für variable Spannung und liefert die addierte Spannung $E_T + E_{0x} \sin(2\pi f_0 t + \pi)$ zu der Elektrodenanschlussfläche **51d2** der Antriebselektrode **51-2**. Die Addierschaltung **75-3** addiert das Signal $E_{0x} \sin(2\pi f_0 t)$ von der Verstärkungssteuerschaltung **73** zu dem Gleichspannungssignal E_B von der Spannungsquelle **76b** für die konstante Spannung und liefert die addierte Spannung $E_B + E_{0x} \sin(2\pi f_0 t)$ zu der Elektrodenanschlussfläche **51d3** der Antriebselektrode **51-3**. Die Addierschaltung **75-4** addiert das Signal $E_{0x} \sin(2\pi f_0 t + \pi)$ von der Phaseninvertierschaltung **73a** zu dem Gleichspannungssignal E_B von der Spannungsquelle **76b** für die Gleichspannung und liefert die addierte Spannung $E_B + E_{0x} \sin(2\pi f_0 t + \pi)$ zu der Elektrodenanschlussfläche **51d4** der Antriebselektrode **51-4**.

[0069] Eine Spannungsquelle **65a** für eine variable Gleichspannung ist mit der Elektrodenanschlussfläche **55d1** verbunden, die für die Einstellelektroden **55-1** und **55-3** gemeinschaftlich da ist. Eine Spannungsquelle **65b** für eine variable Gleichspannung ist mit der Elektrodenanschlussfläche **55-2** verbunden, die für die Einstellelektroden **55-2** und **55-4** gemeinschaftlich da ist. Während die Spannungsquellen **65a** und **65b** für die variable Gleichspannung durch eine Vielzahl an Spannungsquellen aufgebaut werden können, ist es möglich, eine einzelne Spannungsquelle gemeinschaftlich anzuwenden.

[0070] Eine Servosteuerschaltung **80** ist mit den Elektrodenanschlussflächen **56d1** bis **56d4** der Servoelektroden **56-1** bis **56-4** verbunden. Die Servosteuerschaltung **80** verringert die Schwingungen des Vibrators **20** in der Richtung der Achse Y und besteht aus einer Demodulationsschaltung **81**, einem

Servoverstärker **82** und einer Phaseninverterschaltung **83**. Die Demodulationsschaltung **81** führt eine synchrone Erfassung des Signals von der Elektrodenanschlussfläche **20c** bei der Frequenz f_1 aus (d. h. sie extrahiert die Hülle der Amplitude des Signals der Frequenz f_1), sie extrahiert ein Signal $E_{0y}\sin(2\pi f_0 t)$, das die Schwingungskomponente des Vibrators **20** in der Richtung der Achse Y zeigt, und gibt das Signal $E_{0y}\sin(2\pi f_0 t)$ als ein Wechselstromservosteuerungs-signal aus. Der Servoverstärker **82** verstärkt das Wechselstromservosteuerungs-signal mit einer vorbestimmten Verstärkung und liefert das verstärkungsgesteuerte Wechselstromservosteuerungs-signal zu den Elektrodenanschlussflächen **56d3** und **56d4** der Servoelektroden **56-3** und **56-4** zum Zweck des Ausgleichens der Schwingungen des Vibrators **20** in der Richtung der Achse Y (der Schwingungen des Vibrators **20** in der Richtung der Achse Y aufgrund der um die Achse Z auftretenden Winkelgeschwindigkeit). Die Phaseninverterschaltung **83** kehrt die Phase des verstärkungsgesteuerten Wechselstromservosteuerungs-signals um und liefert das phaseninvertierte Umkehrphasensteuerungs-signal zu den Elektrodenanschlussflächen **56d1** und **56d2** der Servoelektroden **65-1** und **56-2**.

[0071] Eine Ausgabeschaltung **90**, die aus einer Erfassungsschaltung **91** und einem Verstärker **92** besteht, ist mit der Servosteuererschaltung **80** verbunden. Die Erfassungsschaltung **91** empfängt ein Wechselstromservosteuerungs-signal $E_{0y}\sin(2\pi f_0 t)$ von dem Servoverstärker **82**, empfängt ein Signal $E_{0x}\sin(2\pi f_0 t)$, das die Schwingungen des Vibrators **20** in der Richtung der Achse X aufgrund des Antreibens von der Phasenverschiebeschaltung **72** anzeigt, führt eine synchrone Erfassung des Wechselstromservosteuerungs-signals $E_{0y}\sin(2\pi f_0 t)$ aus, wobei das Signal $E_{0x}\sin(2\pi f_0 t)$, die Schwingungen des Vibrators **20** in der Richtung der Achse X anzeigt, und gibt ein Gleichstromsignal aus, das die Amplitude E_{0y} der Schwingungen des Vibrators **20** in der Richtung der Achse Y anzeigt, d. h. die Größe der Schwingungen des Vibrators **20** in der Richtung der Achse Y aufgrund der um die Achse Z auftretenden Winkelgeschwindigkeit. Das Ausgabesignal von der Phasenverschiebeschaltung **72** wird hierbei verwendet, da es mit der Phase der Coriolis-Kraft synchronisiert ist, die sich aus der Winkelgeschwindigkeit des Vibrators **20** ergibt, die um die Achse Z auftritt, und mit dem Wechselstromservosteuerungs-signal synchronisiert ist, d. h. die um die Achse Z auftretende Winkelgeschwindigkeit des Vibrators **20**.

[0072] Die Coriolis-Kraft wird nachstehend kurz beschrieben. Wenn angenommen wird, dass sich ein rechtwinkliges Koordinatensystem einer Winkelgeschwindigkeit ω relativ zu einem ruhenden rechtwinkligen Koordinatensystem dreht, kann eine Bewegung im Hinblick auf das sich drehende Koordinatensystem unter Berücksichtigung der Kraft beschrieben

werden, die auf das Trägheitssystem wirkt und die beiden anderen Kräfte beschrieben werden, d. h. die Zentrifugalkraft und eine weitere Kraft. Die letztgenannte Kraft ist die Coriolis-Kraft.

[0073] Der Verstärker **92**, der mit der Erfassungsschaltung **91** verbunden ist, empfängt das Signal E_{0y} und gibt von einem Ausgabeanschluss OUT ein Gleichstromsignal aus, das die Größe der Schwingungen des Vibrators **20** in der Richtung der Achse Y anzeigt.

[0074] Bei dem wie vorstehend beschrieben aufgebauten Ausführungsbeispiel wird, nachdem die Winkelgeschwindigkeitserfassungsvorrichtung mit dem Elektroschaltungsgerät verbunden worden ist, um das in **Fig. 7** gezeigte Winkelgeschwindigkeitserfassungsgerät zu bilden, das Signal, das die Größe der Schwingungen des Vibrators **20** in der Richtung der Achse Y anzeigt, von dem Ausgabeanschluss OUT extrahiert, wobei die um die Achse Z auftretende Winkelgeschwindigkeit vor dem Versenden des Geräts auf „0“ gesetzt wird. Da in diesem Fall die Winkelgeschwindigkeit „0“ beträgt, beträgt das Ausgabesignal „0“. Sollte das Ausgabesignal ungleich zu „0“ sein, wird das Gleichstromspannungssignal E_T verändert, in dem die Spannungsquelle **76a** für die variable Spannung eingestellt wird, so dass das Ausgabesignal zu „0“ wird.

[0075] Dies ist nachstehend detaillierter beschrieben. Die Antriebsspannungssignale $E_T + E_{0x}\sin(2\pi f_0 t)$, $E_T + E_{0x}\sin(2\pi f_0 t + \pi) = E_T - E_{0x}\sin(2\pi f_0 t)$ werden auf die Antriebselektroden **51-1** und **51-2** jeweils aufgebracht. Die Antriebsspannungssignale $E_B + E_{0x}\sin(2\pi f_0 t)$, $E_B + E_{0x}\sin(2\pi f_0 t + \pi) = E_B - E_{0x}\sin(2\pi f_0 t)$ werden auf die Antriebselektroden **51-3** und **51-4** jeweils aufgebracht. In dem Fall, bei dem die Winkelgeschwindigkeit zur Fassungsvorrichtung mit einer hohen Genauigkeit aufgebaut ist, wirken, wenn das Gleichstromspannungssignal E_T von der Spannungsquelle **76a** für die variable Spannung und das Gleichstromspannungssignal E_T von der Spannungsquelle **76b** die konstante Spannung gleich eingestellt sind, sich aus den elektrostatischen Anzugskräften ergebende gleiche Kräfte an den Hauptrahmen **30-1** und **31-2** in der Richtung der Achse X. Somit sollten die Hauptrahmen **30-1** und **30-2** bei der Schwingungsfrequenz f_0 in der Richtung der Achse X synchronisiert werden und sie schwingen mit einer gleichen Amplitude. Die Schwingungen werden ebenfalls zu dem Vibrator **20** über die Balken **33-1** bis **33-4** übertragen und der Vibrator **20** schwingt lediglich in der Richtung der Achse X. Demgemäß sollte das Signal, das von dem Ausgabeanschluss OUT extrahiert worden ist und das die Größe der Schwingungen des Vibrators **20** in der Richtung der Achse Y anzeigt, „0“ sein.

[0076] In diesem Fall wird aufgrund des Vorgangs des Hochfrequenzoszillators **62**, der Phaseninvertier-

schaltung **62a** und der Antriebsüberwachungselektroden **52-1** bis **52-4** das Signal $E_2 \cdot E_{0x} \cdot \sin(2\pi f_0 t) \cdot \sin(2\pi f_2 t)$, die die Schwingungskomponente in der Richtung der Achse X anzeigt, zu der Antriebsschaltung **20** über die Elektrodenanschlussfläche **20c** und dem Verstärker **63** geliefert. Die Demodulationsschaltung **71**, die Gleichrichterschaltung **74**, die Phasenverschiebeschaltung **72** und die Verstärkungssteuerschaltung **73**, die die Antriebsschaltung **70** bilden, wirken so, dass das Eingabesignal $E_{0x} \cdot \sin(2\pi f_0 t)$, von der Elektrodenanschlussfläche **20c**, dass die Schwingungskomponente in der Richtung der Achse X anzeigt, immer konstant wird. Somit schwingt der Vibrator **20** stets mit einer konstanten Amplitude in der Richtung der Achse X.

[0077] Andererseits schwingt der Vibrator **20** in dem Fall in der Richtung der Achse Y, wenn die Hauptrahmen **30-1** und **30-2** ungleichmäßig in der Richtung der Achse X aufgrund der Steuerung zwischen den Elementen der Winkelgeschwindigkeitserfassungsvorrichtung angetrieben werden und insbesondere aufgrund der prozessweisen Steuerung zwischen den Hauptrahmen **30-1** und **30-2**, den Balken **33-1** bis **33-4**, den Antriebselektroden **51-1** bis **51-4** und dergleichen (selbst wenn die Gleichspannungssignale E_T und E_B zueinander gleich sind).

[0078] Nachstehend werden die Antriebskräfte F_1 und F_2 für die Hauptrahmen **30-1** und **30-2** betrachtet. Die Antriebskraft F_1 rührt von den Antriebsspannungssignalen $E_T + E_{0x} \cdot \sin(2\pi f_0 t)$, $E_T - E_{0x} \cdot \sin(2\pi f_0 t)$ her und kann durch die nachstehend aufgeführte Gleichung 1 unter Verwendung einer proportionalen Konstante K ausgedrückt werden.

Gleichung 1

$$F_1 = K \cdot \{(E_T + E_{0x} \cdot \sin(2\pi f_0 t))^2 - (E_T - E_{0x} \cdot \sin(2\pi f_0 t))^2\} = 4 \cdot K \cdot E_T \cdot E_{0x} \cdot \sin(2\pi f_0 t)$$

[0079] Die Antriebskraft F_2 rührt von den Antriebsspannungssignalen $E_B + E_{0x} \cdot \sin(2\pi f_0 t)$, $E_B - E_{0x} \cdot \sin(2\pi f_0 t)$ her und kann durch die nachstehend aufgeführte Gleichung 2 ausgedrückt werden.

Gleichung 2:

$$F_2 = K \cdot \{(E_B + E_{0x} \cdot \sin(2\pi f_0 t))^2 - (E_B - E_{0x} \cdot \sin(2\pi f_0 t))^2\} = 4 \cdot K \cdot E_B \cdot E_{0x} \cdot \sin(2\pi f_0 t)$$

[0080] Wie dies aus den Gleichungen 1 und 2 hervorgeht, können die Antriebskräfte für die Hauptrahmen **30-1** und **30-2** eingestellt werden, indem die Größe des Gleichspannungssignales E_T verändert wird, das von der Spannungsquelle **76a** für die variable Spannung ausgegeben wird. Somit können die Komponenten der Schwingung des Vibrators **20** und

der Hauptrahmen **30-1** und **30-2** in Richtung der Achse Y beseitigt werden.

[0081] Die Resonanzfrequenz des Vibrators **20** in der Richtung der Achse Y wird eingestellt, indem die Spannungen der Spannungsquellen **65a** und **65b** für die variable Gleichspannung eingestellt werden. D. h., wenn die Spannungen der Gleichspannungsquellen **65a** und **65b** für die variable Spannung verändert werden, ändern sich die Größen der durch die Einstellelektroden **55-1** bis **55-4** erzeugten elektrostatischen Anzugskräfte und der Verschiebebetrag des Vibrators **20** für eine Kraft der Richtung Y, d. h. die Federkonstante der Erfassungsbalken **33-1** bis **33-4** wird verändert. Somit wird die Resonanzfrequenz des Vibrators **20** in der Richtung der Achse Y geeignet eingestellt.

[0082] Nachstehend ist der Vorgang des Erfassens der um die Achse Z auftretenden Winkelgeschwindigkeit unter Verwendung des wie vorstehend beschrieben eingestellten Winkelgeschwindigkeitserfassungsgerätes beschrieben. Zunächst wird das Winkelgeschwindigkeitserfassungsgerät an einem Objekt befestigt, dessen Winkelgeschwindigkeit zu erfassen ist, und danach wird das Elektroschaltungsgerät so betrieben, wie dies vorstehend beschrieben ist. Wenn eine Winkelgeschwindigkeit um die Achse Z auftritt, während der vorstehend beschriebene Zustand aufrecht erhalten bleibt, beginnt der Vibrator **20** mit einer Schwingung in der Richtung der Achse Y mit einer Amplitude, die der Winkelgeschwindigkeit aufgrund der Corioliskraft proportional ist.

[0083] In diesem Fall ändert sich aufgrund der Schwingungen des Vibrators **20** in der Richtung der Achse Y die Kapazität der Anpassungselektroden **53-1** bis **53-4** in Übereinstimmung mit den Schwingungen. Die Änderung der Kapazität tritt bei der Elektrodenanschlussfläche **20c** als ein Signal auf, dessen Amplitude von den Erfassungssignalen $E_1 \cdot \sin(2\pi f_1 t)$ und $E_1 \cdot \sin(2\pi f_1 t + \pi) = -E_1 \cdot \sin(2\pi f_1 t)$ moduliert wird, die von dem Hochfrequenzoszillator **61** und der Phaseninverterschaltung **61a** ausgegeben werden, d. h. als ein Signal $E_1 \cdot E_{0y} \cdot \sin(2\pi f_0 t) - \sin(2\pi f_1 t)$. Das Signal wird dann über die Servosteuerung **80** über den Verstärker **63** ausgegeben.

[0084] Andererseits wird der Einfluss der Diagonalschwingung durch die Korrektorelektroden **54-1** bis **54-4** beseitigt, selbst wenn die Hauptrahmen **30-1** und **30-2** und der Vibrator **20** in Bezug auf das Substrat **10** in einer diagonal zu der Achse X stehenden Richtung aufgrund des Antreibens der Antriebselektroden **51-1** bis **51-4** schwingen. D. h. das Hochfrequenzersfassungssignal von dem Hochfrequenzoszillator **61** wird zu den feststehenden Elektroden **53a1** und **53a2** der Erfassungselektroden **53-1** und **53-2** und den feststehenden Elektroden **54a1** und **54a2**

der Korrektorelektroden **54-1** und **54-2** geliefert. Das Signal, das von der Phaseninvertierschaltung **61a** kommt und erhalten wird, indem die Phase des Hochfrequenzsignals invertiert wird, wird zu den feststehenden Elektroden **53a1** und **53a4** der Erfassungselektroden **53-3** und **53-4** und den feststehenden Elektroden **54a3** und **54a4** der Korrektorelektroden **54-3** und **54-4** geliefert.

[0085] Wenn, wie dies vorstehend beschrieben ist, die Hauptrahmen **30-1** und **30-2** des Vibrators **20** in der gleichen Richtung entlang der Achse Y verschoben werden, ändert sich die Kapazität der Korrektorelektroden **54-1** bis **54-4** in einer umgekehrten Beziehung gegenüber der Kapazität der Erfassungselektroden **53-1** bis **53-4**. Daher wird, wenn der Vibrator **20** und die Hauptrahmen **30-1** und **30-2** gleichzeitig in der diagonal zu der Achse X stehenden Richtung schwingen, die Änderung der Kapazität der Korrektorelektroden **54-1** bis **54-4** von der Änderung der Kapazität der Erfassungselektroden **53-1** bis **53-4** beseitigt. Die Änderung der Kapazität der Erfassungselektroden **53-1** bis **53-4** ergibt sich aus der Schwingungskomponente des Vibrators **20** in der Richtung der Achse Y. Die Änderung der Kapazität der Korrektorelektroden **54-1** bis **54-4** ergibt sich aus der Schwingungskomponente der Hauptrahmen **30-1** und **30-2** in der Richtung der Achse Y. Somit wird das Signal $E_1 \cdot E_{0y} \cdot \sin(2\pi f_0 t) \cdot \sin(2\pi f_1 t)$, das vom Einfluss der Diagonalschwingungen der Hauptrahmen **30-1** und **30-2** und des Vibrators **20** frei ist und erhalten wird, indem die Amplitude des Hochfrequenzsignals $E_1 \cdot \sin(2\pi f_1 t)$ mit der Schwingung des Vibrators **20** in der Richtung der Achse X erhalten wird, von dem Verstärker **63** zu der Servosteuerung **81** ausgegeben.

[0086] Die Servosteuerung **80** demoduliert das Signal $E_1 \cdot E_{0y} \cdot \sin(2\pi f_0 t) \cdot \sin(2\pi f_1 t)$ in der Demodulationsschaltung **81** und extrahiert das Signal $E_{0y} \cdot \sin(2\pi f_0 t)$, das die Schwingungen des Vibrators **20** in der Richtung der Achse Y anzeigt. Der Servoverstärker **82** und die Phaseninvertierschaltung **83** liefern zu den Servoelektroden **56-1** bis **56-4** ein Wechselstromservosteuerungssignal d. h. ein Steuerungssignal zum Verringern der Schwingung des Vibrators **20** in der Richtung der Achse Y auf der Grundlage des Signals $E_{0y} \cdot \sin(2\pi f_0 t)$. Daher unterdrücken die Servoelektroden **56-1** bis **56-4** die Schwingung des Vibrators **20** in der Richtung der Achse Y d. h. die Schwingung des Vibrators **20** in der Achse Y, die von der um die Achse Z auftretenden Winkelgeschwindigkeit herrührt. Idealerweise wird die Amplitude der Schwingung des Vibrators **20** in der Richtung der Achse Y auf „0“ gesteuert.

[0087] Des Weiteren wird das Wechselstromservosteuerungssignal von dem Servoverstärker **82** ebenfalls zu der Erfassungsschaltung **91** der Ausgabeschaltung **90** geliefert. Dieses Wechselstromservosteuer-

signal ist proportional zu dem Signal $E_{0y} \cdot \sin(2\pi f_0 t)$, das die Schwingungen des Vibrators **20** in der Achse Y anzeigt, und die Erfassungsschaltung **91** erfasst das Signal $E_{0y} \cdot \sin(2\pi f_0 t)$ bei der Resonanzfrequenz f_0 des Vibrators. Daher wird das die Größe (Amplitude) der Schwingungen in der Richtung der Achse Y anzeigende Gleichstromsignal E_{0y} von der Erfassungsschaltung **91** ausgegeben. Das Gleichstromsignal E_{0y} wird dann über den Verstärker **92** ausgegeben. Somit wird, obwohl der Vibrator **20** tatsächlich nicht in der Richtung der Achse Y schwingt, das die Größe der um die Achse Z auftretenden Winkelgeschwindigkeit anzeigende Signal extrahiert. Aufgrund einer derartigen Wirkung einer Servosteuerung wird verhindert, dass die Schwingung des Vibrators **20** in der Richtung der Achse Y, die von der um die Achse Z auftretenden Winkelgeschwindigkeit herrührt, erneut zu dem Vibrator **20** über das Substrat **10** eingegeben wird. Daher wird das von dem erneuten Eingeben der Schwingung herrührende Erzeugen eines Rauschens unterdrückt und somit kann die Genauigkeit beim Erfassen der Winkelgeschwindigkeit verbessert werden.

[0088] Nachstehend ist eine Winkelgeschwindigkeitserfassungsvorrichtung gemäß einem zweiten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung beschrieben. **Fig. 8** zeigt die Winkelgeschwindigkeitserfassungsvorrichtung des zweiten Ausführungsbeispiels in einer Draufsicht. Die Winkelgeschwindigkeitserfassungsvorrichtung des zweiten Ausführungsbeispiels ist dadurch gekennzeichnet, dass sich Leitungsmuster von den Anschlussflächen erstrecken und dass die Leitungsmuster raffiniert konstruiert sind. Der Vereinfachung wegen zeigt die Darstellung dieser Winkelgeschwindigkeitserfassungsvorrichtung lediglich die Antriebselektroden **51-1** und **51-4** und Erfassungselektroden **53-1** bis **53-4**, wobei die Antriebsüberwachungselektroden **52-1** bis **52-4** die Korrektorelektroden **54-1** bis **54-4**, die Einstellelektroden **55-1** bis **55-4** und die Servoelektroden **56-1** bis **56-4** weggelassen wurden.

[0089] Jeder der Leitungsabschnitte **51b1** und **51b2** der Antriebselektroden **51-1** und **51-2** hat an seinem Außenende einen Anker **51e1** und **51e2**. In der Zeichnung sind die Anker **51f1** und **51f2** jeweils unterhalb der Anker **51e1** und **51e2** vorgesehen. Anker **51g1** und **51g2** sind jeweils in Bezug auf die Richtung der Achse X von den Ankern **51f1** und **51f2** nach innen vorgesehen. In der Zeichnung sind die Anker **51h1** und **51h2** jeweils unterhalb der Anker **51g1** und **51g2** vorgesehen. In **Fig. 9** sind die Anker **51e1** und **51f1** als Repräsentanten der Anker **51e1** bis **51h1** bzw. **51e2** bis **51h2** gezeigt. Diese Anker sind so gestaltet, dass sie die Niedrigwiderstandslage (elektrischer Leiter) B an dem Substrat **10** über die Isolationslage A fixieren. Die Anker **51e1** bis **51h1** sind durch Leitungsmuster **51e1** bis **51k1** miteinander verbunden und die Anker **51e2** bis **51h2** sind durch Lei-

tungsmuster **51i2** bis **51k2** miteinander verbunden. In **Fig. 7** ist das Leitungsmuster **51i1** als Repräsentant der Leitungsmuster **51i1** bis **51k1** bzw. **51i2** bis **51k2** gezeigt. Diese Leitungsmuster sind durch die Niedrigwiderstandslage (elektrischer Leiter) B gebildet, die von dem Substrat beabstandet ist. Elektrodenanschlussflächen **51m1** und **51m2** sind jeweils an den Ankern **51h1** bzw. **51h2** vorgesehen.

[0090] In der Zeichnung hat jede der feststehenden Elektroden **51a3** und **51a4** der Antriebselektroden **51-3** und **51-4** an ihrem unteren Ende einen Anker **51e3** bzw. **51e4**. Anker **51f3** und **51f4** sind von den Ankern **51e3** bzw. **51e4** jeweils in Bezug auf die Richtung der Achse X nach innen vorgesehen. In der Zeichnung sind Anker **51g3** und **51g4** unterhalb der Anker **51f3** und **51f4** jeweils vorgesehen. Die Anker **51e3** bis **51g3** und **51e4** bis **51g4** sind ebenfalls so gestaltet, dass sie die Niedrigwiderstandslage (elektrischer Leiter) B an dem Substrat **10** über die Isolationslage A fixieren. Die Anker **51e3** und **51g3** sind durch Leitungsmuster **51h3** und **51e3** miteinander verbunden und die Anker **51e4** bis **51g4** sind miteinander durch Leitungsmuster **51h4** und **51i4** verbunden. Die Leitungsmuster **51h3**, **51e3**, **51h4** und **51i4** sind ebenfalls durch die Niedrigwiderstandslage B gebildet, die von dem Substrat **10** beabstandet ist. Die Elektrodenanschlussflächen **51j3** und **51j4** sind jeweils an den Ankern **51g3** bzw. **51g4** vorgesehen.

[0091] Jeder der Leitungsabschnitte **53b1** bis **53b4** der Antriebselektroden **53-1** bis **53-4** hat an seinem Außenende einen Anker **53e1** bis **53e4**. In der Zeichnung sind die Anker **53f1** bis **51f4** unterhalb der Anker **53e1** bis **53e4** jeweils vorgesehen. Anker **53g1** bis **53g4** sind jeweils in Bezug auf die Richtung der Achse X von den Ankern **53f1** bis **53f4** nach innen vorgesehen. In der Zeichnung sind Anker **53h1** bis **53h4** unterhalb der Anker **53g1** bis **53g4** jeweils vorgesehen. Die Anker **53e1** bis **53h1**, **52e2** bis **53h2**, **53e3** bis **53h3** und **53e4** bis **53h4** sind so gestaltet, dass sie die Niedrigwiderstandslage (elektrischer Leiter) B an dem Substrat **10** über die Isolationslage H fixieren. Die Anker **53e1** bis **53h1**, **53e2** bis **53h2**, **53e3** bis **53h3** und **53e4** bis **53h4**, sind miteinander durch Leitungsmuster **53i1** bis **53k1**, **53i2** bis **53k2**, **53i3** bis **53k3** bzw. **53i4** bis **53k4** verbunden. Die Leitungsmuster **53i1** bis **53k1**, **53i2** bis **53k2**, **53i3** bis **53k3** und **53i4** bis **53k4** sind ebenfalls durch die Niedrigwiderstandslage (elektrischer Leiter) B gebildet, die von dem Substrat **10** beabstandet ist. Elektrodenanschlussflächen **53m1** bis **53m4** sind jeweils an den Ankern **53h1** bis **53h4** vorgesehen.

[0092] Des Weiteren sind der Anker **44a** und die Anschlussfläche **20b** durch ein Leitungsmuster **20f** elektrisch verbunden, das bei einem vorbestimmten Abstand von dem Substrat **10** beabstandet ist. Darüber hinaus ist ein Erdungsanker **20d**, der die Niedrigwiderstandslage (elektrischer Leiter) B an dem Substrat

10 über die Isolationslage A fixiert, ebenfalls an dem Substrat **10** vorgesehen.

[0093] Auch in dem Fall, bei dem die Antriebsüberwachungselektroden **52-1** bis **52-4**, die Korrektorelektroden **54-1** bis **54-4**, die Einstellelektroden **55-1** bis **55-4** und die Servoelektroden **56-1** bis **56-4** an dem Substrat **10** vorgesehen sind, sind die vorstehend beschriebenen Leitungsmuster ausgebildet. Die Winkelgeschwindigkeitserfassungsvorrichtung des zweiten Ausführungsbeispiels ist außerdem in Übereinstimmung mit einem Herstellverfahren ausgebildet, das gegenüber demjenigen des ersten Ausführungsbeispiels identisch ist, und es ist dazu in der Lage, die um die senkrecht zu dem Substrat stehende Achse Y auftretende Winkelgeschwindigkeit aufgrund der Verbindung eines Elektroschaltungsgerätes (siehe **Fig. 7**) identisch zu dem Fall des ersten Ausführungsbeispiels zu erfassen.

[0094] Da in diesem Fall die Leitungsmuster von der oberen Fläche des Substrates **10** beabstandet sind, kann deren Kapazität verringert werden. D. h. die Kapazität C der Leitungsmuster und des Substrats **10** kann durch die nachstehend gezeigte Gleichung 3 ausgedrückt werden.

Gleichung 3:

$$C = \epsilon \cdot S/d.$$

[0095] In Gleichung 3 bezeichnet S die Fläche der dem Substrat **10** zugewandten Oberfläche der Leitungsmuster, d den Abstand zwischen den Oberflächen der Leitungsmuster und der Oberfläche des Substrates **10** und ϵ die Dielektrizitätskonstante eines Materials, das einen Raum zwischen den Oberflächen der Leitungsmuster und des Substrates **10** ausfüllt. Die relative Dielektrizitätskonstante von Siliziumoxid SiO_2 , das die Isolationslage A bildet (das Verhältnis der Dielektrizitätskonstante von Siliziumoxid SiO_2 gegenüber der Dielektrizitätskonstante eines Vakuums) beträgt "3,8". Die relative Dielektrizitätskonstante von Luft beträgt ungefähr 1,0.

[0096] Somit kann die parasitäre Kapazität C der Leitungsmuster und des Substrates **10** selbst bei Luft durch ein Beabstanden der Leistungsmuster von dem Substrat **10** wie bei dem zweiten Ausführungsbeispiel verringert werden. Die parasitäre Kapazität C kann des Weiteren verringert werden, indem die obere Fläche der Winkelgeschwindigkeitserfassungsvorrichtung mit einem Mantel zum Unterbringen des Vibrators **20** bedeckt wird und der Mantel einem Unterdruck ausgesetzt wird.

[0097] Als ein Ergebnis kann gemäß dem zweiten Ausführungsbeispiel der Einfluss der parasitären Kapazität der Leitungsmuster an den feststehenden Elektroden verringert werden. D. h. gemäß dem zwei-

ten Ausführungsbeispiel kann die Genauigkeit beim Antreiben der Schwingungen des Vibrators **20** durch die Antriebs Elektroden **51-1** bis **51-4** verbessert werden und die Genauigkeit zum Erfassen der Schwingungen des Vibrators **20** durch die Erfassungselektroden **53-1** bis **53-4** kann verbessert werden. Außerdem kann in dem Fall, bei dem die Antriebsüberwachungselektroden **52-1** bis **52-4**, die Korrektorelektroden **54-1** bis **54-4**, die Einstellelektroden **55-1** bis **55-4** und die Servoelektroden **56-1** bis **56-4** an dem Substrat **10** vorgesehen sind, der vorstehend beschriebene Effekt aufgrund der Leitungsmuster erwartet werden.

[0098] Nachstehend ist ein Verfahren zum Dimensionierung der Elemente der vorstehend beschriebenen Winkelgeschwindigkeitserfassungsvorrichtung beschrieben.

[0099] Die Dimensionieränderung der Elemente der Winkelgeschwindigkeitserfassungsvorrichtung, die von einem Bearbeiten wie beispielsweise Ätzen herrührt, ist durch ΔW bezeichnet, und die Maße der Elemente der Winkelgeschwindigkeitserfassungsvorrichtung, die eine hohe Genauigkeit fordern, d. h. die Maße der Kurzentfernungselemente der Winkelgeschwindigkeitserfassungsvorrichtung sind wie folgt definiert. Die Breite der quadratischen Durchgangslöcher **21a** in dem Massenabschnitt **21** umgebenden Rahmen ist durch das Bezugszeichen W_m bezeichnet, wie dies in **Fig. 6(a)** gezeigt ist. Die Breite der Balken **33-1** bis **33-4**, **42a** bis **42d**, **43a** bis **43d**, **45a** bis **45d**, und **46a** bis **46d** ist durch das Bezugszeichen W_k bezeichnet. Wie dies in **Fig. 6(b)** gezeigt ist, ist die Breite der Elektrodenfinger der beweglichen und feststehenden Elektroden der Antriebs Elektroden **51-1** bis **51-4** durch das Bezugszeichen W_d bezeichnet und der Abstand zwischen den Elektrodenfingern ist durch das Bezugszeichen D_d bezeichnet. Die Breite der Elektrodenfinger der beweglichen und feststehenden Elektroden der Antriebsüberwachungselektrode **52-1** bis **52-4** ist durch das Bezugszeichen W_c bezeichnet und der Abstand zwischen den Elektrodenfingern ist durch D_c bezeichnet. Die Breite der Elektrodenfinger der beweglichen und feststehenden Elektroden der Erfassungselektroden **53-1** bis **53-4** ist durch das Bezugszeichen W_s bezeichnet, und der Abstand zwischen den Elektrodenfingern ist durch das Bezugszeichen D_s bezeichnet. Die Breite der Elektrodenfinger der beweglichen und der feststehenden Elektroden der Servoelektroden **56-1** bis **56-4** ist durch das Bezugszeichen W_a bezeichnet und der Abstand zwischen den Elektrodenfingern beträgt D_a .

[0100] In dem Fall, bei dem eine Servosteuerung wie vorstehend beschrieben ausgeführt wird, ergibt sich die nachstehende Gleichung 4, da eine Corioliskraft (eine Kraft, die an dem Vibrator **20** in der Richtung der Achse Y aufgrund der Winkelgeschwindigkeit wirkt)

$2 \cdot M \cdot V \cdot \Omega$ einer Servokraft $\varepsilon \cdot S \cdot \{(V_{dc} + V_0)^2\} - (V_{dc} - V_0)^2\} / 2 \cdot Da^2$ gleich ist.

Gleichung 4:

$$2 \cdot M \cdot V \cdot \Omega = \varepsilon \cdot S \cdot \{(V_{dc} + V_0)^2 - (V_{dc} - V_0)^2\} / 2 \cdot Da^2$$

[0101] In Gleichung 4 ist M die Masse des Massenabschnittes **21**, ist V die Antriebsvibrationsgeschwindigkeit des Massenabschnittes **21**, ist Ω die Winkelgeschwindigkeit (Gierrate), ist ε die Dielektrizitätskonstante, ist S die Fläche der Servoelektroden **56-1** bis **56-4**, ist V_{dc} die Vorspannungsgleichspannung der Servoelektroden **56-1** bis **56-4** und ist V_0 die Ausgabewechselspannung. Die Gleichung 4 wird in die nachstehend gezeigte Gleichung 5 umgewandelt.

Gleichung 5:

$$V_0 = M \cdot Da^2 \cdot V \cdot \Omega / \varepsilon \cdot S \cdot V_{dc}$$

[0102] Es wird hierbei angenommen, dass Ad die Antriebsamplitude bezeichnet und dass ωd die Antriebsresonanzfrequenz bezeichnet. Da die Antriebsvibrationsgeschwindigkeit V dem Produkt Ad $\cdot \omega d$ der Antriebsamplitude Ad und der Antriebsresonanzfrequenz ωd gleich ist, ergibt sich die nachstehend gezeigte Gleichung 6.

Gleichung 6:

$$V_0 = M \cdot Da^2 \cdot Ad \cdot \omega d \cdot \Omega / \varepsilon \cdot S \cdot V_{dc}$$

[0103] Wenn die Maßänderung ΔW berücksichtigt wird, wird die Gleichung 6 als die nachstehend gezeigte Gleichung 7 ausgedrückt.

Gleichung 7:

$$V_0 = M \cdot (1 + \Delta W / W_m) \cdot Da^2 \cdot (1 \Delta W / Da)^2 \cdot Ad \cdot (1 \Delta W / D_c) \cdot \omega d (1 + \Delta W / W_k) \cdot \Omega / \varepsilon \cdot S \cdot V_{dc}$$

[0104] Durch ein Abwandeln der rechten Seite von Gleichung 7 ergibt sich im wesentlichen die nachstehend gezeigte Gleichung 8.

Gleichung 8:

$$V_0 = M \cdot Da^2 \cdot Ad \cdot \omega d \cdot \Omega \{1 + \Delta W (1 / W_m - 2 / Da - 1 / D_c + 1 / W_k)\} / \varepsilon \cdot S \cdot V_{dc}$$

[0105] Solange $(1 / W_m - 2 / Da - 1 / D_c + 1 / W_k)$ in Gleichung 8 gleich "0" ist, wird, selbst wenn die Maßänderung ΔW bis zu einem bestimmten Maße zugezogen hat, die Ausgabespannung V_0 wie in den Gleichung 5 und 6 definiert, ohne durch die Maßänderung ΔW beeinflusst zu werden. Somit kann, wenn die Breiten W_m , W_k und die Abstände D_a , D_m derart eingestellt sind, dass sich die nachstehend gezeigte Gleichung 9 ergibt (beispielsweise $W_m =$

$W_k = 4 \mu\text{m}$, $D_a = 8 \mu\text{m}$ und $D_c = 4 \mu\text{m}$), eine stabile Empfindlichkeit der Winkelgeschwindigkeitserfassungsvorrichtung ohne einen Einfluss von Fehlern (Streuung) bei ihrem Herstellprozess erzielt werden. D. h. die Erfassungsgenauigkeit der Winkelgeschwindigkeitserfassungsvorrichtung ist verbessert. Eine derartige Gestaltung bringt ebenfalls eine Verbesserung bei der Ausstoßrate der Winkelgeschwindigkeitserfassungsvorrichtung mit sich.

Gleichung 9:

$$1/W_m + 1/W_k - 2/D_a - 1/D_c = 0$$

[0106] In dem Fall, bei dem eine Servosteuerung nicht bei der vorstehend beschriebenen Winkelgeschwindigkeitserfassungsvorrichtung ausgeführt wird, d. h. in dem Fall einer offenen Schleife mit weggelassenen Servoelektroden **56-1** bis **56-4** kann, wenn die Breiten W_m , W_k und die Abstände D_s und D_c durch eine vorstehend beschriebene Berechnung derart eingestellt sind, dass sich die nachstehend gezeigte Gleichung 10 ergibt, der Einfluss von Fehlern (Streuung) bei den Herstellprozessen der Winkelgeschwindigkeitserfassungsvorrichtung beseitigt werden.

Gleichung 10:

$$1/W_m - 1/W_k - 2/D_s - 1/D_c = 0$$

[0107] Nachstehend ist ein Winkelgeschwindigkeitserfassungsgerät (Winkelgeschwindigkeitssensorgehäuse) beschrieben, an dem eine Winkelgeschwindigkeitserfassungsvorrichtung (Winkelgeschwindigkeitssensorenvorrichtung) **10A** gemäß dem vorstehend beschriebenen ersten und zweiten Ausführungsbeispiel montiert ist. [Fig. 10](#) zeigt das Gerät in einer Schnittansicht.

[0108] Diese Winkelgeschwindigkeitserfassungsvorrichtung **10A** ist in einem Mantel **130** untergebracht, der an einer Druckschalttafel **100** sitzt. Verschiedene elektrische Schaltbauteile **110** sitzen an der Oberfläche der Druckschalttafel **100** und der Mantel **130** ist an der Seite einer unteren Fläche der Tafel **100** über eine Vielzahl an Zapfen **120** gesetzt. Der Mantel **130** ist in einem Unterdruckzustand gehalten, bei dem der Vibrator **20** der Winkelgeschwindigkeitserfassungsvorrichtung **10A** ohne den Widerstand eines Gases, wie beispielsweise Luft sich bewegen kann. In dem Fall des zweiten Ausführungsbeispiels ist die Kapazität der Leitungsmuster unter Berücksichtigung des Umstandes verringert, dass die relative Dielektrizitätskonstante in einem Vakuum gering ist. Bei dem Beispiel, bei dem diese Winkelgeschwindigkeitserfassungsvorrichtung montiert ist, wirkt die Schwerkraft in der Zeichnung nach unten, und [Fig. 10](#) zeigt die Anwendung des Winkelgeschwindigkeitserfassungsgerätes. Die

Ausdrücke "nach unten" und "untere Fläche" und dgl. bei der vorliegenden Beschreibung bezeichnen die Schwerkraftrichtung, wohingegen die Ausdrücke "nach oben" und "obere Fläche" und dgl. die zu der Schwerkraftrichtung entgegengesetzte Richtung bezeichnen.

[0109] Der Mantel **130** besteht aus einer flachen Montageplatte **131** und einer Abdeckung **132**. Eine flache Befestigungsplatte **133** ist an einer unteren Fläche der Montageplatte **131** befestigt und die Winkelgeschwindigkeitserfassungsvorrichtung **10A** und eine Schaltungsvorrichtung **10B** sind an einer unteren Fläche der Befestigungsplatte **133** befestigt, an der das Substrat **10** nach oben gewandt ist. Die Schaltungsvorrichtung **10B** ist aus Halbleitermaterialien wie in dem Fall der Winkelgeschwindigkeitserfassungsvorrichtung **10A** ausgebildet, und verschiedene elektrische Schaltungen wie beispielsweise die Antriebsschaltung **70**, die Servosteuerungsschaltung **80**, die Ausgabeschaltung **90** und dgl. sind an dem Substrat angeordnet, wie dies in [Fig. 7](#) gezeigt ist. Bei der Winkelgeschwindigkeitserfassungsvorrichtung **10A** und der Schaltungsvorrichtung **10B** sind verschiedene Funktionsbauteile an dem Substrat **10** in einer derartigen Weise angeordnet, dass sie nach unten (in der Richtung der Schwerkraft) gewandt sind. Beispielsweise ist bei der Winkelgeschwindigkeitserfassungsvorrichtung **10A** die Fläche des Substrats **10** (die dem Vibrator **20** zugewandte Fläche) nach unten gerichtet und der Vibrator **20** befindet sich unterhalb des Substrates **10**.

[0110] Die Winkelgeschwindigkeitserfassungsvorrichtung **10A** und die Schaltungsvorrichtung **108** sind durch eine Vielzahl an Leitungsdrähten **134** elektrisch verbunden. Des Weiteren sind Leitungsmuster ebenfalls an der unteren Fläche der Befestigungsplatte **133** ausgebildet und sind mit der Schaltungsvorrichtung **108** über eine Vielzahl an Leitungsdrähten **135** elektrisch verbunden. Die Zapfen **120** haben ebenfalls die Funktion eines elektrischen Verbindens der Befestigungsplatte **133** mit der Druckschalttafel **100** und sie sind mit den Leitungsmustern an der Befestigungsplatte **133** über eine Vielzahl an Leitungsdrähten **136** elektrisch verbunden.

[0111] Die Druckschalttafel **100** ist an einer Innenbodenfläche eines Gehäuses **150** durch ein Stützelement **140** gestützt. Das Stützelement **140** ist aus einem elastischen Material wie beispielsweise Gummi und Harz so ausgebildet, dass Schwingungen von dem Gehäuse **150** nicht ohne weiteres zu diesem übertragen werden können.

[0112] In dem Fall, bei dem eine in dieser Weise aufgebaute Winkelgeschwindigkeitserfassungsgerätes in einem Fahrzeug eingebaut ist, ist eine Resonanzfrequenz des Vibrators **20** der Winkelgeschwindigkeitserfassungsvorrichtung **10A** bei 4 bis 7 KHz ge-

eignet. D. h. das Gehäuse **150** sitzt an der Fahrzeugkarosserie derart, dass die Resonanzfrequenz ungefähr 2 KHz oder weniger beträgt. In dem Fall, bei dem die Winkelgeschwindigkeitserfassungsvorrichtung **10A** an der Druckschalttafel **100** wie vorstehend beschrieben sitzt, beträgt die Resonanzfrequenz der Druckschalttafel **100** ungefähr 10 KHz oder mehr. Anders ausgedrückt kann, wenn die Winkelgeschwindigkeitserfassungsvorrichtung **10A** sicher an der Druckschalttafel **100** sitzt, die Resonanzfrequenz der gesamten Druckschalttafel **100** mit Leichtigkeit auf 10 KHz oder mehr eingestellt werden. Somit kann, wenn die Resonanzfrequenz des Vibrators **20** ungefähr auf 4 bis 7 KHz eingestellt ist, die in dem Fahrzeug erzeugte Winkelgeschwindigkeit d. h. die Gierrate auf der Grundlage der Schwingungen des Vibrators **20** genau erfasst werden, ohne dass diese durch die Resonanzfrequenzen der Fahrzeugkarosserie und der Druckschalttafel **100** beeinflusst werden.

[0113] Bei der vorstehend beschriebenen Winkelgeschwindigkeitserfassungsvorrichtung **10A** wird, wenn Staub oder Schmutz auf die Oberfläche fällt, an der der Vibrator **20** angeordnet ist, die Verschiebung des Vibrators **20** behindert und die Winkelgeschwindigkeit kann nicht genau erfasst werden. Da jedoch in diesem Fall die Winkelgeschwindigkeitserfassungsvorrichtung **10A** in dem Mantel **130** wie vorstehend beschrieben untergebracht ist, wird verhindert, dass Schmutz, Staub oder andere Verunreinigungen in den Raum um die Winkelgeschwindigkeitserfassungsvorrichtung **10A** herum eintreten. Da während der Anwendung dieses Winkelgeschwindigkeitserfassungsgerätes die Winkelgeschwindigkeitserfassungsvorrichtung **10A** an der Druckschalttafel **100** so befestigt ist, dass die Oberfläche des Substrates **10**, an der der Vibrator **20** angeordnet ist, in der Richtung der Schwerkraft gerichtet ist, wird verhindert, dass Schmutz, Staub und dgl. auf die Oberfläche des Vibrators **20** und die Oberfläche des Substrates **10** fällt, an der der Vibrator **20** angeordnet ist. Aus diesen Gründen ist eine Verschiebung des Vibrators **20** stabilisiert und somit wird die Erfassungsgenauigkeit des Winkelgeschwindigkeitserfassungsgerätes verbessert. Wenn die Innenfläche des Mantels **130** mit einem Haftmaterial beschichtet ist, wenn beispielsweise die Innenfläche des Mantels **130** mit einem Haftband versehen ist, kann Schmutz in dem Mantel **130** und Schmutz und Staub um den Vibrator **20** herum wirkungsvoller entfernt werden.

[0114] Darüber hinaus sind gemäß diesem Ausführungsbeispiel die verschiedenen Elektroschaltungskomponenten **110** an der oberen Fläche der Druckschalttafel gesetzt und der die Winkelgeschwindigkeitserfassungsvorrichtung **10A** unterbringende Mantel **130** sitzt an der unteren Fläche der Tafel **100**. Daher kann das gesamte Gehäuse **150**, das das Winkelgeschwindigkeitserfassungsgerät (das Winkelge-

schwindigkeitssensorgerät) bildet, in einer kompakten Größe aufgebaut sein.

[0115] Die vorstehend beschriebenen Ausführungsbeispiele betreffen Beispiele bei denen die Erfindung auf ein Winkelgeschwindigkeitserfassungsgerät angewendet worden ist. Jedoch kann die vorliegende Erfindung auch bei einer Beschleunigungserfassungsvorrichtung, einem Beschleunigungserfassungsgerät, einer Druckerfassungsvorrichtung und einem Druckerfassungsgerät für ein Erfassen von physikalischen Eigenschaften wie beispielsweise einer Kraft, eines Druckes und dgl., die sich aus einer an dem Vibrator **20** wirkenden Beschleunigung auf der Grundlage seiner Verschiebung ergibt, angewendet werden. Außerdem wird in diesen Fällen die Verschiebung des Vibrators **20** durch die Erfassungselektroden **53-1** bis **53-4** erfasst, jedoch muss der Vibrator **20** nicht schwingen. Daher können die Antriebselektroden **51-1** bis **51-4** und die Antriebsüberwachungselektroden **52-1** bis **52-4** weggelassen werden. Es ist ebenfalls geeignet, dass die Breiten W_m und W_k und die Abstände D_s und D_c der Beschleunigungserfassungsvorrichtung zum Zwecke des Ausgleiches des Einflusses der Maßänderung ΔW der Bauelemente wie in dem Fall der Winkelgeschwindigkeitserfassungsvorrichtung **10A** geeignet eingestellt sind. Genauer gesagt ist es, wenn eine Servosteuerung ausgeführt wird, angemessen, dass sich die nachstehend aufgeführte Gleichung 11 ergibt. Wenn die Servosteuerung nicht ausgeführt wird, ist es angemessen, dass die nachstehend gezeigte Gleichung 12 errichtet wird.

Gleichung 11:

$$1/W_m - 2/D_a = 0$$

Gleichung 12:

$$1/W_m - 3/W_k + 2/D_s = 0$$

[0116] Bei dem dargestellten Ausführungsbeispiel ist die (in [Fig. 7](#) gezeigte) Steuereinrichtung als ein programmierter Allzweckcomputer ausgeführt. Es ist für Fachleute offensichtlich, dass die Steuereinrichtung unter Verwendung einer einzelnen speziellen integrierten Schaltung (beispielsweise ASIC) mit einem Haupt- oder Zentralprozessorabschnitt für eine Gesamtsystemsteuerung und separaten Abschnitten ausgeführt werden kann, die zum Ausführen von verschiedenen unterschiedlichen spezifischen Berechnungen, Funktionen und anderen Prozessen bei der Steuerung des Zentralprozessorabschnittes gedacht sind. Die Steuereinrichtung kann eine Vielzahl an separaten zugewiesenen oder programmierbaren integrierten oder anderen elektronischen Schaltungen oder Vorrichtungen aufweisen (beispielsweise Hardwireelektronik oder Logikschaltungen wie beispielsweise Diskretelementschaltungen oder pro-

grammierbare Logikvorrichtung wie beispielsweise PLDs, PLAs, PALs oder dgl.). Die Steuereinrichtung kann unter Verwendung eines geeignet programmierten Allzweckcomputers wie beispielsweise ein Mikroprozessor, eine Mikrosteuereinrichtung oder eine andere Prozessorvorrichtung (CPU oder MPU) ausgeführt werden, die entweder allein oder zusammen mit einer oder mehreren Peripheriedaten- und Signalverarbeitungsvorrichtung (beispielsweise integrierte Schaltungen) angewendet werden. Im Allgemeinen kann eine beliebige Vorrichtung oder eine beliebige Baugruppe von Vorrichtungen als Steuereinrichtung angewendet werden, bei denen eine Endzustandsmaschine die hierbei beschriebenen Prozeduren ausführen kann. Eine Verteilungsprozessgestaltung kann zum Maximieren der Daten-Signal-Verarbeitungsleistung und -Geschwindigkeit angewendet werden.

[0117] Während die vorliegende Erfindung unter Bezugnahme auf ihre bevorzugten Ausführungsbeispiele beschrieben worden ist, sollte verständlich sein, dass die vorliegende Erfindung nicht auf die bevorzugten Ausführungsbeispiele oder Aufbauarten beschränkt ist. Ganz im Gegenteil, die vorliegende Erfindung soll verschiedene Abwandlungen und gleichwertige Aufbauarten abdecken. Während verschiedene Elemente der bevorzugten Ausführungsbeispiele in unterschiedlichen Kombinationen und Aufbauarten in beispielartiger Weise gezeigt sind, sind andere Kombinationen und Aufbauarten, die mehr oder weniger oder ein einzelnes Element umfassen, ebenfalls von dem Umfang der vorliegenden Erfindung umfasst.

[0118] Die Sensorvorrichtung wie beispielsweise eine Winkelgeschwindigkeitserfassungsvorrichtung hat den Vibrator **20**, Antriebselektroden **51-1** bis **51-4** und Erfassungselektroden **53-1** bis **53-4**. Jede Antriebselektrode und Erfassungselektrode **51-1** bis **51-4**, **53-1** bis **53-4** hat die bewegliche Elektrode **32a1** bis **32a4**, **21a1** bis **21a4**, **22a1** bis **22a4** und die feststehende Elektrode **51a1** bis **51a4**, **53a1** bis **53a4**. Indem jeweils die Länge, die Breite und die Dicke von Leitern **51b1** bis **51b4**, die mit den feststehenden Elektroden **51a1** bis **51a4** der Antriebselektroden **51-1** bis **51-4** verbunden sind, und Leitern **53b1** bis **53b4**, die mit den feststehenden Elektroden **53a1** bis **53a4** der Erfassungselektroden **53-1** bis **53-4** verbunden sind, wird eine elektrische Eigenschaft für diese Leiter **51b1** bis **51b4**, **53b1** bis **53b4** eingestellt, die in der gleichen Weise wirken.

Patentansprüche

1. Sensorvorrichtung mit einem Vibrator (**20**), der in Bezug auf ein Substrat (**10**) verschiebbar gestützt ist, einer Vielzahl an Elektrodenpaaren (**51-1** bis **51-4**, **52-1** bis **52-4**, **53-1** bis **53-4**, **54-1** bis **54-4**, **55-1** bis

55-4, **56-1** bis **56-4**), die jeweils eine bewegliche Elektrode (**32a1** bis **32a4**, **32b1** bis **32b4**, **21a1** bis **21a4**, **22a1** bis **22a4**, **32c1** bis **32c4**, **23a1** bis **23a4**, **23b1** bis **23b4**), die mit dem Vibrator (**20**) verbunden ist und die zusammen mit dem Vibrator (**20**) an dem Substrat (**10**) verschoben wird, und eine feststehende Elektrode (**51a1** bis **51a4**, **52a1** bis **52a4**, **53a1** bis **53a4**, **54a1** bis **54a4**, **55a1** bis **55a4**, **56a1** bis **56a4**) haben, die an dem Substrat (**10**) so befestigt ist, dass sie der beweglichen Elektrode (**32a1** bis **32a4**, **32b1** bis **32b4**, **21a1** bis **21a4**, **22a1** bis **22a4**, **32c1** bis **32c4**, **23a1** bis **23a4**, **23b1** bis **23b4**) zugewandt ist, und einer Vielzahl an Leitern (**51b1** bis **51b4**, **52b1** bis **52b4**, **53b1** bis **53b4**, **55b1** bis **55b4**, **56b1** bis **56b4**), die an dem Substrat (**10**) vorgesehen sind und mit den paarweise vorgesehenen Elektroden (**51-1** bis **51-4**, **52-1** bis **52-4**, **53-1** bis **53-4**, **54-1** bis **54-4**, **55-1** bis **55-4**, **56-1** bis **56-4**), verbunden sind, um das Durchtreten von elektrischen Signalen zu ermöglichen,

wobei eine Vielzahl an Balken (**33-1** bis **33-4**, **42a** bis **42d**, **43a** bis **43d**, **45a** bis **45d**, **46a** bis **46d**) zwischen dem Substrat (**10**) und dem Vibrator (**20**) vorgesehen ist, um den Vibrator (**20**) zu verschieben;

dadurch gekennzeichnet, dass

der Vibrator (**20**) mit einer Vielzahl an Balken (**33-1** bis **33-4**, **42a** bis **42d**, **43a** bis **43d**, **45a** bis **45d**, **46a** bis **46d**) verbunden ist, die mit dem Substrat (**10**) verbunden sind;

jede feststehende Elektrode (**51a1** bis **51a4**, **52a1** bis **52a4**, **53a1** bis **53a4**, **54a1** bis **54a4**, **55a1** bis **55a4**, **56a1** bis **56a4**) an dem Substrat (**10**) befestigt ist und eine Vielzahl an Elektrodenfingern hat, die sich parallel zueinander erstrecken;

jede bewegliche Elektrode (**32a1** bis **32a4**, **32b1** bis **32b4**, **21a1** bis **21a4**, **22a1** bis **22a4**, **32c1** bis **32c4**, **23a1** bis **23a4**, **23b1** bis **23b4**) eine Vielzahl an Elektrodenfingern hat, die sich parallel zueinander erstrecken und die zwischen den Elektrodenfingern der feststehenden Elektrode (**51a1** bis **51a4**, **52a1** bis **52a4**, **53a1** bis **53a4**, **54a1** bis **54a4**, **55a1** bis **55a4**, **56a1** bis **56a4**) verschachtelt sind;

der Vibrator (**20**) eine Vielzahl an quadratischen Durchgangslöchern (**21a**) hat, die bei gleichen Abständen angeordnet sind; und

eine räumliche Beziehung durch $1/W_m - 2/D_a = 0$ oder im wesentlichen 0 definiert ist, wobei

der Parameter W_m ein Abstand zwischen benachbarten Durchgangslöchern (**21a**) ist und

der Parameter D_a ein Abstand in der Breitenrichtung zwischen den Elektrodenfingern der beweglichen und feststehenden Elektroden (**23b1** bis **23b4**, **56a1** bis **56a4**) eines Servoelektrodenpaares (**56-1** bis **56-4**) zum Unterdrücken von Schwingungen des Vibrators (**20**) ist, wenn eines der Elektrodenpaare (**51-1** bis **51-4**, **52-1** bis **52-4**, **53-1** bis **53-4**, **54-1** bis **54-4**, **55-1** bis **55-4**, **56-1** bis **56-4**) das Servoelektrodenpaar (**56-1** bis **56-4**) ist.

2. Sensorvorrichtung mit

einem Vibrator (20), der in Bezug auf ein Substrat (10) verschiebbar gestützt ist,
 einer Vielzahl an Elektrodenpaaren (51-1 bis 51-4, 52-1 bis 52-4, 53-1 bis 53-4, 54-1 bis 54-4, 55-1 bis 55-4, 56-1 bis 56-4), die jeweils eine bewegliche Elektrode (32a1 bis 32a4, 32b1 bis 32b4, 21a1 bis 21a4, 22a1 bis 22a4, 32c1 bis 32c4, 23a1 bis 23a4), die mit dem Vibrator (20) verbunden ist und die zusammen mit dem Vibrator (20) an dem Substrat (10) verschoben wird, und eine feststehende Elektrode (51a1 bis 51a4, 52a1 bis 52a4, 53a1 bis 53a4, 54a1 bis 54a4, 55a1 bis 55a4, 56a1 bis 56a4) haben, die an dem Substrat (10) so befestigt ist, dass sie der beweglichen Elektrode (32a1 bis 32a4, 32b1 bis 32b4, 21a1 bis 21a4, 22a1 bis 22a4, 32c1 bis 32c4, 23a1 bis 23a4, 23b1 bis 23b4) zugewandt ist, und
 einer Vielzahl an Leitern (51b1 bis 51b4, 52b1 bis 52b4, 53b1 bis 53b4, 55b1 bis 55b4, 56b1 bis 56b4), die an dem Substrat (10) vorgesehen sind und mit den paarweise vorgesehenen Elektroden (51-1 bis 51-4, 52-1 bis 52-4, 53-1 bis 53-4, 54-1 bis 54-4, 55-1 bis 55-4, 56-1 bis 56-4), verbunden sind, um das Durchtreten von elektrischen Signalen zu ermöglichen,
 wobei eine Vielzahl an Balken (33-1 bis 33-4, 42a bis 42d, 43a bis 43d, 45a bis 45d, 46a bis 46d) zwischen dem Substrat (10) und dem Vibrator (20) vorgesehen ist, um den Vibrator (20) zu verschieben;
 dadurch gekennzeichnet, dass
 der Vibrator (20) mit einer Vielzahl an Balken (33-1 bis 33-4, 42a bis 42d, 43a bis 43d, 45a bis 45d, 46a bis 46d) verbunden ist, die mit dem Substrat (10) verbunden sind;
 jede der feststehenden Elektroden (51a1 bis 51a4, 52a1 bis 52a4, 53a1 bis 53a4, 54a1 bis 54a4, 55a1 bis 55a4, 56a1 bis 56a4) an dem Substrat (10) befestigt ist und eine Vielzahl an Elektrodenfingern hat, die sich parallel zueinander erstrecken;
 jede bewegliche Elektrode (32a1 bis 32a4, 32b1 bis 32b4, 21a1 bis 21a4, 22a1 bis 22a4, 32c1 bis 32c4, 23a1 bis 23a4, 23b1 bis 23b4) eine Vielzahl an Elektrodenfingern hat, die sich parallel zueinander erstrecken und die zwischen den Elektrodenfingern der feststehenden Elektrode (51a1 bis 51a4, 52a1 bis 52a4, 53a1 bis 53a4, 54a1 bis 54a4, 55a1 bis 55a4, 56a1 bis 56a4) verschachtelt sind;
 der Vibrator (20) eine Vielzahl an quadratischen Durchgangslöchern (21a) hat, die bei gleichen Abständen angeordnet sind; und
 eine räumliche Beziehung durch $1/W_m - 3/W_k + 2/D_s = 0$ oder im wesentlichen 0 definiert ist, wobei der Parameter W_m ein Abstand zwischen benachbarten Durchgangslöchern (21a) ist und
 der Parameter W_k eine Breite der Balken (33-1 bis 33-4, 42a bis 42d, 43a bis 43d, 45a bis 45d, 46a bis 46d) ist; und
 der Parameter D_s ein Abstand in der Breitenrichtung zwischen den Elektrodenfingern der beweglichen und feststehenden Elektroden (21a1 bis 21a4, 22a1 bis 22a4, 53a1 bis 53a4) eines Erfassungselek-

trodenpaares (53-1 bis 53-4) für ein Erfassen einer Verschiebung des Vibrators (20) ist, wenn eines der Elektrodenpaare (51-1 bis 51-4, 52-1 bis 52-4, 53-1 bis 53-4, 54-1 bis 54-4, 55-1 bis 55-4, 56-1 bis 56-4) das Erfassungselektrodenpaar (53-1 bis 53-4) ist.

3. Sensorvorrichtung mit
 einem Vibrator (20), der in Bezug auf ein Substrat (10) verschiebbar gestützt ist,
 einer Vielzahl an Elektrodenpaaren (51-1 bis 51-4, 52-1 bis 52-4, 53-1 bis 53-4, 54-1 bis 54-4, 55-1 bis 55-4, 56-1 bis 56-4), die jeweils eine bewegliche Elektrode (32a1 bis 32a4, 32b1 bis 32b4, 21a1 bis 21a4, 22a1 bis 22a4, 32c1 bis 32c4, 23a1 bis 23a4), die mit dem Vibrator (20) verbunden ist und die zusammen mit dem Vibrator (20) an dem Substrat (10) verschoben wird, und eine feststehende Elektrode (51a1 bis 51a4, 52a1 bis 52a4, 53a1 bis 53a4, 54a1 bis 54a4, 55a1 bis 55a4, 56a1 bis 56a4) haben, die an dem Substrat (10) so befestigt ist, dass sie der beweglichen Elektrode (32a1 bis 32a4, 32b1 bis 32b4, 21a1 bis 21a4, 22a1 bis 22a4, 32c1 bis 32c4, 23a1 bis 23a4, 23b1 bis 23b4) zugewandt ist, und
 einer Vielzahl an Leitern (51b1 bis 51b4, 52b1 bis 52b4, 53b1 bis 53b4, 55b1 bis 55b4, 56b1 bis 56b4), die an dem Substrat (10) vorgesehen sind und mit den paarweise vorgesehenen Elektroden (51-1 bis 51-4, 52-1 bis 52-4, 53-1 bis 53-4, 54-1 bis 54-4, 55-1 bis 55-4, 56-1 bis 56-4), verbunden sind, um das Durchtreten von elektrischen Signalen zu ermöglichen,
 wobei eine Vielzahl an Balken (33-1 bis 33-4, 42a bis 42d, 43a bis 43d, 45a bis 45d, 46a bis 46d) zwischen dem Substrat (10) und dem Vibrator (20) vorgesehen ist, um den Vibrator (20) zu verschieben;
 dadurch gekennzeichnet, dass
 der Vibrator (20) mit einer Vielzahl an Balken (33-1 bis 33-4, 42a bis 42d, 43a bis 43d, 45a bis 45d, 46a bis 46d) verbunden ist, die mit dem Substrat (10) verbunden sind;
 jede feststehende Elektrode (51a1 bis 51a4, 52a1 bis 52a4, 53a1 bis 53a4, 54a1 bis 54a4, 55a1 bis 55a4, 56a1 bis 56a4) an dem Substrat (10) befestigt ist und eine Vielzahl an Elektrodenfingern hat, die sich parallel zueinander erstrecken;
 jede bewegliche Elektrode (32a1 bis 32a4, 32b1 bis 32b4, 21a1 bis 21a4, 22a1 bis 22a4, 32c1 bis 32c4, 23a1 bis 23a4, 23b1 bis 23b4) eine Vielzahl an Elektrodenfingern hat, die sich parallel zueinander erstrecken und die zwischen den Elektrodenfingern der feststehenden Elektrode (51a1 bis 51a4, 52a1 bis 52a4, 53a1 bis 53a4, 54a1 bis 54a4, 55a1 bis 55a4, 56a1 bis 56a4) verschachtelt sind;
 der Vibrator (20) eine Vielzahl an quadratischen Durchgangslöchern (21a) hat, die bei gleichen Abständen angeordnet sind; und
 eine räumliche Beziehung durch $1/W_m + 1/W_k - 2/D_a - 1/D_c = 0$ oder im wesentlichen 0 definiert ist, wobei der Parameter W_m ein Abstand zwischen benachbarten Durchgangslöchern (21a) ist und

der Parameter Wk eine Breite der Balken (**33-1 bis 33-4, 42a bis 42d, 43a bis 43d, 45a bis 45d, 46a bis 46d**) ist; und

der Parameter Da ein Abstand in der Breitenrichtung zwischen den Elektrodenfingern der beweglichen und feststehenden Elektroden (**23b1 bis 23b4, 56a1 bis 56a4**) einer Servoelektrode (**56-1 bis 56-4**) zum Unterdrücken von Schwingungen des Vibrators (**20**) ist, wenn eine der Elektroden (**51-1 bis 51-4, 52-1 bis 52-4, 53-1 bis 53-4, 54-1 bis 54-4, 55-1 bis 55-4, 56-1 bis 56-4**) die Servoelektrode (**56-1 bis 56-4**) ist; und

der Parameter Dc ein Abstand in der Breitenrichtung zwischen den Elektrodenfingern der beweglichen und der feststehenden Elektroden (**23b1 bis 23b4, 56a1 bis 56a4**) eines Antriebsüberwachungselektrodenpaares (**52-1 bis 52-4**) ist, das zum Überwachen des Vibrators (**20**) angetrieben wird, wenn ein anderes der Elektrodenpaare (**51-1 bis 51-4, 52-1 bis 52-4, 53-1 bis 53-4, 54-1 bis 54-4, 55-1 bis 55-4, 56-1 bis 56-4**) das Antriebsüberwachungselektrodenpaar (**52-1 bis 52-4**) ist.

4. Sensorvorrichtung mit einem Vibrator (**20**), der in Bezug auf ein Substrat (**10**) verschiebbar gestützt ist, einer Vielzahl an Elektrodenpaaren (**51-1 bis 51-4, 52-1 bis 52-4, 53-1 bis 53-4, 54-1 bis 54-4, 55-1 bis 55-4, 56-1 bis 56-4**), die jeweils eine bewegliche Elektrode (**32a1 bis 32a4, 32b1 bis 32b4, 21a1 bis 21a4, 22a1 bis 22a4, 32c1 bis 32c4, 23a1 bis 23a4**), die mit dem Vibrator (**20**) verbunden ist und die zusammen mit dem Vibrator (**20**) an dem Substrat (**10**) verschoben wird, und eine feststehende Elektrode (**51a1 bis 51a4, 52a1 bis 52a4, 53a1 bis 53a4, 54a1 bis 54a4, 55a1 bis 55a4, 56a1 bis 56a4**) haben, die an dem Substrat (**10**) so befestigt ist, dass sie der beweglichen Elektrode (**32a1 bis 32a4, 32b1 bis 32b4, 21a1 bis 21a4, 22a1 bis 22a4, 32c1 bis 32c4, 23a1 bis 23a4, 23b1 bis 23b4**) zugewandt ist, und einer Vielzahl an Leitern (**51b1 bis 51b4, 52b1 bis 52b4, 53b1 bis 53b4, 55b1 bis 55b4, 56b1 bis 56b4**), die an dem Substrat (**10**) vorgesehen sind und mit den paarweise vorgesehenen Elektroden (**51-1 bis 51-4, 52-1 bis 52-4, 53-1 bis 53-4, 54-1 bis 54-4, 55-1 bis 55-4, 56-1 bis 56-4**), verbunden sind, um das Durchtreten von elektrischen Signalen zu ermöglichen,

wobei eine Vielzahl an Balken (**33-1 bis 33-4, 42a bis 42d, 43a bis 43d, 45a bis 45d, 46a bis 46d**) zwischen dem Substrat (**10**) und dem Vibrator (**20**) vorgesehen ist, um den Vibrator (**20**) zu verschieben; dadurch gekennzeichnet, dass

der Vibrator (**20**) mit einer Vielzahl an Balken (**33-1 bis 33-4, 42a bis 42d, 43a bis 43d, 45a bis 45d, 46a bis 46d**) verbunden ist, die mit dem Substrat (**10**) verbunden sind;

jede der feststehenden Elektroden (**51a1 bis 51a4, 52a1 bis 52a4, 53a1 bis 53a4, 54a1 bis 54a4, 55a1 bis 55a4, 56a1 bis 56a4**) an dem Substrat (**10**) befestigt ist und eine Vielzahl an Elektrodenfingern hat, die sich parallel zueinander erstrecken;

jede der beweglichen Elektroden (**32a1 bis 32a4, 32b1 bis 32b4, 21a1 bis 21a4, 22a1 bis 22a4, 32c1 bis 32c4, 23a1 bis 23a4, 23b1 bis 23b4**) eine Vielzahl an Elektrodenfingern hat, die sich parallel zueinander erstrecken und die zwischen den Elektrodenfingern der feststehenden Elektrode (**51a1 bis 51a4, 52a1 bis 52a4, 53a1 bis 53a4, 54a1 bis 54a4, 55a1 bis 55a4, 56a1 bis 56a4**) verschachtelt sind;

der Vibrator (**20**) eine Vielzahl an quadratischen Durchgangslöchern (**21a**) hat, die bei gleichen Abständen angeordnet sind; und

eine räumliche Beziehung durch $1/W_m - 1/W_k - 2/D_s - 1/D_c = 0$ oder im wesentlichen 0 definiert ist, wobei der Parameter Wm ein Abstand zwischen benachbarten Durchgangslöchern (**21a**) ist;

der Parameter Wk eine Breite der Balken (**33-1 bis 33-4, 42a bis 42d, 43a bis 43d, 45a bis 45d, 46a bis 46d**) ist;

der Parameter Ds ein Abstand in der Breitenrichtung zwischen den Elektrodenfingern der beweglichen und feststehenden Elektroden (**21a1 bis 21a4, 22a1 bis 22a4, 53a1 bis 53a4**) einer Erfassungselektrode (**53-1 bis 53-4**) zum Erfassen einer Verschiebung des Vibrators (**20**) ist, wenn eines der Elektrodenpaare (**51-1 bis 51-4, 52-1 bis 52-4, 53-1 bis 53-4, 54-1 bis 54-4, 55-1 bis 55-4, 56-1 bis 56-4**) das Erfassungselektrodenpaar (**53-1 bis 53-4**) ist; und

der Parameter Dc ein Abstand in der Breitenrichtung zwischen den Elektrodenfingern der beweglichen und feststehenden Elektroden (**32b1 bis 32b4, 52a1 bis 52a4**) eines Antriebsüberwachungselektrodenpaares (**52-1 bis 52-4**) ist, die zum Überwachen des Vibrators (**20**) angetrieben wird, wenn ein anderes der Elektrodenpaare (**51-1 bis 51-4, 52-1 bis 52-4, 53-1 bis 53-4, 54-1 bis 54-4, 55-1 bis 55-4, 56-1 bis 56-4**) das Antriebsüberwachungselektrodenpaar (**52-1 bis 52-4**) ist.

5. Sensorvorrichtung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei zumindest einige Leiter (**51i1 bis 51i4, 51j1 bis 51j2, 51k1 bis 51k2, 53i1 bis 53i4, 53j1 bis 53j2, 53k1 bis 53k4, 20f**), die mit den feststehenden Elektroden (**51a1 bis 51a4, 52a1 bis 52a4, 53a1 bis 53a4, 54a1 bis 54a4, 55a1 bis 55a4, 56a1 bis 56a4**) verbunden sind, von dem Substrat (**10**) beabstandet sind.

6. Sensorvorrichtung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die gleiche Art an Leitern (**51b1 bis 51b4, 52b1 bis 52b4, 53b1 bis 53b4, 55b1 bis 55b4, 56b1 bis 56b4, 51i1 bis 51i4, 51j1 bis 51j2, 51k1 bis 51k2, 53i1 bis 53i4, 53j1 bis 53j2, 53k1 bis 53k4, 20f**) die gleiche Länge, die gleiche Breite und die gleiche Dicke hat.

7. Sensorvorrichtung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass

eine Vielzahl an Balken (**33-1 bis 33-4, 42a bis 42d, 43a bis 43d, 45a bis 45d, 46a bis 46d**) zwischen dem Substrat (**10**) und dem Vibrator (**20**) vorgesehen ist, um den Vibrator (**20**) zu verschieben; und ein Abstand (L1, L2, L3, L4, L5) zwischen zumindest einem Balken (**33-1 bis 33-4, 42a bis 42d, 43a bis 43d, 45a bis 45d, 46a bis 46d**) und einem benachbarten Element (**33-1 bis 33-4, 42a bis 42d, 43a bis 43d, 45a bis 45d, 46a bis 46d, 22-1 bis 22-4, 31-1 bis 31-2**) an irgendeiner Seite des Balkens (**33-1 bis 33-4, 42a bis 42d, 43a bis 43d, 45a bis 45d, 46a bis 46d**) gleich ist und die in Vielzahl vorgesehenen Balken (**33-1 bis 33-4, 42a bis 42d, 43a bis 43d, 45a bis 45d, 46a bis 46d**) parallel zueinander sind.

8. Sensorvorrichtung gemäß Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass das benachbarte Element (**33-1 bis 33-4, 42a bis 42d, 43a bis 43d, 45a bis 45d, 46a bis 46d, 22-1 bis 22-4, 31-1 bis 31-2**) ein benachbarter Balken (**33-1 bis 33-4, 42a bis 42d, 43a bis 43d, 45a bis 45d, 46a bis 46d**) ist.

9. Sensorvorrichtung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 8, wobei die Balken eine Geringwiderstandslage (B) aus Einkristallsilizium aufweisen.

10. Sensorvorrichtung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass der Abstand (L1, L2, L3, L4, L5) 30 Mikrometer oder mehr beträgt.

11. Sensorgerät mit einer Sensorvorrichtung (**10A**) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 10, zumindest einem elektrischen Bauteil (**110, 10B**) und einer Tafel (**100**), die die Sensorvorrichtung (**10A**) und das zumindest eine elektrische Bauteil (**110**) aufnimmt, wobei die Sensorvorrichtung (**10A**) an der Tafel (**100**) derart sitzt, dass die Oberfläche des Substrates (**10**) so montiert ist, dass der Vibrator (**20**) in der Schwerkraftrichtung gerichtet ist, wenn das Sensorgerät betätigt wird.

12. Sensorgerät gemäß Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass die Sensorvorrichtung (**10A**) innerhalb eines Mantels (**130**) angeordnet ist.

13. Sensorgerät gemäß Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass in dem Inneren des Mantels (**130**) ein Unterdruck aufrechterhalten wird.

Es folgen 7 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG. 1

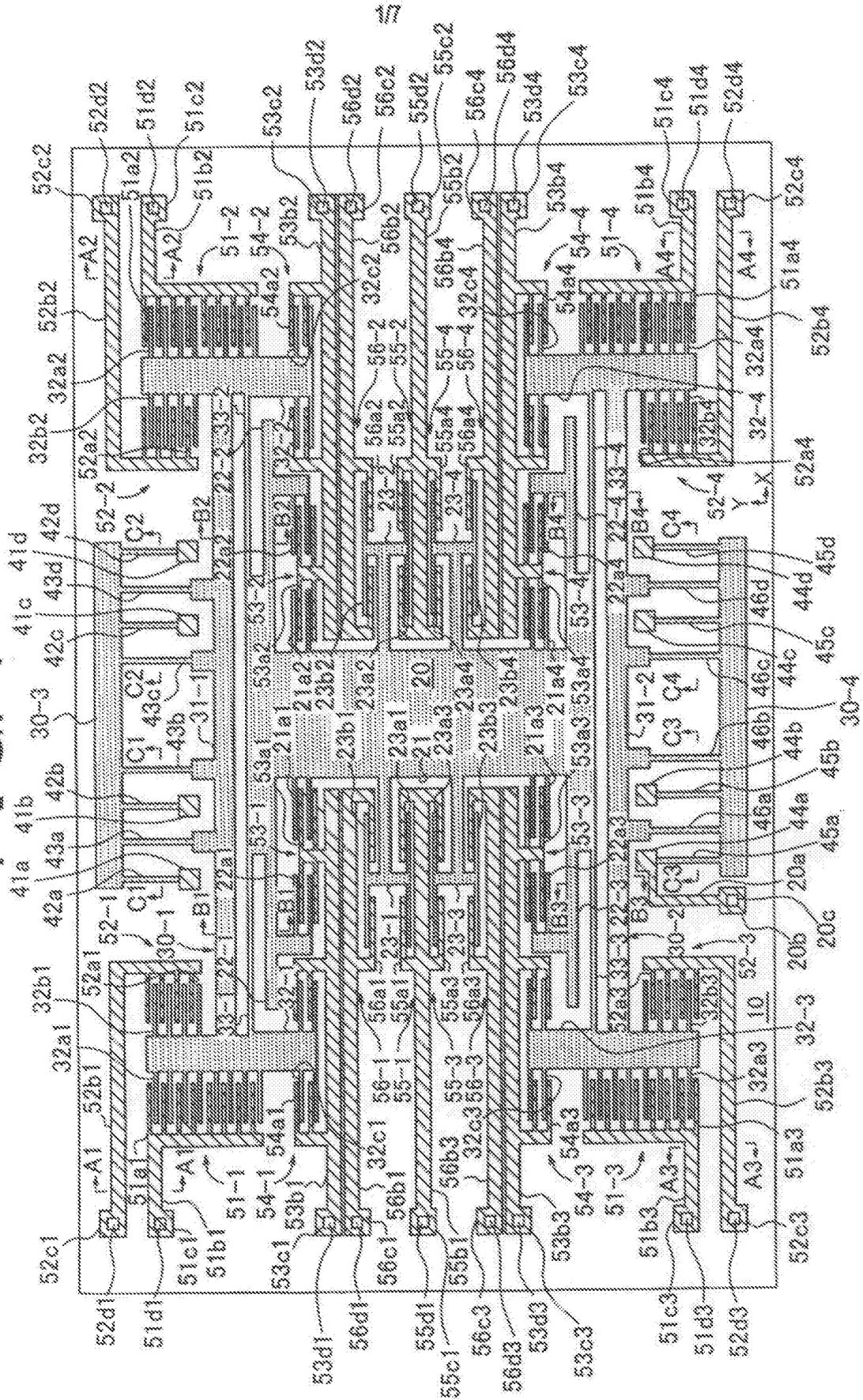


FIG. 2

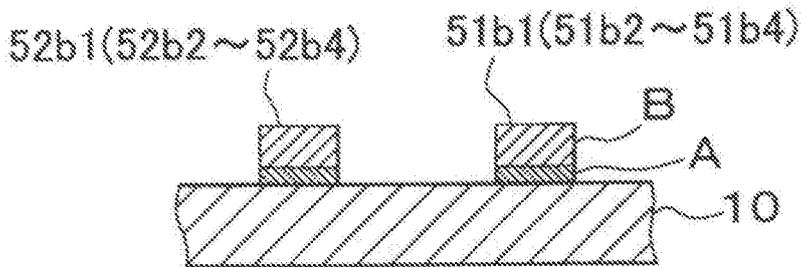


FIG. 3

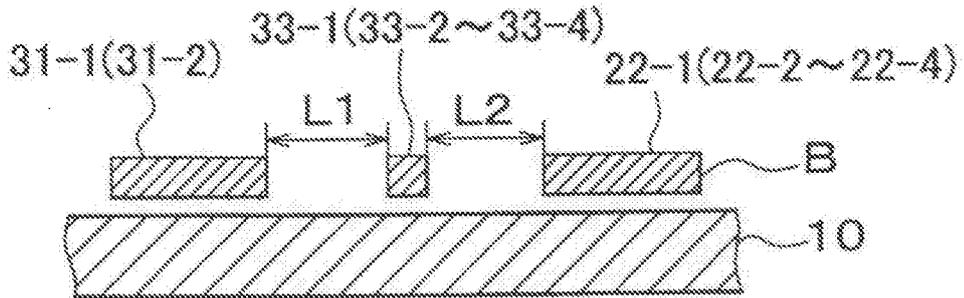


FIG. 4

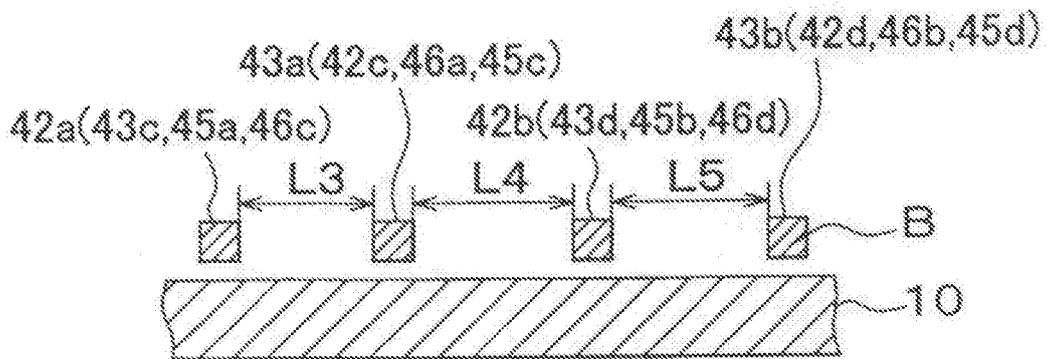


FIG. 5A

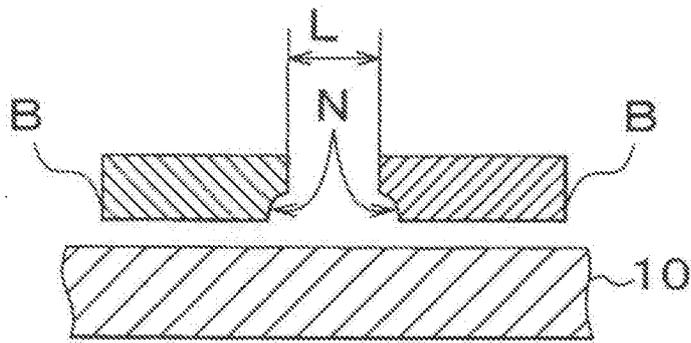


FIG. 5B

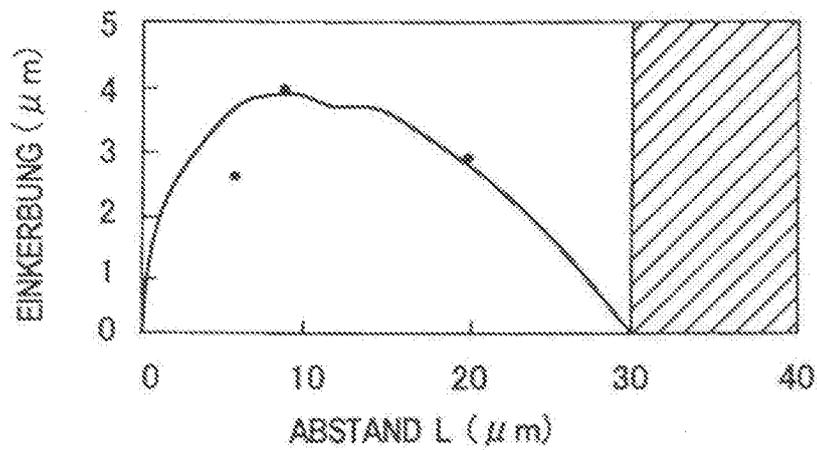


FIG. 6A

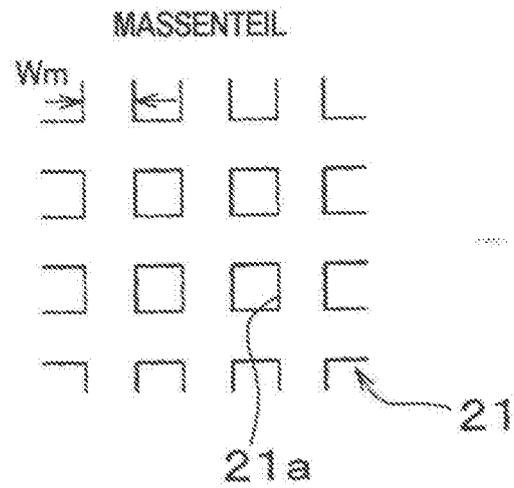


FIG. 6B

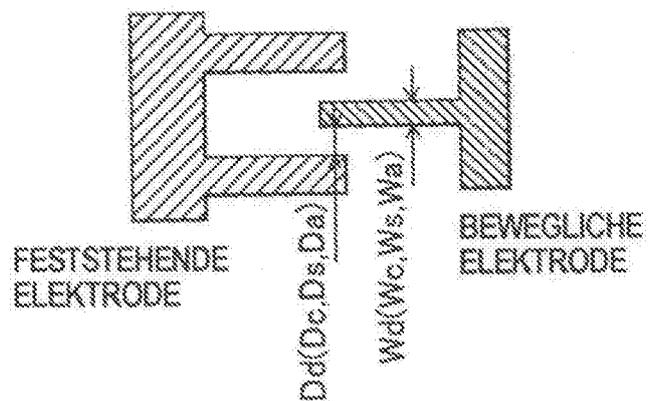


FIG. 7

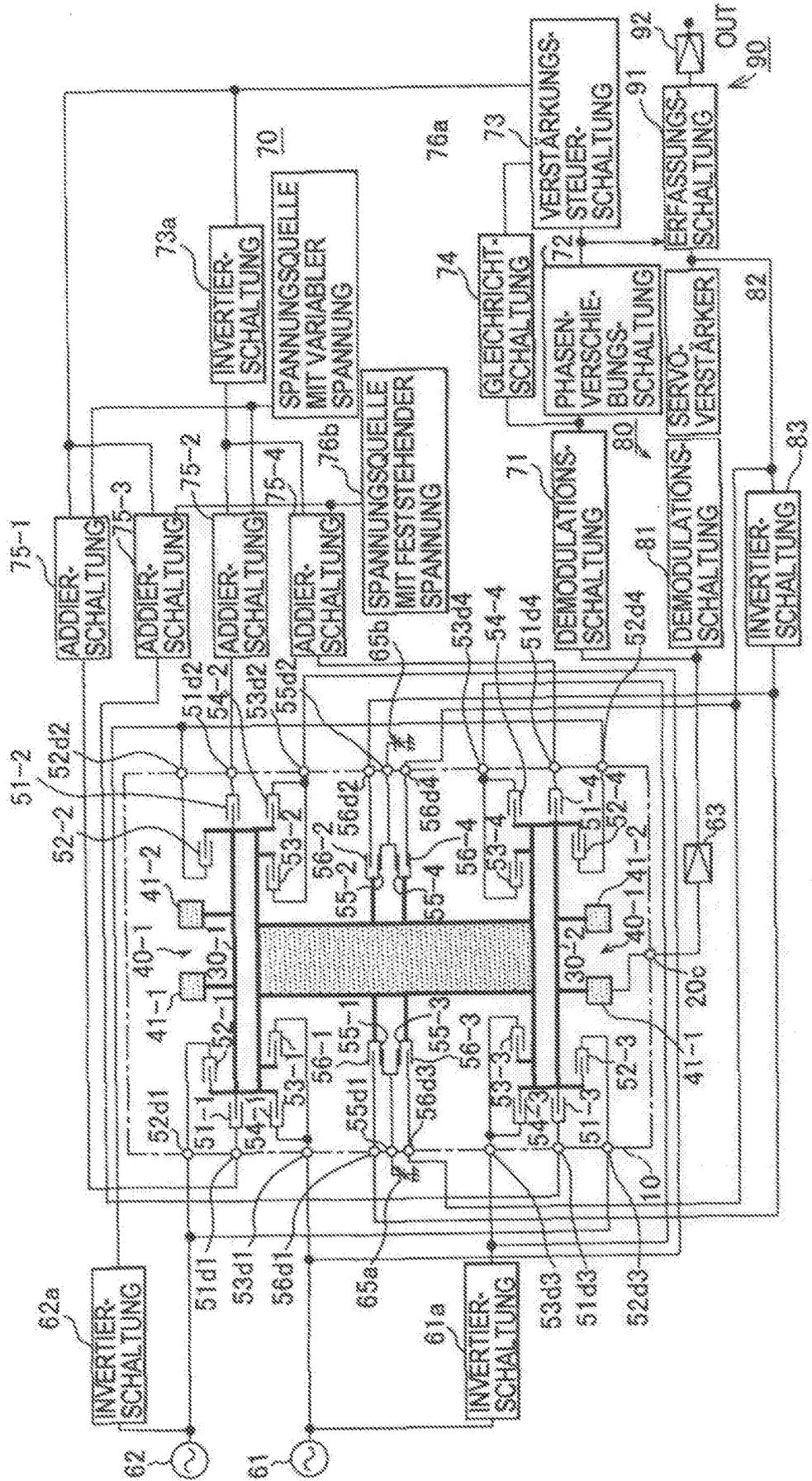


FIG. 8

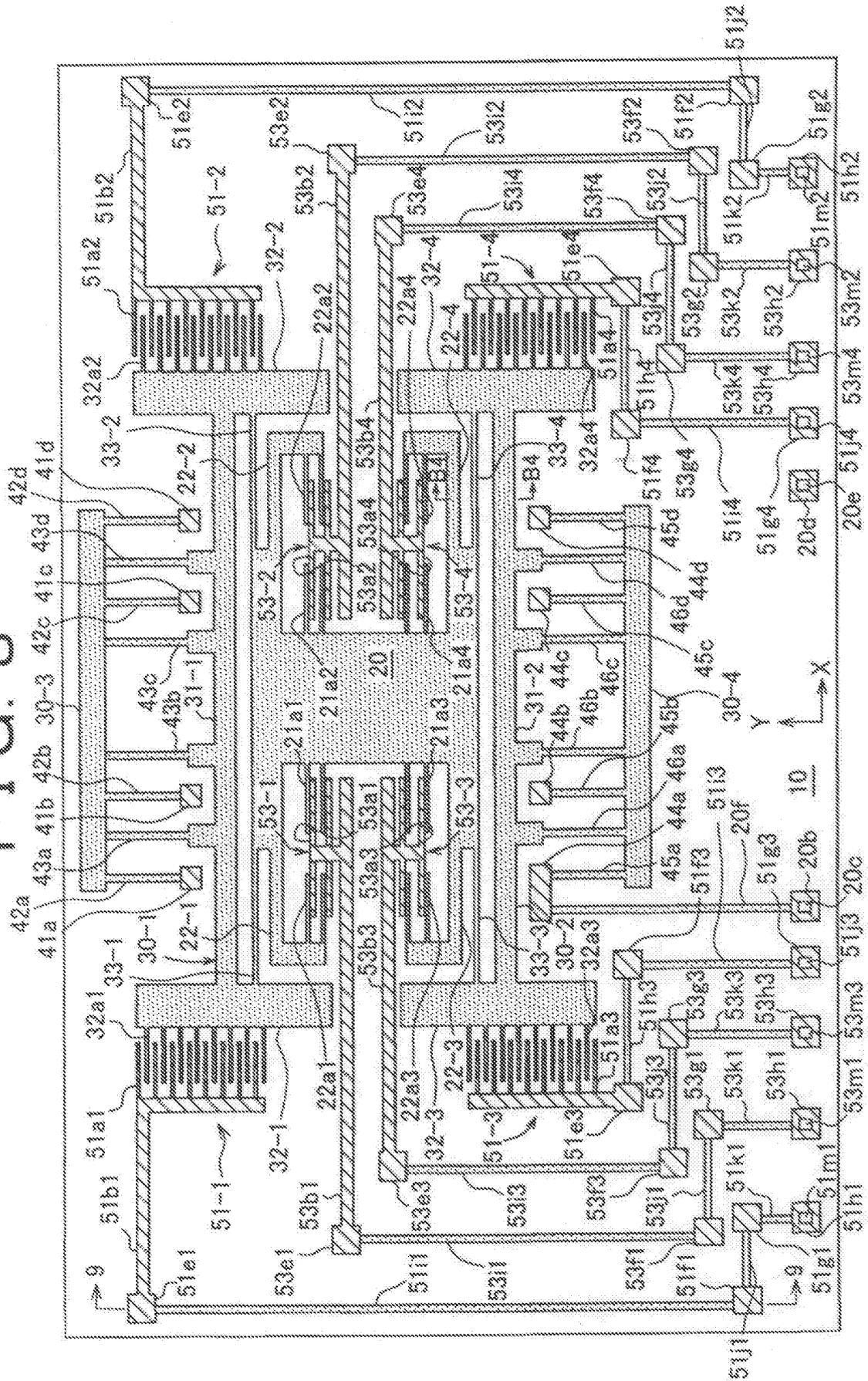


FIG. 9

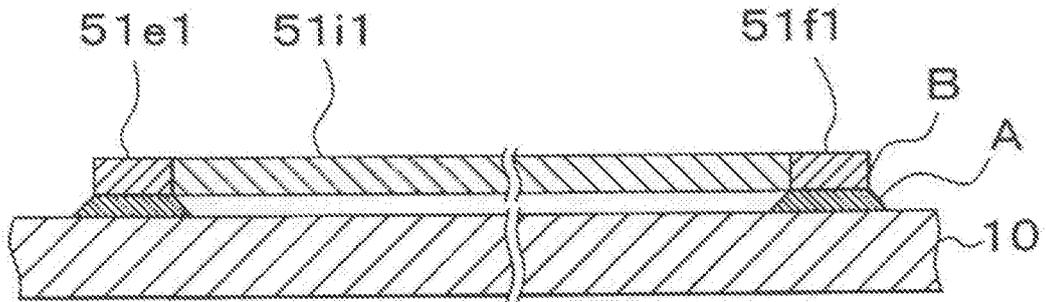


FIG. 10

