

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5900580号
(P5900580)

(45) 発行日 平成28年4月6日(2016.4.6)

(24) 登録日 平成28年3月18日(2016.3.18)

(51) Int. Cl.	F I
GO 1 P 15/135 (2006.01)	GO 1 P 15/135 Z
GO 1 P 15/08 (2006.01)	GO 1 P 15/08 I O 1 B
GO 1 P 15/18 (2013.01)	GO 1 P 15/08 I O 1 E
HO 1 L 29/84 (2006.01)	GO 1 P 15/18
	HO 1 L 29/84 A

請求項の数 15 (全 29 頁)

(21) 出願番号 特願2014-229537 (P2014-229537)
 (22) 出願日 平成26年11月12日(2014.11.12)
 (62) 分割の表示 特願2010-207129 (P2010-207129)
 の分割
 原出願日 平成22年9月15日(2010.9.15)
 (65) 公開番号 特開2015-62024 (P2015-62024A)
 (43) 公開日 平成27年4月2日(2015.4.2)
 審査請求日 平成26年11月12日(2014.11.12)

(73) 特許権者 000002897
 大日本印刷株式会社
 東京都新宿区市谷加賀町一丁目1番1号
 (74) 代理人 110000408
 特許業務法人高橋・林アンドパートナーズ
 (72) 発明者 浅野 雅朗
 東京都新宿区市谷加賀町一丁目一番一号
 大日本印刷株式会社内

審査官 岡田 卓弥

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 力学量センサ及び力学量センサの製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

第1基板と、
 前記第1基板に封止材を介して接合された第2基板と、
 前記第1基板、前記第2基板及び前記封止材で囲まれた空間と、
 前記第1基板上に配置された固定部と、
 前記固定部に一端部が支持されるとともに他端部が前記固定部に対して前記空間内で可動する可動部を含む可動電極と、
 前記第2基板に設けられ、前記可動電極の他端部に隣接して配置された固定電極と、
 前記可動電極に電氣的に接続された第1端子と、
 前記固定電極に電氣的に接続された第2端子と、を備え、
 前記可動電極は、内部応力を有する第1膜を含み、
 前記可動電極において、
 外力無印加時、前記可動電極の前記他端部は、前記第1膜の内部応力による前記可動電極の撓みにより対向する前記固定電極と電氣的に接触しており、
 外力印加時、前記可動電極の前記他端部は印加される外力に応じて変位し、前記固定電極と電氣的に非接触となることを特徴とする力学量センサ。

【請求項2】

前記封止材は、前記可動電極を囲むフレーム形状を有することを特徴とする請求項1に記載の力学量センサ。

【請求項 3】

前記空間にダンピング材を封入することを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の力学量センサ。

【請求項 4】

前記第 1 膜は導電性を有し、

前記可動電極は第 2 膜をさらに含み、

前記第 1 膜は前記第 2 膜上に配置され、

前記可動電極の前記他端部は、前記第 1 膜を介して前記固定電極と電氣的に接触することを特徴とする請求項 1 に記載の力学量センサ。

【請求項 5】

前記第 1 膜が Pt または Cr であり、前記第 2 膜がシリコン膜であることを特徴とする請求項 4 に記載の力学量センサ。

10

【請求項 6】

前記第 1 膜は絶縁性を有し、

前記可動電極は導電性を有する第 2 膜をさらに含み、

前記第 1 膜は前記第 2 膜上に配置され、

前記可動電極の前記他端部は、前記第 1 膜から露出された前記第 2 膜または前記第 1 膜から露出された前記第 2 膜上に配置された導電性の端子を介して前記固定電極と電氣的に接触することを特徴とする請求項 1 に記載の力学量センサ。

【請求項 7】

前記第 1 膜が窒化シリコン膜であることを特徴とする請求項 6 に記載の力学量センサ。

20

【請求項 8】

前記可動電極のたわみ量は、 $0.5 \mu\text{m} < < 7 \mu\text{m}$ であることを特徴とする請求項 1 乃至 7 のいずれかに記載の力学量センサ。

【請求項 9】

前記可動電極を複数備え、

前記複数の可動電極は、それぞれ長さが異なり、

印加される外力の大きさが大きくなるにつれて、前記複数の可動電極のうち長さが短いものから順に前記可動電極が前記固定電極と電氣的に非接触となることを特徴とする請求項 1 乃至 8 のいずれかに記載の力学量センサ。

30

【請求項 10】

前記複数の可動電極は、それぞれ異なる方向に延在していることを特徴とする請求項 9 に記載の力学量センサ。

【請求項 11】

前記複数の可動電極が、それぞれ対応する前記固定電極に接触又は非接触する状態を検出することにより、前記外力の大きさと印加方向を検出することを特徴とする請求項 9 または 10 に記載の力学量センサ。

【請求項 12】

請求項 9 乃至 11 のいずれか一項に記載の力学量センサを、外力を検出する方向に応じて、第 3 基板上に複数配置したことを特徴とする複合型力学量センサ。

40

【請求項 13】

請求項 1 乃至 11 のいずれか一項に記載の力学量センサと、

前記力学量センサを搭載する配線基板と、

前記配線基板上に配置され、前記力学量センサと電氣的に接続された IC チップと、を備えることを特徴とする電子回路基板。

【請求項 14】

請求項 12 記載の複合型力学量センサと、

前記複合型力学量センサを搭載する配線基板と、

前記配線基板上に配置され、前記複合型力学量センサと電氣的に接続された IC チップと、を備えることを特徴とする電子回路基板。

50

【請求項 15】

請求項 13 又は 14 に記載の電子回路基板と、
前記電子回路基板を収容する筐体と、
前記電子回路基板と電氣的に接続された入力部及び出力部と、を少なくとも備えることを特徴とする電子機器。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明は、外力に応じて変位する素子を用いて力学量を検出する力学量センサ及び力学量センサの製造方法に関する。 10

【背景技術】**【0002】**

近年、各種電子機器の小型軽量化、多機能化や高機能化が進み、実装される電子部品にも高密度化が要求されている。このような要求に応じて各種電子部品が半導体デバイスとして製造されるものが増加している。このため、回路素子として製造される半導体デバイス以外に力学量を検出するセンサ等も半導体デバイスを用いて製造され、小型軽量化が図られている。例えば、MEMS (Micro Electro Mechanical Systems) 技術を用いて形成される小型で単純な構造を有する加速度センサには、外力に応じて変位する可動部 (可動電極) を半導体基板に形成し、この可動部の変位をピエゾ抵抗素子や静電容量素子等を利用して検出するタイプのセンサが実用化されている。 20

【0003】

このような半導体センサとして、略矩形パルス形状の可動電極とそれに対向する固定電極とを備えた半導体加速度センサについて、可動電極の上面に引張応力を発生させる支持膜を設けて可動電極を上方へ引き上げるように撓ませることにより、可動電極の自重による基板及び固定電極への接触を防止しようとするものがある (例えば、特許文献 1 参照。)。また、可動電極と固定電極の円周形状の側面同士が接触して加速度を検知する半導体加速度センサについて、可動電極の上表面に引張応力を発生させる膜を設け、可動電極の自重による下方への変形を抑制しようとするものがある (例えば、特許文献 2 参照。)。 30

【先行技術文献】**【特許文献】****【0004】**

【特許文献 1】 特開平 7 - 167885 号公報

【特許文献 2】 特開平 11 - 72505 号公報

【発明の概要】**【発明が解決しようとする課題】****【0005】**

しかしながら、上述の特許文献 1 及び 2 により提案された半導体加速度センサは、重力や外部環境等の影響により、センサの検出感度が不安定になる虞があった。また、可動電極の構造が複雑なものとなるため、製造工程が煩雑となり、製造コストが高くなるという課題があった。 40

【0006】

本発明は上述した従来の問題点に鑑み、外力の大きさ及び方向、並びに加速度を検出することができ、簡易な構造で、製造を容易にすることのできる力学量センサ及び力学量センサの製造方法を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】**【0007】**

本発明の実施の形態に係る力学量センサは、基板と、前記基板上に配置された固定部と、前記固定部に一端部が支持されて前記基板から離隔して配置された可動部を含む複数の可動電極と、前記複数の可動電極の他端部にそれぞれ隣接して力学量の検出方向に配置さ 50

れた固定電極と、前記可動電極に電氣的に接続された第1端子と、前記固定電極に電氣的に接続された第2端子と、を備え、前記複数の可動電極は、それぞれ内部応力を有する薄膜を含み、前記複数の可動電極の前記他端部は、それぞれ対向する前記固定電極と電氣的に接触し、前記複数の可動電極の前記他端部は、印加される外力に応じて変位し、前記固定電極と電氣的に非接触となることを特徴とする。本発明の実施の形態に係る力学量センサによれば、可動電極と固定電極との接触(ON)から非接触(OFF)への変化を簡易な構造で検出するように構成することにより、可動電極を重力等の影響を受け難いものとし、印加された外力の大きさ及び方向並びに加速度等を安定した検出精度で検出することが可能となる。

【0008】

また、本発明の実施の形態に係る力学量センサは、固定部と、前記固定部に一端部が支持されるとともに他端部が前記固定部に対して可動する可動部を含む複数の可動電極と、前記複数の可動電極の他端部にそれぞれ隣接して配置された固定電極と、前記可動電極に電氣的に接続された第1端子と、前記固定電極に電氣的に接続された第2端子と、を備え、前記複数の可動電極において、外力無印加時、前記可動電極が撓んでおり、前記複数の可動電極の前記他端部は対向する前記固定電極と電氣的に接触しており、外力印加時、前記複数の可動電極の前記他端部は印加される外力に応じて変位し、前記固定電極と電氣的に非接触となることを特徴とする。本発明の実施の形態に係る力学量センサによれば、可動電極と固定電極との接触(ON)から非接触(OFF)への変化を簡易な構造で検出するように構成することにより、可動電極を重力等の影響を受け難いものとし、印加された外力の大きさ及び方向並びに加速度等を安定した検出精度で検出することが可能となる。

【0009】

本発明の実施の形態に係る力学量センサは、前記薄膜は導電性を有し、前記複数の可動電極の前記他端部は、それぞれ前記薄膜を介して前記固定電極と電氣的に接触してもよい。本発明の実施の形態に係る力学量センサによれば、簡易な製造方法で、可動電極を固定電極に電氣的に接触させることが可能となり、安定した検出精度で、印加された外力の大きさ及び方向並びに加速度等を検出することが可能となる。

【0010】

本発明の実施の形態に係る力学量センサは、前記複数の可動電極の周囲にダンピング材が配置されてもよい。本発明の実施の形態に係る力学量センサによれば、外部からの衝撃による可動電極の振動等を抑制し、可動電極の一部が固定電極に接触したまま離れなくなるスティッキングを抑制できるため、力学量の検出感度を向上させることができる。

【0011】

本発明の実施の形態に係る力学量センサは、前記複数の可動電極は、長さが異なる可動電極を含んでもよい。本発明の実施の形態に係る力学量センサによれば、可動電極の長さを各々異ならせることにより、仕様に応じて様々な外力の大きさ及び方向並びに加速度を検出することができる。

【0012】

本発明の実施の形態に係る力学量センサは、前記複数の可動電極は、幅又は厚みが異なる可動電極を含んでもよい。本発明の実施の形態に係る力学量センサによれば、可動電極の幅又は厚みを各々異ならせることにより、仕様に応じて様々な外力の大きさ及び方向並びに加速度を検出することができる。

【0013】

本発明の実施の形態に係る力学量センサは、前記複数の可動電極は、それぞれ異なる方向に延在する可動電極を含んでもよい。本発明の実施の形態に係る力学量センサによれば、仕様に応じて様々な外力の大きさ及び方向並びに加速度を検出することができる。

【0014】

本発明の実施の形態に係る力学量センサは、前記複数の可動電極の前記長さ、前記幅、前記厚み、及び前記配置される方向は、検出する前記外力の大きさに応じてそれぞれ決定されてもよい。本発明の実施の形態に係る力学量センサによれば、これらの寸法をそれぞ

10

20

30

40

50

れ仕様に依りて変化させ、複数の可動電極と固定電極とを配置することにより、外力の大きさと印加方向の検出感度を向上させることができる。

【 0 0 1 5 】

本発明の実施の形態に係る力学量センサは、前記複数の可動電極の前記他端部は、前記固定電極に線接触又は点接触する形状を有してもよい。本発明の実施の形態に係る力学量センサによれば、固定電極と接触した際の可動電極の接触面積を減らすことができるため、外力の印加後に、静電引力等により、可動電極の一部が固定電極に接触したまま離れなくなるスティッキングを防止することができる。

【 0 0 1 6 】

本発明の実施の形態に係る力学量センサは、前記複数の可動電極のいずれかが前記固定電極に接触又は非接触したかを検知することにより、前記外力の大きさと印加方向を検出してもよい。本発明の実施の形態に係る力学量センサによれば、外力の変化を可動電極と固定電極との導通の有無で検知できるため、従来の力学量センサと比べ、増幅回路等が不要となり、製造コストを低減させることができる。

10

【 0 0 1 7 】

本発明の実施の形態に係る力学量センサは、長さが異なる前記複数の可動電極が、前記固定電極に接触又は非接触する状態を検出することにより、前記外力の大きさと印加方向を検出してもよい。本発明の実施の形態に係る力学量センサによれば、可動電極の長さを各々異ならせることにより、仕様に依りて様々な外力の大きさ及び印加方向を可動電極と固定電極との導通の有無で検知することができる。

20

【 0 0 1 8 】

また、本発明の実施の形態に係る複合型力学量センサは、前記力学量センサを、外力を検出する方向に依りて、第3基板上に複数配置してもよい。本発明の実施の形態に係る複合型力学量センサによれば、例えば、3軸方向（X軸、Y軸、Z軸方向）等の外力の方向及び大きさ並びに加速度を検出することができる。

【 0 0 1 9 】

本発明の実施の形態に係る力学量センサの製造方法は、複数層からなる第1基板上に、内部応力を有する薄膜を形成し、前記薄膜の形成された前記第1基板をエッチングして、前記第1基板上に配置される固定部及び前記固定部に一端部が支持されて前記第1基板から離隔して配置される可動部を含む複数の可動電極を形成し、第2基板上に、前記複数の可動電極の他端部に各々隣接して力学量の検出方向に配置される固定電極を形成し、前記複数の可動電極の形成された前記第1基板の面と、前記固定電極の形成された前記第2基板の面とを、前記複数の可動電極の前記他端部が、それぞれ前記固定電極に電氣的に接触するように接合することを特徴とする。本発明の実施の形態に係る力学量センサの製造方法によれば、力学量センサの構造が単純なものとなるため、製造工程を削減して製造コストを低減することができ、検出感度を向上させた力学量センサを実現できる。

30

【 0 0 2 0 】

本発明の実施の形態に係る力学量センサの製造方法は、前記第1基板と前記第2基板とを封止材を用いて接合し、前記第1基板と前記第2基板との間の空間にダンピング材を封入してもよい。本発明の実施の形態に係る力学量センサの製造方法によれば、外部からの衝撃による可動電極の振動等を抑制し、可動電極の一部が固定電極に接触したまま離れなくなるスティッキングを抑制できるため、力学量の検出感度を向上させることができる。

40

【 0 0 2 1 】

本発明の実施の形態に係る電子回路基板は、前記力学量センサと、前記力学量センサを搭載する配線基板と、前記配線基板上に配置され、前記力学量センサと電氣的に接続されたICチップと、を備えることを特徴とする。本発明の実施の形態に係る電子回路基板によれば、簡易な構造で外力の大きさ及び方向、並びに加速度を検出することのできる力学量センサを、多様な電子機器に搭載することが容易に可能となる。

【 0 0 2 2 】

本発明の実施の形態に係る電子回路基板は、前記複合型力学量センサと、前記複合型力

50

学量センサを搭載する配線基板と、前記配線基板上に配置され、前記複合型力学量センサと電気的に接続されたＩＣチップと、を備えることを特徴とする。本発明の実施の形態に係る電子回路基板によれば、簡易な構造で外力の大きさ及び方向、並びに加速度を検出することのできる複合型力学量センサを、多様な電子機器に搭載することが容易に可能となる。

【 0 0 2 3 】

本発明の実施の形態に係る電子機器は、前記電子回路基板と、前記電子気回路基板を収容する筐体と、前記電子回路基板と電気的に接続された入力部及び出力部と、を少なくとも備えることを特徴とする。本発明の実施の形態に係る電子機器によれば、簡易な構造で外力の大きさ及び方向、並びに加速度を検出することのできる力学量センサの機能を用いた電子機器を提供できる。

10

【発明の効果】

【 0 0 2 4 】

本発明によれば、検出感度を向上させ、且つ簡易な製造方法により製造コストに低減することのできる力学量センサ及び力学量センサの製造方法を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 2 5 】

【図 1】本発明の第 1 の実施形態に係る力学量センサの概略構造を示した断面図である。

【図 2】本発明の第 1 の実施形態に係る力学量センサの概略構造を示した平面図であり、(a) は、第 1 基板上に第 1 の膜を配置した構造を示した平面図であり、(b) は、(a) に示した第 1 の膜上に封止材を配置した構造を示した平面図であり、(c) は、第 2 基板上に固定電極を配置した構造を示した平面図である。

20

【図 3】本発明の第 1 の実施形態に係る力学量センサの第 1 基板側の断面の概略構造を示した製造工程を説明するための図であり、(a) は、加工前の第 1 基板、第 2 の膜、及び第 1 の膜を示す断面図であり、(b) は、第 2 の膜及び第 1 の膜に凹部を形成する工程を示す断面図であり、(c) は、第 1 基板に凹部を形成して可動電極を形成する工程を示す断面図であり、(d) は、第 1 の膜上に封止材を形成する工程を示す断面図であり、(e) は、第 1 基板と第 2 基板とを接合する工程を示す断面図である。

【図 4】本発明の第 1 の実施形態に係る力学量センサの第 2 基板側の断面の概略構造を示した製造工程を説明するための図であり、(a) は、加工前の第 2 基板を示す断面図であり、(b) は、第 2 基板に固定電極を形成する工程を示す断面図であり、(c) は、第 2 基板に凹部を形成する工程を示す断面図であり、(d) は、第 2 基板に配線及び貫通電極を形成する途中の工程を示す断面図であり、(e) は、第 2 基板に配線及び貫通電極を形成した工程を示す断面図である。

30

【図 5】本発明の第 1 の実施形態に係る可動電極の構成を説明するための模式図である。

【図 6】本発明の第 1 の実施形態に係る可動電極の長さ、可動部の厚み、及び第 1 の膜の厚みをそれぞれ変化させた場合の可動電極のたわみ量との関係を示す表である。

【図 7】本発明の第 1 の実施形態に係る力学量センサの第 1 の膜の材料及び成膜条件を変化した場合に得られる応力値を示す表である。

【図 8】本発明の第 2 の実施形態に係る力学量センサの概略構造を示した平面図である。

40

【図 9】本発明の第 2 の実施形態に係る力学量センサの概略構造を示した平面図であり、(a) は、第 1 基板上に第 1 の膜を配置した構造を示した平面図であり、(b) は、(a) に示した第 1 基板上に封止材を配置した構造を示した平面図であり、(c) は、第 2 基板上に固定電極及び固定部電極を配置した構造を示した平面図である。

【図 10】本発明の第 2 の実施形態に係る力学量センサの第 1 基板側の断面の概略構造を示した製造工程を説明するための図であり、(a) は、図 9 (a) に示した (i) 線から見た第 1 基板上の可動電極を形成する工程を説明するための断面図であり、(b) は、図 9 (a) に示した (i i) 線から見た第 1 基板上の可動電極を形成する工程を説明するための断面図であり、(c) は、図 9 (a) に示した (i i i) 線から見た第 1 基板上の可動電極を形成する工程を説明するための断面図である。

50

【図 1 1】本発明の第 2 の実施形態に係る力学量センサの第 2 基板側の断面の概略構造を示した製造工程を説明するための図であり、(a) は加工前の第 2 基板を示す断面図であり、(b) は第 2 基板に固定部電極を形成する途中の工程を示す断面図であり、(c) は第 2 基板に固定部電極及び固定電極を形成する途中の工程を示す断面図であり、(d) は第 2 基板に固定部電極及び固定電極を形成した工程を示す断面図であり、(e) は第 2 基板に貫通電極を形成する途中の工程を示す断面図であり、(f) は第 2 基板に貫通電極及び配線用端子を形成する途中の工程を示す断面図であり、(g) は第 2 基板に貫通電極及び配線用端子を形成した工程を示す断面図である。

【図 1 2】本発明の第 3 の実施形態に係る力学量センサの概略構造を示した平面図であり、(a) は、第 1 基板上に第 1 の膜を配置した構造を示した平面図であり、(b) は、(a) に示した第 1 基板上に封止材を配置した構造を示した平面図であり、(c) は、第 2 基板上に固定電極及び固定部電極を配置した構造を示した平面図である。

10

【図 1 3】本発明の第 3 の実施形態に係る力学量センサの概略構造を示した断面図であり、(a) は、図 1 2 に示した第 1 基板と第 2 基板とを接合した後の (i) 線から見た力学量センサの断面図であり、(b) は、図 1 2 に示した第 1 基板と第 2 基板とを接合した後の (i i) 線から見た力学量センサの断面図であり、(c) は、図 1 2 に示した第 1 基板と第 2 基板とを接合した後の (i i i) 線から見た力学量センサの断面図である。

【図 1 4】本発明の第 3 の実施形態に係る力学量センサの動作を説明するための表であり、印加される外力の方向及び大きさと、複数の可動電極と固定電極との導通関係を表す表である。

20

【図 1 5】本発明の第 4 の実施形態に係る複合型力学量センサの概略構造を示した図である。

【図 1 6】本発明の一実施形態に係る力学量センサにより検出される信号を処理する処理回路の回路構成を示す図である。

【図 1 7】本発明の第 5 の実施形態に係る電子回路基板の概略構成を示す斜視図である。

【図 1 8】本発明の第 5 の実施形態に係る携帯型情報端末の概略構成を示す斜視図である。

【発明を実施するための形態】

【0026】

以下、図面を参照して、本発明の実施形態を詳細に説明する。なお、本発明は以下の実施形態に限定されるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲において種々なる態様で実施することができる。

30

【0027】

(第 1 の実施形態)

<力学量センサの構造>

まず、本発明の第 1 の実施形態に係る力学量センサの基本的な構造について、図 1 を参照して説明する。図 1 は本発明の第 1 の実施形態に係る力学量センサ 100 の概略構造を示した断面図である。力学量センサ 100 は、第 1 基板 104 と、第 1 基板 104 上に形成された固定部 102 b と、固定部 102 b に一端部が支持されて第 1 基板 104 から離隔して形成された可動部 102 a、及び可動部 102 a 上に形成された第 1 の膜 101 を含む可動電極 102 と、可動電極 102 の他端部に隣接して力学量の検出方向に配置される固定電極 103 a と、固定電極 103 a が形成された第 2 基板 105 とを含む。なお、本実施形態において、第 1 の膜 101 は、内部応力を有する薄膜(応力膜)である。固定部 102 b は、第 1 基板 104 上に固定されており、可動部 102 a は可撓性又は弾性を有し、力学量センサ 100 に印加される外力に応じて図中に示す Z 軸方向に撓む。可動電極 102 は、外力が印加されないと、可動部 102 a 上に形成された第 1 の膜 101 の内部応力により、固定電極 103 a と電氣的に接触する。

40

【0028】

力学量センサ 100 に、図 1 に示した Z 軸方向の正から負(Z 軸方向に図中の上から下に向かう方向)の外力が印加されると、可動電極 102 の一部が固定電極 103 a に接触

50

した状態から非接触の状態に変位する。力学量センサ100は、このときの固定電極103aと可動電極102との導通の有無を検出することにより、力学量センサ100に印加された外力の大きさ及び方向並びに加速度等を検出することができる。

【0029】

本実施形態において、第1の膜101は、導電性を有する応力膜であっても、絶縁性を有する応力膜であってもよい。例えば、第1の膜101が導電性を有する場合、図示したように、可動部102a及び固定部102bの上面全体に第1の膜101が形成されてもよい。導電性を有する第1の膜101は、外力の印加に応じて可動部102aが撓むと、固定電極103aと電氣的に接触した状態から非接触の状態となる。これにより、可動電極102と固定電極103aとの導通の有無を検知することが可能となる。なお、第1の膜101を固定電極103aと電氣的に接触させることにより可動電極102と固定電極103aとの導電的コンタクトをとる場合には、可動部102aは導電体であっても絶縁体であってもよい。また、可動電極102と固定電極103aとが導電的コンタクトをとることが可能な形状であれば、第1の膜101及び可動部102aは図示した形状に限定されない。

10

【0030】

なお、第1の膜101が絶縁体であり、例えば、可動部102aが導電体である場合には、図示していないが、可動部102aの固定電極103aと対向する面上に、可動部102aが固定電極103aと接触する部分を除いて第1の膜101を形成し、導電性を有する可動部102aが直接、固定電極103aと電氣的に接触するように形成してもよい。また、このとき、導電性の可動部102a上に、別途、導電性の端子等(図示せず)を形成し、これらの端子等を固定電極103aに電氣的に接触させることにより、可動電極102と固定電極103aとの導通の有無を検知するように形成してもよい。

20

【0031】

なお、第1の膜101が絶縁体であり、図1に図示したように、可動部102aの上面全体を覆う場合には、第1の膜101上に、別途、導電性の薄膜や配線端子等(図示せず)を形成し、これらを固定電極103aに電氣的に接触させることにより、可動電極102と固定電極103aとの導電的コンタクトがとれるように形成してもよい。従って、第1の膜101及び可動部102aのいずれもが絶縁体であっても、可動電極102の固定電極103aと対向する最表面上に、導電性の薄膜や配線端子等(図示せず)を形成して固定電極103aに電氣的に接触させるように形成すれば、可動電極102と固定電極103aとの導電的コンタクトをとることができる。よって、可動電極102と固定電極103aとが導通可能な形状に形成されていれば、第1の膜101及び可動部102aは、導電体であっても絶縁体であってもよい。また、第1の膜101及び可動部102aの形状は、図示した形状に限定されず、第1の膜101は可動部102aの一部に形成されるものであればよい。

30

【0032】

なお、以下、本実施形態においては、図1に図示した形状に基づき、可動部102aの固定電極103aと対向する面上に導電性の第1の膜101が形成され、この第1の膜101を介して、可動電極102と固定電極103aとが電氣的に接触するものとして説明を進める。これにより、簡易な製造方法で、可動電極102を固定電極103aに電氣的に接触させることが可能となる。また、以下、可動部102aは、所定のヤング率を有する導電体として説明を進める。しかし、上述したように、可動部102a及び第1の膜101は絶縁体であってもよい。

40

【0033】

また、固定部102bは、製造工程については後述するが、可動部102aが形成される基板又は膜(本実施形態においては、第2の膜110)と同一の基板又は膜から形成されるものとする。従って、以下、可動部102aが導電性を有する場合には、固定部102bも導電性を有するものとする。

【0034】

50

図1に図示したように、本実施形態において、固定電極103aは、第2基板105に形成される。第1基板104と第2基板105とを封止材106を介して接合することにより、第1基板104上に形成された可動電極102の端部が、第2基板105上に形成された固定電極103aと電氣的に接触する。なお、本実施形態においては、可動電極102は、第1の膜101の引張応力により、Z軸方向の上部に位置する固定電極103aと電氣的に接触するものとする。

【0035】

第1の膜101は、本実施形態においては、可動部102aのZ軸方向の上部に配置しているが、可動部102aのZ軸方向の下部に配置してもよい。可動部102aの下部に配置する場合は、第1の膜101を、圧縮応力を有するものとすることにより、可動電極102の端部をZ軸方向の上部に位置する固定電極103aに電氣的に接触させてもよい。

10

【0036】

また、図示していないが、第2基板105に固定電極103aを形成せずに、可動電極102の端部が対向する位置の第1基板104上に、固定電極103aを形成してもよい。このとき、図1に図示した可動部102aのZ軸方向の上部に配置された第1の膜101を、圧縮応力を有するものとすることにより、可動電極102の端部をZ軸方向の負の方向にたわませ、第1基板104上に形成された固定電極103aと電氣的に接触させてもよい。なお、引張応力を有する第1の膜101を、可動部102aのZ軸方向の下部に配置することにより、可動電極102の端部をZ軸方向の負の方向にたわませ、第1基板104上に形成された固定電極103aと電氣的に接触させてもよい。

20

【0037】

第2基板105には、図示したように、固定電極103aと電氣的に接続される貫通電極103bが形成され、貫通電極103bが露出する第2基板105の上面部に対応して、貫通電極103bと電氣的に接続される配線用端子103cが形成される。これにより、固定電極103aと配線用端子103cとが貫通電極103bを通じて電氣的に接続される。配線用端子103cは、図示していないが、力学量センサ100が実装される電子機器内の力学量検出信号を処理する外部回路に接続され、これにより、可動電極102と固定電極103aとの導通の有無が検出される。

【0038】

また、固定部102b上に配置される第1の膜101上に、図1に図示したように、固定部電極101bが配置されてもよい。固定部電極101bは、可動電極102と電氣的に接続される。なお、図示していないが、固定部電極101bは、固定部102bが可動電極102と電氣的に接続されていれば、導電性を有する固定部102b上に直接形成されてもよい。図1に図示したように、固定部102b上の第1の膜101が導電性を有する場合は、固定部電極101bは、第1の膜101の一部であってもよい。また、図示していないが、固定部電極101b上には、別途、金属バンプや配線端子等が形成されてもよい。固定部電極101bは、力学量センサ100が実装される電子機器内の力学量検出信号を処理する外部回路等に電氣的に接続され、これにより、可動電極102と固定電極103aとの導通の有無が検出される。

30

40

【0039】

第1基板104と第2基板105とが封止材106を介して接合されると、第1基板104と第2基板105との間には空間107が形成される。この空間107には、力学量センサ100に印加される外力に応じて、可動部102aが過度に変位することを防止するため、ダンピング材を封入してもよい。これにより、外部からの衝撃による可動部102aの過度な振動等を抑制し、可動電極102の一部が固定電極103aに接触したまま離れなくなるスティッキングを抑制することができる。

【0040】

また、図示していないが、固定電極103aと接触する可動電極102の他端部の形状を、例えば線状の凸部、先の尖った楔状凸部、円錐状凸部、円錐台状凸部のような線接触

50

又は点接触する形状に形成してもよい。これにより、固定電極 103a と接触した際の可動電極 102 の接触面積を減らすことができるため、外力の印加後に、静電引力等により、可動電極 102 の一部が固定電極 103a に接触したまま離れなくなるスティッキングを防止することができる。さらに、可動電極 102 及び固定電極 103a の各々が接触する接触面上に、ボロンやリン等の不純物を高濃度にドーピングするか、あるいは金属成膜を行い、コンタクト性能を向上させるようにしてもよい。

【0041】

上述した構成を有する本発明の第 1 の実施形態に係る力学量センサ 100 によると、外力の印加に応じて可動部 102a が撓み、固定電極 103a に接触した状態 (ON) から非接触の状態 (OFF) への変化を、可動電極 102 と固定電極 103a との導通の有無で検知することができる。従って、非接触 (OFF) から接触 (ON) への変化を検出する場合と比較して、より検出感度を安定したものとすることができる。よって、本発明の第 1 の実施形態に係る力学量センサ 100 によれば、上述した簡易な構造により、後述する製造工程において生じる製造コストを低減させることができ、検出感度を向上させた力学量センサを提供することができる。

【0042】

<力学量センサの製造方法>

次に、第 1 の実施形態に係る力学量センサ 100 の製造方法について、図 2 乃至図 4 を参照して説明する。図 2 は、力学量センサ 100 の概略構造を示した平面図であり、(a) は、第 1 基板 104 上に第 1 の膜 101 を配置した構造を示した平面図であり、(b) は、(a) に示した第 1 の膜 101 上に封止材 106 を配置した構造を示した平面図であり、(c) は、第 2 基板 105 上に固定電極を配置した構造を示した平面図である。図 3 は、力学量センサ 100 の第 1 基板 104 側の断面の概略構造を示した製造工程を説明するための図であり、(a) は、加工前の第 1 基板 104、第 2 の膜 110、及び第 1 の膜 101 を示す断面図であり、(b) は、第 2 の膜 110 及び第 1 の膜 101 に凹部 102k を形成する工程を示す断面図であり、(c) は、第 1 基板 104 に凹部 104k を形成して固定部 102b 及び可動部 102a を形成する工程を示す断面図であり、(d) は、第 1 の膜 101 上に封止材 106 を形成する工程を示す断面図であり、(e) は、第 1 基板 104 と第 2 基板 105 とを接合する工程を示す断面図である。図 4 は、力学量センサ 100 の第 2 基板 105 側の断面の概略構造を示した製造工程を説明するための図であり、(a) は、加工前の第 2 基板 105 を示す断面図であり、(b) は、第 2 基板 105 に固定電極 103a を形成する工程を示す断面図であり、(c) は、第 2 基板 105 に凹部 105k を形成する工程を示す断面図であり、(d) は、第 2 基板 105 に配線用端子 103c 及び貫通電極 103b を形成する途中の工程を示す断面図であり、(e) は、第 2 基板 105 に配線用端子 103c 及び貫通電極 103b を形成した工程を示す断面図である。

【0043】

(1) 第 2 の膜 110 及び第 1 の膜 101 の形成 (図 3 (a) 参照)

第 1 基板 104 の上面全体に、第 2 の膜 110 を形成し、第 2 の膜 110 の上面全体に、第 1 の膜 101 を形成する。本実施形態において、第 1 基板 104 は、シリコン基板であってもよく、ガラス基板であってもよい。第 2 の膜 110 は、シリコン (Si) 膜とする。第 1 基板 104 の大きさは、その外周が例えば 2.5mm × 2.5mm の略正方形状であってもよい。第 1 の膜 101、第 2 の膜 110、及び第 1 基板 104 の厚さは、それぞれ、0.2µm ~ 2.0µm、10µm ~ 40µm、400µm 程度であってもよい。なお、それぞれの厚さは、この数値に限定されるものではなく、仕様に応じて変更され得る。第 2 の膜 110 は、力学量センサ 100 の可動部 102a 及び固定部 102b を構成する層である。第 2 の膜 110 及び第 1 の膜 101 は、例えば貼り合せ法により第 1 基板 104 上に第 2 の膜 110 を形成し、必要に応じて第 2 の膜 110 の研磨等により所定の厚さとなるように設定し、第 2 の膜 110 上に第 1 の膜 101 を真空成膜法等により形成する。例えば、第 1 基板 104 上に、Siウエハ基板を貼り合せて、CMP 研磨等により

10

20

30

40

50

所定の厚さに薄膜化し、第2の膜110を形成してもよい。またSOI基板を用いて第1基板104と第2の膜110を予め一体構成しておいてもよい。

【0044】

第1の膜101は、例えば金属材料を用いることができる。その例としてAl, Ag, Au, Co, Cr, Cu, Fe, In, Mo, Nb, Ni, Ti, Pd, Pt, W, Zrなど、これらのうち少なくとも1つの元素を含む金属材料（合金も含む）を挙げることができる。第1の膜101は、膜厚が薄く、且つ本実施形態においては、引張応力の高いものが望ましく、例えば、Pt, Crを用いることが望ましい。成膜方法としては、蒸着法、スパッタリング、イオンプレーティング、プラズマCVD（Chemical Vapor Deposition）、LP-CVD、MO-CVD等を用いてもよい。なお、低温成膜が可能で、基材への影響が少ないため、スパッタリング法を用いることが好ましい。第1の膜101の導電性の程度としては、 $100 \cdot \text{cm} \sim 0.0001 \cdot \text{cm}$ 程度を有することが好ましい。

10

【0045】

なお、第1の膜101として引張応力の強い絶縁材料を用いてもよい。例えば、窒化シリコン膜を用いる場合、成膜条件としては、シリコンソースとして、ジクロロシラン（ SiCl_2H_2 ）、シラン（ SiH_4 ）、ジシラン（ Si_2H_6 ）、トリシラン（ Si_3H_8 ）のいずれかを流量 $5 \text{ sccm} \sim 50 \text{ sccm}$ 、Nソースとして NH_3 を流量 $500 \text{ sccm} \sim 10000 \text{ sccm}$ 、キャリアガスとして N_2 または Ar を流量 $500 \text{ sccm} \sim 10000 \text{ sccm}$ 供給し、圧力 $0.1 \text{ Torr} \sim 400 \text{ Torr}$ 、基板温度 $4000 \sim 4500$ の熱CVD法により成膜する。このとき、第1の膜101の引張応力は、例えば 1.7 GPa となる。

20

【0046】

なお、以下では第2の膜110はSi膜として説明を進めるが、第2の膜110は第1基板104に対して、後述するエッチングにおいて所望の選択比が得られる材料を用いればよく、特に材料についての制限はない。また、第2の膜110の導電性あるいは絶縁性については第1の膜101の性質に応じて適宜選択すればよい。

【0047】

(2) 第1の膜101及び第2の膜110の加工（図2(a)及び図3(b)参照）

可動電極102を加工するためのマスク（図示せず）を形成し、該マスクを介して第1の膜101及び第2の膜110をエッチングすることにより、図3(b)に図示したように、可動電極102が形成される位置を除いた凹部102kを形成する。エッチング方法として、材料に応じたエッチャントを有するドライエッチングあるいはウェットエッチングを用いてもよい。ウェットエッチングの場合には、EDP水溶液（Ethylene diamine + Pyrocatechol+water）やKOH水溶液（KOH+ isopropyl alcohol+water）やヒドラジン水溶液（Hydrazine+ isopropyl alcohol+water）を用いることができる。その際、エッチング液にKOH系を使用すると著しい異方性エッチング特性を有し、第2の膜110のSi膜のオリエンテーション（110）面の膜であるならば、異方性エッチングの特性により（111）側面をもつ垂直の溝加工をすることができるので最適である。その際、第1基板104すなわち、ガラス SiO_2 膜と、第2の膜110すなわちSi材のエッチング選択比は、 $1:100$ のため、第1基板104は、ほとんどエッチングされず、第2の膜110のエッチングを終了することができる。よって、第1の膜101を含め第2の膜110の形状を保持することができる。第1基板104がエッチングされると、第2の膜110のサイドエッチングが顕著になる。なお、このときの第1の膜101は、上面から見ると、図2(a)に図示した形状に形成される。

30

40

【0048】

(3) 第1基板104の加工（図2(a)及び図3(c)参照）

可動電極102を加工するためのマスク（図示せず）を介して、第1基板104をエッチングすることにより、可動部102aが形成される位置の第2の膜110と接していた第1基板104が除去され、図3(c)に図示した凹部104kが形成される。これによ

50

り、図3(c)に図示したように、第1基板104から離隔させて可動部102aが形成され、第1基板104から離隔させずに第1基板104上に固定された固定部102bを形成することができる。なお、このときの可動電極102の断面形状は、図3(c)に図示したように、第1の膜101の引張応力により可動部102aの端部が撓んで上方へ持ち上がるため、下に凸状の略円弧形状となる。また、可動部102aの上面の形状は、図2(a)に図示した第1の膜101と同様の形状となる。エッチング方法としては、HF希釈水溶液(例えば、50%HFを10%に希釈する)、または、NH₄F水溶液をエッチング液として用いるウェットエッチングを挙げることができる。

【0049】

(4) 封止材106の形成(図2(b)及び図3(d)参照)

第1の膜101上に、封止材106を形成する。このとき、封止材106は、図3(d)に図示したように、第1基板104をエッチングした際に形成した凹部104kの縁部よりも外側であって、第1基板104に固定された第1の膜101上に形成される。また、封止材106は、図2(b)に図示したように、可動部102a上に形成された第1の膜101を囲むように、フレーム形状を有して形成される。なお、図3(d)は、図2(b)に示したA-A'線から見た第1基板104側の構造の断面図である。封止材106は、後述する工程において第1基板104と第2基板105とを接合させて、可動電極102の変位範囲を確保するギャップを維持する役割をする。従って、図1に図示したように、封止材106のZ軸方向の厚みは、後の工程で第1基板104と接合される第2基板105上の固定電極103aの厚みより厚いものとする。また、封止材106は、接着剤等の接合可能な材料を用いてもよい。接着剤としては一般的な樹脂材料を用いてもよいが、例えば、シリコン系樹脂、エポキシ系樹脂、ポリイミド系樹脂等の接着剤を用いて形成してもよい。また、接着剤にはフィラーやビーズ等の補強材を含有する樹脂等を用いてもよく、またギャップを維持するためにスペーサーが挿入されてもよい。封止材106は印刷法、インクジェット法、フォトリソ法等により形成する。

【0050】

なお、固定部102b上に形成された第1の膜101上には、封止材106の外側において、図2(b)及び図3(d)に図示したように、固定部電極101bが配置される。固定部電極101bは、可動電極102と電氣的に接続され、導電性を有する第1の膜101の一部であってもよい。また、図示していないが、固定部電極101b上には、金属バンプや配線端子等が形成されてもよい。固定部電極101bは、力学量センサ100が実装される電子機器内の力学量検出信号を処理する外部回路等と電氣的に接続される。これにより、可動電極102と固定電極103aとの導通の有無を検出する。

【0051】

以上の工程により、可動電極102の形成された第1基板104が形成される。次に、図1に図示した固定電極103a及び配線用端子103cを有する第2基板105の製造方法について、図4を参照して述べる。

【0052】

(5) 第2基板105の形成(図4(a)及び(b)参照)

図4(a)に図示した第2基板105は、ガラス基板、半導体基板、絶縁性樹脂基板等を用いてもよい。以下では、第2基板105としてガラス材料を用いる場合について説明する。図4(a)に図示するように、第2基板105上に、スパッタリング、スクリーン印刷、CVD法あるいは電解めっき法等を用いて導電性を有する導電材108を形成する。次に、図4(b)に図示するように、固定電極103aを加工するためのマスク(図示せず)を形成し、該マスクを介して導電材108をエッチングすることにより固定電極103aを形成する。

【0053】

(6) 貫通電極103bの形成(図4(c)乃至(e)参照)

図4(c)に図示するように、図4(b)に図示した固定電極103aが形成された第2基板105を反転させ、固定電極103aに接続される貫通電極103bを形成するた

10

20

30

40

50

め、貫通電極 103b の形成位置に所定のマスクが形成された第 2 基板 105 にレーザーやサンドブラストにより貫通孔 105k を形成する。図 6 (d) 及び (e) に図示するように、この貫通孔 105k の内部に、スパッタリング、導電性ペースト充填 (スクリーン印刷)、CVD 法あるいは電解めっき法等を用いて導電性を有する導電材 109 を形成し、配線用端子 103c を加工するためのマスク (図示せず) を形成し、該マスクを介して導電材 109 をエッチングすることにより、貫通電極 103b 及び配線用端子 103c を形成する。例えば、CVD 法により、貫通孔 105k の内壁に導電性不純物を含む多結晶シリコン (Poly-Si) からなる導電層を堆積させて、貫通電極 103b 及び配線用端子 103c を形成してもよい。導電層としては、多結晶シリコン以外に、例えば、金属材料 (Ti, Cu など) を用いてもよい。また、配線用端子 103c は、貫通電極 103b が露出する上面部に対応させて、貫通電極 103b と電氣的に接続されるように、例えば、Al からなるパターンによって形成されてもよい。これらの配線用端子 103c は、力学量センサ 100 が実装される電子機器内の力学量検出信号を処理する回路に接続される。

10

【0054】

(7) 第 1 基板 104 と第 2 基板 105 との接合 (図 2 (c) 及び図 3 (e) 参照)

可動電極 102 及び封止材 106 の形成された第 1 基板 104 (図 2 (b) 参照) と、固定電極 103a 及び配線用端子 103c の形成された第 2 基板 105 (図 2 (c) 参照) とを、封止材 106 を介して接合する。このとき、図 1 及び図 3 (e) に図示したように、第 2 基板 105 に形成された固定電極 103a と、第 1 基板 104 に形成された可動電極 102 の端部とが電氣的に接触されるように、第 1 基板 104 と第 2 基板 105 とを位置合わせして接合する。なお、上述した配線用端子 103c は、第 1 基板 104 と第 2 基板 105 との接合後に、第 2 基板 105 に形成されてもよい。

20

【0055】

(8) ダンピング材の封入 (図 3 (e) 参照)

第 1 基板 104 と第 2 基板 105 とを封止材 106 により接合した後、第 1 基板 104 と第 2 基板 105 との間の空間 107 に、ダンピング材を封入してもよい。ダンピング材としては、気体を用いる場合、例えば、不活性ガス Ar、Xe、Kr 等、窒素、酸素、空気等を封入し、加圧状態として形成してもよい。また、液体を用いる場合は、シリコンオイル、炭酸プロピレン、純水、アルコール類等を用いてもよく、添加物を加えて導電性を持たせてもよい。なお、ダンピング材は、可動電極 102 の端部が固定電極 103a と接触した際に、ダンピング材が原因で接点の接続がとれなくなるようなことが起きず、また接点の腐食が起らないように所望の粘性を有する材料や封入条件を選択する。好適な材料としては、シリコンオイルを挙げることができる。これにより、外部からの衝撃による可動電極 102 の過度な振動等を抑制し、可動電極 102 の一部が固定電極 103a に接触したまま離れなくなるスティッキングを抑制することができる。

30

【0056】

以上の工程により、本発明の第 1 の実施形態に係る力学量センサ 100 が形成される。第 1 の実施形態に係る力学量センサ 100 によれば、印加される外力の大きさ及び方向並びに加速度等を、可動電極 102 と固定電極 103a との接触 (ON) から非接触 (OFF) への変化を検出するように構成することができる。これにより、非接触 (OFF) から接触 (ON) への変化を検出する場合と比較して、より検出感度を向上させることが可能となる。さらに、上述した簡易な製造方法により製造することができるため、製造コストを低減させることができる。

40

【0057】

以下、本発明の第 1 の実施形態に示した可動電極 102 の具体的構成について、図 5 乃至図 7 を参照して説明する。

【0058】

図 5 は、可動電極 102 の構成を説明するための模式図である。図 5 に図示した可動電極 102 は、固定端 A1 と変位端 B1 とを有する。変位端 B1 は、可動部 102a 上に形

50

成された第1の膜101（図5に図示せず）の引張応力により、変位端B2として示す位置までZ軸方向に変位する。このとき、可動電極102の変位端B1から変位端B2までの変位距離を、たわみ量とする。なお、固定端A1は第1の実施形態に示した固定部102bに対応し、変位端B1、B2は第1の実施形態に示した可動電極102の端部に対応する。

【0059】

可動電極102のたわみ量（ μm ）は、可動電極102の長さを l （ μm ）、可動部102aの厚みを b （ μm ）、第1の膜101の厚みを d （ μm ）、可動部102aのヤング率を E （ GPa ）、第1の膜101の膜内部応力を（ MPa ）、第1の膜101のポアソン比を とすると、以下の数式（1）で表される。

【数1】

$$\delta = \sigma \times \frac{3 \times (1 - \nu) \times l \times l \times d}{E \times b \times b} \dots (1)$$

【0060】

ここで、例えば、可動電極102の長さ l を $1000\mu\text{m}$ 、可動部102aの厚み b を $30\mu\text{m}$ 、第1の膜101の厚み d を 0.2 （ μm ）、可動部102aのヤング率 E を 190 （ GPa ）、第1の膜101の膜内部応力を 1500 （ MPa ）、第1の膜101のポアソン比を 0.22 として、上記数式（1）に基づき、可動電極102のたわみ量を計算すると、たわみ量は 5.26 （ μm ）となる。このたわみ量の値では、可動電極102に負荷がかかり、可動電極102を破損させる虞がある。そこで、以下、可動部102a及び第1の膜101の各寸法を変化させ、たわみ量を計測した結果を図6に示し、図6に基づき、実用可能なたわみ量を実現する例について説明する。

【0061】

図6は、可動電極102の長さ l 、可動部102aの厚み b 、及び第1の膜101の厚み d をそれぞれ変化させた場合のたわみ量との関係を示す表である。図6において、A～Eは、可動電極102の長さ l を変化させた場合のたわみ量の測定値を示し、F～Iは、可動部102aの厚み b を変化させた場合のたわみ量の測定値を示し、J～Oは、第1の膜101の厚み d を変化させた場合のたわみ量の測定値を示している。なお、たわみ量は、上述した数式（1）により計算された値であってもよい。また、第1の膜101の膜内部応力は、A～Oのいずれの場合も、 1500MPa で一定であるものとする。可動部102aのヤング率 E 及び第1の膜101のポアソン比については、それぞれ同じ条件とする。なお、図6に示したたわみ量の比較においては可動部102aの幅 t （図5参照）を考慮しない。可動部102aの幅 t は、本実施形態では、 $10\sim 50\mu\text{m}$ 程度であればよい。

【0062】

可動電極102のたわみ量は、 $0.5\mu\text{m} < < 7\mu\text{m}$ であることが望ましく、さらに好適には、 $1\mu\text{m} < < 4\mu\text{m}$ であることが望ましい。たわみ量が $1\mu\text{m}$ 以下である場合には、可動部102aにかかる応力が弱いため、可動電極102と固定電極103aとが接触しにくくなり、可動電極102と固定電極103aとのギャップの制御が難しくなる虞がある。また、たわみ量が $4\mu\text{m}$ 以上である場合には、可動部102aにかかる応力が大きくなり、可動部102aの強度面が弱くなり、可動部102aが破損しやすくなるためである。

【0063】

図6を参照すると、好適なたわみ量として $2\mu\text{m}$ 程度を生じさせるためには、可動電極102の長さ l を変化させて計測した場合、可動部102aの厚み b が $30\mu\text{m}$ 、第1の膜101の厚み d を $0.2\mu\text{m}$ とすると、可動電極の長さ l は $600\mu\text{m}$ 程度にする必

10

20

30

40

50

要があることがわかる。また、たわみ量 を $2\ \mu\text{m}$ 程度生じさせるために、可動部 102 a の厚み b を変化させて計測した場合、可動部 102 a の長さ l が $400\ \mu\text{m}$ 、第 1 の膜 101 の厚み d を $0.2\ \mu\text{m}$ とすると、可動部 102 a の厚み b は $20\ \mu\text{m}$ 程度にする必要があることがわかる。また、たわみ量 を $2\ \mu\text{m}$ 程度生じさせるために、第 1 の膜 101 の厚み d を変化させて計測した場合、可動部 102 a の長さ l が $400\ \mu\text{m}$ 、厚み b を $30\ \mu\text{m}$ とすると、第 1 の膜 101 の厚み d は $0.4 \sim 0.6\ \mu\text{m}$ 程度にする必要があることがわかる。

【0064】

以上のように、可動部 102 a 及び第 1 の膜 101 の寸法をそれぞれ調整することにより、たわみ量 を実用的な変位量とすることを確認することができた。

10

【0065】

次に、図 7 を参照して、本発明の第 1 の実施形態に係る第 1 の膜 101 に用いられる材料及び成膜条件を詳細に説明する。図 7 は、第 1 の実施形態に係る力学量センサ 100 の第 1 の膜 101 の材料及び成膜条件を変化した場合に得られる応力値を示す表である。

【0066】

なお、第 1 の膜 101 の材料としては、ヤング率、密度、ポアソン比等が高く、金属としての安定性が高いことから、上述したように、Pt や Cr を選択することが好ましい。いずれの材料も、導電性を劣化させる酸化等に対する耐性が優れている。図 7 は、第 1 の膜 101 を Pt または Cr を用いて成膜条件を変化させて形成した場合に得られる応力値を示しており、第 1 の膜 101 が、第 1 の実施形態に係る力学量センサ 100 を実現可能な膜内部応力を有する場合、適応性の欄に を示している。なお、第 1 の膜 101 は、 $1000\ \text{MPa}$ 以上、 $2000\ \text{MPa}$ 以下の膜内部応力を有することが望ましい。第 1 の膜 101 の膜内部応力が、 $2000\ \text{MPa}$ より大きくなると、応力が高くなり、可動部 102 a を形成する膜である第 2 の膜 110 上に第 1 の膜 101 を形成した際に、膜剥がれ等を起す場合がある。なお、Pt の場合は、室温で成膜すれば数十 MPa 程度、加熱することにより、所望の膜応力を発生する性能を有しているため、成膜後、パターニング加工した後に、加熱処理 400 の処理を施してもよい。

20

【0067】

図 7 を参照すると、Pt の場合、成膜温度を室温 (RT) ではなく 400 程度とし、第 1 の膜 101 の厚みを $110\ \text{nm}$ 、 $130\ \text{nm}$ としたとき (図 7 の 4、5)、それぞれの膜内部応力が、 $1660\ \text{MPa}$ 、 $1870\ \text{MPa}$ となり、第 1 の実施形態に係る第 1 の膜 101 を実現できることがわかる。また、Cr の場合、成膜温度を室温 (RT) として、第 1 の膜 101 の厚みを $100\ \text{nm} \sim 200\ \text{nm}$ 程度に変化させた場合でも、 $1000\ \text{MPa}$ 以上、 $2000\ \text{MPa}$ 以下の膜内部応力を有する第 1 の膜 101 が形成できることがわかる。従って、第 1 の膜 101 は、Pt や Cr を用いて形成することにより、好適な膜内部応力を有することができるため、第 1 の実施形態に係る力学量センサ 100 を実現することができる。【0068】

30

【0068】

(第 2 の実施形態)

<力学量センサの構造>

40

次に、本発明の第 2 の実施形態に係る力学量センサの基本的な構造について、図 8 乃至図 11 を参照して説明する。図 8 は本発明の第 2 の実施形態に係る力学量センサ 200 の概略構造を示した断面図である。

【0069】

第 2 の実施形態に係る力学量センサ 200 は、第 1 の実施形態に係る力学量センサ 100 と比較すると、第 1 基板 104 に凹部 104 k が形成されない点、また、第 2 基板 204 に固定部電極 203 d が形成される点において異なり、力学量センサ 200 のその他の構成及び動作は、力学量センサ 100 の対応する各々の構成及び動作と同様である。従って、力学量センサ 200 は、力学量センサ 100 と同様に、第 1 基板 204 と、第 1 基板 204 上に形成された固定部 202 b と、固定部 202 b に一端部が支持されて第 1 基板

50

204 から離隔して形成された可動部 202 a、及び可動部 202 a 上に形成された第 1 の膜 201 を含む可動電極 202 と、可動電極 202 の他端部に隣接して力学量の検出方向に配置される固定電極 203 a と、固定電極 203 a が形成された第 2 基板 205 とを含む。以下では、力学量センサ 200 の構成について、力学量センサ 100 と同様の構成については、詳細な説明を省略することとする。

【0070】

図 8 に図示したように、第 2 基板 205 には、固定電極 203 a と電氣的に接続される貫通電極 203 b が形成され、貫通電極 203 b が露出する第 2 基板 205 の上面部に対応させて、貫通電極 203 b と電氣的に接続される配線用端子 203 c が形成される。また、第 2 基板 205 には、固定部電極 203 d が、固定電極 203 a の形成された面と同じ面上に形成される。固定部電極 203 d は、第 1 基板 204 上の可動電極 202 に電氣的に接続された固定部 202 b と、電氣的に接続される。なお、固定部電極 203 d は、図示したように、固定部 202 b 上に形成された導電性を有する第 1 の膜 201 に電氣的に接続されるように形成されてもよい。固定部電極 203 d は、固定電極 203 a よりも Z 軸方向の厚みが厚いものに形成する。この厚みの差により、図 8 に図示するように、第 1 基板 204 と第 2 基板 205 とを接合した後、可動電極 202 の変位範囲を確保することが可能となる。第 2 基板 205 には、固定部電極 203 d と電氣的に接続される貫通電極 203 g が形成され、貫通電極 203 g が露出する第 2 基板 205 の上面部に対応させて、貫通電極 203 g と電氣的に接続される配線用端子 203 e が形成される。配線用端子 203 c、203 e は、図示していないが、力学量センサ 200 が実装される電子機器内の力学量検出信号を処理する外部回路に接続される。

【0071】

第 1 基板 204 上に形成された可動電極 202 の端部は、第 1 基板 204 と第 2 基板 205 とを封止材 106 を介して接合することにより、第 2 基板 205 上に形成された固定電極 203 a と電氣的に接触する。なお、第 1 の実施形態と同様に、可動電極 202 は、可動部 202 a 上に形成された第 1 の膜 201 の引張応力により、Z 軸方向の上部に位置する固定電極 103 a と電氣的に接触するものとする。

【0072】

第 1 基板 204 と第 2 基板 205 とが封止材 206 を介して接合されると、第 1 基板 204 と第 2 基板 205 との間には空間 207 が形成される。この空間 207 には、力学量センサ 100 と同様に、力学量センサ 200 に印加される外力によって可動電極 202 が過度に変位することを防止するため、ダンピング材が封入されてもよい。

【0073】

上述した構成を有する本発明の第 2 の実施形態に係る力学量センサ 200 によると、外力の印加により可動電極 202 の端部が撓み、固定電極 203 a に接触した状態 (ON) から非接触の状態 (OFF) への変化を、可動電極 202 と固定電極 203 a との導通の有無で検知することができる。従って、非接触 (OFF) から接触 (ON) への変化を検出する場合と比較して、より検出感度を安定したものとすることができる。よって、本発明の第 1 の実施形態に係る力学量センサ 200 によれば、上述した簡易な構造により、後述する製造工程において生じる製造コストを低減させることができ、検出感度を向上させた力学量センサを提供することができる。

【0074】

<力学量センサの製造方法>

次に、第 2 の実施形態に係る力学量センサ 200 の製造方法について、図 9 乃至図 11 を参照して説明する。図 9 は、力学量センサ 200 の概略構造を示した平面図であり、(a) は、第 1 基板上に第 1 の膜を配置した構造を示した平面図であり、(b) は、(a) に示した第 1 基板上に封止材を配置した構造を示した平面図であり、(c) は、第 2 基板上に固定電極及び固定部電極を配置した構造を示した平面図である。図 10 は、力学量センサ 200 の第 1 基板側の断面の概略構造を示した製造工程を説明するための図であり、(a) は、図 9 (a) に示した (i) 線から見た第 1 基板上の可動電極を形成する工程を

説明するための断面図であり、(b)は、図9(a)に示した(ii)線から見た第1基板上の可動電極を形成する工程を説明するための断面図であり、(c)は、図9(a)に示した(iii)線から見た第1基板上の可動電極を形成する工程を説明するための断面図である。図11は、本発明の第2の実施形態に係る力学量センサの第2基板側の断面の概略構造を示した製造工程を説明するための図であり、(a)は加工前の第2基板を示す断面図であり、(b)は第2基板に固定部電極を形成する途中の工程を示す断面図であり、(c)は第2基板に固定部電極及び固定電極を形成する途中の工程を示す断面図であり、(d)は第2基板に固定部電極及び固定電極を形成した工程を示す断面図であり、(e)は第2基板に貫通電極を形成する途中の工程を示す断面図であり、(f)は第2基板に貫通電極及び配線用端子を形成する途中の工程を示す断面図であり、(g)は第2基板に貫通電極及び配線用端子を形成した工程を示す断面図である。

10

【0075】

(1) 半導体基板Wと第1の膜201の形成(図10(a1)~(c1)参照)

シリコン基板である第1基板204上に、BOX層(酸化シリコン)208及びシリコン膜である第2の膜210が形成された半導体基板(SOI基板)Wを用意する。半導体基板Wは、その外周が例えば2.5mm×2.5mmの略正形状であり、第2の膜210、BOX層208、第1基板204の厚さは、それぞれ10~40μm、2μm、400μmであってもよい。なお、半導体基板Wの外形、第2の膜210、BOX層208、第1基板204それぞれの厚さは、一例であり、上記に限定されるものではない。第2の膜210は、力学量センサ200の固定部202b及び可動部202aを構成する層である。BOX層208は、第2の膜210と第1基板204とを接合する層であり、かつエッチングストップ層として機能する層である。半導体基板Wは、貼り合せ法等により作製される。なお、第1の膜201は、第1の実施形態に係る第1の膜101と同様の材料及び製造方法を用いて形成され、第1の実施形態に係る第1の膜101と同様の寸法を有するものとする。そのため、詳細な説明は省略する。

20

【0076】

(2) 第2の膜210及び第1の膜201の加工(図10(a2)~(c2)参照)

図10(a1)~(c1)に示した第1の膜201上に、可動部202a及び固定部202bを加工するためのマスク(図示せず)を形成し、該マスクを介して、第1の膜201、第2の膜210、及びBOX層208をエッチングすることにより、可動部202a及び固定部202bを形成する部分を残すように図中に示す部分208kを除去する。エッチング方法として、材料に応じたエッチャントを有するドライエッチングあるいはウェットエッチングを用いることができる。なお、エッチング方法は、第1の実施形態と同様の方法を用いてもよい。そのため、詳細な説明については省略する。なお、このときの第1の膜201は、上面から見ると、図9(a)に図示した形状に形成される。また、第2の膜210についても、図9(a)に図示した第1の膜201と同様の形状に形成される。

30

【0077】

(3) BOX層208の加工(図10(a3)~(c3)、(a4)~(c4)参照)

BOX層208をサイドエッチングすることにより、可動部202a及び固定部202bが形成される位置の第2の膜210と接していたBOX層208が除去される。図9(a)に図示したように、固定部202bが形成される位置に対応する第2の膜210及び第1の膜201は、BOX層208と接している面積が、可動部202aが形成される位置のBOX層208と接している面積よりも大きいため、可動部202aが形成される位置の第2の膜210と接していたBOX層208が完全に除去されるまでエッチングしても、固定部202bと第1半導体基板104との間には必要なBOX層208が残される。これにより、図10(a4)~(c4)に図示したように、固定部202bは第1基板204から離隔させずに形成し、可動部202aは第1基板204から離隔させて形成することができる。エッチング方法としては、HF希釈(例えば、50%HFを10%に希釈する)、または、NH₄F水溶液をエッチング液として用いるウェットエッチングを挙げることができる。また、ドライエッチングによって可動部202aを第1基板204か

40

50

ら離隔させることもできる。なお、このときの第1の膜201及び可動部202aを含む可動電極202の断面形状は、図10(c4)に図示したように、第1の膜201の引張応力により可動部202aの端部が撓んで上方へ持ち上がるため、下に凸状の略円弧形状となる。また、可動電極202の上面の形状は、図9(a)に図示した第1の膜201と同様の形状となる。

【0078】

(4) 封止材206の形成(図9(b)参照)

可動電極202を形成した第2基板204上に、封止材206を形成する。このとき、封止材206は、図8及び図9(b)に図示したように、可動電極202を囲むように、フレーム形状を有して形成される。封止材206は、後述する工程において第1基板204と第2基板205とを接合させて、可動電極202の変位範囲を確保するギャップを維持する役割をする。従って、図8に図示したように、封止材206のZ軸方向の厚みは、後の工程で第1基板204と接合される第2基板205上の固定部電極203dの厚みよりも厚いものとする。なお、封止材206の材料及び製造方法については、第1の実施形態に係る封止材106と同様の材料及び製造方法を用いることができるため、詳細な説明については省略する。

【0079】

以上の工程により、可動電極202及び封止材206の形成された第1基板204が形成される。次に、図11を参照して、図8に図示した第2基板205の製造方法について述べる。

【0080】

(5) 第2基板205の形成(図11(a)及び(b)参照)

第2基板205は、第1の実施形態に係る第2基板105と同様に、ガラス基板、半導体基板、絶縁性樹脂基板等を用いてもよい。以下では、第2基板205としてガラス材料を用いる場合について説明する。図11(a)に図示するように、第2基板205上に、スパッタリング、スクリーン印刷、CVD(Chemical Vapor Deposition)法あるいは電解めっき法等を用いて導電性を有する導電材209を形成する。次に、図11(b)に図示するように、固定部電極203dに高さを加えて固定電極203aよりも高くするための凸部209aを加工するため、マスク(図示せず)を形成し、該マスクを介して導電材209をエッチングすることにより凸部209aを形成する。次に、図11(c)に図示するように、凸部209a上、及び固定電極203aの形成位置を覆うように、第2基板205上に、導電材212を形成する。導電材212は、導電材209と同様の方法で形成されてもよい。次に、図11(d)に図示するように、固定電極203aおよび固定部電極203dを加工するためのマスク(図示せず)を形成し、該マスクを介して導電材212をエッチングすることにより固定電極203aおよび固定部電極203dが形成される位置を除いた凹部212kを形成する。エッチング方法として、ドライエッチングを用いることができる。これにより、固定電極203a及び、固定電極203aよりも高さの高い固定部電極203dが形成される。

【0081】

(6) 貫通電極103b及び配線用端子103cの形成(図11(e)乃至(g)参照)

次に、図11(e)乃至(g)に図示するように、図11(d)に図示した固定電極203aおよび固定部電極203dが形成された第2基板205を反転させ、図4(c)乃至(e)に図示した製造方法と同様の方法で、図11(g)に図示したように、固定部電極203d及び固定電極203aとそれぞれ接続される配線用端子203c、203eを形成する。配線用端子203c、203eは、固定電極203a及び固定部電極203dと、第2基板205内部に形成された貫通電極203b、203gによりそれぞれ接続される。図11(e)に図示するように、固定電極203a及び固定部電極203dの形成位置に合わせて所定のマスクが形成された第2基板205に、レーザーやサンドブラスト等により貫通孔205kを形成する。図11(f)及び(g)に図示したように、この貫通孔205kの内部に、スパッタリング、導電性ペースト充填(スクリーン印刷)、C V

10

20

30

40

50

D (Chemical Vapor Deposition) 法あるいは電解めっき法等を用いて導電性を有する導電材 213 を形成し、配線用端子 203c、203e を加工するためのマスク (図示せず) を形成し、該マスクを介して導電材 213 をエッチングすることにより、貫通電極 203b、203g 及び配線用端子 203c、203e を形成してもよい。例えば、CVD 法により、貫通孔 205k の内壁に導電性不純物を含む多結晶シリコン (Poly-Si) からなる導電層を堆積させて、貫通電極 203b、203g 及び配線用端子 203c、203e を形成してもよい。導電層としては、多結晶シリコン以外に、例えば、金属材料 (Ti, Cu など) を用いてもよい。また、配線用端子 203c、203e は、貫通電極 203b、203g が露出する上面部に対応させて、貫通電極 203b、203g と電気的に接続されるように、例えば、Al からなるパターンによって形成されてもよい。これらの配線用端子 203c、203e は、力学量センサ 200 が実装される電子機器内の力学量検出信号を処理する回路に接続される。

10

【0082】

(7) 第1基板 204 と第2基板 205 との接合 (図9 (b) 及び (c) 参照)

可動電極 202 及び封止材 206 の形成された第1基板 204 (図9 (b) 参照) と、固定電極 203a 及び固定部電極 203d の形成された第2基板 205 (図9 (c) 参照) とを、封止材 206 を介して接合する。このとき、図8 に図示したように、第2基板 205 に形成された固定部電極 203d と、第1基板 204 に形成された固定部 202b 上の第1の膜 201 とが電気的に接続されるように、第1基板 204 と第2基板 205 とを位置合わせして接合する。これにより、第2基板 205 に形成された固定電極 203a と、第1基板 204 に形成された可動電極 202 の端部とが電気的に接触するように接合する。なお、上述した配線用端子 203c、203e は、第1基板 204 と第2基板 205 との接合後に、第2基板 205 に形成されてもよい。

20

【0083】

(8) ダンピング材の封入 (図8 参照)

第1基板 204 と第2基板 205 とを封止材 206 により接合した後、第1基板 204 と第2基板 205 との間の空間 207 に、ダンピング材を封入してもよい。なお、ダンピング材の材料及び製造方法は、第1の実施形態に係るダンピング材と同様であるため、詳細な説明は省略する。

30

【0084】

以上の工程により、本発明の第2の実施形態に係る力学量センサ 200 が形成される。第2の実施形態に係る力学量センサ 200 によれば、第1の実施形態に係る力学量センサ 100 と同様に、印加される外力の大きさ及び方向並びに加速度等を、可動電極 102 と固定電極 103a との接触 (ON) から非接触 (OFF) への変化を検出するように構成することができる。これにより、非接触 (OFF) から接触 (ON) への変化を検出する場合と比較して、より検出感度を向上させることが可能となる。さらに、上述した簡易な製造方法により製造することができるため、製造コストを低減させることができる。

【0085】

(第3の実施形態)

<力学量センサの構造>

40

次に、本発明の第3の実施形態に係る力学量センサの基本的な構造について、図12乃至図14を参照して説明する。図12は、第3の実施形態に係る力学量センサ 300 の概略構造を示した平面図であり、(a) は、第1基板 304 上に第1の膜 301 を配置した構造を示した平面図であり、(b) は、(a) に示した第1基板 304 上に封止材 306 を配置した構造を示した平面図であり、(c) は、第2基板 305 上に固定電極 303a-1~3 及び固定部電極 303d を配置した構造を示した平面図である。図13は、第3の実施形態に係る力学量センサ 300 の概略構造を示した断面図であり、(a) は、図12 に示した第1基板 304 と第2基板 305 とを接合した後の (i) 線から見た力学量センサ 300 の断面図であり、(b) は、図12 に示した第1基板 304 と第2基板 305 とを接合した後の (i i) 線から見た力学量センサ 300 の断面図であり、(c) は、図

50

12に示した第1基板304と第2基板305とを接合した後の(iii)線から見た力学量センサ300の断面図である。図14は、本発明の第3の実施形態に係る力学量センサ300の動作を説明するための表であり、印加される外力の方向及び大きさと、複数の可動電極302-1~3と固定電極303a-1~3との導通関係を表す表である。

【0086】

図12及び13を参照すると、第3の実施形態に係る力学量センサ300は、複数の可動電極302-1~3及び複数の固定電極303a-1~3を有する点において、第2の実施形態に係る力学量センサ200と異なり、それ以外の構成については力学量センサ200と同様の構成を有する。力学量センサ300は、第1基板304と、第1基板304上に形成された固定部302b、固定部302bに一端部が支持されて第1基板304から離隔して形成された複数の可動部302a-1~3、及び複数の可動部302a-1~3上にそれぞれ形成された第1の膜301a-1~3を含む複数の可動電極302-1~3と、複数の可動電極302-1~3の他端部に隣接して力学量の検出方向に配置される複数の固定電極303a-1~3と、複数の固定電極303a-1~3が形成された第2基板305とを含む。なお、複数の可動電極302-1~3は、図示したように1つの固定部302bに接続されてもよく、複数の固定部302b(図示せず)に接続されてもよい。複数の可動電極302-1~3は、それぞれ間隔を空けて第1基板304上に配置される。また、第2基板305には、複数の固定電極303a-1~3と、固定部電極303dと、固定電極303a-1~3及び固定部電極303dにそれぞれ電氣的に接続される配線用端子303c-1~3、303eが形成される。なお、力学量センサ300の各構成の製造方法は、力学量センサ200の各構成の製造方法と同様であるため、詳細な説明は省略する。

【0087】

<力学量センサの動作>

次に、第3の実施形態に係る力学量センサ300の動作について、図14を参照して説明する。図14は、図11及び12に図示した力学量センサ300の動作を説明するための表であり、印加される外力の方向及び大きさと、複数の可動電極302-1~3と固定電極303a-1~3との導通関係を表す表である。なお、図14に示したD1~D3は、それぞれ力学量センサ300に印加されるZ軸方向の正から負(Z軸方向に図中の上から下に向かう方向)に向かって印加される外力の方向及び大きさを表し、外力D1~D3の大きさの関係は、 $D1 < D2 < D3$ である。なお、図14では、可動電極302-1~3が固定電極303a-1~3に接触した状態を「」で示し、可動電極302-1~3が固定電極303a-1~3に接触していない状態を「」で示す。

【0088】

可動電極302-1~3は、外力が印加されない状態では、端部がそれぞれ固定電極303a-1~3と接触している。可動電極302-1は、複数の可動電極302-1~3のうち、もっとも長さが短く、Z軸方向の正から負に向かって印加される外力D1~D3のうち、もっとも小さな外力D1が印加されると、端部がZ軸の負の方向に向かって変位し、固定電極303a-1から離れる。可動電極302-2は、外力D1~D3のうち、外力D2及びD3が印加されると、端部がZ軸の負の方向に向かって変位し、固定電極303a-2から離れる。可動電極302-2よりも長さの長い可動電極302-3は、外力D1~D3が印加されると、端部がZ軸の負の方向に向かって変位し、固定電極303a-3から離れる。

【0089】

以上のように、第3の実施形態に係る力学量センサ300によれば、外力の大きさに応じて、固定電極303a-1~3と接触する可動電極302-1~3が異なるため、複数の可動電極302-1~3のうち、どの可動電極が固定電極303a-1~3に接触したかを導通の有無で検知することにより、外力の方向及び大きさを検出することができる。また、第3の実施形態に係る力学量センサ300によれば、複数の可動電極302-1~3のうち、どの可動電極が固定電極303a-1~3に接触したかを時間経過とともに導

10

20

30

40

50

通の有無で検知することにより、外力の方向及び大きさだけでなく、加速度も検出することができる。

【0090】

なお、複数の可動電極302-1~3は、図12及び図13に図示した形状に限定されず、各可動電極302-1~3の長さ、幅、厚み、及び配置される方向を、それぞれ異なるものに形成してもよい。これにより、仕様に応じて様々な外力の大きさ及び方向並びに加速度を検出することができる。

【0091】

(第4の実施形態)

<複合型力学量センサの構造>

次に、本発明の第4の実施形態に係る複合型力学量センサ400の構造について、図15を参照して説明する。図15は、本発明の第4の実施形態に係る複合型力学量センサ400の概略構造を示した図である。

【0092】

なお、「複合型力学量センサ」とは、検出方向、検出される力学量の種類、検出する力学量の測定レンジ等の異なる特性を持った2つ以上のセンサを同一基板上あるいは同一基板内に集約して1つの力学量センサとして構成したものをさす。

【0093】

図15に図示したように、同一の第3基板401上に、X軸方向の外力の方向及び大きさを検知するX軸力学量センサ400x、Y軸方向の外力の方向及び大きさを検知するY軸力学量センサ400y、Z軸方向の外力の方向及び大きさを検知するZ軸力学量センサ400zが配置される。なお、X軸力学量センサ400x、Y軸力学量センサ400y、及びZ軸力学量センサ400zは、図15においては、それぞれ力学量センサ300と同様の形状を例示しているが、この形状に限定されるものではない。しかし、以下では、X軸力学量センサ400x、Y軸力学量センサ400y、及びZ軸力学量センサ400zが、それぞれ第3の実施形態に係る力学量センサ300と同じ構成を有するものとして説明を進める。

【0094】

図15に示したX軸力学量センサ400xは、力学量センサ300と同様に、図示してはいないが、第1基板304と、第1基板304上に形成された固定部302b、固定部302bに一端部が支持されて第1基板304から離隔して形成された複数の可動部302a-1~3、及び複数の可動部302a-1~3上にそれぞれ形成された第1の膜301a-1~3を含む複数の可動電極302-1~3と、複数の可動電極302-1~3の他端部に隣接して力学量の検出方向に配置される複数の固定電極303a-1~3と、複数の固定電極303a-1~3が形成された第2基板305とを含むものとする。X軸力学量センサ400xは、X軸方向の外力の印加により可動電極302-1~3が撓むと、外力の大きさに応じて可動電極302-1~3と固定電極303a-1~3とがそれぞれ電氣的に接触していた状態から非接触の状態となるように、第3基板401上に配置される。

【0095】

従って、図15に図示するように、X軸力学量センサ400xは、可動電極302-1~3が形成された第1基板304の面がX軸方向を向くように、第3基板401上に配置されて固定される。また、Y軸力学量センサ400yについても同様に、可動電極302-1~3が形成された第1基板304の面がY軸方向を向くように、第3基板401上に配置されて固定される。Z軸力学量センサ400zについても同様に、可動電極302-1~3が形成された第1基板304の面がZ軸方向を向くように、第3基板401上に配置されて固定される。なお、第3基板401は、他の電子回路が実装されたプリント基板であってもよい。また、X軸力学量センサ400x、Y軸力学量センサ400y、及びZ軸力学量センサ400zは、それぞれ、接着剤等を用いて第3基板401上に固定されてもよい。

10

20

30

40

50

【 0 0 9 6 】

以上のような構成を有する本発明の第4の実施形態に係る複合型力学量センサ400によれば、X軸方向、Y軸方向、及びZ軸方向の外力の方向及び大きさを検出することができる。また、複数の可動電極のうち、どの可動電極が固定電極に接触したかを時間経過とともに導通の有無で検知することにより、外力の方向及び大きさだけでなく、加速度も検出することができる。なお、複合型力学量センサ400は、上述した力学量センサ100、200、300と同様の簡易な製造方法により製造することができるため、製造コストを抑えることができる。以上、第3基板401上に複数の力学量センサを配置した例について説明をしたが、MEMS技術を用いて同一基板内に領域を分けて複数の力学量センサを作製し、これらを同一チップ内に収容したタイプであってもよい。また、複数の力学量センサの組合せとしては、検出方向が異なるもの、可動部の弾性又は可撓性が異なるもの、ダンピング材の材料又は封入条件を異ならせて外力に対して応答性を異ならせたもの、等の種々の組合せを採用することが可能である。

10

【 0 0 9 7 】

(処理回路)

以下、本発明の第1乃至第4の実施形態に示した力学量センサ及び複合型力学量センサ100~400により検出される力学量検出信号を処理する処理回路の構成例について、図16を参照して説明する。

【 0 0 9 8 】

図16は、本発明の一実施形態に係る力学量センサにより検出される信号を処理する処理回路1010の回路構成を示す図である。処理回路1010は、スイッチ回路1005と検出回路1004から構成される。この処理回路1010では、力学量センサの構成をスイッチ回路1005として示している。力学量センサは、第1乃至第4の実施形態において説明したように、印加される外力に応じて複数の可動電極が複数の固定電極に対して接触する動作を行うものであるため、複数のスイッチを並列に接続したスイッチ回路1005として表すことができる。図16に示すスイッチ回路1005内の各スイッチは、固定接点1001及び1003と可動切片1002により構成される。固定接点1001は第1乃至第4の実施形態に示した固定部に対応し、可動切片1002は第1乃至第4の実施形態に示した可動電極に対応し、固定接点1003は第1乃至第4の実施形態に示した固定電極に対応する。すなわち、外力が印加されずに可動電極が固定電極に接触している状態は、各スイッチの可動切片1002の閉状態(以下、ON状態という)に対応し、外力が印加されて可動電極が固定電極に非接触となる状態は、各スイッチの可動切片1002の開状態(以下、OFF状態という)に対応する。

20

30

【 0 0 9 9 】

各スイッチの固定接点1001は力学量検出回路1004の入力段に接続され、各スイッチの固定接点1003は接地される。また、各固定接点1001と力学量検出回路1004の入力段とを接続する各ラインは、抵抗器 r を介して直流電源VCC又は交流電源VACに接続される。なお、直流電源VCCの場合、静電引力により、可動電極と固定電極とが接触したままとなるスティッキング現象を発生させる可能性があるため、交流電源VACとしてもよい。また、直流電源VCCの場合には、可動電極を固定電極と線接触又は点接触するような形状に構成し、接触面の面積を減らしてスティッキング現象を防止してもよい。この回路構成により、各スイッチの可動切片1002がON状態の場合は、力学量検出回路1004の入力段には検出信号として“Low”信号が入力される。また、各スイッチの可動切片1002がOFF状態の場合は、力学量検出回路1004の入力段には検出信号として“Hi”信号が入力される。

40

【 0 1 0 0 】

検出回路1004は、スイッチ回路1005内の各スイッチの開閉動作と同様に、外力の印加の有無に応じて非接触状態又は接触状態となる各可動電極の動作に応じて入力される“Hi”信号及び“Low”の状態を認識して、力学量センサに印加された外力の大きさ及び方向を示す力学量検出信号を出力する。

50

【0101】

なお、図示してはいないが、検出回路1004に出力される検出信号と外力の大きさの値を対応付けて記憶するメモリを用意しておき、このメモリから検出信号に対応する外力の大きさ示す値を出力させるようにしてもよい。

【0102】

以上のように、本発明の第1乃至第4の実施形態に係る力学量センサ及び複合型力学量センサ100～400によれば、増幅回路等を用いる必要がない。従って、周辺回路を簡易な構成とすることができる。これにより、電子機器に力学量センサ及び複合型力学量センサ100～700を実装するときスペースができるため、スペースを有効に活用することもでき、また、処理回路1010の製造コストを低減することができる。

10

【0103】

上述した本発明の第1乃至第4の実施形態に係る力学量センサ及び複合型力学量センサ100～400は、例えば、IC等の能動素子を搭載する回路基板上に実装され、ワイヤボンディング接続等の周知の方法および材料によって配線用端子と、電子回路基板もしくはIC等の能動素子とを接続することにより、力学量センサと電子回路とを1つの電子部品として提供することができる。この電子部品は、例えば、ゲーム機、携帯電話等のモバイル端末機等に搭載されて市場に流通することが可能である。以下に、第5の実施形態として説明する。

【0104】

(第5の実施形態)

第5の実施形態では、上述した第1乃至第4の実施形態に示した力学量センサ100～400のうちの何れか一つを力学量センサ500として搭載する電子回路基板510と、この電子回路基板510を搭載する電子機器600の例を説明する。

20

【0105】

図17は、力学量センサ500を搭載した電子回路基板510の構成例を示す斜視図である。図17において、回路基板501上に、第1乃至第4の実施形態に示した加速度センサ100～400のうちの何れか一つに対応する力学量センサ500と、ICチップ502と、が搭載され、電子回路基板510を構成している。この電子回路基板510を搭載した電子機器として携帯型情報端末600の構成例を図18に示す。

【0106】

図18は、携帯型情報端末600の構成例を示す斜視図である。図18において、携帯型情報端末600は、ディスプレイ部601と、キーボード部602と、から構成される。電子回路基板510は、キーボード部602の内部に実装されている。携帯型情報端末600は、その内部に各種プログラムを記憶し、各種プログラムにより通信処理や情報処理等を実行する機能を有する。この携帯型情報端末600では、電子回路基板510の力学量センサ500により検出される加速度をアプリケーションプログラムで利用することにより、例えば、落下時の加速度を検出して電源をオフさせる等の機能を付加することが可能になる。

30

【0107】

上記のように電子回路基板510を携帯型情報端末600に実装することにより、新たな機能を実現することができ、携帯型情報端末600の利便性や信頼性を向上させることが可能になる。なお、電子回路基板510を実装する電子機器は、上述の携帯型情報端末600に限定するものではなく、例えば、ディスプレイ、プロジェクタ、スキャナ等にも適用可能である。

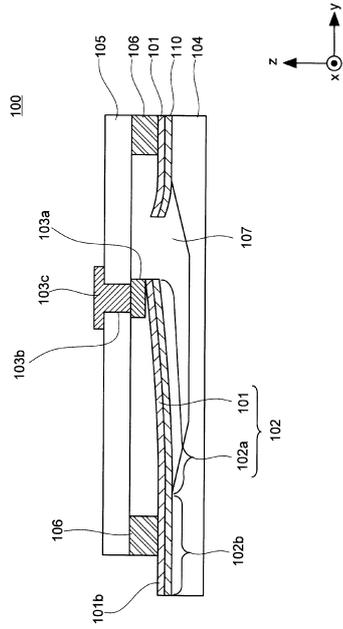
40

【符号の説明】

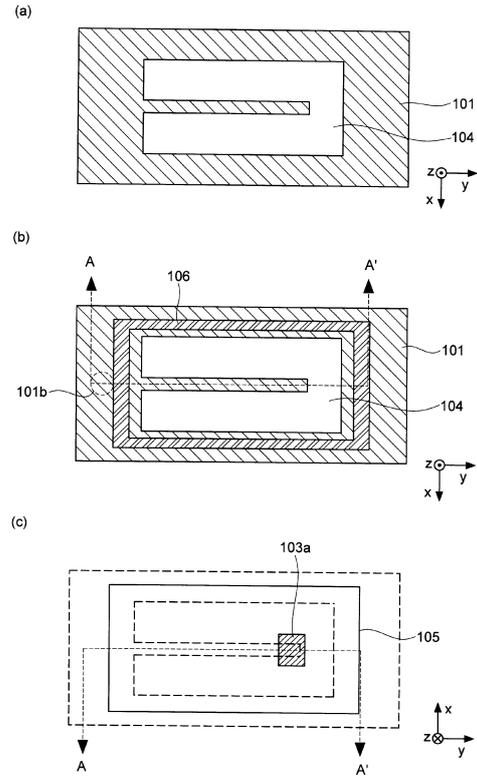
【0108】

力学量センサ...100、可動部...102a、固定部...102b、可動電極...102、固定電極...103a、第1の膜...101、第2の膜...110、第1基板...104、第2基板...105

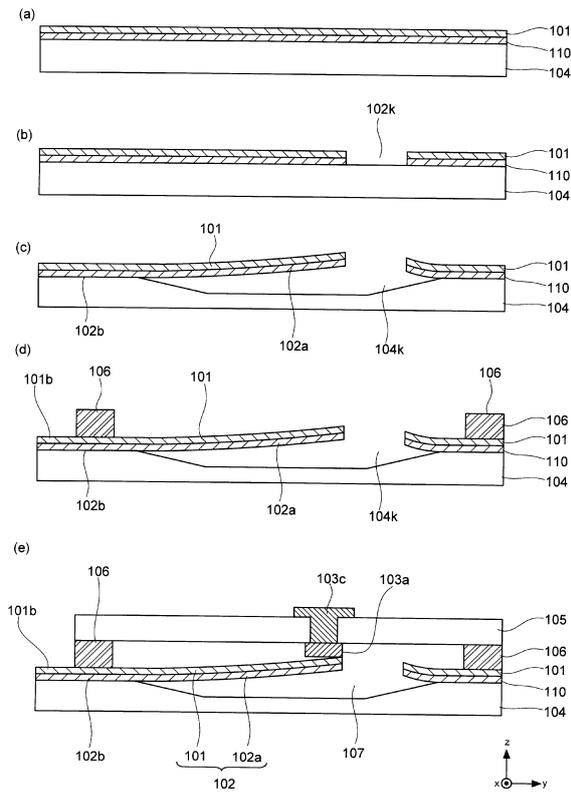
【 図 1 】



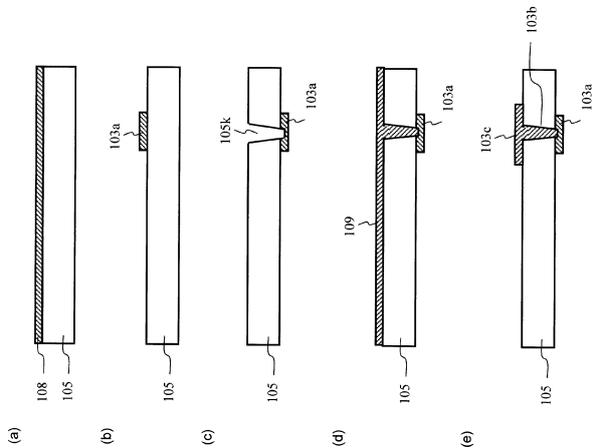
【 図 2 】



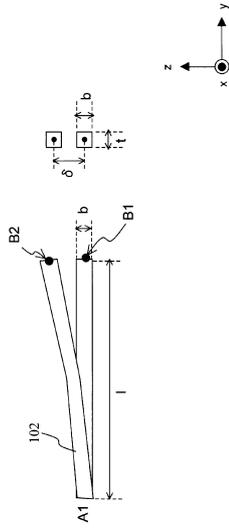
【 図 3 】



【 図 4 】



【図5】



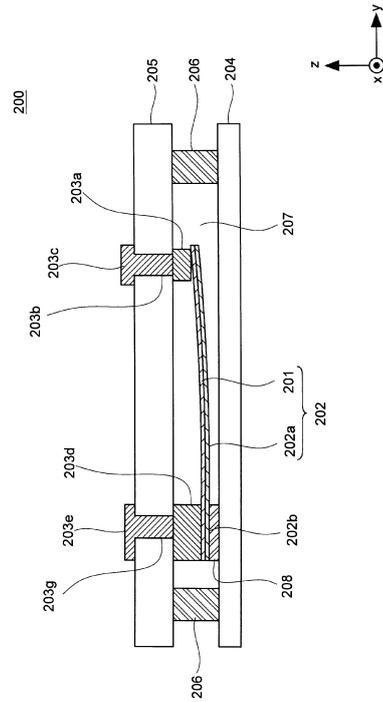
【図6】

	公差 μm	b厚み μm	a厚み μm	公差厚み μm	適合性
A	1000	30	0.2	5.26	△
B	800	30	0.2	3.37	○
C	600	30	0.2	1.89	○
D	400	30	0.2	0.84	△
E	200	30	0.2	0.21	x
F	400	40	0.2	0.47	x
G	400	30	0.2	0.84	△
H	400	20	0.2	1.89	○
I	400	10	0.2	7.58	x
J	400	30	0.1	0.42	x
K	400	30	0.2	0.84	△
L	400	30	0.4	1.88	○
M	400	30	0.6	2.53	○
N	400	30	0.8	3.37	○
O	400	30	1	4.21	△

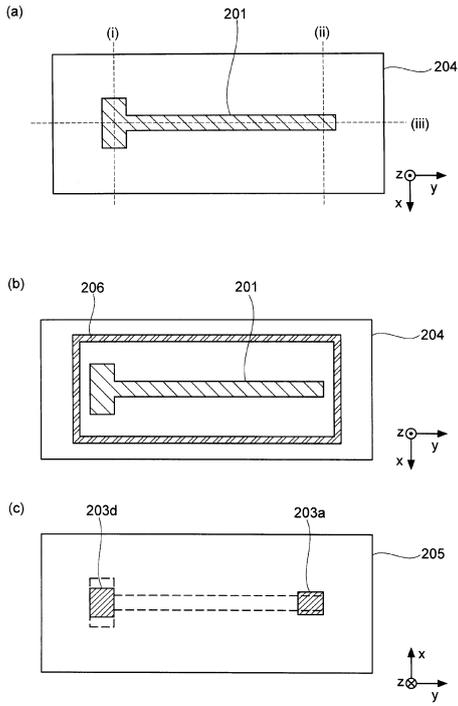
【図7】

膜種	成膜圧力 Pa	A-方之流量 sccm	成膜入口一 收率	成膜温度 ℃	膜厚 nm	膜内部応力 Mpa	適合性
1	0.50	20	3	RT	130	-780	
2	0.50	20	3	RT	620	-180	
3	0.56	45	2	RT	640	-180	
4	0.50	20	3	400	130	1660	○
5	0.56	45	2	400	110	1870	○
6	0.52	30	2	RT	110	1900	○
7	0.52	30	3	RT	150	1780	○
8	0.52	30	4	RT	190	1770	○
9	0.50	20	2	RT	100	1750	○
10	0.55	40	2	RT	100	1940	○
11	0.50	20	4	RT	200	1900	○
12	0.55	40	4	RT	200	1890	○
13	0.48	10	3	RT	150	1100	○
14	0.57	50	3	RT	170	1540	○

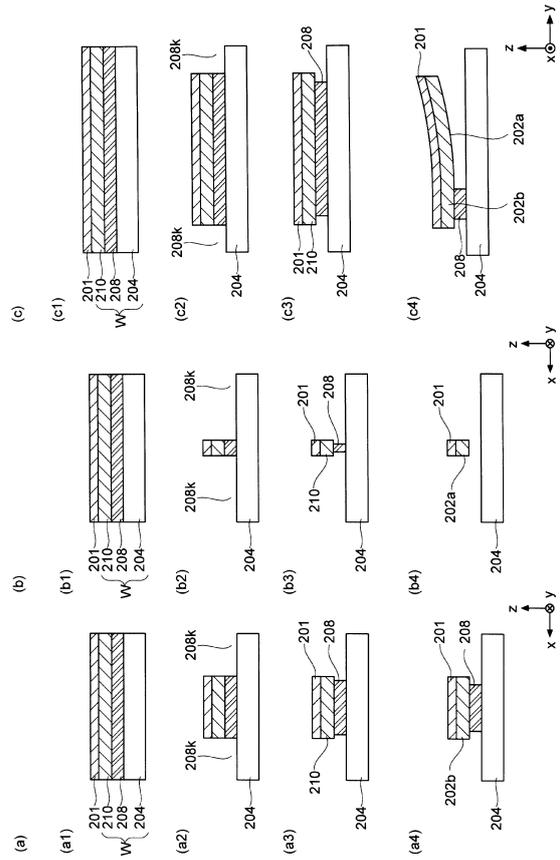
【図8】



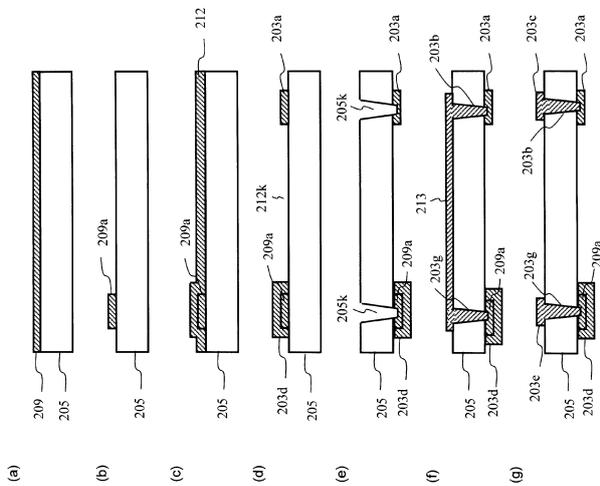
【 図 9 】



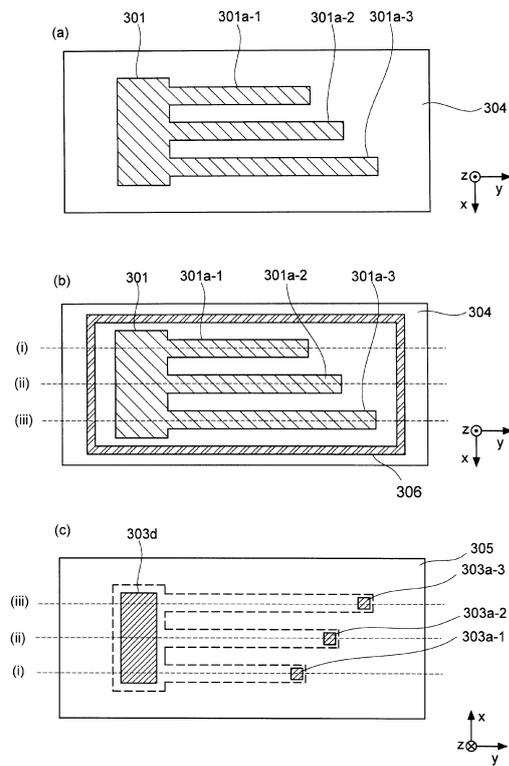
【 図 10 】



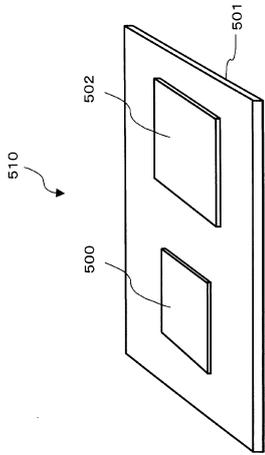
【 図 11 】



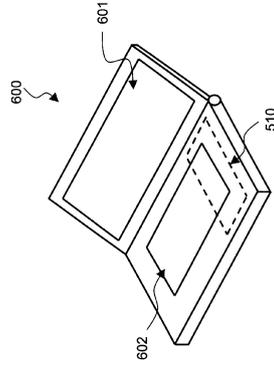
【 図 12 】



【図 17】



【図 18】



フロントページの続き

- (56)参考文献 実開平2 - 62646 (JP, U)
実開昭51 - 140682 (JP, U)
実開昭48 - 68587 (JP, U)
米国特許第4855544 (US, A)
特表2006 - 515952 (JP, A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
G01P15/00 - 15/18
H01L29/84
B81B 3/00