

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5223003号
(P5223003)

(45) 発行日 平成25年6月26日(2013.6.26)

(24) 登録日 平成25年3月15日(2013.3.15)

(51) Int.Cl.

G 0 1 P 15/125 (2006.01)
H 0 1 L 29/84 (2006.01)

F 1

G 0 1 P 15/125
H 0 1 L 29/84Z
Z

請求項の数 21 (全 24 頁)

(21) 出願番号 特願2011-518374 (P2011-518374)
 (86) (22) 出願日 平成22年5月18日 (2010.5.18)
 (86) 国際出願番号 PCT/JP2010/058336
 (87) 国際公開番号 WO2010/140468
 (87) 国際公開日 平成22年12月9日 (2010.12.9)
 審査請求日 平成23年11月24日 (2011.11.24)
 (31) 優先権主張番号 特願2009-133981 (P2009-133981)
 (32) 優先日 平成21年6月3日 (2009.6.3)
 (33) 優先権主張国 日本国 (JP)
 (31) 優先権主張番号 特願2009-199146 (P2009-199146)
 (32) 優先日 平成21年8月31日 (2009.8.31)
 (33) 優先権主張国 日本国 (JP)

(73) 特許権者 000010098
 アルプス電気株式会社
 東京都大田区雪谷大塚町1番7号
 (74) 代理人 100085453
 弁理士 野▲崎▼ 照夫
 (74) 代理人 100121049
 弁理士 三輪 正義
 (72) 発明者 宮武 亨
 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
 (72) 発明者 高橋 亨
 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

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】物理量センサ

(57) 【特許請求の範囲】

【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支持部と、前記可動部の変位を検知するための検知部とを有しており、

前記支持部には、前記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、

前記支持部には、前記アンカ部と前記可動部間を連結する第1連結腕と、前記アンカ部から前記第1連結腕とは逆方向に延びる前記脚部とが形成されており、前記支持部が回動したときに前記アンカ部と前記第1連結腕間の支点連結部を中心として前記第1連結腕と前記脚部とが逆方向に変位し、

前記脚部を備える前記支持部は複数設けられ、一方の前記支持部に設けられた前記第1連結腕と、他方の前記支持部に設けられた前記第1連結腕とは、前記アンカ部を介して逆方向に延びてあり、一方の前記第1支持部に設けられた前記脚部と他方の前記第1支持部に設けられた前記脚部とは前記アンカ部を介して逆方向に延びていることを特徴とする物理量センサ。

【請求項 2】

前記脚部が前記可動部の変位方向に対し逆方向に変位したときに前記脚部が接近する対向部には、前記脚部と対向する位置にストップ面が設けられている請求項1記載の物理量

センサ。

【請求項 3】

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支持部と、前記可動部の変位を検知するための検知部とを有しており、

前記支持部は、前記アンカ部と前記可動部間を連結する第1連結腕と、前記アンカ部から前記第1連結腕とは逆方向に延び、前記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する脚部とを有して構成されており、

前記脚部が前記可動部の変位方向に対し逆方向に変位したときに、前記脚部が接近する対向部には、前記脚部と対向する位置にストップ面が設けられており、

前記脚部を備える前記支持部は複数設けられ、一方の前記支持部に設けられた前記第1連結腕と、他方の前記支持部に設けられた前記第1連結腕とは、前記アンカ部を介して逆方向に延びてあり、一方の前記第1支持部に設けられた前記脚部と他方の前記第1支持部に設けられた前記脚部とは前記アンカ部を介して逆方向に延びていることを特徴とする物理量センサ。

【請求項 4】

同軸上で測定された前記支点連結部と前記第1連結腕間の長さ寸法a、及び前記支点連結部と前記脚部間の長さ寸法bとが長さ寸法a < 長さ寸法bの関係を満たす請求項1又は2に記載の物理量センサ。

【請求項 5】

前記支持部とは別に、前記アンカ部から第1連結腕に対して逆方向に延び、前記アンカ部と前記可動部間を連結する第2連結腕が設けられている請求項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】

前記第1連結腕と前記第2連結腕の前記可動部との連結位置とは逆側に位置する後端部同士が連結されている請求項5記載の物理量センサ。

【請求項 7】

前記アンカ部、前記支持部及び前記第2連結腕はいずれも前記可動部の内側に前記可動部と分離して設けられ、

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、

前記支持部は、前記左側アンカ部に連結され、前記左側アンカ部よりも前方(X1)に前記第1連結腕が延び後方(X2)に前記脚部が延びる第1支持部と、前記右側アンカ部に連結され、前記右側アンカ部よりも後方(X2)に前記第1連結腕が延び前方(X1)に前記脚部が延びる第2支持部とを有して構成され、

前記第2連結腕は、前記左側アンカ部と前記可動部の間に位置し、前記第1支持部の前記第1連結腕とは逆方向に延びる左側第2連結腕と、前記右側アンカ部と前記可動部の間に位置し、前記第2支持部の前記第1連結腕とは逆方向に延びる右側第2連結腕とを有して構成される請求項5又は6に記載の物理量センサ。

【請求項 8】

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支持部は前記中央アンカ部及び前記左側アンカ部の双方に連結され、前記第2支持部は前記中央アンカ部及び前記右側アンカ部の双方に連結されている請求項7記載の物理量センサ。

【請求項 9】

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おり、前記可動部の高さ方向に各アンカ部を固定支持する固定部が設けられている請求項8記載の物理量センサ。

【請求項 10】

前記脚部が前記可動部の変位方向に対して逆方向に変位したときに前記脚部が接近する

10

20

30

40

50

対向部と前記可動部の間に、前記検知部が設けられる請求項 1 ないし 9 のいずれか 1 項に記載の物理量センサ。

【請求項 1 1】

前記脚部が前記可動部の変位方向に対して逆方向に変位したときに前記脚部が接近する対向部にストップ面が設けられ、

前記ストップ面は、前記脚部の幅寸法よりも小さい第 1 突起部の表面であり、前記ストップ面は、前記脚部に対し前記脚部の先端面の角部よりも内側で対向している請求項 1 ないし 10 のいずれか 1 項に記載の物理量センサ。

【請求項 1 2】

前記対向部には前記第 1 突起部が前記可動部と対向する位置にも設けられる請求項 1 1 記載の物理量センサ。

【請求項 1 3】

前記第 1 突起部は、複数個が密集して形成されている請求項 1 1 又は 1 2 に記載の物理量センサ。

【請求項 1 4】

前記脚部が前記可動部の変位方向に対し逆方向に変位したときに前記脚部が接近する対向部に対する前記脚部の対向面には、前記対向部の方向に突出する第 2 突起部が設けられている請求項 1 ないし 10 のいずれか 1 項に記載の物理量センサ。

【請求項 1 5】

前記可動部の前記対向部に対する対向面にも前記第 2 突起部が設けられる請求項 1 4 記載の物理量センサ。

【請求項 1 6】

前記第 2 突起部は、複数個が密集して形成されている請求項 1 4 又は 1 5 に記載の物理量センサ。

【請求項 1 7】

前記脚部が前記可動部の変位方向に対して逆方向に変位したときに前記脚部が接近する対向部にストップ面が設けられ、

前記ストップ面は、前記脚部の幅寸法よりも小さい第 1 突起部の表面であり、前記ストップ面は、前記脚部に対し前記脚部の先端面の角部よりも内側で対向してあり、

前記脚部が前記可動部の変位方向に対し逆方向に変位したときに前記脚部が接近する対向部に対する前記脚部の対向面には、前記対向部の方向に突出する第 2 突起部が設けられている請求項 1 ないし 10 のいずれか 1 項に記載の物理量センサ。

【請求項 1 8】

前記対向部には前記第 1 突起部が前記可動部と対向する位置にも設けられ、

前記可動部の前記対向部に対する対向面にも前記第 2 突起部が設けられる請求項 1 7 記載の物理量センサ。

【請求項 1 9】

前記第 1 突起部及び前記第 2 突起部は、夫々、複数個が密集して形成されている請求項 1 7 又は 1 8 に記載の物理量センサ。

【請求項 2 0】

前記可動部に対して高さ方向にて対向する対向部と前記可動部との間には、前記可動部が前記対向部の方向に変位したときに、前記可動部の変位を抑制するストップとして機能する突起部が形成されており、前記突起部は前記可動部の重心位置から両方向に等間隔に配置される請求項 1 ないし 10 のいずれか 1 項に記載の物理量センサ。

【請求項 2 1】

前記可動部の重心位置の両側には前記脚部が延出して形成されており、前記脚部に対して高さ方向にて対向する対向部と各脚部との間には、前記脚部が前記対向部の方向に変位したときに、前記可動部の変位を抑制するストップとして機能する突起部が夫々、形成されており、各突起部は、前記可動部の重心位置から両方向に等間隔に配置される請求項 1 ないし 10 のいずれか 1 項に記載の物理量センサ。

10

20

30

40

50

【発明の詳細な説明】**【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。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枠体に変形可能なビーム部を介して振動自在に支持された構造である。しかしながら、可動部に強い物理量が作用したり、あるいは物理量が長時間、作用すると、ビーム部への負担が大きく、ビーム部が損傷等し、また物理量の作用が無くなってしまっても元の静止状態に復元できなくなる等してセンサ感度が低下しやすく、またセンサ寿命を効果的に延ばすことが出来なかった。特許文献1では、錘ストップを設けている。しかしながら特許文献1の構造では、錘の表面に高さ方向に段差を形成し、錘の凹部の位置に前記錘ストップを高さ方向に対向させる複雑な構造で、この構造をMEMS技術により形成することは非常に難しい。

10

【0003】

また上記従来の構造では、可動部の動きが不安定でばたつき、またビーム部の高さ方向への変形が阻害され、可動部を安定して高さ方向に平行移動させにくく高精度なセンサ感度を得ることが出来なかった。

20

【0004】

また、高さ方向に変位した可動部が可動部と対向する面に面接触して吸着され、センサとして機能しなくなる不具合を解消するために可動部側、あるいは可動部と対向する対向面側に突起などを設けて、可動部の吸着を抑制するスティッキング防止構造が採用されている。

【0005】

しかしながら可動部や可動部と対向する対向面側に突起等のスティッキング防止構造を高精度に形成することは難しかった。

30

【0006】

また特許文献1や特許文献2に記載された構成では、依然としてストップと錘とが面で接触しやすく、スティッキングが生じやすくなっている。また特許文献3には、従来からよく採用されているストップ突起を設けた形態が開示されている。

【先行技術文献】**【特許文献】****【0007】**

【特許文献1】特開2005-283393号公報

【特許文献2】特開2008-197113号公報

【特許文献3】特開平9-127151号公報

40

【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、上記従来の課題を解決するものであり、センサ感度に優れ、且つ耐スティッキング性に優れた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支持部と、前記可動部の変位を検知するための検知部とを有しており、

50

前記支持部には、前記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を特徴とするものである。

【0010】

本発明によれば、アンカ部と可動部とに回動自在に連結された支持部を備える支持構造とし、さらに支持部に可動部の変位を抑制する脚部を設けたことで、簡単な構造にて、可動部を高さ方向に平行移動できるとともに、可動部に強い物理量が作用等しても可動部や連結部等への負担や損傷を軽減でき、センサ感度を向上させることができる。また、本発明では、従来のように可動部や可動部と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。また、本発明の物理量センサは、きわめて小型で薄型に構成できる。 10

【0011】

本発明では、前記脚部が前記可動部の変位方向に対し逆方向に変位したときに前記脚部が接近する対向部には、前記脚部と対向する位置にストップ面が設けられていることが好ましい。これにより簡単な構造で、前記可動部の変位を抑制することができる。

【0012】

また本発明では、前記支持部には、前記アンカ部と前記可動部間を連結する第1連結腕と、前記アンカ部から前記第1連結腕とは逆方向に延びる前記脚部とが形成されており、前記支持部が回動したときに前記アンカ部と前記第1連結腕間の支点連結部を中心として前記第1連結腕と前記脚部とが逆方向に変位することが好ましい。これにより、簡単な機構で、可動部を高さ方向に変位させるとともに、可動部の変位方向に対し逆方向に脚部を変位させることができる。 20

【0013】

また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支持部と、前記可動部の変位を検知するための検知部とを有しており、

前記支持部は、前記アンカ部と前記可動部間を連結する第1連結腕と、前記アンカ部から前記第1連結腕とは逆方向に延び、前記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する脚部とを有して構成されており、 30

前記脚部が前記可動部の変位方向に対し逆方向に変位したときに、前記脚部が接近する対向部には、前記脚部と対向する位置にストップ面が設けられていることを特徴とするものである。

【0014】

本発明の構成によれば、きわめて小型且つ薄型の構成にて、センサ感度及び耐スティッキング性に優れた物理量センサにできる。

【0015】

また本発明では、前記脚部を備える前記支持部は複数設けられ、一方の前記支持部に設けられた前記第1連結腕と、他方の前記支持部に設けられた前記第1連結腕とは、前記アンカ部を介して逆方向に延びてあり、一方の前記第1支持部に設けられた前記脚部と他方の前記第1支持部に設けられた前記脚部とは前記アンカ部を介して逆方向に延びていることが好ましい。このように複数の支持部を設け、可動部を一方の支持部と他方の支持部とでアンカ部を介して対向する位置にて支持し、また脚部をアンカ部を介して逆方向に延出させることで、可動部を高さ方向へ平行移動させやすく、高精度なセンサ感度を得やすい。またストップ面に当接する脚部が複数あるため、可動部に対するストップ機能を向上させることができる。 40

【0016】

また本発明では、同軸上で測定された前記支持連結部と前記第1連結腕間の長さ寸法a、及び前記支持連結部と前記脚部間の長さ寸法bとが長さ寸法a < 長さ寸法bの関係を満たすことが好ましい。これにより可動部の変位量を適切に調整できる。また、脚部や、前 50

記脚部と当接する当接部（ストッパ面）の磨耗、損傷等を抑制できる。

【0017】

また本発明では、前記支持部とは別に、前記アンカ部から第1連結腕に対して逆方向に延び、前記アンカ部と前記可動部間を連結する第2連結腕が設けられていことが好ましい。これにより、可動部に対する支持機構がより安定した構造となり、可動部を高さ方向により効果的に平行移動させやすく、より高精度なセンサ感度を得ることができる。

【0018】

また本発明では、前記第1連結腕と前記第2連結腕の前記可動部との連結位置とは逆側に位置する後端部同士が連結されていることが好ましい。これにより、第1連結腕と第2連結腕とが回動したときに、第1連結腕と第2連結腕との後端部に高さ方向へのばらつきが生じにくくなり、より安定して可動部を高さ方向に平行移動させることができる。

【0019】

また本発明では、前記アンカ部、前記支持部及び前記第2連結腕はいずれも前記可動部の内側に前記可動部と分離して設けられ、

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、

前記支持部は、前記左側アンカ部に連結され、前記左側アンカ部よりも前方（X1）に前記第1連結腕が延び後方（X2）に前記脚部が延びる第1支持部と、前記右側アンカ部に連結され、前記右側アンカ部よりも後方（X2）に前記第1連結腕が延び前方（X1）に前記脚部が延びる第2支持部とを有して構成され、

前記第2連結腕は、前記左側アンカ部と前記可動部の間に位置し、前記第1支持部の前記第1連結腕とは逆方向に延びる左側第2連結腕と、前記前記右側アンカ部と前記可動部の間に位置し、前記第2支持部の前記第1連結腕とは逆方向に延びる右側第2連結腕とを有して構成されることが好ましい。

【0020】

このとき、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支持部は前記中央アンカ部及び前記左側アンカ部の双方に連結され、前記第2支持部は前記中央アンカ部及び前記右側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、可動部が高さ方向に変位するモードと、可動部が左右方向に変位するモードとの固有振動数をより離すことができ、可動部の動作を安定したものにでき、小型で、センサ感度に優れ、且つ耐衝撃性に優れた物理量センサにすることが出来る。

【0021】

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おり、前記可動部の高さ方向に各アンカ部を固定支持する固定部が設けられていることが好ましい。

【0022】

本発明では、上記したように、中央アンカ部、左側アンカ部及び右側アンカ部が、左右方向（Y）に延びる同一線上に配置されていることで、前記固定部に熱による歪みや外力による歪みが生じたときでも、可動部が適正に中立位置を保ちやすくなる。

【0023】

また本発明では、前記脚部が前記可動部の変位方向に対して逆方向に変位したときに前記脚部が接近する対向部と前記可動部の間に、前記検知部が設けられることが好ましい。

【0024】

また本発明では、前記脚部が前記可動部の変位方向に対して逆方向に変位したときに前記脚部が接近する対向部にストッパ面が設けられ、

前記ストッパ面は、前記脚部の幅寸法よりも小さい第1突起部の表面であり、前記ストッパ面は、前記脚部に対し前記脚部の先端面の角部よりも内側で対向していることが好ましい。

【0025】

前記第1突起部を脚部の内側と対向する位置に設けることで、効果的に、前記第1突起

10

20

30

40

50

部を小さく形成するので、前記脚部が前記ストップ面に接触したときの接触面積を小さくでき、脚部がストップ面から離れる際の剥がし力を大きくできる。したがって、より効果的に、耐スティッキング性の向上を図ることができる。

【0026】

さらに本発明では、前記対向部には前記第1突起部が前記可動部と対向する位置にも設けられることが好ましい。

【0027】

また本発明では、前記脚部が前記可動部の変位方向に対し逆方向に変位したときに前記脚部が接近する対向部に対する前記脚部の対向面には、前記対向部の方向に突出する第2突起部が設けられていることが好ましい。

10

【0028】

本発明では第2突起部を第1突起部よりも小さく形成できる。これにより、前記脚部が前記ストップ面に接触したときの接触面積をより効果的に小さくでき、脚部がストップ面から離れる際の剥がし力をより効果的に大きくできる。したがって、より効果的に、耐スティッキング性の向上を図ることができる。

【0029】

さらに本発明では、前記可動部の前記対向部に対する対向面にも前記第2突起部が設けられることが好ましい。

【0030】

また本発明では、前記第1突起部、あるいは、前記第2突起部、又は、前記第1突起部及び前記第2突起部は、夫々、複数個が密集して形成されていることが好ましい。これにより、効果的に、耐スティッキング性の向上を図ることができるとともに、突起部の機械的強度を向上させることができる。

20

【0031】

また本発明では、前記可動部に対して高さ方向にて対向する対向部と前記可動部との間には、前記可動部が前記対向部の方向に変位したときに、前記可動部の変位を抑制するストップとして機能する突起部が形成されており、前記突起部は前記可動部の重心位置から両方向に等間隔に配置されることが好ましい。

【0032】

また本発明では、前記可動部の重心位置の両側には前記脚部が延出して形成されており、前記脚部に対して高さ方向にて対向する対向部と各脚部との間には、前記脚部が前記対向部の方向に変位したときに、前記可動部の変位を抑制するストップとして機能する突起部が夫々、形成されており、各突起部は、前記可動部の重心位置から両方向に等間隔に配置されることが好ましい。

30

【0033】

これにより可動部あるいは各脚部が突起部に接触したときに、各突起部に均一に反力を分散でき、各突起部の破損を適切に防止することができる。

【発明の効果】

【0034】

本発明の構成によれば、きわめて小型且つ薄型の構成にて、センサ感度及び耐スティッキング性に優れた物理量センサにできる。

40

【図面の簡単な説明】

【0035】

【図1】本発明の第1実施形態における物理量センサの平面図、

【図2】第1実施の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3】第1実施の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4】第1実施の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5】(a)は、図2の物理量センサの側面図、(b)は、図3の物理量センサの側面図、(c)は、図4の物理量センサの側面図、

【図6】図1に示す連結部付近を示す部分拡大斜視図、

50

【図7】図1に示す一部を拡大して示した部分拡大平面図、

【図8】本実施形態の脚部がストップ面上に当接した状態を示す部分拡大断面図、

【図9】本発明の第2実施形態における物理量センサの平面図、

【図10】本発明の好ましいストップ構造を示す図であり(a)は部分拡大平面図、(b)は(a)のa-a線の断面図であり、脚部がストップ面に当接した状態を示す部分断面図、(c)は、可動部がストップ面に当接した状態を示す部分断面図、

【図11】更に好ましいストップ構造を示す図であり(a)は部分拡大平面図、(b)は(a)のa-a線の断面図であり、脚部がストップ面に当接した状態を示す部分断面図、(c)は、可動部がストップ面に当接した状態を示す部分断面図、

【図12】図11の変形例を示す部分断面図、

10

【図13】図15の実験において図10に対する比較例に相当するストップ構造を示す図であり(a)は部分拡大平面図、(b)は(a)のa-a線の断面図であり、脚部がストップ面に当接した状態を示す部分断面図、

【図14】図12に示す実施形態の製造過程を模式的に示した部分断面図、

【図15】図10のストップ構造における剥がし力の実験結果のグラフ、

【図16】図11のストップ構造における剥がし力の実験結果のグラフ、

【図17】(a)は、図11(b)とは別の実施形態であり、脚部がストップ面に当接した状態を示す部分断面図、(b)は、図11(c)とは別の実施形態であり、可動部がストップ面に当接した状態を示す部分断面図、

【図18】図17のストップ構造における剥がし力の実験結果のグラフ、

20

【図19】本実施形態における好ましいストップ構造を示す物理量センサの平面図、

【図20】図19のb-b線に沿って高さ方向に切断し矢印方向から見た物理量センサの部分断面図(ただし、アンカ部や脚部、脚部に対向する突起部については省略した)。

【発明を実施するための形態】

【0036】

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。

【0037】

図1に示す物理量センサ1は、例えば、長方形の平板であるシリコン基板から形成されている。すなわち、シリコン基板に、各部材の形状に対応する平面形状のレジスト層を形成し、レジスト層が存在していない部分で、シリコン基板をディープRIE(ディープ・リアクティブ・イオン・エッチング)などのエッチング工程で切断することで、各部材を分離している。したがって、物理量センサ1を構成する各部材は、シリコン基板の表面と裏面の厚みの範囲内で構成されている。図2に示すように、物理量センサが静止状態のときに、表面全体と裏面全体が夫々、同一面上に位置しており、表面及び裏面から突出する部分がない。

30

【0038】

物理量センサ1は微小であり、例えば長方形の長辺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。

40

【0039】

図1と図2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。

【0040】

図1, 図2に示すように可動部2の内側には、2本の支持部3, 4が設けられている。支持部3, 4の平面形状はクランク状で形成されている。

【0041】

図1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(X

50

2)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。

【0042】

また図1に示すように第2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。

10

【0043】

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1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。

【0044】

図1に示すように第1支持部3と第2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2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2支持部4の脚部4bの延出方向がそれ逆になっている。

20

【0045】

図1に示すように、可動部2の内側には、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1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。

【0046】

例えば各アンカ部5~7は図5(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5(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。

30

【0047】

図1、図2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5(a))。

40

【0048】

図1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2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。

【0049】

また図1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1に示すように、第2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

50

部 5 及び右側アンカ部 7 とが支点連結部 13 a, 13 b において回動自在に連結されている。

【 0 0 5 0 】

また図 1 に示す実施形態では、左側アンカ部 6 の後方 (X 2) に、可動部 2 及び左側アンカ部 6 と分離して形成された左側第 2 連結腕 14 が設けられ、右側アンカ部 7 の前方 (X 1) に、可動部 2 及び右側アンカ部 7 と分離して形成された右側第 2 連結腕 15 が設けられている。左側第 2 連結腕 14 及び右側第 2 連結腕 15 は共に可動部 2 の内側に形成される。左側第 2 連結腕 14 及び右側第 2 連結腕 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 (X 1 - X 2 方向) に平行に所定幅にて延出して形成されている。左側第 2 連結腕 14 及び右側第 2 連結腕 15 の幅寸法 (Y 1 - Y 2 方向への寸法) は、第 1 連結腕 3 a, 4 a の幅寸法と同じであることが好ましい。

【 0 0 5 1 】

そして、図 1 に示すように左側第 2 連結腕 14 の先端部と可動部 2 とは、連結部 16 a において、回動自在に連結されている。また、右側第 2 連結腕 15 の先端部と可動部 2 とは、連結部 16 b において、回動自在に連結されている。また図 1 に示すように、左側第 2 連結腕 14 と左側アンカ部 6 とは、支点連結部 17 a において、回動自在に連結されている。また右側第 2 連結腕と右側アンカ部 7 とは、支点連結部 17 b において、回動自在に連結されている。

【 0 0 5 2 】

図 1 に示すように、第 1 支持部 3 の第 1 連結腕 3 a 及び左側第 2 連結腕 14 はともに、左側アンカ部 6 よりも左側 (Y 1) の位置にて延出する後端部 3 c, 14 a を備えており、第 1 連結腕 3 a の後端部 3 c と、左側第 2 連結腕 14 の後端部 14 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 3 a の後端部 3 c と左側第 2 連結腕 14 の後端部 14 a との間が連結部 18 a を介して連結されている。また図 1 に示すように、第 2 支持部 4 の第 1 連結腕 4 a 及び右側第 2 連結腕 15 はともに、右側アンカ部 7 よりも右側 (Y 2) の位置にて延出する後端部 4 c, 15 a を備えており、第 1 連結腕 4 a の後端部 4 c と、右側第 2 連結腕 15 の後端部 15 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 と右側第 2 連結腕 15 の後端部 15 a との間が連結部 18 b を介して連結されている。

【 0 0 5 3 】

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 2 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、左側第 2 連結腕 14 の先端部から後端部 14 a までの X 1 - X 2 方向への長さ寸法、及び、右側第 2 連結腕 15 の先端部から後端部 15 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。

【 0 0 5 4 】

図 6 は図 1 に示す連結部 16 b 付近を拡大して示した部分拡大斜視図である。

図 6 に示すように、連結部 16 a では、可動部 2 に溝 19 が形成されており、この溝 19 の内部において、右側第 2 連結腕 15 と、可動部 2 とを繋ぐトーションバー (ばね部) 20 a が設けられている。このトーションバー 20 a は、可動部 2 および右側第 2 連結腕 15 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 や右側第 2 連結腕 15 を分離する際に、可動部 2 と右側第 2 連結腕 15 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、トーションバー 20 a が形成されている。図 6 では、トーションバー 20 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。すなわちトーションバー 20 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。

【 0 0 5 5 】

図 6 に示す構造は、図 1 に示す各連結部 11 a, 11 b, 16 a においても同様である

10

20

30

40

50

。

【0056】

また図7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。

【0057】

図7に示すように、各支点連結部12a, 13a, 13b, 17bにおいても溝内にトーションバー20b～20eが設けられて各アンカ部5, 7と第1連結腕3a, 4a及び右側第2連結腕15がトーションバー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及び左側第2連結腕14との支点連結部12b, 17aにおいても図7と同様の構造で形成されている。

10

【0058】

図1, 図7に示すように、連結部11a, 16bに設けられたトーションバーは、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に設けられたトーションバーは、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に設けられたトーションバーは、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に設けられたトーションバーは、左右方向(Y)において同軸上に設けられる。

【0059】

また図7に示すように、右側第2連結腕15の後端部15aと第2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ばね部22が設けられ、ばね部22の一方の端部が右側第2連結腕15の後端部15aに、ばね部22の他方の端部が第2支持部4の第1連結腕4aの後端部4cに接続されている。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、幅細のばね部22の長さ寸法を稼いでばね定数を小さくし、第1連結腕と第2連結腕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に設けられたばね部と、連結部18bに設けられたばね部とは点対称で形成される。

20

【0060】

トーションバー20a～20e及びばね部22が捻り変形することで、各連結腕を可動部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、トーションバー20a～20e及びばね部22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1および図2に示すように、トーションバー20a～20e及びばね部22の弾性復元力により、可動部2の表面と各連結腕及び各脚部の表面とが同一面となるように復元する。

30

【0061】

図5(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5(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T2は、1～5μm程度である。

【0062】

また図5(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したはメッキすることで形成されている。

40

【0063】

また、可動部2の表面(下面)2a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。

【0064】

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、それぞれの支点連結部および連結部に設けられたトーションバーやばね部の弾性復元力により、図2

50

、図5(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。

【0065】

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。

【0066】

図3及び図5(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2及び図5(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2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、左側第2連結腕14が支点連結部17aを中心として高さ方向に回動し、右側第2連結腕15が支点連結部17bを中心として高さ方向に回動する。図1等に示すように、各支持部3、4及び各第2連結腕14、15の左右方向(Y)への幅寸法は、トーションバーの幅よりも十分に大きく、各支持部3、4及び各第2連結腕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や各第2連結腕14、15自体が例えば曲がったり捩れたりはほとんどせず、各支持部3、4及び各第2連結腕14、15は略直方体形状を保ちながら適切に回動動作する。一方、この回動動作時、各連結部11a、11b、16a、16b及び支点連結部12a、12b、13a、13b、17a、17bに設けられたトーションバーは捩れ変形する。さらに、図1、図3、図5(b)に示すように、左側第2連結腕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との間がばね部により連結され、右側第2連結腕15の後端部15aと第2支持部4の第1連結腕4aの後端部4cとの間がばね部により連結されている。よって、図3、図5(b)に示すように可動部2が高さ方向へ変位したときに、各第2連結腕14、15の後端部14a、15aと第1連結腕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。

【0067】

本実施形態の可動部2の支持機構により可動部2を高さ方向に効果的に平行移動させることが出来る。

【0068】

また図3及び図5(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動し、第2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3、図5(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。

【0069】

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2支持部4の更なる回動動作により、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4、図5(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5(c)に示すように脚部3b、4bの先端部31、32が対向部30の表面(ストップ面)30aに当接し、可動部2が図5(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。すなわち、可動部2が固定部10の表面10aに当接しない。このように脚部3b、4bと対向部30の表面(ストップ面)30aとで可動部2の変位を抑制するストップ機構が構成されている。

【0070】

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3b、4bを設け、可動部2の変位を抑制するストップ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10の表面10aに当接するよりも先に上記のストップ機構により可動部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10

10

20

30

40

50

に衝突する等の不具合を防止することが出来る。

【0071】

以上により本実施形態の物理量センサ1の構成によれば、簡単な構造にて高精度なセンサ感度を得ることが出来る。

【0072】

また本実施形態では、脚部3b, 4bの先端部31, 32が図5(c)に示すように対向部30の表面30aに当接する。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8に示すように脚部3b, 4bの先端部31, 32の角部31a, 32a(先端面31b, 32bと下面(対向部との対向面)31c, 32cとが交わる部分)を凸型のR状とすることで、脚部3b, 4bあるいは対向部30の表面30aに設けられた基台35に対する損傷を抑制することができ好適である。10

【0073】

また本実施形態では、図1に示すように平面状の基板を厚さ方向にエッチング等により加工して図1に示す平面形状を描画形成することで、可動部2の変位方向に対して逆方向に変位する脚部3b, 4bを簡単且つ適切に形成することができ、特許文献に挙げたような従来構造に比べて簡単なストップ兼スティッキング防止構造を実現できる。

【0074】

更に本実施形態では、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。すなわち平面的には脚部3b, 4bは可動部2の内側に設けることが出来るため平面形状が大きくなることはない。また、厚さ方向についても、脚部3b, 4b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5(a)の静止状態での可動部2と対向部30との間の間隔T2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30との間の間隔T2を狭小化しても、脚部3b, 4b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8に示すように、対向部30の表面30aに基台35(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、この基台35の表面(この表面がストップ面となる)に脚部3b, 4bの先端部31, 32が当接する形態では、基台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。図8では、基台35が脚部3b, 4bの先端部31, 32と当接する位置にあるが、基台35を固定電極として機能させるには前記基台35は、可動部2と高さ方向で対向する位置に設けられが必要であり、図8と違って、基台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。30

【0075】

なお図5に示すように本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5(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5(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。40

【0076】

図1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Ox上に配置されている。このため各支点連結部12a, 12b, 13a, 13b, 17a, 17bが横中心線Ox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50

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。

【 0 0 7 7 】

また図 9 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 を省略しても、図 1 に示す実施形態の物理量センサ 1 と同様に、センサ感度に優れ且つ耐スティッキング性を備える物理量センサに出来る。図 9 では図 1 と同じ部分に同じ符号を付している。

10

【 0 0 7 8 】

しかしながら、以下の表 1 に示すように、図 9 のように中央アンカ部 5 を省略した物理量センサでは、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することで、可動部 2 の運動が不安定になり、その結果、センサ感度の低下や、衝撃時の破損が問題となつた。

【 0 0 7 9 】

これに対して、図 1 の示すように、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 を設けた実施形態では、高さ方向 (Z) の振動モードと、左右方向 (Y) の振動モードでのばね定数の差が大きくなり、高さ方向 (Z) での固有振動数と、左右方向 (Y) での固有振動数を効果的に離すことができ、可動部 2 の動作を安定にでき、小型化で、センサ感度に優れ且つ耐衝撃性に優れた物理量センサ 1 にできる。

20

【 0 0 8 0 】

【表 1】

表1

	固有振動数 (kHz)	
Z方向振動モード	2.56 (図9)	2.57 (図1)
Y方向振動モード	3.37 (図9)	5.00 (図1)

30

【 0 0 8 1 】

本実施形態では図 1 に示すように、各支持部 3 , 4 では、支持連結部 1 2 b , 1 3 b から第 1 連結腕 3 a , 4 a の先端までの前後方向 (X 1 - X 2) における長さ寸法 a と、前記支持連結部 1 2 b , 1 3 b から脚部 3 b , 4 b の先端までの前後方向 (X 1 - X 2) における長さ寸法 b の間には、長さ寸法 a < 長さ寸法 b の関係が成り立つ。なお、第 2 連結腕 1 4 , 1 5 の支点連結部 1 7 a , 1 7 b から先端までの前後方向 (X 1 - X 2) における長さ寸法は、前記長さ寸法 a と同じ長さ寸法で形成されている。

40

【 0 0 8 2 】

これにより、脚部 3 b , 4 b を適切にストップ機構として機能させることができ、可動部 2 を安定して高さ方向に変位させることができ。また長さ寸法 a , b の長さ比を変えることで、可動部 2 の最大変位量を簡単且つ適切に調整できる。ただし、長さ寸法は、図 5 (c) に示すように、可動部 2 が固定部 2 の表面 1 0 a に当接しないように調整される。さらに、長さ寸法 a < 長さ寸法 b としたことで、加速度の発生により図 5 (c) の状態になったとき、同じ接触力で支えられる慣性力を増大させることができ、このため、脚部 3 b , 4 b や、前記脚部 3 b , 4 b と接触する対向部 3 0 の表面 3 0 a が磨耗や損傷等を受けにくくなる。

50

【0083】

逆に、長さ寸法 a > 長さ寸法 b とすると、同じ接触力で支えられる慣性力は小さくなるが、可動部 2 の最大変位量を増大させることが出来る。

【0084】

図 10 には、ストップ機構の好ましい実施形態を示す。図 10 (a) は例えば脚部 4 b 付近を拡大して示した部分拡大平面図である。図 10 (b), (c) は、図 10 (a) を a - a 線に沿って切断し矢印方向から見た部分拡大断面図である。なお以下では、脚部 4 b のみについて説明するが、脚部 3 b 付近についても同様のストップ機構が設けられている。

【0085】

図 10 (a) (b) に示すように、対向部 30 の表面 30 a には、一定領域に盛り上がる高さ調整用の基台 40 の表面から突出する 2 つの第 1 突起部 41, 42 が設けられる。そして各第 1 突起部 41, 42 の表面 41 a, 42 a がストップ面 (以下、ストップ面 41 a, 42 a と称する) となっている。

【0086】

図 10 (a) に示すようにストップ面 41 a, 42 a の幅寸法は、脚部 4 b の幅寸法よりも十分に小さく形成されている。図 10 (a) ではストップ面 41 a は略円形状であるが、ストップ面 41 a の平面形状は特に限定されるものでない。ストップ面 41 a の「幅寸法」とは、左右方向 (Y1 - Y2) に沿う脚部 4 b の幅寸法と同方向の寸法である。前記ストップ面 41 a が図 10 のように円形であれば直径を指す。前記ストップ面 41 a の幅寸法は、数 μm 程度で形成できる。

【0087】

基台 40 及び第 1 突起部 41, 42 の形成方法は限定されない。例えばエッチングにて対向部 30 の表面 30 a を掘り込んで形成することができる。

【0088】

図 10 (a) 及び図 10 (b) に示すように、2 つあるストップ面 41 a, 42 a のうち一方のストップ面 41 a は、脚部 4 b に対し、先端面 32 b と下面 (対向部 30 との対向面) 32 c とが交わる角部 32 a よりも内側に対向して形成されている。

【0089】

このため図 10 (b) に示すように、脚部 4 b が下方向へ変位し、脚部 4 b がストップ面 41 a に当接したとき、脚部 4 b の下面 (対向部 30 との対向面) 32 c は、角部 32 a よりも内側の位置で前記ストップ面 41 a に当接する。

【0090】

一方、図 13 に示す形態では、脚部 4 b の角部 32 a と対向する位置にストップ面 43 a が設けられ、前記角部 32 a がストップ面 43 a に当接する形態となっている。図 13 では、対向部 30 の表面 30 a から盛り上がる基台 43 の表面を前記ストップ面 43 a としているが、安定したストップ機能を発揮させるべく角部 32 a 全体がストップ面 43 a に当接するようストップ面 42 a の面積が広くなっている。これにより、ストップ面 42 a と脚部 4 b との接触面積が大きくなりやすい。

【0091】

これに対して図 10 の形態では、脚部 4 b の内側と対向する位置に、脚部 4 b の幅よりも小さい第 1 突起部 41 を設け、その表面をストップ面 41 a としているため、脚部 4 b が角部 32 a よりも内側の位置でストップ面 41 a と当接した際に、脚部 4 b とストップ面 41 a との接触を点接触あるいは接触領域が十分に小さくなる線接触にでき、脚部 4 b とストップ面 41 a との接触面積を図 13 の形態に比べて小さくできる。また、図 10 では、脚部 4 b の内側でストップ面 41 a と当接させる形態としたので、第 1 突起部 41 の幅を小さく形成しても図 10 (b) に示すように脚部 4 b とストップ面 41 a とが適切に (安定して) 当接するように簡単に対向配置出来る。

【0092】

図 10 (c) は、可動部 2 が、もう一方の第 1 突起部 42 のストップ面 42 a に当接す

10

20

30

40

50

る場合を示しているが、図 10 (c) においても、適切に可動部 2 とストップ面 4 2 a との接触面積を小さくすることが可能である。

【0093】

図 11 に示す更に好ましい実施形態では、脚部 4 b の下面 3 2 c に対向部 3 0 の方向に突出する第 2 突起部 4 5 が形成されている。また可動部 2 の下面にも対向部 3 0 の方向に突出する第 2 突起部 4 6 が形成されている。

【0094】

第 2 突起部 4 5, 4 6 を、脚部 4 b 及び可動部 2 側に設けたことで、前記第 2 突起部 4 5, 4 6 の幅寸法を第 1 突起部 4 1, 4 2 の幅寸法に比べて効果的に小さく形成できる。

【0095】

可動部 2 の部分を構成するシリコン基板は例えば固定部 1 0 (図 5 参照) と絶縁層 (犠牲層) を介した SOI 基板で構成される。このとき不要な絶縁層 (犠牲層) を除去するために、可動部 2 や支持部 3, 4 の部分には多数の微細孔を形成し、この微細孔からエッティング液やエッティングガスを注入して、不要な前記絶縁層を除去している。

【0096】

図 10 のように、対向部 3 0 側に第 1 突起部 4 1, 4 2 を設ける形態では、例えば対向部 3 0 と可動部 2 を構成するシリコン基板との間でアライメントずれが生じた場合、図 10 (b) や図 10 (c) に示す脚部 4 b や可動部 2 が第 1 突起部 4 1, 4 2 に当接したとき脚部 4 b や可動部 2 に形成された微細孔と前記第 1 突起部 4 1, 4 2 とが対向した位置関係になる可能性がある。このとき、前記第 1 突起部 4 1, 4 2 をあまり小さく形成しすぎると、第 1 突起部 4 1, 4 2 が微細孔と干渉してしまい (第 1 突起部 4 1, 4 2 の一部が微細孔内に入り込んでしまう等)、適切に突起部 4 1, 4 2 をストップ機構として機能させることができない場合がある。

【0097】

これに対して図 11 のように可動部 2 及び脚部 4 b 側に第 2 突起部 4 5, 4 6 を設ける形態の場合、前記微細孔の形成位置を避けて第 2 突起部 4 5, 4 6 を高精度に形成することができる。したがって第 2 突起部 4 5, 4 6 をフォトリソグラフィ技術の限界にまで小さく形成することができる。前記第 2 突起部 4 5, 4 6 の幅寸法 (直径) を 5 μm 以下、好ましくは 2 μm 以下で形成できる。

【0098】

したがって図 11 に示すように脚部 4 b や可動部 2 側に第 2 突起部 4 5, 4 6 を設けた実施形態とすることで、より効果的に、脚部 4 b とストップ面 4 1 a との接触面積、及び可動部 2 とストップ面 4 2 a との接触面積を小さくすることができる。

【0099】

図 11 において、対向部 3 0 側に第 1 突起部 4 1, 4 2 を設けるか否かは任意である。また図 11 では、第 2 突起部 4 5 を脚部 4 b の内側に設けているが、先端位置に設けることも出来る。

【0100】

図 12 に示す実施形態では、第 2 突起部 4 5 の表面に金属層 4 9 が設けられる。図 11, 図 12 に示す第 2 突起部 4 5 はシリコン基板をエッティングして形成されたものである。図 12 に示す実施形態では、更に第 2 突起部 4 5 の表面に金属層 4 9 を有するが、この金属層 4 9 は、アンカ部 5 ~ 7 (図 1 等を参照) を金属層を介して対向部 3 0 と接合する際に設けられる金属層の一部と同じものである。すなわち予め、アンカ部 5 ~ 7 のみならず脚部 4 b の第 2 突起部 4 5 となる部分にも金属層 4 9 を設けておき、例えば金属層 4 9 をマスクとしてシリコン基板を掘り込むことで、図 12 に示すようにシリコンで形成された第 2 突起部 4 5 の表面に金属層 4 9 が形成された脚部 4 b を形成することが出来る。

【0101】

図 14 は図 12 の形態に対し模式的に示した製造過程を示す断面図である。図 14 に示すように、対向部 3 0 にはアンカ部 6 0 と対向する位置に基台 6 1 が設けられる。一方、脚部 4 b に形成された第 2 突起部 4 5 と対向する位置に設けられる基台 6 2 の高さは、前

10

20

30

40

50

記基台 6 1 の高さよりも低い高さ位置で形成されている。また基台 6 1 の表面には第 1 金属層 6 3 が設けられる。またアンカ部 6 0 の表面や第 2 突起部 4 5 の表面には第 2 金属層 4 9 が設けられる。そしてアンカ部 6 0 に設けられた第 1 金属層 4 9 と対向部 3 0 側の第 2 金属層 6 3 とを共晶接合あるいは拡散接合させる。例えば金属層 4 9 , 6 3 の一方が A 1 で他方が G e の組み合わせを提示できる。符号 6 4 は T i 下地層を示し、符号 6 5 は固定電極を示す。

【 0 1 0 2 】

図 1 4 に示すように、第 2 突起部 4 5 と対向する対向部 3 0 には第 1 金属層 6 3 は設けられておらず、またアンカ部 6 0 と対向する基台 6 1 と、第 2 突起部 4 5 に対向する基台 6 2 との間に高さの差が設けられることで、上記した共晶接合によりアンカ部 6 0 と対向部 3 0 間を固定した状態において、基台 6 2 と第 2 突起部 4 5 との間に適切に空間（脚部 4 b が高さ方向に変位できる許容空間）を形成できる。

10

【 0 1 0 3 】

図 1 5 は、図 1 0 に示す実施形態の物理量センサを用いて行った剥がし力の実験結果のグラフである。剥がし力は、ばね定数に基づいて計算される復元力を接触面積で割ることで求めることが出来る。よって接触面積を小さくできると剥がし力を大きくでき、耐スティッキング性を向上させることができる。

【 0 1 0 4 】

図 1 3 での比較例の形態では、脚部 3 b 、 4 b がストッパ面 4 3 a に当接した状態での剥がし力は $1 \text{ N} / \text{cm}^2$ 以下よりも小さくなつた。なお、図 1 3 の比較例では、脚部 3 b , 4 b とストッパ面 4 3 a との接触面積（合計）は約 $2206 \mu\text{m}^2$ 、また復元力は $2.82 \times 10^{-6} (\text{N})$ であった。

20

【 0 1 0 5 】

一方、接触面積を、図 1 0 (b) 、図 1 0 (c) の双方において、夫々、約 $40 \mu\text{m}^2$ にまで小さくできた。なお接触面積は、両方の脚部 3 b , 4 b がストッパ面 4 1 a に当接し、また可動部が 2箇所の第 1 突起部 4 2 のストッパ面 4 2 a と当接したとして計算した。そして、前記接触面積と、復元力（図 1 0 (b) では、 $1.96 \times 10^{-6} (\text{N})$ 、図 1 0 (c) では、 $2.50 \times 10^{-6} (\text{N})$ ）を用いて、剥がし力を測定した。なお、図 1 0 、図 1 1 、及び図 1 3 はストッパ機構の部分が異なるだけで他の部分は同じであるとして実験を行っている。

30

【 0 1 0 6 】

図 1 5 に示すように、図 1 0 の構成では、剥がし力が $1 \text{ N} / \text{cm}^2$ 以下となつた図 1 3 の形態に比べて、剥がし力を効果的に大きくできることがわかった。

【 0 1 0 7 】

また図 1 6 は、図 1 1 に示す実施形態の物理量センサを用いて行った剥がし力の実験結果のグラフである。

【 0 1 0 8 】

接触面積を、図 1 1 (b) 、図 1 1 (c) の双方において、夫々、約 $6.3 \mu\text{m}^2$ にまで小さくできた。なお接触面積は、両方の脚部 3 b , 4 b に設けられた第 2 突起部 4 5 がストッパ面 4 1 a に当接し、また可動部に設けられた 2 箇所の第 2 突起部 4 6 が各第 1 突起部 4 2 のストッパ面 4 2 a と当接したとして計算した。そして前記接触面積と、復元力（図 1 1 (b) では、 $1.96 \times 10^{-6} (\text{N})$ 、図 1 1 (c) では、 $2.50 \times 10^{-6} (\text{N})$ ）を用いて、剥がし力を測定した。

40

【 0 1 0 9 】

図 1 6 に示すように、図 1 1 の構成では、剥がし力を図 1 3 の構成に比べて非常に大きくでき、また図 1 0 の構成に比べても十分に大きくできることがわかった。

【 0 1 1 0 】

図 1 7 は、図 1 1 (b) (c) と異なつて第 2 突起部 4 5 , 4 6 を複数個、密集形成している。図 1 7 (a) では、脚部 4 b の下面 3 2 c に複数個の第 2 突起部 4 5 を密集させて形成している。図 1 7 (a) に図示しないもう一方の脚部 3 b についても同様の構造で

50

形成されている。図17(a)では、脚部4bの延出方向に複数の第2突起部45が形成されているが、脚部4bの幅方向(図示奥行き方向)にも複数の第2突起部45が形成されている。図17(b)においても同様である。各第2突起部45は、対向部30の表面30aに形成された第1突起部41と対向する位置に形成される。

【0111】

また図17(b)に示す構造では、可動部2に複数個の第2突起部46を密集形成している。各第2突起部46は、対向部30の表面30aに形成された第1突起部42と対向する位置に形成される。

【0112】

各第2突起部45, 46は図11(a)に示すのと同様に例えばドット状で形成されるが特に形状を限定するものではない。 10

【0113】

このように複数の第2突起部45, 46を密集させて形成することで、図13に示す形態に比べて、脚部3b, 4bと対向部30間や可動部2と対向部30間での接触面積を小さくでき、耐スティッキング性の向上を図ることができるとともに、第2突起部45, 46の機械的強度も向上させることができる。すなわち第2突起部45, 46が例えば一個であると、衝撃等で第2突起部45, 46の破損等を生じやすくなり、また破損等した場合に代わりとなる突起部が存在しないため耐スティッキング性が低下しやすくなるが、複数個の第2突起部45, 46を密集形成することで、各第2突起部45, 46に作用する力を分散でき、磨耗や破損等に強いストッパ構造にでき、また突起部が破損等しても代わりとなる突起部が存在するので良好な耐スティッキング性を維持することができる。 20

【0114】

図17では第2突起部45, 46にて説明したが、対向部30の表面30aに形成される第1突起部41, 42側が複数個、密集して形成される形態であってもよいし、第1突起部41, 42と第2突起部45, 46の双方が、複数個、密集して形成される形態であってもよい。

【0115】

図18は図17に示す本実施形態の物理量センサを用いて行った剥がし力の実験結果である。比較例-1、比較例-2は、図13に示すように第1突起部や第2突起部が形成されていない形態に関するものであり、比較例-1は可動部2が対向部30の表面30aに形成された基台43の表面43a(ストッパ面)に当接したときの剥がし力の実験結果であり、比較例-1、及び比較例-2は脚部が対向部30の表面30aに形成された基台43の表面43a(ストッパ面)に当接したときの剥がし力の実験結果である。比較例-1での剥がし力は、復元力を、 2.50×10^{-6} (N)、接触面積を $1250(\mu m^2)$ として計算した。また、比較例-2での剥がし力は、復元力を、 1.96×10^{-6} (N)、接触面積を $1250(\mu m^2)$ として計算した。 30

【0116】

また図17(a)に示す実施形態の剥がし力は、復元力を、 1.96×10^{-6} (N)、接触面積を $288(\mu m^2)$ として計算した。また図17(b)に示す実施形態の剥がし力は、復元力を、 2.50×10^{-6} (N)、接触面積を $288(\mu m^2)$ として計算した。 40

【0117】

図18に示すように図17に示すようにストッパとなる突起部を複数個、密集形成した形態では、突起部を形成しない形態に比べて剥がし力を大きくできることがわかった。

【0118】

図19は他の本実施形態における物理量センサの平面図、図20は、図19に示す物理量センサをX1-X2方向に沿って高さ方向に切断してなる部分断面図である。なお図20では、図19に示す中央アンカ部5や脚部3b, 4b及び脚部3b, 4bと対向する突起部について図示せず、該部分について透視した可動部2を図示している。

【0119】

10

20

30

40

50

図19に示す可動部2や支持部3,4の平面形態は図1と変わることろがない。図19,図20に示すように、可動部2と高さ方向にて対向する対向部30の表面30aには、ストップとなる突起部50,50が形成されている。この突起部50,50は、可動部2の重心位置Oから前方(X1)及び後方(X2)に夫々、距離L1,L2だけ離れた位置にあり、各距離L1,L2は同一である。

【0120】

図20に示すように可動部2が慣性力Fにより各突起部50,50に当接し、このとき回転モーメントMがつりあつた場合に、可動部2の運動は停止する。回転モーメントがつりあうときの条件は、

$$F = F_{r_1} + F_{r_2}$$

$F_{r_1} \cdot L_1 = F_{r_2} \cdot L_2$ である。ここで、 F_{r_1} 、 F_{r_2} は反力である。

【0121】

この式から距離L1,L2が $L_1 = L_2$ になるとき $F_{r_1} = F_{r_2}$ となり反力を最小にできることがわかる。

【0122】

したがつて図19,図20に示すように突起部50,50を可動部2の重心位置Oから両側に等間隔で配置することで、各突起部50,50に均一に反力を分散でき各突起部50の破損等を適切に防止することができる。

【0123】

また図19に示すように、各脚部3b,4bに対するストップとなる突起部51,51についても、可動部2の重心位置Oから前方(X1)、後方(X2)に夫々距離L3,L4の位置に配置し、各距離L3,L4を同一とすることで、各突起部51,51に均一に反力を分散でき、各突起部51の破損等を適切に防止することができる。

【0124】

なお、加速度が小さい場合、脚部3b,4bは、ストップ面に当接しない。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、ストップ面に当接するわけではない。

【0125】

本実施形態では、可動部2と、対向部30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。

【0126】

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】

【0127】

1 物理量センサ

2 可動部

3, 4 支持部

3a, 4a 第1連結腕

3b, 4b 脚部

5 中央アンカ部

6 左側アンカ部

7 右側アンカ部

10 固定部

11a, 11b, 16a, 16b, 18a, 18b, 18c 連結部

12a, 12b, 13a, 13b, 17a, 17b 支点連結部

14, 15 第2連結腕

20a ~ 20e トーションバー(ばね部)

10

20

30

40

50

2 2 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

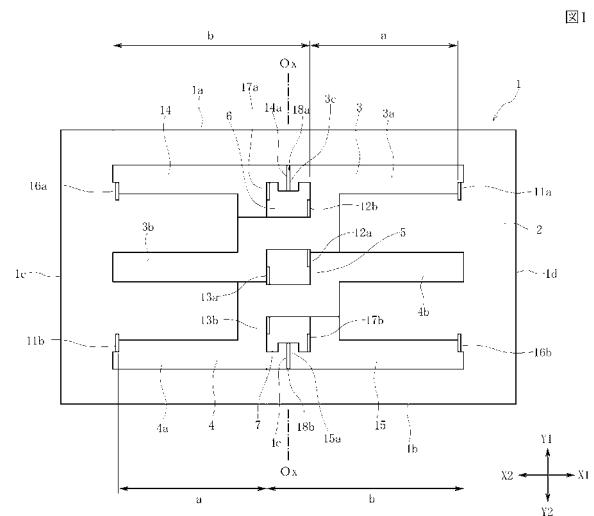
3 5 基台

5 0, 5 1 突起部

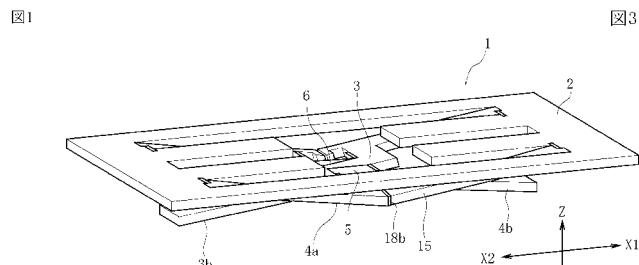
F 慣性力

F_r₁, F_r₂ 反力

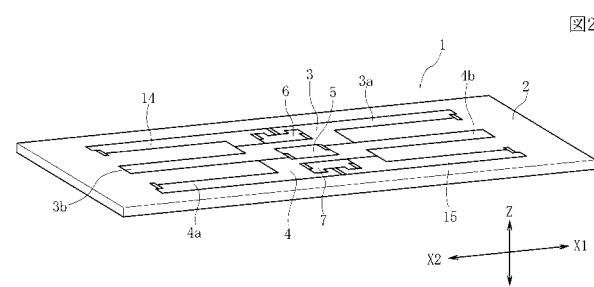
【図1】



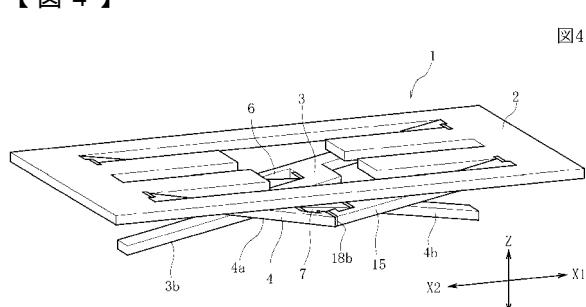
【図3】



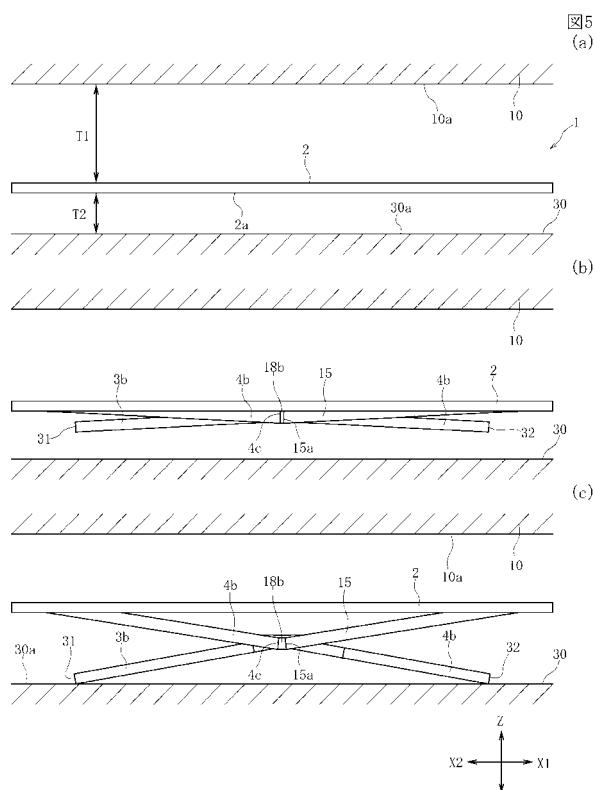
【図2】



【図4】



【図5】



【図6】

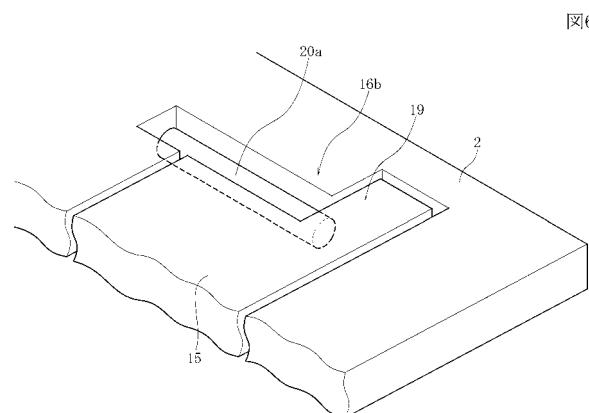
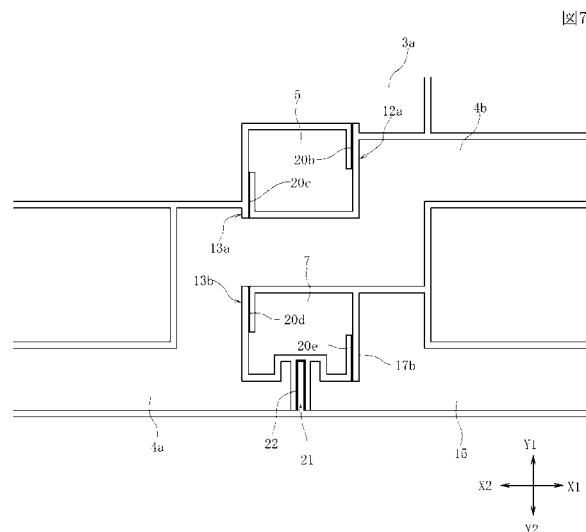
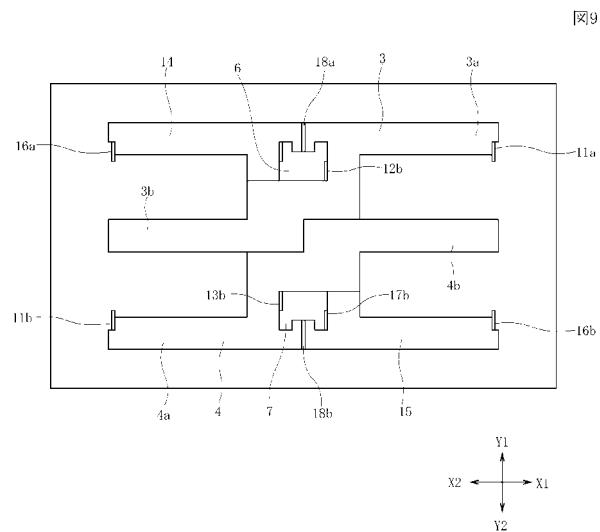


図6

【図7】



【図9】



【図8】

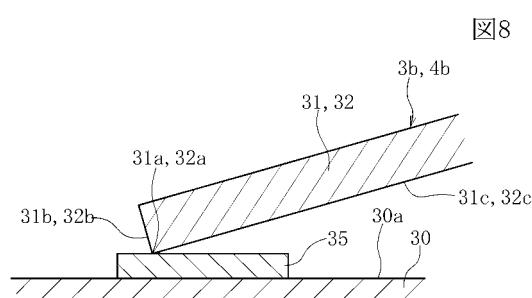
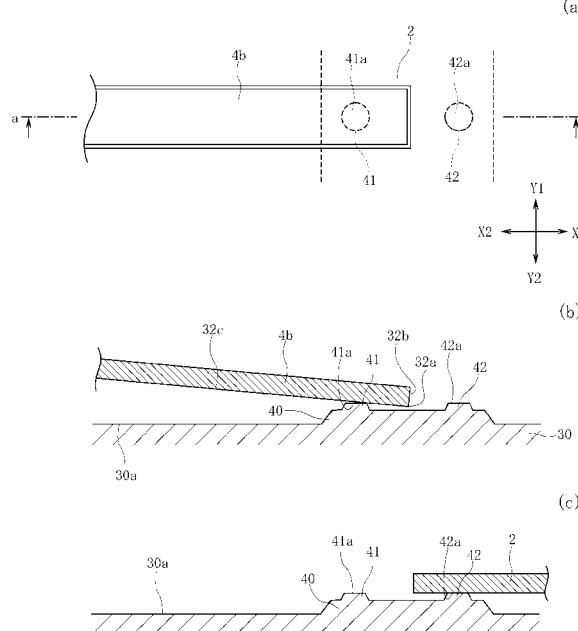
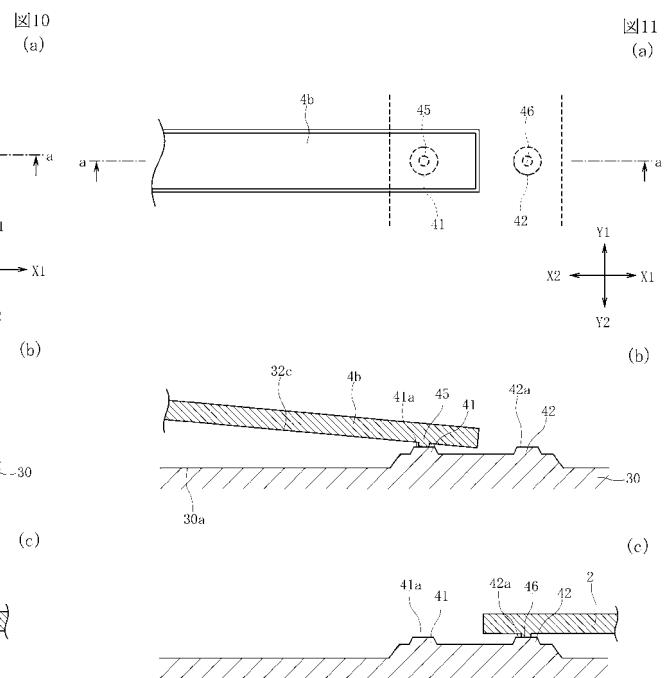


図8

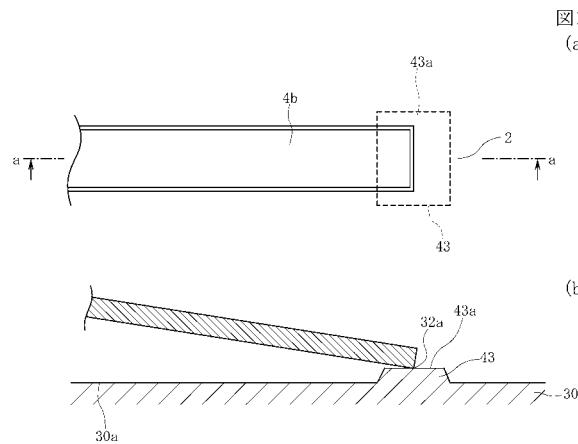
【図10】



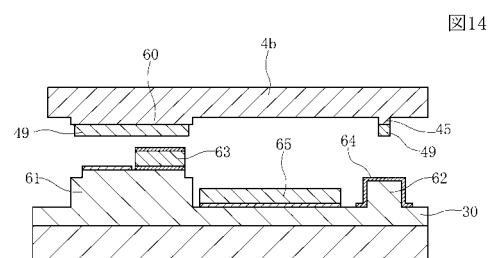
【図11】



【図13】



【図14】



【図15】

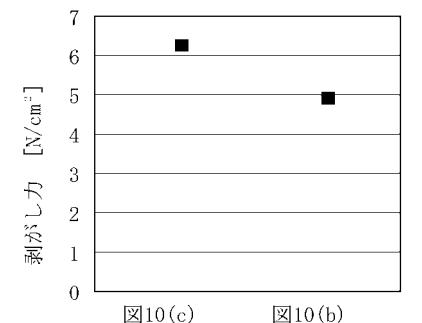


図15

【図16】

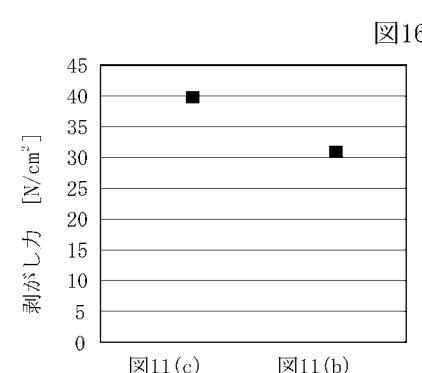
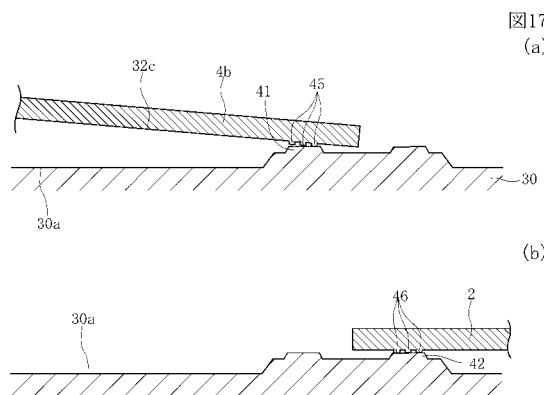
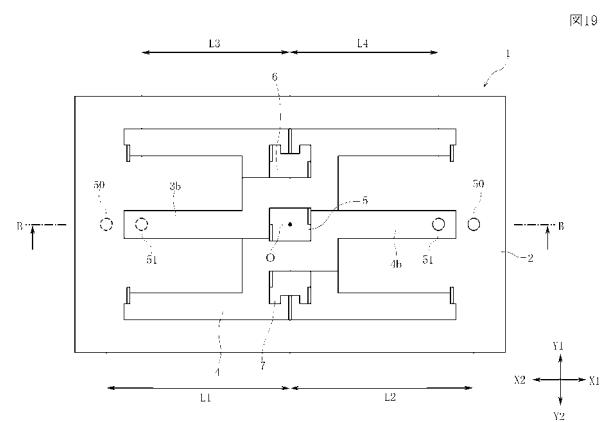


図16

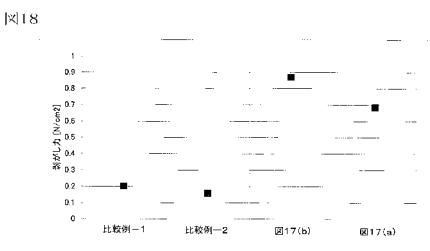
【図17】



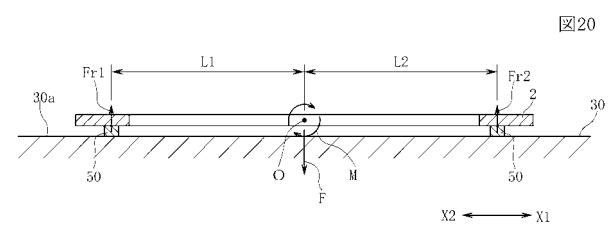
【図19】



【図18】



【図20】



フロントページの続き

(72)発明者 大川 尚信
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

(72)発明者 菊入 勝也
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

(72)発明者 矢澤 久幸
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

(72)発明者 小林 俊宏
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

(72)発明者 宇都 宜隆
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

審査官 繩山 浩二

(56)参考文献 実公平03-016042 (JP, Y2)
国際公開第03/044539 (WO, A1)
特開2002-257847 (JP, A)
特開2008-139282 (JP, A)
特開2007-333467 (JP, A)
特表2008-509405 (JP, A)
特表2007-530914 (JP, A)
特開2000-019198 (JP, A)
特開平11-304834 (JP, A)
特開平09-089927 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G 01 P 15 / 125
H 01 L 29 / 84