

(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
2010 年 12 月 9 日(09.12.2010)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2010/140574 A1

- (51) 国際特許分類:
G01P 15/125 (2006.01) H01L 29/84 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2010/059231
- (22) 国際出願日: 2010 年 6 月 1 日(01.06.2010)
- (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 2009-133981 2009 年 6 月 3 日(03.06.2009) JP
特願 2009-199145 2009 年 8 月 31 日(31.08.2009) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): アルプス電気株式会社 (ALPS ELECTRIC CO., LTD.) [JP/JP]; 〒1458501 東京都大田区雪谷大塚町 1 番 7 号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 大川 尚信 (OHKAWA, Hisanobu) [JP/JP]; 〒1458501 東京都大田区雪谷大塚町 1 番 7 号 アルプス電気株式会社内 Tokyo (JP). 菊入 勝也 (KIKUIRI, Katsuya) [JP/JP]; 〒1458501 東京都大田区雪谷大塚町 1 番 7 号 アルプス電気株式会社内 Tokyo (JP). 矢澤 久幸 (YAZAWA, Hisayuki) [JP/JP]; 〒1458501

東京都大田区雪谷大塚町 1 番 7 号 アルプス電気株式会社内 Tokyo (JP). 高橋 亨 (TAKAHASHI, Toru) [JP/JP]; 〒1458501 東京都大田区雪谷大塚町 1 番 7 号 アルプス電気株式会社内 Tokyo (JP). 宮武 亨 (MIYATAKE, Akira) [JP/JP]; 〒1458501 東京都大田区雪谷大塚町 1 番 7 号 アルプス電気株式会社内 Tokyo (JP).

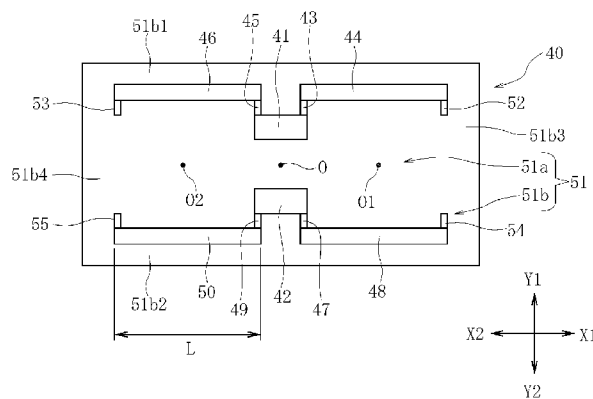
- (74) 代理人: 野▲崎▼ 照夫, 外 (NOZAKI, Teruo et al.); 〒1700013 東京都豊島区東池袋 1-2 1-11 オーク池袋ビルディング 3F Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, 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, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア

[続葉有]

(54) Title: PHYSICAL QUANTITY SENSOR

(54) 発明の名称: 物理量センサ

図1



(57) Abstract: Disclosed is a physical quantity sensor wherein the movable electrode has a wide area, the rigidity of the movable section can be heightened, and the vibration in the directions other than the detection direction can be effectively minimized. The physical quantity sensor comprises anchor sections (41, 42) secured and supported, a movable section (51) displacing in the height direction, multiple support sections (44, 46, 48, 50) swingably coupled to the anchor sections (41, 42) and the movable section (51), a sensing section for sensing the displacement of the movable section (51), and multiple spring sections (43, 45, 47, 49, 52 to 55) interposed between the support sections and the anchor sections and between the support sections and the movable section. The movable section (51) is configured so as to have an inner movable section (51a) coupled to the insides of the support sections through first spring sections (52 to 55) and an outer movable section (51b) integrated with the inner movable section (51a) and disposed outside the support sections.

(57) 要約:

[続葉有]



WO 2010/140574 A1



(AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ
(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, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF,
BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE,
SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

【課題】 特に、可動電極の面積を広くでき、可動部の剛性を高めることができ、更には検出方向以外の振動を効果的に抑制することが可能な物理量センサを提供することを目的としている。 【解決手段】 固定支持されるアンカ部 4 1、4 2 と、高さ方向に変位する可動部 5 1 と、前記アンカ部 4 1、4 2 と前記可動部 5 1 とに回動自在に連結された複数本の支持部 4 4、4 6、4 8、5 0 と、前記可動部 5 1 の変位を検知するための検知部と、前記支持部と前記アンカ部との間、及び前記支持部と前記可動部の間に介在する複数本のばね部 4 3、4 5、4 7、4 9、5 2～5 5 と、を有している。前記可動部 5 1 は、各支持部の内側にて第 1 ばね部 5 2～5 5 を介して連結される内側可動部 5 1 a と、前記内側可動部 5 1 a と一体となり前記支持部の外側に位置する外側可動部 5 1 b とを有して構成される。

明 細 書

発明の名称： 物理量センサ

技術分野

[0001] 本発明は、シリコン基板から切り出すなどして形成された可動部の高さ方向への変位量を検知し、これにより、外部から作用する加速度などの物理量の測定を可能とした物理量センサに関する。

背景技術

[0002] 例えば、物理量センサは、シリコン基板をエッチング処理して、高さ方向に変位可能に支持された可動部を備える。

[0003] かかる場合、例えば、下記の特許文献1のように、高さ方向に変位する可動部は、可動部の周囲に位置する支持梁にばね部を介して連結された構造である。

[0004] しかしながら従来では、支持梁の内側にのみ高さ方向へ変位する可動部を設ける構成としているため、前記可動部の面積が小さくなった。可動部は検知部の可動電極として構成されることから、可動電極の面積の低減により、検出精度が低下する問題があった。そして、物理量センサの小型化により益々、可動電極の面積が小さくなった。

[0005] また可動部が小さくなることで、可動部の剛性が低下し、物理量センサに衝撃等が加わった場合に、可動部が対向面に衝突等して変形したり、損傷を受ける問題があった。

[0006] また、検出方向（高さ方向）以外の振動を抑制して、検出精度を向上させることが必要であった。

先行技術文献

特許文献

[0007] 特許文献1：国際公開第2009/099125号のパフレット

特許文献2：特開2005-283393号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

- [0008] そこで本発明は、上記従来課題を解決するものであり、特に、可動電極の面積を広くでき、可動部の剛性を高めることができ、更には検出方向以外の振動を効果的に抑制することが可能な物理量センサを提供することを目的としている。

課題を解決するための手段

- [0009] 本発明における物理量センサは、
- 固定支持されるアンカ部と、高さ方向に変位する可動部と、前記アンカ部と前記可動部とに回動自在に連結された複数本の支持部と、前記可動部の変位を検知するための検知部と、前記支持部と前記アンカ部との間、及び前記支持部と前記可動部の間に介在する複数本のばね部と、を有しており、
- 前記可動部は、前記支持部の内側にて第1ばね部を介して連結される内側可動部と、前記内側可動部と一体となり前記支持部の外側に位置する外側可動部とを有して構成されることを特徴とするものである。
- [0010] このように、本発明では、支持部の内側に位置する内側可動部と一体に前記支持部の外側に外側可動部を設けたことで、可動電極の面積を大きくでき、また可動部の剛性を高めることができる。したがって検出精度及び信頼性（破壊耐性）を向上させることができる。
- [0011] 本発明では、前記外側可動部は棒体状で形成されることが好ましい。これにより、より効果的に、可動電極の面積を大きくでき、また可動部の剛性を高めることができる。
- [0012] また本発明では、前記外側可動部と前記支持部間が第2ばね部を介して連結されていることが好ましい。検出方向以外の振動を抑制でき、より効果的に、検出精度及び信頼性を向上させることができる。
- [0013] また本発明では、前記第1ばね部と前記第2ばね部とが前記支持部を介して対向した位置に設けられることが、より効果的に、検出方向以外の振動を抑制でき、好ましい。
- [0014] また本発明では、前記高さ方向に直交する平面内にて直交する2方向を左

右方向（Ｙ１－Ｙ２）、前後方向（Ｘ１－Ｘ２方向）としたとき、

前記内側可動部は、左方向（Ｙ１）の前方（Ｘ１）、左方向（Ｙ１）の後方（Ｘ２）、右方向（Ｙ２）の前方（Ｘ１）、右方向（Ｙ２）の後方（Ｘ２）の各位置で、前記第１ばね部を介して前記支持部に支持されることが好ましい。これにより、内側可動部から一体に外側可動部を形成しやすい。また可動部をバランスよく支持でき、前記可動部を高さ方向に適切に平行移動させやすい。

[0015] また本発明では、前記高さ方向に直交する平面内にて直交する２方向を左右方向（Ｙ１－Ｙ２）、前後方向（Ｘ１－Ｘ２方向）としたとき、

前記アンカ部は、左右方向（Ｙ）に間隔を空けて配置された左側アンカ部と、右側アンカ部とを有して構成され、

前記左側アンカ部から第３ばね部を介して前方（Ｘ１）に向けて延びる第１支持部と、前記左側アンカ部から前記第３ばね部を介して後方（Ｘ２）に向けて延びる第２支持部と、前記右側アンカ部から前記第３ばね部を介して前方（Ｘ１）に向けて延びる第３支持部と、前記右側アンカ部から前記第３ばね部を介して後方（Ｘ２）に向けて延びる第４支持部と、を有し、

各支持部の先端位置と前記内側可動部とが前記第１ばね部を介して連結されていることが好ましい。このように可動部を四隅で吊る構造としたことで、可動部をバランスよく支持でき、可動部を高さ方向へ平行移動させやすい。

[0016] また本発明では、各支持部の先端位置と前記外側可動部とが第２ばね部を介して連結され、各支持部を介して前記第１ばね部と前記第２ばね部とが対向した位置関係にあることが好ましい。これにより、より効果的に、検出方向以外の振動の発生を抑制でき、可動部の動作安定性を向上させることができ、検出精度及び信頼性をより効果的に向上させることができる。

[0017] また本発明では、前記左側アンカ部と第１支持部の間、あるいは、前記左側アンカ部と第２支持部の間の少なくともいずれか一方には前記第３ばね部が複数個、設けられ、

前記右側アンカ部と第 3 支持部の間、あるいは、前記右側アンカ部と第 4 支持部の間の少なくともいずれか一方には前記第 3 ばね部が複数個、設けられる構成によっても効果的に、検出方向以外の振動の発生を抑制でき、可動部の動作安定性を向上させることができる。

[0018] また本発明では、前記左側アンカ部と前記右側アンカ部の間には中央アンカ部が設けられ、

前記第 1 支持部あるいは前記第 2 支持部は、前記左側アンカ部及び前記中央アンカ部の双方に連結されており、

前記第 4 支持部あるいは前記第 3 支持部は、前記右側アンカ部及び前記中央アンカ部の双方に連結されていることが好ましい。これにより、より効果的に、検出方向以外の振動の発生を抑制できることが後述する実験で証明されている。

[0019] また本発明では、前記中央アンカ部、前記左側アンカ部及び前記右側アンカ部は、前記左右方向（Y）に延びる同一線上に配置されていることが好ましい。

[0020] また本発明では、前記第 1 支持部及び前記第 4 支持部、あるいは前記第 2 支持部及び前記第 3 支持部には、各支持部が回動して前記可動部が高さ方向に変位したときに前記可動部の変位方向に対し逆方向に変位して前記可動部の変位を抑制するための脚部が設けられていることが好ましい。これにより可動部に強い物理量が作用等しても可動部に対する負担や損傷を軽減でき、良好な検出精度を得ることができる。また可動部や対向する対向面側に突起等を設けずとも簡単な構造にて耐スティッキング性を向上させることができる。

発明の効果

[0021] 本発明の構成によれば、支持部の内側に位置する内側可動部と一体に前記支持部の外側に外側可動部を設けたことで、可動電極の面積を大きくでき、また可動部の剛性を高めることができる。したがって検出精度及び信頼性（破壊耐性）を向上させることができる。

[0022] 更には、検出方向以外の振動を抑制でき、可動部の動作安定性を向上させることができ、より効果的に、検出精度及び信頼性を向上させることができる。

図面の簡単な説明

[0023] [図1]本発明の実施形態における物理量センサを模式的に示した平面図、
[図2]図1よりも好ましい構造の物理量センサを模式的に示した平面図、
[図3]図1とは別の構造の物理量センサを模式的に示した平面図、
[図4]本発明の好ましい実施形態における物理量センサの平面図、
[図5]本実施形態の物理量センサが静止している状態を示す斜視図、
[図6]本実施形態の物理量センサが動作している状態を示す斜視図、
[図7]本実施形態の物理量センサが動作している状態を示す斜視図、
[図8]（a）は、図5の物理量センサの側面図、（b）は、図6の物理量センサの側面図、（c）は、図7の物理量センサの側面図、
[図9]図5に示す連結部付近を示す部分拡大斜視図、
[図10]図5に示す一部を拡大して示した部分拡大平面図、
[図11]本実施形態の脚部がストッパ面上に当接した状態を示す部分拡大断面図、
[図12]本発明の別の実施形態における物理量センサの平面図、
[図13]本発明の別の実施形態における物理量センサの平面図、
[図14]本発明の好ましい実施形態における物理量センサの平面図、
[図15]本発明の好ましい実施形態における物理量センサの平面図、
[図16]本発明の好ましい実施形態における物理量センサの平面図、
[図17]図4の物理量センサと図13の物理量センサとの検出モード、縦振動モード及び回転モードの各固有振動数を測定したグラフ。

発明を実施するための形態

[0024] 各図に示す物理量センサに関しては、Y方向が左右方向であり、Y1方向が左方向でY2方向が右方向、X方向が前後方向であり、X1方向が前方でX2方向が後方である。また、Y方向とX方向の双方に直交する方向が上下

方向（Z方向；高さ方向）である。

[0025] 図1は本実施形態における物理量センサを模式的に示した平面図である。

図1に示す物理量センサ40は、シリコン基板をエッチング（ディープR I E）等により微細加工して形成されたものである。なお、以下に説明する可動部と、各支持部及び各アンカ部は夫々分離して形成されている。

[0026] 図1に示すように物理量センサ40は、中心位置Oよりも左側（Y1）に位置する左側アンカ部41、中心位置Oよりも右方向（Y2）に位置する右側アンカ部42を備える。中心位置Oは、可動部51の左右方向（Y）の長さ及び前後方向（X）の長さの中心、あるいは、物理量センサの左右方向（Y）の長さ及び前後方向（X）の長さの中心である。左側アンカ部41のX1-X2方向の中心、右側アンカ部42のX1-X2方向の中心、及び中心位置OはY1-Y2方向の同軸上に位置している。

[0027] 前記アンカ部41、42は図示しない支持基板（シリコン基板）に絶縁層（SiO₂層）を介して固定支持されている。

[0028] 図1に示すように左側アンカ部41から第3ばね部43を介して前方（X1）に向けて第1支持部44が延出して形成されている。また、図1に示すように左側アンカ部41から第3ばね部45を介して後方（X2）に向けて第2支持部46が延出して形成されている。

[0029] また図1に示すように右側アンカ部42から第3ばね部47を介して前方（X1）に向けて第3支持部48が延出して形成されている。また、図1に示すように右側アンカ部42から第3ばね部49を介して後方（X2）に向けて第4支持部50が延出して形成されている。

[0030] 各支持部44、46、48、50は、いずれも一定幅の直線形状（帯状）で形成されている。

[0031] 図1に示すように、各支持部44、46、48、50により囲まれた内側に内側可動部51aが設けられている。そして、各支持部44、46、48、50の先端位置（アンカ部41、42との接続位置と反対側の位置）と内側可動部51aの側部とが第1ばね部52～55を介して連結されている。

図 1 に示すように内側可動部 5 1 a の四隅が第 1 ばね部 5 2 ~ 5 5 を介して各支持部 4 4, 4 6, 4 8, 5 0 に連結されている。

[0032] 図 1 に示すように、第 1 ばね部 5 2 と第 1 ばね部 5 4、及び第 1 ばね部 5 3 と第 1 ばね部 5 5 は Y 1 - Y 2 方向で対向した位置に設けられる。また、第 1 ばね部 5 2 と第 1 ばね部 5 3、及び第 1 ばね部 5 4 と第 1 ばね部 5 5 とは X 1 - X 2 方向にて対向した位置に設けられる。

[0033] 図 1 に示すように、内側可動部 5 1 a と一体となって、各支持部 4 4, 4 6, 4 8, 5 0 の外側の位置に外側可動部 5 1 b が形成されている。内側可動部 5 1 a と外側可動部 5 1 b とで可動部 5 1 が構成される。

[0034] 図 1 に示すように外側可動部 5 1 b は、第 1 支持部 4 4 及び第 2 支持部 4 6 の Y 1 側にて X 1 - X 2 方向に延出して形成された第 1 外側可動片 5 1 b 1 と、第 3 支持部 4 8 及び第 4 支持部 5 0 の Y 2 側にて X 1 - X 2 方向に延出して形成された第 2 外側可動片 5 1 b 2 と、第 1 外側可動片 5 1 b 1 と第 2 外側可動部 5 1 b 2 間を X 1 側にて連結し、Y 1 - Y 2 方向に向けて延出する第 3 外側可動片 5 1 b 3 と、第 1 外側可動片 5 1 b 1 と第 2 外側可動片 5 1 b 2 間を X 2 側にて連結し、Y 1 - Y 2 方向に向けて延びる第 4 外側可動片 5 1 b 4 とで構成された枠体状となっている。

[0035] そして、内側可動部 5 1 a の X 1 - X 2 方向の側部が第 3 外側可動片 5 1 b 3 及び第 4 外側可動片 5 1 b 4 と一体となっている。

[0036] 可動部 5 1 は、各第 1 ばね部 5 2 ~ 5 5 により吊られ、上記した支持基板の表面から浮いた状態で支持されている。

[0037] 各第 1 ばね部 5 2 ~ 5 5 及び各第 3 ばね部 4 3, 4 5, 4 7, 4 9 は、支持部 4 4, 4 6, 4 8, 5 0 に比べて幅寸法が小さく、あるいは、膜厚が薄く形成されており、第 1 ばね部 5 2 ~ 5 5 及び第 3 ばね部 4 3, 4 5, 4 7, 4 9 は弾性変形可能な部分となっている。一方、各支持部 4 4, 4 6, 4 8, 5 0 は幅寸法が広く形成されて剛性が高く、可動部 5 1 と各支持部 4 4, 4 6, 4 8, 5 0 との間、及び各アンカ部 4 1, 4 2 と各支持部 4 4, 4 6, 4 8, 5 0 との間は高さ方向に回動自在に連結されている。

- [0038] 図1に示す物理量センサ40に外部から例えば加速度が与えられると、加速度は、可動部51及び各アンカ部41、42に作用する。このとき、可動部51は慣性力によって絶対空間内で留まろうとし、その結果、各アンカ部41、42に対して可動部51が加速度の作用方向と逆の方向へ相対的に移動する。
- [0039] このとき、各支持部44、46、48、50が高さ方向に回動動作し、一方、各第1ばね部52～55及び各第3ばね部43、45、47、49は振れ変形する。これにより、可動部51を高さ方向に平行移動させることが出来る。
- [0040] 図1に示す本実施形態では、可動部51に、各支持部の外側に位置し、内側可動部51aと一体に形成された外側可動部51bを設けている。
- [0041] 可動部51は、検知部の可動電極を構成している。可動部51と対向して固定電極（図示しない）が設けられ、可動部51が変位することで、例えば静電容量が変化することで、可動部51の変位量を検出することが出来る。
- [0042] 図1に示す本実施形態では、可動部51を内側可動部51aのみならず、内側可動部51aと一体となって、各支持部44、46、48、50の外側に外側可動部51bを設けたことで、可動電極の面積を広くでき、且つ可動部51の剛性を高めることができる。したがって、物理量センサ40の小型化においても検出精度を従来に比べて向上させることができ、且つ信頼性（破壊耐性）を向上させることができる。
- [0043] ところで揺動自在に支持された可動部2を備える物理量センサ40では、検出方向（高さ方向）以外の振動を抑制できるようにしなければ効果的に検出精度を向上させることができない。
- [0044] そこで、ばね部の配置を次の図2のように設定することで、より効果的に検出方向以外の振動を抑制することができる。
- [0045] 図2は、本実施形態における物理量センサ60を模式的に示した平面図である。図2において、図1と同じ符号が付された部分は図1と同じ部分を示している。

- [0046] 図2に示す実施形態では、外側可動部51bと各支持部44, 46, 48, 50間が第2ばね部61~64を介して連結されている。
- [0047] 図2に示すように第2ばね部61は、第1支持部44の先端位置（アンカ部41と接続される側と反対側の位置）と外側可動部51bの側部との間に介在している。そして、第1ばね部52と第2ばね部61とが第1支持部44のY1-Y2方向の両側にて対向している。
- [0048] また図2に示すように第2ばね部62は、第2支持部46の先端位置（アンカ部41と接続される側と反対側の位置）と外側可動部51bの側部との間に介在している。そして、第1ばね部53と第2ばね部62とが第2支持部46のY1-Y2方向の両側にて対向している。
- [0049] また図2に示すように第2ばね部63は、第3支持部48の先端位置（アンカ部42と接続される側と反対側の位置）と外側可動部51bの側部との間に介在している。そして、第1ばね部54と第2ばね部63とが第3支持部48のY1-Y2方向の両側にて対向している。
- [0050] また図2に示すように第2ばね部64は、第4支持部50の先端位置（アンカ部42と接続される側と反対側の位置）と外側可動部51bの側部との間に介在している。そして、第1ばね部55と第2ばね部64とが第4支持部50のY1-Y2方向の両側にて対向している。
- [0051] 図2に示すように、第1支持部44及び第3支持部48に接続された各ばね部52, 54, 61, 63はY1-Y2方向の軸上に一列に配置されている。また、第4支持部46及び第4支持部50に接続された各ばね部53, 55, 62, 64は、Y1-Y2方向の軸上に一列に配置されている。また、第1ばね部52と第1ばね部53、第1ばね部54と第1ばね部55、第2ばね部61と第2ばね部62、及び、第2ばね部63と第2ばね部64はいずれもX1-X2方向に対向した位置関係となっている。
- [0052] 図1のように、各支持部44, 46, 48, 50を第1ばね部52~55を介して内側可動部51aとのみ連結した構成では、特に左右方向（Y1-Y2方向）の変位に対しては、片持ち梁の変形と同様に変位量が大きくなり

やすい。そこで、図2に示すように、各支持部44、46、48、50の両側を第1ばね部52～55及び第2ばね部61～64を介して内側可動部51aと外側可動部51bとに連結したことで、検出方向（高さ方向）以外の振動、特に左右方向（Y1-Y2方向）の振動をより効果的に抑制することが可能になる。

[0053] 例えば、図1のように、内側可動部51aと各支持部44、46、48、50との間のみに第1ばね部52～55を配置した構成では、検出方向（高さ方向）の振動モードの固有振動数が2.44kHzで、左右方向（Y1-Y2）の振動モードの固有振動数が5.65kHzであった。一方、図2のように、内側可動部51aと各支持部44、46、48、50との間に第1ばね部52～55を配置し、さらに、外側可動部51bと各支持部44、46、48、50との間に第2ばね部61～64を配置した構成では、検出方向（高さ方向）の振動モードの固有振動数が2.20kHzで、左右方向（Y1-Y2）の振動モードの固有振動数が6.15kHzであった。このように、図2の構成のほうが、検出方向での固有振動数と、左右方向（Y1-Y2）での固有振動数とを効果的に離すことができ、その結果、可動部2の運動安定性が向上し、検出精度及び信頼性をより効果的に向上させることができる。

[0054] なお本実施形態では、各支持部44、46、48、50の前後方向（X1-X2方向）への長さ寸法Lを長くすることで、可動部51（あるいは物理量センサ）の中心位置Oを回転軸として回転する振動モードを抑制しやすくなる。

[0055] 特に、可動部51（あるいは物理量センサ）の中心位置Oよりも前方（X1）に位置する可動部51の前方領域の質点O1及び、中心位置Oよりも後方（X2）に位置する可動部51の後方領域の質点O2が共に、内側可動部51aの領域内（あるいはY1-Y2方向にて対向する各支持部の間の領域内）にあることで、前記回転モードを抑制することが出来る。

[0056] 図3に示す物理量センサ70は、図1に示す物理量センサ40の変形例を

模式的に示した平面図である。なお図 3 において、図 1 と同じ符号は図 1 と同じ部分を示している。

- [0057] 図 3 に示す物理量センサ 70 では、第 1 可動部 71 と第 2 可動部 72 とが設けられ、これら可動部 71, 72 は高さ方向に対して逆方向に変位するように支持されている。第 1 可動部 71 と第 2 可動部 72 とは異なる質量で形成される。
- [0058] 図 3 に示すように、第 2 支持部 73 及び第 3 支持部 76 は、図 1 と異なって全体が直線状でなく途中で屈曲したクランク形状で形成されている。
- [0059] 第 2 支持部 73 は、左側アンカ部 41 と第 3 ばね部 74 を介して接続された位置から、第 1 支持部 44 よりも内側の位置であって前方 (X1) に向けて延びる連結腕 73a を備え、連結腕 73a の先端部は第 4 ばね部 75 を介して第 2 可動部 72 に連結されている。
- [0060] また図 3 に示すように、第 3 支持部 76 は、右側アンカ部 42 と第 3 ばね部 77 を介して接続された位置から、第 4 支持部 50 よりも内側の位置であって後方 (X2) に向けて延びる連結腕 76a を備え、連結腕 76a の先端部は第 4 ばね部 78 を介して第 2 可動部 72 に連結されている。
- [0061] 図 3 に示すように、第 1 可動部 71 は、各支持部 44, 73, 76, 50 の内側であって各第 1 ばね部 52 ~ 55 を介して各支持部 44, 73, 76, 50 と連結される内側可動部 71a と、前記内側可動部 71a と一体となって各支持部 44, 73, 76, 50 の外側に位置する枠体状の外側可動部 71b とで構成される。
- [0062] 図 3 に示す実施形態では、第 1 可動部 71 と第 2 可動部 72 とで質量差を持たせているが、第 1 可動部 71 に外側可動部 71b を設けたことで前記質量差を大きくしやすい。
- [0063] そして図 3 の構成とすることで、第 1 可動部 71 と固定部との間の静電容量の変化と第 2 可動部 72 と固定部との間の静電容量の変化とが逆の出力となる。この静電容量の変化の差を求めることにより、可動部の移動状態を高感度で且つ温度変化などに起因するノイズを相殺して検出することができる。

。

[0064] 図4はより好ましい物理量センサの構造を示す平面図である。

図4と図5に示すように、物理量センサ1は、長方形の長辺1a, 1bおよび短辺1c, 1dで囲まれた外枠部分が可動部2である。長辺1a, 1bの延びる方向が前後方向であり、短辺1c, 1dの延びる方向が左右方向である。

[0065] 図4に示す物理量センサ1の長方形の長辺1a, 1bの長さ寸法は1mm以下であり、短辺1c, 1dの長さ寸法は0.8mm以下である。さらに、厚み寸法は0.1mm以下である。

[0066] 図4, 図5に示すように第1支持部3と第4支持部4の平面形状はクランク状で形成されている。

[0067] 図4に示すように第1支持部3は、前方(X1)に延びる第1連結腕3aと、後方(X2)に延びる脚部3bとが一体に形成されている。なお、ここで、第1連結腕3aは、中央アンカ部5及び左側アンカ部6との連結位置である支点連結部12a, 12bから前方(X1)に位置する側であり、脚部3bは、前記支点連結部12a, 12bから後方(X2)に位置する側と規定する。

[0068] また図4に示すように第4支持部4は、後方(X2)に延びる第1連結腕4aと、前方(X1)に延びる脚部4bとが一体に形成されている。なお、ここで、第1連結腕4aは、中央アンカ部5及び右側アンカ部7との連結位置である支点連結部13a, 13bから後方(X2)に位置する側であり、脚部4bは、前記支点連結部13a, 13bから前方(X1)に位置する側と規定する。

[0069] 第1連結腕3a, 4a及び脚部3b, 4bは各アンカ部5~7から離れる方向であって、前後方向(X1-X2方向)に平行に所定の幅寸法にて延出する形状で形成されている。例えば、図4に示すように、各支持部3, 4の第1連結腕3a, 4a及び脚部3b, 4bの幅寸法(Y1-Y2方向への寸法)はほぼ同じとされている。

- [0070] 図4に示すように第1支持部3と第4支持部4は、点対称で形成されている。よって各アンカ部5～7から見て、第1支持部3の第1連結腕3aと第4支持部4の第1連結腕4aの延出方向、及び第1支持部3の脚部3bと第4支持部4の脚部4bの延出方向がそれぞれ逆になっている。
- [0071] 図4に示すように、中央アンカ部5、左側アンカ部6及び右側アンカ部7が設けられている。図4に示すように物理量センサ1の短辺1cと短辺1dとの中点において左右方向（Y）に延びる線を横中心線Oxとしたときに、中央アンカ部5、左側アンカ部6及び右側アンカ部7の夫々を前後方向に二分する中点が、前記横中心線Ox上に位置している。また中央アンカ部5、左側アンカ部6及び右側アンカ部7の前後方向（X）の幅寸法は略同一である。
- [0072] 例えば各アンカ部5～7は図8（a）に示す固定部（支持基板）10に固定支持される。この固定部10は例えばシリコン基板であり、各アンカ部5～7と固定部10との間には図示しない酸化絶縁層（SiO₂層）が介在している。固定部10、酸化絶縁層、及び図1に示す可動部2、支持部3、4及びアンカ部5～7等を構成するシリコン基板は、例えばSOI基板である。図8（a）に示す静止状態において可動部2と固定部10との間の間隔T1は、1～5μm程度である。
- [0073] 図4、図5に示すように、可動部2と、各支持部3、4及び各アンカ部5～7は夫々分離して形成されている。このうち、各アンカ部5～7と固定部10との間には上記した酸化絶縁層が介在し、各アンカ部5～7が固定部10に固定支持された状態になっているが、可動部2及び各支持部3、4と、固定部10との間には酸化絶縁層は存在せず、可動部2及び各支持部3、4と固定部10との間は空間となっている（図8（a））。
- [0074] 図4に示すように、第1支持部3の第1連結腕3aの先端部と可動部2とが連結部11aにおいて回動自在に連結されており、第4支持部4の第1連結腕4aの先端部と可動部2とが連結部11bにおいて回動自在に連結されている。

[0075] また図4に示すように、第1支持部3の第1連結腕3aは左側アンカ部6との近接位置で二股に分かれ、左側アンカ部6と中央アンカ部5との間に位置する部分と中央アンカ部5及び左側アンカ部6とが支点連結部12a, 12bにおいて回動自在に連結されている。また図4に示すように、第4支持部4の第1連結腕4aは、右側アンカ部7との近接位置で二股に分かれ、右側アンカ部7と中央アンカ部5との間に位置する部分と中央アンカ部5及び右側アンカ部7とが支点連結部13a, 13bにおいて回動自在に連結されている。

[0076] また図4に示す実施形態では、左側アンカ部6の後方(X2)に、可動部2及び左側アンカ部6と分離して形成された第2支持部14が設けられ、右側アンカ部7の前方(X1)に、可動部2及び右側アンカ部7と分離して形成された第3支持部15が設けられている。第2支持部14と第3支持部15は点対称で形成される。また、第2支持部14及び第3支持部15は、左側アンカ部6や右側アンカ部7から離れる方向であって、前後方向(X1-X2方向)に平行に所定幅にて延出して形成されている。第2支持部14及び第3支持部15の幅寸法(Y1-Y2方向への寸法)は、第1連結腕3a, 4aの幅寸法と同じであることが好ましい。

[0077] そして、図4に示すように第2支持部14の先端部と可動部2とは、連結部16aにおいて、回動自在に連結されている。また、第3支持部15の先端部と可動部2とは、連結部16bにおいて、回動自在に連結されている。また図4に示すように、第2支持部14と左側アンカ部6とは、支点連結部17aにおいて、回動自在に連結されている。また第3支持部と右側アンカ部7とは、支点連結部17bにおいて、回動自在に連結されている。

[0078] 図4に示すように、第1支持部3の第1連結腕3a及び第2支持部14はともに、左側アンカ部6よりも左方向(Y1)の位置にて延出する後端部3c, 14aを備えており、第1連結腕3aの後端部3cと、第2支持部14の後端部14aとが所定の間隔を空けて対向配置されている。そして、第1連結腕3aの後端部3cと第2支持部14の後端部14aとの間が連結部1

8 a を介して連結されている。また図 4 に示すように、第 4 支持部 4 の第 1 連結腕 4 a 及び第 3 支持部 1 5 はともに、右側アンカ部 7 よりも右方向（Y 2）の位置にて延出する後端部 4 c，1 5 a を備えており、第 1 連結腕 4 a の後端部 4 c と、第 3 支持部 1 5 の後端部 1 5 a とが所定の間隔を空けて対向配置されている。そして、第 1 連結腕 4 a の後端部 4 c と第 3 支持部 1 5 の後端部 1 5 a との間が連結部 1 8 b を介して連結されている。

[0079] ここで、第 1 支持部 3 の第 1 連結腕 3 a の先端部から後端部 3 c までの X 1－X 2 方向への長さ寸法、第 4 支持部 4 の第 1 連結腕 4 a の先端部から後端部 4 c までの X 1－X 2 方向への長さ寸法、第 2 支持部 1 4 の先端部から後端部 1 4 a までの X 1－X 2 方向への長さ寸法、及び、第 3 支持部 1 5 の先端部から後端部 1 5 a までの X 1－X 2 方向への長さ寸法は、それぞれ同一寸法に調整されている。

[0080] 図 9 は図 4 に示す連結部 1 6 b 付近を拡大して示した部分拡大斜視図である。

図 5 に示すように、連結部 1 6 a では、可動部 2 に溝 1 9 が形成されており、この溝 1 9 の内部において、第 3 支持部 1 5 と、可動部 2 とを繋ぐ第 1 ばね部（トーションバー）2 0 a が設けられている。この第 1 ばね部 2 0 a は、可動部 2 および第 3 支持部 1 5 と同様にシリコンで形成されている。すなわち、長方形のシリコン基板をエッチングして、可動部 2 や第 3 支持部 1 5 を分離する際に、可動部 2 と第 3 支持部 1 5 とを連結するようにシリコン基板の一部を残しシリコンを円柱状や角柱状に加工して、第 1 ばね部 2 0 a が形成されている。図 9 では、第 1 ばね部 2 0 a の厚さは、可動部 2 の厚さに比べて薄くなっているが、同じ厚さであってもよい。すなわち第 1 ばね部 2 0 a となる部分のシリコン基板をエッチングにて幅細に切り出すことで、ばね性を持たせることが出来る。

[0081] 図 9 に示す構造は、図 1 に示す各連結部 1 1 a，1 1 b，1 6 a においても同様である。

[0082] また図 1 0 は、中央アンカ部 5 と右側アンカ部 7、及びその周囲部を拡大

して示した部分拡大平面図である。

- [0083] 図10に示すように、各支点連結部12a, 13a, 13b, 17bにおいても溝内に第3ばね部（トーションバー）20b～20eが設けられて各アンカ部5, 7と第1連結腕3a, 4a及び第3支持部15が第3ばね部（トーションバー）20b～20eを介して連結されている。また図示しなかった左側アンカ部6と第1連結腕3a及び第2支持部14との支点連結部12b, 17aにおいても図10と同様の構造で形成されている。
- [0084] 図4に示すように、連結部11a, 16bに設けられた第1ばね部は、左右方向（Y）において同軸上に設けられる。また、連結部16a, 11bに設けられた第1ばね部は、左右方向（Y）において同軸上に設けられる。また、支点連結部12a, 12b, 17bに設けられた第3ばね部は、左右方向（Y）において同軸上に設けられる。また、支点連結部13a, 13b, 17aに設けられた第3ばね部は、左右方向（Y）において同軸上に設けられる。
- [0085] また図10に示すように、第3支持部15の後端部15aと第4支持部4の第1連結腕4aの後端部4c間に位置する連結部18cには溝21内に折り曲げ形成された第5ばね部22が設けられ、第5ばね部22の一方の端部が第3支持部15の後端部15aに、第5ばね部22の他方の端部が第4支持部4の第1連結腕4aの後端部4cに接続されている。第5ばね部22が前後方向（X）に平行に伸びず迂回しているのは、幅細の第5ばね部22の長さ寸法を稼いでばね定数を小さくし、第3支持部と第4支持部間を強固に結合しないためである。また、連結部18a, 18bに設けられた第5ばね部は、左右方向（Y）において同軸上に設けられる。また、連結部18aに設けられた第5ばね部と、連結部18bに設けられた第5ばね部とは点対称で形成される。
- [0086] 各ばね部が捻り変形することで、各支持部を可動部2及び各アンカ部5～7に対して回動させることが出来る。また、各ばね部を形成しているシリコンが弾性材料であるため、可動部2などに外力が作用していないときは、図

4 および図 5 に示すように、各ばね部の弾性復元力により、可動部 2 の表面と各支持部及び各脚部の表面とが同一面となるように復元する。

[0087] 図 8 (a) に示すように、物理量センサ 1 には、可動部 2 と高さ方向にて離れた一方に固定部 10 と他方に対向部（対向部；カバー部材）30 が設けられる。図 8 (a) の静止状態において、可動部 2 と対向部 30 との間の間隔 T_2 は、 $1 \sim 5 \mu m$ 程度である。

[0088] また図 8 (a) には図示しないが、対向部 30 の表面 30a には、固定電極が設けられている。対向部 30 は例えばシリコン基板であり、固定電極は、対向部 30 の表面 30a に絶縁層を介して導電性金属材料をスパッタしまたはメッキすることで形成されている。

[0089] また、可動部 2 の表面（下面）2c には、対向部 30 に形成された固定電極に対面する可動電極（図示しない）が絶縁層を介してスパッタやメッキ工程で形成されている。あるいは、可動部 2 が、低抵抗シリコン基板などの導電性材料で形成されている場合には、可動部 2 それ自体を可動電極として使用することも可能である。

[0090] この物理量センサ 1 は、外部から力（加速度等）が作用していないときに、各ばね部の弾性復元力により、図 5、図 8 (a) に示すように、全ての部分の表面が同一平面となった状態を維持している。

[0091] 物理量センサ 1 に外部から例えば加速度が与えられると、加速度は、可動部 2 及び各アンカ部 5～7 に作用する。このとき、可動部 2 は慣性力によって絶対空間内で留まろうとし、その結果、各アンカ部 5～7 に対して可動部 2 が加速度の作用方向と逆の方向へ相対的に移動する。

[0092] 図 6 及び図 8 (b) は、アンカ部 5～7、固定部 10 及び対向部 30 に対して下向きの加速度が作用したときの動作を示している。このとき、可動部 2 は慣性力により図 5 及び図 8 (a) の静止状態の位置から上方向へ向けて変位すべく、第 1 支持部 3 が支点連結部 12a、12b を中心に高さ方向に回動し、第 4 支持部 4 が支点連結部 13a、13b を中心として高さ方向に回動し、第 2 支持部 14 が支点連結部 17a を中心として高さ方向に回動し

、第3支持部15が支点連結部17bを中心として高さ方向に回転する。図4等に応示するように、各支持部3、4、14、15の左右方向（Y）への幅寸法は、第1ばね部の幅よりも十分に大きく、各支持部3、4、14、15の剛性は高い。このため、可動部2が高さ方向へ変位する際、各支持部3、4、14、15自体が例えば曲がったり振れたりとはほとんどせず、各支持部3、4、14、15は略直方体形状を保ちながら適切に回転動作する。一方、この回転動作時、各連結部11a、11b、16a、16b及び支点連結部12a、12b、13a、13b、17a、17bに設けられた第1ばね部及び第3ばね部は振れ変形する。さらに、図4、図6、図8（b）に示すように、第2支持部14の後端部14aと第1支持部3の第1連結腕3aの後端部3cとの間が第5ばね部により連結され、第3支持部15の後端部15aと第4支持部4の第1連結腕4aの後端部4cとの間が第5ばね部により連結されている。よって、図6、図8（b）に示すように可動部2が高さ方向へ変位したときに、各支持部14、15の後端部14a、15aと各支持部（連結腕）3、4（3a、4a）の後端部3c、4cの高さ位置がばらつくのを抑制できる。

[0093] 本実施形態の可動部2の支持機構により可動部2を高さ方向に安定して平行移動させることが出来る。

[0094] また図6及び図8（b）に示すように、第1支持部3が支点連結部12a、12bを中心として高さ方向に回転し、第4支持部4が支点連結部13a、13bを中心として高さ方向に回転したときに、第1連結腕3a、4aの先端部は上方に向けて変位し、一方、脚部3b、4bの先端部は下方に変位する。図6、図8（b）に示すように、脚部3b、4bの先端部31、32がアンカ部5～7の位置よりも下方に向けて突出する。

[0095] さらに加速度が加わって可動部2が上方へ変位すると、第1支持部3及び第4支持部4の更なる回転動作により、脚部3b、4bの先端部31、32のアンカ部5～7からの突出量がさらに大きくなる（図7、図8（c）参照）。このとき可動部2が固定部10の表面10aに当接するよりも先に、図

8 (c) に示すように脚部 3 b, 4 b の先端部 3 1, 3 2 が対向部 3 0 の表面 (ストッパ面) 3 0 a に当接し、可動部 2 が図 8 (c) の状態よりもさらに上方に変位できなくなり、可動部 2 の変位が抑制される。このように脚部 3 b, 4 b と対向部 3 0 の表面 (ストッパ面) 3 0 a とで可動部 2 の変位を抑制するストッパ機構が構成されている。

[0096] このように本実施形態では、可動部 2 の変位方向とは逆方向に変位する脚部 3 b, 4 b を設け、可動部 2 の変位を抑制するストッパ機構を設けたことで、可動部 2 に強い物理量が作用したり、物理量が長時間にわたって作用した場合でも、各連結部に対する負担や損傷を低減できる。また可動部 2 が固定部 1 0 の表面 1 0 a に当接するよりも先に上記のストッパ機構により可動部 2 の高さ方向への変位が抑制されるため、可動部 2 が固定部 1 0 に衝突する等の不具合を防止することが出来る。

[0097] また本実施形態では、脚部 3 b, 4 b の先端部 3 1, 3 2 が図 8 (c) に示すように対向部 3 0 の表面 3 0 a に線接触あるいは点接触で当接する。したがって、面接触の場合に比べてより効果的に耐スティッキング性を向上させることができる。ただし図 1 1 に示すように脚部 3 b, 4 b の先端部 3 1, 3 2 の角部 3 1 a, 3 2 a (先端面 3 1 b, 3 2 b と下面 (対向部との対向面) 3 1 c, 3 2 c とが交わる部分) を凸型の R 状とすることで、脚部 3 b, 4 b あるいは対向部 3 0 の表面 3 0 a に設けられた突起部 3 5 に対する損傷を抑制することができ好適である。

[0098] また本実施形態では、物理量センサ 1 の小型化を促進でき且つ薄型化を実現できる。すなわち脚部 3 b, 4 b を有する支持部 3, 4 をシリコン基板の厚さ範囲内で形成でき、また図 8 (a) の静止状態での可動部 2 と対向部 3 0 との間の間隔 T 2 を狭小化することで物理量センサ 1 の薄型化を実現できる。なお、可動部 2 と対向部 3 0 との間の間隔 T 2 を狭小化しても、脚部 3 b, 4 b の前後方向 (X) の長さ寸法を調整することで、可動部 2 が所定量、変位できるように調整でき、所定のセンサ感度を保つことができる。また図 1 1 に示すように、対向部 3 0 の表面 3 0 a に突起部 3 5 (例えば固定電

極として機能させることも出来る)が設けられ、この突起部35の表面(この表面がストッパ面となる)に脚部3b, 4bの先端部31, 32が当接する形態では、突起部35の厚さ寸法も加味して、可動部2と対向部30との間の間隔T2や、脚部3b, 4bの前後方向(X)の長さ寸法を調整する。

[0099] 図11では、突起部35が脚部3b, 4bの先端部31, 32と当接する位置にあるが、突起部35は可動部2と高さ方向で対向する位置に設けられることが必要であり、図11と違って、突起部35が脚部3b, 4bの先端部31, 32と当接しない位置にあってもよい。かかる場合、脚部3b, 4bの先端部31, 32は対向部30の表面30aに当接することとなる。

[0100] なお図8に示す実施形態の物理量センサ1は、物理量の作用により、可動部2がアンカ部5~7よりも上方に変位するように設置されているが、物理量の作用により可動部2がアンカ部5~7よりも下方に変位する場合には、本実施形態の物理量センサ1を図8(a)の状態から上下反転させて使用すればよい。また、物理量の作用により可動部2がアンカ部5~7の上下方向に変位するような場合は、図8(a)の静止状態にて可動部2と固定部10の表面10aとの間の間隔T1を、可動部2と対向部30の表面30aとの間の間隔T2と同程度に狭小化するか、あるいは、対向部30の表面30aに突起(図示しない)等を設けて、可動部2が下方に変位した場合でも、可動部2が直接、対向部30の表面30aに当接しないように構成するとよい。

[0101] なお、加速度が小さい場合は、脚部3b, 4bは、対向部30の表面(ストッパ面)30aに当接しない。脚部3b, 4bは、可動部2がある所定以上に変位するのを抑制するためのものであり、物理量が生じたときに脚部3b, 4bが必ず、対向部30の表面(ストッパ面)30aに当接するわけではない。

[0102] 図4に示す実施形態においても可動部2は、各支持部3, 4, 14, 15の内側に設けられる内側可動部2aと、前記内側可動部2aと一体となつて、各支持部3, 4, 14, 15の外側に設けられる外側可動部2bとで構成

される。外側可動部 2 b は棒体状で形成されている。これにより、可動部 2 の剛性を高めることができ、また検知部の可動電極の面積を広げることができ、検出精度及び信頼性に優れた物理量センサ 1 を製造できる。

[0103] また、図 4 に示す実施形態では、中央アンカ部 5 と、左側アンカ部 6 と、右側アンカ部 7 とが設けられている。そして、各アンカ部 5 ～ 7 の中心が左右方向（Y）に延びる横中心線 O x 上に配置されている。このため各支点連結部 1 2 a, 1 2 b, 1 3 a, 1 3 b, 1 7 a, 1 7 b が横中心線 O x から前後方向に大きく離れていない。これにより、例えば、各アンカ部 5 ～ 7 を固定支持する固定部 1 0 に熱による歪みや外力による歪みが生じたときでも、各支点連結部 1 2 a, 1 2 b, 1 3 a, 1 3 b, 1 7 a, 1 7 b が上下に大きく動くのを抑えることが出来る。そのため、可動部 2 が加速度等が作用していない中立姿勢から上下方向にずれるのを抑制でき、オフセットノイズ（前記中立姿勢からのずれに基づく出力）を低減することが出来る。

[0104] また図 4 に示す実施形態では、左側アンカ部 6 と右側アンカ部 7 のみならず中央アンカ部 5 を設け、第 1 支持部 3 を左側アンカ部 6 及び中央アンカ部 5 の双方に連結し、第 4 支持部 4 を右側アンカ部 7 及び中央アンカ部 5 の双方に連結している。図 4 に示す実施形態では、可動部 2 と各支持部間を連結する第 1 ばね部と、各アンカ部と各支持部間を連結する第 3 ばね部との総数が 1 0 本である。このようにアンカ部 5 ～ 7 を 3 つ設け、更にばね部の配置及び本数を調整することで、より効果的に検出方向（高さ方向）以外の振動を抑制でき、可動部 2 の検出方向以外の動作を抑制できる。したがって、図 4 に示す物理量センサ 1 では、より効果的に検出精度及び信頼性（破壊耐性）を向上させることができる。

[0105] すなわち図 1 2 に示すようにアンカ部を、左側アンカ部 6 と右側アンカ部 7 だけにし、中央アンカ部 5 を省略することも出来るが、以下の表 1 に示すように、図 1 2 のように中央アンカ部 5 を省略した物理量センサでは、図 4 のように、左側アンカ部 6 及び右側アンカ部 7 と、さらに中央アンカ部 5 を設けた実施形態に比べて、高さ方向（Z）での固有振動数と、左右方向（Y

）での固有振動数が接近しやすくなる。したがって図4に示す実施形態のほ
うが図12に示す実施形態よりも検出方向以外の振動を効果的に抑制でき、
検出方向以外の可動部2の動作を抑制することが出来る。

[0106] [表1]

表1

	固有振動数 (kHz)	
	Z方向振動モード	Y方向振動モード
Z方向振動モード	2.56 (図12)	2.57 (図4)
Y方向振動モード	3.37 (図12)	5.00 (図4)

[0107] 図13に示す物理量センサ80は図3に示す物理量センサ70をより具体
化した平面図である。図13において図3と同じ符号は図3と同じ部分を示
している。

[0108] すなわち図13に示す物理量センサ80は、高さ方向に対して逆方向に変
位する第1可動部71と第2可動部72とを備えている。

[0109] 図13に示す物理量センサ80は、第1支持部44の後端部44aと、左
側アンカ部41よりも後方(X2)に延びる位置での第2支持部73の後端
部73bとが第5ばね部81を介して連結されている。

[0110] また図13に示す物理量センサ80は、右側アンカ部42よりも前方(X
1)に延びる位置での第3支持部76の後端部76bと第4支持部50の後
端部50aとが第5ばね部82を介して連結されている。

[0111] また図13では、第2支持部73の左側アンカ部41よりも前方(X1)
に延びる連結腕73aは、第2可動部72の外周の約半分を囲むように形成
されており、また第3支持部76の右側アンカ部42よりも後方(X2)に
延びる連結腕76aは、第2可動部72の外周の残り約半分を囲むように形
成されている。

[0112] そして図13に示すように、連結腕73a、76a同士が2箇所ではね部

８５，８６を介して連結されている。

[0113] 図１３に示す物理量センサ８０は、アンカ部４１，４２が２つで、第１ばね部５２～５５と第３ばね部４３，７４，７７，４９との総数が８本である。これは図１２と同じ構成である。

[0114] 一方、図４に示す物理量センサ１は、アンカ部５～７が３つで、第１ばね部と第３ばね部との総数が１０本である。

[0115] 図１７は、図４の物理量センサ１と図１３の物理量センサ８０との検出モード、縦振動モード、及び回転モードの各固有振動数を調べた結果である。検出モードは高さ方向の振動モードであり、縦振動モードは $X_1 - X_2$ 方向の振動モードであり、回転モードとは、物理量センサの中心位置を回転軸としたときの振動モードである。

[0116] 図１７に示すように、図４の物理量センサ１では、図１３の物理量センサ８０に比べて縦振動モード及び回転モードの各固有振動数が大きくなり、且つ検出モードの固有振動数との差が大きくなることがわかった。したがって図４に示す物理量センサ１は図１３に示す物理量センサ８０に比べて可動部２が検出方向以外の振動を受けづらく、動作安定性を向上させることができ、検出精度及び信頼性に優れた物理量センサを製造できることがわかった。

[0117] 以上によりアンカ部の数は２つより３つ以上とすることが好ましく、また可動部に接続される第１ばね部及びアンカ部に接続される第３ばね部の総数を１０本以上とすることが、検出方向以外の振動をより効果的に抑制できて好適である。

[0118] 図１４に示す物理量センサ９０は、図４に示す物理量センサ１の好ましい変形例である。図１４において図４と同じ符号は図４と同じ部分を示している。

[0119] 図１４に示す物理量センサ９０には、各支持部３，４，１４，１５の内側可動部２ａに接続される第１ばね部９１～９４のほかに、外側可動部２ｂに接続される第２ばね部９５～９８が設けられ、各支持部２，４，１４，１５の両側に設けられた第１ばね部と第２ばね部とは $Y_1 - Y_2$ 方向にて対向配

置されている。

- [0120] 図 1 4 に示す実施形態は図 2 でも説明したように、検出方向以外の振動をより効果的に抑制でき、特に Y 1 - Y 2 方向の横振動をより効果的に抑制できる。
- [0121] 図 1 4 に示す実施形態では、アンカ部の数が 3 つで、各支持部と接続される第 1 ばね部及び第 2 ばね部と、各アンカ部に接続される第 3 ばね部との総数が 1 4 本である。
- [0122] 図 1 5 に示す物理量センサには図 1 4 と異なって第 2 ばね部 9 5 ~ 9 8 が設けられていないが、左側アンカ部 6 及び右側アンカ部 7 と各支持部 3, 4, 1 4, 1 5 間を連結する第 3 ばね部の数を増やしている。
- [0123] 図 1 5 に示す実施形態では、図 4 や図 1 4 異なって第 3 ばね部 1 1 1 ~ 1 1 8 は全部で 8 本であり、左側アンカ部 6 と第 2 支持部 1 4 とが Y 1 - Y 2 方向に間隔を空けて並設された 2 本の第 3 ばね部 1 1 2, 1 1 3 により連結されている。また右側アンカ部 7 と第 3 支持部 1 5 とが Y 1 - Y 2 方向に間隔を空けて並設された 2 本の第 3 ばね部 1 1 6, 1 1 7 により連結されている。
- [0124] 図 1 5 において、左側アンカ部 6 と第 1 支持部 3 との間、及び右側アンカ部 7 と第 4 支持部 4 との間に、Y 1 - Y 2 方向に間隔を空けて並設された複数の第 3 ばね部 1 1 2, 1 1 3 を介在させることも出来る。
- [0125] ただし、図 1 5 に示すようにクランク状で形成された第 2 支持部 1 4 と左側アンカ部 6 との間、及びクランク状で形成された第 3 支持部 1 5 と右側アンカ部 7 との間に複数の第 3 ばね部を設けることが、ばね部の配置のバランスがよくなり、可動部 2 を適切に高さ方向へ平行移動させやすい。また、検出方向以外の振動の発生を効果的に抑制することが出来る。
- [0126] 図 1 5 に示す実施形態では、アンカ部の数が 3 つで、各支持部と接続される第 1 ばね部 9 1 ~ 9 4 と、各アンカ部 5 ~ 7 に接続される第 3 ばね部 1 1 1 ~ 1 1 8 との総数が 1 2 本である。
- [0127] 図 1 6 に示す物理量センサ 9 9 は、図 1 5 の構成に図 1 4 の構成を組み合

わせたものであり、すなわち図 1 5 の各支持部の先端部と外側可動部 2 b との間に第 2 ばね部 9 5 ～ 9 8 を設けている。

[0128] 図 1 6 に示す実施形態では、アンカ部の数が 3 つで、各支持部と接続される第 1 ばね部 9 1 ～ 9 4 及び第 2 ばね部 9 5 ～ 9 8 と、各アンカ部 5 ～ 7 に接続される第 3 ばね部 1 1 1 ～ 1 1 8 との総数が 1 6 本である。

[0129] 図 1 5 のように、アンカ部 5 ～ 7 に接続される第 3 ばね部 1 1 1 ～ 1 1 8 の数を増やし、さらに加えて図 1 6 のように、外側可動部 2 b と各支持部間を連結する第 2 ばね部 9 5 ～ 9 8 を設けることで、より効果的に、検出方向以外の振動を抑制でき、可動部 2 の運動安定性を向上させることができ、検出精度及び信頼性（破壊耐性）に優れた物理量センサを製造できる。

[0130] 上記の実施形態ではいずれも外側可動部が枠体状であったが、枠体状でなく、一部で分断され、外部可動部が複数存在する形態であってもよい。ただし外側可動部を枠体状で形成することで可動部の剛性をより効果的に高めることができ、また検知部としての可動電極の面積を大きくすることができる。

[0131] なお、本実施形態では、可動部 2 と、対向部 3 0 に設けられた固定電極との間の静電容量変化により、加速度等の物理量を検出することが可能であるが、検知部の構成は静電容量式に限定するものではない。ただし静電容量式としたことで簡単で且つ高精度な検知部の構成を実現できる。

[0132] 本実施形態は加速度センサのみならず角速度センサ、衝撃センサ等、物理量センサ全般に適用可能である。

符号の説明

[0133] 1、4 0、6 0、7 0、8 0、9 0、9 9 物理量センサ

2、5 1 可動部

2 a、5 1 a、7 1 a 内側可動部

2 b、5 1 b、7 1 b 外側可動部

3、4、4 4、4 6、4 8、5 0、7 3、7 6 支持部

3 a、4 a 第 1 連結腕

3 b, 4 b 脚部

5 中央アンカ部

6、4 1 左側アンカ部

7、4 2 右側アンカ部

1 0 固定部

1 1 a, 1 1 b, 1 6 a, 1 6 b, 1 8 a, 1 8 b, 1 8 c 連結部

1 2 a, 1 2 b, 1 3 a, 1 3 b, 1 7 a, 1 7 b 支点連結部

1 4、1 5 支持部

2 0 a、5 2～5 5、9 1～9 4 第1のばね部

2 0 b～2 0 e、4 3、4 5、4 7、4 9、7 4、7 7、1 1 1～1 1 8

第3ばね部

3 0 対向部

3 0 a 対向部の表面（ストッパ面）

3 1, 3 2 脚部の先端部

3 5 突起部

6 1～6 4、9 5～9 8 第2ばね部

7 1 第1可動部

7 2 第2可動部

請求の範囲

- [請求項1] 固定支持されるアンカ部と、高さ方向に変位する可動部と、前記アンカ部と前記可動部とに回動自在に連結された複数本の支持部と、前記可動部の変位を検知するための検知部と、前記支持部と前記アンカ部との間、及び前記支持部と前記可動部の間に介在する複数本のばね部と、を有しており、
- 前記可動部は、前記支持部の内側にて第1ばね部を介して連結される内側可動部と、前記内側可動部と一体となり前記支持部の外側に位置する外側可動部とを有して構成されることを特徴とする物理量センサ。
- [請求項2] 前記外側可動部は枠体状で形成される請求項1記載の物理量センサ。
- [請求項3] 前記外側可動部と前記支持部間が第2ばね部を介して連結されている請求項1又は2に記載の物理量センサ。
- [請求項4] 前記第1ばね部と前記第2ばね部とが前記支持部を介して対向した位置に設けられる請求項3記載の物理量センサ。
- [請求項5] 前記高さ方向に直交する平面内にて直交する2方向を左右方向（ $Y_1 - Y_2$ ）、及び前後方向（ $X_1 - X_2$ 方向）としたとき、
- 前記内側可動部は、左方向（ Y_1 ）の前方（ X_1 ）、左方向（ Y_1 ）の後方（ X_2 ）、右方向（ Y_2 ）の前方（ X_1 ）、右方向（ Y_2 ）の後方（ X_2 ）の各位置で、前記第1ばね部を介して前記支持部に支持される請求項1ないし4のいずれか1項に記載の物理量センサ。
- [請求項6] 前記高さ方向に直交する平面内にて直交する2方向を左右方向（ $Y_1 - Y_2$ ）、及び前後方向（ $X_1 - X_2$ 方向）としたとき、
- 前記アンカ部は、左右方向（ Y ）に間隔を空けて配置された左側アンカ部と、右側アンカ部とを有して構成され、
- 前記左側アンカ部から第3ばね部を介して前方（ X_1 ）に向けて延びる第1支持部と、前記左側アンカ部から前記第3ばね部を介して後

方（X2）に向けて延びる第2支持部と、前記右側アンカ部から前記第3ばね部を介して前方（X1）に向けて延びる第3支持部と、前記右側アンカ部から前記第3ばね部を介して後方（X2）に向けて延びる第4支持部と、を有し、

各支持部の先端位置と前記内側可動部とが前記第1ばね部を介して連結されている請求項1ないし5のいずれか1項に記載の物理量センサ。

[請求項7] 各支持部の先端位置と前記外側可動部とが第2ばね部を介して連結され、各支持部を介して前記第1ばね部と前記第2ばね部とが対向した位置関係にある請求項6記載の物理量センサ。

[請求項8] 前記左側アンカ部と第1支持部の間、あるいは、前記左側アンカ部と第2支持部の間の少なくともいずれか一方には前記第3ばね部が複数個、設けられ、

前記右側アンカ部と第3支持部の間、あるいは、前記右側アンカ部と第4支持部の間の少なくともいずれか一方には前記第3ばね部が複数個、設けられる請求項6又は7に記載の物理量センサ。

[請求項9] 前記左側アンカ部と前記右側アンカ部の間には中央アンカ部が設けられ、

前記第1支持部あるいは第2支持部は、前記左側アンカ部及び前記中央アンカ部の双方に連結されており、

前記第4支持部あるいは第3支持部は、前記右側アンカ部及び前記中央アンカ部の双方に連結されている請求項6ないし8のいずれか1項に記載の物理量センサ。

[請求項10] 前記中央アンカ部、前記左側アンカ部及び前記右側アンカ部は、前記左右方向（Y）に延びる同一線上に配置されている請求項9記載の物理量センサ。

[請求項11] 前記第1支持部及び前記第4支持部、あるいは前記第2支持部及び前記第3支持部には、各支持部が回動して前記可動部が高さ方向に変

位したときに前記可動部の変位方向に対し逆方向に変位して前記可動部の変位を抑制するための脚部が設けられている請求項 6 ないし 10 のいずれか 1 項に記載の物理量センサ。

図1

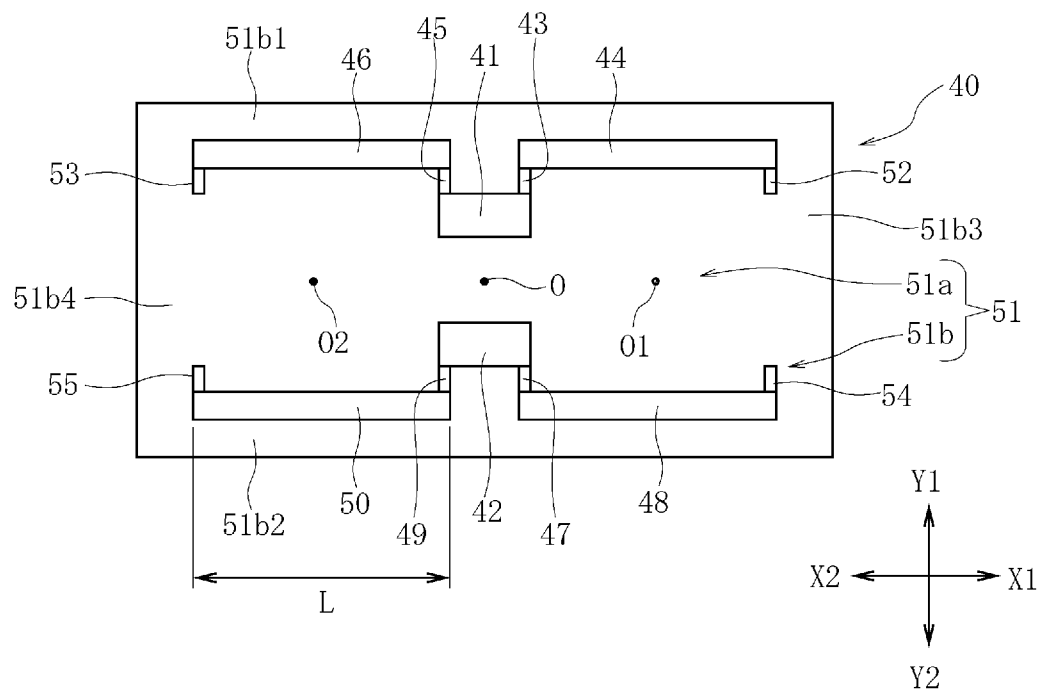


図2

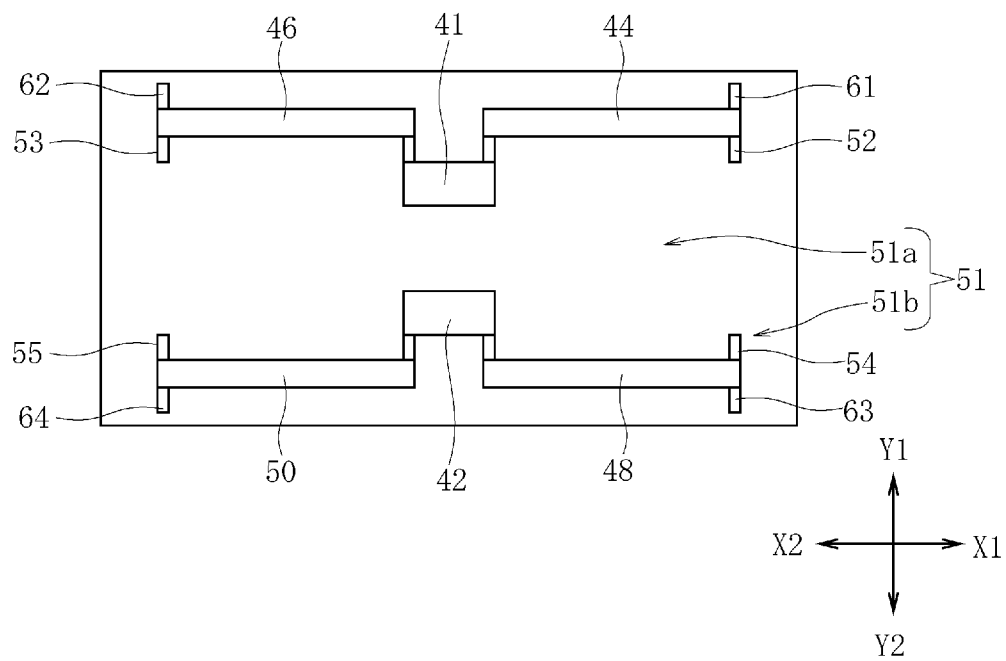


図3

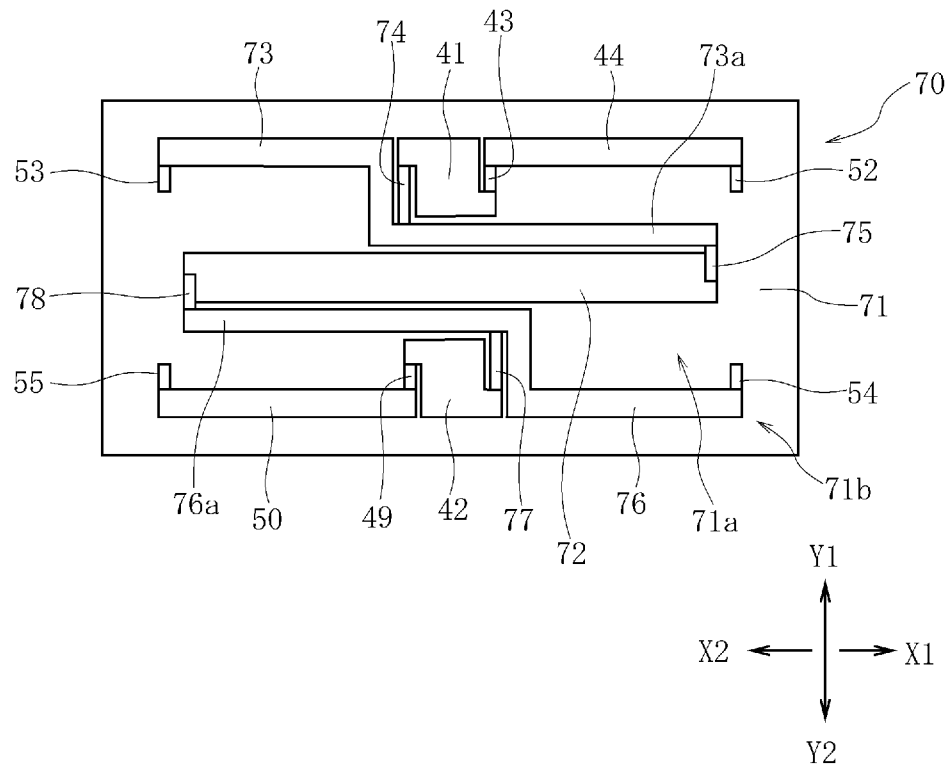


図4

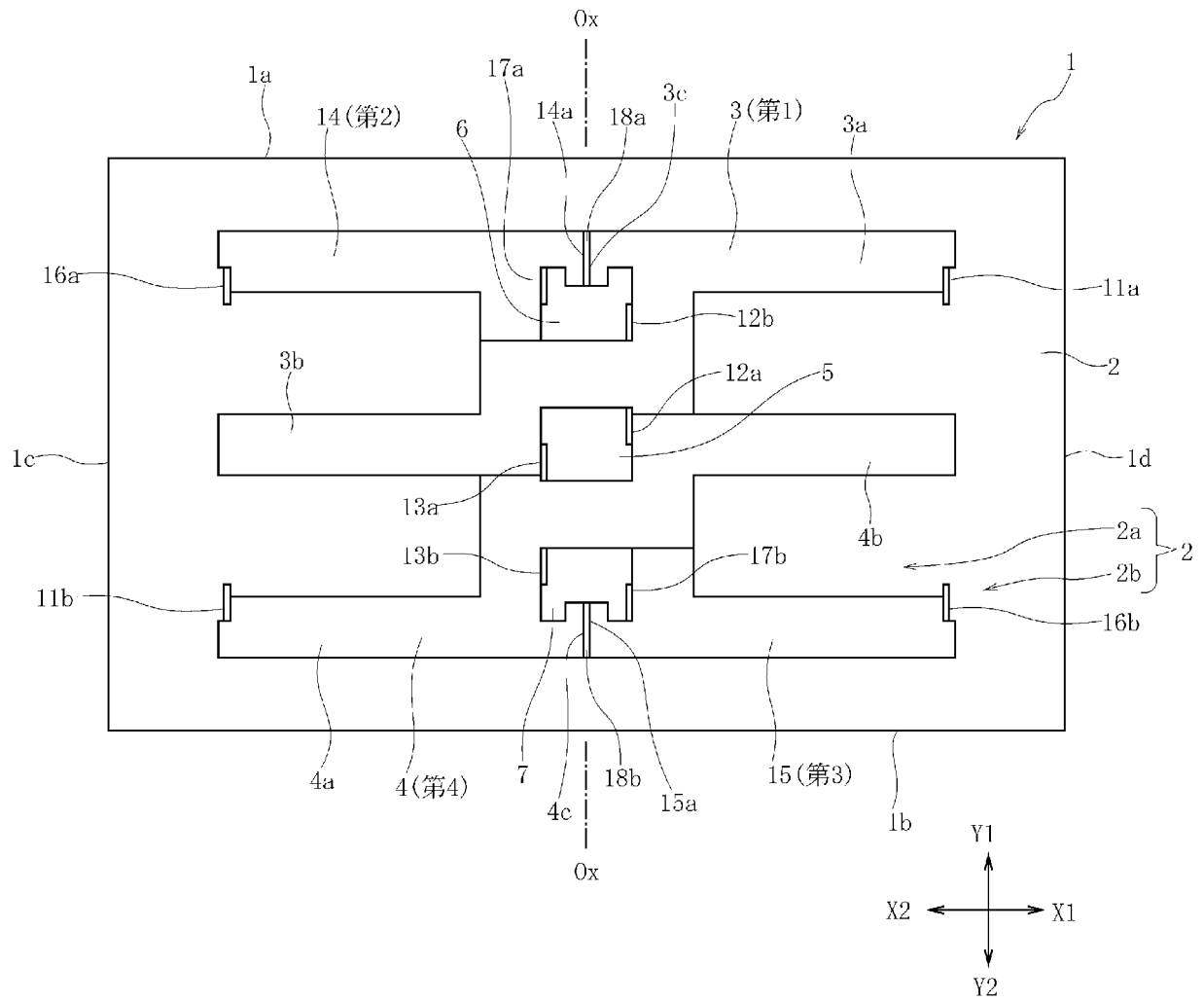


図5

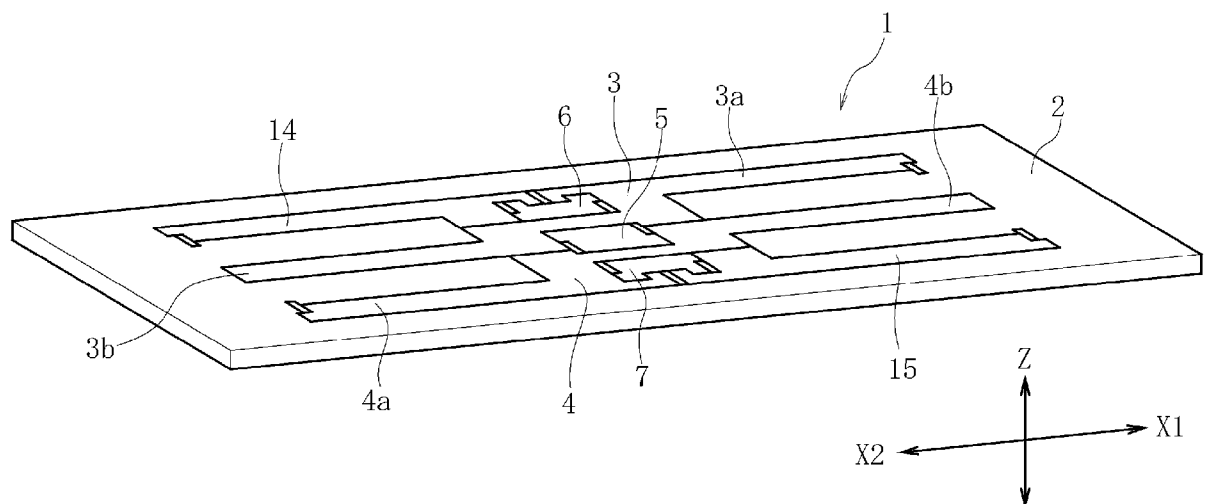


図6

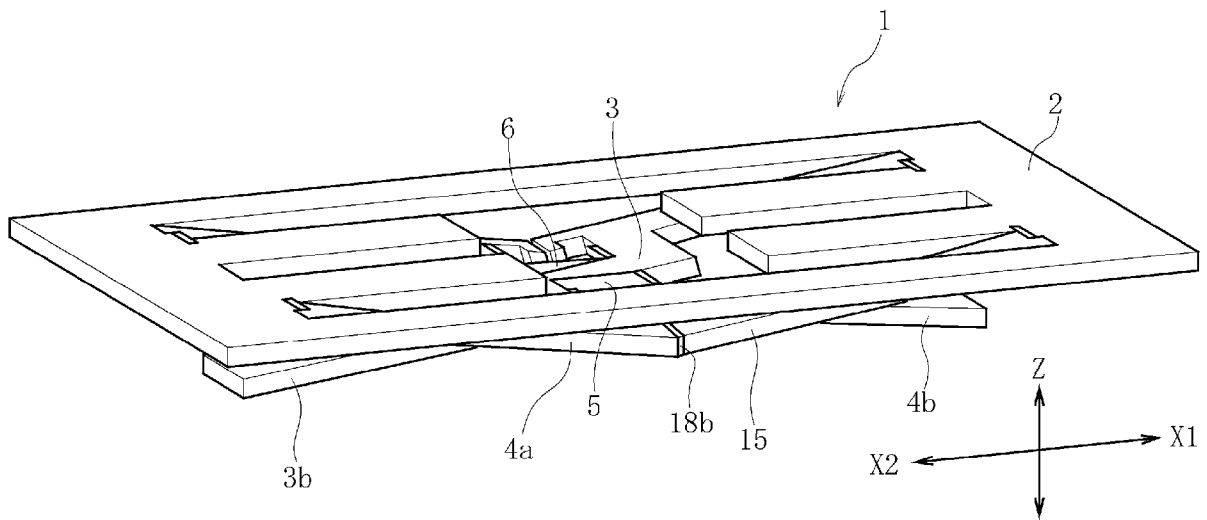


図7

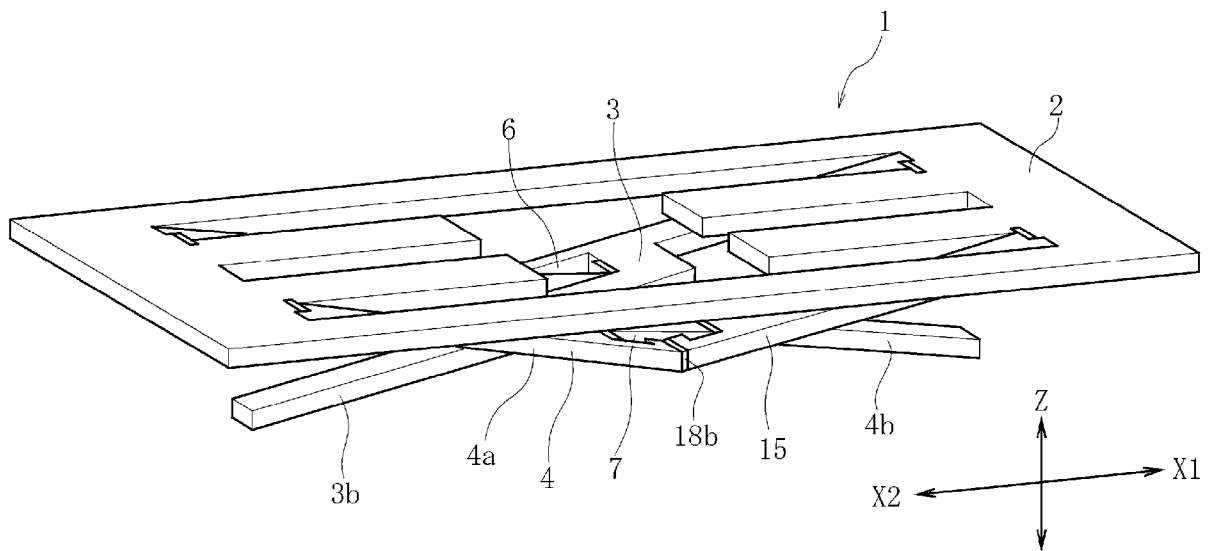


図9

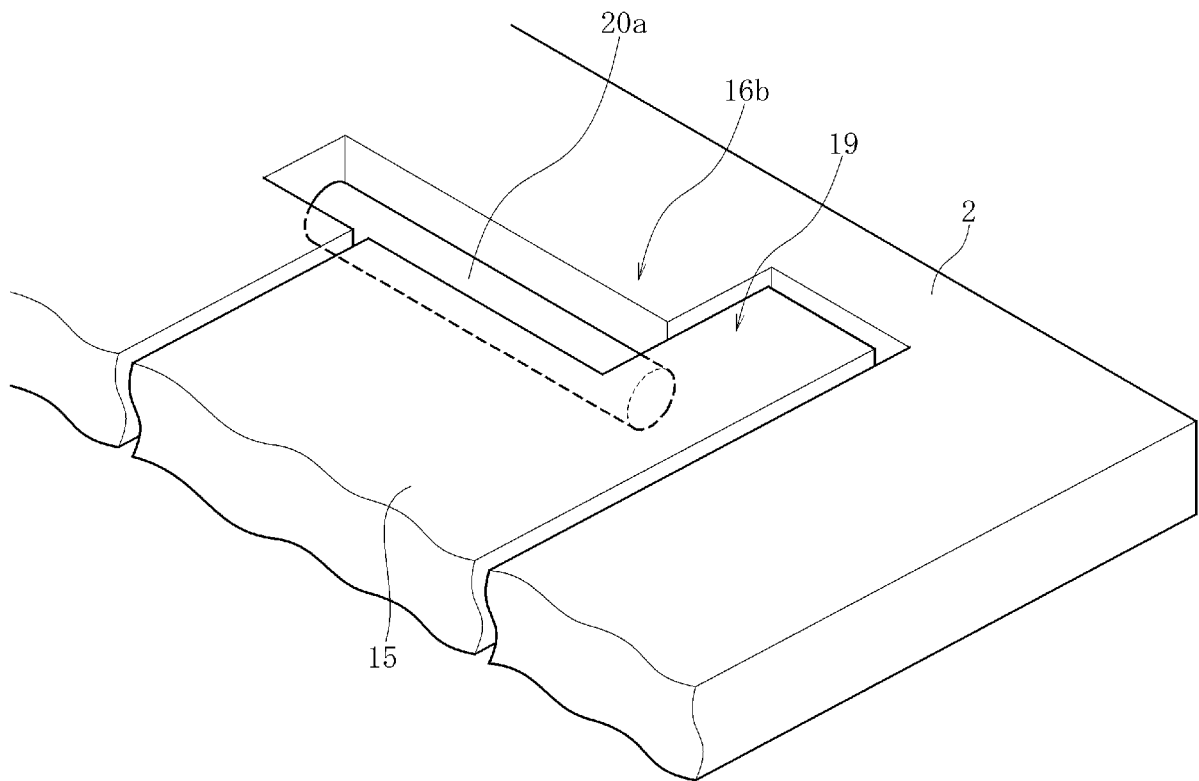


図10

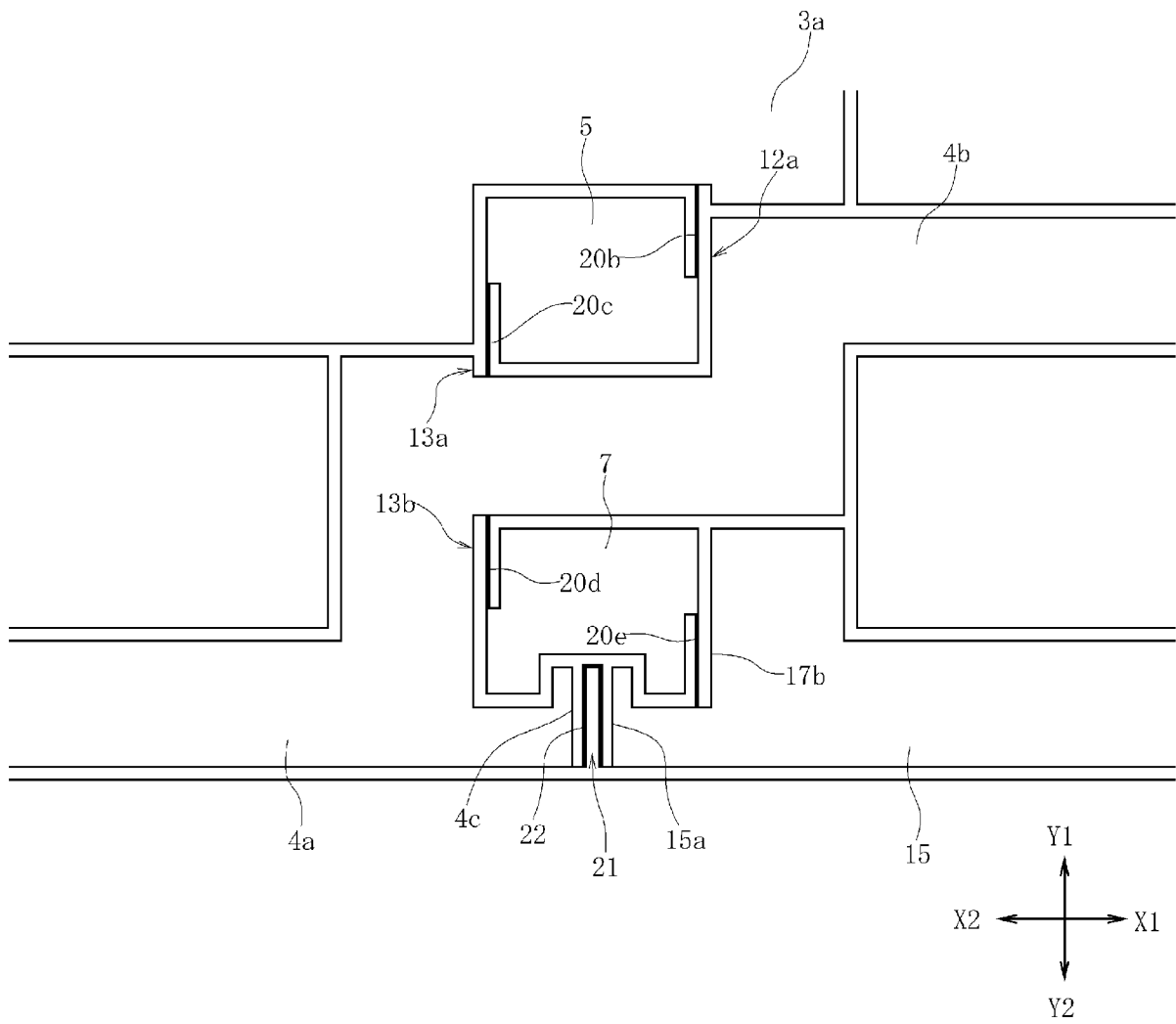


図11

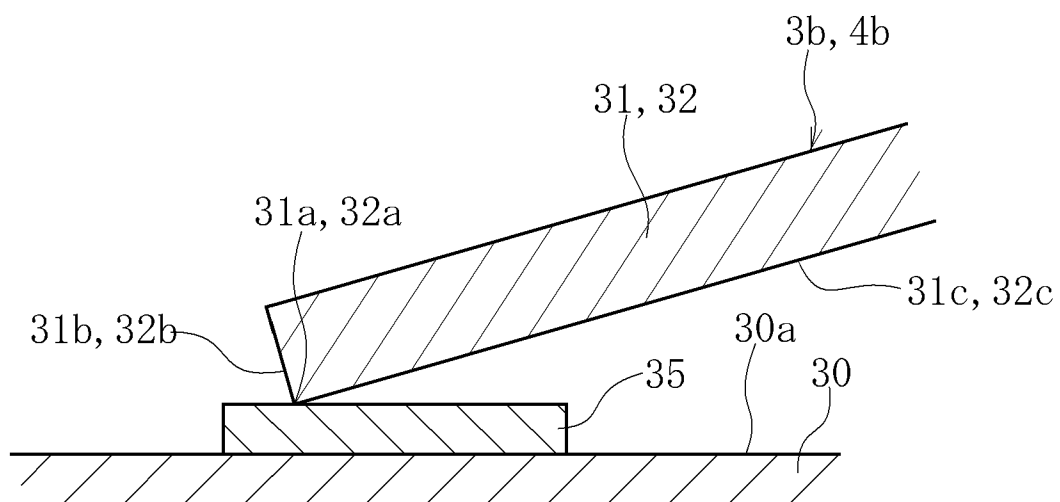


図12

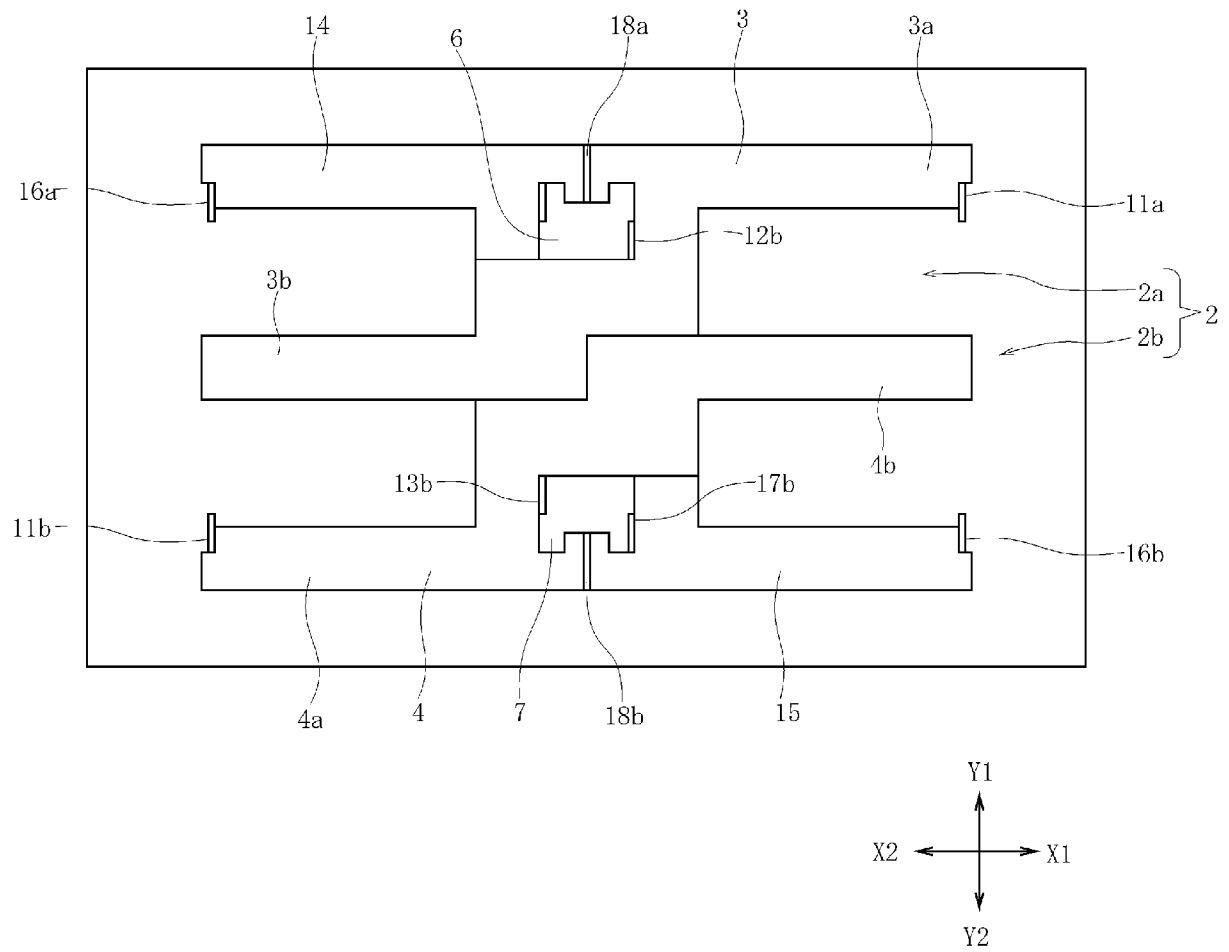


図13

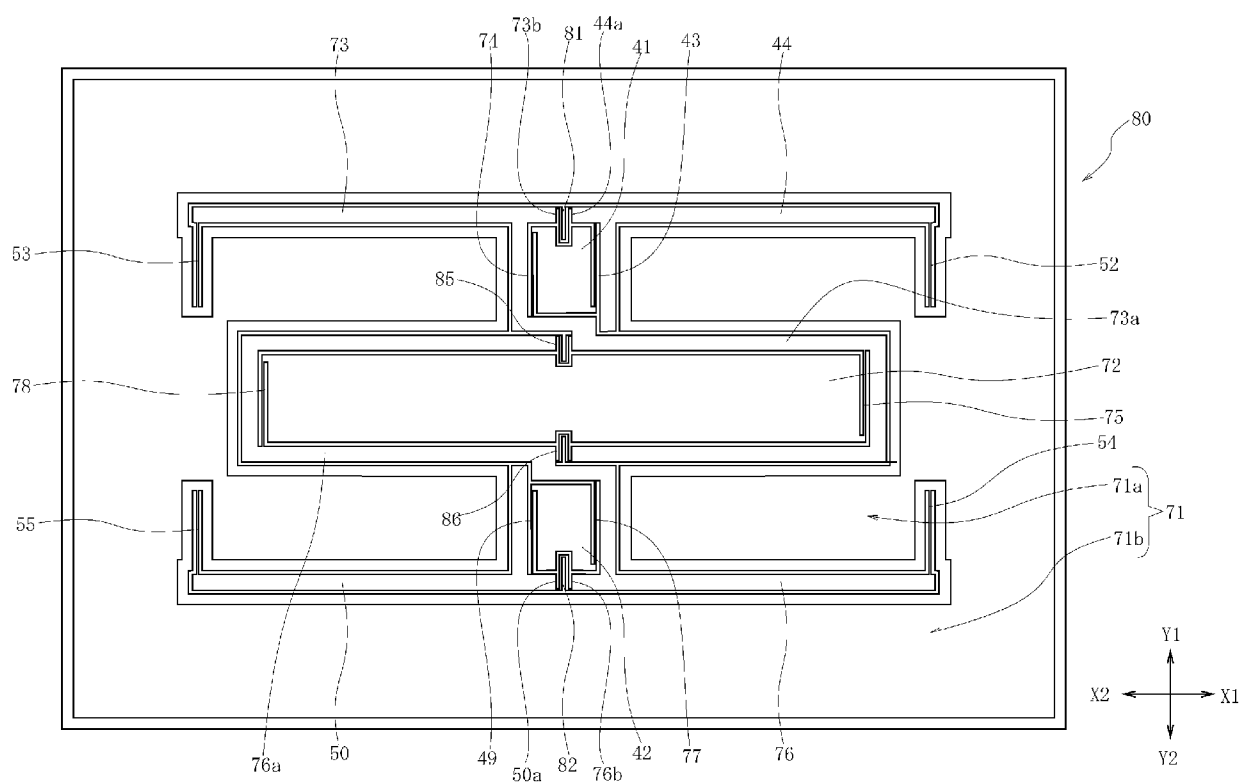


図14

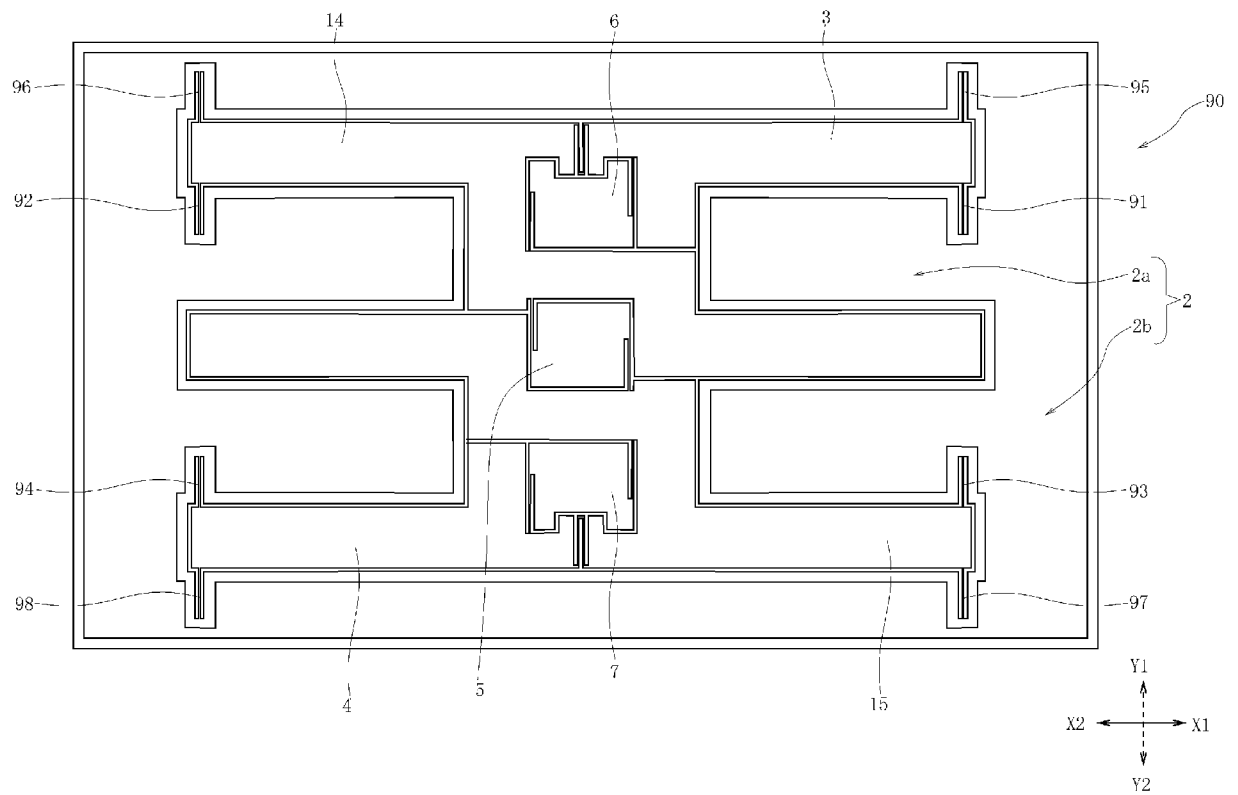


図15

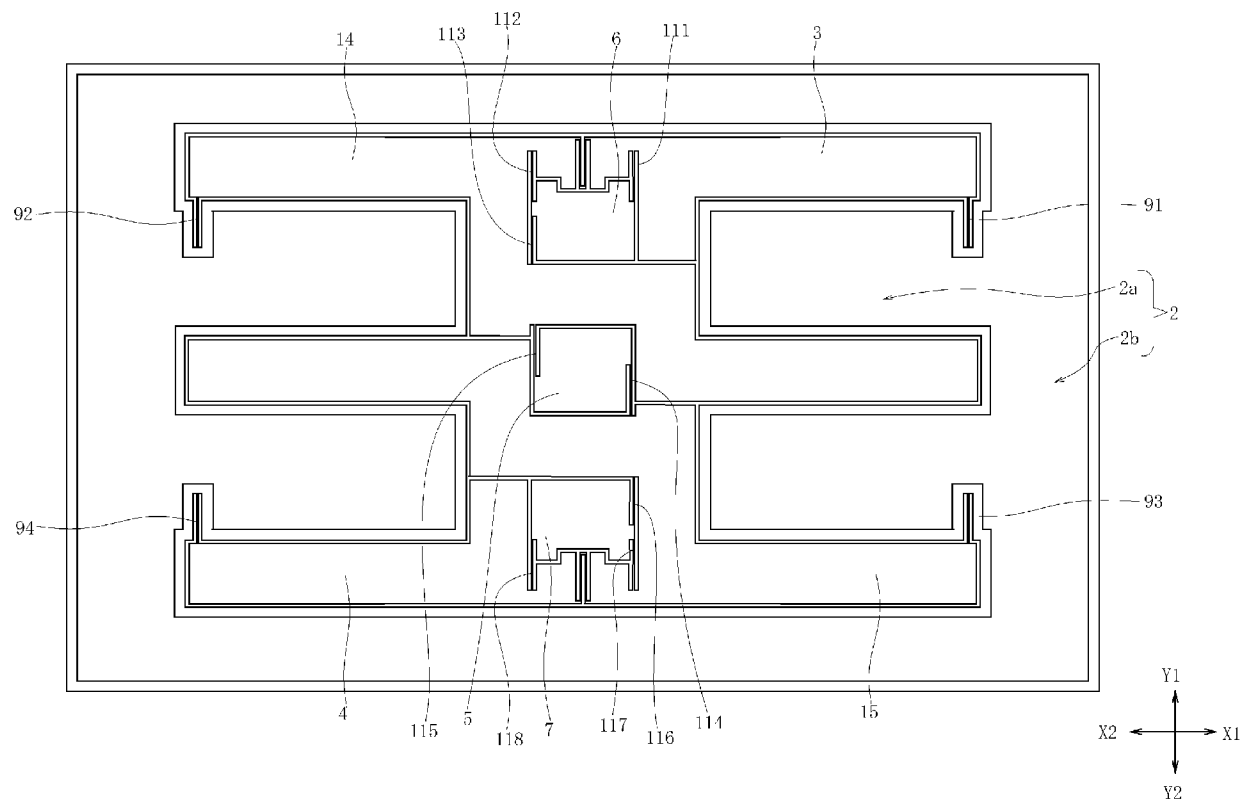


図16

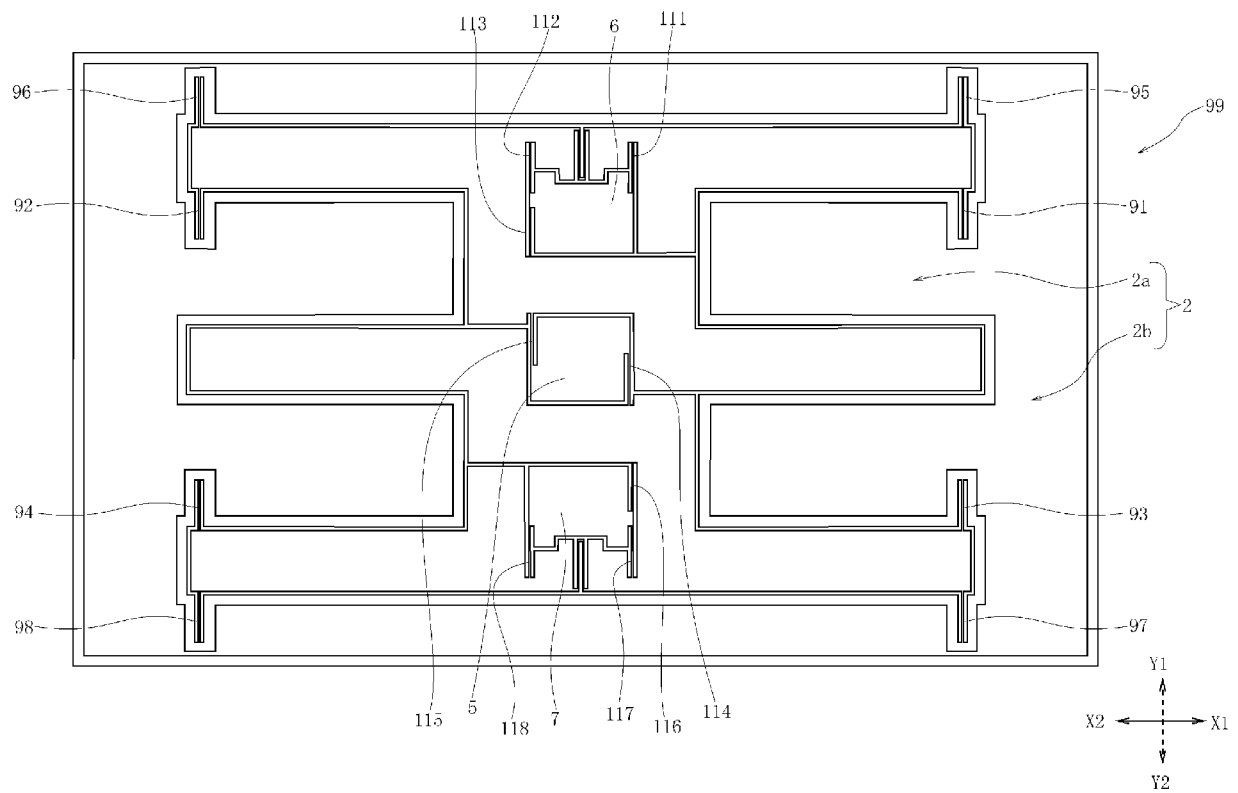
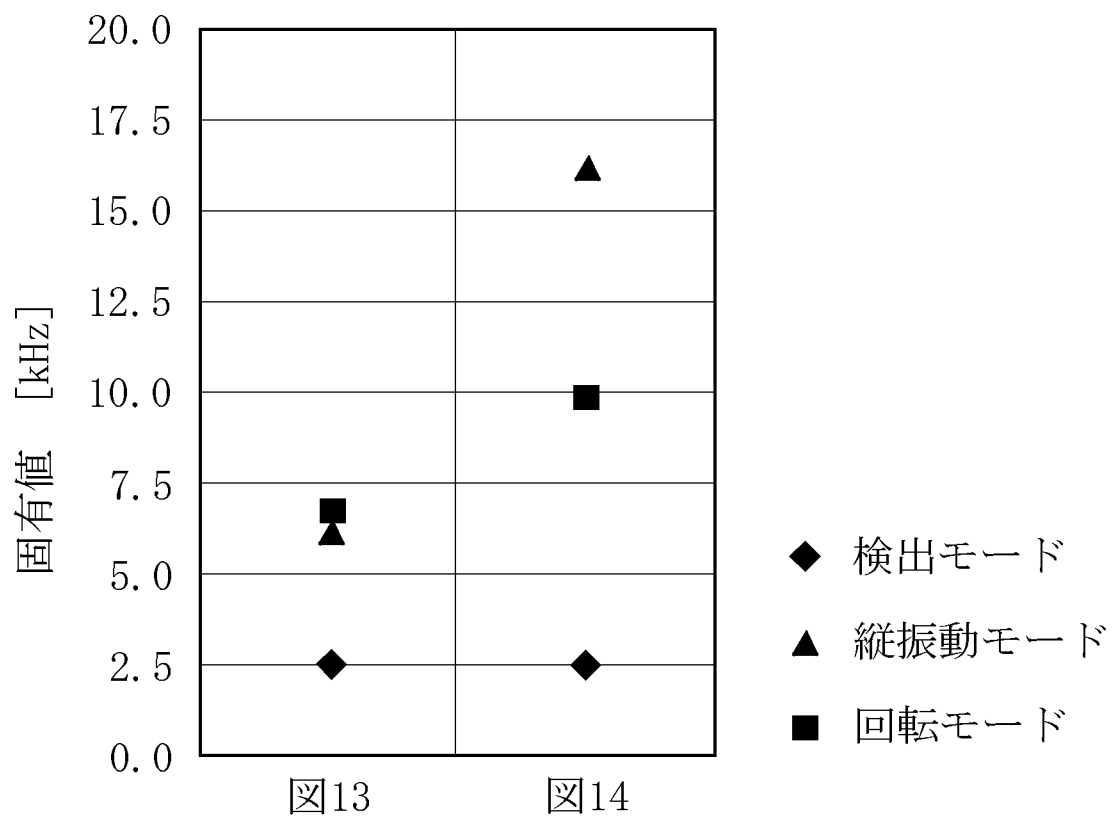


図17



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2010/059231

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01P15/125(2006.01) i, H01L29/84(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)

G01P15/125, H01L29/84

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	1996-2010
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2010	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2010

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.
P, X	WO 2010/001947 A1 (Alps Electric Co., Ltd.), 07 January 2010 (07.01.2010), paragraphs [0036] to [0071]; fig. 1 to 5 (Family: none)	1-7, 10-11
A	JP 11-304834 A (Mitsumi Electric Co., Ltd.), 05 November 1999 (05.11.1999), paragraphs [0021] to [0051]; fig. 1 to 2, 14 (Family: none)	1-11
A	JP 2008-139282 A (Mitsubishi Electric Corp.), 19 June 2008 (19.06.2008), entire text; all drawings & US 2008/0110260 A1 & DE 102007052804 A & CN 101231303 A	1-11

☒ 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
23 June, 2010 (23.06.10)

Date of mailing of the international search report
06 July, 2010 (06.07.10)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2010/059231

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2005-534016 A (Analog Devices, Inc.), 10 November 2005 (10.11.2005), paragraphs [0033] to [0034]; fig. 7 & US 2004/0055382 A1 & US 2005/0262942 A1 & US 2007/0180912 A1 & EP 1540355 A & WO 2004/010150 A2 & DE 60311281 D & DE 60311281 T & AT 352041 T & CN 1682116 A	1-11

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））
Int.Cl. G01P15/125 (2006. 01) i, H01L29/84 (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. G01P15/125, H01L29/84

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	1 9 2 2－1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1－2 0 1 0 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6－2 0 1 0 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4－2 0 1 0 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
P, X	WO 2010/001947 A1（アルプス電気株式会社），2010. 01. 07 段落[0036]－[0071]、第1－5図、（ファミリーなし）	1-7, 10-11
A	JP 11-304834 A（ミツミ電機株式会社），1999. 11. 05 段落【0021】－【0051】、第1－2、14図、（ファミリーなし）	1-11
A	JP 2008-139282 A（三菱電機株式会社），2008. 06. 19, 全文、全図 & US 2008/0110260 A1 & DE 102007052804 A & CN 101231303 A	1-11

☒ 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

2 3 . 0 6 . 2 0 1 0

国際調査報告の発送日

0 6 . 0 7 . 2 0 1 0

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）

續山 浩二

電話番号 03-3581-1101 内線 3216

2 F

4 4 5 4

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
A	JP 2005-534016 A (アナログ・デバイスズ・インク) , 2005. 11. 10 段落【0033】－【0034】、第7図 & US 2004/0055382 A1 & US 2005/0262942 A1 & US 2007/0180912 A1 & EP 1540355 A & WO 2004/010150 A2 & DE 60311281 D & DE 60311281 T & AT 352041 T & CN 1682116 A	1-11