

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2019-148477
(P2019-148477A)

(43) 公開日 令和1年9月5日(2019.9.5)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
GO1C 19/5747 (2012.01)	GO1C 19/5747	2F105
HO1L 41/113 (2006.01)	HO1L 41/113	3C081
HO1L 29/84 (2006.01)	HO1L 29/84	Z 4M112
B81B 3/00 (2006.01)	B81B 3/00	

審査請求 未請求 請求項の数 10 O L (全 32 頁)

(21) 出願番号 特願2018-32897 (P2018-32897)
(22) 出願日 平成30年2月27日 (2018.2.27)

(71) 出願人 000002369
セイコーエプソン株式会社
東京都新宿区新宿四丁目1番6号
(74) 代理人 100116665
弁理士 渡辺 和昭
(74) 代理人 100179475
弁理士 仲井 智至
(72) 発明者 永田 和幸
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 菊池 尊行
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

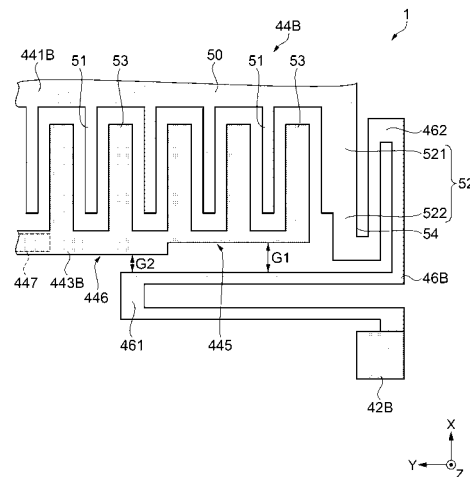
(54) 【発明の名称】 角速度センサー、慣性計測装置、移動体測位装置、携帯型電子機器、電子機器、および移動体

(57) 【要約】

【課題】 小型で、高い検出精度を有する角速度センサー、慣性計測装置、移動体測位装置、携帯型電子機器、電子機器、および移動体を提供する。

【解決手段】 角速度センサー1は、第1方向に変位可能な第1方向に直交する第2方向に延在する長手形状を含む検出ばね46Bと、第1方向に変位可能な可動検出電極441Bと、可動検出電極441Bに対向する固定検出電極443Bと、を有する検出部44Bと、を備え、検出ばね46Bが、可動検出電極441Bに接続されており、検出ばね46Bの折り返し部461が、第2方向において検出部44Bの端部54よりも中心側に設けられており、検出部44Bが、検出部44Bの端部54側で、第1方向において検出ばね46Bと対向している第1面445と、第2方向において第1面445よりも中心側に設けられ、第1方向において第1面445より検出ばね46Bに近い第2面446と、を含む。

【選択図】 図4



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

基板と、

前記基板に対して第 1 方向に変位可能に設けられ、折り返し部から前記第 1 方向に直交する第 2 方向に延在する長手形状を含むばね部と、

前記第 2 方向に沿って設けられ、前記第 1 方向に延在する複数の第 1 電極指を含む前記第 1 方向に変位可能な第 1 検出電極と、前記第 2 方向に沿って設けられ、前記第 1 電極指の間で前記第 1 方向に延在する複数の第 2 電極指を含む第 2 検出電極と、を有する検出電極と、を備え、

前記ばね部は、前記第 1 検出電極に接続されており、前記ばね部の前記折り返し部は、前記第 2 方向において前記検出電極の端部よりも中心側に設けられており、

前記検出電極は、

前記検出電極の端部側で、前記第 1 方向において前記ばね部と対向している第 1 面と、

前記第 2 方向において前記第 1 面よりも中心側に設けられ、前記第 1 方向において前記第 1 面より前記ばね部に近い第 2 面と、を含むことを特徴とする角速度センサー。

【請求項 2】

前記第 1 検出電極は、前記第 1 方向において前記第 2 検出電極よりも前記ばね部側に設けられ、

前記ばね部の前記折り返し部は、前記第 1 方向からの平面視で、前記第 1 面と重なっており、前記第 2 面と重ならないことを特徴とする請求項 1 に記載の角速度センサー。

【請求項 3】

前記第 1 検出電極は、前記第 1 検出電極の端部で前記ばね部と接続されており、前記ばね部と前記第 1 検出電極の前記第 1 面との間隔が、前記第 2 方向において前記第 1 検出電極の端部から離れるほど大きいことを特徴とする請求項 2 に記載の角速度センサー。

【請求項 4】

前記第 2 検出電極は、前記第 1 方向において前記第 1 検出電極よりも前記ばね部側に設けられ、前記基板と固定する固定部を含み、

前記ばね部は、前記第 1 方向からの平面視で、前記第 1 面と重なる領域よりも前記第 2 面と重なる領域の方が小さいことを特徴とする請求項 1 に記載の角速度センサー。

【請求項 5】

前記ばね部と前記第 2 検出電極の前記第 1 面との距離が、前記第 2 方向において前記第 1 検出電極の端部に近づくほど大きいことを特徴とする請求項 4 に記載の角速度センサー。

【請求項 6】

請求項 1 乃至請求項 5 のいずれか一項に記載の角速度センサーと、

前記角速度センサーの駆動を制御する制御回路と、を備えていることを特徴とする慣性計測装置。

【請求項 7】

請求項 6 に記載の慣性計測装置と、

測位用衛星から位置情報が重畳された衛星信号を受信する受信部と、

受信した前記衛星信号に基づいて、前記受信部の位置情報を取得する取得部と、

前記慣性計測装置から出力された慣性データに基づいて、移動体の姿勢を演算する演算部と、

算出された前記姿勢に基づいて前記位置情報を補正することにより、前記移動体の位置を算出する算出部と、を備えていることを特徴とする移動体測位装置。

【請求項 8】

請求項 1 乃至請求項 5 のいずれか一項に記載の角速度センサーと、

前記角速度センサーが収容されているケースと、

前記ケースに収容され、前記角速度センサーからの出力データを処理する処理部と、

前記ケースに収容されている表示部と、

10

20

30

40

50

前記ケースの開口部を塞いでいる透光性カバーと、を備えていることを特徴とする携帯型電子機器。

【請求項 9】

請求項 1 乃至請求項 5 のいずれか一項に記載の角速度センサーと、前記角速度センサーから出力された検出信号に基づいて制御を行う制御部と、を備えていることを特徴とする電子機器。

【請求項 10】

請求項 1 乃至請求項 5 のいずれか一項に記載の角速度センサーと、前記角速度センサーから出力された検出信号に基づいて姿勢の制御を行う姿勢制御部と、を備えていることを特徴とする移動体。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、角速度センサー、慣性計測装置、移動体測位装置、携帯型電子機器、電子機器、および移動体に関するものである。

【背景技術】

【0002】

近年、電子デバイスとして、シリコンMEMS (Micro Electro Mechanical System) 技術を用いて製造された角速度センサーが開発されている。このような角速度センサーとして、例えば特許文献 1 には、櫛歯状をなして対向配置されている可動電極および固定電極を備えている素子を有し、これら二つの電極間の静電容量に基づいて角速度を検出する静電容量式の角速度センサーが記載されている。そして、この構成では、検出感度を高めるため多数の可動電極および固定電極が設けられている。

20

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】米国特許出願公開第 2014 / 0272618 号明細書

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

しかしながら、特許文献 1 に記載されている角速度センサーの構成では、小型化を図ろうとすると可動電極の変位幅を減らす必要があり、検出感度が低下するという問題があった。

30

【課題を解決するための手段】

【0005】

本発明は、上述の課題の少なくとも一部を解決するためになされたものであり、以下の形態または適用例として実現することが可能である。

【0006】

[適用例 1] 本適用例に係る角速度センサーは、基板と、前記基板に対して第 1 方向に変位可能に設けられ、折り返し部から前記第 1 方向に直交する第 2 方向に延在する長手形状を含むばね部と、前記第 2 方向に沿って設けられ、前記第 1 方向に延在する複数の第 1 電極指を含む前記第 1 方向に変位可能な第 1 検出電極と、前記第 2 方向に沿って設けられ、前記第 1 電極指の間で前記第 1 方向に延在する複数の第 2 電極指を含む第 2 検出電極と、を有する検出電極と、を備え、前記ばね部は、前記第 1 検出電極に接続されており、前記ばね部の前記折り返し部は、前記第 2 方向において前記検出電極の端部よりも中心側に設けられており、前記検出電極は、前記検出電極の端部側で、前記第 1 方向において前記ばね部と対向している第 1 面と、前記第 2 方向において前記第 1 面よりも中心側に設けられ、前記第 1 方向において前記第 1 面より前記ばね部に近い第 2 面と、を含むことを特徴とする。

40

【0007】

50

本適用例によれば、検出電極とばね部が対向する領域において、検出電極がばね部から離れた第1面とばね部に近い第2面とを備えているので、検出電極に近接してばね部を配置させつつ、ばね部の変位幅の減少を抑制できる。従って、小型化を図っても、検出感度の低下を低減した角速度センサーを得ることができる。

【0008】

[適用例2] 上記適用例に記載の角速度センサーにおいて、前記第1検出電極は、前記第1方向において前記第2検出電極よりも前記ばね部側に設けられ、前記ばね部の前記折り返し部は、前記第1方向からの平面視で、前記第1面と重なっており、前記第2面と重ならないことが好ましい。

【0009】

本適用例によれば、第1検出電極(可動検出電極)のばね部と対向する第1面が、折り返し部まで含めてばね部から離れて設けられているので、第1検出電極(可動検出電極)をばね部により近接して配置することができる。従って、角速度センサーの小型化を図ることができる。

【0010】

[適用例3] 上記適用例に記載の角速度センサーにおいて、前記第1検出電極は、前記第1検出電極の端部で前記ばね部と接続されており、前記ばね部と前記第1検出電極の前記第1面との間隔が、前記第2方向において前記第1検出電極の端部から離れるほど大きいことが好ましい。

【0011】

本適用例によれば、第1検出電極(可動検出電極)のばね部と対向する第1面が、折り返し部側でばね部からより大きく離れて設けられているので、第1検出電極(可動検出電極)が変位した時により接近しやすい折り返し部において、変位幅の減少を抑制することができる。従って、小型化を図っても、検出感度の低下を低減した角速度センサーを得ることができる。

【0012】

[適用例4] 上記適用例に記載の角速度センサーにおいて、前記第2検出電極は、前記第1方向において前記第1検出電極よりも前記ばね部側に設けられ、前記基板と固定する固定部を含み、前記ばね部は、前記第1方向からの平面視で、前記第1面と重なる領域よりも前記第2面と重なる領域の方が小さいことが好ましい。

【0013】

本適用例によれば、第2検出電極(固定検出電極)のばね部から大きく離れている第1面の領域が、ばね部に近い第2面の領域よりも広く設けられているので、ばね部の変位幅の減少を抑制することができる。従って、小型化を図っても、検出感度の低下を低減した角速度センサーを得ることができる。

【0014】

[適用例5] 上記適用例に記載の角速度センサーにおいて、前記ばね部と前記第2検出電極の前記第1面との距離が、前記第2方向において前記第1検出電極の端部に近づくほど大きいことが好ましい。

【0015】

本適用例によれば、第2検出電極(固定検出電極)のばね部と対向する第1面が、第2検出電極(固定検出電極)の端部側でばね部からより大きく離れて設けられているので、ばね部が変位した時により接近しやすい第2検出電極(固定検出電極)の端部において、変位幅の減少を抑制することができる。従って、小型化を図っても、検出感度の低下を低減した角速度センサーを得ることができる。

【0016】

[適用例6] 本適用例に係る慣性計測装置は、上記適用例に記載の角速度センサーと、前記角速度センサーの駆動を制御する制御回路と、を備えていることを特徴とする。

【0017】

本適用例によれば、上述したような角速度センサーの効果を楽しむことができ、信頼性の高い慣

10

20

30

40

50

性計測装置を得ることができる。

【0018】

[適用例7] 本適用例に係る移動体測位装置は、上記適用例に記載の慣性計測装置と、測位用衛星から位置情報が重畳された衛星信号を受信する受信部と、受信した前記衛星信号に基づいて、前記受信部の位置情報を取得する取得部と、前記慣性計測装置から出力された慣性データに基づいて、移動体の姿勢を演算する演算部と、算出された前記姿勢に基づいて前記位置情報を補正することにより、前記移動体の位置を算出する算出部と、を備えていることを特徴とする。

【0019】

本適用例によれば、上述したような角速度センサーの効果を楽しむことができ、信頼性の高い移動体測位装置を得ることができる。

10

【0020】

[適用例8] 本適用例に係る携帯型電子機器は、上記適用例に記載の角速度センサーと、前記角速度センサーが収容されているケースと、前記ケースに収容され、前記角速度センサーからの出力データを処理する処理部と、前記ケースに収容されている表示部と、前記ケースの開口部を塞いでいる透光性カバーと、を備えていることを特徴とする。

【0021】

本適用例によれば、上述したような角速度センサーの効果を楽しむことができ、信頼性の高い携帯型電子機器を得ることができる。

【0022】

[適用例9] 本適用例に係る電子機器は、上記適用例に記載の角速度センサーと、前記角速度センサーから出力された検出信号に基づいて制御を行う制御部と、を備えていることを特徴とする。

20

【0023】

本適用例によれば、上述したような角速度センサーの効果を楽しむことができ、信頼性の高い電子機器を得ることができる。

【0024】

[適用例10] 本適用例に係る移動体は、上記適用例に記載の角速度センサーと、前記角速度センサーから出力された検出信号に基づいて姿勢の制御を行う姿勢制御部と、を備えていることを特徴とする。

30

【0025】

本適用例によれば、上述したような角速度センサーの効果を楽しむことができ、信頼性の高い移動体を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【0026】

【図1】 本発明の第1実施形態に係る角速度センサーを示す平面図。

【図2】 図1中のA-A線断面図。

【図3】 図1の角速度センサーが有する素子部を示す平面図。

【図4】 図3中のB部拡大平面図。

【図5】 図3の素子部が有する逆相ばねの拡大平面図。

40

【図6】 図3の素子部が有する逆相ばねの拡大平面図。

【図7】 図3に示す素子部の振動モードを説明するための模式図。

【図8A】 本発明の第2実施形態に係る角速度センサーが有する検出部の一部を示す平面図。

【図8B】 本発明の第2実施形態に係る角速度センサーの変形例を示す平面図。

【図9A】 本発明の第3実施形態に係る角速度センサーが有する検出部の一部を示す平面図。

【図9B】 本発明の第3実施形態に係る角速度センサーの変形例を示す平面図。

【図9C】 本発明の第3実施形態に係る角速度センサーの変形例を示す平面図。

【図10】 本発明の第4実施形態に係る角速度センサーが有する素子部を示す平面図。

50

- 【図 1 1 A】図 1 0 中の C 部拡大平面図。
- 【図 1 1 B】本発明の第 4 実施形態に係る角速度センサーの変形例を示す平面図。
- 【図 1 1 C】本発明の第 4 実施形態に係る角速度センサーの変形例を示す平面図。
- 【図 1 2】慣性計測装置の概略構成を示す分解斜視図。
- 【図 1 3】慣性計測装置の慣性センサー素子の配置例を示す斜視図。
- 【図 1 4】移動体測位装置の全体システムを示すブロック図。
- 【図 1 5】移動体測位装置の作用を模式的に示す図。
- 【図 1 6】携帯型電子機器の構成を模式的に示す平面図。
- 【図 1 7】携帯型電子機器の概略構成を示す機能ブロック図。
- 【図 1 8】電子機器の一例であるモバイル型のパーソナルコンピュータの構成を模式的に示す斜視図。 10
- 【図 1 9】電子機器の一例であるスマートフォン（携帯型電話機）の構成を模式的に示す斜視図。
- 【図 2 0】電子機器の一例であるデジタルスチールカメラの構成を示す斜視図。
- 【図 2 1】移動体の一例である自動車の構成を示す斜視図。
- 【発明を実施するための形態】
- 【0027】
- 以下、本発明に係る角速度センサー、慣性計測装置、移動体測位装置、携帯型電子機器、電子機器、および移動体を添付図面に示す実施形態に基づいて詳細に説明する。なお、以下で説明する実施形態は、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い。また、本実施形態で説明される構成の全てが、本発明の必須構成要件であるとは限らない。 20
- 【0028】
- <角速度センサー>
- [第 1 実施形態]
- 先ず、本発明の第 1 実施形態に係る角速度センサー 1 について、図 1 ~ 図 7 を参照して説明する。図 1 は、本発明の第 1 実施形態に係る角速度センサーを示す平面図である。図 2 は、図 1 中の A - A 線断面図である。図 3 は、図 1 の角速度センサーが有する素子部を示す平面図である。図 4 は、図 3 中の B 部拡大平面図である。図 5 および図 6 は、それぞれ、図 3 の素子部が有する逆相ばねの拡大平面図である。図 7 は、図 3 に示す素子部の振動モードを説明するための模式図である。なお、図 1 ~ 図 7、および以降で示す図 8 A ~ 図 1 1 C には、互いに直交する三つの軸として X 軸、Y 軸および Z 軸が図示され、基板 2 に接合された素子部 4 の各部位が配置される平面を X 軸および Y 軸とし、基板 2 と蓋体 3 とが接合されている方向を Z 軸としている。また、X 軸に平行な方向を本実施形態における「第 1 方向」または「X 軸方向」、Y 軸に平行な方向を本実施形態における「第 2 方向」または「Y 軸方向」、Z 軸に平行な方向を「Z 軸方向」とも言う。また、各軸の矢印先端側を「プラス側」とも言い、反対側を「マイナス側」とも言う。また、Z 軸方向プラス側を「上または上側」とも言い、Z 軸方向マイナス側を「下または下側」とも言う。 30
- 【0029】
- 図 1 に示す角速度センサー 1 は、Z 軸まわりの角速度 ω_z を検出することのできる角速度センサーである。角速度センサー 1 は、基板 2 と、蓋体 3 と、素子部 4 と、を有している。 40
- 【0030】
- 図 1 に示すように、基板 2 は、Z 軸方向からの平面視で、矩形の平面視形状を有する板状をなしている。また、基板 2 は、上側の面である上面に開放する凹部 2 1 を有している。凹部 2 1 は、素子部 4 と基板 2 との接触を防止（抑制）するための逃げ部として機能する。また、基板 2 は、凹部 2 1 の底面から突出する複数のマウント 2 2（2 2 1, 2 2 2, 2 2 3, 2 2 4, 2 2 5）を有している。そして、これらマウント 2 2 の上面に素子部 4 が接合されている。これにより、基板 2 との接触が防止された状態で、基板 2 に素子部 4 を固定することができる。また、基板 2 は、上面に開放する溝部 2 3, 2 4, 2 5, 2 50

6, 27, 28を有している。

【0031】

基板2としては、例えば、ナトリウムイオン(Na⁺)、リチウムイオン(Li⁺)等の可動イオン(アルカリ金属イオン、以下Na⁺で代表する)を含むガラス材料(例えば、テンパックス(登録商標)ガラス、パイレックス(登録商標)ガラスのような硼珪酸ガラス)で構成されたガラス基板を用いることができる。これにより、例えば、後述するように、基板2と素子部4とを陽極接合することができ、これらを強固に接合することができる。また、光透過性を有する基板2が得られるため、角速度センサー1の外側から、基板2を介して素子部4の状態を視認することができる。ただし、基板2の構成材料としては、特に限定されず、シリコン基板、セラミックス基板等を用いてもよい。

10

【0032】

図1に示すように、溝部23, 24, 25, 26, 27, 28には、それぞれ、配線73, 74, 75, 76, 77, 78が配置されている。配線73, 74, 75, 76, 77, 78は、それぞれ、素子部4と電気的に接続されている。また、配線73, 74, 75, 76, 77, 78の一端部は、それぞれ、蓋体3の外側に露出し、外部装置との電気的な接続を行う電極パッドPとして機能する。

【0033】

図1に示すように、蓋体3は、Z軸方向からの平面視で、矩形の平面視形状を有する板状をなしている。また、図2に示すように、蓋体3は、下面に開放する凹部31を有している。蓋体3は、凹部31内に素子部4を収納するようにして、基板2の上面に接合されている。そして、蓋体3および基板2によって、その内側に、素子部4を収納する収納空間Sが形成されている。

20

【0034】

また、図2に示すように、蓋体3は、収納空間Sの内外を連通する連通孔32を有している。そのため、連通孔32を介して、収納空間Sを所望の雰囲気置換することができる。また、連通孔32内には封止部材33が配置され、封止部材33によって連通孔32が気密封止されている。なお、収納空間Sは、減圧状態、特に真空状態であることが好ましい。これにより、粘性抵抗が減り、素子部4を効率的に振動させることができる。

【0035】

このような蓋体3としては、例えば、シリコン基板を用いることができる。ただし、蓋体3としては、特に限定されず、例えば、ガラス基板やセラミックス基板を用いてもよい。また、基板2と蓋体3との接合方法としては、特に限定されず、基板2や蓋体3の材料によって適宜選択すればよいが、例えば、陽極接合、プラズマ照射によって活性化させた接合面同士を接合させる活性化接合、ガラスフリット等の接合材による接合、基板2の上面および蓋体3の下面に成膜した金属膜同士を接合する拡散接合等が挙げられる。本実施形態では、ガラスフリット39(低融点ガラス)を介して基板2と蓋体3とが接合されている。

30

【0036】

素子部4は、収納空間Sに配置されており、マウント22の上面に接合されている。素子部4は、例えば、リン(P)、ボロン(B)等の不純物がドーブされた導電性のシリコン基板をドライエッチング法(シリコンディープエッチング)によってパターニングすることで形成することができる。以下、素子部4について詳細に説明する。なお、以下では、Z軸方向からの平面視で、素子部4の中心Oと交わり、Y軸方向に延びる直線を「仮想直線」とも言う。

40

【0037】

図3に示すように、素子部4の形状は、仮想直線に対して対称である。また、素子部4は、仮想直線の両側に配置された駆動部41A, 41Bを有している。駆動部41A, 41Bは、検出電極としての検出部44A, 44Bを駆動可能であり、駆動部41Aは、可動電極部として、櫛歯状の可動駆動電極411Aと、櫛歯状をなし可動駆動電極411Aと空隙を有して互い違いに配置された固定駆動電極412Aと、を有している。同様

50

に、駆動部 4 1 B は、可動電極部として、櫛歯状の可動駆動電極 4 1 1 B と、櫛歯状をなし可動駆動電極 4 1 1 B と空隙を有して互い違いに配置された固定駆動電極 4 1 2 B と、を有している。

【 0 0 3 8 】

また、固定駆動電極 4 1 2 A は、可動駆動電極 4 1 1 A よりも外側（仮想直線 から遠い側）に位置し、固定駆動電極 4 1 2 B は、可動駆動電極 4 1 1 B よりも外側（仮想直線 から遠い側）に位置している。また、固定駆動電極 4 1 2 A , 4 1 2 B は、それぞれ、マウント 2 2 1 の上面に接合され、基板 2 に固定されている。また、可動駆動電極 4 1 1 A , 4 1 1 B は、それぞれ、配線 7 3 と電氣的に接続されており、固定駆動電極 4 1 2 A , 4 1 2 B は、それぞれ、配線 7 4 と電氣的に接続されている。

10

【 0 0 3 9 】

また、素子部 4 は、駆動部 4 1 A の周囲に配置された四つの固定部（第 1 固定部 4 2 A 、第 2 固定部 4 2 1 A ）と、駆動部 4 1 B の周囲に配置された四つの固定部（第 1 固定部 4 2 B 、第 2 固定部 4 2 1 B ）と、を有している。そして、第 1 固定部 4 2 A , 4 2 B および第 2 固定部 4 2 1 A , 4 2 1 B は、マウント 2 2 2 の上面に接合され、基板 2 に固定されている。

【 0 0 4 0 】

また、素子部 4 は、第 1 固定部 4 2 A および第 2 固定部 4 2 1 A と可動駆動電極 4 1 1 A とを連結する四つの駆動ばね 4 3 A と、第 1 固定部 4 2 B および第 2 固定部 4 2 1 B と可動駆動電極 4 1 1 B とを連結する四つの駆動ばね 4 3 B と、を有している。各駆動ばね 4 3 A が X 軸方向に弾性変形することで可動駆動電極 4 1 1 A の X 軸方向への変位が許容され、各駆動ばね 4 3 B が X 軸方向に弾性変形することで可動駆動電極 4 1 1 B の X 軸方向への変位が許容される。

20

【 0 0 4 1 】

配線 7 3 , 7 4 を介して可動駆動電極 4 1 1 A , 4 1 1 B と固定駆動電極 4 1 2 A , 4 1 2 B との間に駆動電圧を印加すると、可動駆動電極 4 1 1 A と固定駆動電極 4 1 2 A との間および可動駆動電極 4 1 1 B と固定駆動電極 4 1 2 B との間にそれぞれ静電引力が発生する。この静電引力により、可動駆動電極 4 1 1 A が駆動ばね 4 3 A を X 軸方向に弾性変形させつつ X 軸方向に振動すると共に、可動駆動電極 4 1 1 B が駆動ばね 4 3 B を X 軸方向に弾性変形させつつ X 軸方向に振動する。駆動部 4 1 A , 4 1 B は、仮想直線 に対して対称的に配置されているため、可動駆動電極 4 1 1 A , 4 1 1 B は、互いに接近、離間を繰り返すように X 軸方向に逆相で振動する。そのため、可動駆動電極 4 1 1 A , 4 1 1 B の振動がキャンセルされ、振動漏れを低減することができる。以下では、この振動モードを「駆動振動モード」とも言う。

30

【 0 0 4 2 】

なお、本実施形態の角速度センサー 1 では、静電引力によって駆動振動モードを励振させる静電駆動方式となっているが、駆動振動モードを励振させる方式としては、特に限定されず、例えば、圧電駆動方式、磁場のローレンツ力を利用した電磁駆動方式等を適用することもできる。

【 0 0 4 3 】

また、素子部 4 は、駆動部 4 1 A , 4 1 B の間に配置された検出部 4 4 A , 4 4 B を有している。検出部 4 4 A は、第 1 検出電極としての櫛歯状の可動検出電極 4 4 1 A と、櫛歯状をなし可動検出電極 4 4 1 A と空隙を有して互い違いに配置された第 2 検出電極としての固定検出電極 4 4 2 A , 4 4 3 A と、を有している。固定検出電極 4 4 2 A , 4 4 3 A は、Y 軸方向に並んで配置され、可動検出電極 4 4 1 A の中心に対して Y 軸方向プラス側に固定検出電極 4 4 2 A が位置し、Y 軸方向マイナス側に固定検出電極 4 4 3 A が位置している。また、固定検出電極 4 4 2 A , 4 4 3 A は、それぞれ、可動検出電極 4 4 1 A を X 軸方向両側から挟み込むようにして一対配置されている。

40

【 0 0 4 4 】

同様に、検出部 4 4 B は、第 1 検出電極としての櫛歯状の可動検出電極 4 4 1 B と、櫛

50

歯状をなし可動検出電極 4 4 1 B と空隙を有して互い違いに配置された第 2 検出電極としての固定検出電極 4 4 2 B , 4 4 3 B と、を有している。固定検出電極 4 4 2 B , 4 4 3 B は、Y 軸方向に並んで配置され、可動検出電極 4 4 1 B の中心に対して Y 軸方向プラス側に固定検出電極 4 4 2 B が位置し、Y 軸方向マイナス側に固定検出電極 4 4 3 B が位置している。また、固定検出電極 4 4 2 B , 4 4 3 B は、それぞれ、可動検出電極 4 4 1 B を X 軸方向の両側から挟み込むようにして一対配置されている。

【 0 0 4 5 】

可動検出電極 4 4 1 A , 4 4 1 B は、それぞれ、配線 7 3 と電氣的に接続され、固定検出電極 4 4 2 A , 4 4 3 B は、それぞれ、配線 7 5 と電氣的に接続され、固定検出電極 4 4 3 A , 4 4 2 B は、それぞれ、配線 7 6 と電氣的に接続されている。角速度センサー 1 の駆動時には、可動検出電極 4 4 1 A と固定検出電極 4 4 2 A との間および可動検出電極 4 4 1 B と固定検出電極 4 4 3 B との間に静電容量 C a が形成され、可動検出電極 4 4 1 A と固定検出電極 4 4 3 A との間および可動検出電極 4 4 1 B と固定検出電極 4 4 2 B との間に静電容量 C b が形成される。

10

【 0 0 4 6 】

また、素子部 4 は、検出部 4 4 A , 4 4 B の間に配置された二つの第 1 固定部 4 5 1 , 4 5 2 を有している。第 1 固定部 4 5 1 , 4 5 2 は、それぞれ、マウント 2 2 4 の上面に接合され、基板 2 に固定されている。第 1 固定部 4 5 1 , 4 5 2 は、Y 軸方向に並び、間隔を空けて配置されている。なお、本実施形態では、第 1 固定部 4 5 1 , 4 5 2 を介して可動駆動電極 4 1 1 A , 4 1 1 B や可動検出電極 4 4 1 A , 4 4 1 B が配線 7 3 と電氣的に接続されている。

20

【 0 0 4 7 】

また、素子部 4 は、可動検出電極 4 4 1 A と第 1 固定部 4 2 A , 4 5 1 , 4 5 2 とを接続する四つのばね部としての検出ばね 4 6 A と、可動検出電極 4 4 1 B と第 1 固定部 4 2 B , 4 5 1 , 4 5 2 とを接続する四つのばね部としての検出ばね 4 6 B と、を有している。各検出ばね 4 6 A が X 軸方向に弾性変形することで可動検出電極 4 4 1 A の X 軸方向への変位が許容され、Y 軸方向に弾性変形することで可動検出電極 4 4 1 A の Y 軸方向への変位が許容される。同様に、各検出ばね 4 6 B が X 軸方向に弾性変形することで可動検出電極 4 4 1 B の X 軸方向への変位が許容され、Y 軸方向に弾性変形することで可動検出電極 4 4 1 B の Y 軸方向への変位が許容される。

30

【 0 0 4 8 】

従って、Z 軸まわりの角速度 ω_z によって、可動検出電極 4 4 1 A , 4 4 1 B が変位する検出軸方向である第 2 方向 (Y 軸方向) へ変位可能となり、Z 軸まわりの角速度 ω_z を検出することができる。

【 0 0 4 9 】

また、図 4 に示すように、検出部 4 4 B は、櫛歯状に配置された複数の第 1 電極指としての可動検出電極指 5 1 を備えた可動検出電極 4 4 1 B と、櫛歯状に配置された複数の第 2 電極指としての固定検出電極指 5 3 を備え可動検出電極 4 4 1 B の可動検出電極指 5 1 と空隙を有して互い違いに配置された固定検出電極 4 4 3 B と、を有している。

40

【 0 0 5 0 】

固定検出電極 4 4 3 B は、第 1 方向 (X 軸方向) に沿って延在して設けられている複数の固定検出電極指 5 3 を有している。また、可動検出電極 4 4 1 B は、第 2 方向 (Y 軸方向) に沿って延在して設けられている第 1 幹部 5 0 と、第 1 幹部 5 0 から X 軸方向に沿って延在して設けられ、固定検出電極指 5 3 と Y 軸方向に間隔を空けて配置される複数の可動検出電極指 5 1 と、第 1 幹部 5 0 に連結する第 1 連結部 5 2 と、を有している。

【 0 0 5 1 】

さらに、第 1 連結部 5 2 は、第 1 幹部 5 0 に連結する第 1 支持部 5 2 1 と、検出ばね 4 6 B に連結する第 2 支持部 5 2 2 と、を有しており、第 1 支持部 5 2 1 と固定検出電極 4 4 3 B との Y 軸方向の間隔は、第 2 支持部 5 2 2 と固定検出電極 4 4 3 B との Y 軸方向の間隔より小さい。つまり、第 1 支持部 5 2 1 は、第 2 支持部 5 2 2 よりも固定検出電極 4

50

4 3 B 側に近接して配置されている。なお、第 2 支持部 5 2 2 が設けられていることにより、検出ばね 4 6 B を長くすることができ、可動検出電極 4 4 1 B をより変位し易くすることができる。

【 0 0 5 2 】

また、第 1 支持部 5 2 1 の X 軸方向の長さが、可動検出電極指 5 1 の X 軸方向の長さと同程度の長さである。そのため、第 1 支持部 5 2 1 の側面と固定検出電極指 5 3 の側面との対向面積が可動検出電極指 5 1 の側面と固定検出電極指 5 3 の側面との対向面積と等しくすることができる。

【 0 0 5 3 】

第 1 支持部 5 2 1 と固定検出電極 4 4 3 B との Y 軸方向の間隔が、固定検出電極指 5 3 と可動検出電極指 5 1 との Y 軸方向の間隔と同程度の長さである。つまり、対向面積も同程度の長さであるため、第 1 支持部 5 2 1 と固定検出電極 4 4 3 B と間の静電容量と、固定検出電極指 5 3 と可動検出電極指 5 1 との間の静電容量と、を等しくすることができる。

【 0 0 5 4 】

従って、第 1 支持部 5 2 1 と固定検出電極 4 4 3 B とが一对の固定検出電極指 5 3 と可動検出電極指 5 1 とに相当するので、第 1 支持部 5 2 1 を可動検出電極指 5 1 と見なすことができ、検出部 4 4 B の Y 軸方向の寸法を変えずに可動検出電極指 5 1 を増やすことができる。つまり、可動検出電極 4 4 1 B と固定検出電極 4 4 3 B との間の静電容量を大きくすることができ、検出感度を向上させることができる。また、同等の検出感度を有して小型化を図ることもできる。

【 0 0 5 5 】

検出ばね 4 6 B は、第 2 方向 (Y 軸方向) に沿って延在する長手形状と、可動検出電極 4 4 1 B の中心側に折り返し部 4 6 1 とを有し、第 1 固定部 4 2 B に固定されて第 1 方向 (X 軸方向) に弾性変形することができる。また、検出ばね 4 6 B は、第 1 方向 (X 軸方向) に沿って延在する長手形状と、可動検出電極 4 4 1 B の端部側に折り返し部 4 6 2 とを有し、可動検出電極 4 4 1 B の端部 5 4 と接続されて第 2 方向 (Y 軸方向) に弾性変形することができる。

【 0 0 5 6 】

固定検出電極 4 4 3 B は、X 軸方向において、可動検出電極 4 4 1 B よりもばね部としての検出ばね 4 6 B 側に配置され、検出ばね 4 6 B と対向する検出電極としての検出部 4 4 B (固定検出電極 4 4 3 B) の第 1 面 4 4 5 と、Y 軸方向において、第 1 面 4 4 5 より可動検出電極 4 4 1 B の中心側に設けられた検出部 4 4 B (固定検出電極 4 4 3 B) の第 2 面 4 4 6 と、を有している。検出部 4 4 B (固定検出電極 4 4 3 B) の第 1 面 4 4 5 と検出ばね 4 6 B との X 軸方向の間隔 G 1 は、検出部 4 4 B (固定検出電極 4 4 3 B) の第 2 面 4 4 6 と検出ばね 4 6 B との X 軸方向の間隔 G 2 より大きい。つまり、X 軸方向において、第 1 面 4 4 5 よりも第 2 面 4 4 6 が検出ばね 4 6 B に近い。

【 0 0 5 7 】

また、検出ばね 4 6 B は、第 1 方向 (X 軸方向) の平面視で、第 1 面 4 4 5 と重なる領域よりも第 2 面 4 4 6 と重なる領域の方が小さい。さらに、検出ばね 4 6 B の折り返し部 4 6 1 よりも検出ばね 4 6 B の折り返し部 4 6 1 とは反対側の長手形状の端部側で互いの間隔が大きく離れて設けられている。これにより、固定検出電極 4 4 3 B に対して変位量が小さい検出ばね 4 6 B の折り返し部 4 6 1 に固定検出電極 4 4 3 B をより近接して配置することができる。そして、固定検出電極 4 4 3 B に対して変位量が大きい検出ばね 4 6 B の折り返し部 4 6 1 とは反対側の長手形状の端部側から固定検出電極 4 4 3 B を大きく離すことができ、検出ばね 4 6 B をより変位し易くすることができる。そのため、可動検出電極 4 4 1 B を大きく変位させることができ、検出感度を向上させることができる。従って、小型化を図っても、検出感度の低下を低減した角速度センサー 1 を得ることができる。

【 0 0 5 8 】

さらに、固定検出電極 4 4 3 B は、第 3 固定部 4 4 7 を介して基板 2 に固定されている

10

20

30

40

50

。第3固定部447は、Z軸方向からの平面視において、固定検出電極443Bに包含され、固定検出電極443Bの第2面446の一部と対向して設けられている。つまり、第3固定部447は、間隔G2より大きい間隔G1を確保するために面積を小さくした第1面445で形成される領域ではなく、より広い第2面446で形成される領域に設けられている。これにより、第3固定部447の周囲をより太く囲うことができるので、Z軸方向に大きな衝撃を受けた時に、固定検出電極443Bが第3固定部447と接続する境界に応力がかかったとしても、破損されるのを抑制することができる。

【0059】

なお、本実施形態では、図3に示すように、検出部44BのY軸方向の両端において、-Y軸方向の端部で、且つ、-X軸方向の端部を一例として挙げ説明したが、検出部44Bの-Y軸方向の端部で、+X軸方向の端部、検出部44Bの+Y軸方向の端部で、X軸方向の両端、および検出部44AのY軸方向の両端で、X軸方向の両端においても同様の構成となっている。

10

【0060】

さらに、素子部4は、駆動部41Aと検出部44Aとの間に位置し、可動駆動電極411Aと可動検出電極441Aとを接続する逆相ばね47Aと、駆動部41Bと検出部44Bとの間に位置し、可動駆動電極411Bと可動検出電極441Bとを接続する逆相ばね47Bと、を有している。可動検出電極441Aは、逆相ばね47AがX軸方向に弾性変形することで可動駆動電極411Aに対してX軸方向に変位することができる。同様に、可動検出電極441Bは、逆相ばね47BがX軸方向に弾性変形することで可動駆動電極411Bに対してX軸方向に変位することができる。

20

【0061】

図5に示すように、逆相ばね47Aは、ばね本体471Aと、ばね本体471Aと可動駆動電極411Aとを連結する梁477Aと、ばね本体471Aと可動検出電極441Aとを連結する梁478Aと、を有している。また、ばね本体471Aは、Y軸方向に延在する形状をなし、X軸方向に弾性変形可能なアーム472Aと、Y軸方向に延在する形状をなし、X軸方向に弾性変形可能なアーム473Aと、を有している。アーム472A、473Aは、X軸方向に隙間を空けて配置され、アーム472Aの中央部に梁477Aが接続され、アーム473Aの中央部に梁478Aが接続されている。また、ばね本体471Aは、アーム472A、473Aの一端部同士を接続する接続部474Aと、アーム472A、473Aの他端部同士を接続する接続部475Aと、を有している。したがって、ばね本体471Aは、中央部が開口する棒状となっている。

30

【0062】

逆相ばね47Bは、逆相ばね47Aと同様の構成であり、図6に示すように、ばね本体471Bと、ばね本体471Bと可動駆動電極411Bとを連結する梁477Bと、ばね本体471Bと可動検出電極441Bとを連結する梁478Bと、を有している。

【0063】

ここで、図7に示すように、駆動振動モードでは、可動駆動電極411Aの振動が逆相ばね47Aを介して可動検出電極441Aに伝わるため、可動検出電極441Aは、可動駆動電極411Aの振動に連動してX軸方向に振動する。同様に、可動駆動電極411Bの振動が逆相ばね47Bを介して可動検出電極441Bに伝わるため、可動検出電極441Bは、可動駆動電極411Bの振動に連動してX軸方向に振動する。また、前述したように、可動駆動電極411A、411BがX軸方向に逆相で振動するため、可動検出電極441A、441Bも、互いに接近、離間を繰り返すようにX軸方向に逆相で振動する。そのため、可動検出電極441A、441Bの振動がキャンセルされ、基板2への振動漏れを低減することができる。

40

【0064】

さらに、駆動振動モードでは、逆相ばね47Aの弾性変形を利用して、可動検出電極441Aは、可動駆動電極411Aと接近、離間を繰り返すようにX軸方向に逆相で振動する。同様に、逆相ばね47Bの弾性変形を利用して、可動検出電極441Bは、可動駆動

50

電極 4 1 1 B と接近、離間を繰り返すように X 軸方向に逆相で振動する。これにより、可動検出電極 4 4 1 A と可動駆動電極 4 1 1 A の振動の少なくとも一部がキャンセルされると共に、可動検出電極 4 4 1 B と可動駆動電極 4 1 1 B の振動の少なくとも一部がキャンセルされる。したがって、可動検出電極 4 4 1 A と可動駆動電極 4 1 1 A および可動検出電極 4 4 1 B と可動駆動電極 4 1 1 B がそれぞれ同相で振動する場合と比較して、基板 2 への振動漏れをより効果的に低減することができる。なお、駆動振動モードで可動検出電極 4 4 1 A と可動駆動電極 4 1 1 A とを逆相で振動させるためには、例えば、これらの間にある逆相ばね 4 7 A のばね定数を調整すればよく、可動検出電極 4 4 1 B と可動駆動電極 4 1 1 B とを逆相で振動させるためには、例えば、これらの間にある逆相ばね 4 7 B のばね定数を調整すればよい。

10

【 0 0 6 5 】

なお、可動検出電極 4 4 1 A と可動駆動電極 4 1 1 A および可動検出電極 4 4 1 B と可動駆動電極 4 1 1 B がそれぞれ逆相で振動する逆相モードの共振周波数 f_1 と、可動検出電極 4 4 1 A と可動駆動電極 4 1 1 A および可動検出電極 4 4 1 B と可動駆動電極 4 1 1 B がそれぞれ同相で振動する同相モードの共振周波数 f_2 と、の差が大きい程、逆相モードで振動させ易く、また、同相モードが結合し難くなる（すなわち、逆相モードが支配的となる）。具体的は、例えば、逆相モードの共振周波数 f_1 が 3 0 k H z 程度である場合、同相モードの共振周波数 f_2 は、共振周波数から 3 k H z 以上（すなわち、1 0 % 以上）離れていることが好ましい。これにより、同相モードが十分に結合し難くなり、より安定して、逆相モードで駆動させることができる。

20

【 0 0 6 6 】

なお、「可動検出電極 4 4 1 A (4 4 1 B) と可動駆動電極 4 1 1 A (4 1 1 B) とを逆相で振動させる」とは、逆相モード以外の振動が結合していない場合はもちろん、逆相モードが支配的であれば、他の振動モード（例えば、前述した同相モード）が結合していてもよい。また、例えば、可動検出電極 4 4 1 A と可動駆動電極 4 1 1 A との振動に位相差がない場合はもちろん、位相差がある場合も含まれる。位相差がない場合とは、例えば、可動駆動電極 4 1 1 A が X 軸方向プラス側に変位し出す時刻と可動検出電極 4 4 1 A が X 軸方向マイナス側に変位し出す時刻が一致していることを意味する。また、位相差がある場合とは、例えば、可動駆動電極 4 1 1 A が X 軸方向プラス側に変位し出す時刻よりも後から可動検出電極 4 4 1 A が X 軸方向マイナス側に変位し出すことを意味する。

30

【 0 0 6 7 】

このような駆動振動モードで駆動させている最中に角速度センサー 1 に角速度 z が加わると、可動検出電極 4 4 1 A , 4 4 1 B は、コリオリの力によって、図 7 中の矢印 A に示すように、検出ばね 4 6 A , 4 6 B を Y 軸方向に弾性変形させつつ Y 軸方向に逆相で振動する（この振動を「検出振動モード」とも言う）。検出振動モードでは、可動検出電極 4 4 1 A , 4 4 1 B が Y 軸方向に振動するため、可動検出電極 4 4 1 A と固定検出電極 4 4 2 A , 4 4 3 A とのギャップおよび可動検出電極 4 4 1 B と固定検出電極 4 4 2 B , 4 4 3 B とのギャップがそれぞれ変化し、それに伴って静電容量 C_a , C_b がそれぞれ変化する。そのため、静電容量 C_a , C_b の変化に基づいて、角速度 z を求めることができる。

40

【 0 0 6 8 】

検出振動モードでは、静電容量 C_a が大きくなると静電容量 C_b が小さくなり、反対に、静電容量 C_a が小さくなると静電容量 C_b が大きくなる。そのため、配線 7 5 に接続された Q V アンプから出力される検出信号（静電容量 C_a の大きさに応じた信号）と、配線 7 6 に接続された Q V アンプから出力される検出信号（静電容量 C_b の大きさに応じた信号）とを差動演算（減算処理： $C_a - C_b$ ）することで、ノイズをキャンセルすることができ、より精度よく角速度 z を検出することができる。

【 0 0 6 9 】

ここで、駆動振動モードでは、逆相ばね 4 7 A の伸縮によって可動検出電極 4 4 1 A の振幅が可動駆動電極 4 1 1 A の振幅よりも大きくなり、逆相ばね 4 7 B の伸縮によって可

50

動検出電極 4 4 1 B の振幅が可動駆動電極 4 1 1 B の振幅よりも大きくなる。そのため、駆動振動モードでの可動検出電極 4 4 1 A , 4 4 1 B の振幅を増大させることができ、その分、より大きいコリオリの力が作用する。したがって、角速度 ω の検出感度が向上する。また、小さい駆動力で可動検出電極 4 4 1 A , 4 4 1 B を大きく振動させることができるため、消費電力を低減することもできる。

【 0 0 7 0 】

また、図 3 に示すように、素子部 4 は、その中央部（検出部 4 4 A と検出部 4 4 B との間）に位置するフレーム 4 8 を有している。フレーム 4 8 は、アルファベットの「H」の輪郭に沿った形状、所謂 H 形状をなし、Y 軸方向プラス側に位置する欠損部 4 8 1（凹部）と、Y 軸方向マイナス側に位置する欠損部 4 8 2（凹部）と、を有している。そして、欠損部 4 8 1 の内外に亘って第 1 固定部 4 5 1 が配置されており、欠損部 4 8 2 の内外に亘って第 1 固定部 4 5 2 が配置されている。これにより、第 1 固定部 4 5 1 , 4 5 2 を Y 軸方向に長く形成することができ、その分、基板 2 との接合面積が増え、基板 2 と素子部 4 との接合強度が増す。

10

【 0 0 7 1 】

また、素子部 4 は、第 1 固定部 4 5 1 とフレーム 4 8 との間に位置し、これらを接続するフレームばね 4 8 8 と、第 1 固定部 4 5 2 とフレーム 4 8 との間に位置し、これらを接続するフレームばね 4 8 9 と、を有している。

【 0 0 7 2 】

また、素子部 4 は、フレーム 4 8 と可動検出電極 4 4 1 A との間に位置し、これらを接続する接続ばね 4 0 A と、フレーム 4 8 と可動検出電極 4 4 1 B との間に位置し、これらを接続する接続ばね 4 0 B と、を有している。接続ばね 4 0 A は、検出ばね 4 6 A と共に可動検出電極 4 4 1 A を支持し、接続ばね 4 0 B は、検出ばね 4 6 B と共に可動検出電極 4 4 1 B を支持している。そのため、可動検出電極 4 4 1 A , 4 4 1 B を安定した姿勢で支持することができ、可動検出電極 4 4 1 A , 4 4 1 B の不要振動（スプリアス）を低減することができる。

20

【 0 0 7 3 】

なお、駆動振動モードでは、接続ばね 4 0 A , 4 0 B が弾性変形することで可動検出電極 4 4 1 A , 4 4 1 B や可動駆動電極 4 1 1 A , 4 1 1 B など構成される可動体 4 A , 4 B の振動が許容され、検出振動モードでは、接続ばね 4 0 A , 4 0 B およびフレームばね 4 8 8 , 4 8 9 が弾性変形すると共に、フレーム 4 8 が中心 O まわりに回転することで、可動検出電極 4 4 1 A , 4 4 1 B の Y 軸方向への振動が許容される。

30

【 0 0 7 4 】

また、素子部 4 は、駆動振動モードでの可動駆動電極 4 1 1 A , 4 1 1 B の振動状態を検出するためのモニター部 4 9 A , 4 9 B を有している。モニター部 4 9 A は、可動検出電極 4 4 1 A に配置され、櫛歯状に配置された複数の電極指を備えた可動モニター電極 4 9 1 A と、櫛歯状に配置された複数の電極指を備え可動モニター電極 4 9 1 A の電極指と間隙を有して互い違いに配置された固定モニター電極 4 9 2 A , 4 9 3 A と、を有している。固定モニター電極 4 9 2 A は、可動モニター電極 4 9 1 A に対して X 軸方向プラス側に位置し、固定モニター電極 4 9 3 A は、可動モニター電極 4 9 1 A に対して X 軸方向マイナス側に位置している。

40

【 0 0 7 5 】

同様に、モニター部 4 9 B は、可動検出電極 4 4 1 B に配置され、櫛歯状に配置された複数の電極指を備えた可動モニター電極 4 9 1 B と、櫛歯状に配置された複数の電極指を備え可動モニター電極 4 9 1 B の電極指と間隙を有して互い違いに配置された固定モニター電極 4 9 2 B , 4 9 3 B と、を有している。固定モニター電極 4 9 2 B は、可動モニター電極 4 9 1 B に対して X 軸方向マイナス側に位置し、固定モニター電極 4 9 3 B は、可動モニター電極 4 9 1 B に対して X 軸方向プラス側に位置している。

【 0 0 7 6 】

これら固定モニター電極 4 9 2 A , 4 9 3 A , 4 9 2 B , 4 9 3 B は、それぞれ、マウ

50

ント 2 2 5 の上面に接合され、基板 2 に固定されている。また、可動モニター電極 4 9 1 A , 4 9 1 B は、それぞれ、配線 7 3 と電氣的に接続され、固定モニター電極 4 9 2 A , 4 9 2 B は、それぞれ、配線 7 7 と電氣的に接続され、固定モニター電極 4 9 3 A , 4 9 3 B は、それぞれ、配線 7 8 と電氣的に接続されている。また、配線 7 7 , 7 8 は、それぞれ、Q V アンプ (電荷電圧変換回路) に接続される。角速度センサー 1 の駆動時には、可動モニター電極 4 9 1 A と固定モニター電極 4 9 2 A との間および可動モニター電極 4 9 1 B と固定モニター電極 4 9 2 B との間に静電容量 C c が形成され、可動モニター電極 4 9 1 A と固定モニター電極 4 9 3 A との間および可動モニター電極 4 9 1 B と固定モニター電極 4 9 3 B との間に静電容量 C d が形成される。

【 0 0 7 7 】

前述したように、駆動振動モードでは、可動検出電極 4 4 1 A , 4 4 1 B が X 軸方向に振動するため、可動モニター電極 4 9 1 A と固定モニター電極 4 9 2 A , 4 9 3 A とのギャップおよび可動モニター電極 4 9 1 B と固定モニター電極 4 9 2 B , 4 9 3 B とのギャップがそれぞれ変化し、それに伴って静電容量 C c , C d がそれぞれ変化する。そのため、静電容量 C c , C d の変化に基づいて、可動体 4 A , 4 B の振動状態 (特に X 軸方向への振幅) を検出することができる。

【 0 0 7 8 】

駆動振動モードでは、静電容量 C c が大きくなると静電容量 C d が小さくなり、反対に、静電容量 C c が小さくなると静電容量 C d が大きくなる。そのため、配線 7 7 に接続された Q V アンプから得られる検出信号 (静電容量 C c の大きさに応じた信号) と、配線 7 8 に接続された Q V アンプから得られる検出信号 (静電容量 C d の大きさに応じた信号) とを差動演算 (減算処理 : C c - C d) することで、ノイズをキャンセルすることができ、より精度よく可動体 4 A , 4 B の振動状態を検出することができる。

【 0 0 7 9 】

なお、モニター部 4 9 A , 4 9 B からの出力によって検出された可動体 4 A , 4 B の振動状態 (振幅) は、可動体 4 A , 4 B に電圧 V 2 を印加する駆動回路にフィードバックされる。駆動回路は、可動体 4 A , 4 B の振幅が目標値となるように、電圧 V 2 の周波数や D u t y 比を変更する。これにより、より確実に、可動体 4 A , 4 B を所定の振幅で振動させることができ、角速度 z の検出精度が向上する。

【 0 0 8 0 】

以上で述べたように、第 1 実施形態に係る角速度センサー 1 によれば、以下の特徴を有する。

検出部 4 4 B (固定検出電極 4 4 3 B) の第 1 面 4 4 5 と検出ばね 4 6 B との X 軸方向の間隔 G 1 は、検出部 4 4 B (固定検出電極 4 4 3 B) の第 2 面 4 4 6 と検出ばね 4 6 B との X 軸方向の間隔 G 2 より大きい。つまり、X 軸方向において、第 1 面 4 4 5 よりも第 2 面 4 4 6 が検出ばね 4 6 B に近い。また、検出ばね 4 6 B の折り返し部 4 6 1 よりも検出ばね 4 6 B の折り返し部 4 6 1 とは反対側の長手形状の端部側で互いの間隔が大きく離れて設けられている。これにより、検出部 4 4 B (固定検出電極 4 4 3 B) に対して変位量が小さい検出ばね 4 6 B の折り返し部 4 6 1 に検出部 4 4 B (固定検出電極 4 4 3 B) をより近接して近くに配置することができる。そして、検出部 4 4 B (固定検出電極 4 4 3 B) に対して変位量が大きい検出ばね 4 6 B の折り返し部 4 6 1 とは反対側の長手形状の端部側から検出部 4 4 B (固定検出電極 4 4 3 B) を大きく離すことができ、検出ばね 4 6 B をより変位し易くすることができる。そのため、可動検出電極 4 4 1 B を大きく変位させることができ、検出感度を向上させることができる。従って、小型化を図っても、検出感度の低下を低減した角速度センサー 1 を得ることができる。

【 0 0 8 1 】

また、検出ばね 4 6 B は、第 1 方向 (X 軸方向) の平面視で、第 1 面 4 4 5 と重なる領域よりも第 2 面 4 4 6 と重なる領域の方が小さい。つまり、固定検出電極 4 4 3 B の検出ばね 4 6 B から大きく離れている第 1 面 4 4 5 の領域が、検出ばね 4 6 B に近い第 2 面 4 4 6 の領域よりも広く設けられているので、検出ばね 4 6 B の変位幅の減少を抑制するこ

10

20

30

40

50

とができる。従って、小型化を図っても、検出感度の低下を低減する角速度センサー 1 を得ることができる。

【0082】

[第2実施形態]

次に、本発明の第2実施形態に係る角速度センサー 1 a について、図 8 A を参照して説明する。図 8 A は、本発明の第2実施形態に係る角速度センサーが有する検出部の一部を示す平面図である。なお、図 8 A は、図 3 の B 部に相当する。

【0083】

本実施形態に係る角速度センサー 1 a では、主に、検出部 4 4 A , 4 4 B の固定検出電極 4 4 3 A , 4 4 3 B の構成が異なっていること以外は、前述した第1実施形態にかかる角速度センサー 1 と同様である。

10

【0084】

なお、以下の説明では、第2実施形態の角速度センサー 1 a に関し、前述した実施形態との相違点を中心に説明し、同様の事項に関してはその説明を省略する。また、図 8 A では、前述した実施形態と同様の構成について、同一符号を付している。

【0085】

第2実施形態に係る角速度センサー 1 a の検出部 4 4 A , 4 4 B において、検出部 4 4 B を一例として説明する。図 8 A に示すように、固定検出電極 4 4 3 B は、検出ばね 4 6 B に対向し、検出ばね 4 6 B と交差する方向に沿って設けられた検出部 4 4 B (固定検出電極 4 4 3 B) の第1面 4 4 5 a と、第1面 4 4 5 a より可動検出電極 4 4 1 B の中心側に設けられた検出部 4 4 B (固定検出電極 4 4 3 B) の第2面 4 4 6 とを有している。検出部 4 4 B (固定検出電極 4 4 3 B) の第1面 4 4 5 a と検出ばね 4 6 B との X 軸方向の間隔 G 3 は、折り返し部 4 6 1 から離れるほど大きくなる。言い換えれば、第1面 4 4 5 a と検出ばね 4 6 B との X 軸方向の間隔 G 3 は、可動検出電極 4 4 1 B の端部 5 4 に近づくほど大きい。よって、検出部 4 4 B (固定検出電極 4 4 3 B) の第1面 4 4 5 a と検出ばね 4 6 B との X 軸方向の間隔 G 3 は、検出部 4 4 B (固定検出電極 4 4 3 B) の第2面 4 4 6 と検出ばね 4 6 B との X 軸方向の間隔 G 4 より大きい。つまり、検出ばね 4 6 B の折り返し部 4 6 1 よりも検出ばね 4 6 B の折り返し部 4 6 1 とは反対側の長手形状の端部側で互いの間隔が大きく離れて設けられている。これにより、固定検出電極 4 4 3 B に対して変位量が小さい検出ばね 4 6 B の折り返し部 4 6 1 に固定検出電極 4 4 3 B を近くに配置することができる。そして、固定検出電極 4 4 3 B に対して変位量が大きい検出ばね 4 6 B の折り返し部 4 6 1 とは反対側の長手形状の端部側から固定検出電極 4 4 3 B を大きく離すことができ、検出ばね 4 6 B をより変位し易くすることができる。そのため、可動検出電極 4 4 1 B を大きく変位させることができるため、検出感度を向上させることができる。

20

30

【0086】

また、前述した実施形態では、検出部 4 4 B (固定検出電極 4 4 3 B) の第1面 4 4 5 が検出ばね 4 6 B の折り返し部 4 6 1 から端部に向けて検出ばね 4 6 B に対して離れる方向に連続して傾斜しているが、互いに離れていくなれば、これに限定されず、例えば、第2実施形態の変形例としての角速度センサー 1 b は、図 8 B に示すように、検出部 4 4 B (固定検出電極 4 4 3 B) の第1面 4 4 5 b が複数の面 4 4 5 c , 4 4 5 d , 4 4 5 e で構成され、検出ばね 4 6 B に対して階段状に傾いていてもよい。

40

【0087】

なお、本実施形態では、第1実施形態と同様に、図 3 を参照すると、検出部 4 4 B の Y 軸方向の両端において、- Y 軸方向の端部で、且つ、- X 軸方向の端部を一例として挙げ説明したが、検出部 4 4 B の - Y 軸方向の端部で、+ X 軸方向の端部、検出部 4 4 B の + Y 軸方向の端部で、X 軸方向の両端、および検出部 4 4 A の Y 軸方向の両端で、X 軸方向の両端においても同様の構成となっている。

【0088】

以上、第2実施形態の角速度センサー 1 a 、 1 b について説明した。このような第2実

50

施形態によっても、前述した第1実施形態と同様の効果を発揮することができる。

【0089】

[第3実施形態]

本発明の第3実施形態に係る角速度センサー1cについて、図9Aを参照して説明する。図9Aは、本発明の第3実施形態に係る角速度センサーが有する検出部の一部を示す平面図である。

【0090】

本実施形態に係る角速度センサー1cでは、主に、検出部44A、44Bの構成が異なっていること以外は、前述した第1実施形態に係る角速度センサー1と同様である。

【0091】

なお、以下の説明では、第3実施形態の角速度センサー1cに関し、前述した実施形態との相違点を中心に説明し、同様の事項に関してはその説明を省略する。また、図9Aでは、前述した実施形態と同様の構成について、同一符号を付している。

【0092】

前述した実施形態では、検出ばね46Bと可動検出電極441Bとの間に固定検出電極443Bが設けられているが、本実施形態においては、図9Aに示すように、検出ばね46Bと固定検出電極443Bとの間に可動検出電極441Bが設けられている。

【0093】

可動検出電極441Bは、X軸方向において、固定検出電極443Bよりも検出ばね46B側に配置され、検出ばね46Bと対向する検出部44B（可動検出電極441B）の第1面445と、第1面445より可動検出電極441Bの中心側に設けられた検出部44B（可動検出電極441B）の第2面446と、を有している。検出部44B（可動検出電極441B）の第1面445と検出ばね46BとのX軸方向の間隔G5は、検出部44B（可動検出電極441B）の第2面446と検出ばね46BのY軸方向の延長線とのX軸方向の間隔G6より大きい。また、第1方向（X軸方向）からの平面視で、折り返し部461は、検出部44B（可動検出電極441B）の第1面445と重なっており、第2面446と重なっていない。そのため、検出ばね46Bと可動検出電極441Bとをより近接して配置することができる。よって、検出感度の低下を低減し、小型化の角速度センサー1cを得ることができる。

【0094】

また、前述した実施形態では、検出部44B（可動検出電極441B）の第1面445が検出ばね46Bの折り返し部461から端部54aまで検出ばね46Bに対して平行に設けられ、X軸方向の間隔G5は常に等しいが、検出ばね46Bの折り返し部461から離れているならば、これに限定されない。

【0095】

例えば、第3実施形態の変形例としての角速度センサー1dは、図9Bに示すように、検出部44B（可動検出電極441B）の第1面445fと検出ばね46BとのX軸方向の間隔G7は、折り返し部461に近づくほど大きくなる。言い換えれば、第1面445fと検出ばね46BとのX軸方向の間隔G7は、可動検出電極441Bの端部54aから離れるほど大きい。よって、検出部44B（可動検出電極441B）の第1面445fと検出ばね46BとのX軸方向の間隔G7より、検出部44B（可動検出電極441B）の第2面446と検出ばね46BとのX軸方向の間隔G8の方が小さい。従って、第3実施形態と同様に、検出ばね46Bと可動検出電極441Bとをより近接して配置することができる。

【0096】

また、前述した実施形態では、検出部（検出電極）の第1面445fが検出ばね46Bの端部から折り返し部461に向けて検出ばね46Bに対して離れる方向に連続して傾斜しているが、互いに離れていくなれば、これに限定されず、例えば、第3実施形態の変形例としての角速度センサー1eは、図9Cに示すように、検出部44B（可動検出電極441B）の第1面445gが検出ばね46Bに対して階段状に傾いていてもよい。

10

20

30

40

50

【 0 0 9 7 】

以上、第3実施形態の角速度センサー1c, 1d, 1eについて説明した。このような第3実施形態によっても、前述した第1実施形態と同様の効果を発揮することができる。また、検出ばね46Bと検出部44B(可動検出電極441B)とが対向するX軸方向の間隔を、検出ばね46Bの折り返し部461も含めて全て大きく離すことができるので、より確実に可動検出電極441Bを大きく変位させることができる。従って、小型化を図っても、検出感度の低下を低減する角速度センサー1c, 1d, 1eを得ることができる。

【 0 0 9 8 】

[第4実施形態]

次に、本発明の第4実施形態に係る角速度センサー1fについて、図10および図11Aを参照して説明する。図10は、本発明の第4実施形態に係る角速度センサーが有する素子部を示す平面図である。図11Aは、図10中のC部拡大平面図である。

【 0 0 9 9 】

本実施形態に係る角速度センサー1fでは、主に、駆動部41A, 41Bの構成が異なっていること以外は、前述した第1実施形態にかかる角速度センサー1と同様である。

【 0 1 0 0 】

なお、以下の説明では、第4実施形態の角速度センサー1fに関し、前述した実施形態との相違点を中心に説明し、同様の事項に関してはその説明を省略する。また、図10および図11Aでは、前述した実施形態と同様の構成について、同一符号を付している。

【 0 1 0 1 】

第4実施形態に係る角速度センサー1fの駆動部41A, 41Bにおいて、駆動部41Bを一例として説明する。図10および図11Aに示すように、駆動部41Bは、櫛歯状に配置された複数の可動駆動電極指61を備えた可動駆動電極411Bと、櫛歯状に配置された複数の固定駆動電極指63を備え可動駆動電極411Bの可動駆動電極指61と空隙を有して互い違いに配置された固定駆動電極412Bと、を有している。

【 0 1 0 2 】

固定駆動電極412Bは、第1方向(X軸方向)に沿って延在して設けられている複数の固定駆動電極指63を有している。また、可動駆動電極411Bは、Y軸方向に沿って延在して設けられている第2幹部60と、第2幹部60からX軸方向に沿って延在して設けられ、固定駆動電極指63とY軸方向に間隔を空けて配置される複数の可動駆動電極指61と、第2幹部60に連結する第2連結部62と、を有している。

【 0 1 0 3 】

駆動ばね43Bは、第2方向(Y軸方向)に沿って延在する長手形状と、可動駆動電極411Bの中心側に折り返し部431とを有し、第1方向(X軸方向)に弾性変形することができる。また、駆動ばね43Bの折り返し部431とは反対側の長手形状の端部は、第2固定部421Bと可動駆動電極411Bの第2連結部62とにそれぞれ接続されている。

【 0 1 0 4 】

固定駆動電極412Bは、駆動ばね43Bと対向する駆動部41B(固定駆動電極412B)の第1面415と、第1面415より可動駆動電極411Bの中心側に設けられた駆動部41B(固定駆動電極412B)の第2面416と、を有している。駆動部41B(固定駆動電極412B)の第1面415と駆動ばね43BとのX軸方向の間隔G9は、駆動部41B(固定駆動電極412B)の第2面416と駆動ばね43BとのX軸方向の間隔G10より大きい。つまり、駆動ばね43Bの折り返し部431よりも駆動ばね43Bの折り返し部431とは反対側の長手形状の端部側で互いの間隔が大きく離れて設けられている。これにより、固定駆動電極412Bに対して変位量が小さい駆動ばね43Bの折り返し部431に固定駆動電極412Bをより近接して配置することができる。そして、固定駆動電極412Bに対して変位量が大きい駆動ばね43Bの折り返し部431とは反対側の長手形状の端部側から固定駆動電極412Bを大きく離すことができ、駆動ばね

10

20

30

40

50

4 3 B をより変位し易くすることができる。そのため、可動駆動電極 4 1 1 B を大きく変位させることができるため、可動検出電極 4 4 1 B が大きく変位し、検出感度をより向上させることができる。従って、小型化を図っても、検出感度の低下を低減した角速度センサー 1 f を得ることができる。

【 0 1 0 5 】

また、前述した実施形態では、駆動部 4 1 B (固定駆動電極 4 1 2 B) の第 1 面 4 1 5 が駆動ばね 4 3 B の折り返し部 4 3 1 から端部まで駆動ばね 4 3 B に対して平行に設けられ、X 軸方向の間隔 G 9 は常に等しいが、駆動ばね 4 3 B の折り返し部 4 3 1 から離れているならば、これに限定されない。

【 0 1 0 6 】

例えば、第 4 実施形態の変形例としての角速度センサー 1 g は、図 1 1 B に示すように、固定駆動電極 4 1 2 B は、駆動ばね 4 3 B に対向し、駆動ばね 4 3 B と交差する方向に沿って設けられた駆動部 4 1 B (固定駆動電極 4 1 2 B) の第 1 面 4 1 5 a と、第 1 面 4 1 5 a より可動駆動電極 4 1 1 B の中心側に設けられた第 2 面 4 1 6 とを有している。駆動部 4 1 B (固定駆動電極 4 1 2 B) の第 1 面 4 1 5 a と駆動ばね 4 3 B との X 軸方向の間隔 G 1 1 は、折り返し部 4 3 1 から離れるほど大きくなる。駆動部 4 1 B (固定駆動電極 4 1 2 B) の第 1 面 4 1 5 a と駆動ばね 4 3 B との X 軸方向の間隔 G 1 1 は、駆動部 4 1 B (固定駆動電極 4 1 2 B) の第 2 面 4 1 6 と駆動ばね 4 3 B との X 軸方向の間隔 G 1 2 より大きい。つまり、駆動ばね 4 3 B の折り返し部 4 3 1 よりも駆動ばね 4 3 B の折り返し部 4 3 1 とは反対側の長手形状の端部側で互いの間隔が大きく離れて設けられている。これにより、固定駆動電極 4 1 2 B に対して変位量が小さい駆動ばね 4 3 B の折り返し部 4 3 1 に固定駆動電極 4 1 2 B を近くに配置することができる。そして、固定駆動電極 4 1 2 B に対して変位量が大きい駆動ばね 4 3 B の折り返し部 4 3 1 とは反対側の長手形状の端部側から固定駆動電極 4 1 2 B を大きく離すことができ、駆動ばね 4 3 B をより変位し易くすることができる。そのため、可動駆動電極 4 1 1 B を大きく変位させることができるため、可動検出電極 4 4 1 B が大きく変位し、検出感度をより向上させることができる。

【 0 1 0 7 】

また、前述した実施形態では、駆動部 4 1 B (固定駆動電極 4 1 2 B) の第 1 面 4 1 5 が駆動ばね 4 3 B の端部から折り返し部 4 3 1 に向けて駆動ばね 4 3 B に対して離れる方向に連続して傾斜しているが、互いに離れていくなれば、これに限定されず、例えば、第 4 実施形態の変形例としての角速度センサー 1 h は、図 1 1 C に示すように、駆動部 4 1 B (固定駆動電極 4 1 2 B) の第 1 面 4 1 5 b が駆動ばね 4 3 B に対して階段状に傾いていてもよい。

【 0 1 0 8 】

なお、本実施形態では、図 1 0 に示すように、駆動部 4 1 B の Y 軸方向の両端において、- Y 軸方向の端部を一例として挙げ、説明したが、駆動部 4 1 B の + Y 軸方向の端部や駆動部 4 1 A の Y 軸方向の両端においても同様の構成となっている。

【 0 1 0 9 】

以上、第 4 実施形態の角速度センサー 1 f , 1 g , 1 h について説明した。このような第 4 実施形態によっても、前述した第 1 実施形態と同様の効果を発揮することができる。

【 0 1 1 0 】

< 慣性計測装置 >

次に、本発明の一実施形態に係る角速度センサー 1 を適用した慣性計測装置 I M U : (Inertial Measurement Unit) 2 0 0 0 について、図 1 2 および図 1 3 を参照して説明する。図 1 2 は、慣性計測装置の概略構成を示す分解斜視図である。図 1 3 は、慣性計測装置の慣性センサー素子の配置例を示す斜視図である。

【 0 1 1 1 】

図 1 2 に示す慣性計測装置 2 0 0 0 は、自動車や、ロボットなどの運動体 (被装着装置) の姿勢や、挙動 (慣性運動量) を検出する装置である。慣性計測装置 2 0 0 0 は、3 軸

10

20

30

40

50

の加速度センサーと、3軸の角速度センサーと、を備えた、所謂6軸モーションセンサーとして機能する。

【0112】

慣性計測装置2000は、平面形状が略正方形の直方体である。また、正方形の対角線方向に位置する2ヶ所の頂点近傍に、固定部としてのネジ穴2110が形成されている。この2ヶ所のネジ穴2110に2本のネジを通して、自動車などの被装着体の被装着面に慣性計測装置2000を固定することができる。なお、部品の選定や設計変更により、例えば、スマートフォンや、デジタルカメラに搭載可能なサイズに小型化することも可能である。

【0113】

慣性計測装置2000は、アウターケース2100と、接合部材2200と、センサーモジュール2300と、を有し、アウターケース2100の内部に、接合部材2200を介在させて、センサーモジュール2300を挿入した構成となっている。また、センサーモジュール2300は、インナーケース2310と、基板2320と、を有している。

【0114】

アウターケース2100の外形は、慣性計測装置2000の全体形状と同様に、平面形状が略正方形の直方体であり、正方形の対角線方向に位置する2ヶ所の頂点近傍に、それぞれネジ穴2110が形成されている。また、アウターケース2100は、箱状であり、その内部にセンサーモジュール2300が収納されている。

【0115】

インナーケース2310は、基板2320を支持する部材であり、アウターケース2100の内部に収まる形状となっている。また、インナーケース2310には、基板2320との接触を防止するための凹部2311や後述するコネクタ2330を露出させるための開口2312が形成されている。このようなインナーケース2310は、接合部材2200（例えば、接着剤を含浸させたパッキン）を介してアウターケース2100に接合されている。また、インナーケース2310の下面には、接着剤を介して基板2320が接合されている。

【0116】

図13に示すように、基板2320の上面上には、コネクタ2330、Z軸まわりの角速度を検出する角速度センサー2340z、X軸、Y軸およびZ軸の各軸方向の加速度を検出する加速度センサー2350などが実装されている。また、基板2320の側面には、X軸まわりの角速度を検出する角速度センサー2340xおよびY軸まわりの角速度を検出する角速度センサー2340yが実装されている。なお、角速度センサー2340z、2340x、2340yとしては、特に限定されず、例えば前述した角速度センサー1など、コリオリの力を利用した振動ジャイロセンサーを用いることができる。また、加速度センサー2350としては、特に限定されず、例えば、静電容量型の加速度センサーを用いることができる。

【0117】

また、基板2320の下面には、制御回路としての制御IC2360が実装されている。制御IC2360は、MCU（Micro Controller Unit）であり、不揮発性メモリーを含む記憶部や、A/Dコンバーターなどを内蔵しており、慣性計測装置2000の各部を制御する。記憶部には、加速度および角速度を検出するための順序と内容を規定したプログラムや、検出データをデジタル化してパケットデータに組込むプログラムおよび付随するデータなどが記憶されている。なお、基板2320には、その他にも複数の電子部品が実装されている。

【0118】

以上、慣性計測装置2000について説明した。このような慣性計測装置2000は、角速度センサー1としての角速度センサー2340z、2340x、2340yおよび加速度センサー2350と、これら各センサー2340z、2340x、2340y、2350の駆動を制御する制御IC2360（制御回路）と、を含んでいる。これにより、上

10

20

30

40

50

述した角速度センサー 1 の効果を享受でき、信頼性の高い慣性計測装置 2 0 0 0 が得られる。

【 0 1 1 9 】

< 移動体測位装置 >

次に、本発明の一実施形態に係る角速度センサー 1 を適用した移動体測位装置 3 0 0 0 について、図 1 4 および図 1 5 を参照して説明する。図 1 4 は、移動体測位装置の全体システムを示すブロック図である。図 1 5 は、移動体測位装置の作用を模式的に示す図である。

【 0 1 2 0 】

図 1 4 に示す移動体測位装置 3 0 0 0 は、移動体に装着して用い、当該移動体の測位を行うための装置である。移動体としては、特に限定されず、自転車、自動車（四輪自動車およびバイクを含む）、電車、飛行機、船等のいずれでもよいが、本実施形態では四輪自動車として説明する。移動体測位装置 3 0 0 0 は、慣性計測装置 3 1 0 0（IMU）と、演算処理部 3 2 0 0 と、GPS 受信部 3 3 0 0 と、受信アンテナ 3 4 0 0 と、位置情報取得部 3 5 0 0 と、位置合成部 3 6 0 0 と、処理部 3 7 0 0 と、通信部 3 8 0 0 と、表示部 3 9 0 0 と、を有している。なお、慣性計測装置 3 1 0 0 としては、例えば、前述した慣性計測装置 2 0 0 0 を用いることができる。

10

【 0 1 2 1 】

また、慣性計測装置 3 1 0 0 は、3 軸の加速度センサー 3 1 1 0 と、3 軸の角速度センサー 3 1 2 0 と、を有している。演算部としての演算処理部 3 2 0 0 は、加速度センサー 3 1 1 0 からの加速度データおよび角速度センサー 3 1 2 0 からの角速度データを受け、これらデータに対して慣性航法演算処理を行い、慣性航法測位データ（移動体の加速度および姿勢を含むデータ）を出力する。

20

【 0 1 2 2 】

また、受信部としての GPS 受信部 3 3 0 0 は、受信アンテナ 3 4 0 0 を介して GPS 衛星からの信号（GPS 搬送波。位置情報が重畳された衛星信号）を受信する。また、取得部としての位置情報取得部 3 5 0 0 は、GPS 受信部 3 3 0 0 が受信した信号に基づいて、移動体測位装置 3 0 0 0（移動体）の位置（緯度、経度、高度）、速度、方位を表す GPS 測位データを出力する。この GPS 測位データには、受信状態や受信時刻等を示すステータスデータも含まれている。

30

【 0 1 2 3 】

算出部としての位置合成部 3 6 0 0 は、演算処理部 3 2 0 0 から出力された慣性データとしての慣性航法測位データおよび位置情報取得部 3 5 0 0 から出力された GPS 測位データに基づいて、移動体の位置、具体的には移動体が地面のどの位置を走行しているかを算出する。例えば、GPS 測位データに含まれている移動体の位置が同じであっても、図 1 5 に示すように、地面の傾斜等の影響によって移動体の姿勢が異なっていれば、地面の異なる位置を移動体が走行していることになる。そのため、GPS 測位データだけでは移動体の正確な位置を算出することができない。そこで、位置合成部 3 6 0 0 は、慣性航法測位データ（特に、移動体の姿勢に関するデータ）を用いて、移動体が地面のどの位置を走行しているのかを算出する。なお、当該判定は、三角関数（鉛直方向に対する傾き）を用いた演算によって比較的簡単に行うことができる。

40

【 0 1 2 4 】

位置合成部 3 6 0 0 から出力された位置データは、処理部 3 7 0 0 によって所定の処理が行われ、測位結果として、表示部 3 9 0 0 に表示されるようになっていく。また、位置データは、通信部 3 8 0 0 によって外部装置に送信されるようになっていく。

【 0 1 2 5 】

以上、移動体測位装置 3 0 0 0 について説明した。このような移動体測位装置 3 0 0 0 は、前述したように、慣性計測装置 3 1 0 0 と、測位用衛星から位置情報が重畳された衛星信号を受信する GPS 受信部 3 3 0 0（受信部）と、受信した衛星信号に基づいて、GPS 受信部 3 3 0 0 の位置情報を取得する位置情報取得部 3 5 0 0（取得部）と、慣性計

50

測装置 3100 から出力された慣性航法測位データ（慣性データ）に基づいて、移動体の姿勢を演算する演算処理部 3200（演算部）と、算出された姿勢に基づいて位置情報を補正することにより、移動体の位置を算出する位置合成部 3600（算出部）と、を含んでいる。これにより、上述した角速度センサー 1（慣性計測装置 2000）の効果を享受でき、信頼性の高い移動体測位装置 3000 が得られる。

【0126】

< 携帯型電子機器 >

次に、本発明の一実施形態に係る角速度センサー 1 を適用した携帯型電子機器について、図 16 および図 17 を参照して説明する。図 16 は、携帯型電子機器の構成を模式的に示す平面図である。図 17 は、携帯型電子機器の概略構成を示す機能ブロック図である。

以下、携帯型電子機器の一例として、腕時計型の活動計（アクティブトラッカー）を示して説明する。

【0127】

腕時計型の活動計（アクティブトラッカー）であるリスト機器 1000 は、図 16 に示すように、バンド 1032, 1037 等によってユーザーの手首等の部位（被検体）に装着され、デジタル表示の表示部 150 を備えるとともに無線通信が可能である。上述した本発明に係る角速度センサー 1 は、角速度を計測するセンサーとしてリスト機器 1000 に組み込まれている。

【0128】

リスト機器 1000 は、少なくとも角速度センサー 1 が収容されているケース 1030 と、ケース 1030 に収容され、角速度センサー 1 からの出力データを処理する処理部 100（図 17 参照）と、ケース 1030 に収容されている表示部 150 と、ケース 1030 の開口部を塞いでいる透光性カバー 1071 と、を備えている。ケース 1030 の透光性カバー 1071 のケース 1030 の外側には、ベゼル 1078 が設けられている。ケース 1030 の側面には、複数の操作ボタン 1080, 1081 が設けられている。以下、図 17 も併せて参照しながら、さらに詳細に説明する。

【0129】

加速度センサー 113 は、互いに交差する（理想的には直交する）3 軸方向の各々の加速度を検出し、検出した 3 軸加速度の大きさおよび向きに応じた信号（加速度信号）を出力する。また、角速度センサー 1 としての角速度センサー 114 は、互いに交差する（理想的には直交する）3 軸方向の各々の角速度を検出し、検出した 3 軸角速度の大きさおよび向きに応じた信号（角速度信号）を出力する。

【0130】

表示部 150 を構成する液晶ディスプレイ（LCD）では、種々の検出モードに応じて、例えば、GPS センサー 110 や地磁気センサー 111 を用いた位置情報、移動量や角速度センサー 1 に含まれる角速度センサー 114 を用いた運動量などの運動情報、脈拍センサー 115 などを用いた脈拍数などの生体情報、もしくは現在時刻などの時刻情報などが表示される。なお、温度センサー 116 を用いた環境温度を表示することもできる。

【0131】

通信部 170 は、ユーザー端末と図示しない情報端末との間の通信を成立させるための各種制御を行う。通信部 170 は、例えば、Bluetooth（登録商標）（BTLE: Bluetooth Low Energy を含む）、Wi-Fi（登録商標）（Wireless Fidelity）、Zigbee（登録商標）、NFC（Near field communication）、ANT+（登録商標）等の近距離無線通信規格に対応した送受信機や通信部 170 は USB（Universal Serial Bus）等の通信バス規格に対応したコネクタを含んで構成される。

【0132】

処理部 100（プロセッサ）は、例えば、MPU（Micro Processing Unit）、DSP（Digital Signal Processor）、ASIC（Application Specific Integrated Circuit）等により構成される。処理部 100 は、記憶部 140 に格納されたプログラムと、操作部 120（例えば操作ボタン 1080, 1081）から入力された信号とに基づき、各

10

20

30

40

50

種の処理を実行する。処理部 100 による処理には、GPS センサー 110、地磁気センサー 111、圧力センサー 112、加速度センサー 113、角速度センサー 114、脈拍センサー 115、温度センサー 116、計時部 130 の各出力信号に対するデータ処理、表示部 150 に画像を表示させる表示処理、音出力部 160 に音を出力させる音出力処理、通信部 170 を介して情報端末と通信を行う通信処理、バッテリー 180 からの電力を各部へ供給する電力制御処理などが含まれる。

【0133】

このようなリスト機器 1000 では、少なくとも以下のような機能を有することができる。

1. 距離：高精度の GPS 機能により計測開始からの合計距離を計測する。
2. ペース：ペース距離計測から、現在の走行ペースを表示する。
3. 平均スピード：走行開始から現在までの平均スピードを算出し表示する。
4. 標高：GPS 機能により、標高を計測し表示する。
5. ストライド：GPS 電波が届かないトンネル内などでも歩幅を計測し表示する。
6. ピッチ：1 分あたりの歩数を計測し表示する。
7. 心拍数：脈拍センサーにより心拍数を計測し表示する。
8. 勾配：山間部でのトレーニングやトレイルランにおいて、地面の勾配を計測し表示する。
9. オートラップ：事前に設定した一定距離や一定時間を走った時に、自動でラップ計測を行う。
10. 運動消費カロリー：消費カロリーを表示する。
11. 歩数：運動開始からの歩数の合計を表示する。

【0134】

なお、リスト機器 1000 は、ランニングウォッチ、ランナーズウォッチ、デュアスロンやトライアスロン等マルチスポーツ対応のランナーズウォッチ、アウトドアウォッチ、および衛星測位システム、例えば GPS を搭載した GPS ウォッチ、等に広く適用できる。

【0135】

また、上述では、衛星測位システムとして GPS (Global Positioning System) を用いて説明したが、他の全地球航法衛星システム (GNSS: Global Navigation Satellite System) を利用してもよい。例えば、EGNOS (European Geostationary-Satellite Navigation Overlay Service)、QZSS (Quasi Zenith Satellite System)、GLO-NASS (GLObal NAVigation Satellite System)、GALILEO、BeiDou (BeiDou Navigation Satellite System)、等の衛星測位システムのうち 1 又は 2 以上を利用してもよい。また、衛星測位システムの少なくとも 1 つに WAAS (Wide Area Augmentation System)、EGNOS (European Geostationary Satellite Navigation Overlay Service) 等の静止衛星型衛星航法補強システム (SBAS: Satellite based Augmentation System) を利用してもよい。

【0136】

このような携帯型電子機器は、角速度センサー 1 および処理部 100 を備えているので、優れた信頼性を有している。

【0137】

< 電子機器 >

次に、本発明の一実施形態に係る角速度センサー 1 を適用した電子機器について、図 18 ~ 図 20 を参照して説明する。

【0138】

先ず、図 18 を参照して、電子機器の一例であるモバイル型のパーソナルコンピューター 1100 について説明する。図 18 は、電子機器の一例であるモバイル型のパーソナルコンピューターの構成を模式的に示す斜視図である。

【0139】

10

20

30

40

50

この図において、パーソナルコンピューター 1100 は、キーボード 1102 を備えた本体部 1104 と、表示部 1108 を備えた表示ユニット 1106 とにより構成され、表示ユニット 1106 は、本体部 1104 に対しヒンジ構造部を介して回動可能に支持されている。このようなパーソナルコンピューター 1100 には、角速度センサー 1 が内蔵されており、角速度センサー 1 の検出データに基づいて制御部 1110 が、例えば姿勢制御などの制御を行なうことができる。

【0140】

図 19 は、電子機器の一例であるスマートフォン（携帯型電話機）の構成を模式的に示す斜視図である。

【0141】

この図において、スマートフォン 1200 は、上述した角速度センサー 1 が組込まれている。角速度センサー 1 によって検出された検出データ（角速度データ）は、スマートフォン 1200 の制御部 1201 に送信される。制御部 1201 は、CPU（Central Processing Unit）を含んで構成されており、受信した検出データからスマートフォン 1200 の姿勢や、挙動を認識して、表示部 1208 に表示されている表示画像を変化させたり、警告音や、効果音を鳴らしたり、振動モーターを駆動して本体を振動させることができる。換言すれば、スマートフォン 1200 のモーションセンシングを行い、計測された姿勢や、挙動から、表示内容を変えたり、音や、振動などを発生させたりすることができる。特に、ゲームのアプリケーションを実行する場合には、現実に近い臨場感を味わうことができる。

【0142】

図 20 は、電子機器の一例であるデジタルスチールカメラの構成を示す斜視図である。なお、この図には、外部機器との接続についても簡易的に示されている。

【0143】

デジタルスチールカメラ 1300 のケース（ボディー）1302 の背面には、表示部 1310 が設けられ、CCD による撮像信号に基づいて表示を行う構成になっており、表示部 1310 は、被写体を電子画像として表示するファインダーとしても機能する。また、ケース 1302 の正面側（図中裏面側）には、光学レンズ（撮像光学系）や CCD などを含む受光ユニット 1304 が設けられている。

【0144】

撮影者が表示部 1310 に表示された被写体像を確認し、シャッターボタン 1306 を押下すると、その時点における CCD の撮像信号が、メモリー 1308 に転送・格納される。また、このデジタルスチールカメラ 1300 では、ケース 1302 の側面に、ビデオ信号出力端子 1312 と、データ通信用の入出力端子 1314 とが設けられている。そして、図示されるように、ビデオ信号出力端子 1312 にはテレビモニター 1430 が、データ通信用の入出力端子 1314 にはパーソナルコンピューター 1440 が、それぞれ必要に応じて接続される。さらに、所定の操作により、メモリー 1308 に格納された撮像信号が、テレビモニター 1430 や、パーソナルコンピューター 1440 に出力される構成になっている。このようなデジタルスチールカメラ 1300 には、角速度センサー 1 が内蔵されており、角速度センサー 1 の検出データに基づいて制御部 1316 が、例えば手振れ補正などの制御を行なうことができる。

【0145】

このような電子機器は、角速度センサー 1 および制御部 1110, 1201, 1316 を備えているので、優れた信頼性を有している。

【0146】

なお、角速度センサー 1 を備える電子機器は、図 18 のパーソナルコンピューター 1100、図 19 のスマートフォン（携帯型電話機）1200、図 20 のデジタルスチールカメラ 1300 の他にも、例えば、タブレット端末、時計、インクジェット式吐出装置（例えばインクジェットプリンター）、ラップトップ型パーソナルコンピューター、テレビ、ビデオカメラ、ビデオテープレコーダー、カーナビゲーション装置、ページャー、電子

10

20

30

40

50

手帳（通信機能付も含む）、電子辞書、電卓、電子ゲーム機器、ワードプロセッサ、ワークステーション、テレビ電話、防犯用テレビモニター、電子双眼鏡、POS端末、医療機器（例えば電子体温計、血圧計、血糖計、心電図計測装置、超音波診断装置、電子内視鏡）、魚群探知機、各種測定機器、計器類（例えば、車両、航空機、船舶の計器類）、フライトシミュレーター、地震計、歩数計、傾斜計、ハードディスクの振動を計測する振動計、ロボットやドローンなど飛行体の姿勢制御装置、自動車の自動運転用慣性航法に使用される制御機器等に適用することができる。

【0147】

< 移動体 >

次に、本発明の一実施形態に係る角速度センサー1を適用した移動体について、図21を参照して説明する。図21は、移動体の一例である自動車の構成を示す斜視図である。

10

【0148】

図21に示すように、移動体としての自動車1500には、角速度センサー1が内蔵されており、例えば、角速度センサー1によって車体1501の姿勢を検出することができる。角速度センサー1の検出信号は、車体の姿勢を制御する姿勢制御部としての車体姿勢制御装置1502に供給され、車体姿勢制御装置1502は、その信号に基づいて車体1501の姿勢を検出し、検出結果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1503のブレーキを制御したりすることができる。また、角速度センサー1は、他にもキーレスエントリー、イモビライザー、カーナビゲーションシステム、カーエアコン、アンチロックブレーキシステム（ABS：Antilock Brake System）、エアバック、タイヤ・プレッシャー・モニタリング・システム（TPMS：Tire Pressure Monitoring System）、エンジンコントロール、ハイブリッド自動車や電気自動車の電池モニター等の電子制御ユニット（ECU：Electronic Control Unit）に広く適用できる。

20

【0149】

また、移動体に適用される角速度センサー1は、上記の例示の他にも、例えば、二足歩行ロボットや電車などの姿勢制御、ラジコン飛行機、ラジコンヘリコプター、およびドローンなどの遠隔操縦あるいは自律式の飛行体の姿勢制御、農業機械（農機）、もしくは建設機械（建機）などの姿勢制御、ロケット、人工衛星、船舶、AGV（無人搬送車）、二および足歩行ロボットなどの制御において利用することができる。以上のように、各種移動体の姿勢制御の実現にあたって、角速度センサー1およびそれぞれの制御部（不図示）が組み込まれる。

30

【0150】

このような移動体は、角速度センサー1、および制御部（例えば、姿勢制御部としての車体姿勢制御装置1502）を備えているので、優れた信頼性を有している。

【0151】

以上、角速度センサー1、1a、1b、1c、1d、1e、1f、1g、1h、慣性計測装置2000、移動体測位装置3000、携帯型電子機器（1000）、電子機器（1100、1200、1300）、および移動体（1500）を図示の実施形態に基づいて説明したが、本発明はこれに限定されるものではなく、各部の構成は、同様の機能を有する任意の構成のものに置換することができる。また、本発明に、他の任意の構成物が付加されていてもよい。

40

【0152】

また、前述した実施形態では、X軸、Y軸およびZ軸が互いに直交しているが、互いに交差していれば、これに限定されず、例えば、X軸がYZ平面の法線方向に対して若干傾いていてもよいし、Y軸がXZ平面の法線方向に対して若干傾いていてもよいし、Z軸がXY平面の法線方向に対して若干傾いていてもよい。なお、若干とは、角速度センサー1、1a、1b、1c、1d、1e、1f、1g、1hがその効果を発揮することができる範囲を意味し、具体的な傾き角度（数値）は、構成等によって異なる。

【符号の説明】

【0153】

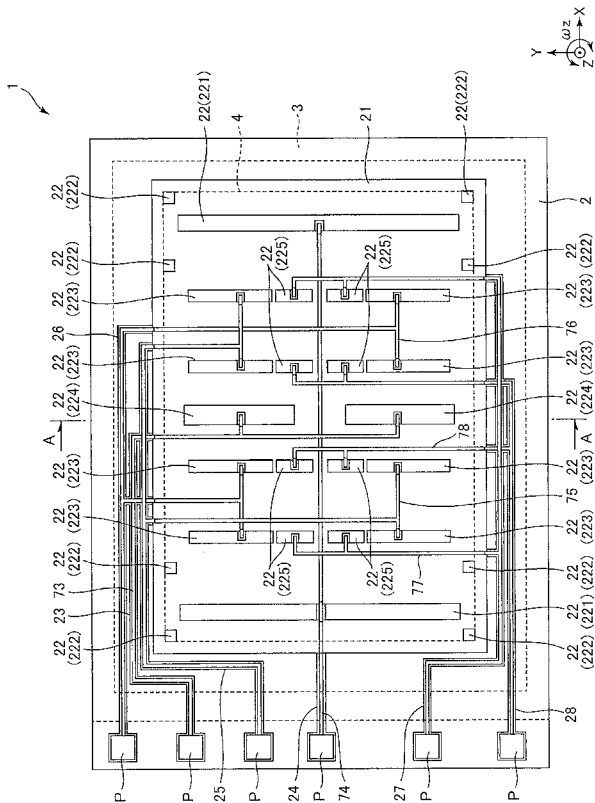
50

1, 1 a, 1 b, 1 c, 1 d, 1 e, 1 f, 1 g, 1 h ... 角速度センサー、2 ... 基板、
 21 ... 凹部、22, 221, 222, 223, 224, 225 ... マウント、23, 24,
 25, 26, 27, 28 ... 溝部、3 ... 蓋体、31 ... 凹部、32 ... 連通孔、33 ... 封止部材
 、39 ... ガラスフリット、4 ... 素子部、4 A, 4 B ... 可動体、41 A, 41 B ... 駆動部、
 411 A, 411 B ... 可動駆動電極、412 A, 412 B ... 固定駆動電極、42 A, 42
 B ... 第1固定部、421 A, 421 B ... 第2固定部、43 A, 43 B ... 駆動ばね、431
 ... 折り返し部、44 A, 44 B ... 検出電極としての検出部、441 A, 441 B ... 第1検
 出電極としての可動検出電極、442 A, 442 B, 443 A, 443 B ... 第2検出電極
 としての固定検出電極、445 ... 第1面、446 ... 第2面、447 ... 第3固定部、451
 , 452 ... 第1固定部、46 A, 46 B ... ばね部としての検出ばね、461, 462 ... 折
 り返し部、47 A, 47 B ... 逆相ばね、471 A, 471 B, ... ばね本体、472 A, 4
 73 A ... アーム、474 A, 475 A ... 接続部、477 A, 477 B, 478 A, 478
 B ... 梁、48 ... フレーム、481, 482 ... 欠損部、488, 489 ... フレームばね、4
 9 A, 49 B ... モニター部、491 A, 491 B ... 可動モニター電極、492 A, 492
 B, 493 A, 493 B ... 固定モニター電極、50 ... 第1幹部、51 ... 第1電極指とし
 ての可動検出電極指、52 ... 第1連結部、521 ... 第1支持部、522 ... 第2支持部、53
 ... 第2電極指としての固定検出電極指、54 ... 端部、60 ... 第2幹部、61 ... 可動駆動電
 極指、62 ... 第2連結部、63 ... 固定駆動電極指、73, 74, 75, 76, 77, 78
 ... 配線、1000 ... 携帯型電子機器としてのリスト機器、1100 ... パーソナルコンピ
 ューター、1200 ... スマートフォン(携帯電話機)、1300 ... デジタルスチールカメラ
 1500 ... 移動体としての自動車、2000 ... 慣性計測装置、3000 ... 移動体測位
 装置、G1, G2, G3, G4, G5, G6, G7, G8, G9, G10, G11, G1
 2 ... 間隔。

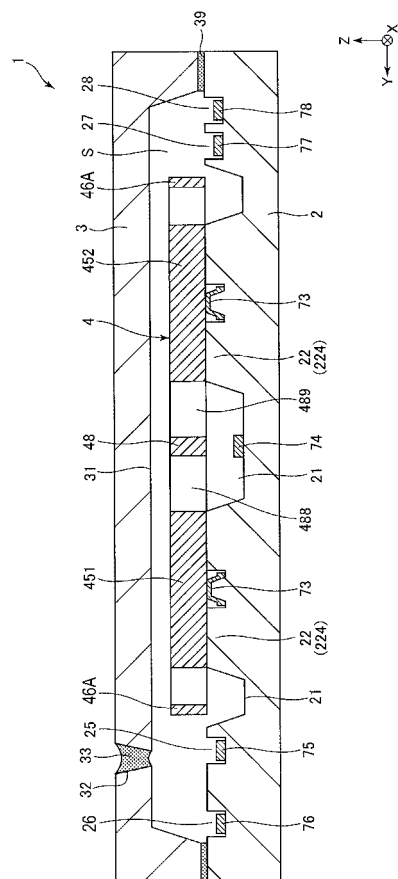
10

20

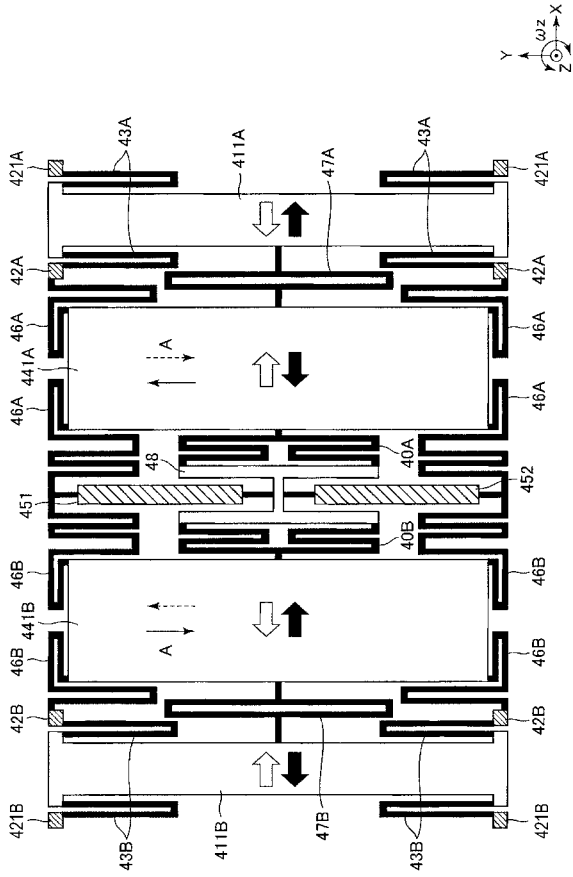
【図1】



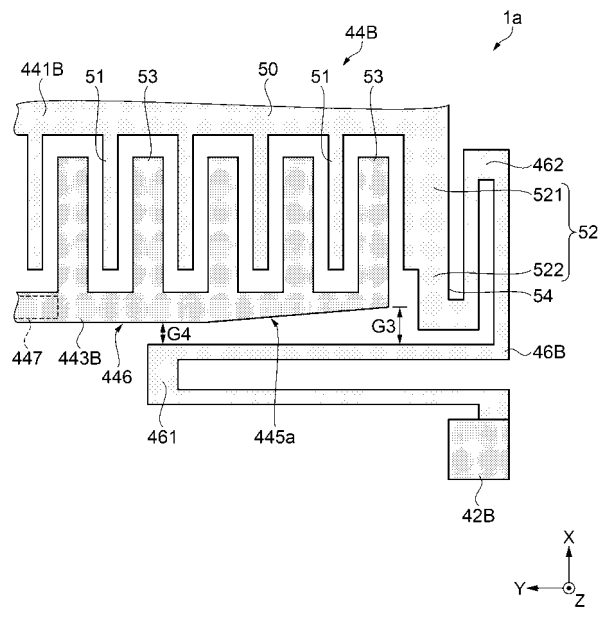
【図2】



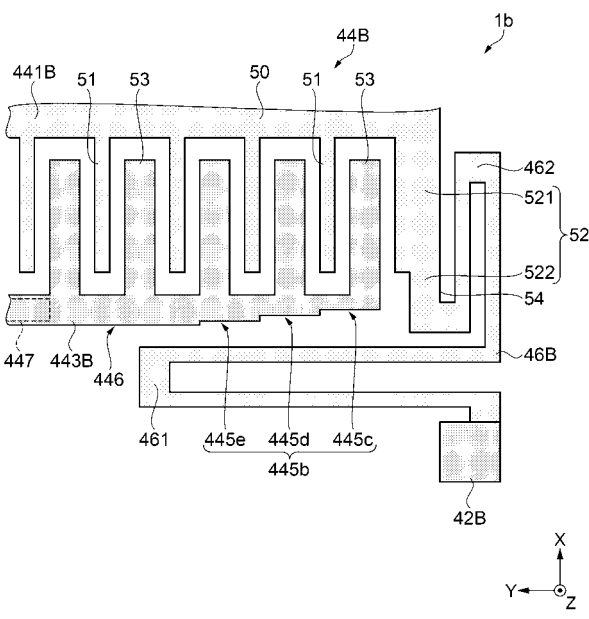
【 図 7 】



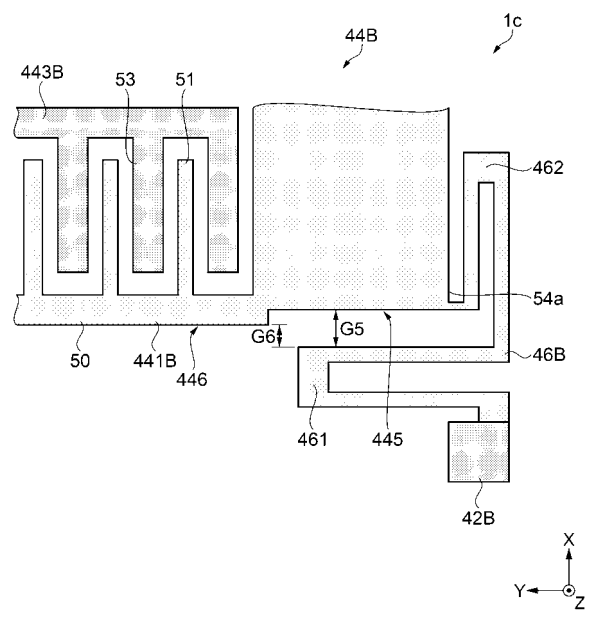
【 図 8 A 】



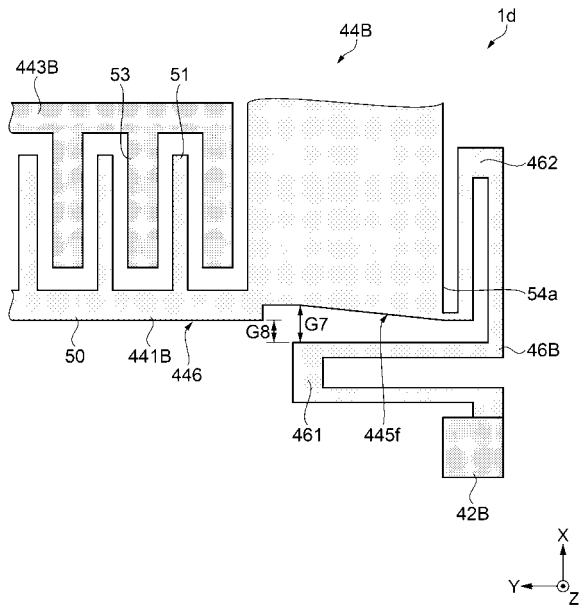
【 図 8 B 】



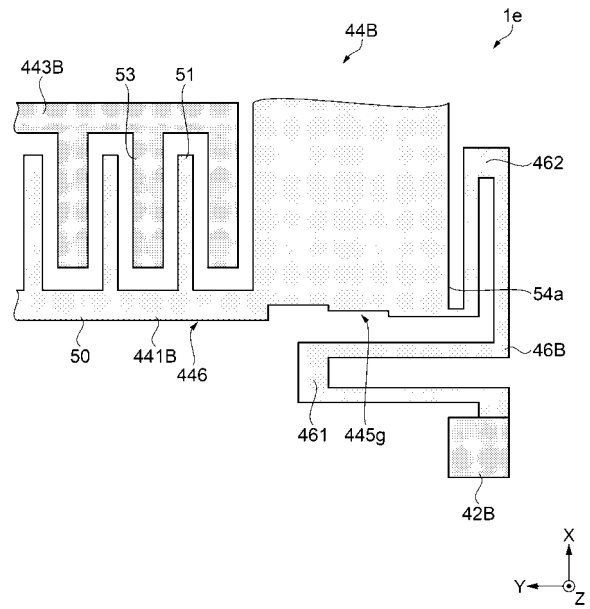
【 図 9 A 】



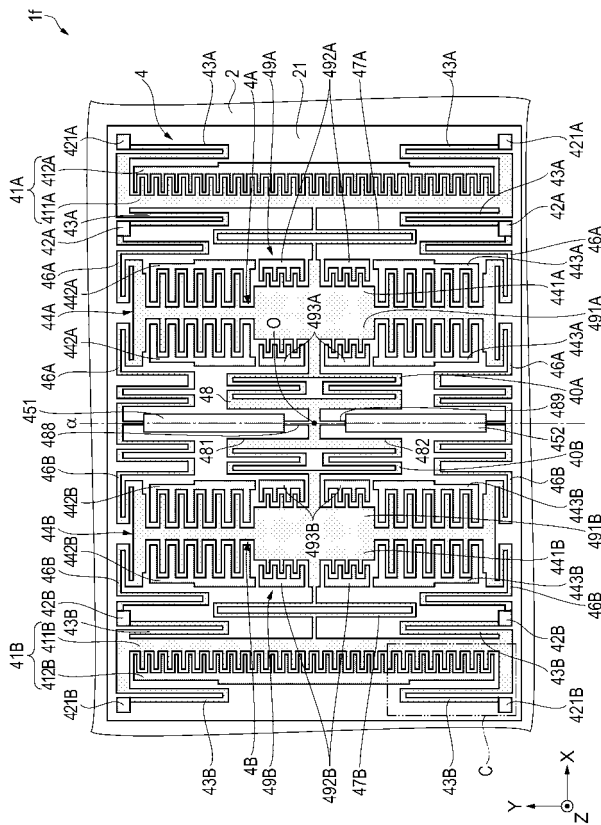
【図 9 B】



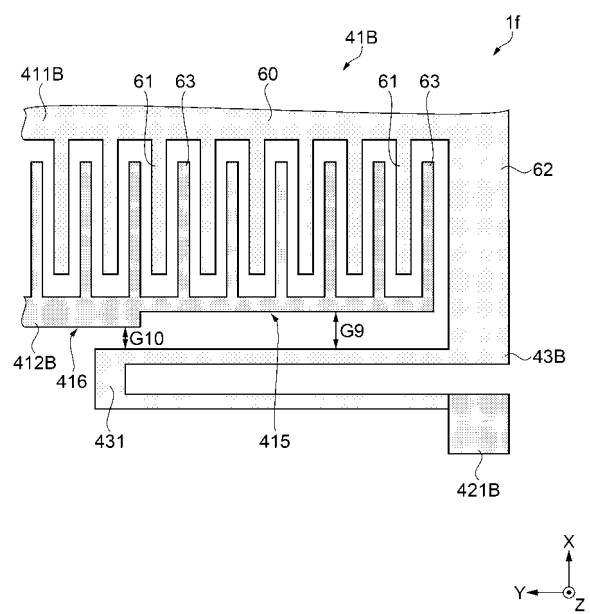
【図 9 C】



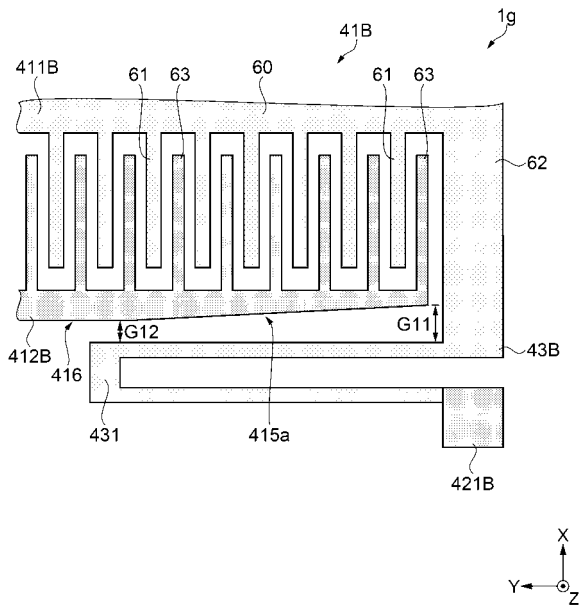
【図 10】



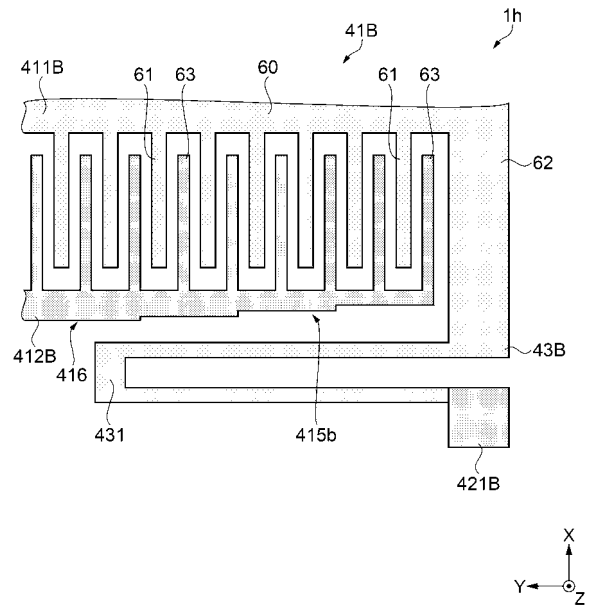
【図 11 A】



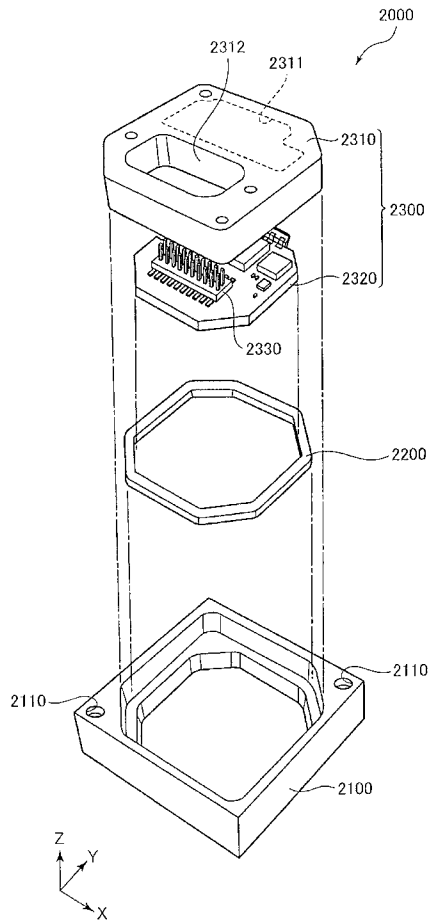
【図 1 1 B】



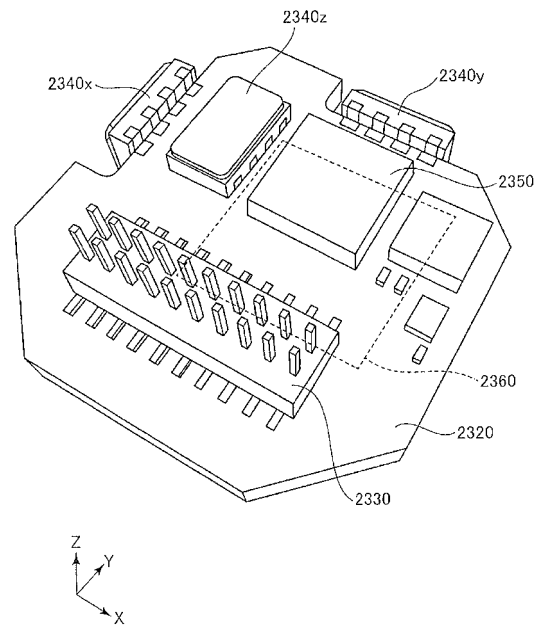
【図 1 1 C】



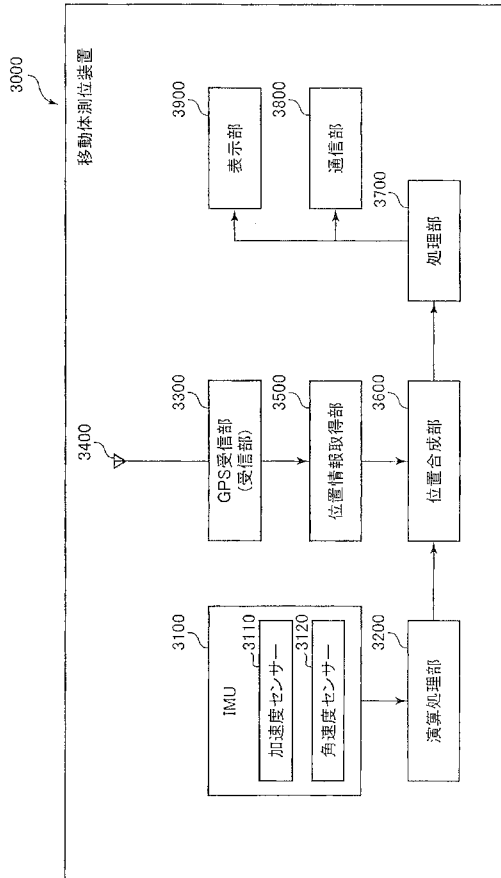
【図 1 2】



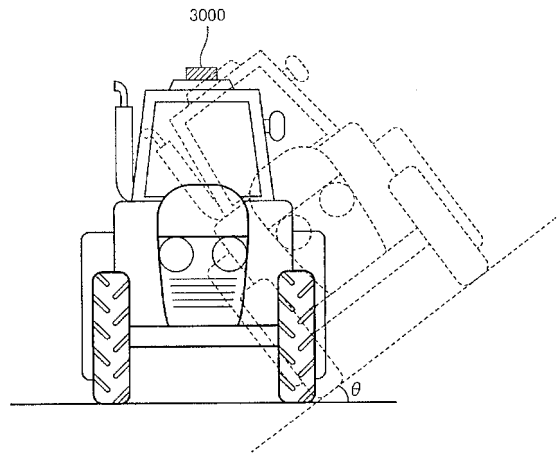
【図 1 3】



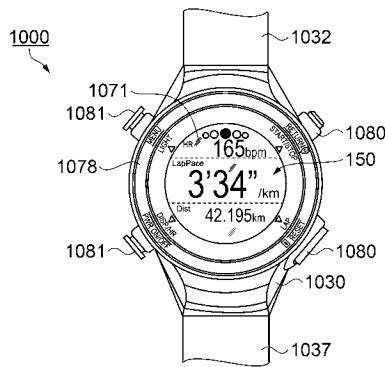
【図14】



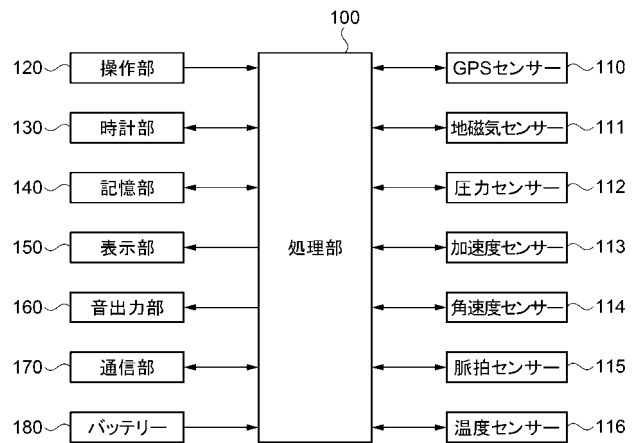
【図15】



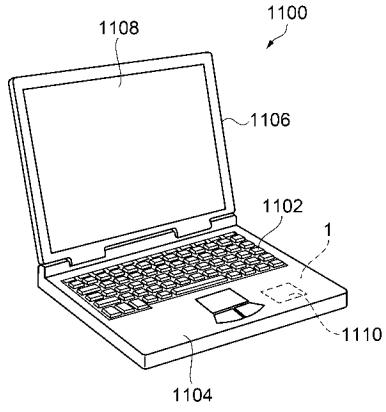
【図16】



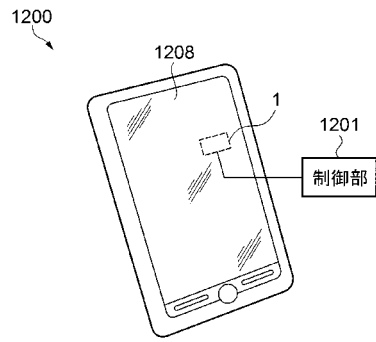
【図17】



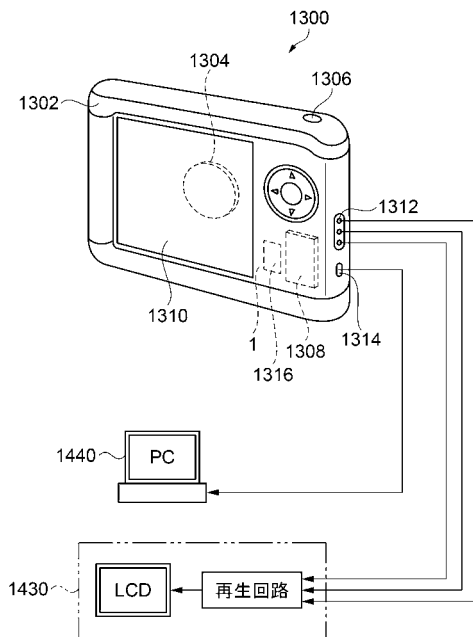
【図18】



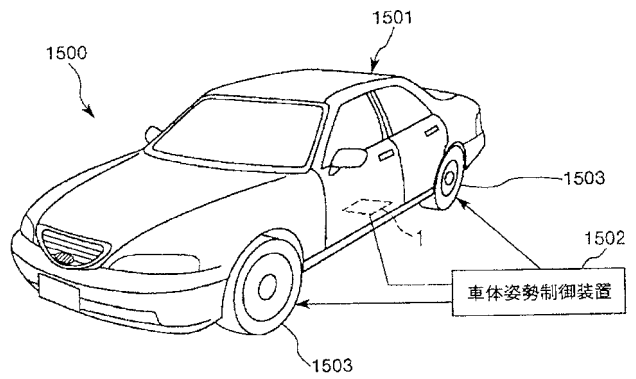
【図19】



【図20】



【図21】



フロントページの続き

Fターム(参考) 2F105 AA01 AA02 AA03 AA05 AA06 AA08 BB02 BB03 BB13 CC04
CD03 CD05
3C081 AA01 BA07 BA30 BA32 BA44 BA46 BA48 BA53 EA02
4M112 AA02 BA07 CA21 CA24 CA26 CA31 CA33 DA03 DA15 DA18
EA03 EA10 EA13 FA01 GA01