

(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23日(23.12.2010)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2010/146818 A1

- (51) 国際特許分類:
G01P 15/12 (2006.01) G01P 21/00 (2006.01)
G01P 15/18 (2006.01) H01L 29/84 (2006.01)
 - (21) 国際出願番号: PCT/JP2010/003910
 - (22) 国際出願日: 2010年6月11日(11.06.2010)
 - (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 2009-144391 2009年6月17日(17.06.2009) JP
 - (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): ミツミ電機株式会社(MITSUMI ELECTRIC CO., LTD.) [JP/JP]; 〒2068567 東京都多摩市鶴牧2丁目1番地2 Tokyo (JP).
 - (72) 発明者; および
 - (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 永渡実(NAGAWATARI, Minoru).
 - (74) 代理人: 鷺田 公一(WASHIDA, Kimihito); 〒2060034 東京都多摩市鶴牧1丁目24-1 新都市センタービル5階 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, 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 (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))

(54) Title: THREE-DIMENSIONAL ACCELERATION SENSOR

(54) 発明の名称: 3軸加速度センサ

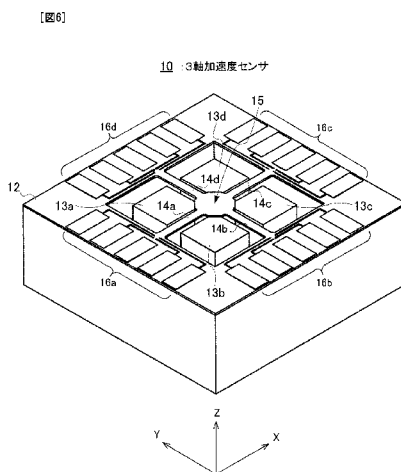


FIG. 6:
10 THREE-DIMENSIONAL ACCELERATION SENSOR

(57) Abstract: Acceleration detection piezo-resistance elements (x1 to x4), (y1 to y4), and (z1 to z4) in the X-axis direction, Y-axis direction, and the Z-axis direction, respectively, of a three-dimensional acceleration sensor (10) are formed in the longitudinal directions of beams (14a), (14b), (14c), and (14d), correspondingly. In addition to the above, sensitivity adjustment piezo-resistance elements (21 to 24) are formed in such directions as to intersect the longitudinal directions of beams (14a) and (14c), correspondingly, approximately at right angles. Furthermore, piezo-resistance elements (21 to 24) are electrically connected to acceleration detection piezo-resistance elements (x1 to x4), respectively.

(57) 要約: 3軸加速度センサ10のX軸方向、Y軸方向及びZ軸方向の加速度検出用ピエゾ抵抗素子x1~x4、y1~y4、z1~z4は、梁14a、14b、14c、14dの長手方向に亘って形成されている。これに加えて、感度調整用ピエゾ抵抗素子21~24が、梁14a、14cの長手方向にほぼ直交する方向に亘って形成されており、感度調整用ピエゾ抵抗素子21~24は、加速度検出用ピエゾ素子x1~x4に電氣的に接続されている。



WO 2010/146818 A1

明 細 書

発明の名称： 3軸加速度センサ

技術分野

[0001] 本発明は、ピエゾ抵抗素子を用いてX、Y及びZ軸方向の加速度を検出する3軸加速度センサに関する。

背景技術

[0002] 従来、この種の3軸加速度センサとして、例えば特許文献1で開示されているものがある。図1に示すように、この3軸加速度センサ1は、枠2と、枠2内に設けられた錘3（3a～3d）と、枠2と錘3とを連結する十字梁4（4a～4d）と、を有する。十字梁4を構成する各梁4a～4dは、ピエゾ抵抗素子を有する肉薄の可撓性部材となっている。

[0003] 図2に示すように、ピエゾ抵抗素子x1～x4、y1～y4、z1～z4は、各梁4a～4d上に形成されている。具体的には、梁4aとそれに対向する梁4cには、X軸方向用のピエゾ抵抗素子x1～x4とZ軸方向用のピエゾ抵抗素子z1～z4が形成されている。また、梁4dとそれに対向する梁4bにはY軸用のピエゾ抵抗素子y1～y4が形成されている。図3に、図2のA-A'断面（ピエゾ抵抗素子x1～x4を含む断面）を示す。また図4に、梁4aを拡大した平面図を示す。

[0004] 各軸用のピエゾ抵抗素子x1～x4、y1～y4、z1～z4はそれぞれホイートストンブリッジ接続されており、3軸加速度センサ1はピエゾ抵抗素子x1～x4、y1～y4、z1～z4の抵抗に応じて変化するホイートストンブリッジの出力に基づいて、X、Y、Z軸方向の加速度を検出するようになっている。

[0005] つまり、3軸加速度センサ1においては、加速度によって錘3が受ける慣性力に応じて梁4a～4dが撓み、これに応じて梁4a～4d上に形成されたピエゾ抵抗素子x1～x4、y1～y4、z1～z4の抵抗が変化し、この抵抗変化に応じてX、Y、Z軸方向の加速度を検出する。

- [0006] ところで、図2及び図4に示したように、X軸方向（又はY軸方向）用のピエゾ抵抗素子 $x_1 \sim x_4$ と、Z軸方向用のピエゾ抵抗素子 $z_1 \sim z_4$ は、梁4a, 4cの長手方向の同位置に配置されている。
- [0007] しかし、単純にピエゾ抵抗素子を梁の長手方向の同位置に配置すると、X軸方向及びY軸方向の加速度感度と、Z軸方向の加速度感度との間に感度の差が生じてしまう。これは、X軸方向及びY軸方向での梁への変形力は回転モーメントによって与えるのに対して、Z軸方向での梁への変形力は単純に錘の質量×加速度によって与えられるためである。また、X軸方向及びY軸方向の加速度はそれぞれ2つの梁で受けとめられ、2つの梁の変形量として現れるのに対して、Z軸方向の加速度は4つの梁で受けとめられ、4つの梁の変形量として現れるためである。
- [0008] ところで、X軸、Y軸、Z軸方向用のピエゾ抵抗素子を介して得られた出力は、アンプによって増幅される。X、Y、Z軸方向の加速度感度に差が生じると、その出力を増幅するためのアンプの増幅率を軸方向に応じて変えなければならず、つまり軸方向毎に異なる増幅率のアンプを別々に設けなければならず、その分だけ回路構成が複雑化する問題がある。これに対して、X軸、Y軸、Z軸方向用のピエゾ抵抗素子の加速度感度が略同じであれば、アンプの増幅率を変える必要がないので、1つのアンプのみを設け、この1つのアンプを3軸方向で共用することができるので、回路構成を簡単化できる。具体的には、X軸、Y軸、Z軸方向用のピエゾ抵抗素子を介して得られた出力を、マルチプレクサ等を用いて時系列で1つのアンプに順次入力させることで、1つのアンプのみで3方向の検出出力を得ることができる。
- [0009] このように、X軸、Y軸、Z軸方向用のピエゾ抵抗素子の加速度感度を等しくすることは、回路構成を簡単化できるメリットがある。
- [0010] 各軸方向間のピエゾ抵抗素子の加速度感度を等しくする方法として、特許文献2に開示されている方法がある。特許文献2に開示されている方法は、図5に示すように、X軸方向（又はY軸方向）のピエゾ抵抗素子 x_1 , x_2 と、Z軸方向のピエゾ抵抗素子 z_1 , z_2 との梁4aの長手方向の相

対的な配置位置をずらすことにより、X軸方向（又はY軸方向）とZ軸方向との加速度感度を等しくした（つまりX軸方向とZ軸方向の出力差を小さくした）ものである。図5は、Z軸方向のピエゾ抵抗素子 z_1 、 z_2 の感度がX軸方向のピエゾ抵抗素子 x_1 、 x_2 の感度よりも低い場合に、Z軸方向用のピエゾ抵抗素子 z_1 、 z_2 を、より応力の高い梁4aの付け根方向に配置することで、Z軸の感度を上げて、X軸方向とZ軸方向の出力差を小さくした例である。

- [0011] また、別の方法として、特許文献3に開示されている方法がある。特許文献3に開示されている方法は、ピエゾ抵抗素子の長さを変えることで、ピエゾ抵抗素子に加わる平均応力を低下させ、これにより各軸方向間のピエゾ抵抗素子の加速度感度を等しくするものである。

先行技術文献

特許文献

- [0012] 特許文献1：特開2003-172745号公報
特許文献2：特開2003-279592号公報
特許文献3：特開2006-177823号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

- [0013] ところで、特許文献2や特許文献3で開示された方法は、梁上の対称性を崩すので、例えば通電時にピエゾ抵抗素子間で発熱による温度分布のアンバランスが生じ、この温度分布のアンバランスによってピエゾ抵抗素子間でオフセットが発生することが予測される。また、オフセットを補正するためには、オフセット補正回路が別途必要となるので、この分だけ回路構成が複雑化する。
- [0014] また、特許文献2で開示された方法は、各軸方向用のピエゾ抵抗素子間での抵抗値の差が大きくなるので、流れる電流の差が大きくなり、温度分布のアンバランスがより生じ易くなるおそれがある。

[0015] 本発明は、かかる点を考慮してなされたものであり、オフセットの発生を抑制しつつ、X軸、Y軸、Z軸方向の加速度感度を調整できる、特性の良い3軸加速度センサを提供する。

課題を解決するための手段

[0016] 本発明の3軸加速度センサの一つの態様は、枠部と、錘部と、可撓性部材でなり、前記枠部と前記錘部とを連結する梁部と、前記梁部を構成する各梁の長手方向に亘って形成され、X軸方向、Y軸方向及びZ軸方向の加速度検出用ピエゾ抵抗素子と、前記梁部を構成する梁の長手方向に略直交する方向に亘って形成され、かつ前記加速度検出用ピエゾ素子に電気的に接続された感度調整用ピエゾ抵抗素子と、を具備する構成を採る。

発明の効果

[0017] 本発明によれば、オフセットの発生を抑制しつつ、効率的に感度の調整を行うことができるので、特性の良い3軸加速度センサを得ることができる。

図面の簡単な説明

- [0018] [図1]従来の3軸加速度センサの外観構成を示す斜視図
[図2]ピエゾ抵抗素子の配置を示す平面図
[図3]ピエゾ抵抗素子の配置を示す断面図
[図4]ピエゾ抵抗素子の配置を示す平面図
[図5]ピエゾ抵抗素子の配置を示す平面図
[図6]本発明の実施の形態に係る3軸加速度センサの外観構成を示す斜視図
[図7]ピエゾ抵抗素子の十字梁での概略配置を示す平面図
[図8]増幅回路の構成例を示す接続図
[図9]梁の変形の説明に供する断面図
[図10]梁の変形の説明に供する断面図
[図11A]ピエゾ抵抗素子及び感度調整素子の配置を示す平面図
[図11B]ピエゾ抵抗素子及び感度調整素子の配置を示す平面図
[図12]X軸方向用のピエゾ抵抗素子の回路イメージを示す接続図
[図13]他の実施の形態における、ピエゾ抵抗素子及び感度調整素子の配置を

示す平面図

[図14]他の実施の形態における、ピエゾ抵抗素子及び感度調整素子の配置を示す平面図

発明を実施するための形態

[0019] 以下、本発明の実施の形態について図面を参照して詳細に説明する。

[0020] [1] 全体構成

図6に、本発明の実施の形態に係る3軸加速度センサの外観構成を示す。3軸加速度センサ10は、枠12と、枠12内に設けられた錘13（13a～13d）と、枠12と錘13とを連結する十字梁14（14a～14d）と、を有する。十字梁14を構成する各梁14a～14dは、ピエゾ抵抗素子を有する肉薄の可撓性部材となっている。

[0021] 十字梁14は、中心部分でクローバ状の錘13と連結されている。この十字梁14の中心部分は、肉薄で可撓性の十字梁14が加速度に応じて撓むのに対して、加速度が加わっても錘13を支持して撓まないため、中心非可動部15と呼ぶことにする。

[0022] また、枠12には、ピエゾ抵抗素子に接続され、当該ピエゾ抵抗素子に電圧を印加し及びピエゾ抵抗素子からの出力を取り出すための端子部16（16a～16d）が形成されている。

[0023] 図7に、X軸、Y軸、Z軸方向用のピエゾ抵抗素子が、十字梁14上のどの位置に配置されているかの概略を示す。なお、ピエゾ抵抗素子の詳細な配置については後述する。

[0024] 梁14aには、X軸方向用及びZ軸方向用のピエゾ抵抗素子x1, x2, z1, z2が形成されている。同様に、梁14cには、X軸方向用及びZ軸方向用のピエゾ抵抗素子x3, x4, z3, z4が形成されている。

[0025] X軸方向用のピエゾ抵抗素子x1～x4とZ軸方向用のピエゾ抵抗素子z1～z4は、梁14a, 14cの長手方向（X方向）の同位置に並列に配置されている。よって、その対称性が確保されている。

[0026] 梁14d, 14bには、Y軸方向用のピエゾ抵抗素子y1～y4が形成さ

れている。ここで各ピエゾ抵抗素子 $x_1 \sim x_4$, $y_1 \sim y_4$, $z_1 \sim z_4$ は、梁 14 における、枠 12 の近傍位置と、中心非可動部 15 の近傍位置に形成されている。つまり、ピエゾ抵抗素子 $x_1 \sim x_4$, $y_1 \sim y_4$, $z_1 \sim z_4$ は、加速度によって梁 14 が撓み易い、梁 14 の付け根部分に形成されている。

[0027] なお、本実施の形態では、X軸方向用のピエゾ抵抗素子 $x_1 \sim x_4$ と、Z軸方向用のピエゾ抵抗素子 $z_1 \sim z_4$ を同一の梁上に形成したが、本実施の形態の3軸加速度センサ10は構造上、X軸とY軸は等価なので、Y軸方向用のピエゾ抵抗素子 $y_1 \sim y_4$ とZ軸方向用のピエゾ抵抗素子 $z_1 \sim z_4$ を同一梁上の同位置に並列に配置してもよい。

[0028] 各軸方向用のピエゾ抵抗素子 $x_1 \sim x_4$, $y_1 \sim y_4$, $z_1 \sim z_4$ は、梁 14 上又は枠 12 上で金属配線又は高濃度拡散配線によって、ホイートストンブリッジ接続されている。梁 14 に撓みが生じると、ピエゾ抵抗素子 $x_1 \sim x_4$, $y_1 \sim y_4$, $z_1 \sim z_4$ に撓み量に応じた抵抗変化が生じる。ピエゾ抵抗素子 $x_1 \sim x_4$, $y_1 \sim y_4$, $z_1 \sim z_4$ の抵抗変化は、ホイートストンブリッジの出力電圧の変化として現れる。

[0029] ホイートストンブリッジからの出力は、一般に加速度 1 G に対して 0.5 ~ 5 [mV] と小さいため、一般にその出力を増幅する回路が必要となる。図 8 に、その増幅回路の構成を示す。端子部 16 から出力された各軸の出力はマルチプレクサに入力される。マルチプレクサは、X出力1とX出力2、Y出力1とY出力2、Z出力1とZ出力2のいずれかを時分割で選択してアンプに出力する。

[0030] 本実施の形態においては、各軸のセンサ出力を増幅するアンプを共用している。このように、アンプを共用できるのは、本実施の形態の3軸加速度センサ10が、各軸で得られる加速度感度を等しくできるためである。その構成については、後述する。

[0031] ここで、3軸加速度センサの製造方法自体は、既知の技術であるので詳述しないが、簡単に説明する。梁 14 は、Si基板を材料として、半導体プロ

セスにより製造される。Si基板としては、SiO₂酸化膜層をSiで挟み込んだSOI基板を使用する。piezo抵抗素子x1~x4, y1~y4, z1~z4はB（ボロン）又はP（リン）といった不純物を、イオン・インプラネーションによってSi基板中に注入することで形成する。高濃度拡散配線や金属配線（Al等）を形成した後に、ドライ・エッチングによって構造体を形成する。

[0032] 次に、図9及び図10を用いて、梁14の変形について簡単に説明する。図9は、X軸方向及びY軸の変形の様子を模式的に示したものであり、図10は、Z軸方向の変形の様子を模式的に示したものである。X軸方向（又はY軸方向）の加速度を受けると、梁14は図9のように変形する。Z軸方向の加速度を受けると、梁は図10のように変形する。このような梁の変形に伴って、梁表面に曲げ応力が発生する。梁表面に発生した曲げ応力は、piezo抵抗素子の抵抗値を変化させる。

[0033] 図9から分かるように、3軸加速度センサ10にX軸方向及びY軸方向の加速度が加えられると、錘13は回転するような動きをするので、X軸方向及びY軸方向の加速度は、梁部14にモーメントとして作用する。一方、3軸加速度センサ10にZ軸方向の加速度が加えられると、Z軸方向の加速度は、梁部14にモーメントではなく単純にZ軸方向への力として作用する。よって、X軸方向及びY軸方向の加速度が加えられたときと、Z軸方向の加速度が加えられたときとは、梁部14の撓み状態が異なる。この撓み状態の違いが、X軸方向及びY軸方向の感度（出力）と、Z軸方向の感度（出力）とに差が生じる主原因である。

[0034] [2] piezo抵抗素子及び感度調整素子の詳細構成

次に、本実施の形態のpiezo抵抗素子及び感度調整素子の詳細構成を説明する。

[0035] 図11Aは梁14aに形成されたpiezo抵抗素子（以下、加速度検出用piezo抵抗素子と呼ぶこともある）及び感度調整素子（以下、感度調整用piezo抵抗素子と呼ぶこともある）の配置を示したものである。図11Bは梁1

4 cに形成されたピエゾ抵抗素子及び感度調整素子の配置を示したものである。

[0036] なお、図7では、ピエゾ抵抗素子の大きな位置を示すために図を単純化しているが、実際には、本実施の形態のピエゾ抵抗素子は、図11A及び図11Bに示す位置に配置される。具体的には、図7のピエゾ抵抗素子x1は図11Aのピエゾ抵抗素子x1-1, x1-2に対応し、図7のピエゾ抵抗素子x2は図11Aのピエゾ抵抗素子x2-1, x2-2に対応し、図7のピエゾ抵抗素子z1は図11Aのピエゾ抵抗素子z1-1, z1-2に対応し、図7のピエゾ抵抗素子z2は図11Aのピエゾ抵抗素子z2-1, z2-2に対応する。同様に、図7のピエゾ抵抗素子x3は図11Bのピエゾ抵抗素子x3-1, x3-2に対応し、図7のピエゾ抵抗素子x4は図11Bのピエゾ抵抗素子x4-1, x4-2に対応し、図7のピエゾ抵抗素子z3は図11Bのピエゾ抵抗素子z3-1, z3-2に対応し、図7のピエゾ抵抗素子z4は図11Bのピエゾ抵抗素子z4-1, z4-2に対応する。

[0037] 図からも分かるように、X軸方向用のピエゾ抵抗素子x1-1, x1-2, x2-1, x2-2, x3-1, x3-2, x4-1, x4-2及びZ軸方向用のピエゾ抵抗素子z1-1, z1-2, z2-1, z2-2, z3-1, z3-2, z4-1, z4-2は、梁14a, 14cの長手方向に亘って梁14a, 14cの長手方向と平行となるように形成されている。

[0038] 図11Aに示すように、ピエゾ抵抗素子x1-1, x1-2は配線を介して電氣的に直列に接続されていると共に、一端が端子T1, T4に接続されている。ピエゾ抵抗素子x2-1, x2-2は配線を介して電氣的に直列に接続されていると共に、一端が端子T5, T8に接続されている。ピエゾ抵抗素子z1-1, z1-2は配線を介して電氣的に直列に接続されていると共に、一端が端子T2, T3に接続されている。ピエゾ抵抗素子z2-1, z2-2は配線を介して電氣的に直列に接続されていると共に、一端が端子T6, T7に接続されている。

[0039] 同様に、図11Bに示すように、ピエゾ抵抗素子x3-1, x3-2は配

線を介して電氣的に直列に接続されていると共に、一端が端子T 9, T 1 2に接続されている。ピエゾ抵抗素子 $x 4 - 1$, $x 4 - 2$ は配線を介して電氣的に直列に接続されていると共に、一端が端子T 1 3, T 1 6に接続されている。ピエゾ抵抗素子 $z 3 - 1$, $z 3 - 2$ は配線を介して電氣的に直列に接続されていると共に、一端が端子T 1 0, T 1 1に接続されている。ピエゾ抵抗素子 $z 4 - 1$, $z 4 - 2$ は配線を介して電氣的に直列に接続されていると共に、一端が端子T 1 4, T 1 5に接続されている。

[0040] ここで、X軸用の端子T 1, T 4, T 5, T 8は、X軸方向用のピエゾ抵抗素子 $x 1 - 1$, $x 1 - 2$, $x 2 - 1$, $x 2 - 2$, $x 3 - 1$, $x 3 - 2$, $x 4 - 1$, $x 4 - 2$ がホイーストブリッジ接続されるように、図示しない配線によって接続されている。同様に、Z軸用の端子T 2, T 3, T 6, T 7は、Z軸方向用のピエゾ抵抗素子 $z 1 - 1$, $z 1 - 2$, $z 2 - 1$, $z 2 - 2$, $z 3 - 1$, $z 3 - 2$, $z 4 - 1$, $z 4 - 2$ がホイーストブリッジ接続されるように、図示しない配線によって接続されている。

[0041] かかる構成に加えて、本実施の形態の3軸加速度センサ10は、感度調整用のピエゾ抵抗素子2 1, 2 2, 2 3, 2 4が設けられている。具体的に説明する。感度調整用のピエゾ抵抗素子2 1は、ピエゾ抵抗素子 $x 1 - 1$ とピエゾ抵抗素子 $x 1 - 2$ の間に、ピエゾ抵抗素子 $x 1 - 1$, $x 1 - 2$ と電氣的に直列に接続されている。感度調整用のピエゾ抵抗素子2 2は、ピエゾ抵抗素子 $x 2 - 1$ とピエゾ抵抗素子 $x 2 - 2$ の間に、ピエゾ抵抗素子 $x 2 - 1$, $x 2 - 2$ と電氣的に直列に接続されている。感度調整用のピエゾ抵抗素子2 3は、ピエゾ抵抗素子 $x 3 - 1$ とピエゾ抵抗素子 $x 3 - 2$ の間に、ピエゾ抵抗素子 $x 3 - 1$, $x 3 - 2$ と電氣的に直列に接続されている。感度調整用のピエゾ抵抗素子2 4は、ピエゾ抵抗素子 $x 4 - 1$ とピエゾ抵抗素子 $x 4 - 2$ の間に、ピエゾ抵抗素子 $x 4 - 1$, $x 4 - 2$ と電氣的に直列に接続されている。

[0042] 感度調整用のピエゾ抵抗素子2 1, 2 2, 2 3, 2 4は、梁の長手方向に略直交する方向に亘って形成されている。上述したように、X軸方向用のピ

エゾ抵抗素子 x_{1-1} , x_{1-2} , x_{2-1} , x_{2-2} , x_{3-1} , x_{3-2} , x_{4-1} , x_{4-2} は、梁 14 a, 14 c の長手方向に亘って梁 14 a, 14 c の長手方向と平行となるように形成されているので、感度調整用のピエゾ抵抗素子 21, 22, 23, 24 は X 軸方向用のピエゾ抵抗素子 x_{1-1} , x_{1-2} , x_{2-1} , x_{2-2} , x_{3-1} , x_{3-2} , x_{4-1} , x_{4-2} が形成された方向に対して、略直交する方向に向かって形成されているとすることができる。

[0043] また、各感度調整用のピエゾ抵抗素子 21, 22, 23, 24 は、梁 14 a, 14 c の幅方向の中心線に対して対称に配置されている。

[0044] なお、感度調整用のピエゾ抵抗素子 21 は、X 軸方向用のピエゾ抵抗素子 x_{1-1} , x_{1-2} 及び Z 軸方向用のピエゾ抵抗素子 z_{1-1} , z_{1-2} と、梁 14 a の長手方向の中心線 L c との間に配置され、梁 14 a の長手方向の中心線 L c 上以外の位置であってできるだけ枠 12 に近接させた位置に配置されている方が好ましい。

[0045] 同様に、感度調整用のピエゾ抵抗素子 22 は、X 軸方向用のピエゾ抵抗素子 x_{2-1} , x_{2-2} 及び Z 軸方向用のピエゾ抵抗素子 z_{2-1} , z_{2-2} と、梁 14 a の長手方向の中心線 L c との間に配置され、梁 14 a の長手方向の中心線 L c 上以外の位置であってできるだけ中心非可動部 15 側に近接させた位置に配置されている方が好ましい。

[0046] 感度調整用のピエゾ抵抗素子 23 は、感度調整用のピエゾ抵抗素子 22 と同様に配置されており、X 軸方向用のピエゾ抵抗素子 x_{3-1} , x_{3-2} 及び Z 軸方向用のピエゾ抵抗素子 z_{3-1} , z_{3-2} と、梁 14 c の長手方向の中心線 L c' との間に配置され、梁 14 c の長手方向の中心線 L c' 以外の位置であってできるだけ中心非可動部 15 側に近接させた位置に配置されている方が好ましい。

[0047] 感度調整用のピエゾ抵抗素子 24 は、感度調整用のピエゾ抵抗素子 21 と同様に配置されており、X 軸方向用のピエゾ抵抗素子 x_{4-1} , x_{4-2} 及び Z 軸方向用のピエゾ抵抗素子 z_{4-1} , z_{4-2} と、梁 14 c の長手方向

の中心線 L c' との間に配置され、梁 1 4 c の長手方向の中心線 L c' 上以外の位置であってできるだけ枠 1 2 側に近接させた位置に配置されている方が好ましい。

[0048] このように、感度調整用の piezo 抵抗素子を、梁長手方向の中心と加速度検出用 piezo 抵抗素子の間で、枠部側、錘部側に近接されて配置したことにより、大きな感度調整効果を得ることができる。

[0049] [3] 感度調整素子による電気的作用

図 1 2 に、本実施の形態における X 軸方向用の piezo 抵抗素子の回路イメージを示す。

[0050] 図中の大きな四角で示す piezo 抵抗本体 3 1 ~ 3 4 は、図 1 1 A、図 1 1 B における piezo 抵抗素子 x 1 - 1, x 1 - 2, x 2 - 1, x 2 - 2, x 3 - 1, x 3 - 2, x 4 - 1, x 4 - 2 を示す。具体的には、piezo 抵抗本体 3 1 は piezo 抵抗素子 x 1 - 1, x 1 - 2 を示し、piezo 抵抗本体 3 2 は piezo 抵抗素子 x 2 - 1, x 2 - 2 を示し、piezo 抵抗本体 3 3 は piezo 抵抗素子 x 3 - 1, x 3 - 2 を示し、piezo 抵抗本体 3 4 は piezo 抵抗素子 x 4 - 1, x 4 - 2 を示す。

[0051] また、図中の小さな四角は、感度調整用 piezo 抵抗素子 2 1 ~ 2 4 を示す。

[0052] ここで、図に示すように、回路に供給される電圧を V_0 、piezo 抵抗本体 3 1 で生じる抵抗を R_1 、感度調整用 piezo 抵抗素子 2 1 で生じる抵抗を R_2 とすると、piezo 抵抗本体 3 1 に印加される電圧 V_1 は、次式で表される。

[数1]

$$V_1 = \frac{1}{2} \frac{R_1}{R_1 + R_2} V_0 \quad \dots\dots(1)$$

[0053] よって、次式で示す分の感度低下効果が得られる。

[数2]

$$\frac{R_1}{R_1 + R_2} \quad \dots\dots(2)$$

[0054] 前記(2)式で表される感度低下効果は、ピエゾ抵抗本体31に感度調整用ピエゾ抵抗素子21を直列接続したことによる感度低下効果である。

[0055] 本実施の形態では、この感度低下効果に加えて、ピエゾ抵抗効果による感度低下効果も生じる。次に、このピエゾ抵抗効果による感度低下効果について説明する。

[0056] ピエゾ抵抗素子では、素子に作用する縦方向(長さ方向)の応力 σ_l 及び横方向(幅方向)の応力 σ_t の両者の効果の重ね合わせで抵抗変化(すなわちピエゾ抵抗効果)が定まる。この様子は、 $\Delta R/R$ を応力による抵抗変化の割合とすれば、縦方向及び横方向のピエゾ抵抗係数 π_l 、 π_t を用いて、次式(3)で表される。

[数3]

$$\frac{\Delta R}{R_0} = \pi_l \sigma_l + \pi_t \sigma_t \quad \dots\dots(3)$$

[0057] 因みに、縦方向のピエゾ抵抗係数 π_l 及び横方向のピエゾ抵抗係数 π_t は、結晶面(100)及びオリフラ方向<110>のシリコンウェハを用いた場合、 $\pi_l \doteq -\pi_t \doteq \pi_{44}/2$ の関係となる。但し、 $\pi_{44} = 1.381 \times 10^{-3}$ [MPa⁻¹]である。

[0058] ここで、ピエゾ抵抗の電流の流れる方向に働く縦方向応力と、それに垂直な方向に働く応力(横方向応力)とでは、抵抗変化が正負逆となる。つまり、縦方向応力と横方向応力とが同時に生じた場合、ピエゾ抵抗効果は互いに打ち消し合うこととなる。

[0059] 本実施の形態では、ピエゾ抵抗本体31(x1-1, x1-2), 32(x2-1, x2-2), 33(x3-1, x3-2), 34(x4-1, x4-2)それぞれに対して、直交する方向に感度調整用ピエゾ抵抗素子21

、22、23、24を設けたことにより、付加した感度調整用ピエゾ抵抗素子21、22、23、24には横方向ピエゾ抵抗効果が生じるので、感度調整用ピエゾ抵抗素子21、22、23、24によって、ピエゾ抵抗本体31 (x1-1, x1-2)、32 (x2-1, x2-2)、33 (x3-1, x3-2)、34 (x4-1, x4-2)による縦方向ピエゾ抵抗効果打ち消すことができる。すなわち、感度調整用ピエゾ抵抗素子21、22、23、24によって効果的に感度を低下させることができる。

[0060] つまり、本実施の形態では、感度調整用ピエゾ抵抗素子をピエゾ抵抗本体に直列接続したことによる感度低下効果に加えて、感度調整用ピエゾ抵抗素子をピエゾ抵抗本体に対して直交する方向に設けたことによる感度低下効果を得ることができる。

[0061] 本実施の形態では、このような2つの感度低下効果を得ることができるので、小さな抵抗（感度調整用ピエゾ抵抗素子）を付加するのみで、効率的に感度の調整を行うことが可能となる。また、小さな抵抗（感度調整用ピエゾ抵抗素子）を付加するのみなので、オフセットの発生が小さく、特性の良いセンサを得ることができる。

[0062] また、本実施の形態では、小さな抵抗（感度調整用ピエゾ抵抗素子）を、可撓部（梁14a、14c）の幅方向の中心線に対して対称に配置したので、可撓部上での熱的なアンバランスの発生を一段と少なくでき、オフセットの発生が一段と抑制された特性の良いセンサを得ることができる。

[0063] [4] 実施の形態の効果

以上説明したように、本実施の形態によれば、各梁14a、14b、14c、14dの長手方向に亘って形成され、X軸方向、Y軸方向及びZ軸方向の加速度検出用ピエゾ抵抗素子x1~x4、y1~y4、z1~z4と、梁14a、14cの長手方向に略直交する方向に亘って形成され、かつ加速度検出用ピエゾ素子x1~x4に電氣的に接続された感度調整用ピエゾ抵抗素子21~24とを設けたことにより、オフセットの発生を抑制しつつ、効率的に感度の調整を行うことができるので、特性の良い3軸加速度センサ10

を実現できる。

[0064] [5] 他の実施の形態

なお、上述の実施の形態では、例としてX軸の感度を低下させるために、X軸用の加速度検出用ピエゾ抵抗素子 $x_1 \sim x_4$ に感度調整用ピエゾ抵抗素子 $2_1 \sim 2_4$ を接続した場合について述べたが、これに限らず、Y軸又はZ軸の感度を低下させるために、Y軸用又はZ軸用の加速度検出用ピエゾ抵抗素子 $y_1 \sim y_4$, $z_1 \sim z_4$ に、上述の実施の形態と同様に、感度調整用ピエゾ抵抗素子を接続してもよい。

[0065] また、加速度検出用ピエゾ抵抗素子及び感度調整用ピエゾ抵抗素子の配置の仕方は、図11A及び図11Bに示したものに限らない。

[0066] 例えば、図13に示すように、加速度検出用ピエゾ抵抗素子（ピエゾ抵抗本体）と感度調整用ピエゾ抵抗素子とが直接繋がるように配置してもよい。

[0067] また、図14に示すように配置してもよい。この場合、加速度検出用ピエゾ抵抗素子（ピエゾ抵抗本体）から直線的に延長する方向に感度調整用ピエゾ抵抗素子を接続する場合と比較して、上述したように、感度調整用ピエゾ抵抗素子をピエゾ抵抗本体に対して直交する方向に設けたことによる感度低下効果を得ることができるので、感度調整用ピエゾ抵抗素子の長さを短くすることができる。

[0068] 2009年6月17日出願の特願2009-144391の日本出願に含まれる明細書、図面及び要約書の開示内容は、すべて本願に援用される。

産業上の利用可能性

[0069] 本発明の3軸加速度センサは、例えばゲームコントローラ等の玩具や、自動車の衝撃検出装置、ハードディスクの落下検知装置、携帯電話機の入力装置等の種々の装置に広く適用し得る。

符号の説明

[0070] 10 3軸加速度センサ

12 枠

13a～13d 錘

14 a ~ 14 d 梁

16 a ~ 16 d 端子部

x 1 ~ x 4 X軸方向用のピエゾ抵抗素子

y 1 ~ y 4 Y軸方向用のピエゾ抵抗素子

z 1 ~ z 4 Z軸方向用のピエゾ抵抗素子

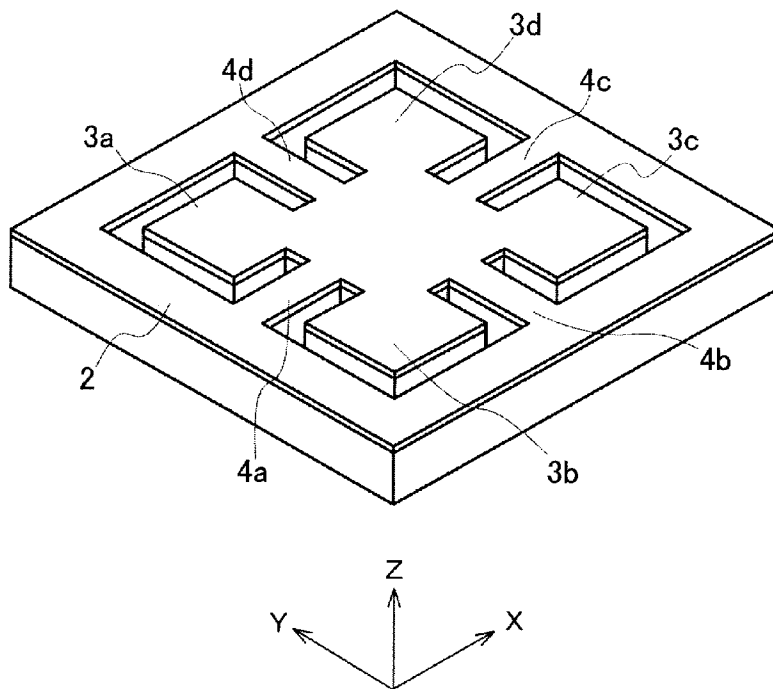
21 ~ 24 感度調整用ピエゾ抵抗素子

請求の範囲

- [請求項1] 梓部と、
錘部と、
可撓性部材でなり、前記梓部と前記錘部とを連結する梁部と、
前記梁部を構成する各梁の長手方向に亘って形成され、X軸方向、
Y軸方向及びZ軸方向の加速度検出用ピエゾ抵抗素子と、
前記梁部を構成する梁の長手方向に略直交する方向に亘って形成され、かつ前記加速度検出用ピエゾ素子に電氣的に接続された感度調整用ピエゾ抵抗素子と、
を具備する3軸加速度センサ。
- [請求項2] 前記感度調整用ピエゾ抵抗素子は、前記梁の幅方向の中心線に対して線対称に形成されている、
請求項1に記載の3軸加速度センサ。
- [請求項3] 前記感度調整用ピエゾ抵抗素子は、前記加速度検出用ピエゾ抵抗素子と前記梁の長手方向の中心線との間に配置され、梓部側又は錘部側に近接して配置されている、
請求項1に記載の3軸加速度センサ。

[図1]

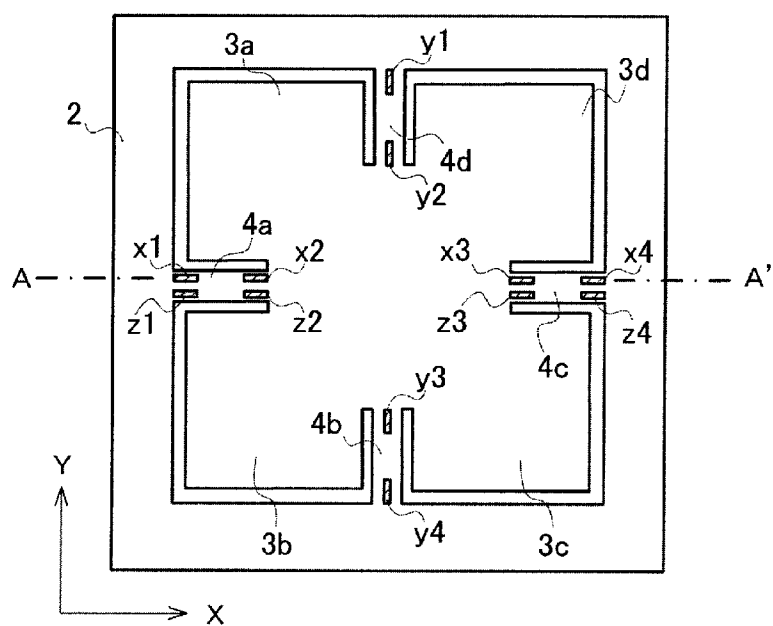
1: 3軸加速度センサ



(PRIOR ART)

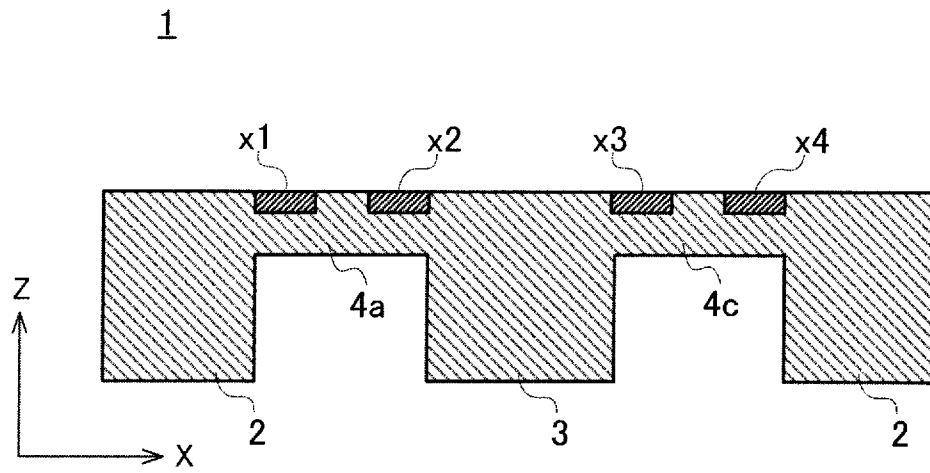
[図2]

1



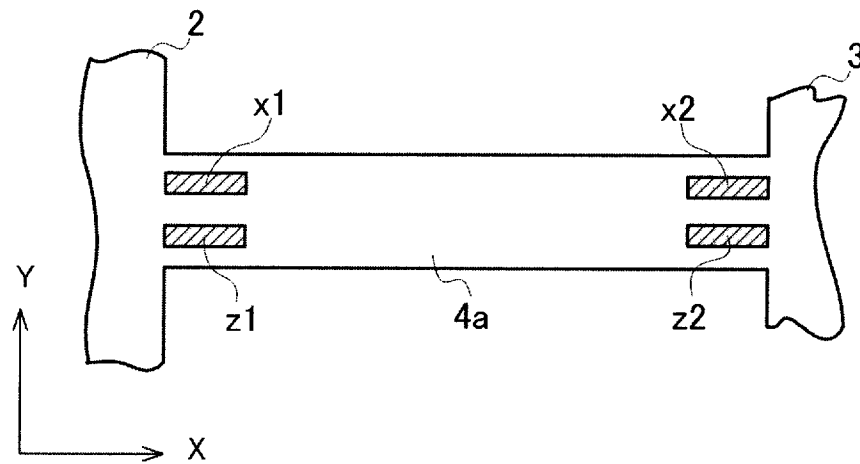
(PRIOR ART)

[図3]



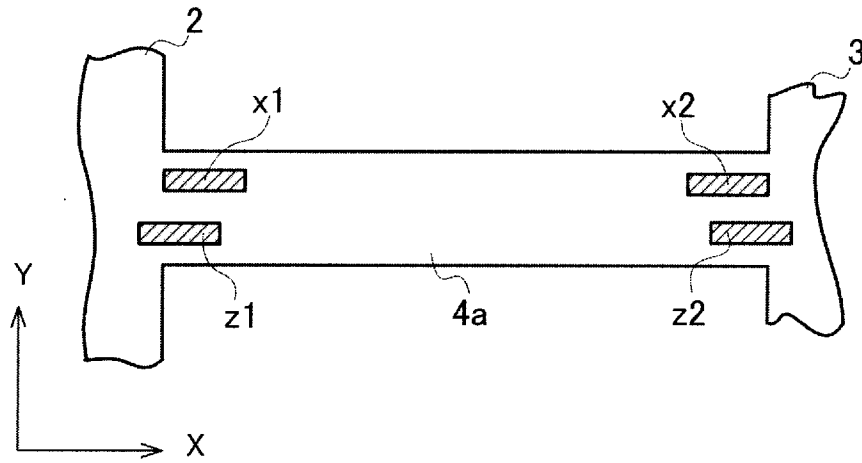
(PRIOR ART)

[図4]



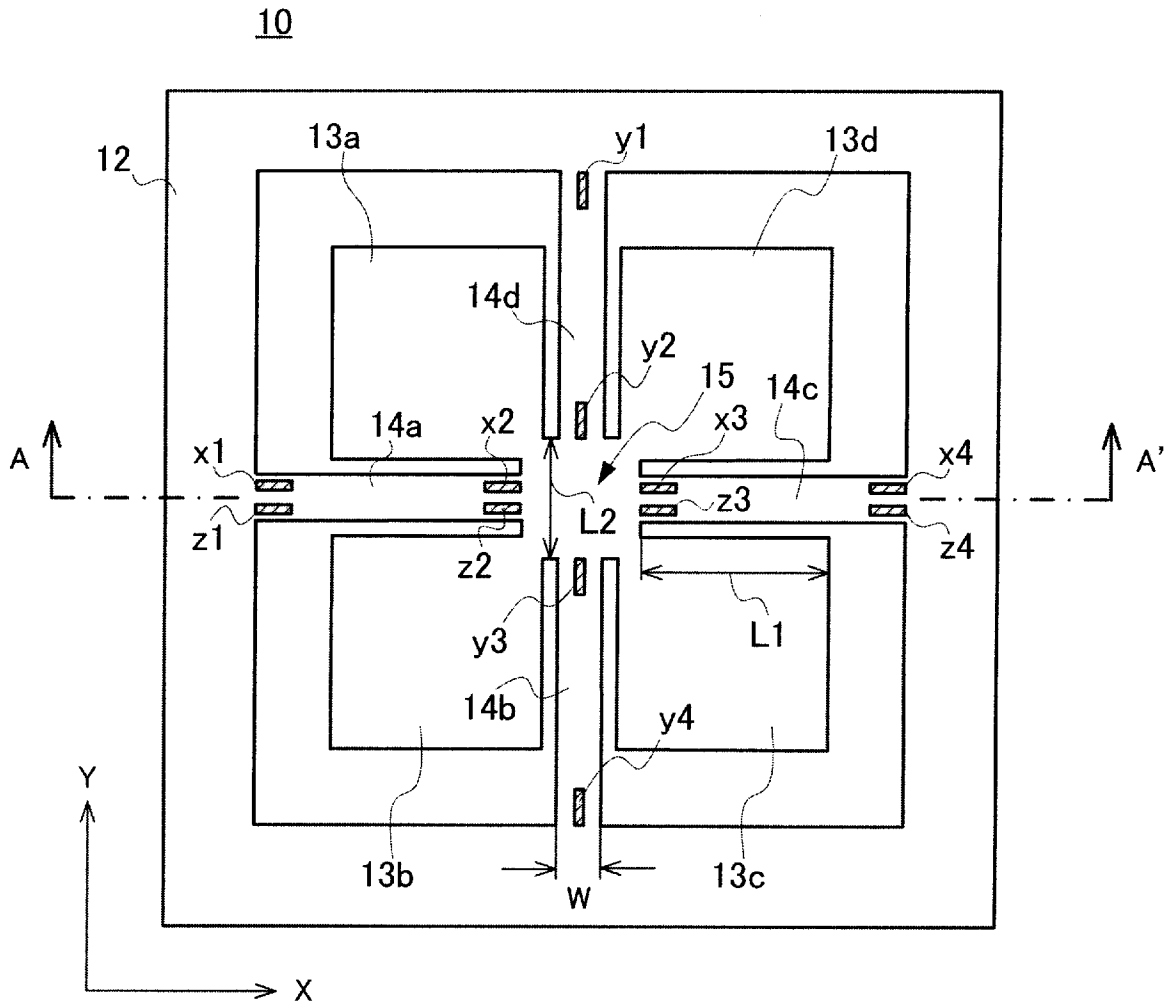
(PRIOR ART)

[図5]

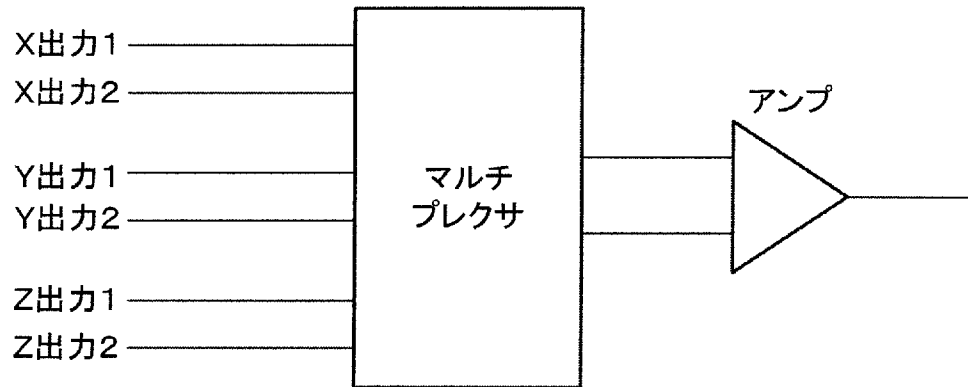


(PRIOR ART)

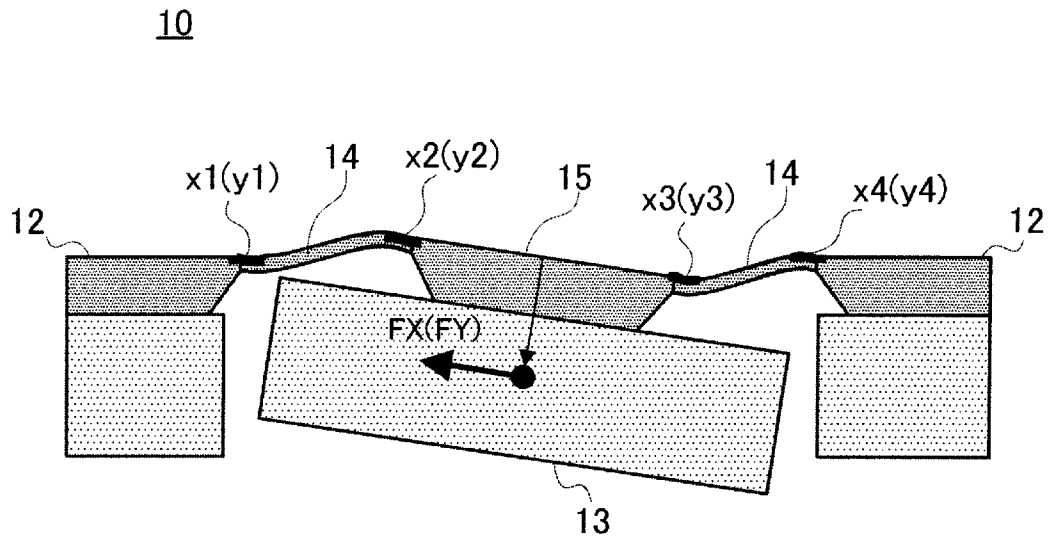
[図7]



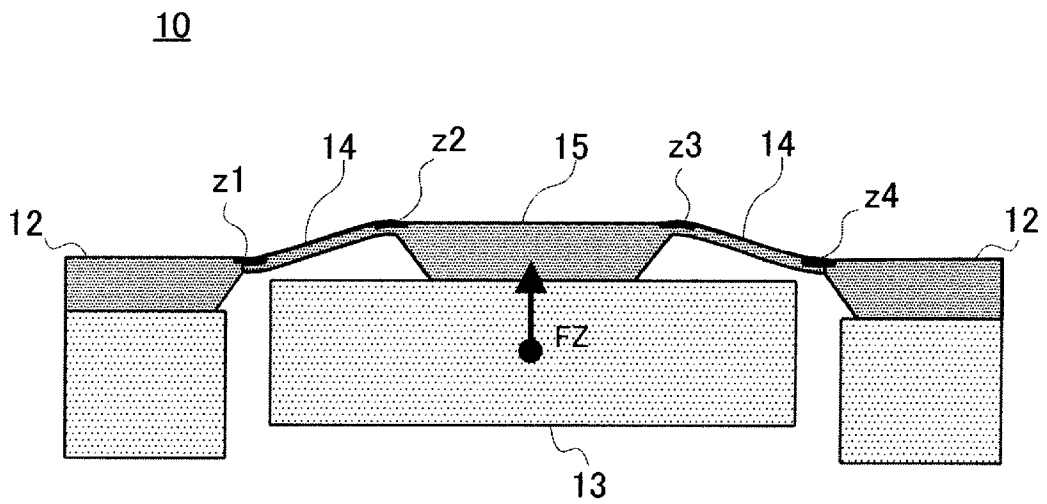
[図8]



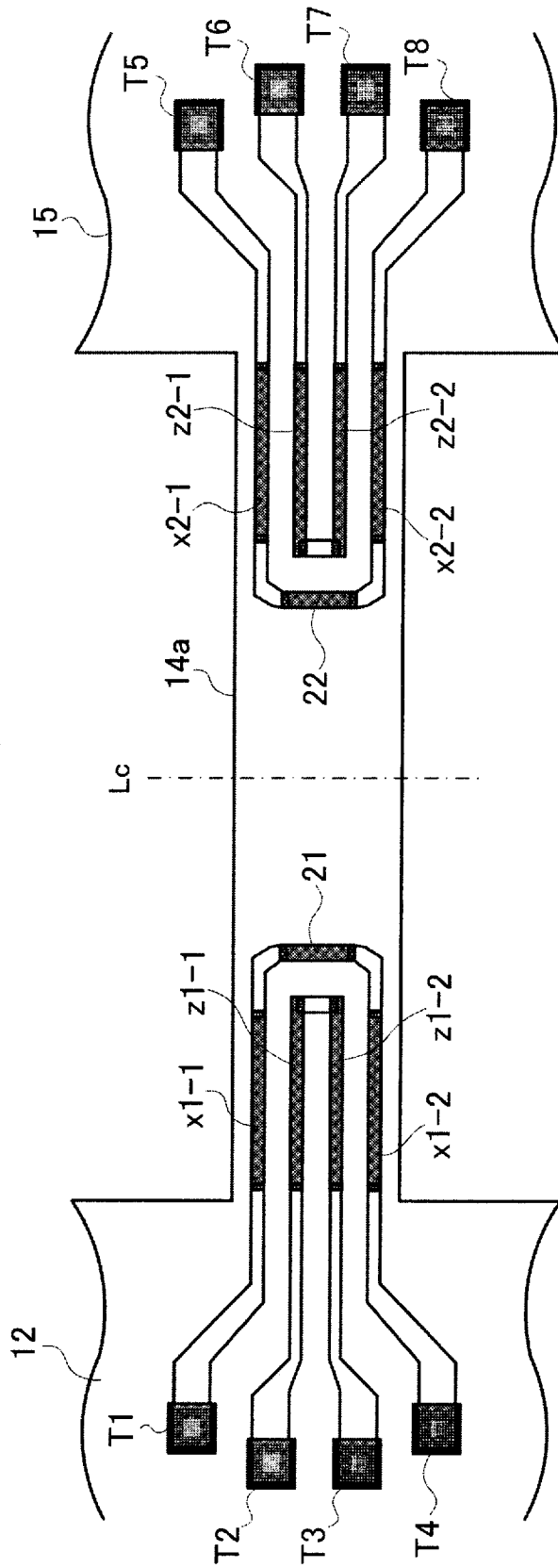
[図9]



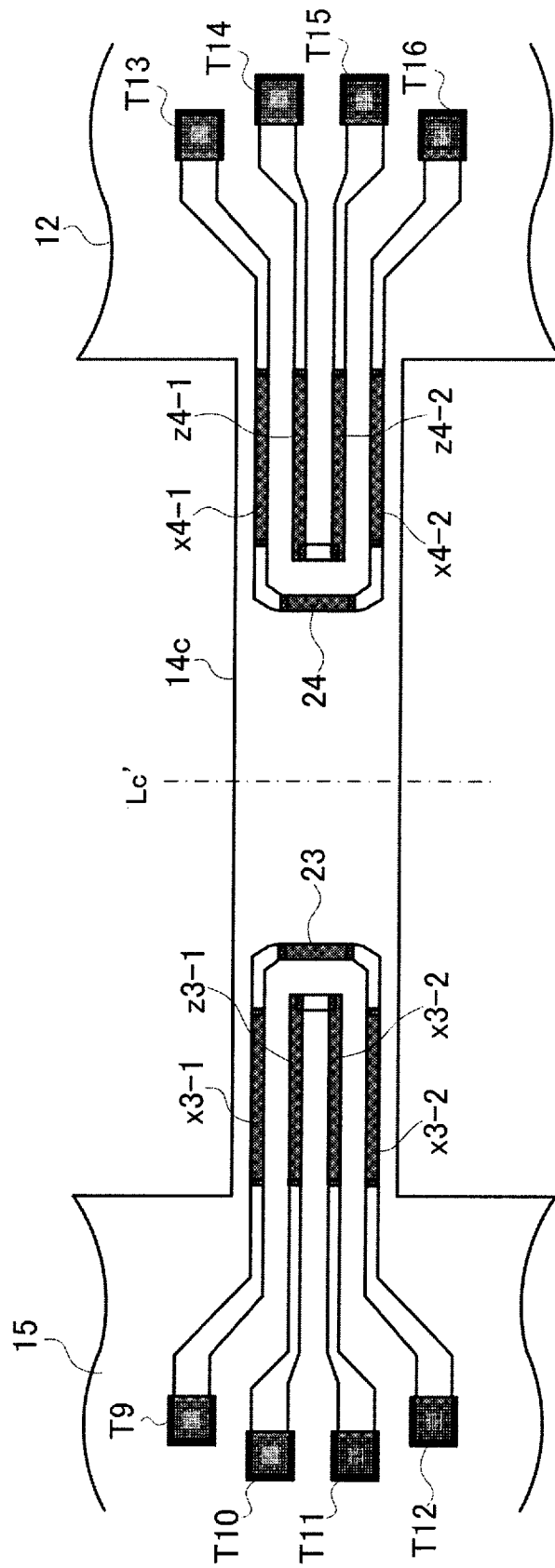
[図10]



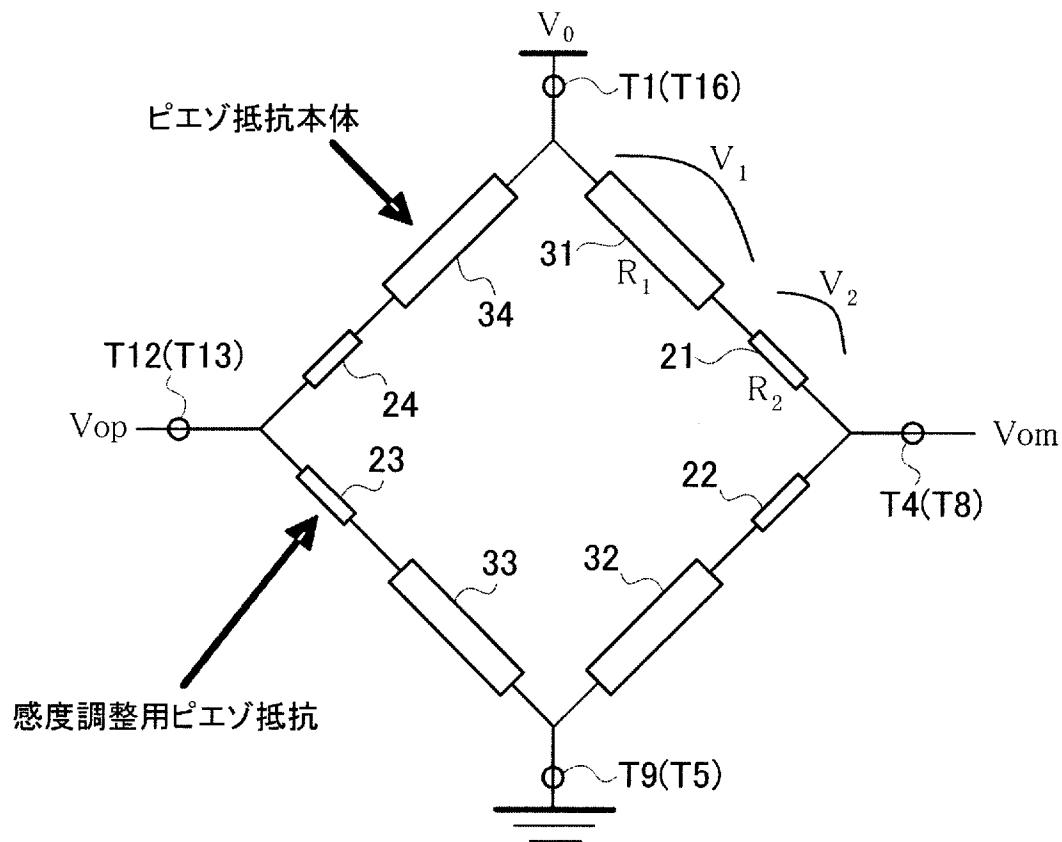
[図11A]



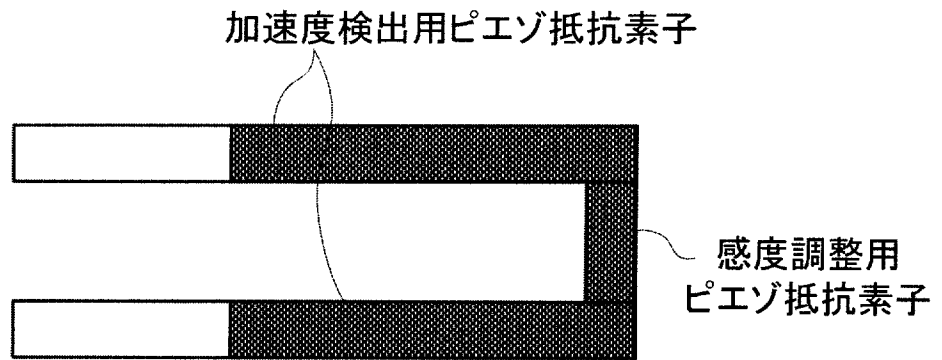
[図11B]



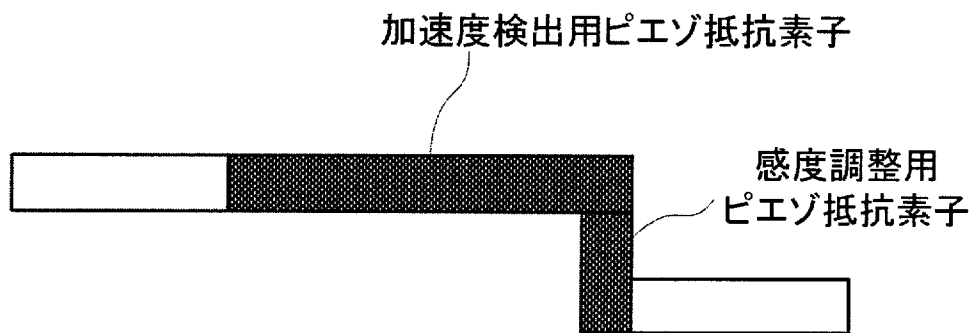
[図12]



[図13]



[図14]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2010/003910

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01P15/12(2006.01)i, G01P15/18(2006.01)i, G01P21/00(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)

G01P15/12, G01P15/18, G01P21/00, 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.
Y A	JP 2006-098321 A (Hitachi Metals, Ltd.), 13 April 2006 (13.04.2006), paragraphs [0021] to [0024]; fig. 1 to 4; entire text; all drawings	1-2 3
Y A	JP 2007-199081 A (Murata Mfg. Co., Ltd.), 09 August 2007 (09.08.2007), paragraphs [0066] to [0067]; fig. 14a to 14b	1-2 3

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
01 July, 2010 (01.07.10)

Date of mailing of the international search report
13 July, 2010 (13.07.10)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2010/003910

JP 2006-098321 A 2006.04.13

US 2006/0065054 A1
EP 1643255 A2
KR 10-2006-0051633 A
CN 1776434 A
TW 277735 B

JP 2007-199081 A 2007.08.09

US 2009/0183571 A1
EP 1868000 A1
WO 2006/114832 A1
WO 2006/112051 A1
CN 1981197 A
KR 10-2007-0067073 A

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))
 Int.Cl. G01P15/12(2006.01)i, G01P15/18(2006.01)i, G01P21/00(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 (IPC))
 Int.Cl. G01P15/12, G01P15/18, G01P21/00, 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 1922-1996年
 日本国公開実用新案公報 1971-2010年
 日本国実用新案登録公報 1996-2010年
 日本国登録実用新案公報 1994-2010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 2006-098321 A (日立金属株式会社)、2006.04.13 段落【0021】 - 【0024】、第1 - 4図 全文、全図	1-2 3
Y A	JP 2007-199081 A (株式会社村田製作所)、2007.08.09 段落【0066】 - 【0067】、第14a - 14b図	1-2 3

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、一般的な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 01.07.2010	国際調査報告の発送日 13.07.2010
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁 (ISA/JP) 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

JP 2006-098321 A	2006. 04. 13	US 2006/0065054 A1 EP 1643255 A2 KR 10-2006-0051633 A CN 1776434 A TW 277735 B
JP 2007-199081 A	2007. 08. 09	US 2009/0183571 A1 EP 1868000 A1 WO 2006/114832 A1 WO 2006/112051 A1 CN 1981197 A KR 10-2007-0067073 A