

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第3966223号
(P3966223)

(45) 発行日 平成19年8月29日(2007.8.29)

(24) 登録日 平成19年6月8日(2007.6.8)

(51) Int. Cl.

G O 1 P 15/125 (2006.01)

F I

G O 1 P 15/125 Z

請求項の数 3 (全 10 頁)

(21) 出願番号	特願2003-136998 (P2003-136998)	(73) 特許権者	000006013
(22) 出願日	平成15年5月15日(2003.5.15)		三菱電機株式会社
(65) 公開番号	特開2004-340716 (P2004-340716A)		東京都千代田区丸の内二丁目7番3号
(43) 公開日	平成16年12月2日(2004.12.2)	(74) 代理人	100113077
審査請求日	平成17年1月6日(2005.1.6)		弁理士 高橋 省吾
		(74) 代理人	100112210
			弁理士 稲葉 忠彦
		(74) 代理人	100108431
			弁理士 村上 加奈子
		(74) 代理人	100128060
			弁理士 中鶴 一隆
		(72) 発明者	吉川 英治
			東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三 菱電機株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 加速度センサ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

基板上に形成された第1および第2の固定電極と、
 第1の固定電極とともに第1の静電容量を形成する第1の可動電極部、第2の固定電極と
 ともに第2の静電容量を形成する第2の可動電極部、第1および第2の可動電極部を連結
 する可動電極部連結部からなり、第1および第2の固定電極に間隔を有して対向する可動
 電極と、
 可動電極部連結部と基板とを間隔を有するように接続して可動電極を支持するとともにね
 じれ変形可能な可動部材と、
 第1および第2の可動電極部の間に配置され加速度に応答して基板の板厚方向に変位する 10
 質量体と、
 質量体を基板と間隔を有するように弾性支持する質量体支持部材と、
 可動電極部連結部と質量体とを連結する質量体連結部材とを備え、
 可動部材は第1および第2の可動電極部間の中間点を通る直線上に配置され、質量体連結
 部材は可動部材に対して平行かつ間隔を有して配置されたことを特徴とする加速度センサ
 。

【請求項2】

可動電極部連結部に対向する補正電極を基板上に形成し、可動電極部連結部と補正電極と
 の間に電圧を印加することによって第1および第2の静電容量のバランスを補正するよう
 に構成されたことを特徴とする請求項1記載の加速度センサ。

【請求項3】

第1および第2の固定電極、可動電極、可動部材、質量体、質量体支持部材および質量体連結部材を基板との間に封止するための封止部材を備え、基板および封止部材は可動部材を挟み込むように配置された突起をそれぞれ有することを特徴とする請求項1記載の加速度センサ。

【発明の詳細な説明】**【0001】****【発明の属する技術分野】**

この発明は、加速度センサの分野に属するものであり、特に可動部の剛性を高めて信頼性の向上を図ったものに関する。

10

【0002】**【従来の技術】**

従来の加速度センサは、半導体材料の枠内に可動電極が可動部によって弾性支持されており、可動電極の一方の端部に重りを有している。可動電極のうち可動部に近接する部分と対向するように検知電極が配置されており、可動電極と検知電極との間に静電容量を形成している。このように構成された加速度センサに加速度が印加されると、重りに作用する慣性力によって可動部がねじれる。その際に可動電極と検知電極との距離が変化し、それに伴う静電容量の変化から加速度を測定している（例えば、特許文献1参照。）。

【0003】**【特許文献1】**

20

特開平5-133976号公報（段落0037、図23-24）

【0004】**【発明が解決しようとする課題】**

しかしながら、従来の技術ではその構造上、静電容量を形成している可動電極と検知電極との距離の変位量は、重りが配置された可動電極の端部における変位量よりも小さい。そのため、加速度検出に必要な静電容量の変化を得るには、重り配置部分の変位量を十分に大きくする必要があり、必要以上に可動部の剛性を低下させてしまうおそれがある。これは、検出方向以外の加速度に対する感度増大によるノイズ発生や、可動電極と基板との接触といった不具合をもたらし、加速度センサの信頼性を低下させてしまうという問題があった。さらに、加速度検出に必要な静電容量の変化を得るために可動電極のねじれ角を大きくとると、ねじれ角と静電容量の変化との非線形性が増大し、加速度に対する出力信号の線形性を悪化させるという問題があった。

30

【0005】

この発明は、上記のような問題点を解決するためになされたものであり、可動部の剛性を高めてセンサとしての信頼性向上を図るとともに、加速度に対する出力信号の線形性向上を図った加速度センサを提供する。

【0006】**【課題を解決するための手段】**

この発明における加速度センサは、基板上に形成された第1および第2の固定電極と、第1の固定電極とともに第1の静電容量を形成する第1の可動電極部、第2の固定電極とともに第2の静電容量を形成する第2の可動電極部、第1および第2の可動電極部を連結する可動電極部連結部からなり、第1および第2の固定電極に間隔を有して対向する可動電極と、可動電極部連結部と基板とを間隔を有するように接続して可動電極を支持するとともにねじれ変形可能な可動部材と、第1および第2の可動電極部の間に配置され加速度に応答して基板の板厚方向に変位する質量体と、質量体を基板と間隔を有するように弾性支持する質量体支持部材と、可動電極部連結部と質量体とを連結する質量体連結部材とを備えるものである。可動部材は第1および第2の可動電極部間の中間点を通る直線上に配置され、質量体連結部材は可動部材に対して平行かつ間隔を有して配置されたものである。

40

【0007】**【発明の実施の形態】**

50

実施の形態 1 .

図 1 は、本発明が適用される加速度センサの実施の形態 1 を説明するための平面図である。また、図 2 は図 1 における A - A ' 断面図、図 3 は同じく B - B ' 断面図、図 4 は同じく C - C ' 断面図である。

【 0 0 0 8 】

図 1 ~ 4 において、シリコンからなる基板 1 上に、第 1 の固定電極 2 a、第 2 の固定電極 2 b および自己診断電極 3 が形成されている。基板 1 は、その表面に絶縁膜が形成されているのが好ましく、この絶縁膜としては L P C V D によって堆積された低応力の窒化シリコン膜などが適している。第 1 の固定電極 2 a、第 2 の固定電極 2 b および自己診断電極 3 は、例えば窒化シリコン膜上に L P C V D によって堆積されたポリシリコン薄膜をエッチングすることによって一括に形成することができる。

10

【 0 0 0 9 】

可動電極 4 は、第 1 の固定電極 2 a および第 2 の固定電極 2 b に間隔を有して配置されている。この可動電極 4 は、第 1 の可動電極部 4 a、第 2 の可動電極部 4 b、および可動電極部連結部 4 c からなり、剛性の高い一部材で形成されることが好ましい。なお、第 1 の可動電極部 4 a は第 1 の固定電極 2 a とともに第 1 の静電容量 C 1 を形成し、第 2 の可動電極部 4 b は第 2 の固定電極 2 b とともに第 2 の静電容量 C 2 を形成する。ここで、第 1 の固定電極 2 a および第 2 の固定電極 2 b、第 1 の可動電極部 4 a および第 2 の可動電極部 4 b は、A - A ' 線に対して線対称に配置されている。それぞれの静電容量空間の幅を L 1、長さを L 2 とし、A - A ' 線からそれぞれの静電容量空間までの距離を L 3 とする。

また、第 1 の可動電極部 4 a と第 2 の可動電極部 4 b との両端は、2 つの可動電極部連結部 4 c によって連結されている。さらに、2 つの可動電極部連結部 4 c は、図 1 のようにそれぞれ可動部材 5 によって基板 1 とを間隔を有するように接続されている。これにより、可動電極 4 は基板 1 に支持されている。ここで可動部材 5 は、ねじれ変形可能なねじれ梁部と、基板 1 と接続するためのアンカー部とからなる。これら 2 つの可動部材 5 は、そのねじれ軸が図 1 に示すように 2 つの可動電極部間の中間点を通る A - A ' 線上にあるように配置されている。

20

【 0 0 1 0 】

質量体 6 は、自己診断電極 3 に間隙を有して対向するように、第 1 の可動電極部 4 a と第 2 の可動電極部 4 b との間に配置されている。質量体 6 は板状であって、質量体支持部材 7 を介して基板 1 に弾性支持されている。ここで質量体支持部材 7 は、質量体 6 を弾性変位させるための弾性梁部と、基板 1 と接続するためのアンカー部とからなり、基板 1 との間に間隔を有する。このように質量体 6 は弾性支持されていることから、基板 1 の板厚方向に印加される加速度に応答して、慣性力の作用で加速度とは反対向きに変位する。このとき、図 1 のように質量体支持部材 7 が質量体 6 の周囲に凹型に配置されており、質量体支持部材 7 の弾性梁部の長手部分が質量体 6 の辺に沿っているため、質量体 6 が面内方向に変位することを抑制している。

30

【 0 0 1 1 】

また、2 つの可動電極部連結部 4 c と質量体 6 とは、2 つの質量体連結部材 8 としてのリンク梁によって剛性的に連結されている。リンク梁 8 は図 1 のように B - B ' 線上に配置されており、可動部材 5 に対して平行かつ間隔を有している。

40

【 0 0 1 2 】

なお、可動電極 4、可動部材 5、質量体 6、質量体支持部材 7、リンク梁 8 は、例えば L P C V D やエピタキシャル成長などによって堆積されたポリシリコン薄膜をエッチングすることによって一括して形成することができる。このポリシリコン膜は低応力であり、かつ、厚さ方向に応力分布がないことが望ましく、その厚さは典型的には 4 ~ 1 0 μ m 程度である。また、第 1 の固定電極 2 a や第 2 の固定電極 2 b と可動電極 4 との間などの間隙は、P S G 薄膜などの犠牲層を選択的にエッチング除去して形成でき、その距離は堆積する P S G 薄膜の厚さを変更することで任意に設計することができる。

【 0 0 1 3 】

50

このように構成された加速度センサでは、加速度の印加によって質量体 6 が変位すると、可動電極部連結部 4 c のうち B - B' 線上の部分は、リンク梁 8 を介して質量体 6 に連動して変位する。一方、可動電極部連結部 4 c のうち A - A' 線上の部分は、可動部材 5 によって基板 1 の板厚方向に変位することのないように支持されている。したがって、可動部材 5 のねじれ梁部がねじれ変形することで可動電極部連結部 4 c は傾斜し、これに伴って第 1 の可動電極部 4 a は質量体 6 と同方向に、第 2 の可動電極部 4 b は質量体 6 とは反対方向に変位する。そのため、第 1 の静電容量 C 1、第 2 の静電容量 C 2 とが変化し、この容量変化から加速度を測定できる。

【 0 0 1 4 】

図 5 は、この実施の形態における加速度の検出原理を説明するための断面図である。図 5 において、加速度センサの基板 1 に垂直な加速度が、図示上方向に印加されている。質量体 6 には加速度と反対方向に慣性力が作用するため、図示下側の基板 1 に近づく方向に変位する。すなわち、破線で示した初期位置から変位量 d_1 だけ下側の実線で示した位置に変位する。このとき、可動部材 5 のねじれ変形によって可動電極 4 は傾斜し、第 1 の可動電極部 4 a は下側に、第 2 の可動電極部 4 b は上側にそれぞれ変位する。すなわち、それぞれの可動電極部は、破線で示した初期位置から変位量 d_2 だけずれた実線で示した位置に変位する。このとき、質量体 6 の変位量 d_1 に比較して、第 1 および第 2 の可動電極部の変位量 d_2 が大きい。

【 0 0 1 5 】

また、第 1 の静電容量 C 1 は、電極間距離が初期距離 d_0 より変位量 d_2 だけ狭くなるため、容量値が増加する。一方、第 2 の静電容量 C 2 は、電極間距離が初期距離 d_0 より変位量 d_2 だけ広くなるため、容量値が減少する。これらの静電容量 C 1、C 2 の変化を差動検出することで、印加された加速度を測定することができる。

【 0 0 1 6 】

なお、加速度の印加方向が図示下方向の場合には、質量体 6 の変位方向、可動電極 4 のねじれ方向が逆となるだけであり、第 1 の静電容量 C 1 の容量値が減少し、第 2 の静電容量 C 2 が増加する。よって、同様に加速度を測定できることは言うまでもない。

【 0 0 1 7 】

次に、可動電極 4 と質量体 6 との位置関係について説明する。図 1 では、可動電極 4 は、質量体 6 を囲繞するように配置されている。これに対して図 6 は、比較例としての加速度センサを説明するための平面図であり、質量体 106 が可動電極 104 を囲繞するように配置されている。図 6 において、基板 101 上には第 1 の固定電極 102 a、第 2 の固定電極 102 b が配置されており、可動電極 4 とともに第 1 の静電容量 C 1、第 2 の静電容量 C 2 を形成している。それぞれの静電容量空間の幅を L_1 、長さを L_2 とし、A - A' 線からそれぞれの静電容量空間までの距離を L_3 とする。103 は自己診断電極、105 は可動部材、107 は質量体支持部材、108 は質量体連結部材である。

【 0 0 1 8 】

図 7 は、比較例における加速度の検出原理を説明するための断面図であり、図 6 における C - C' 断面を示す。図 7 において、図 5 と同様に加速度が図示上方向に印加されている。質量体 106 は図示下側方向、すなわち破線で示した初期位置から変位量 d_1 だけ下側の実線で示した位置に変位する。このとき、可動部材 105 のねじれ変形によって、可動電極 104 は傾斜して破線で示した初期位置から変位量 d_2 だけずれた実線で示した位置に変位する。第 1 の静電容量 C 1 は容量値が増加する一方、第 2 の静電容量 C 2 は容量値が減少する。これらの静電容量 C 1、C 2 の変化を差動検出することで、印加された加速度を測定することができる。

【 0 0 1 9 】

続いて、この実施の形態と比較例の特性を比較する。例えば、静電容量空間の幅 L_1 および長さ L_2 、初期電極間距離 d_0 については両者共通で $L_1 = 200 \mu\text{m}$ 、 $L_2 = 500 \mu\text{m}$ 、 $d_0 = 2 \mu\text{m}$ とする。A - A' 線から静電容量空間までの距離 L_3 については、この実施の形態では $400 \mu\text{m}$ 、比較例では $100 \mu\text{m}$ とする。初期状態での静電容量につ

10

20

30

40

50

いては、 $C_1 = C_2 = \text{約} 0.40 \text{ pF}$ を有するものとする。これらの加速度センサに図5、図7のように加速度が印加されて、可動電極が角度 θ だけねじれた場合の静電容量 C_1 、 C_2 は次の(1)式、(2)式で表される。

【0020】

【数1】

$$C_1 = -\frac{\varepsilon_0 L_2}{\tan \theta} \log \left(1 - \frac{L_1 \tan \theta}{d - L_3 \tan \theta} \right) \quad \dots\dots (1)$$

$$C_2 = \frac{\varepsilon_0 L_2}{\tan \theta} \log \left(1 + \frac{L_1 \tan \theta}{d + L_3 \tan \theta} \right) \quad \dots\dots (2)$$

10

ここで、

ε_0 : 真空の誘電率

d : 電極間距離 ($d_0 \pm d_2$)

【0021】

第1の静電容量 C_1 、第2の静電容量 C_2 について、それぞれ電極面積が同じであれば、同じ容量変化を得るために必要な電極間距離の変化 d_2 も同じである。したがって、同じ電極間距離の変化 d_2 を得るためには、図1のように可動電極4が質量体6を囲繞するように配置されている方が、図6のように質量体106が可動電極104を囲繞するように配置されているよりも、可動電極のねじれ角 θ を小さく抑えることができる。すなわち、この実施の形態では、比較例に対して検出感度が同じでも、可動部材の剛性を高めることができ、加速度センサとしての信頼性を向上できるという効果が得られる。

20

【0022】

図8は、この実施の形態と比較例における差動容量と可動電極のねじれ角 θ との関係を示す特性図である。なお、差動容量 $C = C_1 - C_2$ とする。例えば、差動容量 $C = 0.10 \text{ pF}$ を得るために必要な可動電極のねじれ角 θ は、この実施の形態では約 0.023° である。これは、比較例の約 0.063° と比較して、約 $1/3$ 程度であることがわかる。

30

【0023】

また、差動容量を初期状態の第1および第2の静電容量 C_1 、 C_2 の和で規格化し、これを容量変動 $C = C / (C_1 + C_2)$ として定義した。差動容量 C が 0.10 pF の際のねじれ角、容量変動をそれぞれ θ_0 、 C_0 とすると、出力信号の非線形性は次の(3)式で表される。

【0024】

【数2】

$$\frac{\Delta C_0 \cdot \frac{\theta}{\theta_0} - \Delta C}{\Delta C_0} \quad \dots\dots (3)$$

40

【0025】

図9は、差動容量と出力信号の非線形性との関係を示す特性図である。これより、非線形性はこの実施の形態の場合で最大約 0.013% 、比較例の場合で約 0.080% と、この実施の形態の方が約 $1/6$ である。すなわち、この実施の形態では、印加される加速度に対する出力信号の線形性を向上できるという効果がある。

【0026】

50

さらに、本発明による加速度センサは自己診断電極 3 を備えている。自己診断電極 3 は質量体 6 と対向しており、この自己診断電極 3 と質量体 6 との間に電圧を印加することによってこれらの間に静電引力を発生させ、質量体 6 を例えば図 5 のように図示下側へ変位させることができる。加速度が印加されていない場合でも、このように強制的に質量体 6 を変位させることによって、この質量体 6 とリンク梁 8 で結合された可動電極 4 を傾斜させ、加速度が印加された場合と同様に第 1 および第 2 の静電容量 C_1 、 C_2 の変化を発生させることができる。このようにして発生する容量変化を検出することで、加速度センサが破壊されていないか、特性に変動がないかなど、その機能を自己診断することができる。

【0027】

実施の形態 2 .

図 10 は、実施の形態 2 を説明するための加速度センサの平面図である。この実施の形態は、実施の形態 1 において可動電極 4 に対向する複数の補正電極 9 を備えたものである。補正電極 9 は、可動電極 4 の可動電極部連結部 4c に対向するように基板 1 上に形成されており、可動部材 5 のねじれ軸が通る A - A' 線の図示左右両側に配置されている。

【0028】

一般に、差動容量型の加速度センサにおいては、鉛直軸方向の加速度測定が必要とされたり、傾斜して加速度センサが設置されたりする場合、測定対象物が運動していない初期状態においても質量体 6 が変位する。そのため、第 1 および第 2 の静電容量 C_1 、 C_2 に不平衡が生じ、出力信号に一定のオフセットが生じる。

【0029】

例えば、加速度センサを図 5 における図示下側を真下にして設置すると、測定対象物が運動しなくても、重力加速度の分だけ質量体 6 が下側に変位し、可動電極 4 が時計方向にねじれて出力信号のオフセットがずれる。このようなオフセット変動が問題になる場合、複数の補正電極 9 のうち A - A' 線より第 2 の静電容量 C_2 側の補正電極 9 を選択し可動電極 4 の可動電極部連結部 4c との間に電圧を印加すると、可動電極 4 に時計方向の回転モーメントが作用する。これによって、可動電極 4 の傾斜を修復して、第 1 および第 2 の静電容量 C_1 、 C_2 のバランスを平衡状態に戻すことができるので、出力信号のオフセットを補正できる。加速度センサの設置状態が前述と上下逆であっても、第 1 の静電容量 C_1 側の補正電極 9 を選択して、同様に電圧を印加すれば出力信号のオフセットを補正できる。

【0030】

実施の形態 3 .

図 11 は、実施の形態 3 を説明するための加速度センサの平面図である。この実施の形態は、実施の形態 1 において可動部材 5 を可動電極 4 の外側に配置したものである。図 11 において質量体 6 は矩形であって、図 1 のようなくぼみがある場合と比較して質量が大きくなる。さらに、質量体 6 の形状に関係なく可動部材 5 を設計配置することができる。例えば、可動部材 5 に応力緩衝部 5a を設けてもよい。この場合、可動電極 4 が可動部材 5 を介して両端支持されており可動電極 4 の形成材に残留応力が存在しても、応力緩衝部 5a がこの残留応力を緩和する。したがって、可動部材 5 のねじれ梁部に残留応力が影響を与えたり、可動電極 4 全体が座屈したりすることを防止できる。

【0031】

実施の形態 4 .

図 12 は、実施の形態 4 を説明するための加速度センサの断面図であり、可動部材 5 のねじれ梁部とリンク梁 8 とを通る断面を見たものである。この実施の形態は、実施の形態 1 において可動部材 5 を挟み込むように突起を備えたものである。この実施の形態における加速度センサは、第 1 の固定電極 2a、第 2 の固定電極 2b、可動電極 4、可動部材 5、質量体 6、質量体支持部材 7 およびリンク梁 8 を、基板 1 との間に封止するための封止部材 10 としてのキャップを備えている。キャップ 10 は、質量体 6 や可動電極 4 などを保護する。基板 1 には突起 11 が形成されており、キャップ 10 には突起 10a が形成されている。突起 10a と突起 11 は、可動部材 5 を挟み込むように配置されている。

10

20

30

40

50

【0032】

このようなキャップ10や突起10aには、単結晶シリコンを用いることが好ましい。単結晶シリコンは、KOHなどのアルカリエッチング液に対するエッチング異方性を有する。このエッチング異方性を利用して、キャップ10および突起10aを一括形成できる。また、基板1上に形成された突起11には、例えばLPCVDなどによって形成されたpoly-Si薄膜を用いることができる。

【0033】

以上のように、可動部材5のねじれ梁部は、その図示上下に形成された突起10a、11によって挟まれているので、基板1の厚さ方向への変位を抑制されている。すなわち、可動電極4自身に作用する慣性力など本来の加速度の検出には不要である振動モードを抑制したり、過大な加速度が印加された際の可動電極4の変位を抑制したりできる。そのため、加速度センサの信頼性を向上することができる。

10

【0034】

【発明の効果】

この発明によれば、可動部の剛性を高めてセンサとしての信頼性向上を図るとともに、加速度に対する出力信号の線形性向上を図った加速度センサを提供できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 実施の形態1を説明するための平面図である。

【図2】 実施の形態1を説明するためのA-A'断面図である。

【図3】 実施の形態1を説明するためのB-B'断面図である。

20

【図4】 実施の形態1を説明するためのC-C'断面図である。

【図5】 実施の形態1における加速度の検出原理を説明するための断面図である。

【図6】 比較例を説明するための平面図である。

【図7】 比較例における加速度の検出原理を説明するための断面図である。

【図8】 実施の形態1と比較例における差動容量とねじれ角に関する特性図である。

【図9】 実施の形態1と比較例における差動容量と出力信号の線形性に関する特性図である。

【図10】 実施の形態2を説明するための平面図である。

【図11】 実施の形態3を説明するための平面図である。

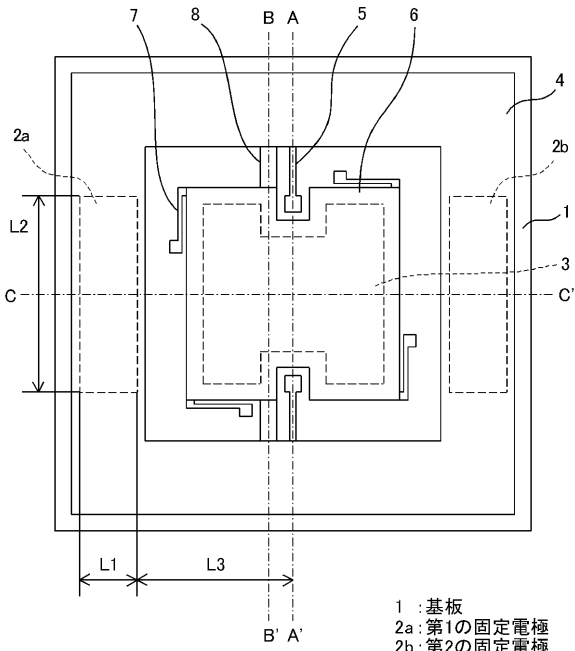
【図12】 実施の形態4を説明するための断面図である。

30

【符号の説明】

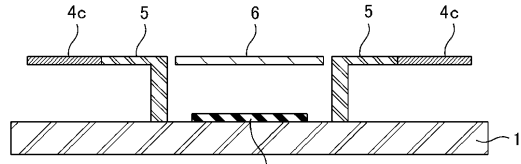
1 基板、2a 第1の固定電極、2b 第2の固定電極、4 可動電極、4a 第1の可動電極部、4b 第2の可動電極部、4c 可動電極部連結部、5 可動部材、6 質量体、7 質量体支持部材、8 質量体連結部材、9 補正電極、10 封止部材、10a 突起、11 突起。

【図1】

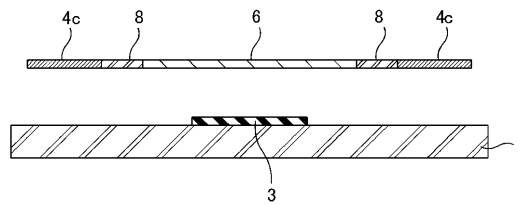


- 1 : 基板
- 2a : 第1の固定電極
- 2b : 第2の固定電極
- 4 : 可動電極
- 5 : 可動部材
- 6 : 質量体
- 7 : 質量体支持部材
- 8 : 質量体連結部材

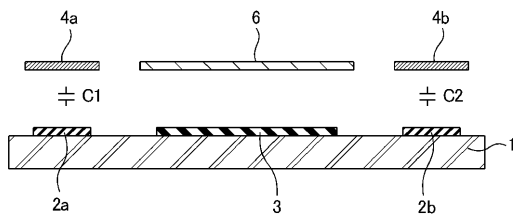
【図2】



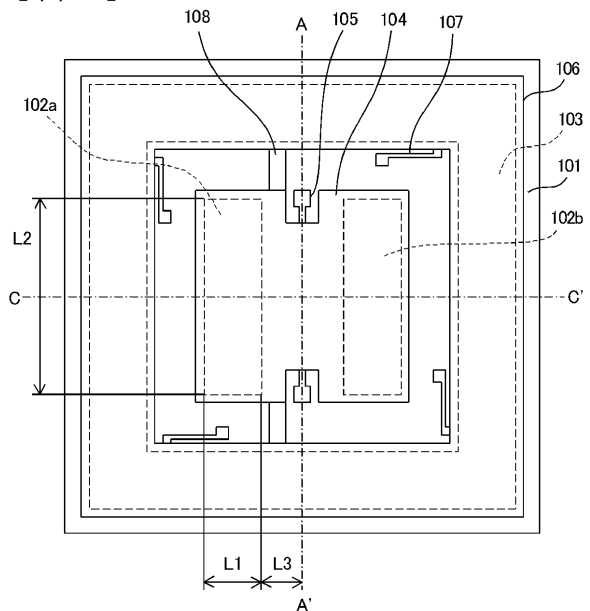
【図3】



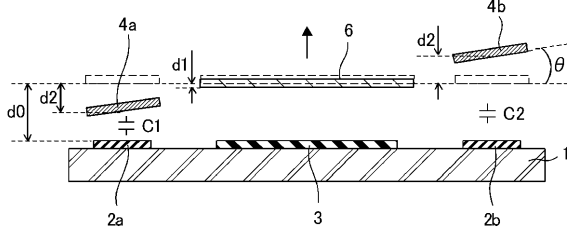
【図4】



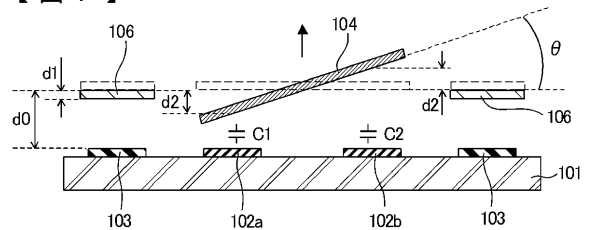
【図6】



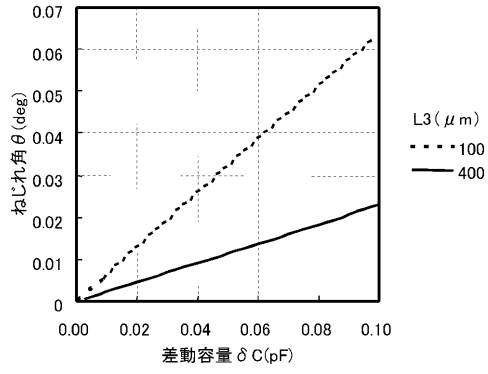
【図5】



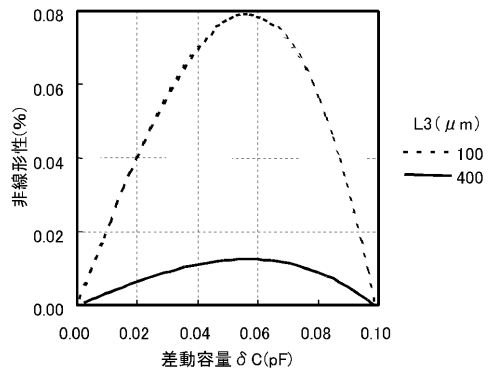
【図7】



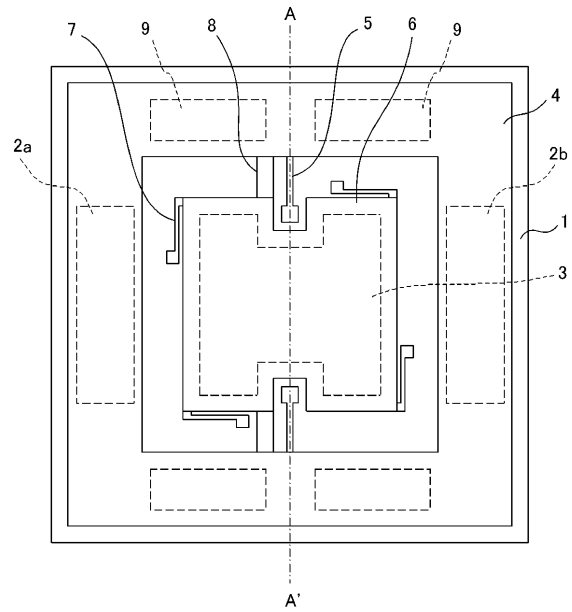
【 図 8 】



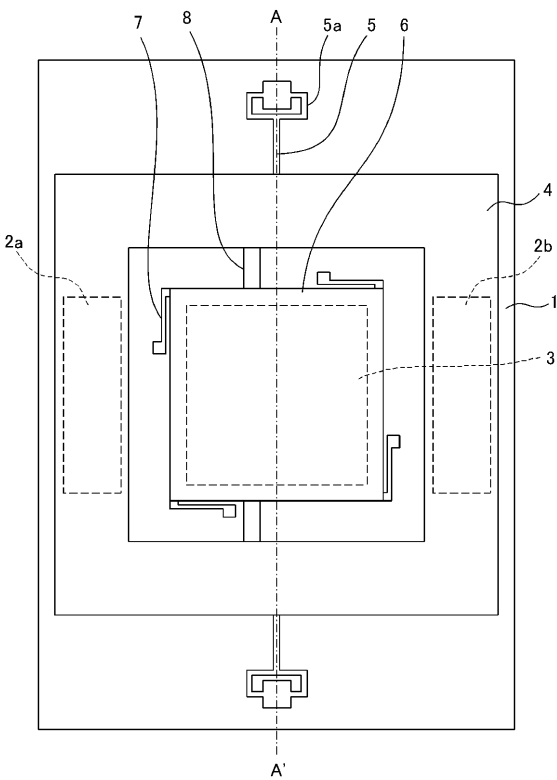
【 図 9 】



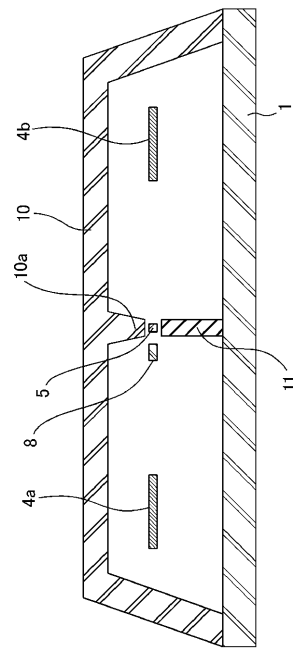
【 図 10 】



【 図 11 】



【 図 12 】



フロントページの続き

- (72)発明者 番 政広
東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三菱電機株式会社内
- (72)発明者 平田 善明
東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三菱電機株式会社内

審査官 越川 康弘

- (56)参考文献 国際公開第03/044539(WO,A1)
特開平05-133976(JP,A)
特開2001-133266(JP,A)

- (58)調査した分野(Int.Cl.,DB名)
G01P 15/125