

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6911645号
(P6911645)

(45) 発行日 令和3年7月28日(2021.7.28)

(24) 登録日 令和3年7月12日(2021.7.12)

(51) Int.Cl.

F 1

GO 1 P 15/08 (2006.01)
 GO 1 P 15/125 (2006.01)
 HO 1 L 29/84 (2006.01)
 B 8 1 B 3/00 (2006.01)

GO 1 P 15/08 1 O 2 D
 GO 1 P 15/08 1 O 1 B
 GO 1 P 15/08 1 O 2 E
 GO 1 P 15/125 Z
 HO 1 L 29/84 B

請求項の数 11 (全 25 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号

特願2017-165161 (P2017-165161)

(22) 出願日

平成29年8月30日(2017.8.30)

(65) 公開番号

特開2019-45167 (P2019-45167A)

(43) 公開日

平成31年3月22日(2019.3.22)

審査請求日

令和2年6月22日(2020.6.22)

(73) 特許権者 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

(74) 代理人 100216253

弁理士 松岡 宏紀

(72) 発明者 田中 悟

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

審査官 森 雅之

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】物理量センサー、物理量センサーの製造方法、複合センサー、慣性計測ユニット、携帯型電子機器、電子機器及び移動体

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

平板状であり、当該平板状の平板面を貫通する方向に複数の開口を有し、回転軸を中心
に揺動可能な可動体と、

前記可動体の前記平板面と間隙を隔てて支持するために、前記平板面の一部と支柱で連
結されてなる支持基板と、

前記支持基板を前記平板面に対して垂直方向に見たときにおいて、前記支持基板の前記
可動体と間隙を隔てて重なっている領域に、前記可動体側に突出して設けられる突起と、
を含み、

前記支持基板を前記平板面に対して垂直方向に見たときにおいて、前記突起の最大外形
寸法を D とした時、前記開口は、前記突起の外周から外側に向かって D / 2 の範囲を除く
領域に設けられていることで、前記可動体は前記開口が設けられていない領域を有し、

前記突起が前記回転軸に関して線対称に設けられていることで、前記開口が設けられて
いない領域は前記回転軸に関して線対称に設けてなることを特徴とする物理量センサー
。

【請求項 2】

前記突起は、複数設けられていることを特徴とする請求項 1 に記載の物理量センサー。

【請求項 3】

前記突起は、前記回転軸の軸方向における前記可動体を 2 等分する中心線に対して対称
に設けられていることを特徴とする請求項 1 又は請求項 2 に記載の物理量センサー。

10

20

【請求項 4】

前記突起は、前記回転軸の軸方向と交差する方向において、前記回転軸と前記可動体の端部との間隔の 1 / 2 以内に設けられていることを特徴とする請求項 1 から請求項 3 のいずれか一項に記載の物理量センサー。

【請求項 5】

回転軸を中心に揺動可能な可動体と、
前記可動体を貫通する方向に設けられた複数の開口と、
前記可動体の一部と支柱で連結されてなる支持基板と、
前記支持基板の前記可動体と間隙を隔てて重なっている領域に、前記可動体側に突出して設けられる突起と、
を含み、

前記突起の最大外形寸法を D とした時、前記突起の外周から外側に向かって D / 2 の範囲を除く領域に前記複数の開口が設けられていることで、前記可動体は前記開口が設けられない領域を有し、

前記突起が前記回転軸に関して線対称に設けられていることで、前記開口が設けられない領域は前記回転軸に関して線対称に設けてなることを特徴とする物理量センサー。

【請求項 6】

平板状であり、当該平板状の平板面を貫通する方向に複数の開口を有し、回転軸を中心に揺動可能な可動体と、前記可動体の前記平板面と間隙を隔てて支持するために、前記平板面の一部と支柱で連結されてなる支持基板と、前記支持基板を前記平板面に対して垂直方向に見たときにおいて、前記支持基板の前記可動体と間隙を隔てて重なっている領域に、前記可動体側に突出して設けられる突起と、を含み、前記支持基板を前記平板面に対して垂直方向に見たときにおいて、前記突起の最大外形寸法を D とした時、前記開口は、前記突起の外周から外側に向かって D / 2 の範囲を除く領域に設けられていることで、前記可動体は前記開口が設けられない領域を有し、前記突起が前記回転軸に関して線対称に設けられていることで、前記開口が設けられない領域は前記回転軸に関して線対称に設けてなる物理量センサーの製造方法であって、

前記支持基板及び前記突起を形成する支持基板形成工程、

前記支持基板とシリコン基板とを接合する基板接合工程、

前記シリコン基板から前記開口を有する前記可動体を形成する可動体形成工程、

を含むことを特徴とする物理量センサーの製造方法。

【請求項 7】

請求項 1 から請求項 5 のいずれか一項に記載の物理量センサーと、

角速度センサーと、

を備えることを特徴とする複合センサー。

【請求項 8】

請求項 1 から請求項 5 のいずれか一項に記載の物理量センサーと、

角速度センサーと、

前記物理量センサーおよび前記角速度センサーを制御する制御部と、

を備えることを特徴とする慣性計測ユニット。

【請求項 9】

請求項 1 から請求項 5 のいずれか一項に記載の物理量センサーと、

前記物理量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、前記物理量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、

を備えることを特徴とする携帯型電子機器。

【請求項 10】

請求項 1 から請求項 5 のいずれか一項に記載の物理量センサーと、

10

20

30

40

50

前記物理量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 11】

請求項 1 から請求項 5 のいずれか一項に記載の物理量センサーと、前記物理量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移動体。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、物理量センサー、物理量センサーの製造方法、複合センサー、慣性計測ユニット、携帯型電子機器、電子機器及び移動体に関する。 10

【背景技術】

【0002】

従来、物理量としての加速度を検出する方法として、ロッカーレバー原理に従って構成され、垂直方向に加わる加速度に伴って変化する静電容量から加速度を検出する物理量センサーが知られていた。例えば、特許文献 1 には、可動電極部を備えた可動体と、可動体を支持する梁部と、基板に可動電極部と対向配置される固定電極とで構成された物理量センサーが開示されている。物理量センサーは、物理量センサーを備えた装置の落下衝撃などにより過大な加速度が加わった際に、可動体が大きくシーソー揺動（変位）し、可動体が基板と衝突して破損することを防ぐ必要がある。特許文献 1 に記載の物理量センサーには、可動体の変位を制限するための突起が基板（支持基板）上に設けられていた。 20

【0003】

一方、物理量センサーには、加速度の検出感度を向上させる工夫が施されている。例えば、特許文献 2 に記載の物理量センサーには、可動体が固定電極の配置された基板に向かって変位した時に、可動体と基板との間に生じるエアーによる抗力（スクイーズフィルムダンピング：以下、ダンピングと記す）を低減するために、可動体を貫通する開口が設けられていた。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献 1】特開 2013-185959 号公報 30

【特許文献 2】米国特許第 8806940 号明細書

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

特許文献 1 に記載の物理量センサーには、可動体にダンピングを低減する開口が設けられていなかったので、加速度の検出感度が低かった。また、特許文献 2 に記載の物理量センサーには、可動体の全面に開口が設けられており、この物理量センサーの支持基板に特許文献 1 に記載の突起を設けて可動体の変位を制限させた場合、隣り合う開口によって形成される格子状の枠部と突起とが局所的に接触した際に、可動体の枠部が容易に破損しやすいという課題があった。すなわち、検出感度と信頼性とを向上させた物理量センサーを提供することが困難であった。 40

【課題を解決するための手段】

【0006】

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。

【0007】

【適用例 1】本適用例に係る物理量センサーは、平板状であり、当該平板状の平板面を貫通する方向に複数の開口を有し、回転軸を中心に揺動可能な可動体と、前記可動体の前記平板面と間隙を隔てて支持するために、前記平板面の一部と支柱で連結されてなる支持 50

基板と、前記支持基板を前記平板面に対して垂直方向に見たときにおいて、前記支持基板の前記可動体と間隙を隔てて重なっている領域に、前記可動体側に突出して設けられる突起と、を含み、前記支持基板を前記平板面に対して垂直方向に見たときにおいて、前記突起の最大外形寸法をDとした時、前記開口は、前記突起の外周から外側に向かってD/2の範囲を除く領域に設けられていることを特徴とする。

【0008】

本適用例によれば、物理量センサーの可動体は、平板状の平板面を貫通する方向に複数の開口を有している。可動体は、平板面の一部と支持基板とが支柱で連結され、支持基板と間隔を隔てて支持されている。支持基板を平板面に対して垂直方向に見たとき、支持基板の可動体と重なる領域には、可動体側に突出する突起が設けられている。突起の最大外形寸法をDとした時、可動体の開口は、突起の外周から外側に向かってD/2の範囲以外の領域に設けられている。換言すると、可動体が揺動し、可動体と突起とが接触する領域には、開口が設けられていないので、当該領域の剛性が向上する。これにより、物理量センサーに過大な加速度が加わって可動体と突起とが接触した場合に、可動体が損傷することを抑制することができる。また、可動体には、突起の外周から外側に向かってD/2の範囲以外の領域に、開口が設けられているので、可動体のダンピングが低減され物理量を検出する感度が向上する。したがって、信頼性と検出感度とを向上させた物理量センサーを提供することができる。

【0009】

〔適用例2〕上記適用例に記載の物理量センサーにおいて、前記突起は、複数設けられていることが好ましい。

【0010】

本適用例によれば、支持基板から可動体側に突出する突起は、複数設けられている。これにより、可動体と突起とが接触した際に受ける衝撃を分散することができる。

【0011】

〔適用例3〕上記適用例に記載の物理量センサーにおいて、前記突起は、前記回転軸の軸方向における前記可動体を2等分する中心線に対して対称に設けられていることが好ましい。

【0012】

本適用例によれば、支持基板から可動体側に突出する突起は、回転軸の軸方向における可動体を2等分する中心線に対して対称に設けられている。これにより、可動体と突起とが接触した際に可動体が捩れることにより、可動体が破損することを抑制することができる。

【0013】

〔適用例4〕上記適用例に記載の物理量センサーにおいて、前記突起は、前記回転軸の軸方向と交差する方向において、前記回転軸と前記可動体の端部との間隔の1/2以内に設けられていることが好ましい。

【0014】

本適用例によれば、支持基板から可動体側に突出する突起は、回転軸の軸方向と交差する方向において、回転軸と可動体の端部との間隔の1/2以内に設けられている。可動体の受けるダンピングは、可動体の端部に向かう程大きくなる。そのため、突起に対応する、開口の設けられない領域をダンピングの影響が小さい回転軸側に形成することにより、可動体の受けるダンピングを低減することができる。

【0015】

〔適用例5〕本適用例に係る物理量センサーの製造方法は、平板状であり、当該平板状の平板面を貫通する方向に複数の開口を有し、回転軸を中心とし、可動体と、前記可動体の前記平板面と間隙を隔てて支持するため、前記平板面の一部と支柱で連結されてなる支持基板と、前記支持基板を前記平板面に対して垂直方向に見たときにおいて、前記支持基板の前記可動体と間隙を隔てて重なっている領域に、前記可動体側に突出して設けられる突起と、を含み、前記支持基板を前記平板面に対して垂直方向に見たときにおい

10

20

30

40

50

て、前記突起の最大外形寸法をDとした時、前記開口は、前記突起の外周から外側に向かってD/2の範囲を除く領域に設けられている物理量センサーの製造方法であって、前記支持基板及び前記突起を形成する支持基板形成工程、前記支持基板とシリコン基板とを接合する基板接合工程、前記シリコン基板から前記開口を有する前記可動体を形成する可動体形成工程、を含むことを特徴とする。

【0016】

本適用例によれば、物理量センサーの製造方法は、支持基板及び突起を形成する支持基板形成工程、支持基板とシリコン基板とを接合する基板接合工程、シリコン基板から開口を有する可動体を形成する可動体形成工程を含んでいる。まず、支持基板形成工程にて支持基板に可動体が揺動可能な空間(キャビティ)及びそのキャビティ内に突起を形成する。次に、基板接合工程にて、可動体の原材料であるシリコン基板を支持基板に接合する。そして、可動体形成工程にて、可動体の外形及び開口を形成する。本適用例の製造方法では、支持基板にキャビティを形成した後に、開口を形成する。

10

【0017】

一方、物理量センサーの製造方法としては、犠牲層を形成させたシリコン基板と支持基板とを犠牲層を介して接合し、犠牲層に可動体が揺動可能なキャビティを形成する方法がある。この製造方法では、シリコン基板に可動体を形成した後、可動体に形成された開口から犠牲層をエッティングする。このため、可動体に開口を隙間なく設けておく必要があった。

【0018】

本適用例の製造方法は、キャビティを形成後にシリコン基板を接合し、可動体及び開口を形成する。これにより、支持基板を平板面に対して垂直方向に見たときにおいて、突起の最大外形寸法をDとした時、突起の外周から外側に向かってD/2の範囲を除く領域に開口を設けた構成にすることができる。換言すると、可動体と突起とが接触する領域に開口を設けない構成にすることができる。これにより、可動体と突起とが接触する領域の剛性が向上するので、物理量センサーに過大な加速度が加わって可動体と突起とが接触した場合に、可動体が損傷することを抑制することができる。また、可動体には、突起の外周から外側に向かってD/2の範囲以外の領域に、開口が設けられるので、可動体のダンピングが低減され物理量を検出する感度が向上する。したがって、信頼性と検出感度と向上させた物理量センサーの製造方法を提供することができる。

20

【0019】

【適用例6】本適用例に係る複合センサーは、上記適用例に記載の物理量センサーと、角速度センサー素子と、を備えることを特徴とする。

【0020】

本適用例によれば、複合センサーを容易に構成することができ、例えば加速度データや角速度データを取得することができる。

【0021】

【適用例7】本適用例に係る慣性計測ユニットは、上記適用例のいずれか一例に記載の物理量センサーと、角速度センサーと、前記物理量センサーおよび前記角速度センサーを制御する制御部と、を備えることを特徴とする。

30

【0022】

本適用例によれば、耐衝撃性を向上させた物理量センサーにより、さらに高信頼性の慣性計測ユニットを提供することができる。

【0023】

【適用例8】本適用例に係る携帯型電子機器は、上記適用例のいずれか一例に記載の物理量センサーと、前記物理量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、前記物理量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、を備えることを特徴とする。

40

【0024】

50

本適用例によれば、耐衝撃性を向上させた物理量センサーの出力データにより、さらに制御の信頼性を高めた高信頼性の携帯型電子機器を提供することができる。

【0025】

【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物理量センサーと、前記物理量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。

【0026】

本適用例によれば、物理量を検出する感度と信頼性とを向上させた物理量センサーを備えた電子機器を提供することができる。

【0027】

【適用例10】本適用例に係る移動体は、上記適用例に記載の物理量センサーと、前記物理量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。

【0028】

本適用例によれば、物理量を検出する感度と信頼性とを向上させた物理量センサーを備えた移動体を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0029】

【図1】実施形態に係る物理量センサーを模式的に示す平面図。

【図2】図1におけるA-A線での断面図。

20

【図3】物理量センサーの動作を模式的に示す断面図。

【図4】物理量センサーの動作を模式的に示す断面図。

【図5】物理量センサーの動作を模式的に示す断面図。

【図6】物理量センサーの動作を模式的に示す断面図。

【図7】物理量センサーの製造工程を説明するフローチャート図。

【図8】物理量センサーの各製造工程における断面図。

【図9】物理量センサーの各製造工程における断面図。

【図10】物理量センサーの各製造工程における断面図。

【図11】物理量センサーの各製造工程における断面図。

【図12】物理量センサーの各製造工程における断面図。

30

【図13】変形例に係る物理量センサーを模式的に示す平面図。

【図14】図13におけるB-B線での断面図。

【図15】複合センサーの概略構成を示す機能ブロック図。

【図16】慣性計測ユニットの概略構成を示す分解斜視図。

【図17】慣性計測ユニットの慣性センサー素子の配置例を示す斜視図。

【図18】携帯型電子機器の構成を模式的に示す平面図。

【図19】携帯型電子機器の概略構成を示す機能ブロック図。

【図20】物理量センサーを備える電子機器としてのモバイル型（又はノート型）のパソコン用コンピューターの概略構成を示す斜視図。

【図21】物理量センサーを備える電子機器としての携帯電話機（PHSも含む）の概略構成を示す斜視図。

40

【図22】物理量センサーを備える電子機器としてのデジタルスチルカメラの概略構成を示す斜視図。

【図23】物理量センサーを備える移動体としての自動車を概略的に示す斜視図。

【発明を実施するための形態】

【0030】

以下、本発明の実施形態について、図面を参照して説明する。なお、以下の各図においては、各層や各部材を認識可能な程度の大きさにするため、各層や各部材の尺度を実際とは異ならせている。

また、図1から図6及び図8から図14では、説明の便宜上、互いに直交する、X軸、

50

Y 軸及びZ 軸の3 軸を図示しており、軸方向を図示した矢印の先端側を「+ 側」、基端側を「- 側」としている。また、以下では、X 軸に平行な方向を「X 軸方向」、Y 軸に平行な方向を「Y 軸方向」、Z 軸に平行な方向を「Z 軸方向」という。

【0031】

(実施形態)

<物理量センサーの構成>

図1は、実施形態に係る物理量センサーを模式的に示す平面図である。図2は、図1におけるA-A線での断面図である。まず、実施形態に係る物理量センサー100の概略構成について、図1及び図2を参照して説明する。なお、図1においては、説明の便宜上、蓋体30の図示を省略している。

10

【0032】

本実施形態の物理量センサー100は、例えば、慣性センサーとして利用することができる。具体的には、例えば、鉛直方向(Z軸方向)の加速度を測定するための加速度センサー(静電容量型加速度センサー、静電容量型MEMS加速度センサー)として利用することができる。なお、本実施形態では、鉛直方向をZ軸、後述する回転軸(梁部25)の軸方向をY軸、Z軸及びY軸の双方と交差する方向をX軸という。

【0033】

図1及び図2に示すように、物理量センサー100は、平板状をなし、平板状の平板面28を有する可動体20、可動体20を支持する支持基板10、支持基板10と共に可動体20を内包する蓋体30を含んでいる。

20

【0034】

支持基板10は、凹状のキャビティ16を有している。キャビティ16内の主面17上には、第1固定電極11、第2固定電極12が備えられている。さらに、第1固定電極11と第2固定電極12との間には、可動体20の平板面28と間隔を隔てて支持するための支柱14が設けられている。また、支柱14のX軸方向における両側には、可動体20側(+Z軸側)に突出する突起15が設けられている。支柱14及び突起15は、支持基板10と一体で形成される。支持基板10の材料は、特に限定されないが、本実施形態では、好適例として、絶縁性材料であるホウ珪酸ガラス(以下、ガラスという)を採用している。

【0035】

30

第1固定電極11は、Y軸方向からの側面視において、支柱14の-X軸側に位置し、Z軸方向からの平面視において、後述する第1質量部21と重なる領域に、設けられている。第2固定電極12は、Y軸方向からの側面視において、支柱14の+X軸側に位置し、Z軸方向からの平面視において、後述する第2質量部22と重なる領域に、設けられている。第1、第2固定電極11、12の材料としては、例えば、Pt(プラチナ)、Al(アルミニウム)、Mo(モリブデン)、Cr(クロム)、Ti(チタン)、Ni(ニッケル)、Cu(銅)、Ag(銀)、Au(金)、または、ITO(Indium Tin Oxide)などの導電膜を採用することができる。

【0036】

可動体20は、支持部24、回転軸としての梁部25を含んでいる。支持部24は、平板面28の一部であり、支柱14で支持基板10と連結されている。梁部25は、支持部24に支持され、支持部24からY軸方向に伸びている。梁部25は、所謂ねじりばねとしての機能を有している。梁部25は、支持部24及び支柱14を介し支持基板10に対して可動体20全体を揺動可能に支持している。

40

【0037】

可動体20は、第1可動体20aと第2可動体20bとを有している。第1可動体20aは、梁部25の回転中心となる中心線CL2から-X軸方向側の領域であり、第2可動体20bは、梁部25の回転中心となる中心線CL2から+X軸方向側の領域である。第1可動体20aには、梁部25から-X軸方向に向かって、第1質量部21と、第3質量部23とが順に設けられている。第2可動体20bには、第2質量部22が設けられてい

50

る。Z 軸方向からの平面視において、第 1 質量部 2 1 は第 1 固定電極 1 1 と重なる領域に位置し、第 2 質量部 2 2 は第 2 固定電極 1 2 と重なる領域に位置している。

【 0 0 3 8 】

可動体 2 0 の材料は、特に限定されないが、本実施形態では、好適例として、導電性材料であるシリコンを採用している。可動体 2 0 に導電性材料を用いることで、第 1 質量部 2 1 と第 2 質量部 2 2 とに電極としての機能を持たせることができる。なお、可動体に非電導性の基板を用いて、第 1 、第 2 質量部を非導電性の基板の上に設けられた導電性の電極層で形成させてもよい。

【 0 0 3 9 】

可動体 2 0 は、梁部 2 5 によって支持され、梁部 2 5 を回転軸として揺動可能である。可動体 2 0 が、梁部 2 5 を支点としてシーソー揺動（傾倒）することで、第 1 質量部 2 1 と第 1 固定電極 1 1 との間隙（距離）、及び第 2 質量部 2 2 と第 2 固定電極 1 2 との間隙（距離）が変化する。物理量センサー 1 0 0 は、可動体 2 0 の傾倒に応じて、第 1 質量部 2 1 と第 1 固定電極 1 1 との間、及び第 2 質量部 2 2 と第 2 固定電極 1 2 との間で生じる静電容量 C 1 , C 2 の変化から加速度を求める。

【 0 0 4 0 】

可動体 2 0 に鉛直方向の加速度（例えば重力加速度）が加わった場合、第 1 可動体 2 0 a と第 2 可動体 2 0 b の各々に回転モーメント（力のモーメント）が生じる。ここで、第 1 可動体 2 0 a の回転モーメント（例えば反時計回りの回転モーメント）と、第 2 可動体 2 0 b の回転モーメント（例えば時計回りの回転モーメント）と、が均衡した場合には、可動体 2 0 の傾きに変化が生じず、加速度を検出することができない。したがって、鉛直方向の加速度が加わった時に、第 1 可動体 2 0 a の回転モーメントと、第 2 可動体 2 0 b の回転モーメントとが均衡せず、可動体 2 0 に所定の傾きが生じるように、可動体 2 0 が設計されている。

【 0 0 4 1 】

物理量センサー 1 0 0 は、梁部 2 5 を、可動体 2 0 の X 軸方向の重心から外れた位置に配置させている。換言すると、第 1 可動体 2 0 a には、第 3 質量部 2 3 が設けられているので、梁部 2 5 の回転軸となる中心線 C L 2 から第 1 可動体 2 0 a の端面までの距離 R a と、中心線 C L 2 から第 2 可動体 2 0 b の端面までの距離 R b が異なっている。これにより、第 1 可動体 2 0 a と第 2 可動体 2 0 b とが互いに異なる質量を有する。すなわち、可動体 2 0 は、梁部 2 5 の中心線 C L 2 を起点にして、一方側（第 1 可動体 2 0 a ）と他方側（第 2 可動体 2 0 b ）とで質量が異なる。このように、第 1 可動体 2 0 a と第 2 可動体 2 0 b との質量を異ならせることにより、可動体 2 0 に鉛直方向の加速度が加わった時に生じる、第 1 可動体 2 0 a の回転モーメントと、第 2 可動体 2 0 b の回転モーメントと、を不均衡にすることができる。これにより、物理量センサー 1 0 0 に鉛直方向の加速度が加わった時、可動体 2 0 が傾倒する。

【 0 0 4 2 】

第 1 質量部 2 1 と第 1 固定電極 1 1 との間には、静電容量（可変静電容量） C 1 が構成される。また、第 2 質量部 2 2 と第 2 固定電極 1 2 との間には、静電容量（可変静電容量） C 2 が構成される。静電容量 C 1 は、第 1 質量部 2 1 と第 1 固定電極 1 1 との間隙（距離）に応じて静電容量が変化し、静電容量 C 2 は、第 2 質量部 2 2 と第 2 固定電極 1 2 との間隙（距離）に応じて静電容量が変化する。

【 0 0 4 3 】

例えば、可動体 2 0 が支持基板 1 0 に対して水平の場合、静電容量 C 1 , C 2 は、互いに略等しい静電容量値となる。詳しくは、Z 軸方向からの平面視で、第 1 質量部 2 1 と第 1 固定電極 1 1 との重なり合う面積と、第 2 質量部 2 2 と第 2 固定電極 1 2 との重なり合う面積と、が等しく、Y 方向からの側面視で、第 1 質量部 2 1 と第 1 固定電極 1 1 との間隙と、第 2 質量部 2 2 と第 2 固定電極 1 2 との間隙と、が等しくなっているため、静電容量 C 1 , C 2 の静電容量値も等しくなる。また、例えば、可動体 2 0 に鉛直方向の加速度が加わり、梁部 2 5 を回転軸として可動体 2 0 が傾倒すると、静電容量 C 1 , C 2 は、可

10

20

30

40

50

動体 20 の傾倒に応じて、静電容量 C_1, C_2 の静電容量値が変化する。可動体 20 が傾倒した場合、第 1 質量部 21 と第 1 固定電極 11 との間隙と、第 2 質量部 22 と第 2 固定電極 12 との間隙と、が異なるため、静電容量 C_1, C_2 の静電容量値も異なる。

【 0 0 4 4 】

図 3 ~ 図 6 は、物理量センサーの動作を模式的に示す断面図である。ここで、物理量センサーの動作と静電容量の関係について図 3 から図 6 を参照して説明する。なお、図 3 から図 6 では、動作の説明に必要のない構成の図示を省略している。

【 0 0 4 5 】

図 3 は、支持基板 10 に対して可動体 20 が、略水平状態に位置している状態を示している。この状態の物理量センサー 100 に、+Z 軸方向の加速度 u が加わった場合を説明する。

可動体 20 は、一様の厚さ (Z 軸方向の寸法) を有する平板状の長方形をなしている。第 1 可動体 20a は質量 m_1 を有し、その重心 G_1 は支持部 24 に回転可能に支持されている梁部 25 の中心 Q から -X 軸方向の距離 r_1 に位置している。第 2 可動体 20b は質量 m_2 を有し、その重心 G_2 は梁部 25 の中心 Q から +X 軸方向の距離 r_2 に位置している。第 1 可動体 20a は、第 3 質量部 23 を有し、第 2 可動体 20b よりも X 軸方向に長い長方形の形状をなしている。このため、第 1 可動体 20a の質量 m_1 は第 2 可動体 20b の質量 m_2 よりも重く、第 1 可動体 20a の重心 G_1 の位置する距離 r_1 は、第 2 可動体 20b の重心 G_2 の位置する距離 r_2 よりも長い。

【 0 0 4 6 】

物理量センサー 100 に対して、-Z 軸方向から +Z 軸方向に向かう加速度 u が加わると、第 1 可動体 20a には、質量 m_1 と、加速度 u と、距離 r_1 との積に相当する第 1 回転モーメント N_{u1} が、梁部 25 の中心 Q を回転軸として反時計回りの方向に作用する。他方、第 2 可動体 20b には、質量 m_2 と、加速度 u と、距離 r_2 との積に相当する第 2 回転モーメント N_{u2} が、梁部 25 の中心 Q を回転軸として時計回りの方向に作用する。第 1 可動体 20a の質量 m_1 は第 2 可動体 20b の質量 m_2 よりも重く、第 1 可動体 20a の重心 G_1 の位置する距離 r_1 は、第 2 可動体 20b の重心 G_2 の位置する距離 r_2 よりも長いため、第 1 可動体 20a に作用する第 1 回転モーメント N_{u1} は、第 2 可動体 20b に作用する第 2 回転モーメント N_{u2} よりも、大きい。

【 0 0 4 7 】

これにより、図 4 に示すように、梁部 25 には、第 1 回転モーメント N_{u1} (図 3 参照) と第 2 回転モーメント N_{u2} (図 3 参照) の差に相当するトルク N_u が、梁部 25 の中心 Q を回転軸として反時計回りの方向に作用し、可動体 20 は、反時計回りに傾倒する。これにより、第 1 可動体 20a の第 1 質量部 21 と第 1 固定電極 11 との間隙が小さく (狭く) なり、第 1 質量部 21 と第 1 固定電極 11 との間で形成される静電容量 C_1 の静電容量値が増加する。他方、第 2 可動体 20b の第 2 質量部 22 と第 2 固定電極 12 との間隙が大きく (広く) なり、第 2 質量部 22 と第 2 固定電極 12 との間で形成される静電容量 C_2 の静電容量値が減少する。

【 0 0 4 8 】

図 5 は、支持基板 10 に対して可動体 20 が、略水平状態に位置している状態を示している。この状態の物理量センサー 100 に、-Z 軸方向の加速度 d が加わった場合を説明する。

物理量センサー 100 に対して、+Z 軸方向から -Z 軸方向に向かう加速度 d が加わると、第 1 可動体 20a には、質量 m_1 と、加速度 d と、距離 r_1 との積に相当する第 1 回転モーメント N_{d1} が、梁部 25 の中心 Q を回転軸として時計回りの方向に作用する。他方、第 2 可動体 20b には、質量 m_2 と、加速度 d と、距離 r_2 との積に相当する第 2 回転モーメント N_{d2} が、梁部 25 の中心 Q を回転軸として反時計回りの方向に作用する。第 1 可動体 20a の質量 m_1 は第 2 可動体 20b の質量 m_2 よりも重く、第 1 可動体 20a の重心 G_1 の位置する距離 r_1 は、第 2 可動体 20b の重心 G_2 の位置する距離 r_2 よりも長いため、第 1 可動体 20a に作用する第 1 回転モーメント N_{d1} は、第 2 可

10

20

30

40

50

動体 20 b に作用する第 2 回転モーメント N_{d2} よりも、大きい。

【0049】

これにより、図 6 に示すように、梁部 25 には、第 1 回転モーメント N_{d1} (図 5 参照) と第 2 回転モーメント N_{d2} (図 5 参照) の差に相当するトルク N_d が、梁部 25 の中心 Q を回転軸として時計回りの方向に作用し、可動体 20 は、時計回りに傾倒する。これにより、第 1 可動体 20 a の第 1 質量部 21 と第 1 固定電極 11 との間隙が大きく(広く)なり、第 1 質量部 21 と第 1 固定電極 11 との間で形成される静電容量 C_1 の静電容量値が減少する。他方、第 2 可動体 20 b の第 2 質量部 22 と第 2 固定電極 12 との間隙が小さく(狭く)なり、第 2 質量部 22 と第 2 固定電極 12 との間で形成される静電容量 C_2 の静電容量値が増加する。

10

【0050】

物理量センサー 100 は、梁部 25 に作用するトルク N_u , N_d を大きくすること、すなわち、第 1 可動体 20 a と第 2 可動体 20 b との質量差を拡大すること、梁部 25 から第 1 可動体 20 a の重心 G_1 までの距離 r_1 と梁部 25 から第 2 可動体 20 b の重心 G_2 までの距離 r_2 との差を拡大することで、可動体 20 を大きく傾倒させることができる。これにより静電容量 C_1 , C_2 の静電容量値の増減が大きくなるため、物理量センサー 100 の物理量を検出する感度を向上させることができる。また、物理量センサー 100 は、ねじりばねとして機能する梁部 25 の X 軸方向の幅を狭くして、ばねの韌性を低下させることで、可動体 20 の傾倒を大きくさせることができる。これにより、物理量の検出感度を向上させることもできる。

20

【0051】

次に、可動体に設けられる開口、及び支持基板に設けられる突起について説明する。図 1 及び図 2 に示すように、物理量センサー 100 は、過大な加速度が加わった際に、可動体 20 と支持基板 10 とが接触することを防止するために、可動体 20 の変位を制限する突起 15 を支持基板 10 の主面 17 に有している。突起 15 は、支持基板 10 を平板面 28 に対して垂直方向 (Z 軸方向) に見たときにおいて、支持基板 10 の可動体 20 と間隔を隔てて重なっている領域に設けられている。

20

【0052】

本実施形態では、突起 15 は、支持基板 10 上において、第 1 質量部 21 と重なる領域、及び第 2 質量部 22 と重なる領域に複数(各 2 個)設けられている。突起 15 は、円柱状をなし、その直径は、略 $3 \sim 5 \mu\text{m}$ である。これにより、可動体 20 の端部が、支持基板 10 に衝突して破損することを抑制している。また、突起 15 を複数設けることにより、可動体 20 と突起 15 とが接触した際に受ける衝撃を分散することができる。なお、本実施形態では、第 1、第 2 質量部 21, 22 に対応する位置に各 2 個の突起 15 が設けられた構成を示したが、これに限定するものではない。突起 15 が、各 1 個設けられた構成や各 3 個以上設けられた構成であってもよい。また、第 1 可動体 20 a 側における突起 15 は、第 3 質量部 23 に対応する位置に設けられた構成であってもよい。また、突起の形状は、円柱状をなしているものと説明したが、三角柱や四角柱などの多角柱であってもよし、上面が面取りされた形状であってもよい。また、突起 15 の表面に、絶縁性の保護膜が形成されていてもよい。これにより、第 1、第 2 質量部 21, 22 と突起 15 とが接触した際の電気的短絡を防ぐことができる。

30

【0053】

一方、可動体 20 には、可動体 20 に鉛直方向の加速度が加わり、可動体 20 が揺動する際に、気体の粘性により生じるダンピング(可動体の動きを止めようとする働き、流動抵抗)を低減するために、平板面 28 を貫通する方向 (Z 軸方向) に複数の開口 26 が設けられている。開口 26 は、支持基板 10 を平板面 28 に対して垂直方向 (Z 軸方向) に見たときにおいて、突起 15 の最大外形寸法を D とした時、突起 15 の外周から外側に向かって $D/2$ の範囲(突起 15 の中心から $2D$ の範囲)を除く領域に設けられている。これにより、可動体 20 のダンピングが低減され物理量を検出する感度が向上する。

40

【0054】

50

本実施形態では、Z軸方向からの平面視にて、突起15の中心から2Dの範囲を除く領域に、正方形の開口26がマトリックス状に配置されている。換言すると、物理量センサー100に過大な加速度が加わった際に、可動体20が揺動し、可動体20と突起15とが接触する領域には、開口26が設けられていない。

【0055】

逆に、突起15の中心から2Dの範囲内にも開口26が設けられていた場合には、隣り合う開口26によって形成される格子状の枠部27と突起15とが局所的に接触した際に、可動体20の枠部27が容易に破損する恐れがあった。本実施形態の物理量センサー100は、突起15と接触する領域に開口26は設けられていないので、当該領域の剛性が向上している。これにより、物理量センサー100に過大な加速度が加わって可動体20と突起15とが接触した場合に、可動体20が損傷することを抑制することができる。なお、複数の開口26は、個々に異なる形状であってもよい。また、開口26を配置する位置や数量も自由に設定することができる。

【0056】

なお、本実施形態では、可動体20は、支持基板10に設けられている支柱14などを介して支持される梁部25によって揺動可能に設けられているものとして説明したが、この構成に限定されるものではない。例えば、可動体は、Z軸方向からの平面視にて、可動体の外周を取り囲み、可動体と所定の間隔を有して設けられた枠状の支持体からY軸方向に伸びる梁部によって揺動可能に設けられた構成であってもよい。

【0057】

＜物理量センサーの製造方法＞

図7は、物理量センサーの製造工程を説明するフローチャート図である。図8～図12は、物理量センサーの各製造工程における断面図である。次に、物理量センサー100の製造方法について図7から図12を参照して説明する。

【0058】

ステップS1は、支持基板10及び突起15を形成する支持基板形成工程である。まず、ガラス基板を用意する。支持基板形成工程では、ガラス基板をフォトリソグラフィー技法およびエッチング技法を用いてパターニングすることで支持基板10及び突起15を形成する。例えば、ガラス基板は、フッ酸系エッチャントを用いることでウェットエッティングすることができる。これにより、図8に示すようなガラス基板に凹状のキャビティ16、支柱14及び突起15が形成された支持基板10を得ることができる。

【0059】

ステップS2は、第1、第2固定電極11,12を形成する固定電極形成工程である。固定電極形成工程では、スパッタ法等により支持基板10の主面17上に導電膜を成膜した後、導電膜をフォトリソグラフィー技法およびエッチング技法（ドライエッチング、ウェットエッチング等）を用いてパターニングすることで第1、第2固定電極11,12を形成する。これにより、図9に示すように、支持基板10のキャビティ16内の主面17上に第1、第2固定電極11,12を設けることができる。

【0060】

ステップS3は、支持基板10とシリコン基板20Sを接合する基板接合工程である。図10に示すように、基板接合工程では、例えば、陽極接合、直接接合、又は接着剤を用いて支持基板10とシリコン基板20Sとを接合する。

【0061】

ステップS4は、シリコン基板20Sから開口26を有する可動体20を形成する可動体形成工程である。可動体形成工程では、シリコン基板20Sを、例えば、研削機を用いて研削し、所定の厚さに薄膜化する。そして、シリコン基板20Sをフォトリソグラフィー技法およびエッチング技法を用いてパターニングすることで可動体20を形成する。例えば、シリコン基板20Sは、R I E (Reactive Ion Etching) 装置を用いたボッシュプロセスによってエッチングすることができる。これにより、図11に示すように、開口26、支持部24及び梁部25を含む可動体20が一体で形成される。

10

20

30

40

50

【0062】

ステップS5は、可動体20を封止する封止工程である。封止工程では、支持基板10に蓋体30を接合して、支持基板10及び蓋体30によって形成される空間に可動体20を収容する。支持基板10と蓋体30とは、例えば、陽極接合や接着剤等を用いて接合する。以上により、図12に示すように、物理量センサー100が得られる。

【0063】

本実施形態では、支持基板10に可動体20が揺動可能なキャビティ16を形成する物理量センサー100の製造方法を示した。一方、物理量センサーの製造方法としては、犠牲層を形成させたシリコン基板と支持基板とを犠牲層を介して接合し、犠牲層に可動体が揺動可能なキャビティを形成する方法もある。この製造方法の場合、シリコン基板に可動体を形成させた後、同時に形成させた可動体の開口からシリコン基板と支持基板とに挟まれた犠牲層をエッチングすることにより、犠牲層に可動体が揺動可能なキャビティを形成している。このため、可動体に開口をマトリックス状に隙間なく設けておく必要があった。換言すると、可動体と突起とが接触する領域に開口を設けない構成にできなかつた。

10

【0064】

本実施形態の製造方法は、支持基板形成工程にて支持基板10にキャビティ16と突起15を形成した後に、基板接合工程にて支持基板10とシリコン基板20Sとを接合し、最後に可動体20及び開口26を形成する。この製造方法によれば、可動体20と突起15とが接触する領域に開口26を設けない構成にすることができる。これにより、可動体20と突起15とが接触する領域の剛性が向上するので、物理量センサー100に過大な加速度が加わって可動体20と突起15とが接触した場合に、可動体20が損傷することを抑制することができる。また、可動体20には、突起15の外周から外側に向かってD/2の範囲以外の領域に、開口26が設けられるので、可動体20のダンピングが低減され物理量を検出する感度が向上する。

20

【0065】

以上述べたように、本実施形態に係る物理量センサー100によれば、以下の効果を得ることができる。

物理量センサー100は、支持基板10上から可動体20側に突出する突起15を有している。また、可動体20には、平板面28を貫通する複数の開口26が設けられている。突起15は、支持基板10を平板面28に対して垂直方向に見たときにおいて、支持基板10の可動体20と間隔を隔てて重なっている領域に設けられている。開口26は、支持基板10を平板面28に対して垂直方向に見たときにおいて、突起15の最大外形寸法をDとした時、突起15の中心から2Dの範囲を除く領域に設けられている。換言すると、開口26は、突起15の中心から2Dの範囲、すなわち突起15と接触する位置には設けられていない。これにより、当該領域の剛性が向上するので、可動体20と突起15とが接触した場合に、可動体20が損傷することを抑制することができる。また、可動体20の受けるダンピングは、突起15の中心から2Dを除く範囲に設けられた複数の開口26によって低減されるので、物理量センサー100の検出感度が向上する。したがって、信頼性と検出感度とを向上させた物理量センサー100を提供することができる。

30

【0066】

また、支持基板10から可動体20側に突出する突起15は、複数設けられているので、可動体20が突起15と接触した際に受ける衝撃を分散することができる。

【0067】

物理量センサー100の製造方法は、支持基板10及び突起15を形成する支持基板形成工程、支持基板10とシリコン基板20Sとを接合する基板接合工程、シリコン基板20Sから開口26を有する可動体20を形成する可動体形成工程を含んでいる。本製造方法は、支持基板形成工程にて支持基板10にキャビティ16と突起15を形成した後に、基板接合工程にて支持基板10とシリコン基板20Sとを接合し、最後に可動体20及び開口26を形成する。この製造方法によれば、可動体20と突起15とが接触する領域(

40

50

突起 15 の中心から 2D の領域) に開口 26 を設けない構成にすることができる。これにより、当該領域の剛性が向上するので、可動体 20 と突起 15 とが接触した場合に、可動体 20 が損傷することを抑制することができる。また、可動体 20 の受けるダンピングは、突起 15 の中心から 2D の範囲を除く領域に設けられた複数の開口 26 によって低減されるので、物理量センサー 100 の検出感度が向上する。したがって、信頼性と検出感度とを向上させる物理量センサー 100 の製造方法を提供することができる。

【0068】

なお、本発明は上述した実施形態に限定されず、上述した実施形態に種々の変更や改良などを加えることが可能である。

【0069】

(変形例)

図 13 は、変形例に係る物理量センサーを模式的に示す平面図である。図 14 は、図 13 における B - B 線での断面図である。以下、変形例 1 に係る物理量センサー 200 について説明する。なお、実施形態と同一の構成部位については、同一の符号を使用し、重複する説明は省略する。本変形例の物理量センサー 200 は、実施形態で説明した物理量センサー 100 と突起 215 の位置が異なっている。

【0070】

図 13 及び図 14 に示すように、物理量センサー 200 は、過大な加速度が加わった際に、可動体 20 と支持基板 10 とが接触することを防止するために、可動体 20 の変位を制限する突起 215 を支持基板 10 の主面 17 に有している。突起 215 は、回転軸としての梁部 25 の軸方向 (Y 軸方向) と交差する X 軸方向において、梁部 25 の中心線 CL2 と可動体 20 の端部との距離 Ra の 1/2 以内に設けられている。

【0071】

詳しくは、本変形例では、突起 215 は、支持基板 10 上において、第 1 質量部 21 と重なる領域、及び第 2 質量部 22 と重なる領域に各 2 個設けられている。第 1 質量部 21 と重なる突起 215 は、中心線 CL2 から -X 軸方向に距離 R1 離れた位置に設けられている。中心線 CL2 と突起 215 との距離 R1 は、中心線 CL2 と第 1 可動体 20a の端部との距離 Ra の 1/2 よりも短い。第 2 質量部 22 と重なる突起 215 は、中心線 CL2 から +X 軸方向に距離 R2 離れた位置に設けられている。中心線 CL2 と突起 215 との距離 R2 は、中心線 CL2 と第 2 可動体 20b の端部との距離 Rb の 1/2 よりも短い。本変形例では、距離 R1 と距離 R2 は、同じ距離に設定されている。すなわち、突起 215 は、中心線 CL2 に関して線対称に設けられている。

【0072】

可動体 20 の移動速度は、梁部 25 の中心 (中心線 CL2) からの距離が長くなるほど早くなるので、可動体 20 の受けるダンピングは、可動体の端部に向かう程大きくなる。本変形例の突起 215 に対応する、開口 26 の設けられない領域 (突起 215 の中心から 2D の範囲) は、X 軸方向においてダンピングの影響が小さい、距離 Ra/2 以内及び距離 Rb/2 以内の梁部 25 側に位置しているので、可動体 20 の受けるダンピングをさらに低減することができる。

【0073】

また、突起 215 は、回転軸としての梁部 25 の軸方向 (Y 軸方向) における可動体 20 を 2 等分する中心線 CL1 に対して対称の距離 R3 の位置に設けられている。これにより、可動体 20 と突起 215 とが接触した際に可動体 20 が擦れることにより、可動体 20 が破損することを抑制することができる。

【0074】

(複合センサー)

次に、図 15 を参照して、前述の物理量センサー 100, 200 を備えた複合センサーの構成例について説明する。図 15 は、複合センサーの概略構成を示す機能ブロック図である。なお、以下では、物理量センサー 100 を用いた例を示して説明する。

【0075】

10

20

30

40

50

図15に示すように、複合センサー900は、上述したようなZ軸方向の加速度を測定するための加速度センサーである物理量センサー100と、X軸方向の加速度を測定するための加速度センサーである物理量センサー101と、Y軸方向の加速度を測定するための加速度センサーである物理量センサー102と、角速度センサー103と、を備えている。角速度センサー103は、必要とする一軸方向の角速度を効率よく且つ高精度に検出することができる。なお、角速度センサー103は、三軸方向の角速度を測定するために、それぞれの軸方向に対応した三つの角速度センサー103を備えることもできる。また、複合センサー900は、例えば、物理量センサー100, 101, 102や角速度センサー103を駆動する駆動回路や、物理量センサー100, 101, 102や角速度センサー103からの信号に基づいてX軸、Y軸およびZ軸の各軸方向の加速度や角速度を検出する検出回路（信号処理部45a）や、検出回路からの信号を所定の信号に変換して出力する出力回路（出力部46a）等を含むIC40aを備えることができる。
10

【0076】

物理量センサー100, 101, 102と、角速度センサー103と、によって容易に複合センサー900を構成することができ、一つのセンサーによって複数の物理量データ、例えば加速度データや角速度データを容易に取得することができる。

【0077】

（慣性計測ユニット）

次に、図16および図17を参照して、慣性計測ユニット（IMU：Inertial Measurement Unit）について説明する。図16は、慣性計測ユニットの概略構成を示す分解斜視図である。図17は、慣性計測ユニットの慣性センサー素子の配置例を示す斜視図である。なお、以下では、物理量センサー100を用いた例を示して説明する。
20

【0078】

図16に示すように、慣性計測ユニット3000は、アウターケース301、接合部材310、慣性センサー素子を含むセンサーモジュール325などから構成されている。換言すれば、アウターケース301の内部303に、接合部材310を介在させて、センサーモジュール325を嵌合（挿入）した構成となっている。センサーモジュール325は、インナーケース320と、基板315とから構成されている。なお、説明を解り易くするために、部位名をアウターケース、インナーケースとしているが、第1ケース、第2ケースと呼び換えてても良い。
30

【0079】

アウターケース301は、アルミニウムを箱状に削り出した台座である。材質は、アルミニウムに限定するものではなく、亜鉛やステンレスなど他の金属や、樹脂、または、金属と樹脂の複合材などを用いても良い。アウターケース301の外形は、前述した慣性計測ユニット3000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、それぞれ通し孔（馬鹿孔）302が形成されている。なお、通し孔（馬鹿孔）302に限定するものではなく、例えば、ネジによりネジ止めすることが可能な切り欠き（通し孔（馬鹿孔）302の位置するアウターケース301のコーナー部に切り欠きを形成する構造）を形成してネジ止めする構成としてもよいし、あるいは、アウターケース301の側面にフランジ（耳）を形成して、フランジ部分をネジ止めする構成としても良い。
40

【0080】

アウターケース301は、外形が直方体で蓋のない箱状であり、その内部303（内側）は、底壁305と側壁304とで囲まれた内部空間（容器）となっている。換言すれば、アウターケース301は、底壁305と対向する一面を開口面とする箱状をなしており、その開口面の開口部のほとんどを覆うように（開口部を塞ぐように）センサーモジュール325が収納され、センサーモジュール325が開口部から露出した状態となる（不図示）。ここで、底壁305と対向する開口面とは、アウターケース301の上面307と同一面である。また、アウターケース301の内部303の平面形状は、正方形の二つの頂点部分の角を取りした六角形であり、面取りされた二つの頂点部分は通し孔（馬鹿孔）
50

) 302 の位置に対応している。また、内部 303 の断面形状(厚さ方向)において、底壁 305 には、内部 303、即ち内部空間における周縁部に中央部よりも一段高い底壁としての第1接合面 306 が形成されている。即ち、第1接合面 306 は、底壁 305 の一部であり、平面的に底壁 305 の中央部を囲ってリング状に形成された一段の階段状の部位であり、底壁 305 よりも開口面(上面 307 と同一面)からの距離が小さい面である。

【0081】

なお、アウターケース 301 の外形が、平面形状が略正方形の直方体で蓋のない箱状である一例について説明したが、これに限らず、アウターケース 301 の外形の平面形状は、例えは六角形や八角形などの多角形であってもよいし、その多角形の頂点部分の角が面取りされていたり、各辺が曲線である平面形状であったりしてもよい。また、アウターケース 301 の内部 303(内側)の平面形状も、上述した六角形に限らず、正方形などの方形(四角形)や、八角形などの他の多角形状であってもよい。また、アウターケース 301 の外形と内部 303 の平面形状とは相似形であってもよいし、相似形でなくてもよい。

10

【0082】

インナーケース 320 は、基板 315 を支持する部材であり、アウターケース 301 の内部 303 に収まる形状となっている。詳しくは、平面的には、正方形の二つの頂点部分の角を面取りした六角形であり、その中に長方形の貫通穴である開口部 321 と、基板 315 を支持する側の面に設けられた凹部 331 とが形成されている。面取りされた二つの頂点部分はアウターケース 301 の通し孔(馬鹿孔) 302 の位置に対応している。厚さ方向(Z 軸方向)の高さは、アウターケース 301 の上面 307 から第1接合面 306 までの高さよりも、低くなっている。好適例では、インナーケース 320 もアルミニウムを削り出して形成しているが、アウターケース 301 と同様に他の材質を用いても良い。

20

【0083】

インナーケース 320 の裏面(アウターケース 301 側の面)には、基板 315 を位置決めするための案内ピンや、支持面(いずれも図示せず)が形成されている。基板 315 は、当該案内ピンや、支持面にセット(位置決め搭載)されてインナーケース 320 の裏面に接着される。なお、基板 315 の詳細については後述する。インナーケース 320 の裏面の周縁部は、リング状の平面からなる第2接合面 322 となっている。第2接合面 322 は、平面的にアウターケース 301 の第1接合面 306 と略同様な形状であり、インナーケース 320 をアウターケース 301 にセットした際には、接合部材 310 を挟持した状態で二つの面が向い合うことになる。なお、アウターケース 301 およびインナーケース 320 の構造については、一実施例であり、この構造に限定されるものではない。

30

【0084】

図 17 を参照して、慣性センサーが実装された基板 315 の構成について説明する。図 17 に示すように、基板 315 は、複数のスルーホールが形成された多層基板であり、ガラスエポキシ基板(ガラエポ基板)を用いている。なお、ガラエポ基板に限定するものではなく、複数の慣性センサーや、電子部品、コネクターなどを実装可能なリジット基板であれば良い。例えば、コンポジット基板や、セラミック基板を用いても良い。

40

【0085】

基板 315 の表面(インナーケース 320 側の面)には、コネクター 316、角速度センサー 317z、上述した Z 軸方向の加速度を測定するための加速度センサーである物理量センサー 100 を含む加速度検出ユニット 1 などが実装されている。コネクター 316 は、プラグ型(オス)のコネクターであり、X 軸方向に等ピッチで配置された二列の接続端子を備えている。好適には、一列 10 ピンで二列の合計 20 ピンの接続端子としているが、端子数は、設計仕様に応じて適宜変更しても良い。

【0086】

慣性センサーとしての角速度センサー 317z は、Z 軸方向における 1 軸の角速度を検出するジャイロセンサーである。好適例として、水晶を振動子として用い、振動する物体

50

に加わるコリオリの力から角速度を検出する振動ジャイロセンサーを用いている。なお、振動ジャイロセンサーに限定するものではなく、角速度を検出可能なセンサーで有れば良い。例えば、振動子としてセラミックや、シリコンを用いたセンサーを用いても良い。

【0087】

また、基板315のX軸方向の側面には、実装面（搭載面）がX軸と直交するように、X軸方向における1軸の角速度を検出する角速度センサー317xが実装されている。同様に、基板315のY軸方向の側面には、実装面（搭載面）がY軸と直交するように、Y軸方向における1軸の角速度を検出する角速度センサー317yが実装されている。

【0088】

なお、角速度センサー317x, 317y, 317zは、X軸、Y軸、Z軸の軸ごとの三つの角速度センサーを用いる構成に限定するものではなく、3軸の角速度が検出可能なセンサーであれば良く、例えば、一つのデバイス（パッケージ）で3軸の角速度が検出（検知）可能なセンサーデバイスを用いても良い。

【0089】

加速度検出ユニット1は、上述したZ軸方向の加速度を測定するための加速度センサーである物理量センサー100を少なくとも含み、必要に応じて、一軸方向（例えばZ軸方向）の加速度したり、二軸方向（例えばZ軸、Y軸、あるいはX軸、Y軸）や三軸方向（X軸、Y軸、Z軸）の加速度を検出したりすることができる。

【0090】

基板315の裏面（アウターケース301側の面）には、制御部としての制御IC319が実装されている。制御IC319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、慣性計測ユニット3000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、付随するデータなどが記憶されている。なお、基板315には、その他にも複数の電子部品が実装されている。

【0091】

このような慣性計測ユニット3000によれば、物理量センサー100を含む加速度検出ユニット1を用いているため、耐衝撃性に優れ、信頼性向上させた慣性計測ユニット3000を提供することができる。

【0092】

（携帯型電子機器）

次に、物理量センサー100, 200を用いた携帯型電子機器について、図18および図19に基づき、詳細に説明する。なお、以下では、物理量センサー100を用いた例を示して説明する。以下、携帯型電子機器の一例として、腕時計型の活動計（アクティビットラッカー）を示して説明する。

【0093】

腕時計型の活動計（アクティビットラッカー）であるリスト機器2000は、図18に示すように、バンド62, 67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物理量センサー100は、加速度を測定するセンサーや角速度を計測するセンサーの一つとしてリスト機器2000に組込まれている。

【0094】

リスト機器2000は、少なくとも物理量センサー100が収容されているケース60と、ケース60に収容され、物理量センサー100からの出力データを処理する処理部190（図19参照）と、ケース60に収容されている表示部150と、ケース60の開口部を塞いでいる透光性カバー71と、を備えている。ケース60の透光性カバー71のケース60の外側には、ベゼル78が設けられている。ケース60の側面には、複数の操作ボタン80, 81が設けられている。以下、図19も併せて参照しながら、さらに詳細に説明する。

10

20

30

40

50

【0095】

物理量センサー100を含む加速度センサー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軸角速度の大きさ及び向きに応じた信号（角速度信号）を出力する。

【0096】

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、移動量や物理量センサー100に含まれる加速度センサー113や角速度センサー114など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。

10

【0097】

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ーを含んで構成される。

20

【0098】

処理部190（プロセッサー）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190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80, 81）から入力された信号とに基づき、各種の処理を実行する。処理部190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（不図示）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。

30

【0099】

このようなリスト機器2000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：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行った時に、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。

40

【0100】

なお、リスト機器2000は、ランニングウォッチ、ランナーズウォッチ、デュアスロ

50

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。

【0101】

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)、GLOASS (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WAS (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 (S BAS : Satellite-based Augmentation System) を利用してもよい。

【0102】

このような携帯型電子機器 (リスト機器2000) は、物理量センサー100、および処理部190を備えているので、耐衝撃性などの優れた信頼性を有している。

【0103】

(電子機器)

次に、本発明の実施形態に係る物理量センサー100、200を備えた電子機器について図20から図22を参照して説明する。なお、以下では、物理量センサー100を用いた例を示して説明する。

【0104】

図20は、本発明の実施形態に係る物理量センサーを備える電子機器としてのモバイル型 (又はノート型) のパーソナルコンピューターの概略構成を示す斜視図である。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1000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振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、加速度センサーなどとして機能する物理量センサー100が内蔵されており、物理量センサー100からの検出信号に基づいて制御部 (不図示) が、例えば姿勢制御などの制御を行なうことができる。

【0105】

図21は、本発明の実施形態に係る物理量センサーを備える電子機器としての携帯電話機 (PHSも含む) の概略構成を示す斜視図である。この図において、携帯電話機1200は、複数の操作ボタン1202、受話口1204及び送話口1206を備え、操作ボタン1202と受話口1204との間には、表示部1000が配置されている。このような携帯電話機1200には、加速度センサーなどとして機能する物理量センサー100が内蔵されており、この物理量センサー100からの検出信号に基づいて制御部 (不図示) が、例えば携帯電話機1200の姿勢や、拳動を認識して、表示部1000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。

【0106】

図22は、本発明の実施形態に係る物理量センサーを備える電子機器としてのデジタルスチルカメラの概略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。ここで、従来のフィルムカメラは、被写体の光像により銀塩写真フィルムを感光するのに対し、デジタルスチルカメラ1300は、被写体の光像をCCD (Charge Coupled Device) 等の撮像素子により光電変換して撮像信号 (画像信号) を生成する。

デジタルスチルカメラ1300におけるケース (ボディー) 1302の背面には、表示部1000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、

10

20

30

40

50

表示部 1000 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 等を含む受光ユニット 1304 が設けられている。

撮影者が表示部 1000 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、このデジタルスチルカメラ 1300 においては、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ルカメラ 1300 には、加速度センサーなどとして機能する物理量センサー 100 が内蔵されており、物理量センサー 100 からの検出信号に基づいて制御部（不図示）が、例えば手振れ補正などの制御を行なうことができる。

【0107】

以上のような電子機器 1100, 1200, 1300 は、信頼性と検出感度とを向上することが可能な物理量センサー 100 を含んでいる。これにより、電子機器 1100, 1200, 1300 は、高い信頼性と検出感度とを有することができる。

【0108】

なお、本発明の実施形態に係る物理量センサー 100 は、図 20 のパーソナルコンピューター 1100（モバイル型パーソナルコンピューター）、図 21 の携帯電話機 1200、図 22 のデジタルスチルカメラ 1300 の他にも、例えば、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、ページヤー、電子手帳（通信機能付も含む）、電子辞書、電卓、電子ゲーム機器、ワードプロセッサー、ワープステーション、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等の電子機器に適用することができる。

【0109】

（移動体）

次に、本発明の実施形態に係る物理量センサー 100, 200 を備えた移動体について図 23 を参照して説明する。なお、以下では、物理量センサー 100 を用いた例を示して説明する。

図 23 は、本発明の実施形態に係る物理量センサーを備える移動体としての自動車を概略的に示す斜視図である。自動車 1500 には実施形態に係る物理量センサー 100 が搭載されている。例えば、図 23 に示すように、移動体としての自動車 1500 には、物理量センサー 100 を内蔵してタイヤなどを制御する制御部としての電子制御ユニット 1510 が車体に搭載されている。また、物理量センサー 100 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）、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、車体姿勢制御システム、等の電子制御ユニット（ECU: Electronic Control Unit）に広く適用できる。

【符号の説明】

【0110】

10...支持基板、11...第1固定電極、12...第2固定電極、14...支柱、15, 21
5...突起、16...キャビティ、17...主面、20...可動体、20S...シリコン基板、20

10

20

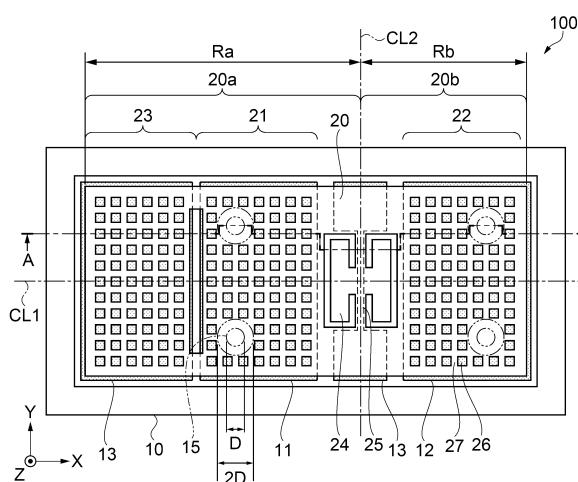
30

40

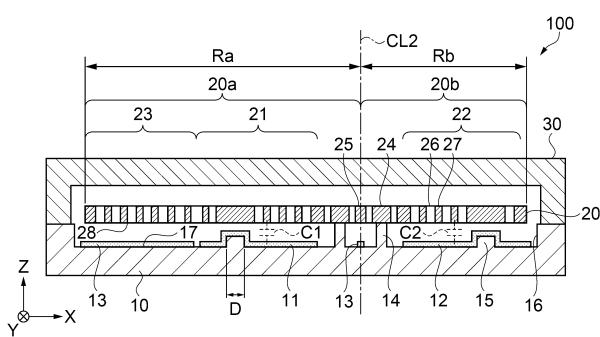
50

a ... 第1可動体、20b ... 第2可動体、21 ... 第1質量部、22 ... 第2質量部、23 ... 第3質量部、24 ... 支持部、25 ... 梁部、26 ... 開口、27 ... 柱部、28 ... 平板面、30 ... 蓋体、100, 200 ... 物理量センサー、900 ... 複合センサー、1100 ... パーソナルコンピューター、1200 ... 携帯電話機、1300 ... デジタルスチルカメラ、1500 ... 自動車、2000 ... 携帯型電子機器としてのリスト機器、3000 ... 慣性計測ユニット。

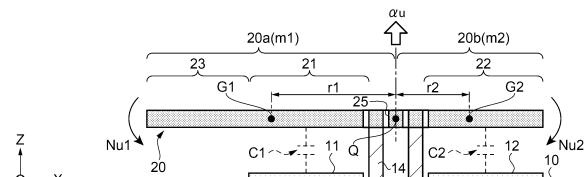
【図1】



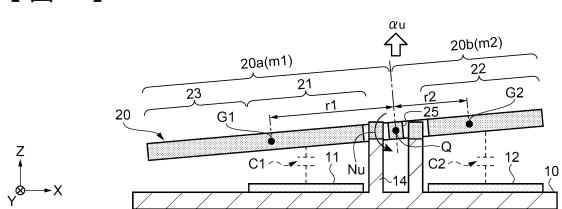
【図2】



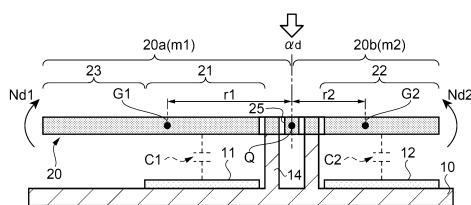
【図3】



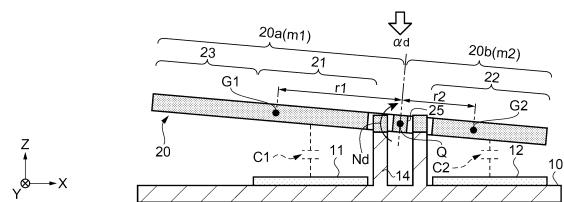
【図4】



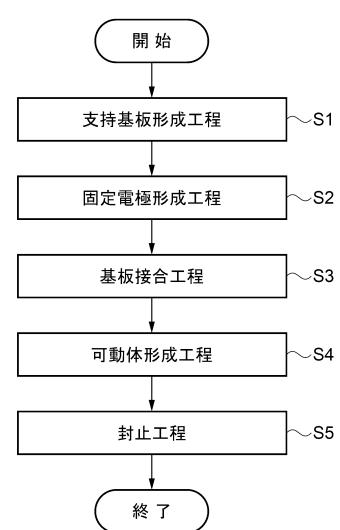
【図5】



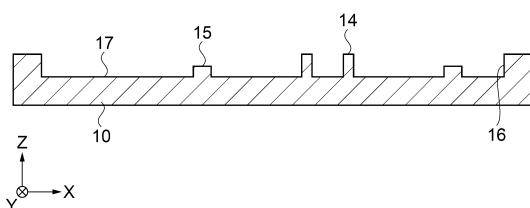
【図6】



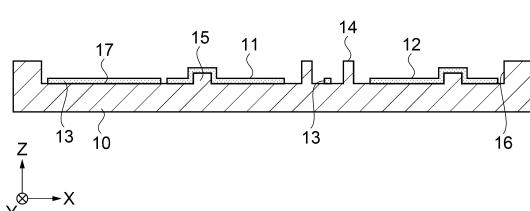
【図7】



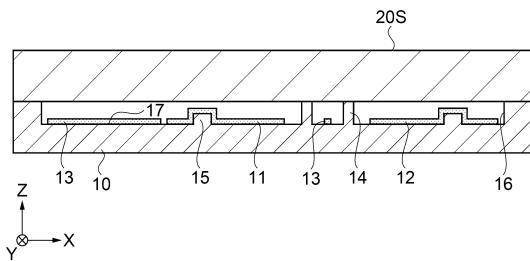
【図8】



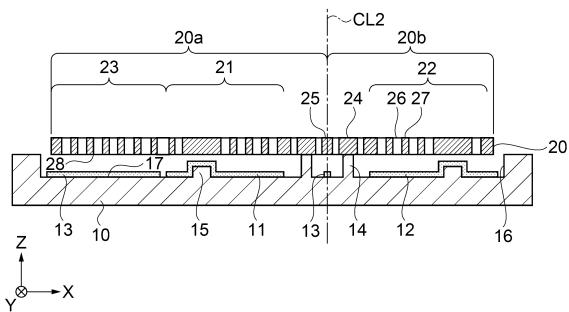
【図9】



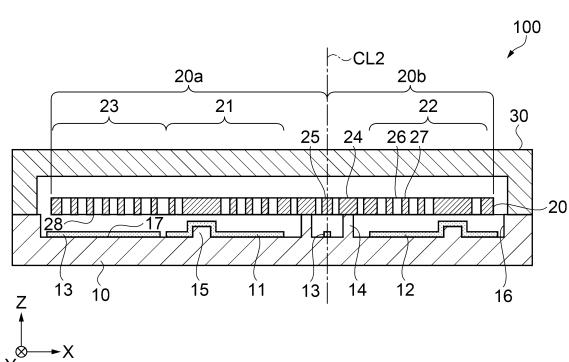
【図10】



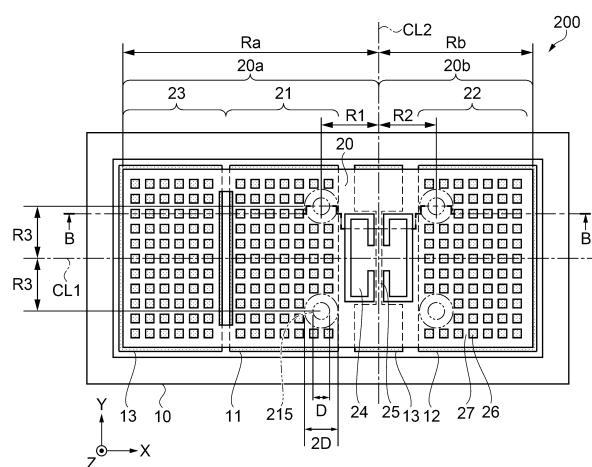
【図11】



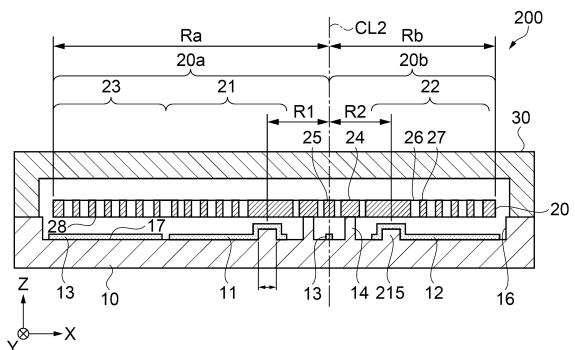
【図12】



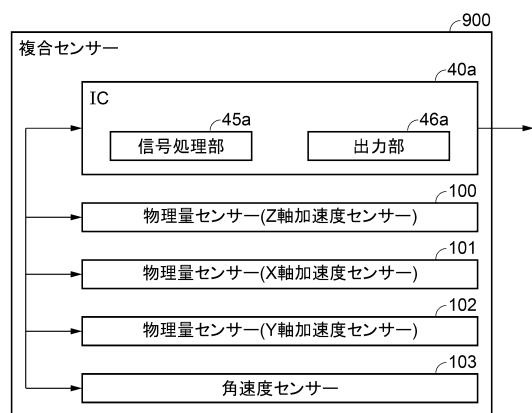
【図13】



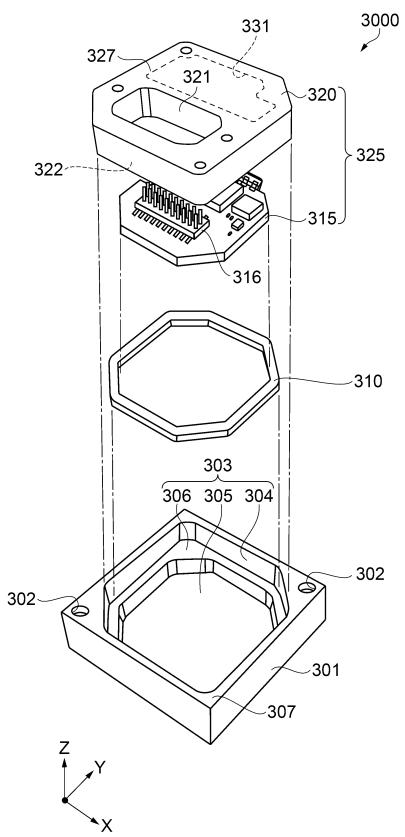
【図14】



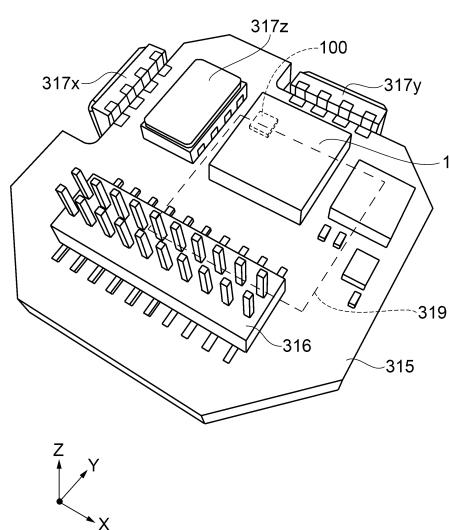
【図15】



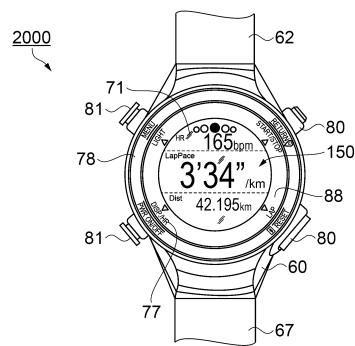
【図16】



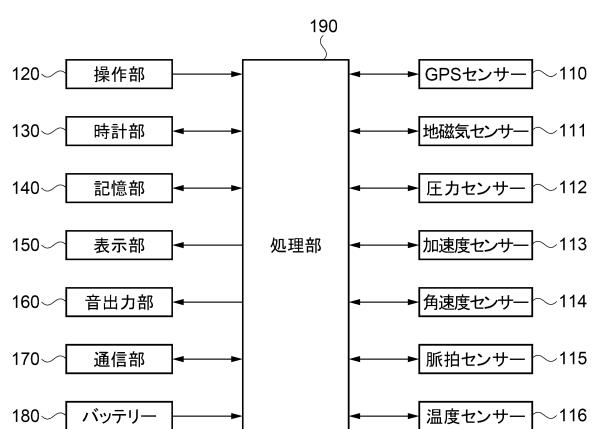
【図17】



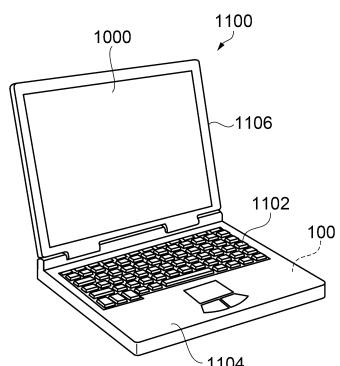
【図18】



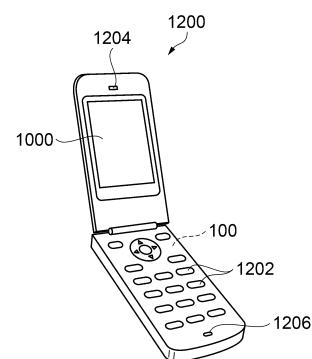
【図19】



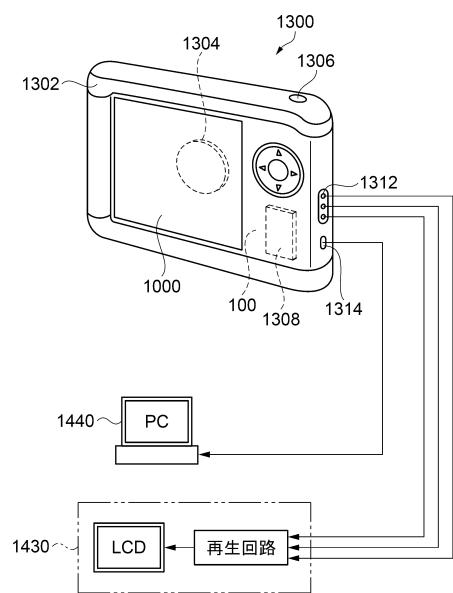
【図20】



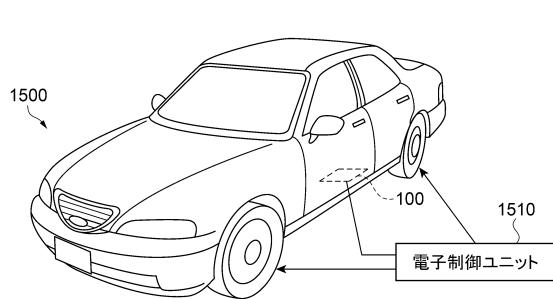
【図21】



【図22】



【図23】



フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I
B 8 1 B 3/00

(56)参考文献 特開2012-135819 (JP, A)
特許第5935402 (JP, B2)
特許第6661941 (JP, B2)
特許第6091317 (JP, B2)
特許第6365678 (JP, B2)
米国特許出願公開第2010/0186508 (US, A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G 0 1 P
H 0 1 L