

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6562878号  
(P6562878)

(45) 発行日 令和1年8月21日(2019.8.21)

(24) 登録日 令和1年8月2日(2019.8.2)

(51) Int.Cl.		F I	
<b>GO 1 C</b>	<b>19/5762</b>	<b>(2012.01)</b>	GO 1 C 19/5762
<b>B 8 1 B</b>	<b>3/00</b>	<b>(2006.01)</b>	B 8 1 B 3/00
<b>H O 1 L</b>	<b>29/84</b>	<b>(2006.01)</b>	H O 1 L 29/84 Z

請求項の数 5 (全 14 頁)

(21) 出願番号	特願2016-130106 (P2016-130106)	(73) 特許権者	000003078 株式会社東芝 東京都港区芝浦一丁目1番1号
(22) 出願日	平成28年6月30日 (2016.6.30)	(73) 特許権者	317011920 東芝デバイス&ストレージ株式会社 東京都港区芝浦一丁目1番1号
(65) 公開番号	特開2018-4383 (P2018-4383A)	(74) 代理人	100108062 弁理士 日向寺 雅彦
(43) 公開日	平成30年1月11日 (2018.1.11)	(72) 発明者	富澤 泰 東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝内
審査請求日	平成30年8月30日 (2018.8.30)	(72) 発明者	山本 悠 東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 角速度取得装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

第1方向、およびコリオリ力に基づく第2方向に振動する可動体であって、前記第2方向に延びる可動電極部を有する可動体と、

前記第2方向に延び、ギャップを隔てて前記可動電極部に対向する固定電極部を有するホールド電極と、

前記固定電極部と前記可動電極部との間に配置され、前記固定電極部の前記可動電極部に対向する面よりも前記可動電極部側に位置する端部をもつストッパと、

を備えた角速度取得装置。

【請求項 2】

前記固定電極部の前記第2方向の両端に一对の前記ストッパが配置されている請求項1記載の角速度取得装置。

【請求項 3】

複数の前記可動電極部と複数の前記固定電極部が前記第1方向に交互に並び、前記固定電極部の前記第1方向の両側に前記ストッパが配置されている請求項1または2に記載の角速度取得装置。

【請求項 4】

前記可動電極部の前記第2方向の両端が、前記可動体に固定されている請求項1～3のいずれか1つに記載の角速度取得装置。

【請求項 5】

前記固定電極部および前記ストッパは、基板上の同じレイヤーに設けられ、

前記固定電極部および前記ストッパは、前記固定電極部および前記ストッパが設けられた前記レイヤーの下方のレイヤーに設けられた配線に接続し、

前記配線は、前記固定電極部に接続された第1配線と、前記ストッパに接続され、前記第1配線に対して分離した第2配線とを有する請求項1～4のいずれか1つに記載の角速度取得装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

実施形態は、角速度取得装置に関する。

10

【背景技術】

【0002】

回転系で振動する物体に働くコリオリ力を利用して角速度を検出するジャイロセンサとして、MEMS (Micro Electro Mechanical Systems) 技術を用いて形成されたものが知られている。そのMEMS技術における加工ばらつきは、ジャイロセンサの正常な動作を損なわせる場合がある。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献1】米国特許第6928872号明細書

20

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

実施形態によれば、加工ばらつきが動作に影響しにくい角速度取得装置が提供される。

【課題を解決するための手段】

【0005】

実施形態によれば、角速度取得装置は、第1方向、およびコリオリ力に基づく第2方向に振動する可動体であって、前記第2方向に延びる可動電極部を有する可動体と、前記第2方向に延び、ギャップを隔てて前記可動電極部に対向する固定電極部を有するホールド電極と、前記固定電極部と前記可動電極部との間に配置され、前記固定電極部の前記可動電極部に対向する面よりも前記可動電極部側に位置する端部をもつストッパと、を備えている。

30

【図面の簡単な説明】

【0006】

【図1】実施形態の角速度取得装置のMEMS部の模式平面図。

【図2】図1におけるA部の拡大模式平面図。

【図3】図2に示す可動体のホールド状態を示す模式平面図。

【図4】実施形態の角速度取得装置の構成を示すブロック図。

【図5】実施形態の角速度取得装置の動作タイミングチャート。

【図6】実施形態の角速度取得装置の製造方法を示す模式断面図。

40

【図7】実施形態の角速度取得装置の製造方法を示す模式平面図。

【図8】実施形態の角速度取得装置の可動電極部およびホールド電極の他の例を示す模式平面図。

【図9】図8における一部分の拡大模式平面図。

【図10】(a)は図9におけるB-B'断面図であり、(b)は図9におけるC-C'断面図。

【発明を実施するための形態】

【0007】

以下、図面を参照し、実施形態について説明する。なお、各図面中、同じ要素には同じ符号を付している。

50

## 【0008】

図1は、実施形態の角速度取得装置のMEMS部10の模式平面図である。

## 【0009】

図1に示すMEMS部10の要素は、基板上に設けられた膜をパターンニングして得られる。基板は例えばシリコン基板であり、MEMS部10の要素を構成する膜は例えばシリコン膜である。

## 【0010】

MEMS部10は、可動体11と、ドライブ電極20と、センス電極50と、ホールド電極40と、ストッパ30とを有する。

## 【0011】

可動体11は、Y方向およびX方向に振動することができる。X方向はY方向に対して直交している。可動体11は、主マス部12と、ドライブ・ホールド用の電極17と、センス用の電極13とを有する。主マス部12、電極13、および電極17は、一体に設けられている。

## 【0012】

一对のドライブ・ホールド用の電極17がY方向に離間して配置され、主マス部12は一对の電極17の間に配置されている。電極17のX方向の側方にアンカー部18とばね部19が配置され、ばね部19はアンカー部18と電極17を連結している。

## 【0013】

電極17は、X方向に延びる複数のホールド用の可動電極部15と、Y方向に延びる複数のドライブ用の可動電極部14とを有する。複数のホールド用の可動電極部15は、互いに離間してY方向に並んでいる。複数のドライブ用の可動電極部14は、互いに離間してX方向に並んでいる。

## 【0014】

電極17は、Y方向に延びる支持部16をさらに有する。支持部16のY方向の両端は、複数の可動電極部15のうちのY方向の最も外側に位置する一对の可動電極部15aに固定されている。最も外側の可動電極部15aの内側に配置された複数の可動電極部15bの一端は支持部16に固定され、それら内側の可動電極部15bは支持部16に対して片持ち支持されている。

## 【0015】

ドライブ用の可動電極部14の近くに、Y方向に延びる複数のドライブ電極20が配置されている。複数のドライブ電極20は、互いに離間してX方向に並んでいる。Y方向に延びるドライブ電極20の一部は、X方向で隣接する可動電極部14の間に位置している。複数の可動電極部14と複数のドライブ電極20が櫛歯パターンで配置されている。複数のドライブ電極20は、パッド部22に接続している。

## 【0016】

ドライブ電極20にはパッド部22を通じて、可動体11をY方向に強制的に振動させるためのドライブ電圧が与えられる。ドライブ電極20に与えられるドライブ電圧は、例えばAC (alternating current) 電圧である。

## 【0017】

主マス部12のX方向の側方に、Y方向に延びる複数のセンス用の電極13が配置されている。複数の電極13は、互いに離間してX方向に並んでいる。

## 【0018】

センス用の電極13の近くに、Y方向に延びる複数のセンス電極50が配置されている。1本のセンス電極50は、可動体11のX方向で隣接する電極13間に配置されている。電極13とセンス電極50がX方向に交互に並んでいる。電極13とセンス電極50は、ギャップを隔てて対向している。複数のセンス電極50は、パッド51に接続している。

## 【0019】

可動体11のドライブ・ホールド用の電極17の内側に、ホールド電極40が配置され

10

20

30

40

50

ている。ホールド電極 40 は、複数のパッド部 42 と、X 方向に延びる複数の固定電極部 41 とを有する。複数の固定電極部 41 は、互いに離間して Y 方向に並んでいる。複数の固定電極部 41 はパッド部 42 に接続している。

【0020】

X 方向に延びる可動電極部 15 と、X 方向に延びる固定電極部 41 とが、Y 方向に交互に並んでいる。可動電極部 15 と固定電極部 41 とが、ギャップを隔てて対向している。

【0021】

X 方向に延びる 1 本の固定電極部 41 は、Y 方向の一方の側（図 1 において下側）で可動電極部 15 に対向する第 1 対向面 41 a と、Y 方向の他方の側（図 1 において上側）で可動電極部 15 に対向する第 2 対向面 41 b とを有する。

【0022】

可動電極部 15 と固定電極部 41 との間に、複数のストッパ 30 が配置されている。複数のストッパ 30 は、固定電極部 41 が延びる X 方向に沿って、互いに離間して配置されている。

【0023】

図 2 は、図 1 における A 部の拡大模式平面図である。

【0024】

X 方向に延びる固定電極部 41 の一端はパッド部 42 に接続されている。固定電極部 41 は、パッド部 42 に接続された一端から、可動体 11 の電極 17 の支持部 16 に向かって延びている。固定電極部 41 の他端（図 2 において左端）は支持部 16 に対して離間し、固定電極部 41 はパッド部 42 に対して片持ち支持されている。

【0025】

固定電極部 41 の X 方向の両端に一对のストッパ 30 が配置されている。固定電極部 41 の両端に配置されたストッパ 30 は、固定電極部 41 の第 1 対向面 41 a 側で可動電極部 15 に対向する端部 30 a をもつ。

【0026】

第 1 対向面 41 a 側で可動電極部 15 に対向するストッパ 30 の端部 30 a は、固定電極部 41 の第 1 対向面 41 a よりも、可動電極部 15 側に突き出て、可動電極部 15 に近い側に位置する。固定電極部 41 の第 1 対向面 41 a と、その第 1 対向面 41 a 側に配置されたストッパ 30 の端部 30 a との間の距離 d は、例えば  $0.3 \mu\text{m} \sim 0.5 \mu\text{m}$  である。

【0027】

固定電極部 41 の第 2 対向面 41 b 側にもストッパ 30 が配置されている。第 2 対向面 41 b 側に配置されたストッパ 30 の X 方向の位置は、固定電極部 41 の両端に配置されたストッパ 30 の間にある。

【0028】

第 2 対向面 41 b 側に配置されたストッパ 30 は、その第 2 対向面 41 b 側で可動電極部 15 に対向する端部 30 a をもつ。第 2 対向面 41 b 側で可動電極部 15 に対向するストッパ 30 の端部 30 a は、固定電極部 41 の第 2 対向面 41 b よりも、可動電極部 15 側に突き出て、可動電極部 15 に近い側に位置する。

【0029】

固定電極部 41 の第 1 対向面 41 a および第 2 対向面 41 b には、図 2 に示す平面視で凹状の領域が形成され、その凹状の領域にストッパ 30 が配置されている。ストッパ 30 と固定電極部 41 との間にはギャップが形成され、ストッパ 30 と固定電極部 41 は接していない。

【0030】

可動体 11 は Y 方向に振動することができる。ストッパ 30 は、可動体 11 の Y 方向の移動を図 3 に示す所定位置（ホールド位置）で規制する。ストッパ 30 に可動体 11 の可動電極部 15 が接触することで、可動体 11 の図 1 ~ 3 における上方への移動が規制される。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 3 1 】

固定電極部 4 1 を含むホールド電極 4 0 には、可動体 1 1 の電極 1 7 を図 3 に示すホールド位置にホールドするためのホールド電圧が与えられる。ホールド電圧は、例えば DC (direct current) 電圧である。

## 【 0 0 3 2 】

図 3 に示すように、固定電極部 4 1 の第 1 対向面 4 1 a 側に配置されたストッパ 3 0 の端部 3 0 a に可動電極部 1 5 が接触したときに、固定電極部 4 1 にホールド電圧が与えられ、固定電極部 4 1 と可動電極部 1 5 との間に静電引力が生じる。

## 【 0 0 3 3 】

可動体 1 1 の電極 1 7 が図 3 に示すホールド位置にあるとき、可動電極部 1 5 はストッパ 3 0 に接触し、固定電極部 4 1 の第 1 対向面 4 1 a と可動電極部 1 5 との間にはギャップ g 1 が存在する。固定電極部 4 1 の第 2 対向面 4 1 b と可動電極部 1 5 との間にはギャップ g 2 が存在する。

10

## 【 0 0 3 4 】

ギャップ g 1 を隔てて対向する固定電極部 4 1 の第 1 対向面 4 1 a と可動電極部 1 5 との間の距離は、ギャップ g 2 を隔てて対向する固定電極部 4 1 の第 2 対向面 4 1 b と可動電極部 1 5 との間の距離よりも小さい。したがって、固定電極部 4 1 の第 1 対向面 4 1 a と可動電極部 1 5 との間に働く静電引力は、固定電極部 4 1 の第 2 対向面 4 1 b と可動電極部 1 5 との間に働く静電引力よりも大きい。そのため、可動電極部 1 5 が固定電極部 4 1 の第 1 対向面 4 1 a 側に引き寄せられた図 3 に示すホールド状態が保持される。

20

## 【 0 0 3 5 】

図 1 に示すセンス電極 5 0 と、このセンス電極 5 0 に対向する可動体 1 1 の電極 1 3 とは、可変キャパシタを構成する。この可変キャパシタのキャパシタンスの変化をパッド部 5 1 を通じて検出することができる。このキャパシタンスの変化から可動体 1 1 の角速度を検出することができる。

## 【 0 0 3 6 】

可動体 1 1 が Y 方向に振動しているときに、X 方向および Y 方向に対して垂直な軸のまわりに回転運動をしていると、コリオリ力によって可動体 1 1 が Y 方向に対して垂直な X 方向に振動する。一般に、角速度は、可動体 1 1 に働くコリオリ力に基づく可動体 1 1 の X 方向の振動の振幅に比例する。

30

## 【 0 0 3 7 】

したがって、可動体 1 1 の X 方向の振動の振幅から、可動体 1 1 の回転運動に基づく角速度を算出することが可能である。実施形態によれば、Y 方向に振動している可動体 1 1 がコリオリ力によって X 方向に振動すると、センス電極 5 0 と可動体 1 1 の電極 1 3 との間の距離が変化し、センス電極 5 0 および電極 1 3 を対向電極にもつ可変キャパシタのキャパシタンスが変化する。このキャパシタンスの変化を検出することで、可動体 1 1 の X 方向の振動の振幅を求めることができ、可動体の角速度を算出することができる。

## 【 0 0 3 8 】

図 4 は、実施形態の角速度取得装置の構成を示すブロック図である。

## 【 0 0 3 9 】

実施形態の角速度取得装置は、図 1 に示す MEMS 部 1 0 に加えて、ドライブ回路 6 0 と、電圧印加回路 7 0 と、検出部 8 0 と、角速度算出部 9 0 とを有する。

40

## 【 0 0 4 0 】

MEMS 部 1 0、ドライブ回路 6 0、電圧印加回路 7 0、検出部 8 0、および角速度算出部 9 0 は、同じ半導体基板上に形成され、1 チップ化されている。または、MEMS 部 1 0 と、回路系要素とは別々のチップに形成され、それらチップがインターポーザ（配線基板）に実装され、1 つのパッケージ部品を構成している。

## 【 0 0 4 1 】

ドライブ回路 6 0 は、ドライブ電極 2 0 にドライブ電圧（AC 電圧）を与える。ドライブ電極 2 0 は、図 1 に示すパッド部 2 2 およびパッド部 2 2 にボンディングされた配線（

50

図示せず)を通じて、ドライブ回路60と電氣的に接続されている。

【0042】

電圧印加回路70は、ホールド電極40にホールド電圧(DC電圧)を与える。ホールド電極40の固定電極部41は、図1に示すパッド部42およびパッド部42にボンディングされた配線(図示せず)を通じて、電圧印加回路70と電氣的に接続されている。

【0043】

検出部80は、図1に示すパッド部51およびパッド部にボンディングされた配線(図示せず)を通じて、センス電極50と電氣的に接続されている。

【0044】

検出部80は、Y方向に振動している可動体11に働くコリオリ力に基づく可動体11のX方向の振動の振幅に依存する所定物理量を検出する。所定物理量は、例えば、可動体11の電極13とセンス電極50との間のキャパシタンスに基づく物理量である。

10

【0045】

すでに述べたように、コリオリ力によって可動体11がX方向に振動すると、センス電極50と可動体11の電極13とで構成される可変キャパシタのキャパシタンスが変化する。このキャパシタンスの変化を検出することで、可動体11のX方向の振動の振幅を求めることができる。具体的には、検出部80は、可変キャパシタのキャパシタンスに基づくセンス電極50と電極13との間の電位差を検出している。この電位差から、可動体11のX方向の振動の振幅を実質的に求めることができる。

【0046】

20

角速度算出部90は、検出部80で検出された上記所定物理量に基づいて可動体11の角速度を算出する。すでに述べたように、角速度はコリオリ力に基づく可動体11のX方向の振動の振幅に比例するため、検出部80での検出結果に基づいて可動体11の角速度を算出することができる。

【0047】

次に、図5に示すタイミングチャートを参照して、実施形態の角速度取得装置の動作を説明する。図5において、縦軸は可動体11のY方向の振幅を、横軸は時間軸を表す。

【0048】

実施形態の角速度取得装置が起動されると、可動体11は初期状態から動作を開始する。初期状態で、可動体11は、図3に示すホールド位置にホールドされておらず、Y方向の自由振動の中心位置に静止している。

30

【0049】

そして、ドライブ回路60からドライブ電極20にドライブ電圧を印加し、可動体11をY方向に強制振動させる。図5において時刻t0から可動体11の強制振動が開始される。ドライブ回路60からドライブ電極20にドライブ電圧が与えられるのは、通常は上述した角速度取得装置の起動時のみである。

【0050】

可動体11のY方向の振動の振幅が一定レベルに達した後、時刻t1で強制振動を停止させる。例えば、可動体11のY方向の振動の振幅がピークに達したときに、ドライブ電極20へのドライブ電圧の印加を停止するとともに、電圧印加回路70からホールド電極40へのホールド電圧の印加を開始する。

40

【0051】

ホールド電極40の固定電極部41と、可動体11の可動電極部15との間に静電引力が発生し、可動電極部15が固定電極部41の第1対向面41a側に引き寄せられる。図3に示すように、第1対向面41a側に配置されたストッパ30に可動電極部15が接触し、可動体11の電極17が図3に示すホールド位置にホールドされる。上述した時刻t0から時刻t1までの期間を初期設定期間P0と呼ぶ。

【0052】

初期設定期間P0が終了すると、センシング期間が開始される。センシング期間では、可動体11は、Y方向に間欠的に振動する。図5の例では、時刻t1から時刻t2までの

50

期間 P 1、および時刻 t 3 から時刻 t 4 までの期間 P 3 では、可動体 1 1 は上述したホールド位置にホールドされており、可動体 1 1 の Y 方向の振動は停止している。この Y 方向の振動が停止している期間 P 1、P 3 をホールド期間と呼ぶ。

【 0 0 5 3 】

時刻 t 2 から時刻 t 3 までの期間 P 2、および時刻 t 4 から時刻 t 5 までの期間 P 4 では、可動体 1 1 は Y 方向に振動している。この可動体 1 1 が Y 方向に振動している期間 P 2、P 4 を振動期間と呼ぶ。時刻 t 5 以降においても同様に、ホールド期間と振動期間とが一定周期で交互に繰り返される。

【 0 0 5 4 】

ホールド期間から振動期間へ移行させる際には、ホールド電極 4 0 へのホールド電圧の印加を停止する。可動体 1 1 は、ホールド位置から Y 方向への自由振動を開始する。すなわち、振動期間では、ドライブ回路 6 0 からドライブ電極 2 0 にドライブ電圧は供給されず、可動体 1 1 は Y 方向に自由振動する。

【 0 0 5 5 】

可動体 1 1 が Y 方向に自由振動を開始してから所定時間が経過し、可動体 1 1 の Y 方向の振動がピークに達したタイミングで、電圧印加回路 7 0 からホールド電極 4 0 にホールド電圧が印加される。上述した初期設定期間 P 0 の終了時点（時刻 t 1）での動作と同様に、ホールド電極 4 0 に与えられるホールド電圧によって固定電極部 4 1 と可動電極部 1 5 との間に静電引力が生じ、可動電極部 1 5 が固定電極部 4 1 に引き寄せられ、可動体 1 1 はストッパ 3 0 によって図 3 に示すホールド位置で停止する。

【 0 0 5 6 】

可動体 1 1 が Y 方向に自由振動している振動期間において、可動体 1 1 が回転運動をしていると、コリオリ力によって可動体 1 1 が X 方向に振動する。すでに述べたように、コリオリ力によって可動体 1 1 が X 方向に振動すると、センス電極 5 0 と、可動体 1 1 の電極 1 3 とで構成される可変キャパシタのキャパシタンスが変化する。このキャパシタンスの変化を検出することで、可動体 1 1 の X 方向の振動の振幅を求めることができ、可動体 1 1 の角速度を算出することができる。

【 0 0 5 7 】

実施形態によれば、ストッパ 3 0 とホールド電極 4 0 により、可動体 1 1 を所定の位置にホールドすることができる。そして、ホールドされた状態から可動体 1 1 を解放し自由振動させ、可動体 1 1 が自由振動をしている期間内に角速度を検出する。可動体 1 1 のホールド動作および可動体 1 1 の自由振動で消費される電力は、ドライブ電極 2 0 による可動体 1 1 の強制振動で消費される電力に比べて非常に小さい。実施形態によれば、低消費電力の角速度取得装置を提供することができる。

【 0 0 5 8 】

ストッパ 3 0 は、ホールド電極 4 0 の固定電極部 4 1 と、可動体 1 1 の可動電極部 1 5 との接触および短絡を防ぐ。ストッパ 3 0 の電位はフローティングである。

【 0 0 5 9 】

ストッパ 3 0 は、X 方向に延びる固定電極部 4 1 の両端に配置されている。そのため、図 3 に示すホールド状態において、可動体 1 1 の支持部 1 6 に片持ち支持された可動電極部 1 5 b の X 方向の両端部がストッパ 3 0 に接触する。

【 0 0 6 0 】

片持ち支持された可動電極部 1 5 b は固定電極部 4 1 との間に働く静電引力によって、その両端を固定電極部 4 1 に近づけるように、たわむことがあり得る。固定電極部 4 1 と可動電極部 1 5 b とが対向する領域の X 方向の両端に配置されたストッパ 3 0 は、たわみを持った可動電極部 1 5 b の両端が、固定電極部 4 1 に接触するのを確実に阻止する。

【 0 0 6 1 】

固定電極部 4 1 の第 2 対向面 4 1 b 側に配置されたストッパ 3 0 は、固定電極部 4 1 と可動電極部 1 5 との間に静電引力が働いていないときのそれら両者の接触を防ぐ。例えば図 1 および図 2 に示す初期位置にある可動体 1 1 に対して下方へ移動させる力が加わった

10

20

30

40

50

ときに、第2対向面41bに対向する可動電極部15が、第2対向面41b側に配置されたストッパ30に接触して、可動電極部15と固定電極部41との接触が阻止される。

【0062】

図6(a)~図6(c)は、実施形態のMEMS部10の製造方法を示す模式断面図である。図6(a)~図6(c)に示す断面は、図2におけるA-A'部分の断面に対応する。

【0063】

図6(a)に示すように、基板100上に絶縁膜110が形成され、その絶縁膜110上にMEMS部10を構成する膜120が形成される。例えば、基板100はシリコン基板、絶縁膜110はシリコン酸化膜、膜120はシリコン膜である。

【0064】

膜120は、図1に示す形状にパターニングされる。シリコン膜である膜120が、例えば、フッ素を含むガスを用いたRIE(Reactive Ion Etching)法によりエッチングされる。図6(b)に示すように、膜120に、絶縁膜110に達するトレンチTが形成される。

【0065】

そのトレンチTに露出する絶縁膜(シリコン酸化膜)110は、例えばフッ酸蒸気を用いてエッチングされる。このエッチングは等方的に進行し、図6(c)に示すように、可動体11の可動電極部15の下の絶縁膜110が除去される。

【0066】

可動体11の他の部分の下の絶縁膜110も除去される。可動体11、および図1に示すバネ部19は、基板100から浮いた状態になる。図1における可動体11およびバネ部19以外の要素は、絶縁膜110を介して基板100上に支持されている。可動体11は、バネ部19を介してアンカー部18に支持されている。

【0067】

膜120は、膜120の上に形成されたマスクを用いてエッチングされる。そのマスクは、図1に示す形状にパターニングされている。

【0068】

図7は、マスクの一部分30mask、41maskの模式平面図である。

【0069】

膜120は、RIE法により縦方向(膜厚方向)にエッチングされる。そのとき、膜120に対してサイドエッチング(横方向へのオーバーエッチング)も進み、図7において破線で示すように、膜120の平面サイズがマスク30mask、41maskの平面サイズよりも小さくなる場合がある。膜120のトレンチTに露出する側面がマスク30mask、41maskのエッジよりも内側に後退する。

【0070】

膜120のサイドエッチングのレートは、トレンチTの幅、疎密に依存する傾向がある。ストッパ30と固定電極部41が離れた位置に配置された場合において、それらの配置領域の疎密などに起因してストッパ30と固定電極部41との間でサイドエッチングのレートに大きな差が生じると、可動電極部15とストッパ30の端部30aとの間の距離と、可動電極部15と固定電極部41の第1対向面41aとの間の距離との間の適切な関係を実現できなくなる場合がある。すなわち、可動電極部15がストッパ30に接触する前に、固定電極部41に接触し、可動電極部15と固定電極部41が短絡してしまう可能性がある。

【0071】

実施形態によれば、ストッパ30において可動電極部15に接触する端部30aは、固定電極部41の第1対向面41aに対して略同一辺上で近接して配置されている。そのため、膜120のRIEのとき、ストッパ30の端部30aがマスク30maskのエッジから後退する量と、固定電極部41の第1対向面41aがマスク41maskのエッジから後退する量との間の差を小さくできる。

10

20

30

40

50



## 【 0 0 7 2 】

したがって、マスク 3 0 mask、4 1 mask 上での第 1 対向面とストッパの端部との間の距離  $d_1$  と、エッチング後の固定電極部 4 1 の第 1 対向面 4 1 a とストッパ 3 0 の端部 3 0 a との間の距離  $d_2$  との差を小さくできる。すなわち、ほぼ設計値通りの距離  $d_2$  が得られる。高精度且つ安定した距離  $d_2$  の実現は、ホールド位置での可動電極部 1 5 と固定電極部 4 1 との短絡を確実に防ぐ。

## 【 0 0 7 3 】

また、前述したようなプロセスばらつきを考慮して距離  $d_1$  ( $d_2$ ) を大きめに設計すると、図 3 に示すホールド状態での固定電極部 4 1 と可動電極部 1 5 との間の距離  $d$  が大きくなる。これは、ホールド状態を維持するためのホールド電圧の上昇および消費電力の増大につながり得る。

10

## 【 0 0 7 4 】

実施形態によれば、プロセスばらつきの影響を受けずに高精度に距離  $d$  を形成できるため、距離  $d$  の狭小化が可能となる。これは、消費電力の低減につながる。

## 【 0 0 7 5 】

図 8 は、可動電極部 1 5 およびホールド電極 4 0 の他の例を示す模式平面図である。

## 【 0 0 7 6 】

この実施形態において、可動体 1 1 は、図 1 に示す電極 1 7 の代わりに、図 8 に示す電極 2 7 を有する。

## 【 0 0 7 7 】

電極 2 7 は、X 方向に延びる複数の可動電極部 1 5 と、Y 方向に延びる複数の支持部 1 6 とを有する。可動電極部 1 5 の X 方向の両端は支持部 1 6 に固定され、可動電極部 1 5 は両持ち支持されている。可動電極部 1 5 の両持ち支持は、片持ち支持に比べて、可動電極部 1 5 の機械的強度を高める。

20

## 【 0 0 7 8 】

上記実施形態と同様、電極 2 7 の内側にホールド電極 4 0 が配置されている。ホールド電極 4 0 は、X 方向に延びる複数の固定電極部 4 1 を有する。固定電極部 4 1 と可動電極部 1 5 が、Y 方向に交互に並んでいる。

## 【 0 0 7 9 】

電極 2 7 は格子状に区切られた複数の領域を有し、1 つの領域に 1 本の固定電極部 4 1 が配置されている。1 つの領域内に配置された 1 本の固定電極部 4 1 の X 方向の両端は、電極 2 7 の支持部 1 6 に対して離間している。

30

## 【 0 0 8 0 】

図 9 は、図 8 における一部分の拡大模式平面図である。

## 【 0 0 8 1 】

1 本の固定電極部 4 1 の X 方向の両端に一对のストッパ 3 0 が配置されている。それら一对のストッパ 3 0 は、固定電極部 4 1 の第 1 対向面 4 1 a 側で可動電極部 1 5 に対向する端部 3 0 a を有する。それら一对のストッパ 3 0 の端部 3 0 a は、固定電極部 4 1 の第 1 対向面 4 1 a よりも可動電極部 1 5 側に突き出ている。

## 【 0 0 8 2 】

固定電極部 4 1 の第 2 対向面 4 1 b 側にもストッパ 3 0 が配置されている。その第 2 対向面 4 1 b 側のストッパ 3 0 は、固定電極部 4 1 の両端に配置された一对のストッパ 3 0 の間に位置し、第 2 対向面 4 1 b 側で可動電極部 1 5 に対向している。

40

## 【 0 0 8 3 】

ストッパ 3 0 と固定電極部 4 1 との間にはギャップが形成され、ストッパ 3 0 と固定電極部 4 1 は接触していない。

## 【 0 0 8 4 】

図 10 ( a ) は図 9 における B - B ' 断面図であり、( b ) は図 9 における C - C ' 断面図である。

## 【 0 0 8 5 】

50

図6(a)~(c)を参照して前述したように、固定電極部41およびストッパ30は、基板100上に形成された膜120をパターニングして形成される。したがって、固定電極部41およびストッパ30は、基板100上の同じレイヤーに設けられている。

【0086】

図8および図9に示すレイアウトをもつMEMS部において、図10(a)および(b)に示すように、基板100上に絶縁膜110が設けられ、その絶縁膜110上に配線201、202が設けられている。その配線201、202上に絶縁膜130が設けられ、その絶縁膜130上に膜120をパターニングして得られた固定電極部41およびストッパ30が設けられている。

【0087】

絶縁膜130上の膜120にRIE法でトレンチを形成して膜120をパターニングした後、例えばシリコン酸化膜である絶縁膜130をフッ酸蒸気を用いてエッチングして、可動体11の下の絶縁膜130は除去される。

【0088】

固定電極部41は、図10(a)に示すように、ビア302を介して、配線202に接続している。固定電極部41の下のビア302のまわりの絶縁膜130は残される。

【0089】

ストッパ30は、図10(b)に示すように、ビア301を介して、配線201に接続している。ストッパ30の下のビア301のまわりの絶縁膜130は残される。

【0090】

配線201および配線202を、図9において破線で表す。配線202は、ホールド電圧を与える電圧印加回路70に接続されている。配線202は、グランドに接続されている。

【0091】

固定電極部41は、ビア302および配線202を通じて、電圧印加回路70に接続されている。固定電極部41をパッドおよびボンディングワイヤで電圧印加回路70と接続する構成に比べて、ホールド電極40の配置面積の省スペース化を実現できる。

【0092】

ストッパ30は、ビア301および配線201を通じて、グランドに接続されている。そのためストッパ30のチャージアップを防いで、ストッパ30と接触した可動電極部15の電位変動、およびスティクションを抑制することができる。スティクションとは、ストッパ30と可動電極部15がチャージ起因の静電力で吸着してしまい、ホールド電圧の印加をとめてもストッパ30と可動電極部15が離れなくなる動作不良現象を表す。

【0093】

図1に示すレイアウトにおいて、ドライブ電極20およびこのドライブ電極20に対して近接配置された可動体11の電極14は、可動体11の主マス部12と電極17との間に配置してもよい。

【0094】

本発明のいくつかの実施形態を説明したが、これらの実施形態は、例として提示したものであり、発明の範囲を限定することは意図していない。これら新規な実施形態は、その他の様々な形態で実施されることが可能であり、発明の要旨を逸脱しない範囲で、種々の省略、置き換え、変更を行うことができる。これら実施形態やその変形は、発明の範囲や要旨に含まれるとともに、特許請求の範囲に記載された発明とその均等の範囲に含まれる。

【符号の説明】

【0095】

10...MEMS部、11...可動体、15, 15a, 15b...可動電極部、20...ドライブ電極、30...ストッパ、40...ホールド電極、41...固定電極部、50...センス電極

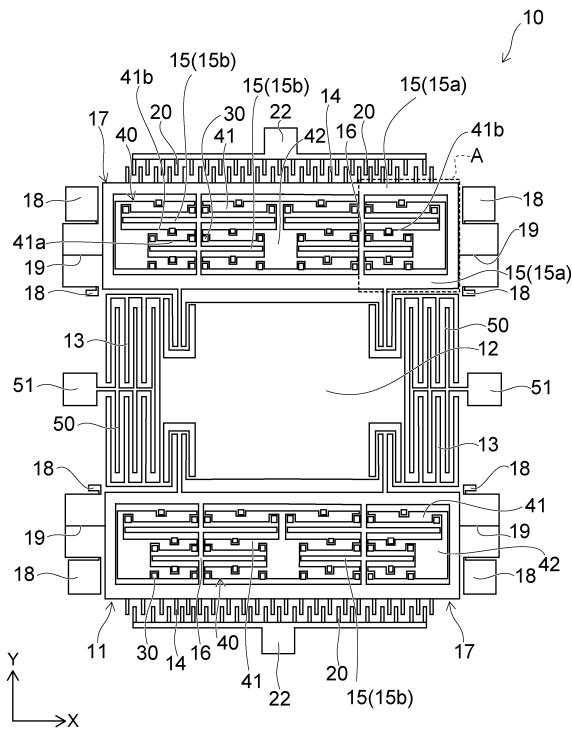
10

20

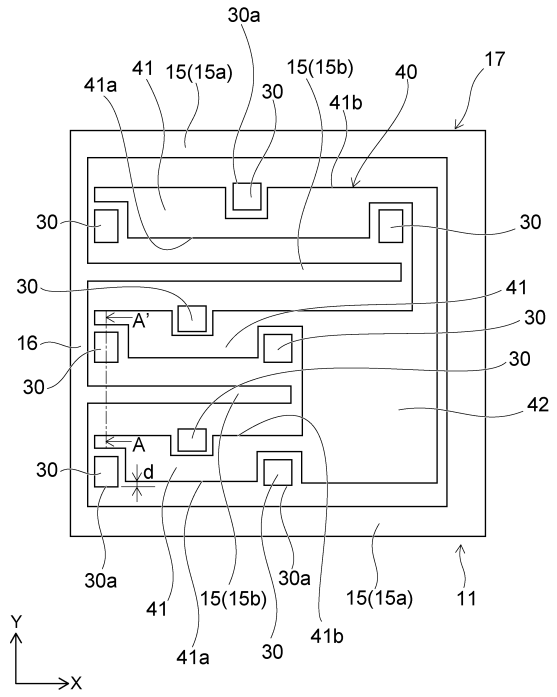
30

40

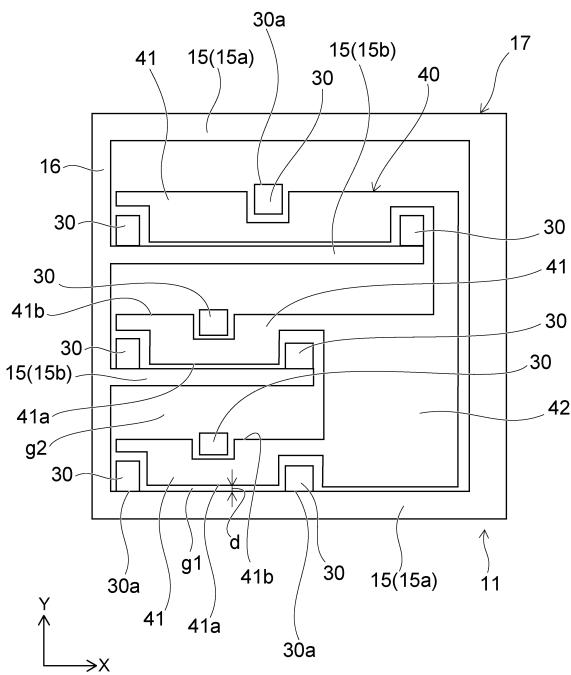
【図1】



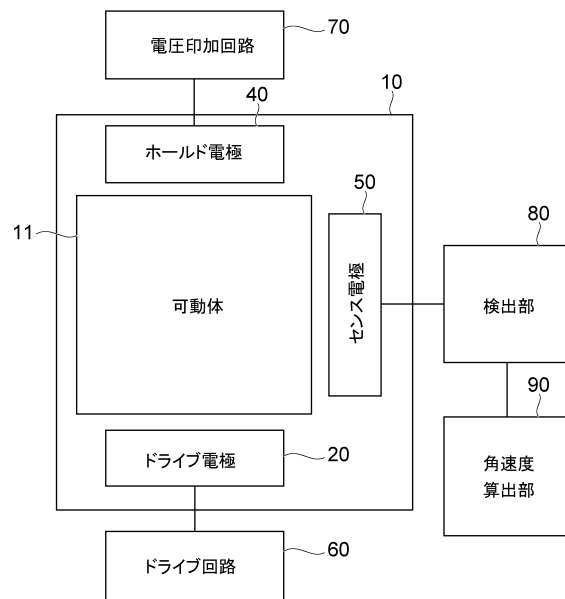
【図2】



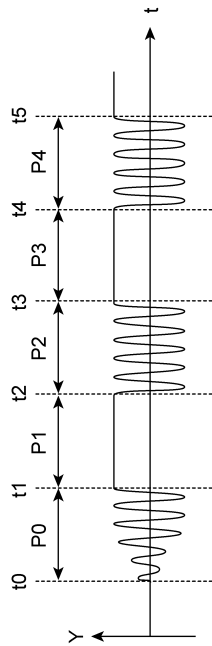
【図3】



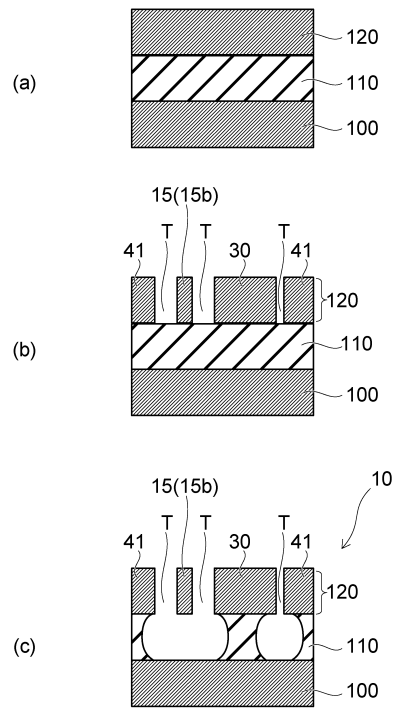
【図4】



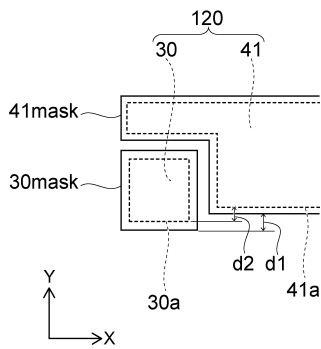
【 図 5 】



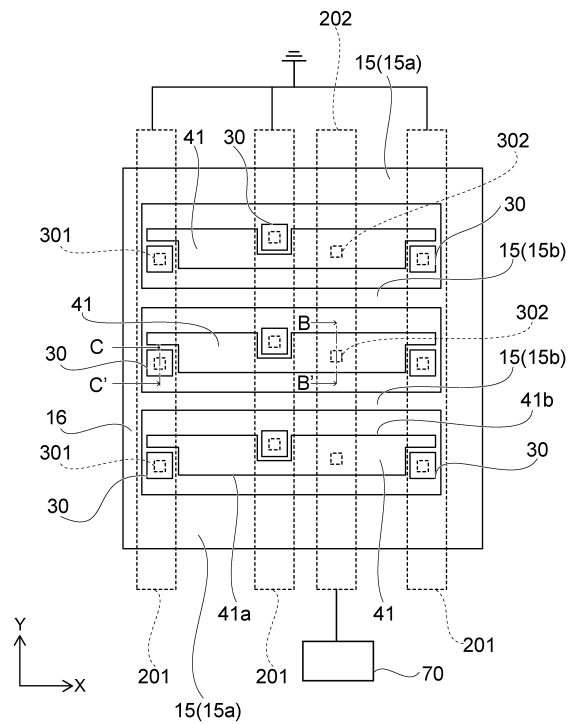
【 図 6 】



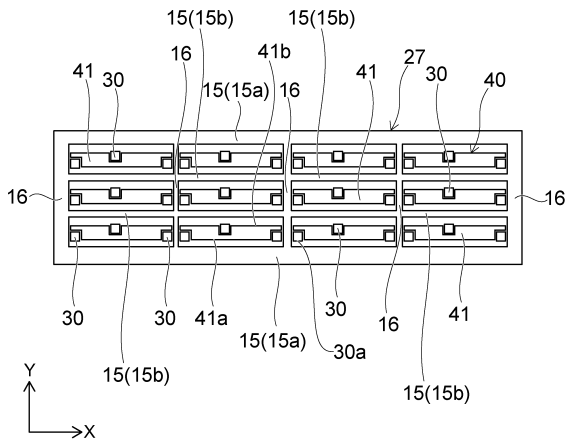
【 図 7 】



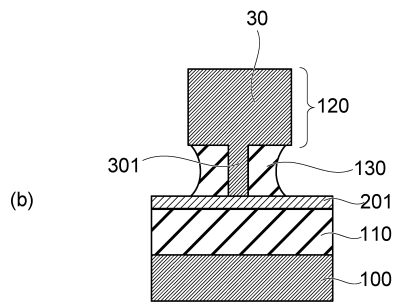
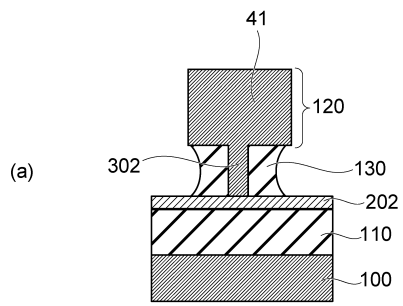
【 図 9 】



【 図 8 】



【図10】



フロントページの続き

(72)発明者 池橋 民雄  
東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝内

審査官 小野寺 麻美子

(56)参考文献 特開平10-325726(JP,A)  
特開2009-139171(JP,A)  
特開2015-081822(JP,A)  
特開2000-081335(JP,A)  
米国特許出願公開第2002/0167248(US,A1)  
米国特許出願公開第2012/0297873(US,A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01C	19/00	-	G01C	19/72
B81B	1/00	-	B81B	7/04
B81C	1/00	-	B81C	99/00
H01L	29/84			
H03B	5/30	-	H03B	5/42
H03H	3/007	-	H03H	3/06
H03H	9/00	-	H03H	9/135
H03H	9/15	-	H03H	9/24
H03H	9/30	-	H03H	9/40
H03H	9/46	-	H03H	9/62
H03H	9/66			
H03H	9/70			
H03H	9/74			