

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6160027号
(P6160027)

(45) 発行日 平成29年7月12日(2017.7.12)

(24) 登録日 平成29年6月23日(2017.6.23)

(51) Int.Cl. F1
G01C 19/5628 (2012.01) G01C 19/5628

請求項の数 5 (全 26 頁)

(21) 出願番号	特願2012-102896 (P2012-102896)	(73) 特許権者	000002369
(22) 出願日	平成24年4月27日 (2012.4.27)		セイコーエプソン株式会社
(65) 公開番号	特開2013-231635 (P2013-231635A)		東京都新宿区新宿四丁目1番6号
(43) 公開日	平成25年11月14日 (2013.11.14)	(74) 代理人	100090479
審査請求日	平成27年4月15日 (2015.4.15)		弁理士 井上 一
		(74) 代理人	100104710
			弁理士 竹腰 昇
		(74) 代理人	100124682
			弁理士 黒田 泰
		(72) 発明者	西澤 竜太
			長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内
		(72) 発明者	中川 啓史
			長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 振動片およびジャイロセンサー並びに電子機器および移動体

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

基部と、

前記基部から延びる駆動用振動腕および検出用振動腕と、

前記基部から延びる調整用振動腕と、

前記検出用振動腕に設けられ、前記駆動用振動腕に加えられた物理量に応じて電気信号を生成する検出電極と、

前記調整用振動腕に設けられ、第1位相の電気信号を生成する第1調整用電極と、

前記調整用振動腕に設けられ、前記第1位相とは逆位相である第2位相の電気信号を生成する第2調整用電極と、を備え、

前記第1調整用電極と前記検出電極とが電氣的に接続され、

前記第2調整用電極と前記検出電極とが電氣的に接続され、

前記調整用振動腕は、

第1面と、

前記第1面とは反対側の第2面と、

前記第1面および第2面を接続する第1側面および第2側面と、

前記第1面に形成され、前記調整用振動腕の長手方向に延びる溝であって、前記第1側面側の第1壁面、および、前記第2側面側の第2壁面、を有する第1溝と、

前記第2面に形成され、前記調整用振動腕の長手方向に延びる溝であって、前記第1側面側の第3壁面、および、前記第2側面側の第4壁面、を有する第2溝と、を備え、

前記第 1 調整用電極は、
 前記第 1 側面に設けられている第 1 電極片と、
 前記第 1 壁面および前記第 3 壁面に設けられている第 2 電極片と、を備え、
 前記第 2 調整用電極は、
 前記第 2 側面に設けられている第 3 電極片と、
 前記第 2 壁面および前記第 4 壁面に設けられている第 4 電極片と、を備え、

前記第 1 調整用電極または前記第 2 調整用電極の一部が切除されていて、前記第 1 調整用電極で生成される電気信号と前記第 2 調整用電極にて生成される電気信号とが重畳された前記調整用振動腕の電気信号は、前記検出用振動腕の漏れ振動の電気信号に対して逆位相であることを特徴とする振動片。

10

【請求項 2】

基部と、
 前記基部から延びる駆動用振動腕および検出用振動腕と、
 前記基部から延びる調整用振動腕と、
 前記検出用振動腕に設けられ、前記駆動用振動腕に加えられた物理量に応じて電気信号を生成する検出電極と、
 前記調整用振動腕に設けられた圧電体に相互に離れた位置で接触し、第 1 位相の電気信号を生成する第 1 調整用電極と、
 前記調整用振動腕に設けられた圧電体に相互に離れた位置で接触し、前記第 1 位相とは逆位相である第 2 位相の電気信号を生成する第 2 調整用電極と、
 を備え、

20

前記第 1 調整用電極と前記検出電極とが電氣的に接続され、
 前記第 2 調整用電極と前記検出電極とが電氣的に接続され、
前記第 1 調整用電極または前記第 2 調整用電極の一部が切除されていて、前記第 1 調整用電極で生成される電気信号と前記第 2 調整用電極にて生成される電気信号とが重畳された前記調整用振動腕の電気信号は、前記検出用振動腕の漏れ振動の電気信号に対して逆位相であることを特徴とする振動片。

【請求項 3】

請求項 1 または 2 に記載の振動片を有することを特徴とするジャイロセンサー。

【請求項 4】

請求項 1 または 2 に記載の振動片を有することを特徴とする電子機器。

30

【請求項 5】

請求項 1 または 2 に記載の振動片を有することを特徴とする移動体。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、振動片およびその振動片を利用したジャイロセンサー、並びに、その振動片が組み込まれる電子機器および移動体等に関する。

【背景技術】

40

【0002】

例えば特許文献 1 に記載されるように、ジャイロセンサーに利用される振動片は一般に知られる。駆動用振動腕に角速度運動が加わると、コリオリ力の働きで駆動用振動腕の振動方向が変化する。コリオリ力に対応して特定の方向に新たに力成分が生起される。この力成分は検出用振動腕の運動を引き起こす。こうして力成分に応じた出力信号が検出用振動腕から出力される。特許文献 1 に記載の例では検出用振動腕および駆動用振動腕は連続して 1 つの振動腕を形成する。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

50

【特許文献1】特開平5 - 256723号公報

【特許文献2】特開2008 - 209215号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

振動片の本体は例えば圧電材といった素材から削り出されることができる。削り出しにあたって素材の表面および裏面にはマスクが配置される。マスク同士の間でアライメントずれが生じると、駆動用振動腕の側面は表面および裏面に直交することができず傾斜してしまう。こうして駆動用振動腕の断面形状に加工誤差が生じると、駆動用振動腕は規定の仮想平面内で振動することができず規定の仮想平面から傾斜する仮想平面内で振動してしまふ。いわゆる斜め振動が生じる。こうした現象は振動漏れと呼ばれ、検出用振動腕の出力信号では力成分に漏れ振動の成分が重畳される。その結果、出力信号のS/N比は悪化する。角速度運動が入力されていない状態で振動片から角速度信号が出力されてしまふ。特許文献2では、漏れ振動の成分の除去にあたって振動腕に切り込みが入れられる。そして、こうした振動腕の切り込みは振動片の機械強度の低下を誘引する。その上、振動片の小型化が進むにつれて、切り込みの形状精度が振動腕の拳動に与える影響が増大し、さらなる加工精度の向上が要求されつつある。しかしながら、こうした加工精度の向上は難しい。

10

【0005】

本発明の少なくとも1つの態様によれば、機械強度を維持しつつ出力信号のS/N比を向上することができる振動片は提供されることができる。

20

【課題を解決するための手段】

【0006】

(1)本発明の一態様は、基部と、前記基部から延びる駆動用振動腕および検出用振動腕と、前記基部から延びる調整用振動腕と、前記調整用振動腕に設けられ、第1位相の電気信号を生成する第1調整用電極と、前記調整用振動腕に設けられ、前記第1位相とは逆位相である第2位相の電気信号を生成する第2調整用電極と、を備え、前記調整用振動腕は、第1面と、前記第1面とは反対側の第2面と、前記第1面および第2面を接続する第1側面および第2側面と、前記第1面に形成され、前記調整用振動腕の長手方向に延びる溝であって、前記第1側面側の第1壁面、および、前記第2側面側の第2壁面、を有する第1溝と、前記第2面に形成され、前記調整用振動腕の長手方向に延びる溝であって、前記第1側面側の第3壁面、および、前記第2側面側の第4壁面、を有する第2溝と、を備え、前記第1調整用電極は、前記第1側面に設けられている第1電極片と、前記第1壁面および前記第3壁面に設けられている第2電極片と、を備え、前記第2調整用電極は、前記第2側面に設けられている第3電極片と、前記第2壁面および前記第4壁面に設けられている第4電極片と、を備える振動片に関する。

30

【0007】

こうした振動片は角速度の検出にあたって用いられることができる。角速度の検出にあたって駆動用振動腕で振動が励起される。このとき、駆動用振動腕に角速度運動が加わると、コリオリ力の働きで駆動用振動腕の振動方向が変化する。コリオリ力に対応して特定の方向に新たに力成分が生起される。この力成分は検出用振動腕の運動を引き起こす。こうして力成分に応じた出力信号が検出用振動腕から出力される。

40

【0008】

力成分は同時に調整用振動腕の運動を引き起こす。こうした運動に応じて第1調整用電極および第2調整用電極からそれぞれ電気信号が出力される。検出用振動腕の出力信号に含まれる漏れ振動の成分は第1調整用電極および第2調整用電極の電気信号で少なくとも部分的に打ち消されることができることを本発明者は見出した。こうして第1調整用電極および第2調整用電極の電気信号が検出用振動腕の出力信号に重畳されると、出力信号のS/N比は向上する。しかも、第1調整用電極の電気信号および第2調整用電極の電気信号は互いに逆位相であることから、第1調整用電極および第2調整用電極の相対関係に基

50

づき電気信号の大きさは調整されることができる。したがって、漏れ振動の位相が検出用振動腕の出力信号に同位相でも逆位相でも漏れ振動の成分は打ち消されることができる。第1調整用電極の電気信号と第2調整用電極の電気信号とが釣り合えば、それら電気信号から検出用振動腕の出力信号に加えられる影響は排除されることができる。その上、電気信号の調整にあたって第1調整用電極または第2調整用電極の形状が制御されればよく、駆動用振動腕や検出用振動腕、調整用振動腕に切り込みの形成は回避されることができる。機械強度の低下は回避されることができる。切り込みは形成されないことから、加工精度の向上は必ずしも要求されない。

【0009】

特に、振動片では、第1電極片と第2電極片との間に調整用振動腕は部分的に挟まれ、第3電極片と第4電極片との間に調整用振動腕は部分的に挟まれる。その結果、第1調整用電極および第2調整用電極では比較的大きな出力信号が得られる。漏れ振動の調整範囲は広がることのできる。歩留まりは向上することのできる。

【0010】

(2)本発明の他の態様は、基部と、前記基部から延びる駆動用振動腕および検出用振動腕と、前記基部から延びる調整用振動腕と、前記調整用振動腕に設けられた圧電体に相互に離れた位置で接触し、第1位相の電気信号を生成する第1調整用電極と、前記調整用振動腕に設けられた圧電体に相互に離れた位置で接触し、前記第1位相とは逆位相である第2位相の電気信号を生成する第2調整用電極と、を備える振動片に関する。

【0011】

こうした振動片は角速度の検出にあたって用いられることのできる。角速度の検出にあたって駆動用振動腕で振動が励起される。このとき、駆動用振動腕に角速度運動が加わると、コリオリ力の働きで駆動用振動腕の振動方向が変化する。コリオリ力に対応して特定の方向に新たに力成分が生起される。この力成分は検出用振動腕の運動を引き起こす。こうして力成分に応じた出力信号が検出用振動腕から出力される。

【0012】

力成分は同時に調整用振動腕の運動を引き起こす。こうした運動に応じて第1調整用電極および第2調整用電極からそれぞれ電気信号が出力される。検出用振動腕の出力信号に含まれる漏れ振動の成分は第1調整用電極および第2調整用電極の電気信号で少なくとも部分的に打ち消されることができることを本発明者は見出した。こうして第1調整用電極および第2調整用電極の電気信号が検出用振動腕の出力信号に重畳されると、出力信号のS/N比は向上する。しかも、第1調整用電極の電気信号および第2調整用電極の電気信号は互いに逆位相であることから、第1調整用電極および第2調整用電極の相対関係に基づき電気信号の大きさは調整されることができる。したがって、漏れ振動の位相が検出用振動腕の出力信号に同位相でも逆位相でも漏れ振動の成分は打ち消されることができる。第1調整用電極の電気信号と第2調整用電極の電気信号とが釣り合えば、それら電気信号から検出用振動腕の出力信号に加えられる影響は排除されることができる。その上、電気信号の調整にあたって第1調整用電極または第2調整用電極の形状が制御されればよく、駆動用振動腕や検出用振動腕、調整用振動腕に切り込みの形成は回避されることができる。機械強度の低下は回避されることができる。切り込みは形成されないことから、加工精度の向上は必ずしも要求されない。

【0013】

(3)前記調整用振動腕の電気信号は、前記検出用振動腕の漏れ振動の電気信号に対して逆位相であることのできる。調整用振動腕の電気信号は漏れ振動の電気信号を打ち消すことのできる。こうして出力信号のS/N比は向上することのできる。

【0014】

(4)前記検出用振動腕には、前記駆動用振動腕に加えられた物理量に応じて電気信号を生成する検出電極が設けられることのでき、前記第1調整用電極と前記検出電極とが電氣的に接続されることができ、前記第2調整用電極と前記検出電極とが電氣的に接続されることができる。調整用振動腕の電気信号は検出用振動腕の出力信号に重畳されることが

10

20

30

40

50

できる。電気信号の大きさは調整される。調整の結果、調整用振動腕の電気信号は漏れ振動の成分を打ち消すことができる。こうして出力信号のS/N比は向上することができる。

【0015】

(5) 振動片はジャイロセンサーに組み込まれて利用されることができる。ジャイロセンサーは振動片を有することができる。

【0016】

(6) 振動片は電子機器に組み込まれて利用されることができる。電子機器は振動片を有することができる。

【0017】

(7) 振動片は移動体に組み込まれて利用されることができる。移動体は振動片を有することができる。

【図面の簡単な説明】

【0018】

【図1】第1実施形態に係るジャイロセンサーの構成を概略的に示す垂直断面図である。

【図2】振動片の構造を概略的に示す拡大平面図である。

【図3】第2振動腕の表面の構成を概略的に示す拡大部分平面図である。

【図4】表側から第2振動腕の裏面の構成を概略的に示す拡大透視平面図である。

【図5】第1振動腕および第3振動腕の表面の構成を概略的に示す拡大部分平面図である。

。

【図6】表側から第1振動腕および第3振動腕の裏面の構成を概略的に示す拡大透視部分平面図である。

【図7】第2振動腕すなわち駆動用振動腕の振動の様子を概略的に示す振動片の斜視図である。

【図8】第1振動腕すなわち検出用振動腕の振動の様子を概略的に示す振動片の斜視図である。

【図9】漏れ振動と第1振動腕の検出信号および第3振動腕の検出信号との関係を概略的に示す(a)グラフ、(b)第1振動腕の拡大垂直断面図、および(c)第3振動腕の拡大垂直断面図である。

【図10】漏れ振動と第1振動腕の検出信号および第3振動腕の検出信号との関係を概略的に示す(a)グラフ、(b)第1振動腕の拡大垂直断面図、および(c)第3振動腕の拡大垂直断面図である。

【図11】相互に打ち消し合う第3振動腕の検出信号の関係を概略的に示す(a)グラフ、および(b)第3振動腕の拡大垂直断面図である。

【図12】第2実施形態に係るジャイロセンサーに用いられる第3振動腕の構造を概略的に示す拡大垂直断面図である。

【図13】第3実施形態に係るジャイロセンサーに用いられる第1振動腕の構造を概略的に示す拡大垂直断面図である。

【図14】第3実施形態に係るジャイロセンサーで振動片の表面の構成を概略的に示す拡大部分平面図である。

【図15】第3実施形態に係るジャイロセンサーで表側から振動片の裏面の構成を概略的に示す拡大透視部分平面図である。

【図16】第4実施形態に係るジャイロセンサーに用いられる第3振動腕の構造を概略的に示す拡大垂直断面図である。

【図17】第4実施形態に係るジャイロセンサーで振動片の表面の構成を概略的に示す拡大部分平面図である。

【図18】第4実施形態に係るジャイロセンサーで表側から振動片の裏面の構成を概略的に示す拡大透視部分平面図である。

【図19】漏れ振動と第1振動腕の検出信号および第3振動腕の検出信号との関係を概略的に示す(a)グラフ、(b)第1振動腕の拡大垂直断面図、および(c)第3振動腕の

10

20

30

40

50

拡大垂直断面図である。

【図20】漏れ振動と第1振動腕の検出信号および第3振動腕の検出信号との関係を概略的に示す(a)グラフ、(b)第1振動腕の拡大垂直断面図、および(c)第3振動腕の拡大垂直断面図である。

【図21】第5実施形態に係るジャイロセンサーに用いられる第3振動腕の構造を概略的に示す拡大垂直断面図である。

【図22】第6実施形態に係るジャイロセンサーに用いられる第3振動腕の構造を概略的に示す拡大垂直断面図である。

【図23】第7実施形態に係るジャイロセンサーに用いられる振動片の構造を概略的に示す平面図である。

【図24】電子機器の一具体例としてのスマートフォンの構成を概略的に示す概念図である。

【図25】電子機器の他の具体例としてのデジタルスチルカメラの構成を概略的に示す概念図である。

【図26】移動体の一具体例としての自動車の構成を概略的に示す概念図である。

【発明を実施するための形態】

【0019】

以下、添付図面を参照しつつ本発明の一実施形態を説明する。なお、以下に説明する本実施形態は、特許請求の範囲に記載された本発明の内容を不当に限定するものではなく、本実施形態で説明される構成の全てが本発明の解決手段として必須であるとは限らない。

【0020】

(1)第1実施形態に係るジャイロセンサーの構成

図1は第1実施形態に係るジャイロセンサー11の構成を概略的に示す。ジャイロセンサー11は例えば箱形の容器12を備える。容器12は容器本体13および蓋材14を備える。容器本体13の開口は蓋材14で気密に塞がれる。容器12の内部空間は例えば真空に封止されることができる。容器12は剛体として機能する。少なくとも蓋材14は導体から形成されることができる。蓋材14が接地されれば、蓋材14は電磁波に対してシールド効果を発揮することができる。

【0021】

容器12には振動片15およびIC(集積回路)チップ16が収容される。振動片15およびICチップ16は容器12の内部空間内に配置される。振動片15は本体17および導電膜18を備える。本体17の表面に導電膜18が積層される。導電膜18は金(Au)、銅(Cu)、その他の金属といった導電材から形成されることができる。導電膜18は薄膜や厚膜で構成されることができる。図1から明らかなように、振動片15の本体17は表面17aおよび裏面17bを有する。表面17aは第1基準平面RP1内に広がる。裏面17bは第2基準平面RP2内に広がる。第2基準平面RP2は第1基準平面RP1に平行に広がる。ここでは、本体17全体は1つの圧電体から形成される。圧電体には例えば水晶が用いられることができる。

【0022】

振動片15は容器本体13に片持ち支持される。片持ち支持にあたって本体17の一端には固定部19が区画される。固定部19には接続端子群21が配置される。接続端子群21は裏面17bに広がる導電膜18の一部で形成される。接続端子群21は複数の接続端子すなわち導電材製パッドを含む。接続端子の詳細は後述される。その一方で、容器本体13の底板には導電端子群22が配置される。導電端子群22は複数の接続端子すなわち導電材製パッドを含む。振動片15の接続端子群21は底板上の導電端子群22に接合される。接合にあたって例えばはんだバンプや金バンプといった導電接合材23が用いられることができる。こうして振動片15は固定部19で容器本体13の底板に固着される。導電端子群22は導電膜18の配線(図示されず)でICチップ16に接続される。ICチップ16は例えば容器本体13の底板に接着されればよい。

【0023】

10

20

30

40

50

図2に示されるように、振動片15の本体17は基部25、1対の第1振動腕26a、26b、1対の第2振動腕27a、27bおよび1対の第3振動腕28a、28bを有する。振動片15の表面17aおよび裏面17bは第1振動腕26a、26bの表面および裏面、第2振動腕27a、27bの表面および裏面、並びに、第3振動腕28a、28bの表面および裏面にそれぞれ相当する。振動片15の表面17aおよび裏面17bは、後述されるように、駆動信号で励起される振動の方向すなわち第2振動腕27a、27bの励振方向を規定する。

【0024】

1対の第1振動腕26a、26bは基部25から第1方向D1に延びる。第1振動腕26a、26bは基部25に片持ち支持される。第1振動腕26a、26b同士は相互に平行に延びる。第1振動腕26a、26bは、基部25の重心を含み第1および第2基準平面RP1、RP2に直交する対称面29に関して面対称に形作られる。ここでは、1対の第1振動腕26a、26bは1対の検出腕として機能する。基部25は所定の剛性を有する。

10

【0025】

1対の第2振動腕27a、27bは基部25から第2方向D2に延びる。第2方向D2は第1方向D1の逆向きに相当する。第2振動腕27a、27bは基部25に片持ち支持される。第2振動腕27a、27b同士は相互に平行に延びる。第2振動腕27a、27bは、基部25の重心を含み第1および第2基準平面RP1、RP2に直交する対称面29に関して面対称に形作られる。ここでは、1対の第2振動腕27a、27bは1対の駆動腕として機能する。

20

【0026】

1対の第3振動腕28a、28bは基部25から第1方向D1に延びる。第3振動腕28a、28bは基部25に片持ち支持される。第3振動腕28a、28b同士は相互に平行に延びる。第3振動腕28a、28bは、基部25の重心を含み第1および第2基準平面RP1、RP2に直交する対称面29に関して面対称に形作られる。ここでは、1対の第3振動腕28a、28bは1対の調整用振動腕として機能する。調整用振動腕同士の間の空間に1対の検出腕は配置される。

【0027】

振動片15の本体17は少なくとも1対の第1吊り腕32a、32bと1対の第2吊り腕33a、33bとを有する。ここでは、本体17には1対の第1吊り腕32a、32bが区画される。第1吊り腕32a、32bは、1対の第2振動腕27a、27bの両側で固定部19から第1方向D1にそれぞれ延びる。第1吊り腕32a、32bの先端は基部25の第1連結部34にそれぞれ連結される。2つの第1連結部34は1対の第2振動腕27a、27bの両側に位置する。

30

【0028】

第2吊り腕33a、33bは、1対の第2振動腕27a、27bおよび1対の第1吊り腕32a、32bの両側でそれぞれ固定部19から第1方向D1に延びる。第2吊り腕33a、33bの先端は基部25の第2連結部35に連結される。第2連結部35は第1連結部34よりも第1方向D1に位置する。

40

【0029】

図3に示されるように、導電膜18は2対の第1駆動電極41a、41bおよび2対の第2駆動電極42a、42bを形成する。第1対の第1駆動電極41aは一方の第2振動腕27aに固定される。第1駆動電極41aは第2振動腕27aの側面に広がる。第1駆動電極41a同士の間には第2振動腕27aは挟まれる。第1駆動電極41a同士は第2振動腕27aの自由端側で相互に接続される。第2対の第1駆動電極41bは他方の第2振動腕27bに固定される。第1駆動電極41bは第2振動腕27bの表面17aおよび裏面17bに広がる。第1駆動電極41b同士の間には第2振動腕27bは挟まれる。第2対の第1駆動電極41bは第1対の第1駆動電極41aに基部25で接続される。

【0030】

50

第1対の第2駆動電極42aは一方の第2振動腕27aに固定される。第2駆動電極42aは第2振動腕27aの表面17aおよび裏面17bに広がる。第2駆動電極42a同士の間には第2振動腕27aは挟まれる。第2対の第2駆動電極42bは他方の第2振動腕27bに固定される。第2駆動電極42bは第2振動腕27bの側面に広がる。第2駆動電極42b同士の間には第2振動腕27bは挟まれる。第2駆動電極42b同士は第2振動腕27bの自由端側で相互に接続される。第2対の第2駆動電極42bは第1対の第2駆動電極42aに基部25で接続される。第1駆動電極41a、41bおよび第2駆動電極42a、42bの間に電界が加えられると、第2振動腕27a、27bは変形する。

【0031】

導電膜18は第1駆動配線43および第2駆動配線44を形成する。第1駆動配線43は一方の第1吊り腕32aに固定される。第1駆動配線43は第1吊り腕32aの全長にわたって第1吊り腕32a上を延びる。第1駆動配線43は第1駆動電極41a、41bに接続される。第2駆動配線44は他方の第1吊り腕32bに固定される。第2駆動配線44は第1吊り腕32bの全長にわたって第1吊り腕32b上を延びる。第2駆動配線44は第2駆動電極42a、42bに接続される。

10

【0032】

図4に示されるように、接続端子群21は第1駆動端子45および第2駆動端子46を含む。第1駆動端子45および第2駆動端子46はそれぞれ固定部19の裏面17bに固定される。第1駆動端子45は第1駆動配線43に接続される。第2駆動端子46は第2駆動配線44に接続される。第1駆動端子45および第2駆動端子46から第1駆動電極41a、41bおよび第2駆動電極42a、42bに駆動信号が供給されることができ

20

【0033】

導電膜18は2組の第1検出電極対(信号電極47aおよびグラウンド電極47b)並びに2組の第2検出電極対(信号電極48aおよびグラウンド電極48b)を形成する。図5に示されるように、第1検出電極対の信号電極47aおよびグラウンド電極47bは一方の第1振動腕26aに固定される。第1検出電極対の信号電極47aは第1振動腕26aの表面17aで第1振動腕26aの根元から自由端に向かって延びる。第1検出電極対のグラウンド電極47bは第1振動腕26aの表面17aで第1振動腕26aの根元から自由端に向かって延びる。

30

【0034】

第2検出電極対の信号電極48aおよびグラウンド電極48bは他方の第1振動腕26bに固定される。第2検出電極対の信号電極48aは第1振動腕26bの表面17aで第1振動腕26bの根元から自由端に向かって延びる。第1検出電極対のグラウンド電極48bは第1振動腕26bの表面17aで第1振動腕26bの根元から自由端に向かって延びる。

【0035】

導電膜18は2組の第1調整用電極対49および2組の第2調整用電極対51を形成する。第1調整用電極対49は第3振動腕28aに固定される。第1調整用電極対49は第1電極片49aおよび1対の第2電極片49bを備える。第1電極片49aは第3振動腕28aの第1側面52に配置される。第1側面52は対称面29に平行に規定されて第3振動腕28aの表面(第1面)17aおよび裏面(第2面)17bを相互に接続する。第1電極片49aは第3振動腕28aの根元から自由端に向かって第3振動腕28aの全長にわたって延びる。

40

【0036】

一方の第2電極片49bは第3振動腕28aの表面17aに配置される。第2電極片49bは第3振動腕28aの根元から自由端に向かって第3振動腕28aの全長にわたって延びる。第2電極片49bは第1側面52および表面17aの稜線を挟んで第1電極片49aと隣り合う。第1電極片49aおよび第2電極片49bの間には稜線に沿って間隙が区画される。第3振動腕28aの変形に応じて第1電極片49aおよび第2電極片49b

50

から電流は取り出される。

【 0 0 3 7 】

第 2 調整用電極対 5 1 は同様に第 3 振動腕 2 8 a に固定される。第 2 調整用電極対 5 1 は第 3 電極片 5 1 a および 1 対の第 4 電極片 5 1 b を備える。第 3 電極片 5 1 a は第 3 振動腕 2 8 a の第 2 側面 5 3 に配置される。第 2 側面 5 3 は対称面 2 9 に平行に規定されて第 3 振動腕 2 8 a の表面 (第 1 面) 1 7 a および裏面 (第 2 面) 1 7 b を相互に接続する。第 2 側面 5 3 は第 1 側面 5 2 の反対側 (裏側) に位置する。第 3 電極片 5 1 a は第 3 振動腕 2 8 a の根元から自由端に向かって第 3 振動腕 2 8 a の全長にわたって延びる。第 3 電極片 5 1 a は第 3 振動腕 2 8 a を挟んで第 1 電極片 4 9 a に対向する。

【 0 0 3 8 】

一方の第 4 電極片 5 1 b は第 3 振動腕 2 8 a の表面 1 7 a に配置される。第 4 電極片 5 1 b は第 3 振動腕 2 8 a の根元から自由端に向かって第 3 振動腕 2 8 a の全長にわたって延びる。第 4 電極片 5 1 b は第 2 側面 5 3 および表面 1 7 a の稜線を挟んで第 3 電極片 5 1 a と隣り合う。第 3 電極片 5 1 a および第 4 電極片 5 1 b の間には稜線に沿って間隙が区画される。第 3 振動腕 2 8 a の変形に応じて第 3 電極片 5 1 a および第 4 電極片 5 1 b から電流は取り出される。

【 0 0 3 9 】

同様に、もう一つの第 3 振動腕 2 8 b には第 1 調整用電極対 4 9 および第 2 調整用電極対 5 1 が固定される。固定にあたって第 3 振動腕 2 8 b には第 3 振動腕 2 8 a と同様に第 1 側面 5 2 および第 2 側面 5 3 が規定される。第 3 振動腕 2 8 b の第 1 側面 5 2 および第 2 側面 5 3 にはそれぞれ第 1 電極片 4 9 a および第 3 電極片 5 1 a が固定される。第 3 振動腕 2 8 b の表面 (第 1 面) 1 7 a には第 2 電極片 4 9 b および第 4 電極片 5 1 b が固定される。

【 0 0 4 0 】

導電膜 1 8 は第 1 検出配線 5 5 および第 2 検出配線 5 6 を形成する。第 1 検出配線 5 5 および第 2 検出配線 5 6 は基部 2 5 や一方の第 2 吊り腕 3 3 a に固定される。第 1 検出配線 5 5 には第 3 振動腕 2 8 a の第 1 電極片 4 9 a および第 4 電極片 5 1 b が電氣的に接続される。第 2 検出配線 5 6 には第 2 電極片 4 9 b および第 3 電極片 5 1 a が電氣的に接続される。同様に、導電膜 1 8 は第 3 検出配線 5 7 および第 4 検出配線 5 8 を形成する。第 3 検出配線 5 7 および第 4 検出配線 5 8 は基部 2 5 やもう一つの第 2 吊り腕 3 3 b に固定される。第 3 検出配線 5 7 には第 3 振動腕 2 8 b の第 1 電極片 4 9 a および第 4 電極片 5 1 b が電氣的に接続される。第 4 検出配線 5 8 には第 2 電極片 4 9 b および第 3 電極片 5 1 a が電氣的に接続される。

【 0 0 4 1 】

図 6 に示されるように、第 1 振動腕 2 6 a の裏面 1 7 b には同様に第 1 検出電極対の信号電極 4 7 a およびグラウンド電極 4 7 b が配置される。信号電極 4 7 a およびグラウンド電極 4 7 b は第 1 振動腕 2 6 a の根元から自由端に向かって延びる。裏面 1 7 b の信号電極 4 7 a は表面 1 7 a の信号電極 4 7 a に第 1 振動腕 2 6 a の自由端で接続されることができる。裏面 1 7 b のグラウンド電極 4 7 b は表面 1 7 a のグラウンド電極 4 7 b に基部 2 5 で接続されることができる。第 1 振動腕 2 6 a の変形に応じて信号電極 4 7 a およびグラウンド電極 4 7 b から電流は取り出される。

【 0 0 4 2 】

もう一つの第 1 振動腕 2 6 b の裏面 1 7 b には同様に信号電極 4 8 a およびグラウンド電極 4 8 b が配置される。信号電極 4 8 a およびグラウンド電極 4 8 b は第 1 振動腕 2 6 b の根元から自由端に向かって延びる。裏面 1 7 b の信号電極 4 8 a は表面 1 7 a の信号電極 4 8 a に第 1 振動腕 2 6 b の自由端で接続されることができる。裏面 1 7 b のグラウンド電極 4 8 b は表面 1 7 a のグラウンド電極 4 8 b に基部 2 5 で接続されることができる。第 1 振動腕 2 6 b の変形に応じて信号電極 4 8 a およびグラウンド電極 4 8 b から電流は取り出される。

【 0 0 4 3 】

10

20

30

40

50

第3振動腕28aの裏面17bには同様に他方の第2電極片49bが配置される。第2電極片49bは第3振動腕28aの根元から自由端に向かって第3振動腕28aの全長にわたって延びる。第2電極片49bは第1側面52および裏面17bの稜線を挟んで第1電極片49aと隣り合う。第1電極片49aおよび第2電極片49bの間には稜線に沿って間隙が区画される。第3振動腕28aの変形に応じて第1電極片49aおよび第2電極片49bから電流は取り出される。同様に、他方の第4電極片51bは第3振動腕28aの裏面17bに配置される。第4電極片51bは第3振動腕28aの根元から自由端に向かって第3振動腕28aの全長にわたって延びる。第4電極片51bは第2側面53および裏面17bの稜線を挟んで第3電極片51aと隣り合う。第3電極片51aおよび第4電極片51bの間には稜線に沿って間隙が区画される。第3振動腕28aの変形に応じて第3電極片51aおよび第4電極片51bから電流は取り出される。

10

【0044】

接続端子群21は1対の第1検出端子(信号端子59aおよびグラウンド端子59b)並びに1対の第2検出端子(信号端子61aおよびグラウンド端子61b)を含む。第1検出端子の信号端子59aおよびグラウンド端子59b並びに第2検出端子の信号端子61aおよびグラウンド端子61bは固定部19に固定される。第1検出端子の信号端子59aは第1検出配線55に電氣的に接続される。第1検出端子のグラウンド端子59bは第2検出配線56に電氣的に接続される。第2検出端子の信号端子61aは第3検出配線57に電氣的に接続される。第2検出端子のグラウンド端子61bは第4検出配線58に電氣的に接続される。グラウンド端子59bは信号端子59aと第1駆動端子45との間に配置される。同様に、グラウンド端子61bは信号端子61aと第2駆動端子46との間に配置される。

20

【0045】

(2) 第1実施形態に係るジャイロセンサーの動作

次にジャイロセンサー11の動作を簡単に説明する。図7に示されるように、角速度の検出にあたって第2振動腕27a、27bで振動が励起される。振動の励起にあたって振動片15には第1駆動端子45および第2駆動端子46から駆動信号が入力される。その結果、第1駆動電極41a、41bと第2駆動電極42a、42bとの間で振動片15の本体17に電界が作用する。特定の周波数の波形が入力されることで、第2振動腕27a、27bは第1基準平面RP1および第2基準平面RP2の間で屈曲運動する。相互に離れたり相互に近づいたりを繰り返す。

30

【0046】

ジャイロセンサー11に角速度運動が加わると、図8に示されるように、コリオリ力の働きで第2振動腕27a、27bの振動方向が変化する。いわゆるウォークモード励振が引き起こされる。このとき、コリオリ力に対応して対称面29に平行に新たに力成分が生起される。第2振動腕27a、27bは対称面29に平行に屈曲運動する。第2振動腕27a、27bは振動の重心回りで揺動する。

【0047】

第2振動腕27a、27bのウォークモード励振は基部25から第1振動腕26a、26bに伝播する。その結果、対称面29に平行な力成分に基づき第1振動腕26a、26bの運動が引き起こされる。第1振動腕26a、26bは対称面29に平行に屈曲運動する。第1振動腕26a、26bは振動の重心回りで揺動する。こうした屈曲運動に応じて第1振動腕26a、26bでは圧電効果に基づき電界が生じ、電荷が生み出される。第1振動腕26aの屈曲運動は第1検出電極対の信号電極47aおよびグラウンド電極47bの間で電位差を生み出す。同様に、第1振動腕26bの屈曲運動は第2検出電極対の信号電極48aおよびグラウンド電極48bの間で電位差を生み出す。

40

【0048】

第2振動腕27a、27bのウォークモード励振は基部25から第3振動腕28a、28bに伝播する。その結果、第3振動腕28a、28bの運動が引き起こされる。こうした運動に応じて第1調整用電極対49および第2調整用電極対51からそれぞれ電気信号

50

が出力される。

【0049】

図9に示されるように、第1振動腕26a、26bの形状が例えば加工誤差に基づき設計された形状からずれると、第1振動腕26a、26bの出力信号ではコリオリ力の力成分に漏れ振動の成分が重畳される。同時に、第1振動腕26a、26bの出力信号には第1調整用電極対49の電気信号および第2調整用電極対51の電気信号が重畳される。電気信号の大きさは調整される。調整の結果、第1および第2調整用電極対49、51の電気信号は漏れ振動の成分を打ち消すことができる。こうして出力信号のS/N比は向上する。電気信号の調整にあたって第1調整用電極対49または第2調整用電極対51の形状は予め整えられる。第1電極片49aおよび第2電極片49bの間に介在する圧電体の体積や第1電極片49aと第2電極片49bとの距離が調整される。第3電極片51aおよび第4電極片51bの間に介在する圧電体の体積や第3電極片51aと第4電極片51bとの距離が調整される。第1振動腕26a、26b、第2振動腕27a、27bおよび第3振動腕28a、28bに切り込みの形成は回避されることができる。機械強度の低下は回避されることができる。切り込みは形成されないことから、加工精度の向上は必ずしも要求されない。

10

【0050】

しかも、第1調整用電極対49の電気信号および第2調整用電極対51の電気信号は互いに逆位相であることから、第1調整用電極対49および第2調整用電極対51の相対関係に基づき電気信号の大きさは調整されることができる。したがって、図9および図10から明らかなように、漏れ振動の位相が第1振動腕26a、26bの出力信号に同位相でも逆位相でも漏れ振動の成分は打ち消されることができる。第1調整用電極対49の電気信号と第2調整用電極対51の電気信号とが相互に打ち消し合えば、図11に示されるように、それら電気信号から第1振動腕26a、26bの出力信号に加えられる影響は排除されることができる。

20

【0051】

(3) 第1実施形態に係るジャイロセンサーの製造方法

ジャイロセンサー11の製造にあたって振動片15が製造される。水晶体から振動片15の本体17が削り出される。本体17上には導電膜18が形成される。導電膜18は設計通りのパターンで形成される。導電膜18の形成にあたって例えばフォトリソグラフィ技術が用いられることができる。

30

【0052】

容器12が用意される。容器本体13内にICチップ16が固着される。続いて容器本体13内に振動片15が固着される。接続端子群21は導電端子群22に接合される。第1および第2駆動端子45、46、第1検出端子59a、59b、並びに、第2検出端子61a、61bはそれぞれ対応の接続端子に受け止められる。こうして振動片15はICチップ16に電氣的に接続される。

【0053】

ここで、ジャイロセンサー11のチューニングが実施される。チューニングではICチップ16に制御信号が供給される。ICチップ16は角速度の検出動作を開始する。前述と同様に、第2振動腕27a、27bで振動が励起される。角速度運動が作用しなければ、第2振動腕27a、27bにはコリオリ力は生成されない。このとき、仮にジャイロセンサー11で角速度=「0(ゼロ)」が検出されれば、容器本体13の開口は蓋材14で気密に塞がれる。容器12の内部空間は封止される。ジャイロセンサー11の製造は完了する。

40

【0054】

ジャイロセンサー11で角速度=「0」が検出されなければ、漏れ振動が想定される。この場合には、測定された電荷量に応じて第1調整用電極対49の第2電極片49bや第2調整用電極対51の第4電極片51bの形状が整えられる。例えばレーザーで電極片49b、51bの一部が除去されたり切り離されたりする。その結果、電極片49b、51

50

bの輪郭にはレーザー痕が形成される。こうして第2電極片49bや第4電極片51bが整えられた結果、ジャイロセンサー11で角速度 = 「0(ゼロ)」が検出されれば、容器本体13の開口は蓋材14で気密に塞がれる。容器12の内部空間は封止される。ジャイロセンサー11の製造は完了する。

【0055】

(4)第2実施形態に係るジャイロセンサー

第2実施形態に係るジャイロセンサー11では振動片15に前述の第3振動腕28a、28bに代えて第3振動腕63が用いられる。図12に示されるように、第3振動腕63の表面(第1面)17aには第1溝64が形成され第3振動腕63の裏面(第2面)17bには第2溝65が形成される。第1溝64および第2溝65は第3振動腕63の根元から自由端に向かって第3振動腕63の長手方向に延びる。第1溝64および第2溝65は第3振動腕63の全長にわたって延びる長溝に形成されることができる。

10

【0056】

第1溝64は第1壁面66aおよび第2壁面66bを有する。第1壁面66aおよび第2壁面66bは相互に向き合う。第1壁面66aは第1側面52との間に第3振動腕63の圧電体を挟む。第2壁面66bは第2側面53との間に第3振動腕63の圧電体を挟む。第1壁面66aおよび第2壁面66bは対称面29に平行に広がればよい。

【0057】

第2溝65は第3壁面67aおよび第4壁面67bを有する。第3壁面67aおよび第4壁面67bは相互に向き合う。第3壁面67aは第1側面52との間に第3振動腕63の圧電体を挟む。第4壁面67bは第2側面53との間に第3振動腕63の圧電体を挟む。第3壁面67aおよび第4壁面67bは対称面29に平行に広がればよい。

20

【0058】

個々の第3振動腕63には第1調整用電極対68および第2調整用電極対69が固定される。第1調整用電極対68は第1電極片68aおよび1対の第2電極片68bを備える。第1電極片68aは第3振動腕63の第1側面52に形成される。第1電極片68aは第3振動腕63の根元から自由端に向かって第3振動腕63の全長にわたって延びる。第1電極片68aは第1検出配線55または第3検出配線57に電氣的に接続される。

【0059】

一方の第2電極片68bは第1溝64内の第1壁面66aに配置される。第2電極片68bは第3振動腕63の根元から自由端に向かって第1溝64の全長にわたって延びる。もう一つの第2電極片68bは第2溝65内の第3壁面67aに配置される。第2電極片68bは第3振動腕63の根元から自由端に向かって第2溝65の全長にわたって延びる。第2電極片68bは第2検出配線56または第4検出配線58に電氣的に接続される。

30

【0060】

第2調整用電極対69は第3電極片69aおよび1対の第4電極片69bを備える。第3電極片69aは第3振動腕63の第2側面53に形成される。第3電極片69aは第3振動腕63の根元から自由端に向かって第3振動腕63の全長にわたって延びる。第3電極片69aは第2検出配線56または第4検出配線58に電氣的に接続される。

【0061】

一方の第4電極片69bは第1溝64内の第2壁面66bに配置される。第4電極片69bは第3振動腕63の根元から自由端に向かって第1溝64の全長にわたって延びる。もう一つの第4電極片69bは第2溝65内の第4壁面67bに配置される。第4電極片69bは第3振動腕63の根元から自由端に向かって第2溝65の全長にわたって延びる。第4電極片69bは第1検出配線55または第3検出配線57に電氣的に接続される。その他の構成は前述の第1実施形態の構成と同一に構成されることができる。前述の第1実施形態と均等な構成や構造には同一の参照符号が付され、その詳細な説明は割愛される。

40

【0062】

駆動信号で励起される振動が第3振動腕63に伝わると、第1側面52の収縮時に第2

50

側面 5 3 は伸張し、第 1 側面 5 2 の伸張時に第 2 側面 5 3 は収縮する。その結果、第 2 調整用電極対 6 9 は第 1 調整用電極対 6 8 の逆位相の電気信号を出力することができる。この第 2 実施形態では、第 1 電極片 6 8 a と第 2 電極片 6 8 b との間に圧電体が挟まれ、第 3 電極片 6 9 a と第 4 電極片 6 9 b との間に圧電体が挟まれることから、第 1 調整用電極対 6 8 および第 2 調整用電極対 6 9 で前述の第 1 調整用電極対 4 9 および第 2 調整用電極対 5 1 よりも大きな出力信号が得られる。漏れ振動の調整範囲は広がることができる。歩留まりは向上することができる。

【 0 0 6 3 】

(5) 第 3 実施形態に係るジャイロセンサー

図 1 3 に示されるように、第 3 実施形態に係るジャイロセンサー 1 1 では振動片 1 5 a は前述の第 1 振動腕 2 6 a、2 6 b に代えて 1 対の第 1 振動腕 7 1 a、7 1 b を備える。第 1 振動腕 7 1 a では第 2 側面 5 3 と表面 1 7 a とは第 1 段差 7 2 で相互に接続される。同様に、第 2 側面 5 3 と裏面 1 7 b とは第 2 段差 7 3 で相互に接続される。第 1 段差 7 2 および第 2 段差 7 3 は第 1 振動腕 7 1 a の根元から自由端に向かって例えば第 1 振動腕 7 1 a の全長にわたって延びる。第 1 段差 7 2 は、第 2 側面 5 3 との間に稜線を規定する段差面 7 2 a と、段差面 7 2 a に交差しつつ表面 1 7 a との間に稜線を規定する垂直面 7 2 b とを備える。垂直面 7 2 b と第 1 側面 5 2 との間に第 1 振動腕 7 1 a の圧電体が挟まれる。同様に、第 2 段差 7 3 は、第 2 側面 5 3 との間に稜線を規定する段差面 7 3 a と、段差面 7 3 a に交差しつつ裏面 1 7 b との間に稜線を規定する垂直面 7 3 b とを備える。垂直面 7 3 b と第 1 側面 5 2 との間に第 1 振動腕 7 1 a の圧電体が挟まれる。段差面 7 2 a、7 3 a 同士の間第 1 振動腕 7 1 a の圧電体は挟まれる。2 つの第 1 振動腕 7 1 a、7 1 b は同形状に形成される。段差面 7 2 a、7 3 a は表面 1 7 a や裏面 1 7 b に平行に広がることができる。垂直面 7 2 b、7 3 b は対称面 2 9 に平行に広がればよい。

【 0 0 6 4 】

個々の第 1 振動腕 7 1 a、7 1 b で導電膜 1 8 は第 1 検出電極対および第 2 検出電極対を形成する。一方の第 1 振動腕 7 1 a では第 1 検出電極対の第 1 信号電極 7 4 は第 1 段差 7 2 に固定される。第 1 信号電極 7 4 は第 1 段差 7 2 の段差面 7 2 a および垂直面 7 2 b を覆う。第 1 信号電極 7 4 は第 1 振動腕 7 1 a の根元から自由端に向かって例えば第 1 段差 7 2 の全長にわたって延びる。第 2 検出電極対の第 2 信号電極 7 5 は第 2 段差 7 3 に固定される。第 2 信号電極 7 5 は第 2 段差 7 3 の段差面 7 3 a および垂直面 7 3 b を覆う。第 2 信号電極 7 5 は第 1 振動腕 7 1 a の根元から自由端に向かって例えば第 2 段差 7 3 の全長にわたって延びる。第 1 検出電極対および第 2 検出電極対はグラウンド電極 7 6 を共有する。グラウンド電極 7 6 は第 1 側面 5 2 に固定される。グラウンド電極 7 6 は第 1 側面 5 2 を覆う。グラウンド電極 7 6 は第 1 振動腕 7 1 a の根元から自由端に向かって例えば第 1 振動腕 7 1 a の全長にわたって延びる。こうして第 1 振動腕 7 1 a の圧電体は第 1 信号電極 7 4 およびグラウンド電極 7 6 に挟まれ第 2 信号電極 7 5 およびグラウンド電極 7 6 に挟まれる。

【 0 0 6 5 】

もう一つの第 1 振動腕 7 1 b では第 1 検出電極対の第 1 信号電極 7 4 は第 2 段差 7 3 に固定される。第 1 信号電極 7 4 は第 2 段差 7 3 の段差面 7 3 a および垂直面 7 3 b を覆う。第 1 信号電極 7 4 は第 1 振動腕 7 1 b の根元から自由端に向かって例えば第 2 段差 7 3 の全長にわたって延びる。第 2 検出電極対の第 2 信号電極 7 5 は第 1 段差 7 2 に固定される。第 2 信号電極 7 5 は第 1 段差 7 2 の段差面 7 2 a および垂直面 7 2 b を覆う。第 2 信号電極 7 5 は第 1 振動腕 7 1 b の根元から自由端に向かって例えば第 1 段差 7 2 の全長にわたって延びる。第 1 検出電極対および第 2 検出電極対はグラウンド電極 7 6 を共有する。グラウンド電極 7 6 は第 1 側面 5 2 に固定される。グラウンド電極 7 6 は第 1 側面 5 2 を覆う。グラウンド電極 7 6 は第 1 振動腕 7 1 b の根元から自由端に向かって例えば第 1 振動腕 7 1 b の全長にわたって延びる。こうして第 1 振動腕 7 1 b の圧電体は第 2 信号電極 7 5 およびグラウンド電極 7 6 に挟まれ第 1 信号電極 7 4 およびグラウンド電極 7 6 に挟まれる。

【0066】

図14に示されるように、第1振動腕71aの第1信号電極74は第1検出配線55に接続される。この接続にあたって導電膜18は基部25上に第1配線77を形成する。第1配線77は表面17aで第3振動腕28aの第4電極片51bに第1振動腕71aの第1信号電極74を接続する。

【0067】

第1振動腕71bの第2信号電極75は第3検出配線57に接続される。この接続にあたって導電膜18は基部25上に第2配線78を形成する。第2配線78は表面17aで第3振動腕28bの第4電極片51bに第1振動腕71bの第2信号電極75を接続する。

10

【0068】

図15に示されるように、第1振動腕71aの第2信号電極75は第3検出配線57に接続される。この接続にあたって導電膜18は基部25上に第3配線79を形成する。第3配線79は第1振動腕71bと第3振動腕28bとの間で裏面17bから表面17aに延びる。第3配線79は第2配線78に接続される。

【0069】

第1振動腕71bの第1信号電極74は第1検出配線55に接続される。この接続にあたって導電膜18は基部25上に第4配線81を形成する。第4配線81は第1振動腕71a、71b同士の間で裏面17bから表面17aに延びる。第4配線81は第1配線77に接続される。

20

【0070】

第1振動腕71a、71bのグラウンド電極76は第2検出配線56および第4検出配線58に接続される。ここでは第2検出配線56および第4検出配線58は相互に接続されることができる。その結果、グラウンド電極76は第1検出端子のグラウンド端子59bおよび第2検出端子のグラウンド端子61bに接続されることができる。こうした第1振動腕71a、71bの採用によれば、第1振動腕71a、71bの検出感度が増加する。S/N比は向上する。

【0071】

(6) 第4実施形態に係るジャイロセンサー

図16に示されるように、第4実施形態に係るジャイロセンサー11では振動片15bは前述の第1調整用電極対49および第2調整用電極対51に代えて第1調整用電極対82および第2調整用電極対83を備える。第1調整用電極対82は第1電極片82aおよび1対の第2電極片82bを備える。第1電極片82aは第3振動腕28aの表面17aに配置される。第1電極片82aは第3振動腕28aの根元から自由端に向かって第3振動腕28aの全長にわたって延びる。

30

【0072】

第2電極片82bは第3振動腕28aの第1側面52および第2側面53にそれぞれ配置される。第2電極片82bは第3振動腕28aの根元から自由端に向かって第3振動腕28aの全長にわたって延びる。一方の第2電極片82bは第1側面52および表面17aの稜線を挟んで第1電極片82aと隣り合う。もう一つの第2電極片82bは第2側面53および表面17aの稜線を挟んで第1電極片82aと隣り合う。第1電極片82aおよび第2電極片82bの間にはそれぞれ稜線に沿って間隙が区画される。第3振動腕28aの変形に応じて第1電極片82aおよび第2電極片82bから電流は取り出される。

40

【0073】

第2調整用電極対83は第3電極片83aおよび1対の第4電極片83bを備える。第3電極片83aは第3振動腕28aの裏面17bに配置される。第3電極片83aは第3振動腕28aの根元から自由端に向かって第3振動腕28aの全長にわたって延びる。第4電極片83bは第3振動腕28aの第1側面52および第2側面53にそれぞれ配置される。第4電極片83bは第3振動腕28aの根元から自由端に向かって第3振動腕28aの全長にわたって延びる。一方の第4電極片83bは第1側面52および裏面17bの

50

稜線を挟んで第3電極片83aにと隣り合う。もう一つの第4電極片83bは第2側面53および裏面17bの稜線を挟んで第3電極片83aと隣り合う。第3電極片83aおよび第4電極片82bの間にはそれぞれ稜線に沿って間隙が区画される。第3振動腕28aの変形に応じて第3電極片83aおよび第4電極片83bから電流は取り出される。同様に、もう一つの第3振動腕28bには第1調整用電極対82および第2調整用電極対83が固定される。

【0074】

図17に示されるように、導電膜18は第1検出配線84および第2検出配線85を形成する。第1検出配線84および第2検出配線85は基部25や一方の第2吊り腕33aに固定される。第1検出配線84には第3振動腕28aの第1電極片82aおよび第1振動腕26aの信号電極47aが電氣的に接続される。第2検出配線85には第2電極片82bおよび第1振動腕26aのグラウンド電極47bが電氣的に接続される。同様に、導電膜18は第3検出配線86および第4検出配線87を形成する。第3検出配線86および第4検出配線87は基部25やもう一つの第2吊り腕33bに固定される。第3検出配線86には第3振動腕28bの第1電極片82aおよび第1振動腕26bの信号電極48aが電氣的に接続される。第4検出配線87には第2電極片82bおよび第1振動腕26bのグラウンド電極48bが電氣的に接続される。

【0075】

図18に示されるように、第3振動腕28aの第4電極片83bおよび第1振動腕26aの信号電極47aは第1検出配線84に電氣的に接続される。第1検出配線84は第1検出端子の信号端子59aに電氣的に接続される。第3振動腕28aの第3電極片83aおよび第1振動腕26aのグラウンド電極47bは第2検出配線85に電氣的に接続される。第2検出配線85は第1検出端子のグラウンド端子59bに電氣的に接続される。同様に、第3振動腕28bの第4電極片83bおよび第1振動腕26bの信号電極48aは第3検出配線86に電氣的に接続される。第3検出配線86は第2検出端子の信号端子61aに電氣的に接続される。第3振動腕28bの第3電極片83aおよび第1振動腕26bのグラウンド電極48bは第4検出配線87に電氣的に接続される。第4検出配線87は第2検出端子のグラウンド端子61bに電氣的に接続される。

【0076】

図19に示されるように、第1振動腕26a、26bの形状が例えば加工誤差に基づき設計された形状からずれると、第1振動腕26a、26bの出力信号ではコリオリ力の力成分に漏れ振動の成分が重畳される。同時に、第1振動腕26a、26bの出力信号には第1調整用電極対82の電気信号および第2調整用電極対83の電気信号が重畳される。電気信号の大きさは調整される。調整の結果、第1および第2調整用電極対82、83の電気信号は漏れ振動の成分を打ち消すことができる。こうして出力信号のS/N比は向上する。電気信号の調整にあたって第1調整用電極対82または第2調整用電極対83の形状は予め整えられる。第1電極片82aおよび第2電極片82bの間に介在する圧電体の体積や第1電極片82aと第2電極片82bとの距離が調整される。第3電極片83aおよび第4電極片83bの間に介在する圧電体の体積や第3電極片83aと第4電極片83bとの距離が調整される。第1振動腕26a、26b、第2振動腕27a、27bおよび第3振動腕28a、28bに切り込みの形成は回避されることができ、機械強度の低下は回避されることができ、切り込みは形成されないことから、加工精度の向上は必ずしも要求されない。

【0077】

しかも、第1調整用電極対82の電気信号および第2調整用電極対83の電気信号は互いに逆位相であることから、第1調整用電極対82および第2調整用電極対83の相対関係に基づき電気信号の大きさは調整されることができ、したがって、図19および図20から明らかなように、漏れ振動の位相が第1振動腕26a、26bの出力信号に同位相でも逆位相でも漏れ振動の成分は打ち消されることができ、第1調整用電極対82の電気信号と第2調整用電極対83の電気信号とが相互に打ち消し合えば、前述と同様に、そ

10

20

30

40

50

れら電気信号から第1振動腕26a、26bの出力信号に加えられる影響は排除されることができ。

【0078】

(7) 第5実施形態に係るジャイロセンサー

第5実施形態に係るジャイロセンサー11では振動片15に前述の第3振動腕28a、28bに代えて第3振動腕88が用いられる。図21に示されるように、第3振動腕88では表面17aおよび裏面17bは第1段差89および第2段差91でそれぞれ第1側面52に接続される。同様に、第3振動腕88では表面17aおよび裏面17bは第3段差92および第4段差93でそれぞれ第2側面53に接続される。第1～第4段差89～93は第3振動腕88の根元から自由端に向かって例えば第3振動腕88の全長にわたって延びる。

10

【0079】

第1段差89は、第1側面52との間に稜線を規定する段差面89aと、段差面89aに交差しつつ表面17aとの間に稜線を規定する垂直面89bとを備える。第2段差91は、第1側面52との間に稜線を規定する段差面91aと、段差面91aに交差しつつ裏面17bとの間に稜線を規定する垂直面91bとを備える。第3段差92は、第2側面53との間に稜線を規定する段差面92aと、段差面92aに交差しつつ表面17aとの間に稜線を規定する垂直面92bとを備える。第4段差93は、第2側面53との間に稜線を規定する段差面93aと、段差面93aに交差しつつ裏面17bとの間に稜線を規定する垂直面93bとを備える。垂直面89b、92b同士の間には第3振動腕88の圧電体が挟まれる。同様に、垂直面91b、93b同士の間には第3振動腕88の圧電体が挟まれる。第1段差89の垂直面89bおよび第3段差92の垂直面92bにそれぞれ第1調整用電極82の第2電極片82bが固定される。第2段差91の垂直面91bおよび第4段差93の垂直面93bにそれぞれ第2調整用電極83の第4電極片83bが固定される。

20

【0080】

(8) 第6実施形態に係るジャイロセンサー

第6実施形態に係るジャイロセンサー11では振動片15に前述の第3振動腕88に代えて第3振動腕94が用いられる。この第3振動腕94では、図22に示されるように、前述の第3振動腕88で表面17aおよび裏面17bに第1溝95および第2溝96がそれぞれ形成される。第1溝95および第2溝96は第3振動腕94の根元から自由端に向かって第3振動腕94の長手方向に延びる。第1溝95および第2溝96は第3振動腕94の全長にわたって延びる長溝に形成されることができ。

30

【0081】

第1溝95は第1壁面95aおよび第2壁面95bを有する。第1壁面95aおよび第2壁面95bは相互に向き合う。第1壁面95aは第1段差89の垂直面89bとの間に第3振動腕94の圧電体を挟む。第2壁面95bは第3段差92の垂直面92bとの間に第3振動腕94の圧電体を挟む。第1壁面95aおよび第2壁面95bは対称面29に平行に広がればよい。

【0082】

第2溝96は第3壁面96aおよび第4壁面96bを有する。第3壁面96aおよび第4壁面96bは相互に向き合う。第3壁面96aは第2段差91の垂直面91bとの間に第3振動腕94の圧電体を挟む。第4壁面96bは第4段差93の垂直面93bとの間に第3振動腕94の圧電体を挟む。第3壁面96aおよび第4壁面96bは対称面29に平行に広がればよい。

40

【0083】

第1溝95の第1壁面95aおよび第2壁面95bには第1調整用電極対82の第1電極片82aが固定される。したがって、第1電極片82aと第2電極片82bとの間に第3振動腕94の圧電体は挟まれる。第2溝96の第3壁面96aおよび第4壁面96bには第2調整用電極対83の第3電極片83aが固定される。したがって、第1電極片83aと第2電極片83bとの間に第3振動腕94の圧電体は挟まれる。その他の構成は前述

50

の第1実施形態の構成と同一に構成されることができる。前述の第1実施形態と均等な構成や構造には同一の参照符号が付され、その詳細な説明は割愛される。

【0084】

コリオリ力で励起される振動が第3振動腕94に伝わると、表面17aの収縮時に裏面17bは伸張し、表面17aの伸張時に裏面17bは収縮する。その結果、第2調整用電極対83は第1調整用電極対82の逆位相の電気信号を出力することができる。この第6実施形態では、第1電極片82aと第2電極片82bとの間に圧電体が挟まれ、第3電極片83aと第4電極片83bとの間に圧電体が挟まれることから、第1調整用電極対82および第2調整用電極対83で前述の第1調整用電極対82および第2調整用電極対83よりも大きな出力信号が得られる。漏れ振動の調整範囲は広がることことができる。歩留まりは向上することができる。

10

【0085】

(9)第7実施形態に係るジャイロセンサー

第7実施形態に係るジャイロセンサー11では前述の振動片15に代えて振動片15cが用いられる。図23に示されるように、振動片15cは音叉形の本体101を備える。本体101は本体101の重心を含み第1および第2基準平面RP1、RP2に直交する対称面29に関して面对称に形作られる。本体101は非圧電体で形成される。ここでは、本体101は例えばシリコン(Si)から形成される。本体101は基部102と第1振動腕103a、103bとを有する。第1振動腕103a、103bは基部102から同方向に並列に延びる。第1振動腕103a、103bは基部102に片持ち支持される。片持ち支持にあたって本体101の一端には固定部101aが区画される。

20

【0086】

第1振動腕103a、103bの表面には1対の駆動用圧電体104a、104bおよび1つの検出用圧電体105がそれぞれ積層される。駆動用圧電体104a、104bおよび検出用圧電体105は例えばチタン酸ジルコン酸鉛(PZT)から形成されることができる。駆動用圧電体104a、104bおよび検出用圧電体105の積層にあたって本体101の表面には導電材の下地膜106が形成される。この下地膜106は共通のグラウンド電極として機能することができる。駆動用圧電体104a、104bおよび検出用圧電体105の表面には駆動電極107a、107bおよび検出電極108がそれぞれ固定される。こうして駆動用圧電体104a、104bは駆動電極107a、107bおよび下地膜106に挟まれる。検出用圧電体105は検出電極108および下地膜106に挟まれる。

30

【0087】

固定部101aには1対の駆動端子109a、109b、1対の検出端子111およびグラウンド端子112が配置される。一方の駆動端子109aは振動腕103a、103bごとに一方の駆動電極107aに接続される。他方の駆動端子109bは第1振動腕103a、103bごとに他方の駆動電極107bに接続される。検出端子111は検出電極108に接続される。グラウンド端子112は下地膜106に接続される。したがって、相互に逆位相で第1振動腕103a、103b上の駆動電極107a、107bに駆動信号が供給されると、第1振動腕103a、103bは第1基準平面RP1および第2基準平面RP2の間で屈曲運動する。相互に離れたり近づいたりを繰り返す。

40

【0088】

本体101は1対の第2振動腕113をさらに備える。第2振動腕113は第1振動腕103a、103bに並列に延びる。第2振動腕113の表面には1対の調整用圧電体114が積層される。調整用圧電体114は相互に並列に対称面29に平行に延びる。調整用圧電体114は対称面29に平行な第2振動腕113の中心線115で線対称に形成されることができる。調整用圧電体114は例えばPZTから形成されることができる。調整用圧電体114の積層にあたって第2振動腕113では本体101の表面に下地膜106が広がる。下地膜106はグラウンド電極として機能する。個々の調整用圧電体114の表面には個別に電極片117、118が配置される。電極片117、118同士は中心

50

線 1 1 5 で線対称に形成されることができる。電極片 1 1 7、1 1 8 は下地膜 1 0 6 から離れた位置で調整用圧電体 1 1 4 にそれぞれ接触する。ここでは、電極片 1 1 7、1 1 8 および下地膜 1 0 6 の間に調整用圧電体 1 1 4 は挟まれる。

【 0 0 8 9 】

駆動信号で励起される振動が第 2 振動腕 1 1 3 に伝わると、電極片 1 1 7 および下地膜 1 0 6 の間で調整用圧電体 1 1 4 は第 2 振動腕 1 1 3 の長手方向に収縮する一方で、電極片 1 1 8 および下地膜 1 0 6 の間で調整用圧電体 1 1 4 は第 2 振動腕 1 1 3 の長手方向に伸張する。反対に、電極片 1 1 7 および下地膜 1 0 6 の間で調整用圧電体 1 1 4 が第 2 振動腕 1 1 3 の長手方向に伸張すると、電極片 1 1 8 および下地膜 1 0 6 の間で調整用圧電体 1 1 4 は第 2 振動腕 1 1 3 の長手方向に収縮する。その結果、電極片 1 1 7 と電極片 1 1 8 とは相互に逆位相の電気信号を出力することができる。

10

【 0 0 9 0 】

前述と同様に、第 1 振動腕 1 0 3 a、1 0 3 b の出力信号に含まれる漏れ振動の成分は電極片 1 1 7、1 1 8 の電気信号で少なくとも部分的に打ち消されることができる。電極片 1 1 7、1 1 8 の電気信号が第 1 振動腕 1 0 3 a、1 0 3 b の出力信号に重畳されると、出力信号の S/N 比は向上する。しかも、電極片 1 1 7 の電気信号および電極片 1 1 8 の電気信号は互いに逆位相であることから、電極片 1 1 7、1 1 8 の相対関係に基づき電気信号の大きさは調整されることができる。したがって、漏れ振動の位相が第 1 振動腕 1 0 3 a、1 0 3 b の出力信号に同位相でも逆位相でも漏れ振動の成分は打ち消されることができる。電極片 1 1 7 の電気信号と電極片 1 1 8 の電気信号とが釣り合えば、それら電気信号から検出用振動腕 1 0 3 a、1 0 3 b の出力信号に加えられる影響は排除されることができる。導電片 1 1 7、1 1 8 が例えば部分的に削除されれば、電気信号の大きさは調整されることができる。電気信号の調整にあたって電極片 1 1 7、1 1 8 の形状が制御されればよく、第 1 振動腕 1 0 3 a、1 0 3 b や第 2 振動腕 1 1 3 に切り込みの形成は回避されることができる。機械強度の低下は回避されることができる。切り込みは形成されないことから、加工精度の向上は必ずしも要求されない。

20

【 0 0 9 1 】

(1 0) 電子機器その他

図 2 4 は電子機器の一具体例としてのスマートフォン 2 0 1 を概略的に示す。スマートフォン 2 0 1 には振動片 1 5、1 5 a ~ 1 5 c を有するジャイロセンサー 1 1 が組み込まれる。ジャイロセンサー 1 1 はスマートフォン 2 0 1 の姿勢を検出することができる。いわゆるモーションセンシングが実施される。ジャイロセンサー 1 1 の検出信号は例えばマイクロコンピューターチップ (MPU) 2 0 2 に供給されることができる。MPU 2 0 2 はモーションセンシングに応じて様々な処理を実行することができる。その他、こういったモーションセンシングは、携帯電話機、携帯型ゲーム機、ゲームコントローラー、カーナビゲーションシステム、ポインティングデバイス、ヘッドマウンティングディスプレイ、タブレットパソコン等の電子機器で利用されることができる。モーションセンシングの実現にあたってジャイロセンサー 1 1 は組み込まれることができる。

30

【 0 0 9 2 】

図 2 5 は電子機器の他の具体例としてのデジタルスチルカメラ (以下「カメラ」という) 2 0 3 を概略的に示す。カメラ 2 0 3 には振動片 1 5、1 5 a ~ 1 5 c を有するジャイロセンサー 1 1 が組み込まれる。ジャイロセンサー 1 1 はカメラ 2 0 3 の姿勢を検出することができる。ジャイロセンサー 1 1 の検出信号は手ぶれ補正装置 2 0 4 に供給されることができる。手ぶれ補正装置 2 0 4 はジャイロセンサー 1 1 の検出信号に応じて例えばレンズセット 2 0 5 内の特定のレンズを移動させることができる。こうして手ぶれは補正されることができる。その他、手ぶれ補正はデジタルビデオカメラで利用されることができる。手ぶれ補正の実現にあたってジャイロセンサー 1 1 は組み込まれることができる。

40

【 0 0 9 3 】

図 2 6 は移動体の一具体例としての自動車 2 0 6 を概略的に示す。自動車 2 0 6 には振

50

動片 15、15a ~ 15c を有するジャイロセンサー 11 が組み込まれる。ジャイロセンサー 11 は車体 207 の姿勢を検出することができる。ジャイロセンサー 11 の検出信号は車体姿勢制御装置 208 に供給されることができる。車体姿勢制御装置 208 は例えば車体 207 の姿勢に応じてサスペンションの硬軟を制御したり個々の車輪 209 のブレーキを制御したりすることができる。その他、こういった姿勢制御は二足歩行ロボットや航空機、ヘリコプター等の各種移動体で利用されることができる。姿勢制御の実現にあたってジャイロセンサー 11 は組み込まれることができる。

【0094】

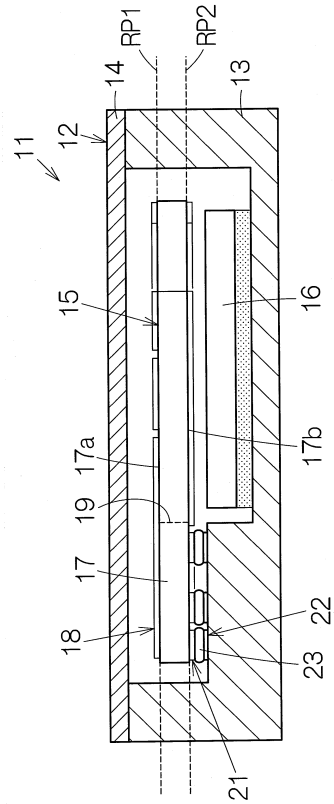
なお、上記のように本実施形態について詳細に説明したが、本発明の新規事項および効果から実体的に逸脱しない多くの変形が可能であることは当業者には容易に理解できるであろう。したがって、このような変形例はすべて本発明の範囲に含まれる。例えば、上記実施形態では、振動片としての形成材料として水晶を用いた例を説明したが、水晶以外の圧電体材料を用いることができる。例えば、窒化アルミニウム (AlN) や、ニオブ酸リチウム (LiNbO₃)、タンタル酸リチウム (LiTaO₃)、チタン酸ジルコン酸鉛 (PZT)、四ホウ酸リチウム (Li₂B₄O₇)、ランガサイト (La₃Ga₅SiO₁₄) などの酸化物基板や、ガラス基板上に窒化アルミニウムや五酸化タンタル (Ta₂O₅) などの圧電体材料を積層させて構成された積層圧電基板、あるいは圧電セラミックスなどを用いることができる。また、明細書または図面において、少なくとも一度、より広義または同義な異なる用語とともに記載された用語は、明細書または図面のいかなる箇所においても、その異なる用語に置き換えられることができる。また、振動片 15、15a ~ 15c やジャイロセンサー 11、電子機器、移動体等の構成および動作も本実施形態で説明したものに限定されず、種々の変形が可能である。

【符号の説明】

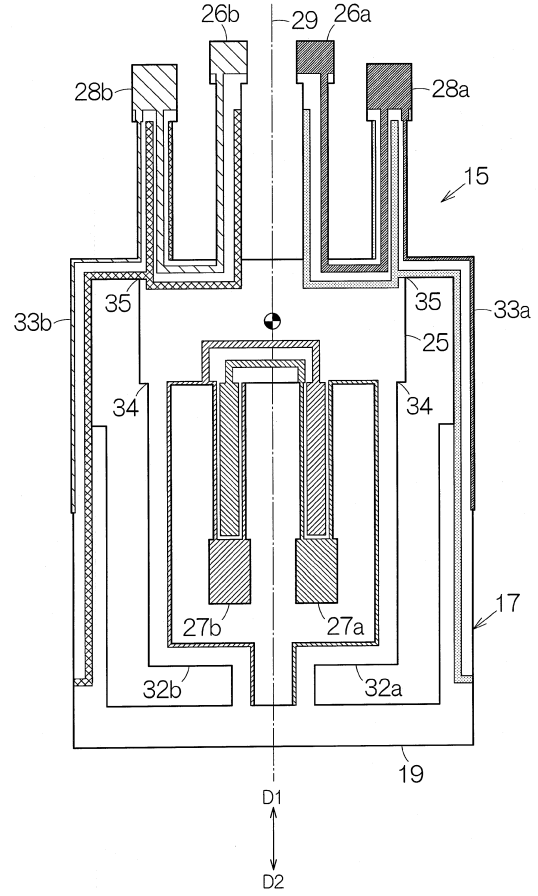
【0095】

11 ジャイロセンサー、15 振動片、15a 振動片、15b 振動片、15c 振動片、17a 第1面(表面)、17b 第2面(裏面)、25 基部、26a 検出用振動腕(第1振動腕)、26b 検出用振動腕(第1振動腕)、27a 駆動用振動腕(第2振動腕)、27b 駆動用振動腕(第2振動腕)、47a 検出電極(信号電極)、47b 検出電極(グラウンド電極)、48a 検出電極(信号電極)、48b 検出電極(グラウンド電極)、52 第1側面、53 第2側面、63 調整用振動腕(第3振動腕)、64 第1溝、65 第2溝、66a 第1壁面、66b 第2壁面、67a 第3壁面、67b 第4壁面、68 第1調整用電極、68a 第1電極片、68b 第2電極片、69 第2調整用電極、69a 第3電極片、69b 第4電極片、102 基部、103a 駆動用振動腕兼検出用振動腕(第1振動腕)、103b 駆動用振動腕兼検出用振動腕(第1振動腕)、106 第1調整用電極兼第2調整用電極(下地膜)、108 検出電極、113 調整用振動腕(第2振動腕)、114 圧電体(調整用圧電体)、117 第1調整用電極(電極片)、118 第2調整用電極(電極片)、201 電子機器(スマートフォン)、203 電子機器(デジタルスチルカメラ)、206 移動体(自動車)。

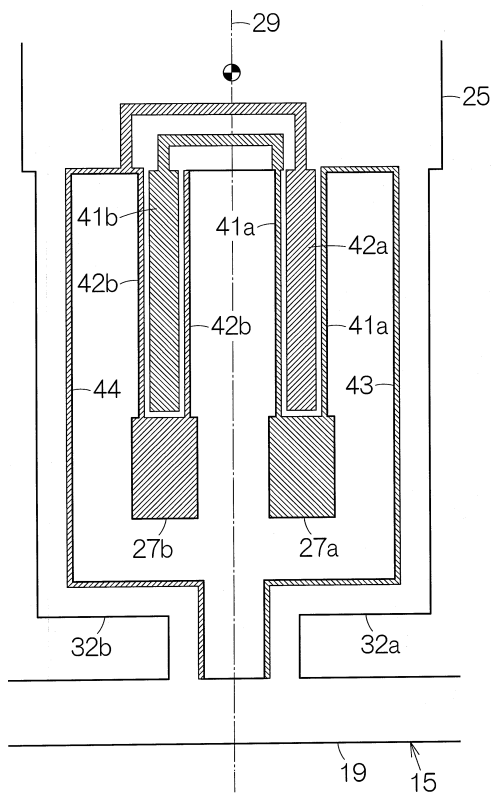
【図1】



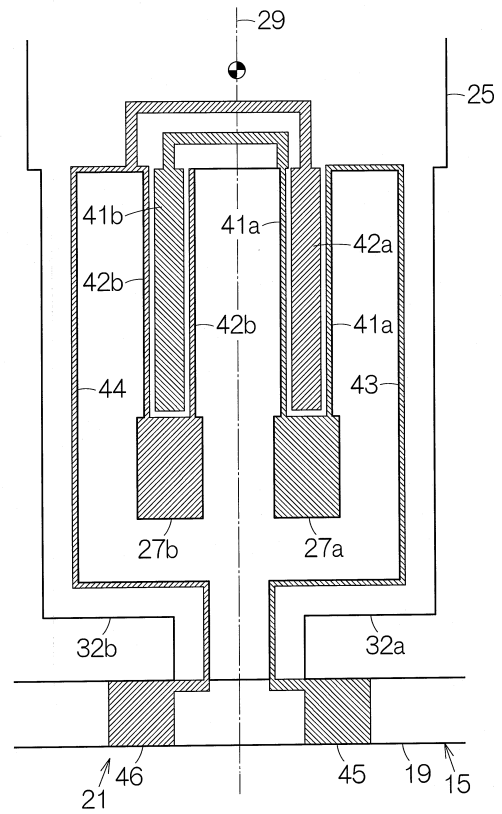
【図2】



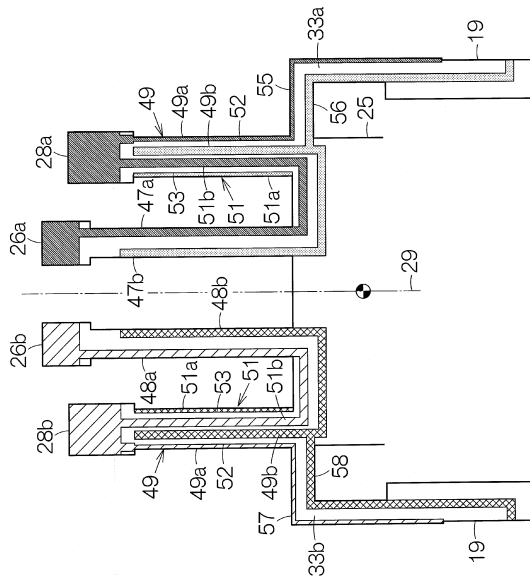
【図3】



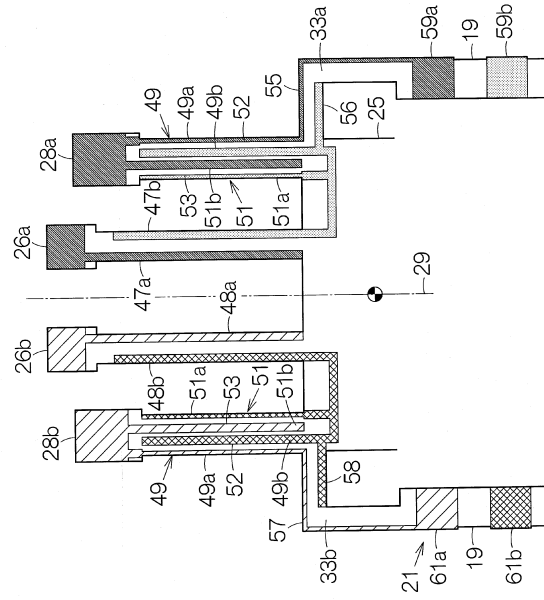
【図4】



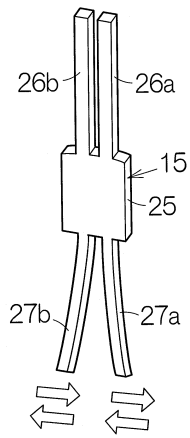
【 図 5 】



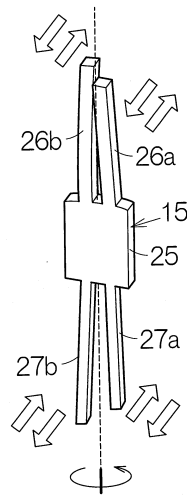
【 図 6 】



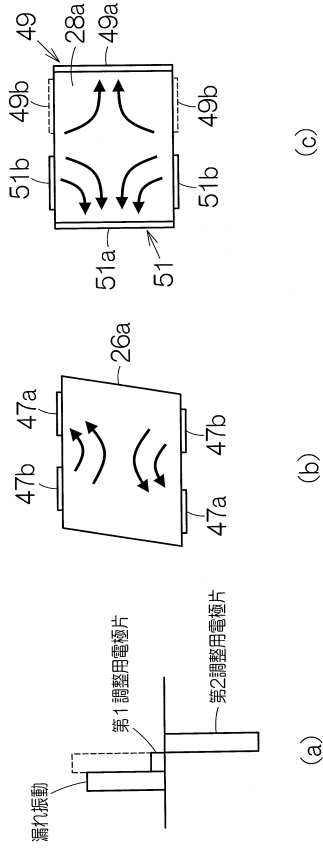
【 図 7 】



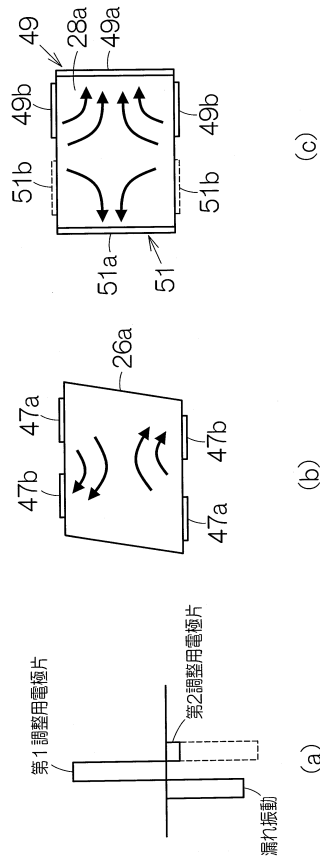
【 図 8 】



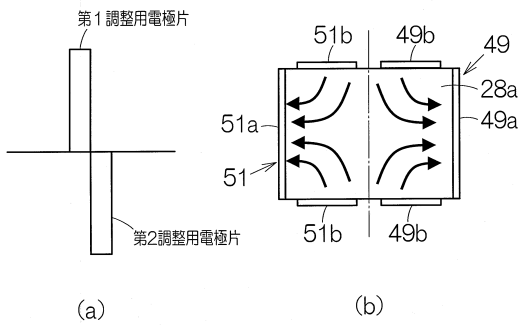
【 図 9 】



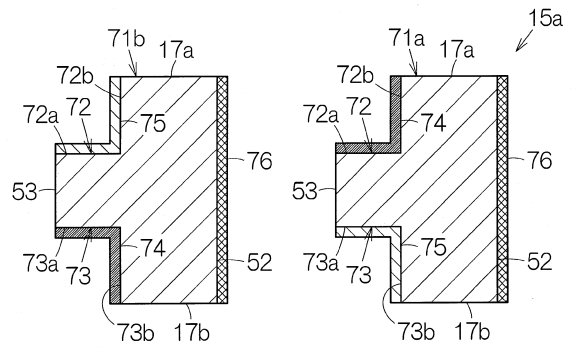
【 図 10 】



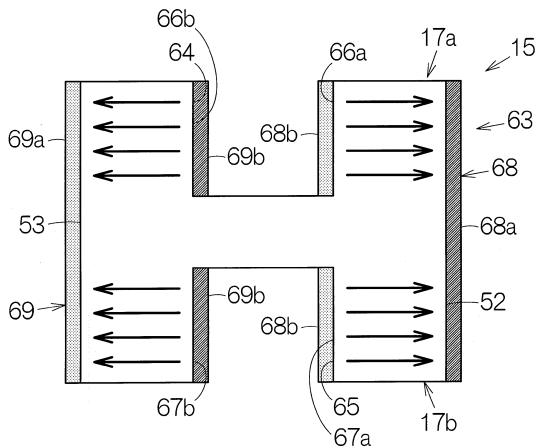
【 図 11 】



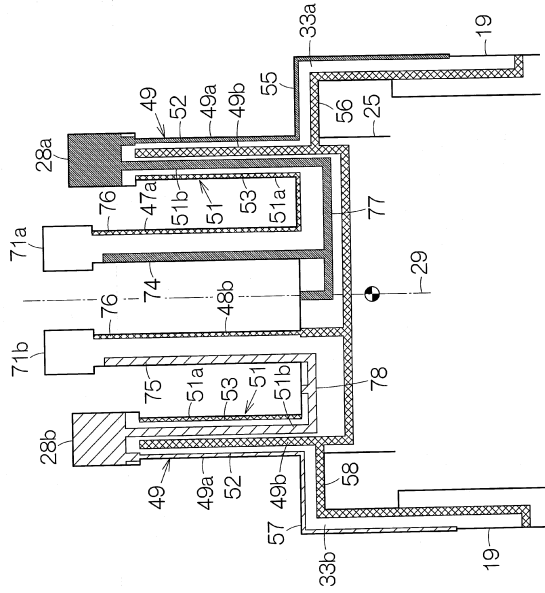
【 図 13 】



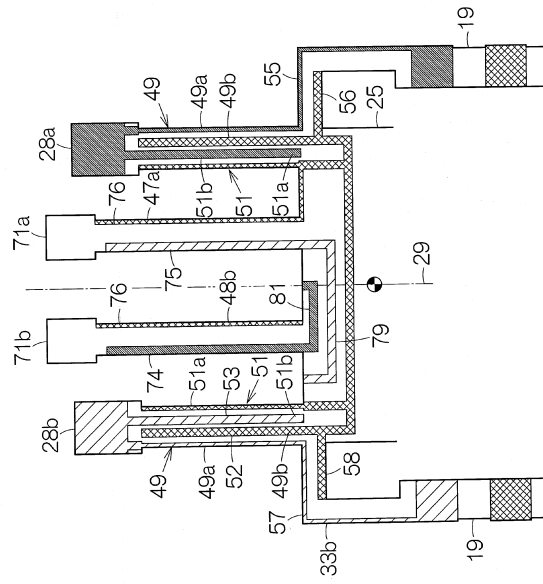
【 図 12 】



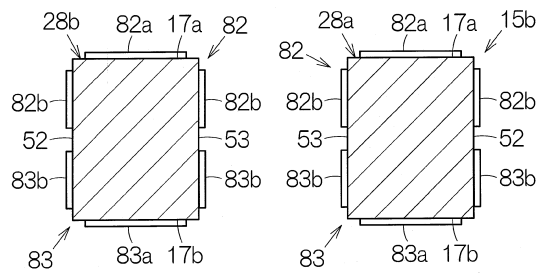
【 図 1 4 】



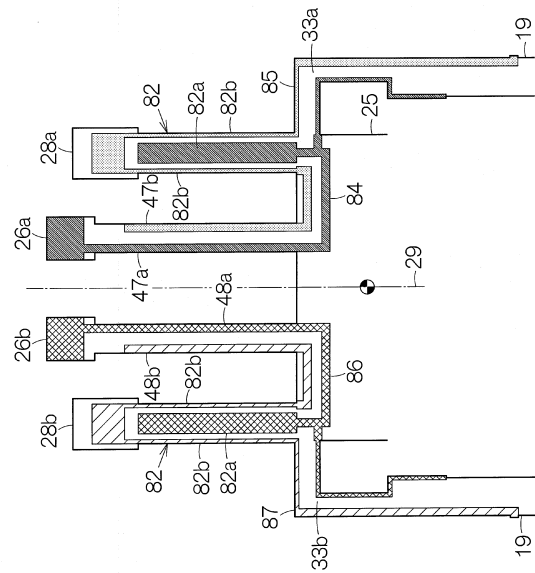
【 図 1 5 】



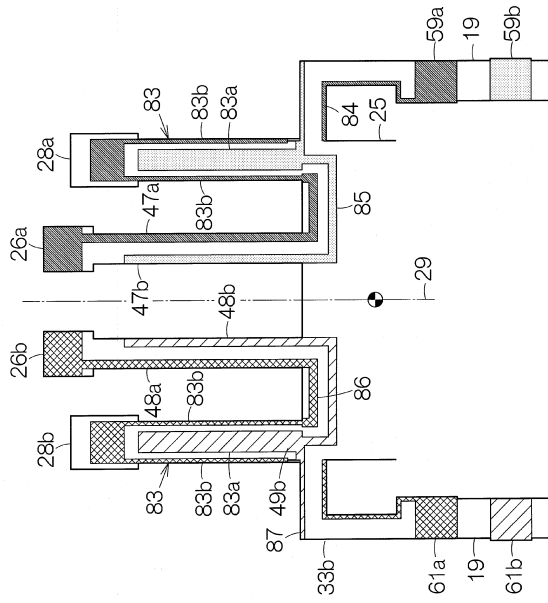
【 図 1 6 】



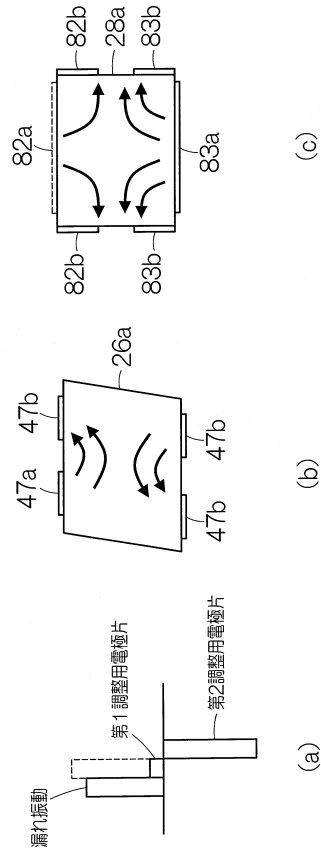
【 図 1 7 】



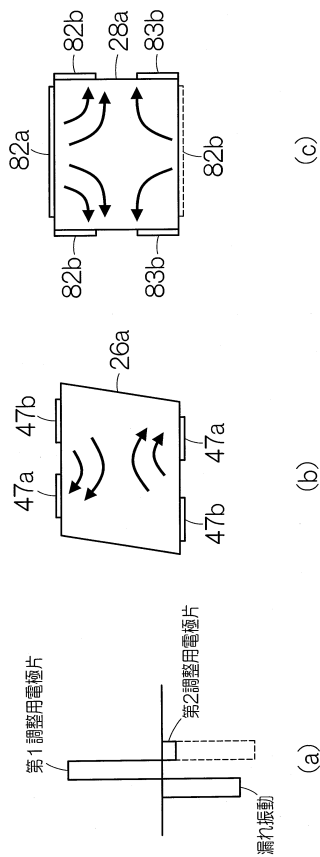
【 図 18 】



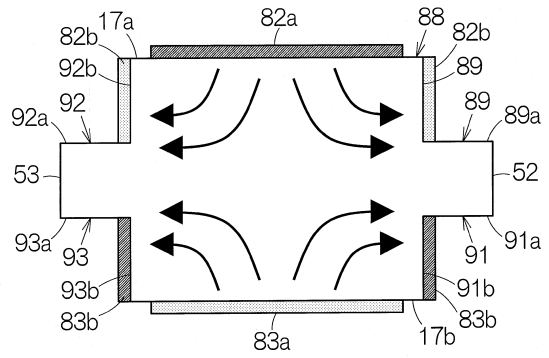
【 図 19 】



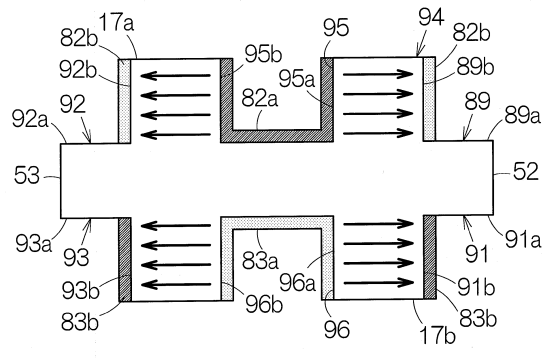
【 図 20 】



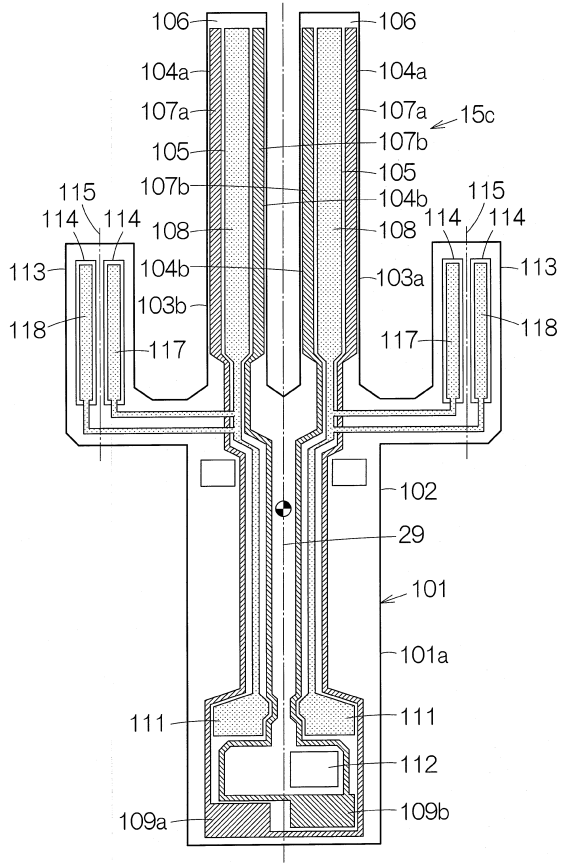
【 図 21 】



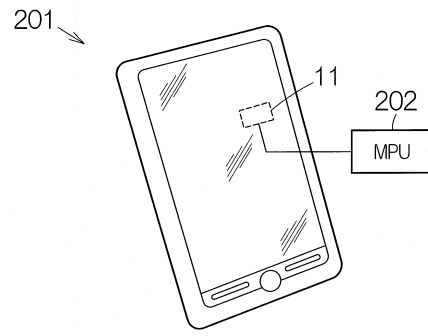
【 図 22 】



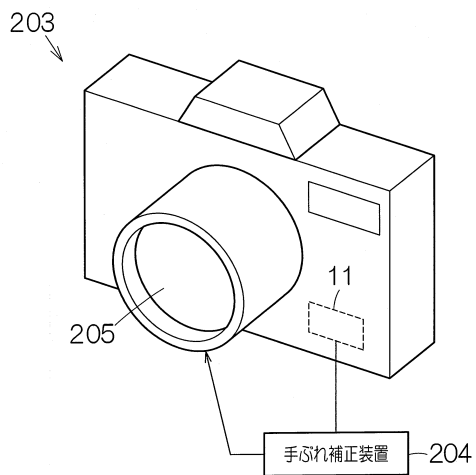
【図 23】



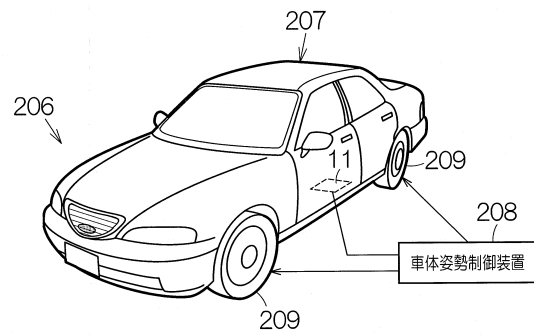
【図 24】



【図 25】



【図 26】



フロントページの続き

審査官 中村 説志

- (56)参考文献 特開2010-135898(JP,A)
特開平09-178491(JP,A)
特開2010-226639(JP,A)
米国特許第05866816(US,A)
特開2011-141266(JP,A)
特開2001-165664(JP,A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
G01C19/56-19/5783