

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第4310325号
(P4310325)

(45) 発行日 平成21年8月5日 (2009.8.5)

(24) 登録日 平成21年5月15日 (2009.5.15)

(51) Int.Cl.	F I
GO 1 C 19/56 (2006.01)	GO 1 C 19/56
GO 1 P 9/04 (2006.01)	GO 1 P 9/04

請求項の数 10 (全 12 頁)

(21) 出願番号	特願2006-143518 (P2006-143518)	(73) 特許権者	000005083
(22) 出願日	平成18年5月24日 (2006.5.24)		日立金属株式会社
(65) 公開番号	特開2007-315830 (P2007-315830A)		東京都港区芝浦一丁目2番1号
(43) 公開日	平成19年12月6日 (2007.12.6)	(74) 代理人	100100310
審査請求日	平成19年1月9日 (2007.1.9)		弁理士 井上 学
		(72) 発明者	風間 敦
			茨城県ひたちなか市堀口832番地2
			株式会社 日立製作
			所 機械研究所内
		(72) 発明者	中村 滋男
			茨城県ひたちなか市堀口832番地2
			株式会社 日立製作
			所 機械研究所内
		審査官	谷口 智利
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 角速度センサ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

平面状に構成され、この平面内の第1の軸における軸まわりの角速度を検出する角速度センサであって、

前記第1の軸に対して垂直であって前記平面内に設けられた第2の軸を回転軸として、この回転軸の軸まわりに回転可能に支持された回転振動体と、

前記回転振動体を回転振動させる振動発生手段と、を有し、

前記回転振動体は、前記第2の軸の軸方向に変位可能に支持され、前記回転軸に対して対称に設けられた第1の検出振動子および第2の検出振動子を有し、

コリオリ力による前記第2の軸方向の振動を検出する第1の検出部および第2の検出部は、前記検出振動子と接合した複数の可動側検出櫛歯電極と、この可動側検出櫛歯電極と対向する側面を備えた複数の固定側検出櫛歯電極とを有して、前記可動側検出櫛歯電極と前記固定側検出櫛歯電極のギャップの変化による静電容量変化を検出し、

前記第1および第2の検出振動子よりも前記第1および第2の検出部が前記回転軸の近くに設けられ、前記第1の軸方向に設けられた前記可動側検出櫛歯電極と前記固定側検出櫛歯電極とのそれぞれ向かい合う側面のどちらか一方に、部分的に他方に向かって突出した突出部を有することを特徴とする角速度センサ。

【請求項 2】

請求項1に記載された角速度センサにおいて、前記第1の検出部と前記第2の検出部に逆相に検出される検出信号の差分により、前記第1の軸まわりの角速度を検出することを

10

20

特徴とする角速度センサ。

【請求項 3】

請求項 1 記載された角速度センサにおいて、前記第 1 の検出部と前記第 2 の検出部に同相に検出される検出信号の加算により、前記第 2 の軸方向の加速度を検出する加速度センサ機能を有する角速度センサ。

【請求項 4】

請求項 1 から 3 のいずれかに記載された角速度センサにおいて、前記振動手段は、前記第 1 の検出振動子から見て前記回転軸と反対側に配置され、前記回転振動体に前記平面に垂直な方向の力を与える第 1 の駆動手段と、前記第 2 の検出振動子から見て前記回転軸と反対側に配置され、前記回転振動体に前記平面に垂直な方向の力を与える前記第 2 の駆動手段を有することを特徴とする角速度センサ。

10

【請求項 5】

請求項 4 に記載の角速度センサにおいて、前記振動手段は、前記第 1 の検出振動子の前記平面に平行な面に面して片側あるいは両側に配置され、前記回転振動体に前記平面に垂直な方向に力を与える第 3 の駆動手段と、前記第 2 の検出振動子の前記平面に平行な面に面して片側あるいは両側に配置され、前記回転振動体に前記平面に垂直な方向に力を与える第 4 の駆動手段を有することを特徴とする角速度センサ。

【請求項 6】

請求項 4 に記載の角速度センサにおいて、前記第 1 および第 2 の駆動手段は、前記回転振動体に接合された複数の可動側駆動櫛歯電極と、側面の一部が前記可動側駆動櫛歯電極と対向するように固定された複数の固定側駆動櫛歯電極とからなり、前記可動側駆動櫛歯電極と前記固定側駆動櫛歯電極との間に電位差を与えて駆動力を発生させることを特徴とする角速度センサ。

20

【請求項 7】

請求項 5 に記載の角速度センサにおいて、前記第 3 および第 4 の駆動手段は、前記第 1 の検出振動子の前記平面と平行な面と少なくとも一部がギャップを介して向かい合うように配置された第 1 の駆動平面電極と、前記第 2 の検出振動子の前記平面と平行な面と少なくとも一部がギャップを介して向かい合うように配置された第 2 の駆動平面電極とからなることを特徴とする角速度センサ。

【請求項 8】

30

請求項 1 に記載の角速度センサにおいて、前記可動側検出櫛歯電極か前記固定側検出櫛歯電極のどちらか一方に設けた前記突出部の端部は、対面する電極の端部よりも内側に位置し、前記突出部は全て他方の電極と対面することを特徴とする角速度センサ。

【請求項 9】

請求項 1 から 8 のいずれかに記載の角速度センサの構成を有する第 1 のセンサユニットおよび第 2 のセンサユニットを、互いに 90 度回転して配置し、前記第 1 のセンサユニットによって前記第 1 の軸まわりの角速度を、前記第 2 のセンサユニットによって前記第 2 の軸まわりの角速度を検出する多軸検出型角速度センサ。

【請求項 10】

請求項 9 に記載の多軸型角速度センサにおいて、前記第 1 のセンサユニットにより前記第 2 の軸方向の加速度を、前記第 2 のセンサユニットにより前記第 1 の軸方向の加速度を検出することを特徴とする、加速度検出機能付き多軸型角速度センサ。

40

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、角速度を検出する小型センサに関するものである。

【背景技術】

【0002】

角速度センサ（ジャイロセンサ）を実現する技術として、近年、MEMS（マイクロエレクトロメカニカルシステム）の分野に置いて、シリコン基板などを材料として、半導体

50

製造技術を応用して、大量生産可能で小型の加速度センサを作成する研究が盛んになされている。

【0003】

上記技術で主流なものは振動ジャイロと呼ばれ、測定する角速度の回転軸方向を第1の軸とすると、第1の軸に垂直な第2の軸方向に振動子を振動させておき（駆動振動）、角速度に比例して第1の軸と第2の軸の両方に垂直な第3の軸方向に発生するコリオリ力による振動（検出振動）を検出するというものである。

【0004】

上記検出振動は非常に小さいため、精度良く検出するためには様々な工夫を要する。検出振動は駆動振動振幅に比例するため、共振点で駆動することで駆動振幅を大きくし、また、検出の共振周波数を駆動側と一致させることで検出振動の振幅を大きくするなどの工夫がされている。また、検出振動と同方向の加速度がかかると、検出振動と同方向に変位してしまい、目的の振動と分離できないので、それがノイズになるという課題がある。

【0005】

従来の角速度センサとして特開2000-74676号公報に示されるものがある。この角速度センサは、同一構造のセンサ素子を2つ並べ、2つの振動子を逆相で振動させる。すると、検出振動も逆相になり、一方で加速度による変位は同相なので、2振動子の検出信号の差分を取ることで加速度成分をキャンセルするものである。

【0006】

また従来の角速度センサとして特表2003-509670号公報に示されたものがある。この角速度センサは、円板状の振動子をねじり梁を回転中心として回転振動させることで駆動振動を与え、振動子にかかるコリオリ力を検出用振動子の回転に変換して検出する。この検出振動子は回転方向以外の方向には変位しにくく構成し、目的の角速度以外の方向の角速度および加速度に対して反応しにくくして、ノイズを抑えようとするものである。

【0007】

【特許文献1】特開2000-74676号公報

【特許文献2】特表2003-509670号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

特開2000-74676号公報に開示されている差動検出の方式において精度良く検出するためには、2つの振動子を同期して駆動し、かつ両者の検出感度が一致している必要があるが、加工精度などの課題から、両振動子の共振周波数を一致させることが難しいという課題がある。特開2000-74676号公報の角速度センサでは、静電力を印加して共振周波数を調整するための別の機構を設けることで上記課題を解決する。しかしながら、共振周波数調整機構の追加により構成および制御が複雑化するため、構造の簡略化および制御の容易化の点で改良の余地がある。

【0009】

また、特表2003-509670号公報の角速度センサでは、円板状振動子の回転軸に平行な方向に作用するコリオリ力を、回転軸と垂直な軸まわりの検出振動トルクとして利用するため、コリオリ力成分の全てが検出振動トルクに利用できるわけではなく、検出感度の点で改良の余地がある。

【0010】

本発明の目的は、検出振動の振幅を大きくして、かつ加速度成分などに起因するノイズも低減し、高い検出感度を持つ角速度センサを提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0011】

前記目的を達成するために、本発明は、

平面状に構成され、この平面内の第1の軸における軸まわりの角速度を検出する角速度

10

20

30

40

50

センサであって、

前記第1の軸に対して垂直であって前記平面内に設けられた第2の軸を回転軸として、この回転軸の軸まわりに回転可能に支持された回転振動体と、

前記回転振動体を回転振動させる振動発生手段と、を有し、

前記回転振動体は、前記第2の軸の軸方向に変位可能に支持され、前記回転軸に対して対称に設けられた第1の検出振動子および第2の検出振動子を有し、

コリオリ力による前記第2の軸方向の振動を検出する第1の検出部および第2の検出部は、前記検出振動子と接合した複数の可動側検出櫛歯電極と、この可動側検出櫛歯電極と対向する側面を備えた複数の固定側検出櫛歯電極とを有して、前記可動側検出櫛歯電極と前記固定側検出櫛歯電極のギャップの変化による静電容量変化を検出し、

10

前記第1および第2の検出振動子よりも前記第1および第2の検出部が前記回転軸の近くに設けられ、前記第1の軸方向に設けられた前記可動側検出櫛歯電極と前記固定側検出櫛歯電極とのそれぞれ向かい合う側面のどちらか一方に、部分的に他方に向かって突出した突出部を有することを特徴とする。

【発明の効果】

【0012】

本発明の角速度センサにより、回転振動体が回転軸まわりに回転振動することで、第1の検出振動体および第2の検出振動体は、センサ素子の平面に垂直な第3の軸方向に互いに逆相で振動し、第2の軸方向の検出振動も逆相になるので、第1および第2の検出部の検出信号の差分をとることで、第2の軸方向の加速度による同相の検出信号をキャンセルでき、ノイズを小さくできる。さらに、第1および第2の検出振動子は、一つの回転振動体内に設置され、第3の軸方向の駆動振動は回転振動体の振動により与えられるため、両者の振動の振幅は一致し、位相も逆転することが構造的に保証される。回転振動体を共振周波数で駆動することにより、振幅が一致しかつ大きい振動を得ることができ、よって検出振動も大きくでき、高い感度が得られる。さらに、回転軸から見て、検出振動子を遠くに、検出部を近くに配置したことにより、同じ回転角振幅でも検出振動子の方が振幅を大きくして、よって感度を向上することができ、また検出部の駆動振幅（第3の軸方向の振動振幅）を小さくできるので、第2の軸方向の検出振動の検出に与える駆動振動の影響を小さくでき、ノイズを低減できる。

20

【発明を実施するための最良の形態】

30

【0013】

以下、本発明の複数の実施例について図を用いて説明する。各実施例の図における同一符号は同一物または相当物を示す。

【0014】

本発明の第1実施例の角速度センサについて図1～図3を用いて説明する。図1は本実施例の断面模式図を、図2は本実施例の素子基板の平面模式図を示す。

【0015】

図1に示すように、本実施例の角速度センサ1は、支持基板2、素子基板3、配線基板4の3層で構成されている。センサの可動部は素子基板3内に形成されており、素子基板3内の構造は、支持基板2に接合して固定された部分と、支持基板2から離れて、素子基板3内で変位可能に支持された部分とがある。

40

【0016】

素子基板3の構造を図2を用いて説明する。以下の説明では、紙面左右方向をx方向、上下方向をy方向、紙面に垂直の方向をz方向として説明する。以下に説明する構成で、x方向の軸まわりの角速度を検出する角速度センサを実現する。回転振動体10は、x方向に長い2本の横断フレーム11と、回転軸12を境に左右に分かれて配置される第1の検出振動子20および第2の検出振動子30から構成され、第1および第2の検出振動子は、それぞれ2本ずつの支持梁13により横断フレーム11に支持されており、さらに横断フレーム11は、回転軸12に沿って配置された2本のねじり梁14により、アンカー15に接続されている。アンカー15は部分的に支持基板2に接合されているため固定さ

50

れており、ねじり梁 14、横断フレーム 11、支持梁 13、第 1 の検出振動子 20 および第 2 の検出振動子 30 は支持基板 2 から離れていて変位可能である。回転振動体 10 はねじり梁 14 がねじれることにより、回転軸 12 まわりに回転可能で、第 1 および第 2 の検出振動子 20、30 は、支持梁 13 が曲がることにより、y 方向に変位可能になっている。

【0017】

回転振動体 10 の駆動手段として、図 2 に示すように、配線基板 4 上に第 1 の駆動平面電極 21 および第 2 の駆動平面電極 31 を有する。素子基板 3 は、例えば不純物注入により導電性を向上したシリコン基板などが用いられ、導電性を有する。回転振動体 10 を等電位に保ち、第 1 および第 2 の駆動平面電極 21、31 に交互に回転振動体との電位差を与えることで、回転振動体 10 との間に静電吸引力を発生させ、回転振動体 10 を回転軸 12 まわりに振動させることができる。さらに、駆動力を向上させるため、図 1 に示すように、第 1 および第 2 の検出振動子 20、30 の外側に、第 1 の駆動部 22 および第 2 の駆動部 32 を設けてもよい。第 1 の駆動部 22 は、第 1 の検出振動子 20 に接続された複数の第 1 の可動側駆動櫛歯電極 23 と、支持基板 2 に部分的に接合する第 1 の駆動櫛歯支持体 24 に接続された複数の第 1 の固定側駆動櫛歯電極 25 とが、交互に配列されてなる。第 2 の駆動部 32 も同様に、第 2 の検出振動子 30 に接続された複数の第 2 の可動側駆動櫛歯電極 33 と、支持基板 2 に部分的に接合する第 2 の駆動櫛歯支持体 34 に接続された複数の第 2 の固定側駆動櫛歯電極 35 とが、交互に配列されてなる。図 3 の断面模式図に示すように、回転振動体 10 が傾き、第 1 の可動側駆動櫛歯電極 23 または第 2 の可動側駆動櫛歯電極 33 と第 1 の固定側駆動櫛歯電極 25 または第 2 の固定側駆動櫛歯電極 35 が z 方向にずれたタイミングで両者に電位差を与えることにより、静電吸引力を発生させて、回転振動体 10 の傾きを戻す力を発生させる。上記第 1 および第 2 の駆動平面電極 21、31、および櫛歯電極を有する第 1 および第 2 の駆動部 22、32 を連動して制御することにより、小さな電力で大きな駆動振動を得ることが可能である。

【0018】

検出振動子の振動を感知する手段として、図 2 に示すように、第 1 および第 2 の検出振動子 20、30 に対して、それぞれ第 1 の検出部 26 および第 2 の検出部 36 を有する。第 1 および第 2 の検出部 26、36 は、第 1 および第 2 の検出振動子 20、30 よりも回転軸 12 からみて近い位置に配置される。本実施例では、回転軸 12 を対称軸として左右対称の構成になっている。第 1 の検出部 26 は、第 1 の検出振動子 20 に接続された複数の第 1 の可動側検出櫛歯電極 27 と、支持基板 2 に部分的に接合する第 1 の検出櫛歯支持体 28 に接続された複数の第 1 の固定側検出櫛歯電極 29 とが、交互に配列されてなる。同様に、第 2 の検出部 36 は、第 2 の検出振動子 30 に接続された複数の第 2 の可動側検出櫛歯電極 37 と、支持基板 2 に部分的に接合する第 2 の検出櫛歯支持体 38 に接続された複数の第 2 の固定側検出櫛歯電極 39 とが、交互に配列されてなる。上記第 1 および第 2 の検出部 26、36 では、検出振動子の y 方向の変位に追従して可動側検出櫛歯電極も変位し、固定側検出櫛歯電極との間のギャップが変化し、それに伴う静電容量変化を検出する。回転振動体 10 の回転振動に伴い、第 1 の検出振動子 20 と第 2 の検出振動子 30 は z 方向に互いに逆相で振動しているので、x 方向の検出軸まわりの角速度により発生するコリオリ力による y 方向の振動も、第 1 および第 2 の検出振動子 20、30 で互いに逆相になる。よって、第 1 および第 2 の検出部 26、36 では、一方の静電容量が増加して、他方は減少することとなる。ここで、本実施例の角速度センサに y 方向の加速度がかかった場合を考えると、第 1 および第 2 の検出振動子 20、30 は同方向に変位し、検出部の静電容量変化も同時に増加または減少する。よって、第 1 および第 2 の検出部 26、36 の検出信号の差分をとることにより、加速度による同相の検出信号はキャンセルされ、角速度の逆相の検出信号は 2 倍されるため、加速度のノイズを取り除き、目的の角速度検出感度を 2 倍にできる。また逆に、検出信号の加算をとることにより、x 軸まわりの角速度をキャンセルして、y 方向の加速度を検出することもできる。本発明では、第 1 および第 2 の検出振動子 20、30 の z 方向振動が、一つの回転振動体 10 の回転振動により

与えられるため、第1および第2の検出振動子20、30の振幅は一致し、位相は逆転することが構造的に保証され、両者の差動による検出の感度を高くすることができる。上記検出部の構成を図4を用いて説明すると、第1および第2の検出部26、36から引き出された信号は、減算器43に接続して差分がとられ、その出力が角速度検出回路44に入力され角速度検出信号が得られる。さらに、第1および第2の検出部26、36から引き出された信号は、加算器45にも接続して加算され、その出力が加速度検出回路46に入力され加速度検出信号が得られる。

【0019】

本発明は、検出振動子のz方向振動が回転振動により与えられる構成において、第1および第2の検出部26、36が、第1および第2の検出振動子20、30よりも回転軸12に近い側に配置される点が特徴的である。検出振動子は回転軸からの距離が長いので、同じ回転振動体の回転角度振幅でも、検出振動子のz方向振動振幅が大きい。コリオリの力は振動子の速度に比例するから、周波数が一定なら振動振幅が大きいほど大きくなるので、検出感度を高められる。一方で検出部の可動側検出櫛歯電極は、回転軸からの距離が短いため、z方向振動振幅が小さく抑えられる。検出はy方向の微小な変位を捉える必要があり、z方向の大きな駆動振動はノイズの原因になりやすいことから、本発明ではz方向振動振幅を小さくできるため、ノイズの低減に効果がある。

【0020】

また、図2に示すように、第1および第2の検出部26、36は、櫛歯電極の一方を部分的に突き出した構造としてもよい。例えば本実施例のように、第1および第2の固定側検出櫛歯電極29、39の一部を、対になる第1および第2の可動側検出櫛歯電極27、37の側に部分的に突き出した構造とする。固定側検出櫛歯電極の突出部の端部40は、可動側検出櫛歯電極の端部41よりも内側にくるようにして、突出部がすべて可動側検出櫛歯電極に対面するようにする。こうした構造は、x方向加速度による検出信号をキャンセルするのに有効である。本実施例の角速度センサにx方向加速度がかかると、ねじり梁14はx方向変位に対する剛性が比較的小さいため、回転振動体10がx方向に変位し、第1および第2の検出振動子20、30もx方向に同方向に変位する。すると、検出部の櫛歯電極はスライドして対面する面積が変化するため、静電容量変化が起こる。この静電容量変化は第1、第2の検出部26、36で互いに逆相になるため、目的の角速度検出信号と同様で、差動検出によってキャンセルされない成分である。そこで、上記のような突出部を有する構造として、可動側検出櫛歯電極がx方向にスライドしても、近接して対面する面積が変化しないようにすることで、x方向加速度に起因するノイズを除去することができる。

【0021】

素子基板の回転振動体の厚さは数十から数百ミクロン程度で形成し、支持梁13やねじり梁14は、柔軟性を与えるため数ミクロンの幅で形成し、梁の断面は平面方向に対して垂直方向にアスペクト比が高い形状となる。こうした梁断面形状は、MEMS技術を用いた従来の角速度センサでも同様である。しかしながら、振動子をz方向に振動させる場合、z方向にアスペクト比の大きい支持梁では振動方向の剛性が高いため、梁を長くするなどして剛性を下げなければならず、すると平面方向の剛性がより低下して、望ましくない平面方向の変位が出やすくなってしまう。本発明では、z方向の振動を梁のねじりにより与えており、z方向にアスペクト比の高い梁は、ねじり方向の剛性が低いので、短くても必要な柔軟性を得やすいという特徴がある。

【0022】

また、本実施例の回転振動体10は、中央の1箇所のアンカー15で支持基板2に接合されていることも特徴である。複数の支持梁を介して複数のアンカーに支持された従来の角速度センサでは、外力などによってセンサ全体に反りが発生すると、支持梁に引っ張りや圧縮の応力がかかり、支持梁の剛性が変化して共振周波数が変化してしまう課題があった。本実施例では、1箇所のアンカーで支持されているため、そうした問題がない。

【0023】

断面構造の詳細について図1を用いてさらに説明する。支持基板2は例えばシリコンを材料とした基板50を用い、素子基板3との接合面側にシリコンを熱酸化するなどして絶縁膜51を形成する。素子基板3のアンカー15、第1および第2の駆動櫛歯支持体24、34、第1および第2の検出櫛歯支持体27、37は上記絶縁膜51を介して支持基板2に少なくとも一部分が接合されている。さらに素子基板3は外周を囲むような側壁部52を有し、これも支持基板2に接合されている。配線基板4は、例えばシリコン基板を材料とした基板53を用い、素子基板3と向かい合う面側にシリコンを熱酸化するなどして絶縁膜54を形成してあり、その上に第1および第2の駆動平面電極21、31を含む配線および電極のパターンが形成されている。その上に例えばシリコンチッチ化膜などを用いた表層絶縁膜55を形成する。配線基板4は素子基板3の側壁部52において素子基板3と接合される。接合方法としては、例えば、配線基板4側の表層絶縁膜55上に第1の接合部材56を、素子基板3側の側壁部52上に第2の接合部材57を形成しておき、両者を熱圧着することにより接合することができる。第1および第2の接合部材56、57には例えば金-錫化合物を用いることができる。以上のようにして、支持基板2、配線基板4および側壁部52によって囲まれた閉空間を形成でき、内部を減圧することにより空気抵抗を低減して、振動の振幅を大きくして、検出感度を高めることができる。

【0024】

回転振動体10は回転振動することでz方向に変位するため、支持基板2および配線基板4にぶつからない程度に、回転振動体10の上下にスペースを有する。本実施例においては、支持基板2側は、支持基板2の絶縁膜51および基板50を部分的に除去したキャビティ58を形成してそのスペースを与える。回転振動体10のz方向最大変位が絶縁膜51の厚さより大きい場合はこうした対策が必要である。その場合でも、回転軸12から近い領域でz方向変位が絶縁膜51の厚さより小さい部分においては、絶縁膜51を除去するのみで対応することもできる。例えばねじり梁14の直下などは、絶縁膜51の除去のみで対応可能である。配線基板4側のスペースは、素子基板3において側壁部52が回転振動体10よりも突出するように形成することで与える。こうした形状は、例えば素子基板に対して突出部以外の部分をまずドライエッチングで除去した後、スプレー塗布などの方法でマスクとなるレジストを塗布し、回転振動体などの形状をパターンニングして、再びドライエッチングで加工する方法を用いることができる。

【0025】

素子基板3内の各部の外部との電気接続は例えば以下のように実現される。素子基板3では、回転振動体10、第1の駆動櫛歯支持体24、第2の駆動櫛歯支持体34、第1の検出櫛歯支持体28、第2の検出櫛歯支持体38はそれぞれ分離していて、絶縁膜51を介して支持基板2に接合されているので、互いに電気的に分離されている。それぞれに外部から給電するため、図1および図2に示すように、アンカー15、第1および第2の駆動櫛歯支持体24、34、第1および第2の検出櫛歯支持体28、38上にそれぞれ第1の電気接続パッド59を有し、対面する配線基板4上にも同様に第2の電気接続パッド60を形成し、両者を接合することで電気的接続を得る。第1および第2の電気接続パッド59、60は、前記第1および第2の接合部材56、57と同様に金-錫化合物で形成し、同時に熱圧着により接合することができる。第2の電気接続パッド60の直下には表層絶縁膜55に開口部を形成してあり、絶縁膜54上に形成されている配線パッド61から、配線62を介して、側壁部52の外側に配置された外部電気接続パッド63まで電気的に接合される。また、第1および第2の駆動平面電極21、31についても側壁の外側の外部電気接続パッドまで配線を介して引き出される。このようにして、外部電気接続パッド63を介して、例えばアンカー15と第1の駆動櫛歯支持体24間に電位差を与えることで、第1の駆動部22に駆動力を発生させ、また、アンカー15と第1の検出櫛歯支持体28間の静電容量変化を検出することで、第1の検出部26の信号を検出できる。

【0026】

角速度センサとして機能するには、振動子の駆動の制御や、微小な静電容量変化の検出などを担う制御部が必要である。上記制御部には前述した検出のための減算器43、角速

10

20

30

40

50

度検出回路44、加算器45、加速度検出回路46も含む。上記制御部を含む角速度センサモジュール70を例えば図5に示すように構成できる。制御部に相当する制御IC71を接着層72を介して支持基板2の素子基板3とは反対の面に接続し、制御IC71表面の外部電気接続パッド73と、配線基板4の外部電気接続パッド63の間を、ワイヤボンディングなどの手段で、ワイヤ74を用いて接続することができる。また、上記制御部は、配線基板4に作りこんでもよい。そうすることで、上記制御IC71を別に設ける必要が無く、より小型のセンサを実現できる。また制御部を支持基板2の素子基板3とは反対の面の表面に作りこむなどしてもよい。

【0027】

本発明の第2実施例は、第1の実施例で説明した角速度センサの構造を2つ並べて、2軸の角速度検出を可能にした例を示す。図6に示すように、第1のセンサユニット75によりx軸まわりの角速度を、第2のセンサユニット76によりy軸まわりの角速度を検出することができる。また前述したように、第1および第2の検出部の検出信号の加算をとることにより、第1のセンサユニット75によりy方向の加速度を、第2のセンサユニット76によりx方向の加速度を検出することもできる。

【0028】

次に素子基板内の構造の別の実施例について説明する。

【0029】

本発明の第3実施例の角速度センサについて図7を用いて説明する。図2に示した第1実施例と異なるのは、回転振動体の構造である。本実施例の回転振動体80は、ねじり梁14に接合し、x方向に伸びる2本の第1のフレーム81と、第1のフレーム81に接合し、y方向に伸びる2本の第2のフレーム82を有する。第1の駆動部22の第1の可動側駆動歯電極23は第2のフレーム82の回転軸12と反対側に接合されており、検出振動子83が支持梁84を介して、第2のフレーム82の回転軸12の側に接合されている。支持梁84は検出振動子83がy方向に変位できるように柔軟性を有している。本実施例では、y方向のコリオリの力が検出振動子83にかかることで、検出振動子83は支持梁84の第2のフレーム82側の支持点を中心として回転するように変位するため、第1の可動側検出歯電極27のy方向の変位を、検出振動子83がy方向に平行に変位する場合と比べて拡大できる。よって検出の感度を高める効果がある。またコリオリ力に対して、第2のフレーム82はほとんど変位しないので、第1の可動側駆動歯電極23もy方向に変位しにくく、第1の可動側駆動歯電極23と第1の固定側駆動歯電極25のy方向ギャップが変化しにくいため、駆動を安定化しやすい特徴がある。

【0030】

本発明の第4実施例の角速度センサについて図8を用いて説明する。図2に示した第1実施例と異なるのは、左右の検出振動体をそれぞれy方向に2分割した点である。回転軸12を中心に左右対称に配置するのは同様であるので、片側のみ説明する。回転振動体90は、中央にあってx方向に伸びるフレーム91を有し、y方向に両側に伸びるねじり梁92に支持され、ねじり梁92の他端は、支持基板2に部分的に接合するアンカー93に接続されている。第1の検出振動子94および第2の検出振動子95が、フレーム91の両側に支持梁96を介して接合され、y方向に変位可能に支持されている。第1の検出振動子94には回転軸側に第1の可動側検出歯電極97が接合され、支持基板3に部分的に接合された第1の検出歯固定部材98に接合する第1の固定側検出歯電極99と向かい合い、第1の検出部100を構成する。同様に、第2の検出振動子95には回転軸側に第2の可動側検出歯電極101が接合され、支持基板2に部分的に接合された第2の検出歯固定部材102に接合する第2の固定側検出歯電極103と向かい合い、第2の検出部104を構成する。第1および第2の検出振動子94、95とフレーム91の、回転軸12から遠い側には、第1実施例と同様に駆動部22を形成する。第1実施例においては、アンカー15と、第1および第2の検出歯支持体28、38が回転振動体10に囲まれているため、素子基板3内においては電気接続パッド57を回転振動体10の外側に引き出せないのに対して、本実施例では回転振動体90の外側に引き出すことが

10

20

30

40

50

できるため、電気接続パッド 57 の配置の自由度が高まる。

【0031】

本発明の第 5 実施例の角速度センサについて図 9 を用いて説明する。本実施例は、第 4 実施例で示した検出振動子を 2 分割した構成において、第 3 実施例の特徴を付与したものである。図 9 に示すように、本実施例の回転振動体 110 は、フレーム 111 が、検出振動子の回転軸と反対側にも y 方向に伸びた H 型形状をしており、第 1 の可動側駆動歯電極 23 は、全てがフレーム 111 に接続している。第 1 の検出振動子 112 および第 2 の検出振動子 113 は支持梁 114 を介してフレーム 111 に接続している。本実施例では、コリオリの力に対して y 方向に変位しにくいフレーム 111 に第 1 の可動側駆動歯電極 23 が接続しているので、第 1 の可動側駆動歯電極 23 と第 2 の固定側駆動歯電極 25 の y 方向ギャップが変化しにくいいため、駆動を安定化しやすい特徴がある。

10

【図面の簡単な説明】

【0032】

【図 1】本発明の第 1 実施例の角速度センサの断面模式図である。

【図 2】第 1 実施例の角速度センサの素子基板の構造を示す平面模式図である。

【図 3】回転振動体の駆動方法の一例を説明する断面模式図である。

【図 4】検出回路の構成の一例を示す模式図である。

【図 5】制御 IC と組み合わせた角速度センサモジュールの構成の一例を示す断面模式図である。

【図 6】第 2 実施例である 2 軸の角速度検出を実現するモジュール構成の一例を示す模式図である。

20

【図 7】第 3 実施例の角速度センサの素子基板の構造を示す平面模式図である。

【図 8】第 4 実施例の角速度センサの素子基板の構造を示す平面模式図である。

【図 9】第 5 実施例の角速度センサの素子基板の構造を示す平面模式図である。

【符号の説明】

【0033】

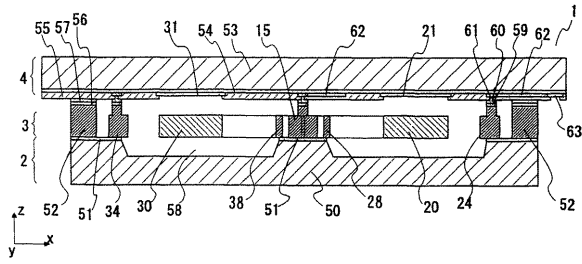
1…角速度センサ、2…支持基板、3…素子基板、4…配線基板、10…回転振動体、11…横断フレーム、12…回転軸、13…支持梁、14…ねじり梁、15…アンカー、20…第 1 の検出振動子、21…第 1 の駆動平面電極、22…第 1 の駆動部、23…第 1 の可動側駆動歯電極、24…第 1 の駆動歯支持体、25…第 1 の固定側駆動歯電極、26…第 1 の検出部、27…第 1 の可動側検出歯電極、28…第 1 の検出歯支持体、29…第 1 の固定側検出歯電極、30…第 2 の検出振動子、31…第 2 の駆動平面電極、32…第 2 の駆動部、33…第 2 の可動側駆動歯電極、34…第 2 の駆動歯支持体、35…第 2 の固定側駆動歯電極、36…第 2 の検出部、37…第 2 の可動側検出歯電極、38…第 2 の検出歯支持体、39…第 2 の固定側検出歯電極、43…減算器、44…角速度検出回路、45…加算器、46…加速度検出回路、50、53…基板、51…絶縁膜、52…側壁部、54…絶縁膜、55…表層絶縁膜、56…第 1 の接合部材、57…第 2 の接合部材、58…キャビティ、59…第 1 の電気接続パッド、60…第 2 の電気接続パッド、61…配線パッド、62…配線、63、73…外部電気接続パッド、70…角速度センサモジュール、71…制御 IC、72…接着層、74…ワイヤ、75…第 1 のセンサユニット、76…第 2 のセンサユニット。

30

40

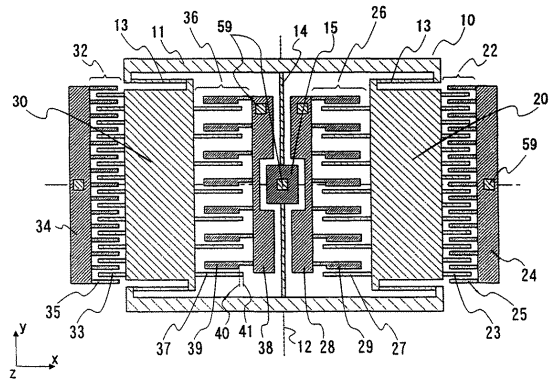
【図 1】

図 1



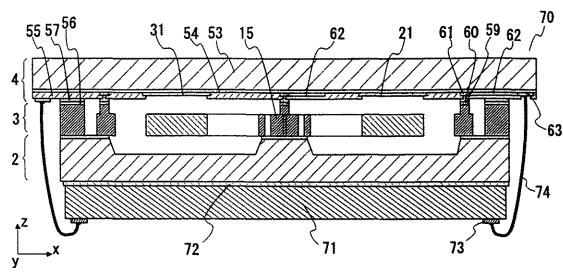
【図 2】

図 2



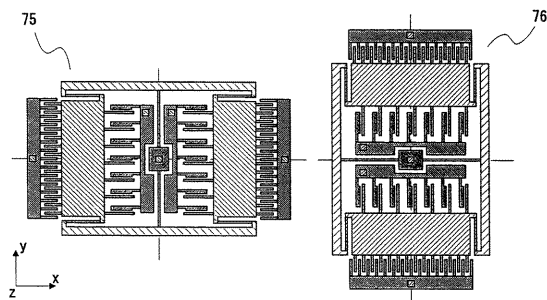
【図 5】

図 5



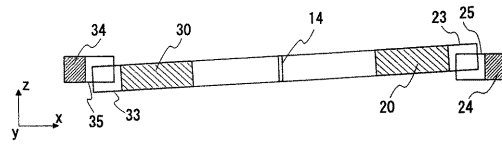
【図 6】

図 6



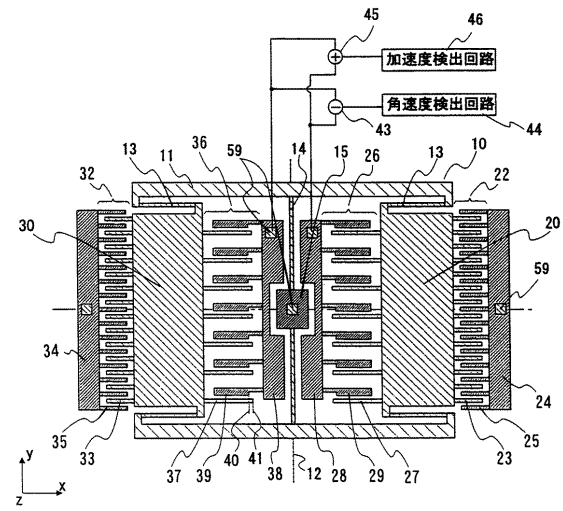
【図 3】

図 3



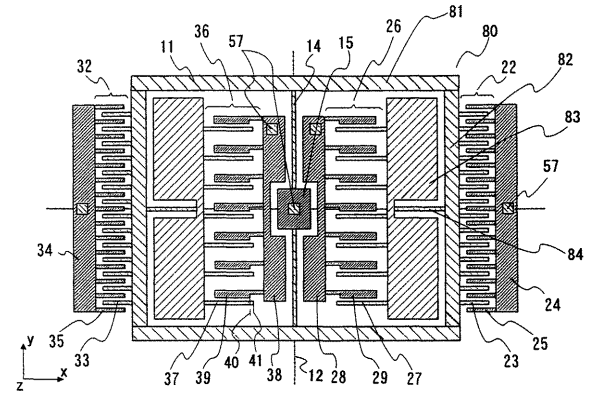
【図 4】

図 4

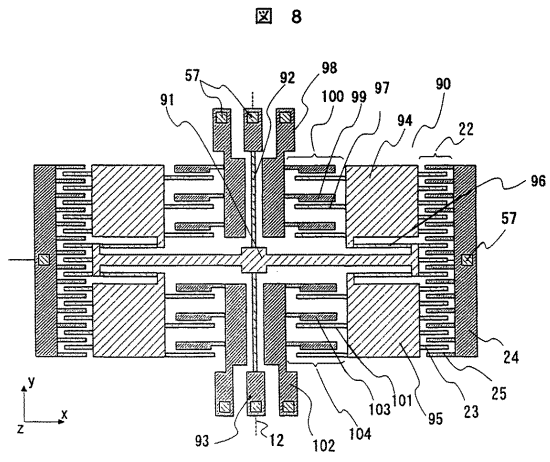


【図 7】

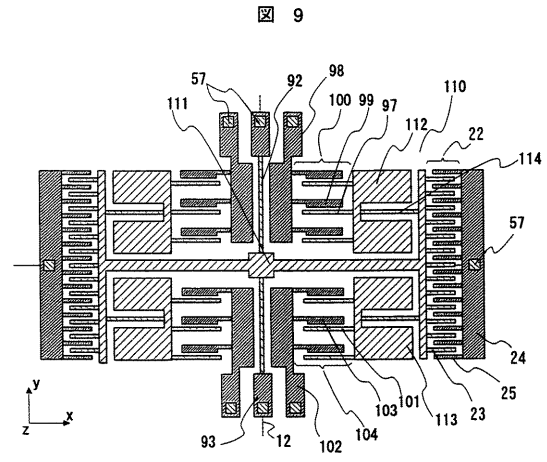
図 7



【図 8】



【図 9】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開平10-267663 (JP, A)
特開平05-248874 (JP, A)
特表2003-509670 (JP, A)
特開平05-240874 (JP, A)
特開2000-114548 (JP, A)
特開平05-248876 (JP, A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
G01C 19/56
G01P 9/04