

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4812000号
(P4812000)

(45) 発行日 平成23年11月9日(2011.11.9)

(24) 登録日 平成23年9月2日(2011.9.2)

(51) Int.Cl.		F I	
GO 1 C	19/56	(2006.01)	GO 1 C 19/56 1 0 0
GO 1 P	15/125	(2006.01)	GO 1 P 15/125 Z
GO 1 P	15/12	(2006.01)	GO 1 P 15/12 D
HO 1 L	29/84	(2006.01)	HO 1 L 29/84 A
			HO 1 L 29/84 Z

請求項の数 5 (全 14 頁)

(21) 出願番号	特願2006-21763 (P2006-21763)	(73) 特許権者	000002325
(22) 出願日	平成18年1月31日(2006.1.31)		セイコーインスツル株式会社
(65) 公開番号	特開2007-205739 (P2007-205739A)		千葉県千葉市美浜区中瀬1丁目8番地
(43) 公開日	平成19年8月16日(2007.8.16)	(74) 代理人	100154863
審査請求日	平成20年12月9日(2008.12.9)		弁理士 久原 健太郎
		(74) 代理人	100142837
			弁理士 内野 則彰
		(74) 代理人	100123685
			弁理士 木村 信行
		(72) 発明者	江川 明
			千葉県千葉市美浜区中瀬1丁目8番地 セイコーインスツル株式会社内
		(72) 発明者	鑄田 光男
			千葉県千葉市美浜区中瀬1丁目8番地 セイコーインスツル株式会社内
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 力学量センサ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

フレームと、
 少なくとも一部が前記フレームに固定された可撓性を有する梁と、
 前記梁と接合し、電着された金属により形成され、前記梁との接合面と平行するいずれかの箇所の断面積が前記接合面の面積より大きい錘と、
 前記錘の姿勢変化を検出する姿勢検出手段と、
 前記姿勢検出手段により検出された前記錘の姿勢変化に基づいて力学量の変化を出力する出力手段と、
 を備え、

前記梁は、前記錘と接合される側の面が全面にわたって電鍍用電極で覆われてなり、
 前記錘は、前記電鍍用電極を介して前記梁と接合されていることを特徴とする力学量センサ。

【請求項2】

前記錘は、フォトリソグラフィ技術を用いて形成された母型内に電着された金属により形成されてい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】

前記錘と対向して配設された固定電極を備え、
 前記姿勢検出手段は、前記錘と前記固定電極間の静電容量の変化に基づいて前記錘の姿勢変化を検出することを特徴とする請求項1または請求項2に記載の力学量センサ。

【請求項 4】

前記梁に配設された圧電素子を備え、

前記姿勢検出手段は、前記圧電素子の回路定数の変化に基づいて前記錘の姿勢変化を検出することを特徴とする請求項 1 または請求項 2 に記載の力学量センサ。

【請求項 5】

前記フレームは、前記錘と同様の電着された金属により形成されていることを特徴とする請求項 1 から請求項 4 のいずれか一の請求項に記載の力学量センサ。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、例えば加速度や角速度などの力学量を検出する力学量センサに関する。

【背景技術】

【0002】

ビデオカメラの手ぶれ補正装置や車載用のエアバッグ装置、ロボットの姿勢制御装置などの広い分野において、物体に作用する力学量を検出するための力学量センサが用いられている。

力学量センサの 1 つに半導体型加速度センサがある。これは、MEMS（マイクロ・エレクトロ・メカニカル・システム）技術等のシリコン微細加工技術によって、可撓性を有する梁（バネ）と錘体（マス）を作製し、加速度が加わる錘体の慣性力による梁の変位を検出して加速度を検出するセンサである。

なお、梁の変位を電氣的に検出する方法としては、例えば、一方の電極を梁に設定した静電容量素子の静電容量の変化を検出する方法や、梁に固定した圧電体の抵抗値の変化を検出する方法がある。

【0003】

従来、このような加速度センサにおける感度を向上させ、個体間の精度や形状のばらつきを抑制する技術が下記の特許文献に提案されている。

【特許文献 1】特開平 11 - 211748 号公報

【0004】

特許文献 1 には、梁を構成する圧電体上にメッキにより金属層を形成し、この金属層上に電鍍法を用いて錘体やフレーム（支持体）を形成する技術が提案されている。

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

上述したような力学量センサは、錘体を厚メッキ（電鍍）により形成する際に、錘体と梁との接合部に応力が作用する。

そのため、特許文献 1 に示すような、錘体を厚メッキによって形成したセンサにおいては、応力の作用により、梁に変形（反りや撓みなど）が生じるおそれがあった。また、過度の応力が作用した場合には、錘体と梁との接合面における密着強度が確保できず、錘体の剥離が生じるおそれがあった。

また、外力により錘体の姿勢が変化し、梁に撓みや歪みが生じる際には、さらに錘が剥離するおそれがあった。

このような梁の変形や錘の剥離等は、検出誤差の要因となり、センサの検出感度（検出精度）の低下を招くおそれがあった。

【0006】

そこで本発明は、梁の変形や錘の剥離等が生じにくい力学量センサおよ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】

請求項 1 記載の発明では、フレームと、少なくとも一部が前記フレームに固定された可撓性を有する梁と、前記梁と接合し、電着された金属により形成され、前記梁との接合面

10

20

30

40

50

と平行するいずれかの箇所の断面積が前記接合面の面積より大きい錘と、前記錘の姿勢変化を検出する姿勢検出手段と、前記姿勢検出手段により検出された前記錘の姿勢変化に基づいて力学量の変化を出力する出力手段と、を備え、前記梁は、前記錘と接合される側の面が全面にわたって電鍍用電極で覆われてなり、前記錘は、前記電鍍用電極を介して前記梁と接合されていることにより前記目的を達成する。

請求項2記載の発明では、請求項1に記載の力学量センサにおいて、前記錘は、フォトリソグラフィ技術を用いて形成された母型内に電着された金属により形成されていることを特徴とする。

請求項3記載の発明では、請求項1または請求項2に記載の力学量センサにおいて、前記錘と対向して配設された固定電極を備え、前記姿勢検出手段は、前記錘と前記固定電極間の静電容量の変化に基づいて前記錘の姿勢変化を検出することを特徴とする。

請求項4記載の発明では、請求項1または請求項2に記載の力学量センサにおいて、前記梁に配設された圧電素子を備え、前記姿勢検出手段は、前記圧電素子の回路定数の変化に基づいて前記錘の姿勢変化を検出することを特徴とする。

請求項5記載の発明では、請求項1から請求項4のいずれか一の請求項に記載の力学量センサにおいて、前記フレームは、前記錘と同様の電着された金属により形成されていることを特徴とする。

【発明の効果】

【0008】

本発明によれば、錘を、梁との接合面と平行するいずれかの箇所の断面積が接合面の面積より大きい形状の厚メッキで形成することにより、梁と錘との接合面積が小さくなるため、梁と錘との接合部に作用する応力を低減させることができる。これにより、梁の変形や錘の剥離等が生じにくい力学量センサを構成することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0009】

以下、本発明の好適な実施の形態について、図1～図8を参照して詳細に説明する。

(1)実施形態の概要

本実施の形態では、可撓性を有する梁よってフレームに支持された錘の姿勢状態の変位量に基づいて錘に作用する角速度を測定する角速度センサについて説明する。

角速度センサは、可動部構造体が上部ガラス基板および下部ガラス基板によって上下方向から挟み込まれた3層構造となっている。

可動部構造体は、可撓基板、フレームおよび錘を備えている。

フレームおよび錘は、 $x - y$ 平面方向に沿って形成される可撓基板に設けられた電鍍用電極を用いて(介して)電着された金属製の厚メッキ(電鍍)からなる。

錘は、 $x - y$ 平面における切断面の面積が一樣ではなく、錘を支持する可撓基板(梁)との接合面が極力小さくなるように構成されている。

本実施の形態によれば、錘との接合面を小さくすることにより、梁の長さを十分に長く確保できるため、即ち、錘の可動範囲を広く確保できるため、また、錘の重量をより大きく構成することができるため、角速度センサの検出感度(精度)をより向上させることができる。

また、錘の電鍍面積、即ち、錘と梁(可撓基板)との接合面積を拡大させることなく錘の重量を大きくすることができるため、錘と梁との接合部に作用する応力により生じるメッキの剥離等を低減(抑制)することができる。これにより、梁と錘との密着強度(接合強度)を適切に保つことができる。

【0010】

(2)実施形態の詳細

本実施の形態に係る角速度センサは、半導体基板を加工して形成された半導体センサ素子である。なお、半導体基板の加工は、MEMS(マイクロ・エレクトロ・メカニカル・システム)技術を用いて行うことができる。

角速度センサを構成する基板における各層の積層方向と同一方向を上下方向、即ち z 軸

10

20

30

40

50

(方向)と定義する。そして、このz軸と直交し、かつ互いの軸と直交する軸をx軸(方向)及びy軸(方向)と定義する。つまり、x軸、y軸、z軸は、それぞれ互いに直交する3軸となる。

また、本実施の形態に係る角速度センサは、錘の姿勢変化を電気信号として検出するセンサ部と、検出された電気信号を処理する信号処理部(制御部)を備えている。

【0011】

図1は、本実施の形態に係る角速度センサの概略構造を示した斜視図である。

なお、図1では、角速度センサの構造をわかりやすく表現するために、各層の構造を離して表現しているが、実際は、各層が積層した状態で構成されている。

図1に示すように、角速度センサは、可動部構造体1が上部ガラス基板2および下部ガラス基板3によって上下方向から挟み込まれた3層構造となっている。

【0012】

可動部構造体1は、可撓基板10、フレーム11および錘12を備えている。

可撓基板10は、可撓性を有する板状の部材であり、この可撓基板10をエッチングすることによって、梁13および錘形成部14が形成されている。

可撓基板10は、例えば、Si(シリコン)、SUS(ステンレス鋼)材、燐青銅などの弾性(バネ性)を有する部材を用いて形成されている。

錘形成部14は、角速度センサの中央部に設けられた正方形の部位であり、梁13は、錘形成部14から放射方向に(フレーム11の方向に)十字方向に延びる4つの帯状の部材である。

可撓基板10の下面(下部ガラス基板3との対向面)には、フレーム11および錘12を電鍍形成(電着形成)するための電鍍用電極15が設けられている。

なお、電鍍用電極15は、例えば、Cr/Au(クロム/金)を用いて形成されている。

後述する錘12やフレーム11を形成する際の電圧の印加は、電鍍用電極15の外縁部(周縁部)から行う。

なお、可撓基板10が金属などの導体であり、かつ電鍍形成した際の接合強度が十分に確保できる場合には、電鍍用電極15を設けずに構成するようにしてもよい。

【0013】

フレーム11は、錘12を囲むように可動部構造体1の周縁部に設けられた中空状の固定部であり、可動部構造体1の枠組みを構成する。このフレーム11、上部ガラス基板2および下部ガラス基板3によって、角速度センサのハウジング(外装体)が構成されている。

錘12は、大小の直方体からなる錘部120aおよび錘部120bを重ね合わせた、z軸方向の断面が凸字(逆T字)状の部材である。

錘部120bは、錘部120aより大きい端面を有し、その端面の中央部に錘部120aが連続形成されている。

錘12の上端面(小さい方の端面)は、電鍍用電極15を介して錘形成部14に接合されている。

【0014】

図2(a)は、可動部構造体1におけるフレーム11および錘12を上部ガラス基板2側から見た平面図を示す。

錘12の底端面、即ち錘部120bの底面の面積は、少なくとも錘12の上端面、即ち、錘部120aにおける梁13との接合面の面積より大きくなるように構成されている。

このように錘12は、4つの梁13によってフレーム11の中空部に固定(支持)された質量体であり、梁13の作用により、外部より加わる力により振動させたり、擦れる動きが可能となっている。錘12は、導電性を有し、その底面は可動電極として機能する。

【0015】

下部ガラス基板3には、錘12を振動駆動させるための駆動電極30が中央部に配設されている。

また、下部ガラス基板 3 には、錘 1 2 の姿勢を検出するための固定電極 3 1 ~ 3 4 が駆動電極 3 0 を取り囲むように配設されている。

固定電極 3 1 ~ 3 4 は、台形形状をしており、平行をなす辺の短い方が、駆動電極 3 0 の中心方向に向くように配設されている。

これらの固定電極 3 1 ~ 3 4 における、対向する固定電極同士、即ち中央を挟んで反対側に位置する電極同士が対となり、錘 1 2 の姿勢状態の各軸方向成分を検出し、検出結果に基づいて x 軸および y 軸回りに作用する角速度が検出される。

詳しくは、固定電極 3 2 および固定電極 3 4 を用いることにより第 1 検出軸 (x 軸) 回りの角速度が検出され、固定電極 3 1 および固定電極 3 3 を用いることにより第 2 検出軸 (y 軸) 回りの角速度が検出される。

10

【 0 0 1 6 】

図 2 (b) は、角速度センサにおける中心を通る x 軸に沿った断面を示した図である。

図に示すように、可撓基板 1 0 の上面 (上部ガラス基板 2 との対向面) と上部ガラス基板 2 との間には、錘 1 2 を可動にするための可動隙間 1 6 が形成されている。上部ガラス基板 2 は、この可動隙間 1 6 を封止するように接合されている。

なお、上部ガラス基板 2 と可動部構造体 1、下部ガラス基板 3 と可動部構造体 1 の接合は、例えば、接合面に Cr (クロム) などのアンカーメタル (下地金属) と Au (金) を積層させて接合する共晶接合等を用いて行う。

可撓基板 1 0 の下面 (下部ガラス基板 3 との対向面) および錘 1 2 の底面即ち下面 (下部ガラス基板 3 との対向面) と下部ガラス基板 3 との間、さらに錘 1 2 の周部においても、錘 1 2 を可動にするための可動隙間 1 7 が形成されている。下部ガラス基板 3 は、この可動隙間 1 7 を封止するように接合されている。なお、可動隙間 1 6、1 7 は、真空状態とすることで、錘 1 2 が動作する際の空気抵抗を低減することが可能である。

20

【 0 0 1 7 】

なお、下部ガラス基板 3 には、図示されていないが、駆動電極 3 0 および固定電極 3 1 ~ 3 の電位、即ち角速度センサのセンサ部 (検出部) で検出される信号をセンサ部の外部へ引き出すための電極パッドが設けられている。

電極パッドは、下部ガラス基板 3 の厚み方向に貫通するスルーホールの内周壁に設けられた引き出し線を介して各電極と接続されている。

また、可撓基板 1 0 の外縁部には、可動電極として機能する錘 1 2 の電位 (検出信号) をセンサの外部へ引き出すための電極パッドが設けられている。

30

そして、これらの電極パッドは、図示しない信号処理部 (制御部) 内の C / V 変換回路へ接続されている。

【 0 0 1 8 】

次に、このように構成される角速度センサのセンサ部における動作を説明する。

本実施の形態に係る角速度センサは、図 1 に示すように、錘 1 2 を上下方向 (z 軸方向) に一次振動させ、この振動運動をしている錘 1 2 にコリオリ力を生じさせることによって、第 1 検出軸 (x 軸) および第 2 検出軸 (y 軸) 回りに加わる角速度を検出する方式を用いている。

詳しくは、駆動電極 3 0 と可動電極 (錘 1 2) との間交流電圧を印加し、これらの電極間に働く静電力の作用を用いて錘 1 2 を上下方向 (z 軸方向) に振動させる。

40

【 0 0 1 9 】

錘 1 2 を上下振動させるために印加する交流電圧の周波数、即ち錘 1 2 の振動周波数は、例えば、錘 1 2 が共振振動する 3 k H z 程度の共振周波数 f に設定されている。このように、錘 1 2 を共振周波数 f で振動させることにより錘 1 2 の大きな変位量を得ることができる。

この速度 v で振動している質量 m の錘 1 2 の周りに角速度 ω が加わると、錘 1 2 の中心には、 $F = 2 m v \omega$ のコリオリ力が錘 1 2 の運動方向に対し直交する方向に発生する。

このコリオリ力 F が発生すると、錘 1 2 にねじれが加わり錘 1 2 の姿勢が変化する。即

50

ち、錘 1 2 の振動の運動方向と直交する面に対して、錘 1 2 が傾く。この錘 1 2 の姿勢の変化（傾き、ねじれ量）を検出することによって、作用する角速度の向きや大きさを検出するようになっている。

【 0 0 2 0 】

図 2 (c) は、錘 1 2 の姿勢が変化した状態を示した図である。

例えば、錘 1 2 の第 2 検出軸（ y 軸）回りに角速度が作用してコリオリ力が発生し、図 2 (c) に示すように、錘 1 2 の姿勢が x 軸に対して傾くと、固定電極 3 1、3 3 と可動電極（錘 1 2）との距離が変化する。

詳しくは、固定電極 3 3 と可動電極との間の距離が小さくなり、一方、固定電極 3 1 と可動電極との間の距離が大きくなる。

このような、電極間の距離の変化は、電極間の静電容量の変化として現れるため、固定電極 3 1、3 3 と可動電極との間の静電容量の変化に基づいて、錘 1 2 の姿勢変化を電気的に検出することができる。

【 0 0 2 1 】

電極間の距離の変化、即ち電極間の静電容量の変化は、図示しない信号処理部（制御部）における C / V 変換回路を用いて電気的に検出することができる。

信号処理部では、検出された錘 1 2 の姿勢の変化（傾斜方向、傾斜度合い等）に基づいて、発生したコリオリ力 F を検出する。そして、検出されたコリオリ力 F に基づいて、角速度を算出（導出）する。つまり、この信号処理部において、錘 1 2 の姿勢の変化量が角速度に変換される。

ここでは、錘 1 2 の第 2 検出軸（ y 軸）回りに角速度が作用した場合について説明したが、錘 1 2 の第 1 検出軸（ x 軸）回りに角速度が作用した場合についても同様に、固定電極 3 2、3 4 と可動電極間の距離の変化に基づいて錘 1 2 の姿勢変化を検出することにより、作用する角速度を測定することができる。

【 0 0 2 2 】

次に、本実施の形態に係る角速度センサにおける可動部構造体 1 の製造方法について説明する。

図 3 ~ 5 は、本実施の形態に係る角速度センサにおける可動部構造体 1 の製造工程を示した図である。なお、図 3 ~ 5 では、各工程における正面図、および正面図の A - A 部における断面図を示す。

はじめに、図 3 (a) に示すように、可撓基板 1 0 に補強基板 2 0 を固着させ、可動部構造体 1 製造時における可撓基板 1 0 の強度を確保する。

【 0 0 2 3 】

補強基板 2 0 は、形成する可動部構造体 1 と同等または大きいサイズの、例えば、シリコン基板、ガラス基板、S U S 基板など表面が平滑で剛性の高い部材によって構成されている。

ここでは、補強基板 2 0 を接合することによって可撓基板 1 0 に強度を持たせるようにしているが、S O I（シリコン・オン・インシュレータ）基板を用いて可撓基板 1 0 と補強基板 2 0 を構成するようにしてもよい。詳しくは、S O I 基板における活性層を可撓基板 1 0 として用い、支持層を補強基板 2 0 として用いる。

なお、このように S O I 基板を用いた場合には、可撓基板 1 と補強基板 2 0 との間（境界）に接着層（B O X 酸化膜層）が配設される。

【 0 0 2 4 】

次に、図 3 (b) に示すように、可撓基板 1 0 にエッチング等で抜き加工を施すことによって、梁 1 3 および錘形成部 1 4 を形成する。

なお、可撓基板 1 0 に接合する補強基板 2 0 は、可撓基板 1 0 に梁 1 3 および錘形成部 1 4 を形成した後に接合するようにしてもよい。

続いて、図 3 (c) に示すように、可撓基板 1 0 の片面に 1 層目の電極、即ち、電鍍用電極 1 5 を形成する。

この電鍍用電極 1 5 は、可動部構造体 1 におけるフレーム 1 1 および錘 1 2 を電鍍法に

10

20

30

40

50

より形成する際の導電層として機能する部位であり、例えば、表面活性化後に無電解メッキ膜を形成したり、CrとAuを真空蒸着（積層）やスパッタリングなどの手法を用いることによって形成することができる。なお、Auの蒸着前に成膜されるCrは、密着性を向上するための下地として機能する。

【0025】

次に、図3(d)に示すように、電鍍用電極15の表面にフォトレジスト（感光性樹脂）を均一の厚さに塗布して1層目レジスト22を形成する。

なお、フォトレジスト材（レジスト材）としては、ここでは、ネガ型レジストを用いた例を示している。また、実際には、このレジスト塗布後にレジストを効果させるための加熱処理（バーク処理）などを実施するが、ここではその説明を省略する。

液体のレジスト材を用いて1層目レジスト22を形成する場合、可撓基板10の抜き部分においてレジスト表面に段差が生じる可能性がある。このようにレジスト表面に段差が生じる場合には、ドライフィルム型のレジスト材を貼り付けて1層目レジスト22を形成するようにしてもよい。

【0026】

1層目レジスト22を形成した後、図3(e)に示すように、1層目マスク23を合わせた状態で紫外線を照射して1層目の露光処理を施し、1層目マスク23のパターンを転写する。

なお、1層目マスク23のパターンは、フレーム11の形成領域に配置されたパターンと錘部120aの形成領域に配置されたパターンからなる。

1層目マスク23のパターンの転写が終了した後、図4(a)に示すように、前工程において紫外線に感光した領域（露光領域）に2層目電極24を形成する。

2層目電極24も電鍍用電極15と同様に、例えば、表面活性化後の無電解メッキ膜を形成したり、CrとAuを真空蒸着（積層）やスパッタリングなどの手法を用いることによって形成することができる。

【0027】

次に、図4(b)に示すように、2層目電極24および1層目レジスト22の表面にフォトレジストを塗布して2層目レジスト25を形成する。

なお、2層目レジスト25は、フォトレジスト塗布後の表面の高さが均一（平坦）になるように形成する。

2層目レジスト25を形成した後、図4(c)に示すように、2層目マスク26を合わせた状態で紫外線を照射して2層目の露光処理を施し、2層目マスク26のパターンを転写する。

なお、2層目マスク26のパターンは、フレーム11の形成領域に配置されたパターンと錘部120bの形成領域に配置されたパターンからなる。

【0028】

2層目マスク26のパターンの転写が終了した後、図4(d)に示すように、1層目マスク23および2層目マスク26により感光しなかった部位（未露光部）のレジストを溶剤で溶かし、現像処理を施す。

現像処理が終了した後、図5(a)に示すように、露光部の残ったレジスト領域を母型として電鍍処理を施す。

ここでは、母型の内部に電鍍用電極15および2層目電極24を陰極として、金属を厚く電着させる。即ち、母型の内部に厚メッキ27を形成する。

【0029】

詳しくは、電着開始時には、電鍍用電極15の表面から、母型内に金属が電着される。なお、この時点では2層目電極24は通電されていないため、その表面には電着されない。

その後、電鍍用電極15の領域のみ電着が進み、2層目電極24の高さまで達すると、電着された金属を介して、電鍍用電極15と2層目電極24が導通される。すると、2層目電極24の表面からも電着される。

10

20

30

40

50

その結果、電鍍用電極 1 5 と 2 層目電極 2 4 部分での金属の厚み（高さ）がほぼ揃った状態で電着が進められる。

なお、電着させる金属（電鍍材）は、例えば、Ni（ニッケル）、Cu（銅）、Fe（鉄）、Au（金）やこれらの合金などを用いる。

【0030】

次に、図 5（b）に示すように、厚メッキ 2 7 の母型からはみ出した部位を削り、表面の凹凸を平坦化する研磨処理を行う。この厚メッキ 2 7 の研磨処理には、例えば、CMP（化学的機械的研磨）法を用いて行う。

CMP 法とは、シリカ粒子を含む液状のスラリー（研磨液）を流しながら、スピンドルに張り付けた基板の表面を、回転テーブルに表面の研磨パッドを接触させて研磨する研磨方法である。

10

そして、厚メッキ 2 7 の研磨処理が終了した後、図 5（c）に示すように、母型、即ち露光部の残ったレジスト領域を溶剤で溶かし除去する。

【0031】

最後に図 5（d）に示すように、補強基板 2 0 を可撓基板 1 0 から除去する。

補強基板 2 0 が WAX 等で可撓基板 1 0 に固定（接合）されている場合には、加熱処理や有機溶剤等を用いて除去する。

また、補強基板 2 0 が SOI 基板の支持層で形成されている場合には、支持層をエッチング処理により除去する。

なお、補強基板 2 0 を除去する際に、厚メッキ 2 7（構造体）に対して応力などによるダメージが懸念される場合には、母型を除去処理の前に補強基板 2 0 の除去処理を行うようにしてもよい。

20

本実施の形態では、レジストは全てネガ型のものを使用したが、ポジ型のものを使用するようにしてもよい。この場合は、マスクは全て、図示したものと反転したパターンとなる。ネガ型、あるいはポジ型レジストのどちらかを使用するかは、レジストの成膜条件や転写の精度などに起因するが、それぞれ最適なものを選択することが可能である。

【0032】

また、実際の角速度センサの製造時には、1 枚の大きな基板を用いて多数個取り（バッチ処理）を施すため、個々のセンサを切り出すダイシング処理の工程が必要となる。

なお、個々のチップに分割するためのダイシング処理は、最初の可撓基板 1 0 のパターンニング時に行うようにしても、また、母型の内部に厚メッキ 2 7 を形成した後や、母型（レジスト領域）を除去した後に行うようにしてもよい。

30

本実施の形態に係る角速度センサでは、はじめに可撓基板 1 0 に梁 1 3 を形成するように構成されているが、梁 1 3 を形成するタイミング（時期）は、これに限定されるものではない。

例えば、梁 1 3 の形成（可撓基板 1 0 の抜き加工）は、補強基板 2 0 を除去した後に、電鍍構造体、即ち、錘 1 2 およびフレーム 1 1 の形成面の裏面から行うようにしてもよい。この場合には、梁 1 3 を形成した後に、母型（レジスト領域）を除去することが好ましい。

【0033】

40

このように、本実施の形態によれば、梁 1 3 の長さを十分に確保しつつ、錘 1 2 の重量をより大きく構成することができるため、角速度センサの検出感度（精度）をより向上させることができる。

錘 1 2 と梁 1 3 との接合部に作用する応力は、接合面積、即ち、電鍍面積が広いほど大きくなる傾向にある。これは、可撓性を有する梁 1 3 との接触面積が大きいほど、接触（接合）領域における梁 1 3 の変形量も大きくなるためである。その結果、梁 1 3 全体が大きく変形し、梁 1 3 の剛性や、各電極間の静電容量値（あるいは圧電抵抗値）が、本来必要とされる設計値に対する差となって現れ、角速度センサ出力に対する検出誤差やばらつきの要因となってしまう。また、過度の応力が作用する場合、錘 1 2 が梁 1 3 から剥離する可能性もある。

50

【 0 0 3 4 】

しかしながら、本実施の形態によれば、錘 1 2 の電鍍面積、即ち、錘 1 2 と梁 1 3 (可撓基板 1 0) との接合面積を拡大させることなく錘 1 2 の重量を大きくすることができるため、錘 1 2 と梁 1 3 との接合部に作用する応力により生じる梁 1 3 の変形や錘 1 2 (メッキ) の剥離が生じる可能性を低減 (抑制) することができる。

即ち、錘 1 2 と梁 1 3 (可撓基板 1 0) との接合部を小さく構成することにより、従来のセンサより、錘 1 2 と梁 1 3 との接合部に作用する応力の影響を抑えることができるため、梁 1 3 の変形や錘 1 2 (メッキ) の剥離を低減 (抑制) することができる。

さらに、検出用の可動電極として機能する錘 1 2 の底面 (錘部 1 2 0 b の底部) の面積を大きくすることができるため、角速度センサの検出感度 (精度) をより向上させることができる。

10

【 0 0 3 5 】

(変形例)

変形例では、錘 1 2 の姿勢変化の検出を圧電抵抗素子を用いて行う角速度センサについて説明する。

図 6 は、変形例に係る角速度センサの概略構成を示した断面図である。

なお、ここでは、上述した実施形態に示す角速度センサと同様の構成を有する部位には同じ符号を付して説明を省略し、異なる構成についてのみ説明する。

図 7 は、変形例に係る角速度センサにおける可撓基板 1 0 の平面図を示す。

図 7 (a) に示すように、可撓基板 1 0 における梁 1 3 の形成部位の表面 (下部ガラス基板 3 との対向面) には、梁 1 3 自身の変形を検出する検出素子である圧電抵抗 $R_x 1$ 、 $R_x 2$ 、 $R_y 1$ 、 $R_y 2$ 、 $R_z 1$ 、 $R_z 2$ が所定の向きに形成されている。

20

なお、可撓基板 1 0 をシリコン基板で構成した場合、これらの圧電抵抗 $R_x 1$ 、 $R_x 2$ 、 $R_y 1$ 、 $R_y 2$ 、 $R_z 1$ 、 $R_z 2$ は、可撓基板 1 0 にイオン注入等の処理を施すことにより直接作り込むことができる。

【 0 0 3 6 】

また、図 7 (a) に示すように、圧電抵抗 $R_x 1$ と $R_x 2$ 、 $R_y 1$ と $R_y 2$ 、 $R_z 1$ と $R_z 2$ は、それぞれ対になるように、対置する梁 1 3 上に設けられている。

上述した角速度センサと同様に、速度 v で振動している質量 m の錘 1 2 の周りに角速度が加わると、錘 1 2 の中心には、“ $F = 2 m v$ ” のコリオリ力が錘 1 2 の運動方向に

30

対し直交する方向に発生する。

このコリオリ力 F が発生すると、錘 1 2 にねじれが加わり錘 1 2 の姿勢が変化する。即ち、錘 1 2 の振動の運動方向と直交する面に対して、錘 1 2 が傾く。

【 0 0 3 7 】

この錘 1 2 の姿勢に伴い、錘 1 2 を支持する梁 1 3 に機械的変形が生じる。梁 1 3 に変形が生じると、圧電抵抗 $R_x 1$ 、 $R_x 2$ 、 $R_y 1$ 、 $R_y 2$ 、 $R_z 1$ 、 $R_z 2$ の抵抗値に変化が生じる。

そして、各軸方向における圧電抵抗の抵抗値の変化に基づいて、錘 1 2 の姿勢の変化 (傾き、ねじれ量) を検出し、これらの検出結果に基づいて、作用する角速度の向きや大きさを出力する。

40

なお、図 6 に示す変形例では、上述したセンサと異なり、 z 軸方向の錘 1 2 の変位 (梁 1 3 の撓み) を検出するための $R_z 1$ および $R_z 2$ が設けられている。これは、錘 1 2 の z 軸方向に対する振動状態 (振幅) を一定に保つ制御を行う際に用いられる。上述したセンサにおいても、錘 1 2 の z 軸方向の変位を検出するための電極を設けることにより、同様の機能を付加することができる。

【 0 0 3 8 】

錘 1 2 に作用する外力の x 軸方向成分は、圧電抵抗 $R_x 1$ 、 $R_x 2$ の抵抗値の変化に基づいて算出される。同様に、錘 1 2 に作用する外力の y 軸方向成分は、圧電抵抗 $R_y 1$ 、 $R_y 2$ の抵抗値の変化に基づいて算出され、 z 軸方向成分は、圧電抵抗 $R_z 1$ 、 $R_z 2$ の抵抗値の変化に基づいて算出される。

50

また、図7(a)に示すように、可撓基板10の外縁部には、圧電抵抗 $R \times 1$ 、 $R \times 2$ 、 $R y 1$ 、 $R y 2$ 、 $R z 1$ 、 $R z 2$ をセンサの外部に設けられた信号処理部(制御部)に接続するための、即ち、検出信号をセンサの外部へ引き出すための電極パッド41が設けられている。

なお、電極パッド41は、Al(アルミニウム)等の金属からなる。

【0039】

そして、図7(b)に示すように、圧電抵抗 $R \times 1$ 、 $R \times 2$ 、 $R y 1$ 、 $R y 2$ 、 $R z 1$ 、 $R z 2$ 、配線パターンおよび電極パッド41が形成された可撓基板10の表面(下部ガラス基板3との対向面)には、圧電抵抗 $R \times 1$ 、 $R \times 2$ 、 $R y 1$ 、 $R y 2$ 、 $R z 1$ 、 $R z 2$ を絶縁保護するための絶縁層40が形成されている。

10

絶縁層40は、電極パッド41の形成領域を避けた部分に、表面が平坦に成るように形成されている。

なお、絶縁層40は、例えば、 SiO_2 (酸化シリコン)等の絶縁物からなる。

さらに、図7(c)に示すように、絶縁層40の表面(下部ガラス基板3との対向面)には、フレーム11および錘12を電鍍形成(電着形成)するための電鍍用電極15'が設けられている。

なお、電鍍用電極15を介してフレーム11および錘12を電鍍形成(電着形成)する方法は、上述した角速度センサと同様であるため説明を省略する。

【0040】

また、上述した角速度センサ(変形例を含む)では、4つの梁13を介して錘12を支持するように構成されているが、錘12の支持方法はこれに限定されるものではない。

20

例えば、錘12を可動な状態に支持することができる程度に十分な可撓性を有する部材によって可撓基板10が構成されている場合には、梁13を設けないダイアフラム構造を用いるようにしてもよい。

さらに、本実施の形態では、力学量センサの一例として2軸検出型の角速度センサを用いて説明したが、力学量センサは、これに限定されるものではない。例えば、 x 軸、 y 軸、 z 軸方向に働く加速度を検出することができる加速度センサや、 x 軸方向に働く加速度のみを検出する1軸型センサや x 軸および y 軸方向に働く加速度を検出する2軸型センサであってもよい。

なお、加速度センサを構成する場合、錘の一次振動のための駆動手段が不要となる。

30

【0041】

また、上述した角速度センサ(変形例を含む)では、図3(c)や図7(c)に示すように、梁13の領域にも電鍍用電極15が形成されている。

電鍍用電極15による可撓基板10(梁13)に作用する応力が十分に小さい場合には、このように可撓基板10の全面に渡って電鍍用電極15を形成するようにしてもよい。

しかしながら、電鍍用電極15'の応力が大きい場合には、可撓基板10(梁13)の撓みを抑制(防止)するために、図8(a)および(b)に示すようにパターンニング処理(マスキング処理)を施すことが好ましい。

詳しくは、図8(a)および(b)に示すように錘12の形成領域(電鍍領域)、およびフレーム11の形成領域(電鍍領域)にのみ電鍍用電極15'を形成する。

40

なお、電鍍用電極15は、錘12を電鍍形成するための母型を形成する際のマスク(1層目マスク23)のズレ量を考慮して、電鍍面積よりも若干大きめに形成することが好ましい。

【0042】

また、可撓基板10が半導体または不導体により構成されている場合には、図8(a)および(b)に示すように、電鍍用電極15'における錘12の形成領域とフレーム11の形成領域とを配線パターン18を介して電氣的に接続するようにする。

なお、図8(a)および(b)では、4つの梁13の一部にのみ配線パターン18を設けるように示してあるが、梁13の可撓性バランスを考慮して、全ての梁13に均等に配線パターン18を設けるようにしてもよい。配線パターン18の形成領域(配設面積)は

50

、極力小さくすることが望ましい。

【図面の簡単な説明】

【0043】

【図1】本実施の形態に係る角速度センサの概略構造を示した斜視図である。

【図2】(a)は可動部構造体におけるフレームおよび錘を上部ガラス基板側から見た平面図を示し、(b)は角速度センサにおける中心を通るx軸に沿った断面を示し、(c)は錘の姿勢が変化した状態を示した図である。

【図3】本実施の形態に係る角速度センサにおける可動部構造体の製造工程を示した図である。

【図4】本実施の形態に係る角速度センサにおける可動部構造体の製造工程を示した図である。 10

【図5】本実施の形態に係る角速度センサにおける可動部構造体の製造工程を示した図である。

【図6】変形例に係る角速度センサの概略構成を示した断面図である。

【図7】変形例に係る角速度センサにおける可撓基板の平面図である。

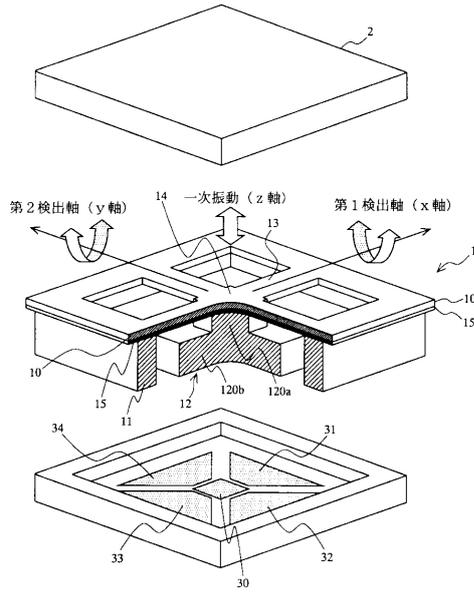
【図8】電鍍用電極の形成例を示した図である。

【符号の説明】

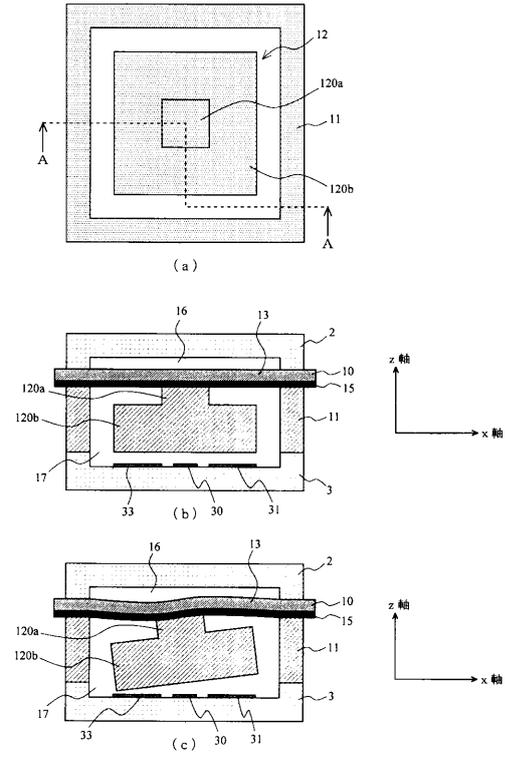
【0044】

- | | | |
|---------|---------|----|
| 1 | 可動部構造体 | |
| 2 | 上部ガラス基板 | 20 |
| 3 | 下部ガラス基板 | |
| 10 | 可撓基板 | |
| 11 | フレーム | |
| 12 | 錘 | |
| 13 | 梁 | |
| 14 | 錘形成部 | |
| 15 | 電鍍用電極 | |
| 16 | 可動隙間 | |
| 17 | 可動隙間 | |
| 18 | 配線パターン | 30 |
| 20 | 補強基板 | |
| 22 | 1層目レジスト | |
| 23 | 1層目マスク | |
| 24 | 2層目電極 | |
| 25 | 2層目レジスト | |
| 26 | 2層目マスク | |
| 27 | 厚メッキ | |
| 30 | 駆動電極 | |
| 31 ~ 34 | 固定電極 | |
| 40 | 絶縁層 | 40 |
| 41 | 電極パッド | |
| 120a | 錘部 | |
| 120b | 錘部 | |

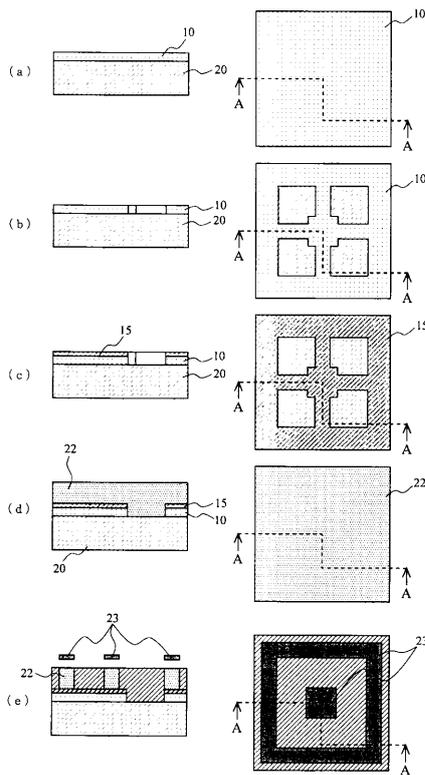
【図1】



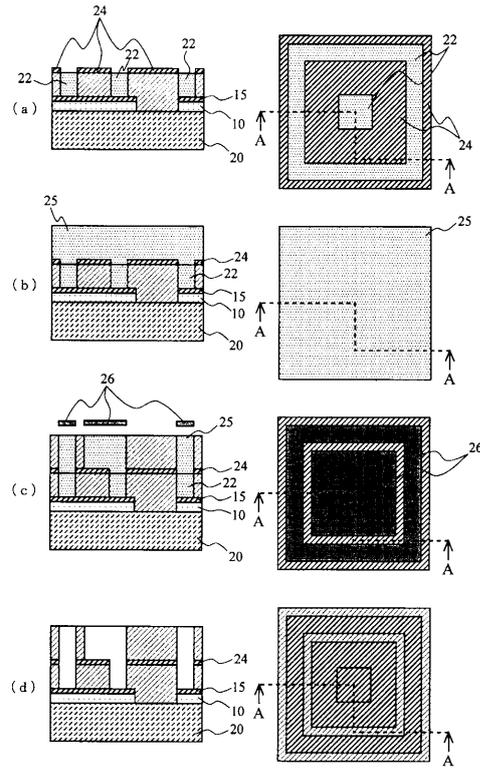
【図2】



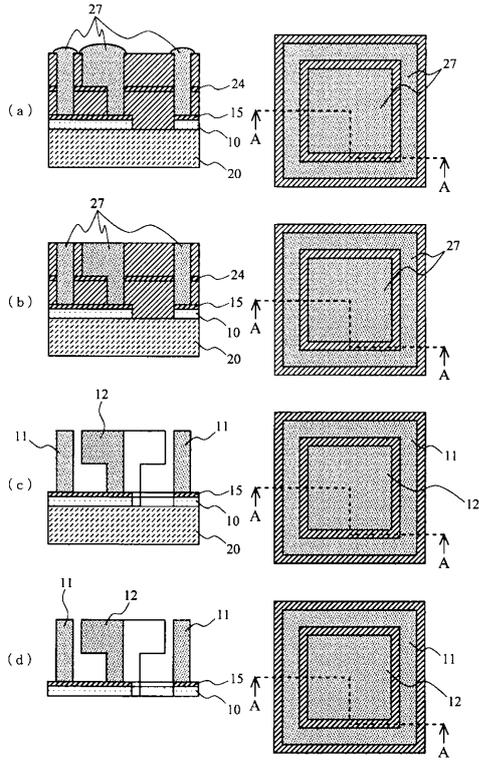
【図3】



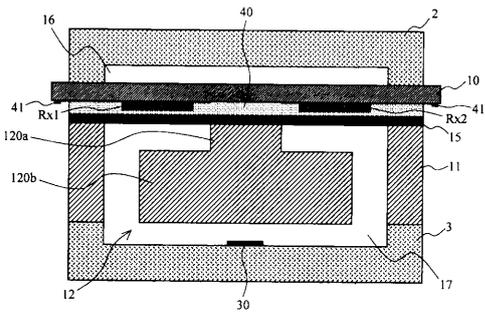
【図4】



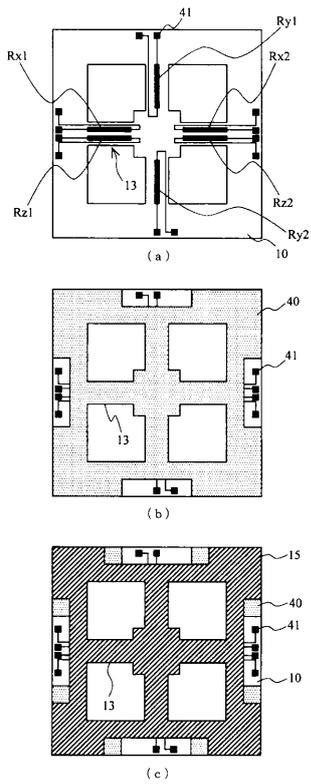
【図5】



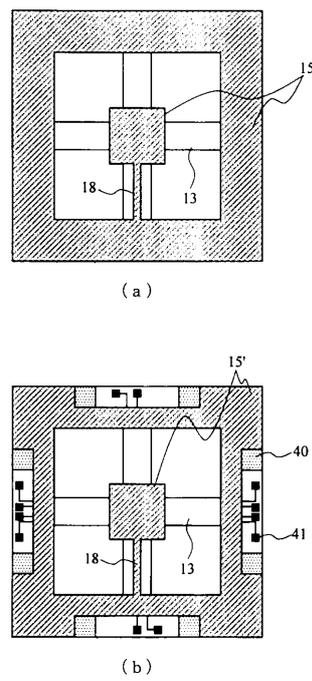
【図6】



【図7】



【図8】



フロントページの続き

- (72)発明者 岸 松雄
千葉県千葉市美浜区中瀬 1 丁目 8 番地 セイコーインスツル株式会社内
- (72)発明者 新輪 隆
千葉県千葉市美浜区中瀬 1 丁目 8 番地 セイコーインスツル株式会社内
- (72)発明者 中嶋 正洋
千葉県千葉市美浜区中瀬 1 丁目 8 番地 セイコーインスツル株式会社内

審査官 小野寺 麻美子

- (56)参考文献 特開平 0 8 - 2 7 4 3 4 9 (J P , A)
特開平 0 5 - 0 9 4 9 3 7 (J P , A)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

G 0 1 C 1 9 / 5 6
G 0 1 P 1 5 / 1 2
G 0 1 P 1 5 / 1 2 5
H 0 1 L 2 9 / 8 4