

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2015 年 12 月 17 日(17.12.2015)



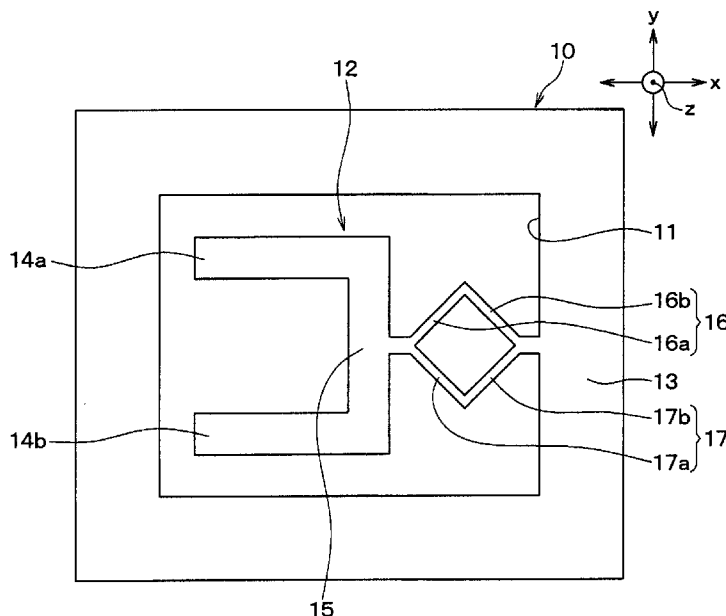
(10) 国際公開番号

WO 2015/190103 A1

- (51) 国際特許分類:
G01C 19/5656 (2012.01) H01L 41/113 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2015/002918
- (22) 国際出願日: 2015 年 6 月 11 日(11.06.2015)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2014-122512 2014 年 6 月 13 日(13.06.2014) JP
- (71) 出願人: 株式会社デンソー(DENSO CORPORATION) [JP/JP]; 〒4488661 愛知県刈谷市昭和町 1 丁目 1 番地 Aichi (JP).
- (72) 発明者: 酒井 峰一(SAKAI, Minekazu); 〒4488661 愛知県刈谷市昭和町 1 丁目 1 番地株式会社デンソー内 Aichi (JP). 城森 知也(JOMORI, Tomoya); 〒4488661 愛知県刈谷市昭和町 1 丁目 1 番地株式会社デンソー内 Aichi (JP).
- (74) 代理人: 金 順姫(KIN, Junhi); 〒4600003 愛知県名古屋市中区錦 2 丁目 1 3 番 1 9 号 瀧定ビル 6 階 Aichi (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーロパ (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ユーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).
- 添付公開書類:
— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

(54) Title: ANGULAR VELOCITY SENSOR

(54) 発明の名称: 角速度センサ



(57) Abstract: In the present invention, when one direction of the plane directions of a substrate (10) is a first direction and the direction perpendicular to the first direction of the plane directions of the substrate (10) is a second direction, an oscillating body (12) is supported at an outer peripheral section (13) via a plurality of beam sections (16-19) therebetween having a first beam-configuring member (16a-19a) that can displace in at least the first direction, and a second beam-configuring member (16b-19b) that is joined to the first beam-configuring member (16a-19a) and that can displace in at least the second direction. Also, at least at a subset of the plurality of the beam sections (16-19), the beam configuring members (16b-19b) at the outer peripheral section (13) side among the first beam-configuring members and second beam-configuring members (16a-19b) are integrated with each other.

(57) 要約: 基板 (10) の面方向における一方向を第 1 方向とし、基板 (10) の面方向のうちの第 1 方向と直交する方向を第 2 方向としたとき、少なくとも第 1 方向に変位可能とされた第 1 梁構成部材 (16a~19a) と、第 1 梁構成部材 (16a~19a) と連結され、少なくとも第 2 方向に変位可能とされた第 2 梁構成部材 (16b~19b)

とを有する複数の梁部 (16~19) を介して振動体 (12) を外周部 (13) に支持する。そして、複数の梁部 (16~19) の少なくとも一部において、第 1 梁構成部材と第 2 梁構成部材 (16a~19b) のうちの外周部 (13) 側の梁構成部材 (16b~19b) を互いに一体化する。

明 細 書

発明の名称：角速度センサ

関連出願の相互参照

[0001] 本出願は、2014年6月13日に提出された日本出願番号2014-122512号に基づくもので、ここにその記載内容を援用する。

技術分野

[0002] 本開示は、振動体を有する角速度センサに関するものである。

背景技術

[0003] 従来より、振動片が基部に固定された振動体を有する角速度センサが提案記載されている（例えば、特許文献1参照）。具体的には、この角速度センサは、圧電材料で構成される基板を用いて構成されており、基板に振動体と振動体を囲む外周部とが区画形成されている。そして、振動体は、外周部に複数の梁部を介して支持されている。

[0004] これによれば、振動体（基部）と外周部との間に配置された梁部により、外周部から振動体に振動や衝撃等の外乱が伝達されることを抑制でき、検出精度が低下することを抑制できる。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：特開2011-75415号公報

発明の概要

[0006] しかしながら、上記角速度センサでは、各梁部は、それぞれ独立して外周部と接続されている。このため、各梁部によって外乱の抑制効果が異なり、検出精度が低下することを十分に抑制できない場合がある。

[0007] 本開示は上記点に鑑みて、検出精度が低下することを抑制できる角速度センサを提供することを目的とする。

[0008] 本開示の第一の態様において、角速度センサは、圧電材料を用いて構成される基板と、基板に形成され、基板の面方向に振動する第1振動片と第2振

動片を有する振動体と、基板に形成され、振動体の周囲に配置される外周部と、を備え、振動体を振動させた状態で角速度が印加されると当該角速度に応じた電荷を発生する。

[0009] 振動体は、基板の面方向における一方向を第1方向とし、基板の面方向のうちの第1方向と直交する方向を第2方向としたとき、少なくとも第1方向に変位可能とされた第1梁構成部材と、第1梁構成部材と連結され、少なくとも第2方向に変位可能とされた第2梁構成部材とを有する複数の梁部を介して外周部に支持され、複数の梁部の少なくとも一部は、第1梁構成部材と第2梁構成部材のうちの外周部側の梁構成部材が互いに一体化されている。

[0010] これによれば、梁部のうちの外周部側の梁構成部材が一体化されている部分では、変位を互いに連成し合うため、外周部から振動体に外乱が伝達されることをさらに抑制でき、検出精度が低下することを抑制できる。

図面の簡単な説明

[0011] 本開示についての上記目的およびその他の目的、特徴や利点は、添付の図面を参照しながら下記の詳細な記述により、より明確になる。その図面は、
[図1]図1は、本開示の第1実施形態における角速度センサの平面図であり、
[図2]図2の(a)は、図1に示す角速度センサの作動を示す図であり、図2の(b)は、図2の(a)に示す角速度センサの作動のパターンを示す図であり、
[図3]図3は、一般的な角速度センサの共振倍率の周波数特性（応答曲線）を示した図であり、
[図4]図4は、第1実施形態の角速度センサの共振倍率の周波数特性（応答曲線）を示した図であり、
[図5]図5は、静止状態に対する同相モードと同相吸収モードの動きを示した模式図であり、
[図6A]図6Aは、図1に示す角速度センサに対してy軸方向に衝撃が印加されたときの同相モードの動きを示した模式図であり、
[図6B]図6Bは、図1に示す角速度センサに対してy軸方向に衝撃が印加さ

れたときの同相吸収モードの動きを示した模式図であり、

[図7]図7は、Q値を変化させときの数式1のグラフであり、

[図8]図8は、本開示の第2実施形態における角速度センサの平面図であり、

[図9]図9は、本開示の第3実施形態における角速度センサの平面図である。

発明を実施するための形態

[0012] 以下、本開示の実施形態について図に基づいて説明する。なお、以下の各実施形態相互において、互いに同一もしくは均等である部分には、同一符号を付して説明を行う。

[0013] (第1実施形態)

本開示の第1実施形態について図面を参照しつつ説明する。なお、本実施形態の角速度センサは、車両に印加される角速度を検出するものに適用されると好適である。

[0014] 角速度センサは、図1に示されるように、圧電材料としての水晶やPZT（チタン酸ジルコン鉛）等で構成される基板10を備えている。そして、基板10には、周知のマイクロマシン加工が施されて溝部11が形成され、溝部11によって振動体12および外周部13が区画形成されている。なお、外周部13は、振動体12の周囲に位置するように、振動体12と区画形成されている。

[0015] 振動体12は、第1振動片14aと第2振動片14bが基部15に保持された。具体的には、基部15は、長手方向（図1中紙面上下方向）を有する平面矩形状とされている。そして、第1振動片14aと第2振動片14bは、基部15における長手方向の両端部において同じ方向に突出するように配置されている。つまり、本実施形態の振動体12は、いわゆる音叉型とされている。

[0016] また、各振動片14aと14bには、図示しない駆動電極および検出電極が形成されている。例えば、各振動片14aと14bのうちの基部15側に駆動電極が形成され、各振動片14aと14bのうちの基部15側と反対側に検出電極が形成されている。

[0017] そして、振動体 1 2 は、第 1 梁部 1 6 と第 2 梁部 1 7 を介して外周部 1 3 に支持されている。ここで、第 1 梁部 1 6 と第 2 梁部 1 7 の具体的な構成について説明する。なお、以下では、第 1 振動片 1 4 a と第 2 振動片 1 4 b の基部 1 5 に対する突出方向（図 1 中紙面左右方向）を x 軸方向とし、基板 1 0 の面内において当該突出方向と直交する方向（第 1 振動片 1 4 a と第 2 振動片 1 4 b の配列方向）を y 軸方向とし、基板 1 0 の面方向に対する法線方向を z 軸方向として説明する。また、本実施形態では、y 軸方向が第 1 方向に相当し、x 軸方向が第 2 方向に相当し、z 軸方向が第 3 方向に相当している。

[0018] 第 1 梁部 1 6 は、x 軸方向および y 軸方向に対して傾いた第 1 梁構成部材 1 6 a と第 2 梁構成部材 1 6 b にて構成されている。言い換えると、第 1 梁部 1 6 は、x 軸方向および y 軸方向に変位可能とされた第 1 梁構成部材 1 6 a と第 2 梁構成部材 1 6 b にて構成されている。そして、第 1 梁部 1 6 は、第 1 梁構成部材 1 6 a が振動体 1 2 側に配置されると共に第 2 梁構成部材 1 6 b が外周部 1 3 側に配置され、第 1 梁構成部材 1 6 a と第 2 梁構成部材 1 6 b が連結された略 V 字状とされている。

[0019] 同様に、第 2 梁部 1 7 は、x 軸方向および y 軸方向に対して傾いた第 1 梁構成部材 1 7 a と第 2 梁構成部材 1 7 b にて構成されている。言い換えると、第 2 梁部 1 7 は、x 軸方向および y 軸方向に変位可能とされた第 1 梁構成部材 1 7 a と第 2 梁構成部材 1 7 b にて構成されている。そして、第 2 梁部 1 7 は、第 1 梁構成部材 1 7 a が振動体 1 2 側に配置されると共に第 2 梁構成部材 1 7 b が外周部 1 3 側に配置され、第 1 梁構成部材 1 7 a と第 2 梁構成部材 1 7 b が連結された略 V 字状とされている。なお、第 2 梁部 1 7 は、第 1 梁部 1 6 が構成する略 V 字状と反対側に凸部を有する略 V 字状とされている。

[0020] そして、第 1 梁部 1 6 および第 2 梁部 1 7 は、各第 1 梁構成部材 1 6 a、1 7 a における振動体 1 2 側の端部が連結されて一体化された状態で振動体 1 2 と連結されている。また、第 1 梁部 1 6 および第 2 梁部 1 7 は、各第 2

梁構成部材 16b、17b における外周部 13 側の端部が連結されて一体化された状態で外周部 13 と連結されている。つまり、本実施形態では、第 1 梁部 16 と第 2 梁部 17 により、平面枠状の梁部が構成され、当該枠状の梁部の相対する 2 組の角部のうちの 1 組の角部が振動体 12 および外周部 13 と連結されているともいえる。

[0021] さらに本実施形態では、第 1 梁部 16 と第 2 梁部 17 は、バネ定数が第 1 振動片 14a と第 2 振動片 14b の有するバネ定数より小さくなるように、適宜断面積や長さ等が調整されている。

[0022] このような角速度センサでは、角速度を検出する際には、第 1 振動片 14a と第 2 振動片 14b に形成された駆動電極に駆動信号が印加される。なお、第 1 振動片 14a と第 2 振動片 14b に印加される駆動信号は、所定の振幅、周波数を有するパルス状の駆動信号であり、互いに位相が 180° 異なるものである。これにより、図 2 に示されるように、第 1 振動片 14a と第 2 振動片 14b は、y 軸方向に沿って逆向きに駆動振動する。言い換えると、第 1 振動片 14a と第 2 振動片 14b は、互いに開閉するように駆動振動する。

[0023] そして、この状態において、x 軸方向周りの角速度が印加されると、コリオリ力によって第 1 振動片 14a と第 2 振動片 14b は、z 軸方向に逆向きに振動する。例えば、第 1 振動片 14a が図 2 の (a) 中紙面垂直方向向こう側に振動する場合は、第 2 振動片 14b が図 2 の (a) 中紙面垂直方向手前側に振動する。そして、第 1 振動片 14a と第 2 振動片 14b に形成された図示しない検出電極に振動に応じた電荷が発生する。このため、各検出電極に発生した電荷を差動増幅することにより、角速度の検出が行われる。なお、図 2 の (a)、図 2 の (b) 中において、丸の中に黒丸を示した記号は紙面垂直方向向こう側を示し、丸の中に×印を示した記号は紙面垂直方向手前側に振動することを示している。

[0024] このとき、振動体 12 は、第 1 梁部 16 と第 2 梁部 17 を介して外周部 13 に支持されている。このため、第 1 梁部 16 と第 2 梁部 17 が x 軸方向お

よび y 軸方向に変位する（撓む）ことにより、外周部 13 から振動体 12 に振動や衝撃等の外乱が伝達されることを抑制できる。

[0025] また、第 1 梁部 16 と第 2 梁部 17 における各第 2 梁構成部材 16b、17b は一体化されている。このため、第 1 梁部 16 と第 2 梁部 17 は、変位を互いに連成し合うため、さらに外周部 13 から振動体 12 に外乱が伝達されることを抑制できる。

[0026] ここで、上記のような検出原理によって角速度の検出を行っているが、第 1 振動片 14a と第 2 振動片 14b は、z 軸方向において同方向に振動する同相モードの共振周波数 f_{in} と、互いに逆方向に振動する逆相モードの共振周波数 f_{anti} を有している。

[0027] なお、図 2 の（b）に示されるように、ここでの同相モードとは、z 軸方向に沿った衝撃が印加されたときに第 1 振動片 14a と第 2 振動片 14b が z 軸方向において同方向に振動させられることを意味している。また、ここでの逆相モードとは、z 軸方向に沿った衝撃が印加されたときに第 1 振動片 14a と第 2 振動片 14b が z 軸方向において逆方向に振動させられることを意味している。

[0028] z 軸方向への衝撃が印加されたとき、第 1 振動片 14a と第 2 振動片 14b が同相モードで変化するのであれば、第 1 振動片 14a と第 2 振動片 14b に形成された検出電極に発生した電荷を差動増幅（差動出力）することにより、その衝撃に基づく振動に起因する電荷（信号）が相殺される。しかしながら、z 軸方向への衝撃が印加されたとき、第 1 振動片 14a と第 2 振動片 14b が逆相モードで変化すると、差動増幅によってその衝撃に基づく振動に起因する電荷（信号）が相殺されず、出力誤差となって検出精度が低下する。

[0029] z 軸方向への衝撃が印加されたときは、その衝撃に含まれる周波数成分に応じて共振倍率（応答の強さ）が変わる。具体的には、一般的な角速度センサ（共振周波数を特に考慮していない角速度センサ）では、共振倍率の周波数特性（応答曲線）は、図 3 に示されるように、同相モードの共振周波数 f_{in}

において最も共振倍率が大きくなる。そして、同相モードの共振周波数 f_{in} を中心として他の周波数域では急激に共振倍率が低下し、同相モードの共振周波数 f_{in} から離れるほど低下してく。ただし、同相モードの共振周波数 f_{in} とは別に逆相モードの共振周波数 f_{anti} が存在し、この逆相モードの共振周波数 f_{anti} でも同相モードの共振周波数 f_{in} よりは十分小さいものの、共振倍率がある程度大きくなる。そして、衝撃に含まれるこの逆相モードの共振周波数 f_{anti} 成分が第1振動片14aと第2振動片14bを逆方向へ振動させる動きを誘発し、出力誤差を発生させる。

[0030] この逆相モードの共振周波数 f_{anti} については、同相モードの共振周波数 f_{in} の近くに存在するほどその共振周波数 f_{anti} での共振倍率が大きくなる。すなわち、図3に示されるように同相モードの共振周波数 f_{in} を中心として共振倍率が減衰されていく。しかしながら、逆相モードの共振周波数 f_{anti} が同相モードの共振周波数 f_{in} に近すぎると、衝撃が印加されたときにその衝撃に含まれる逆相モードの共振周波数 f_{anti} 成分が十分減衰されない領域に存在することになる。このため、その衝撃における減衰しきっていない逆相モードの共振周波数 f_{anti} 成分がこの振動における逆相モードの動きを誘発する。

[0031] したがって、同相モードの共振周波数 f_{in} と逆相モードの共振周波数 f_{anti} とが離れることで、衝撃に含まれる逆相モードの共振周波数 f_{anti} 成分が十分減衰された領域となるようにでき、逆相モードの動きの誘発を抑制することが可能になると言える。共振倍率の周波数特性については、z軸方向の変位を許容するバネ、つまり本実施形態の場合であれば第1振動片14aと第2振動片14bの設定に基づいて調整することができる。そして、図4に示すように逆相モードの共振周波数 f_{anti} が同相モードの共振周波数 f_{in} から離れると、逆相モードの共振周波数 f_{anti} での共振倍率を低下させることができる。

[0032] 具体的には、逆相モードの共振周波数 f_{anti} と同相モードの共振周波数 f_{in} の差分を逆相モードの共振周波数 f_{anti} で割った値（ $= (f_{anti} - f_{in}) / f_{anti}$ ）をデカップリング率（Decoupling Ratio（以下、D.R.という）と定義する。すると、D.R.の絶対値を0.2以上にすると、共振倍率

はピーク値（Q値：共振周波数 f_{in} のときの共振倍率）が大きくても小さくても1割程度の誤差で3以下となり、ロバスト性を確保できる領域とすることができる。好ましくはD.R.の絶対値が0.4以上になると逆相モードの共振周波数 f_{anti} での共振倍率を1以下にすることが可能になり、衝撃に含まれる逆相モードの共振周波数 f_{anti} 成分がより十分減衰され、逆相モードの動きの誘発を抑制することができる。例えば、同相モードの共振周波数 f_{in} が10 kHz、逆相モードの共振周波数 f_{anti} が16 kHzとすれば、D.R.の絶対値が0.4以上となり、共振倍率が1以下となるようにできる。

[0033] このため、本実施形態では、D.R.の絶対値が0.2以上、好ましくは0.4以上となる。これにより、逆相モードの動きの誘発を抑制することができる。したがって、角速度センサの出力誤差を抑制することができ、さらに検出精度が低下することを抑制できる。

[0034] また、このような角速度センサは、y軸方向に沿った方向への衝撃の印加に対して2つの共振モードの周波数 f_1 、 f_3 を有している。具体的には、図5において模式的に示されるように、バネ s_1 、 s_2 に支持された2つの錘 m_1 、 m_2 が同方向へ振動させられる同相モードの共振周波数 f_1 と、2つの錘 m_1 、 m_2 が逆方向へ振動させられる同相吸収モードの共振周波数 f_3 である。

[0035] なお、図5において、バネ s_2 は、第1梁部16と第2梁部17によって構成され、錘 m_2 は基部15によって構成され、バネ s_1 は第1振動片14aと第2振動片14bによって構成され、錘 m_1 は第1振動片14aと第2振動片14bによって構成される。また、同相吸収モードの共振周波数 f_3 は、同相モードの共振周波数 f_1 よりも大きな周波数となる。

[0036] すなわち、図6Aに示されるように、角速度センサに対してy軸方向に衝撃が印加されたとき、同相モードの共振周波数 f_1 では、y軸方向において第1振動片14aと第2振動片14bと基部15とが同方向に振動させられる。これに対し、図6Bに示されるように、角速度センサに対してy軸方向に衝撃が印加されたとき、同相吸収モードの共振周波数 f_3 では、y軸方向

において第1振動片14aと第2振動片14bと基部15とが逆方向に振動させられる。

[0037] ここで、角速度センサにy軸方向に衝撃が印加されると、第1振動片14aと第2振動片14bおよび基部15は、(1)非共振による振動励起、(2)共振による振動励起、(3)共振干渉による振動励起、の3つの足し合わせによる変位メカニズムにて振動させられる。つまり、第1振動片14aと第2振動片14bおよび基部15は、これら(1)～(3)の振動励起が同時に足し合わされるように発生することで変位する(振動させられる)。

[0038] (1)非共振による振動励起は、単純に慣性力とバネ力から算出される変位量である。また、(2)共振による振動励起は、角速度センサが有する共振モード、主に同相モードの共振周波数f1と同じ周波数を持つ衝撃成分の印加時間と振動体12固有のQ値(共振倍率のピーク値)から算出される励起量である。そして、(3)共振干渉による振動励起は、同相モードの共振周波数f1の整数倍(n倍)と同相吸収モードの共振周波数f3での干渉による励起量である。

[0039] ここで、(3)共振干渉による振動励起の影響度合いに相当する増幅率Aは、次式によって表される。この数式は、(3)共振干渉による振動励起を(1)非共振による振動励起や(2)共振による振動励起と同等程度まで十分に低下させた状態よりもA倍変位することを意味している。

[0040] [数1]

$$A = \frac{\left(\frac{n \cdot f1}{f3}\right)^2}{\sqrt{\left\{1 - \left(\frac{n \cdot f1}{f3}\right)^2\right\}^2 + \left(\frac{n \cdot f1}{f3 \cdot Q}\right)^2}}$$

なお、数式中のf1は同相モードの共振周波数f1、f3は同相吸収モードの共振周波数f3、nは整数、QはQ値を表している。

[0041] また、Q値を変化させて数式1をグラフ化したものが図7である。図7中の回避差Dとは、同相吸収モードの共振周波数f3と同相モードの共振周波数f1のn倍の値との差の絶対値Δf3を同相モードの共振周波数f1から

乖離させる度合いを示している。図7に示されるように、回避差 $D=0$ のとき、つまり絶対値 Δf_3 が同相モードの共振周波数 f_1 と一致しているときに最も増幅率 A が大きくなる。このときには(3)共振干渉による振動励起が最も大きなピーク値として現れ、全振動励起中に占める寄与率も高くなる。

[0042] したがって、絶対値 Δf_3 ($= |f_3 - n \times f_1|$) が同相モードの共振周波数 f_1 と一致するような条件とならないように設計することにより、(3)共振干渉による振動励起が最も大きなピーク値とならず、全振動励起中に占める寄与率を減少できる。つまり、絶対値 Δf_3 が同相モードの共振周波数 f_1 に対して回避差 D を掛けた値よりも大きくなる関係 ($\Delta f_3 > f_1 \times D$) において、少なくとも回避差 D が0%ではなく ($D \neq 0$)、0%より大きくなるようにすればよい。これにより、(3)共振干渉による振動励起が最大変位となることを避けることができる。

[0043] そして、回避差 D が5%より大きく ($D > 5\%$) なるように設計すれば、数式1中における分母のルート内の第1項が第2項よりも十分に大きな値となり、第2項に含まれる Q 値にかかわらず増幅率 A を決めることができる。具体的には、図7に示されるように、増幅率 A は20程度まで低下する。このように、 Q 値にかかわらず増幅率 A を設定することが可能になり、増幅率 A を十分に小さくできることから、ロバスト性を高めることが可能となる。

[0044] さらに、回避差 D が10%より大きく ($D > 10\%$) なるように設計すれば、図7に示されるように、増幅率 A はほぼ1桁まで低下する。これにより、(3)共振干渉による振動励起を(1)非共振による振動励起や(2)共振による振動励起と同等程度まで十分に低下させた状態に抑えることができる。

[0045] なお、図7においては、 Q 値を50~300において変化させた場合を一例として示したが、 Q 値の大きさについてはここに示した範囲に限るものではない。

[0046] したがって、本実施形態では、同相モードの共振周波数 f_1 とそれよりも

大きな同相吸収モードの共振周波数 f_3 について、同相吸収モードの共振周波数 f_3 と同相モードの共振周波数 f_1 の n 倍の値との差の絶対値 Δf_3 が以下の条件を満たす。すなわち、絶対値 Δf_3 が同相モードの共振周波数 f_1 に対して回避差 D を掛けた値よりも大きくなる関係 ($\Delta f_3 > f_1 \times D$) としつつ、少なくとも回避差 D が 0% より大きくなる。これにより、(3) 共振干渉による振動励起が最大変位となることを避けることができる。

[0047] 好ましくは、回避差 $D > 5\%$ となることで、増幅率 A を Q 値にかかわらず低下させることが可能となり、ロバスト性を高めることができる。より好ましくは、回避差 $D > 10\%$ となることで、増幅率 A をほぼ 1 桁まで低下させることができ、(3) 共振干渉による振動励起を (1) 非共振による振動励起や (2) 共振による振動励起と同等程度まで十分に低下させた状態に抑えることができる。

[0048] このような関係を満たす同相モードの共振周波数 f_1 と同相吸収モードの共振周波数 f_3 に設定されるような設計とすることにより、(3) 共振干渉による振動励起を低下させられる。

[0049] なお、数式 1 で示されるように、増幅率 A は、同相モードの共振周波数 f_1 の整数倍 (n 倍) と同相吸収モードの共振周波数 f_3 および Q 値によって定義されることから、数式 1 中の Q 値を低下させることによっても増幅率 A を低下させることができる。例えば、本実施形態のような角速度センサは、通常、真空封止された状態で用いられるため、そのときの真空度を低下させることで Q 値を低下させられる。このように Q 値を低下させると、増幅率 A を低下させることが可能となり、さらに (3) 共振干渉による振動励起を低下させることができる。また、 Q 値を低下させると、(2) 共振による振動励起も低下させられることから、(3) 共振干渉による振動励起と合せて低下させられ、更なる耐衝撃性能向上を図ることが可能となる。

[0050] 以上説明したように、本実施形態では、振動体 12 は、第 1 梁部 16 と第 2 梁部 17 を介して外周部 13 に支持されている。このため、第 1 梁部 16 と第 2 梁部 17 が x 軸方向および y 軸方向に変位する（撓む）ことにより、

外周部 1 3 から振動体 1 2 に振動や衝撃等の外乱が伝達されることを抑制できる。

[0051] また、第 1 梁部 1 6 と第 2 梁部 1 7 における各第 2 梁構成部材 1 6 b、1 7 b は一体化されている。このため、第 1 梁部 1 6 と第 2 梁部 1 7 は、変位を互いに連成し合うため、さらに外周部 1 3 から振動体 1 2 に外乱が伝達されることを抑制でき、より検出精度が低下することを抑制できる。

[0052] そして、第 1 梁部 1 6 と第 2 梁部 1 7 は、バネ定数が第 1 振動片 1 4 a と第 2 振動片 1 4 b の有するバネ定数より小さくされている。このため、第 1 梁部 1 6 と第 2 梁部 1 7 のバネ定数が第 1 振動片 1 4 a と第 2 振動片 1 4 b の有するバネ定数より大きくされている場合と比較して、外周部 1 3 から振動体 1 2 に外乱が伝達されることを抑制できる。

[0053] さらに、本実施形態では、D.R. の絶対値が 0.2 以上とされている。このため、角速度センサに z 軸方向への衝撃が印加されたとしても、逆相モードの動きの誘発を抑制することができる。このため、出力誤差が発生することを抑制でき、さらに、検出精度が低下することを抑制できる。

[0054] また、本実施形態では、絶対値 Δf_3 が同相モードの共振周波数 f_1 に対して回避差 D を掛けた値よりも大きくなる関係 ($\Delta f_3 > f_1 \times D$) として、少なくとも回避差 D が 0% より大きくなる。このため、共振干渉による振動励起が最大変位となることを抑制でき、耐衝撃性能を向上できる。

[0055] (第 2 実施形態)

本開示の第 2 実施形態について説明する。本実施形態は、第 1 実施形態に対して第 1 梁部 1 6 と第 2 梁部 1 7 の構成を変更したものであり、その他に関しては第 1 実施形態と同様であるため、ここでは説明を省略する。

[0056] 本実施形態では、図 8 に示されるように、振動体 1 2 は、第 1 梁部 1 6 と第 2 梁部 1 7 と、振動体 1 2 を挟んで第 1 梁部 1 6 と第 2 梁部 1 7 と反対側に配置される第 3、第 4 梁部 1 8、1 9 とを介して外周部 1 3 に支持されている。

[0057] 第 1 梁部 1 6 と第 2 梁部 1 6、1 7 は、x 軸方向に延びる第 1 梁構成部材

16a、17aと、第1梁構成部材16a、17aと連結され、y軸方向に延びる第2梁構成部材16b、17bとを有している。つまり、第1梁部16と第2梁部17は、y軸方向に変位可能とされた第1梁構成部材16a、17aと、x軸方向に変位可能とされた第2梁構成部材16b、17bとを有している。そして、第1梁部16の第2梁構成部材16bと、第2梁部17の第2梁構成部材17bとが一体化されている。

[0058] 同様に、第3、第4梁部18、19は、x軸方向に延びる第1梁構成部材18a、19aと、第1梁構成部材18a、19aと連結され、y軸方向に延びる第2梁構成部材18b、19bとを有している。つまり、第3、第4梁部18、19は、y軸方向に変位可能とされた第1梁構成部材18a、19aと、x軸方向に変位可能とされた第2梁構成部材18b、19bとを有している。そして、第3梁部18の第2梁構成部材18bと、第4梁部19の第2梁構成部材19bとが一体化されている。

[0059] このように、第1～第4梁部16～19を備えるようにしてもよく、また、第1、第2梁構成部材16a～19bを一方向にのみ変位するようにしてもよい。このような角速度センサとしても、第1梁部16と第2梁部17の第2梁構成部材16b、17bが一体化され、第3、第4梁部18、19の第2梁構成部材18b、19bが一体化されているため、上記第1実施形態と同様の効果を得ることができる。

[0060] (第3実施形態)

本開示の第3実施形態について説明する。本実施形態は、第2実施形態に対して第2梁構成部材16b～19bの構成を変更したものであり、その他に関しては第2実施形態と同様であるため、ここでは説明を省略する。

[0061] 本実施形態では、図9に示されるように、振動体12と外周部13との間には、振動体12を囲む枠部20が形成されており、当該枠部20は複数の支持部21を介して外周部13に支持されている。そして、第1梁構成部材16a～19aはそれぞれ枠部20に連結され、第2梁構成部材16b～19bは枠部20によって構成されている。つまり、第1～第4梁部16～1

9における第2梁構成部材16b～19bは、全て一体化されている。

[0062] これによれば、第1～第4梁部16～19は、各梁部16～19の変位が全て連成し合うため、さらに外周部13から振動体12に外乱が伝達されることを抑制しつつ、上記第2実施形態と同様の効果を得ることができる。

[0063] なお、上記では、枠部20（第1～第4梁部16～19における第2梁構成部材16b～19b）が複数の支持部21を介して外周部13に支持された構成について説明したが、枠部20は1つの支持部21のみを介して外周部13に支持されていてもよい。

[0064] （他の実施形態）

本開示は上記した実施形態に限定されるものではなく、特許請求の範囲に記載した範囲内において適宜変更が可能である。

[0065] 例えば、上記各実施形態において、振動体12の構成を変更してもよい。

例えば、振動体12は、基部15に対して第1振動片14aと第2振動片14bが両方向に突出したいわゆるH型音叉とされていてもよい。

[0066] また、振動体12は、第1振動片14aと第2振動片14bの間に当該第1振動片14aと第2振動片14bと同じ方向に突出した検出片を有するいわゆる三脚音叉とされていてもよい。この場合は、第1振動片14aと第2振動片14bが駆動片となり、検出片に発生する電荷に基づいて角速度の検出が行われる。なお、このような振動体12とした場合には、検出片が1つしかないため、検出片に発生した電荷に基づいて角速度の検出が行われる。つまり、差動増幅を行わずに角速度の検出が行われる。

[0067] さらに、振動体12は、基部15に対して第1振動片14aと第2振動片14bおよび検出片が両側に突出したいわゆるダブルT型音叉とされていてもよい。

[0068] また、上記第1実施形態において、第1梁構成部材16a、17aにおける基部15側の端部は、一体化されてなくてもよく、それぞれ基部15に備えられていてもよい。

[0069] そして、上記各実施形態において、各梁部16～19のバネ定数が第1振

動片 1 4 a と第 2 振動片 1 4 b の有するバネ定数より大きくされていてもよい。

[0070] 本開示は、実施例に準拠して記述されたが、本開示は当該実施例や構造に限定されるものではないと理解される。本開示は、様々な変形例や均等範囲内の変形をも包含する。加えて、様々な組み合わせや形態、さらには、それらに一要素のみ、それ以上、あるいはそれ以下、を含む他の組み合わせや形態をも、本開示の範疇や思想範囲に入るものである。

請求の範囲

- [請求項1] 圧電材料を用いて構成される基板（10）と、
 前記基板に形成され、前記基板の面方向に振動する第1振動片と第2振動片（14aと14b）を有する振動体（12）と、
 前記基板に形成され、前記振動体の周囲に配置される外周部（13）と、を備え、
 前記振動体を振動させた状態で角速度が印加されると当該角速度に応じた電荷を発生し、
 前記振動体は、前記基板の面方向における一方向を第1方向とし、前記基板の面方向のうちの前記第1方向と直交する方向を第2方向としたとき、少なくとも前記第1方向に変位可能とされた第1梁構成部材（16a～19a）と、前記第1梁構成部材と連結され、少なくとも前記第2方向に変位可能とされた第2梁構成部材（16b～19b）とを有する複数の梁部（16～19）を介して前記外周部に支持され、
 前記複数の梁部の少なくとも一部は、前記第1梁構成部材と前記第2梁構成部材のうちの前記外周部側の梁構成部材が互いに一体化されている角速度センサ。
- [請求項2] 前記振動体と前記外周部との間には、枠部（20）が構成されており、
 前記複数の梁部は、前記第1梁構成部材と前記第2梁構成部材のうちの前記外周部側の梁構成部材が前記枠部で構成されることにより、全て一体化されている請求項1に記載の角速度センサ。
- [請求項3] 前記複数の梁部は、バネ定数が前記第1振動片と前記第2振動片の有するバネ定数より小さくされている請求項1または2に記載の角速度センサ。
- [請求項4] 前記第1振動片と前記第2振動片に発生した電荷が差動増幅されることによって前記角速度が検出され、

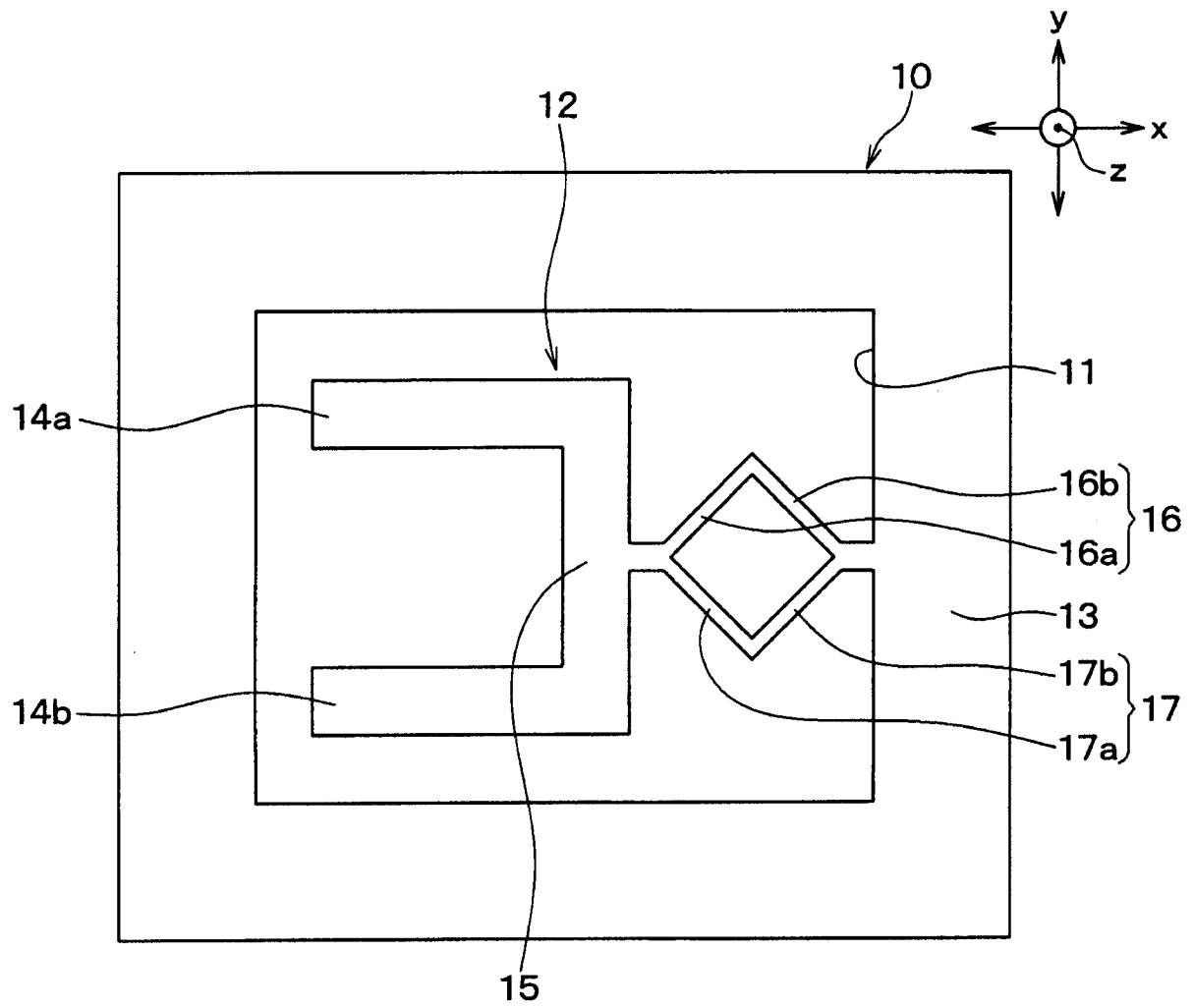
前記第1振動片と前記第2振動片は、前記第1方向および前記第2方向と直交する方向を第3方向としたとき、前記第1方向に駆動振動しているときに前記角速度が印加されると前記第3方向に互いに逆向きに振動し、前記第3方向に沿った方向の衝撃が印加されたとき、当該第1振動片と前記第2振動片が前記第3方向において同方向に振動する同相モードの共振周波数 f_{in} と、互いに逆方向に振動する逆相モードの共振周波数 f_{anti} を有し、逆相モードの共振周波数 f_{anti} と同相モードの共振周波数 f_{in} の差分を逆相モードの共振周波数 f_{anti} で割った値 $(= (f_{anti} - f_{in}) / f_{anti})$ をデカップリング率と定義したとき、当該デカップリング率の絶対値が0.2以上とされている請求項1ないし3のいずれか1つに記載の角速度センサ。

[請求項5]

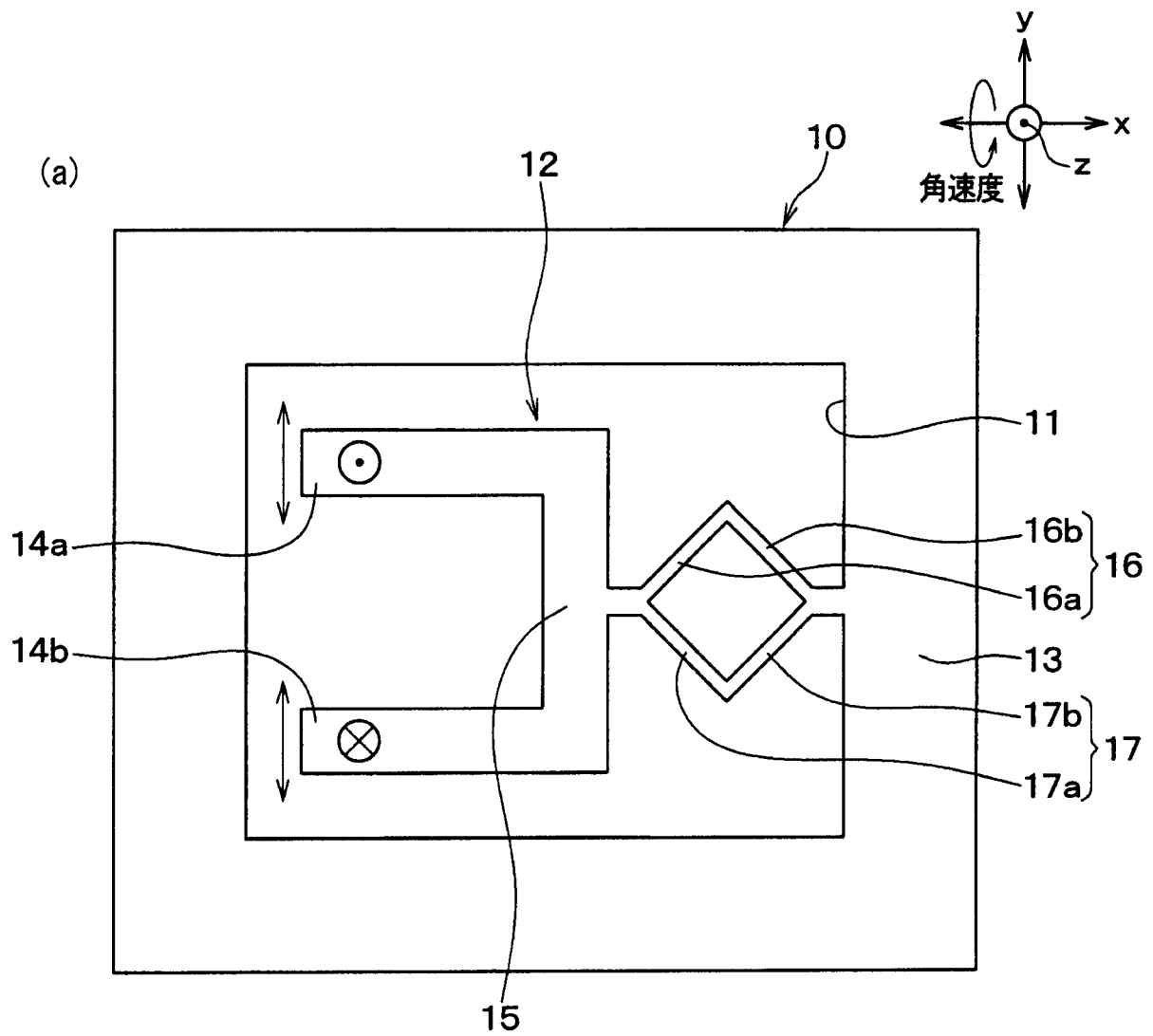
前記振動体は、前記第1振動片と前記第2振動片を同方向に突出させた状態で支持する基部(15)を有し、

前記第1振動片と前記第2振動片の配列方向に沿った方向の衝撃が印加されたとき、前記第1振動片と前記第2振動片および前記基部が同方向に振動する同相モードの共振周波数を f_1 、前記第1振動片と前記第2振動片および前記基部が逆方向に振動する同相吸収モードの共振周波数を f_3 、 n を整数とすると、前記同相吸収モードの共振周波数 f_3 と前記同相モードの共振周波数 f_1 より大きく、前記同相吸収モードの共振周波数 f_3 と前記同相モードの共振周波数 f_1 の n 倍の値との差の絶対値 Δf_3 が、当該絶対値 Δf_3 を前記同相モードの共振周波数 f_1 から乖離させる度合いを示す回避差 D を前記同相モードの共振周波数 f_1 に対して掛けた値よりも大きくなる関係が成り立ち、かつ、前記回避差 D が0%より大きくされている請求項1ないし4のいずれか1つに記載の角速度センサ。

[図1]



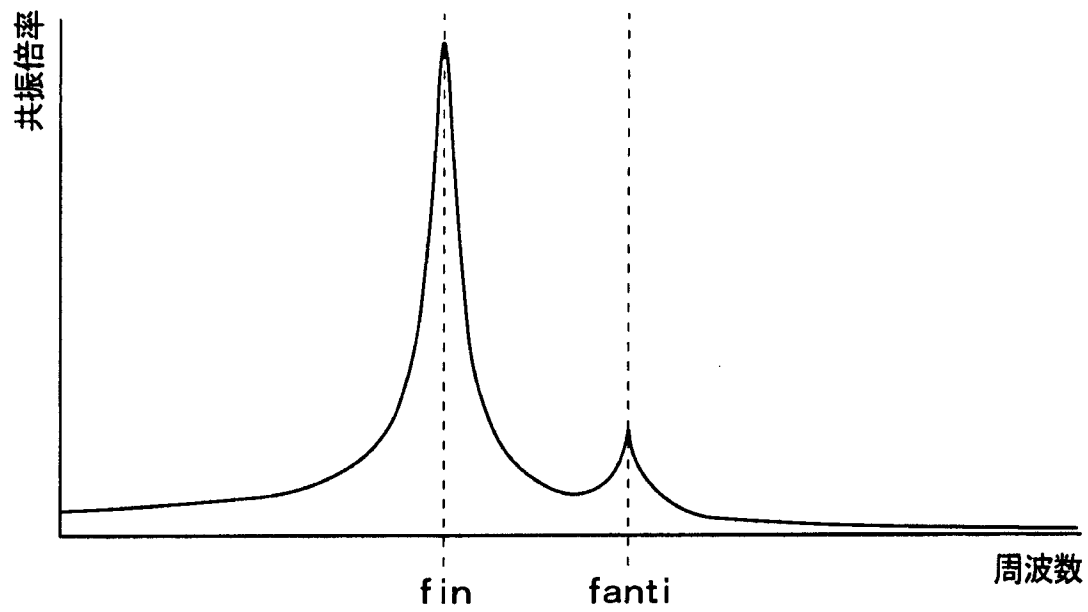
[図2]



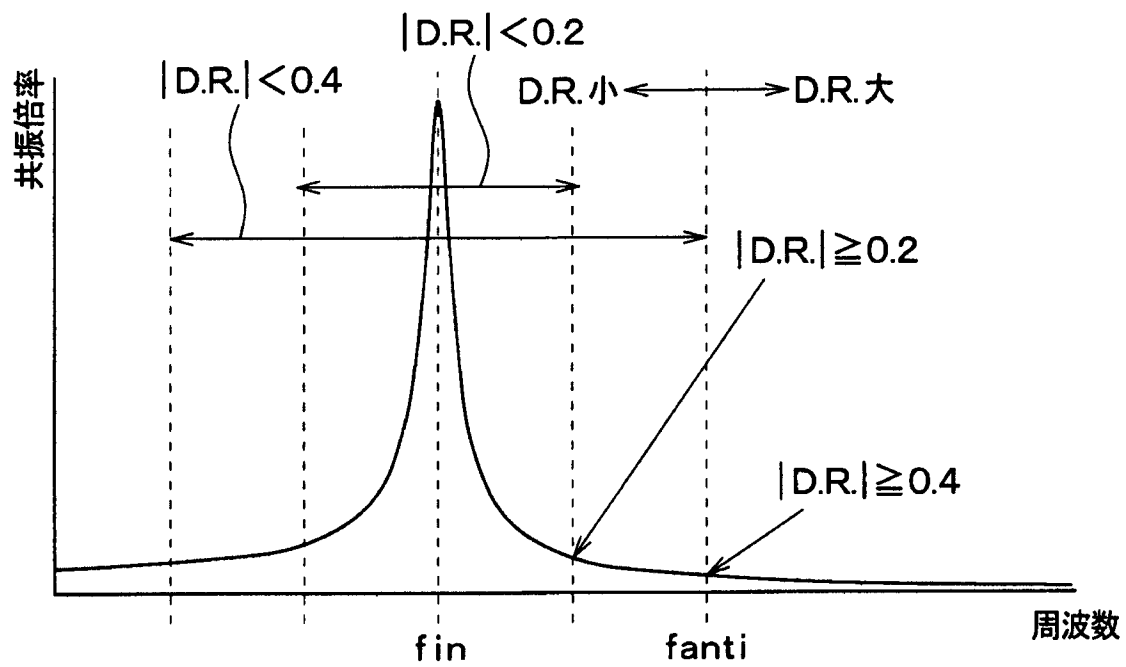
(b)

	第1振動片	第2振動片
同相モード	⊙	⊙
	⊗	⊗
逆相モード	⊙	⊗
	⊗	⊙

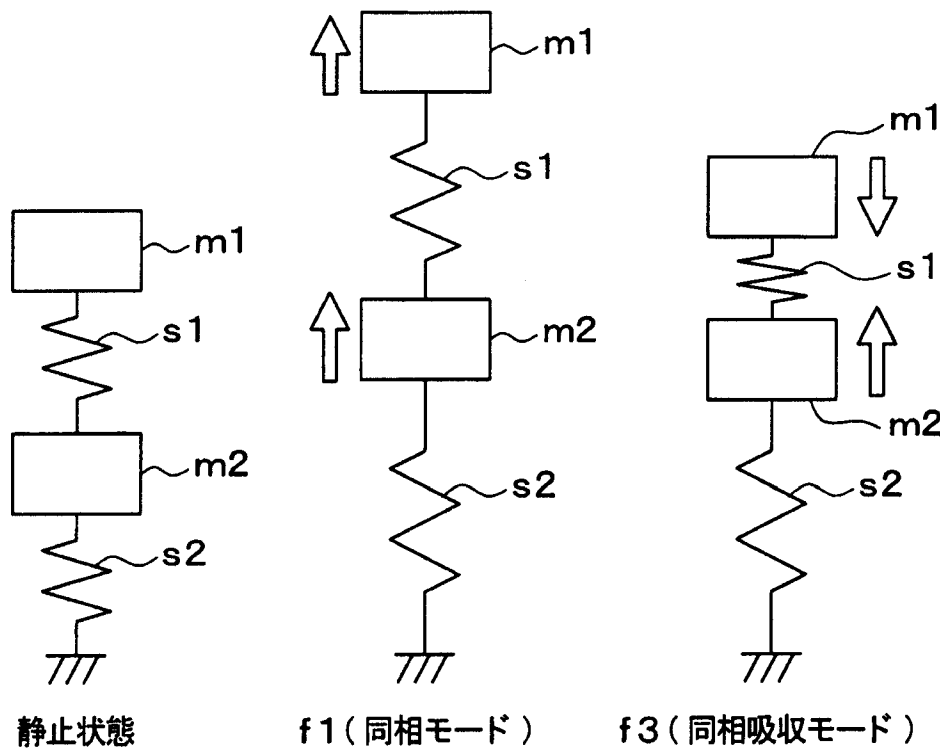
[図3]



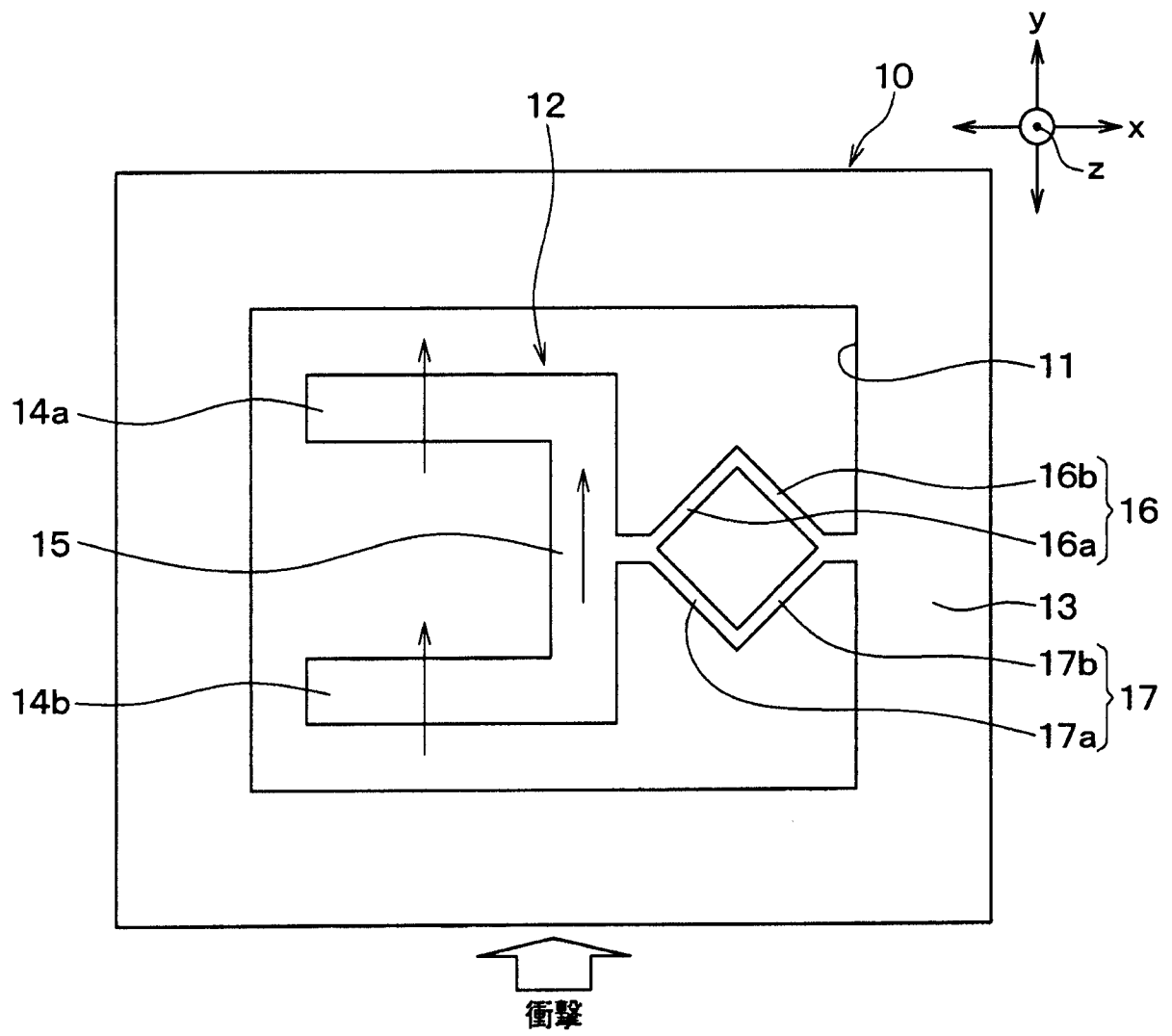
[図4]



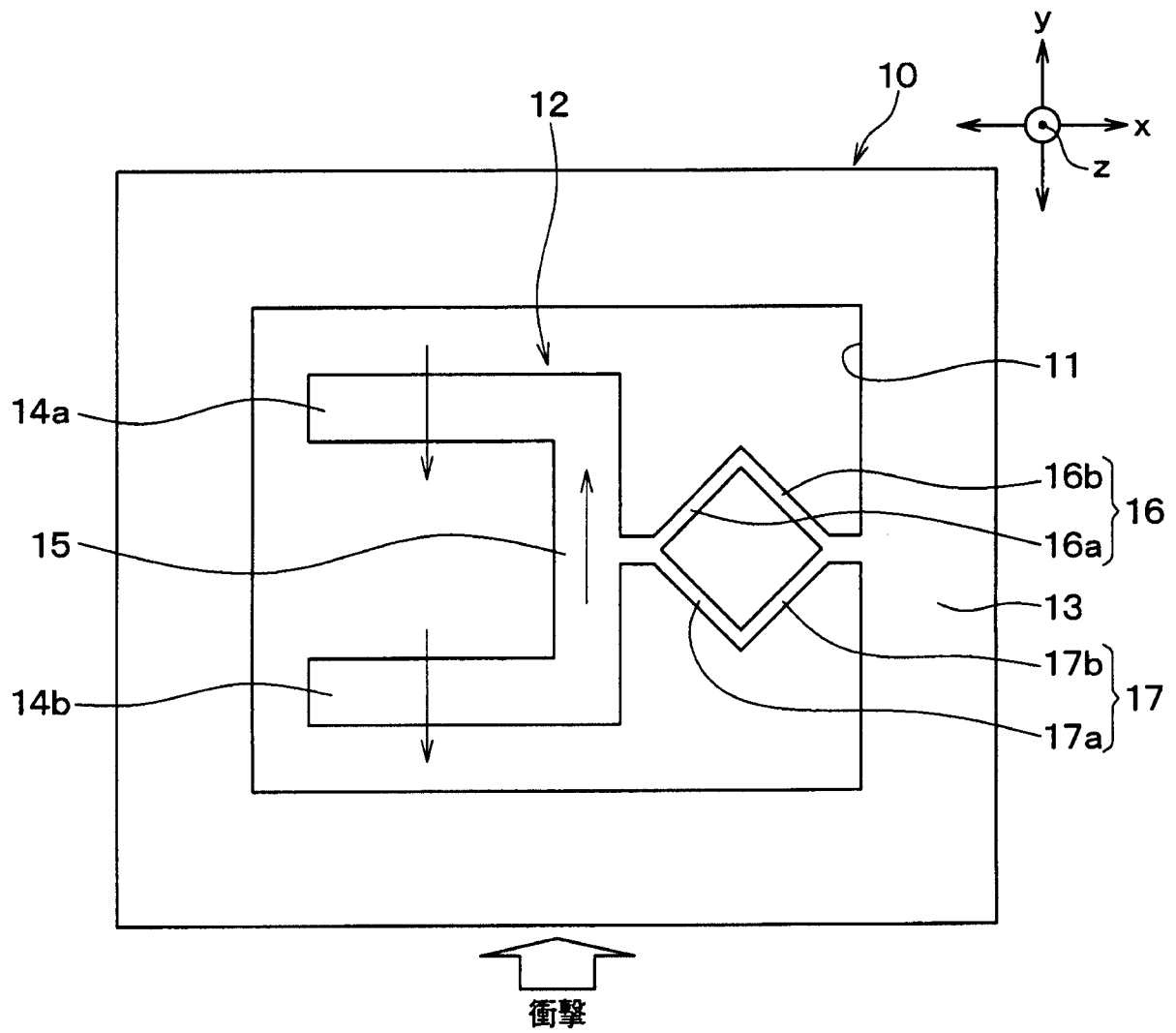
[図5]



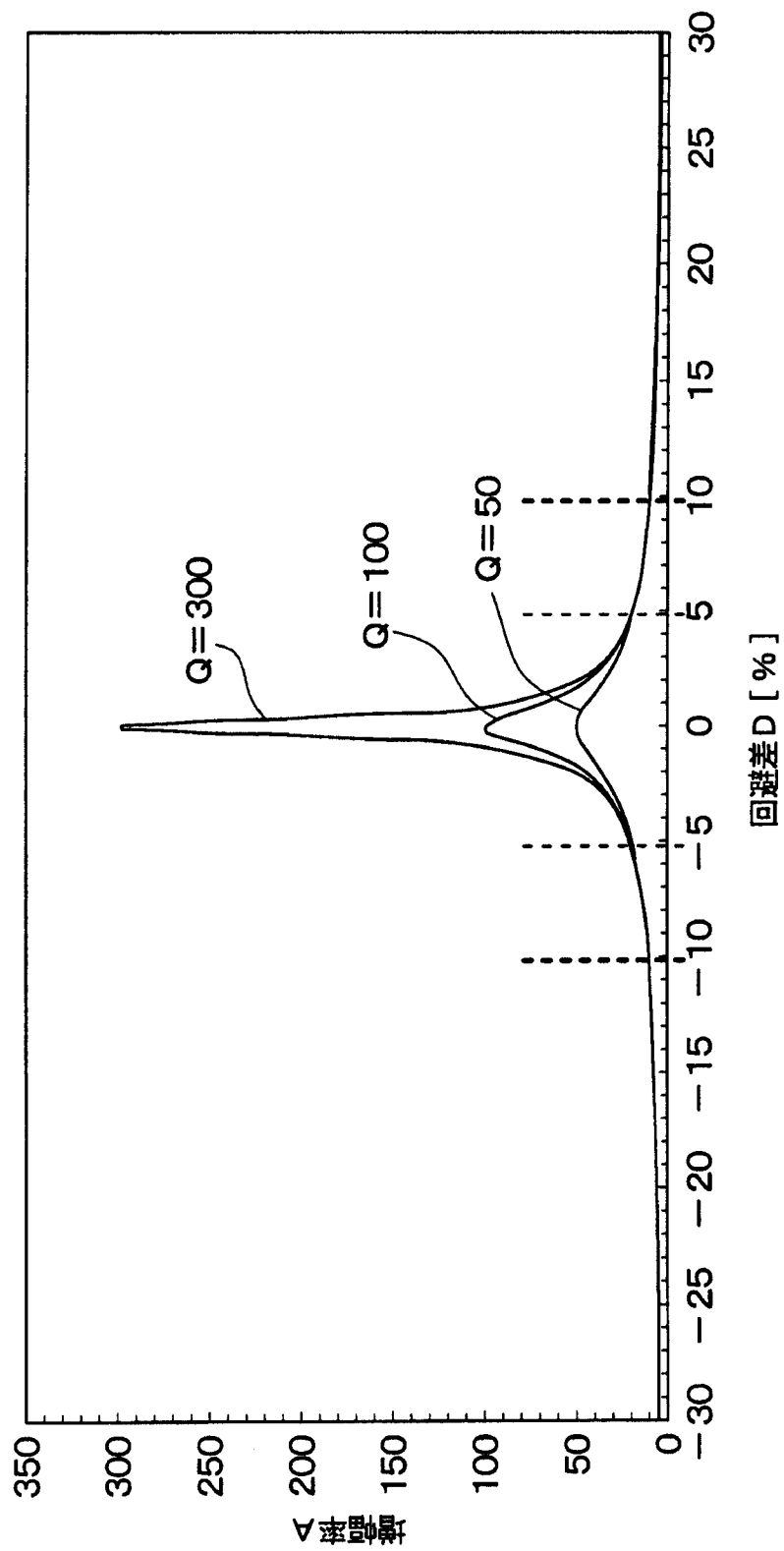
[図6A]



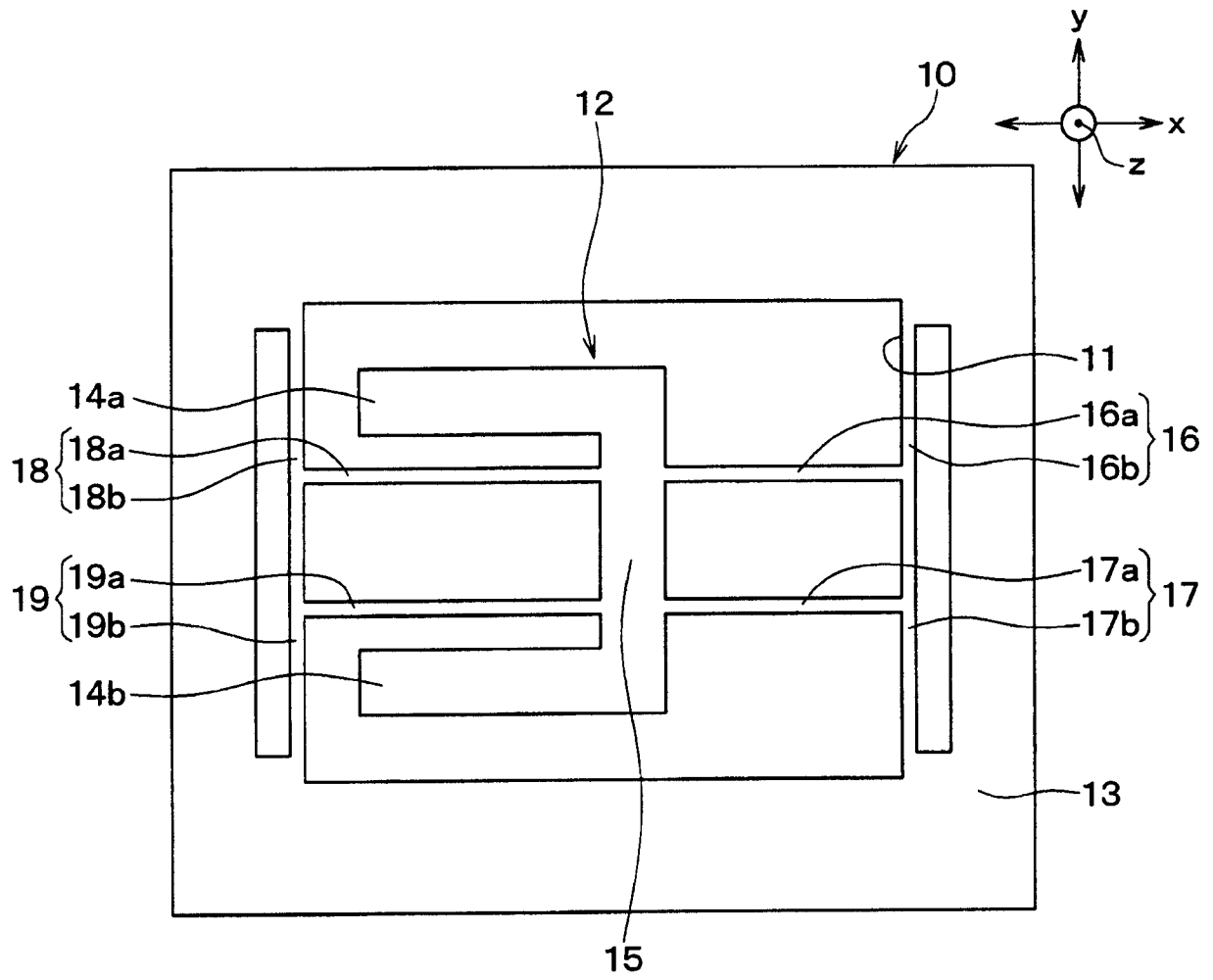
[図6B]



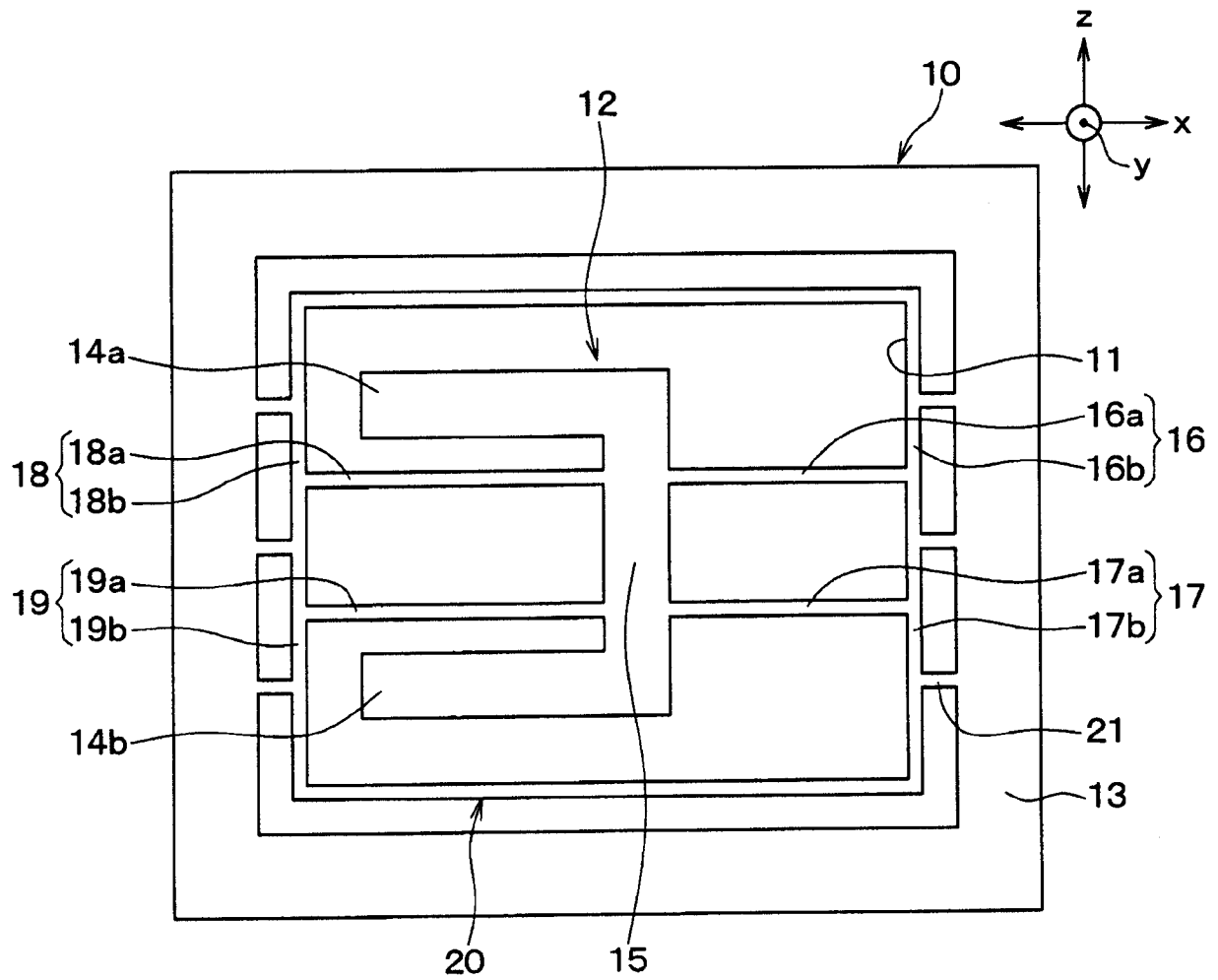
[図7]



[図8]



[図9]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2015/002918

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01C19/5656(2012.01)i, H01L41/113(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G01C19/00-19/72

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2015
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2015	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2015

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	JP 2013-181856 A (Seiko Epson Corp.), 12 September 2013 (12.09.2013), paragraphs [0021] to [0031], [0061] to [0062], [0069]; fig. 2, 5 to 6 (Family: none)	1-4 5
Y	JP 2011-075415 A (TDK Corp.), 14 April 2011 (14.04.2011), paragraphs [0021] to [0046]; fig. 4 (Family: none)	1-4
Y	JP 7-294262 A (Murata Mfg. Co., Ltd.), 10 November 1995 (10.11.1995), paragraphs [0073] to [0087] (Family: none)	2

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
 "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
 "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
 "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
 "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
 "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
 "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
 "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
07 August 2015 (07.08.15)

Date of mailing of the international search report
18 August 2015 (18.08.15)

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2015/002918

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2013-210283 A (Denso Corp.), 10 October 2013 (10.10.2013), paragraphs [0045] to [0053] & US 2013/0270659 A1 paragraphs [0051] to [0059]	4
A	JP 2014-006238 A (Denso Corp.), 16 January 2014 (16.01.2014), paragraphs [0048] to [0063] & US 2015/0168437 A1 paragraphs [0058] to [0073] & WO 2013/179647 A2 & DE 112013002769 T & CN 104350359 A	5

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））
Int.Cl. G01C19/5656(2012.01)i, H01L41/113(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. G01C19/00-19/72

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2015年
日本国実用新案登録公報	1996-2015年
日本国登録実用新案公報	1994-2015年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y A	JP 2013-181856 A（セイコーエプソン株式会社）2013.09.12, [0021]-[0031], [0061]-[0062], [0069], [図2], [図5]-[図6] （ファミリーなし）	1-4 5
Y	JP 2011-075415 A（TDK株式会社）2011.04.14, [0021]-[0046], [図4]（ファミリーなし）	1-4
Y	JP 7-294262 A（株式会社村田製作所）1995.11.10, [0073]-[0087]（ファミリーなし）	2

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。

☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）

「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

07.08.2015

国際調査報告の発送日

18.08.2015

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A/J P）

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

梶田 真也

電話番号 03-3581-1101 内線 3258

2 S

5551

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y	JP 2013-210283 A (株式会社デンソー) 2013. 10. 10, [0045]-[0053] & US 2013/0270659 A1 [0051]-[0059]	4
A	JP 2014-006238 A (株式会社デンソー) 2014. 01. 16, [0048]-[0063] & US 2015/0168437 A1 [0058]-[0073] & WO 2013/179647 A2 & DE 112013002769 T & CN 104350359 A	5