

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7135901号
(P7135901)

(45)発行日 令和4年9月13日(2022.9.13)

(24)登録日 令和4年9月5日(2022.9.5)

(51)国際特許分類

G 0 1 P	15/08 (2006.01)	F I	G 0 1 P	15/08	1 0 2 D
G 0 1 P	15/125 (2006.01)		G 0 1 P	15/08	1 0 1 B
H 0 1 L	29/84 (2006.01)		G 0 1 P	15/125	Z
			H 0 1 L	29/84	Z

請求項の数 11 (全20頁)

(21)出願番号 特願2019-15333(P2019-15333)
 (22)出願日 平成31年1月31日(2019.1.31)
 (65)公開番号 特開2020-122730(P2020-122730)
 A)
 (43)公開日 令和2年8月13日(2020.8.13)
 審査請求日 令和3年9月24日(2021.9.24)

(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 100091292
 弁理士 増田 達哉
 (74)代理人 100091627
 弁理士 朝比 一夫
 (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
 審査官 岡田 卓弥

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 慣性センサー、電子機器および移動体

(57)【特許請求の範囲】**【請求項1】**

互いに直交する3軸をX軸、Y軸およびZ軸としたとき、
 基板と、
 前記Y軸に沿う揺動軸まわりに揺動する可動体と、
 前記可動体を支持し、前記基板に固定されている固定部と、
 前記基板に固定され、前記可動体と接触することにより、前記可動体の前記Z軸まわりの回転変位を規制するストッパーと、を有し、

前記ストッパーと前記基板とが接合されているストッパー接合領域は、前記Z軸に沿う方向からの平面視で、前記可動体を前記Y軸に沿う方向に延長した第1領域内に位置し、

前記ストッパーの前記第1領域外に位置する部分は、前記基板から離間していることを特徴とする慣性センサー。

【請求項2】

前記ストッパー接合領域は、前記Z軸に沿う方向からの平面視で、前記固定部を前記Y軸に沿う方向に延長した第2領域内に位置し、

前記ストッパーの前記第2領域外に位置する部分は、前記基板から離間している請求項1に記載の慣性センサー。

【請求項3】

前記ストッパー接合領域は、前記Z軸に沿う方向からの平面視で、前記揺動軸と重なっている請求項2に記載の慣性センサー。

【請求項 4】

前記可動体と前記固定部とを接続する梁を有し、

前記ストッパー接合領域は、前記Z軸に沿う方向からの平面視で、前記梁を前記Y軸に沿う方向に延長した第3領域内に位置し、

前記ストッパーの前記第3領域外に位置する部分は、前記基板から離間している請求項1ないし3のいずれか1項に記載の慣性センサー。

【請求項 5】

前記ストッパーは、前記固定部と一体であり、

前記固定部と前記基板とが接合されている固定部接合領域は、前記ストッパー接合領域を兼ねている請求項1ないし4のいずれか1項に記載の慣性センサー。

10

【請求項 6】

前記固定部は、前記可動体の外側に位置している請求項5に記載の慣性センサー。

【請求項 7】

前記ストッパーは、前記固定部と別体であり、

前記ストッパー接合領域は、前記固定部と前記基板とが接合されている固定部接合領域と異なる位置にある請求項1ないし4のいずれか1項に記載の慣性センサー。

【請求項 8】

前記固定部は、前記可動体の内側に位置している請求項7に記載の慣性センサー。

【請求項 9】

前記可動体は、前記揺動軸を挟んで配置されている第1可動部および前記揺動軸まわりの回転モーメントが前記第1可動部と異なる第2可動部を備え、

20

前記基板に配置され、前記第1可動部と対向している第1固定検出電極と、

前記基板に配置され、前記第2可動部と対向している第2固定検出電極と、を有する請求項1ないし8のいずれか1項に記載の慣性センサー。

【請求項 10】

請求項1ないし9のいずれか1項に記載の慣性センサーと、

前記慣性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回路と、を有することを特徴とする電子機器。

【請求項 11】

請求項1ないし9のいずれか1項に記載の慣性センサーと、

30

前記慣性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回路と、を有することを特徴とする移動体。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明は、慣性センサー、電子機器および移動体に関するものである。

【背景技術】**【0002】**

例えば、特許文献1に記載された慣性センサーは、Z軸方向の加速度を検出可能なセンサーであり、基板と、基板に対してY軸方向に沿う揺動軸まわりにシーソー揺動する可動体と、基板に設けられた固定検出電極と、を有する。また、可動体は、揺動軸を挟んで設けられ、互いに揺動軸まわりの回転モーメントが異なる第1可動部および第2可動部を有する。また、固定検出電極は、可動部の第1可動部と対向して基板に配置された第1固定検出電極と、可動部の第2可動部と対向して基板に配置された第2固定検出電極と、を有する。

40

【0003】

このような構成の慣性センサーでは、Z軸方向の加速度が加わると可動体が揺動軸まわりにシーソー揺動し、それに伴って、第1可動部と第1固定検出電極との間の静電容量および第2可動部と第2固定検出電極との間の静電容量が互いに逆相で変化する。そのため、この静電容量の変化に基づいてZ軸方向の加速度を検出することができる。

50

【0004】

また、特許文献1に記載された慣性センサーは、基板に固定され、可動体の回転変位を抑制するためのストッパーを有する。

【先行技術文献】**【特許文献】****【0005】**

【文献】特開2015-017886号公報

【発明の概要】**【発明が解決しようとする課題】****【0006】**

しかしながら、特許文献1に記載された慣性センサーでは、ストッパーが可動体よりも揺動軸から遠い位置において基板に固定されている。そのため、例えば、熱膨張等によって基板に反りが生じると、その反りに起因して、ストッパーが可動体に対して変位し易く、その変位量も大きくなり易い。そのため、例えば、ストッパーが可動体に接近し過ぎて、可動体の揺動軸まわりの揺動を阻害するおそれがある。また、反対に、ストッパーが可動体から離間し過ぎて、可動体が回転変位してもストッパーに接触せず、ストッパーとしての機能を発揮できなくなるおそれがある。

【課題を解決するための手段】**【0007】**

実施形態に記載の慣性センサーは、互いに直交する3軸をX軸、Y軸およびZ軸としたとき、

基板と、

前記Y軸に沿う揺動軸まわりに揺動する可動体と、

前記可動体を支持し、前記基板に固定されている固定部と、

前記基板に固定され、前記可動体と接触することにより、前記可動体の前記Z軸まわりの回転変位を規制するストッパーと、を有し、

前記ストッパーと前記基板とが接合されているストッパー接合領域は、前記Z軸に沿う方向からの平面視で、前記可動体を前記Y軸に沿う方向に延長した第1領域内に位置し、

前記ストッパーの前記第1領域外に位置する部分は、前記基板から離間していることを特徴とする慣性センサー。

【図面の簡単な説明】**【0008】**

【図1】第1実施形態に係る慣性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中のB-B線断面図。

【図4】センサー素子およびストッパーの基板との固定部を示す平面図。

【図5】従来構成の問題を説明するための断面図。

【図6】本実施形態の効果を説明するための断面図。

【図7】図1に示す慣性センサーの変形例を示す平面図。

【図8】図1に示す慣性センサーの変形例を示す平面図。

【図9】図1に示す慣性センサーの変形例を示す平面図。

【図10】図1に示す慣性センサーの変形例を示す平面図。

【図11】図1に示す慣性センサーの変形例を示す平面図。

【図12】図1に示す慣性センサーの変形例を示す平面図。

【図13】第2実施形態に係る慣性センサーを示す平面図。

【図14】図13中のC-C線断面図。

【図15】第3実施形態に係る電子機器としてのスマートフォンを示す平面図。

【図16】第4実施形態に係る電子機器としての慣性計測装置を示す分解斜視図。

【図17】図16に示す慣性計測装置が有する基板の斜視図。

【図18】第5実施形態に係る電子機器としての移動体測位装置の全体システムを示すブ

10

20

30

40

50

ロック図。

【図19】図18に示す移動体測位装置の作用を示す図。

【図20】第6実施形態に係る移動体を示す斜視図。

【発明を実施するための形態】

【0009】

以下、本発明の慣性センサー、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。

【0010】

<第1実施形態>

図1は、第1実施形態に係る慣性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中のB-B線断面図である。図4は、センサー素子およびストッパーの基板との固定部を示す平面図である。図5は、従来構成の問題を説明するための断面図である。図6は、本実施形態の効果を説明するための断面図である。図7ないし図12は、それぞれ、図1に示す慣性センサーの変形例を示す平面図である。

10

【0011】

以下では、説明の便宜上、互いに直交する3つの軸をX軸、Y軸およびZ軸とする。また、X軸に沿う方向すなわち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」とも言う。また、各軸の矢印方向先端側を「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」とも言い、Z軸方向マイナス側を「下」とも言う。また、本願明細書において、「直交」とは、90°で交わっている場合の他、90°から若干傾いた角度、例えば90°±5°程度の範囲内で交わっている場合も含むものである。同様に、「平行」についても、両者のなす角度が0°の場合の他、±5°程度の範囲内の差を有する場合も含まれる。

20

【0012】

図1に示す慣性センサー1は、Z軸方向の加速度 A_z を検出する加速度センサーである。このような慣性センサー1は、基板2と、基板2上に配置されたセンサー素子3と、センサー素子3の不要な変位を抑制するストッパー4と、センサー素子3およびストッパー4を覆うように基板2に接合された蓋5と、を有する。

【0013】

図1に示すように、基板2は、上面側に開口する凹部21を有する。また、Z軸方向からの平面視で、凹部21は、センサー素子3およびストッパー4を内側に内包するよう、センサー素子3およびストッパー4よりも大きく形成されている。また、図2および図3に示すように、基板2は、凹部21の底面211から突出して設けられた突起状の第1マウント22および第2マウント23を有する。そして、第1マウント22の上面にセンサー素子3が接合され、第2マウント23の上面にストッパー4が接合されている。また、図1に示すように、基板2は、上面側に開放する溝25、26、27を有する。

30

【0014】

基板2としては、例えば、Na⁺等の可動イオンであるアルカリ金属イオンを含むガラス材料、例えば、パイレックスガラス、テンパックスガラス（いずれも登録商標）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。ただし、基板2としては、特に限定されず、例えば、シリコン基板やセラミックス基板を用いてもよい。

40

【0015】

また、図1に示すように、基板2には電極8が設けられている。電極8は、凹部21の底面211に配置された第1固定検出電極81、第2固定検出電極82およびダミー電極83を有する。また、基板2は、溝25、26、27に配置された配線75、76、77を有する。

【0016】

各配線75、76、77の一端部は、蓋5外に露出し、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。また、配線75は、センサー素子3、ストッパー4およびダミー電極83と電気的に接続され、配線76は、第1固定検出電極81と電気的に接

50

続され、配線 7 7 は、第 2 固定検出電極 8 2 と電気的に接続されている。

【 0 0 1 7 】

図 2 に示すように、蓋 5 は、下面側に開口する凹部 5 1 を有する。蓋 5 は、凹部 5 1 内にセンサー素子 3 およびストッパー 4 を収納するように、基板 2 の上面に接合されている。そして、蓋 5 および基板 2 によって、その内側に、センサー素子 3 およびストッパー 4 を収納する収納空間 S を形成している。収納空間 S は、気密空間であり、窒素、ヘリウム、アルゴン等の不活性ガスが封入され、使用温度 (-40 ~ 120 度) で、ほぼ大気圧となっていることが好ましい。ただし、収納空間 S の雰囲気は、特に限定されず、例えば、減圧状態であってもよいし、加圧状態であってもよい。

【 0 0 1 8 】

蓋 5 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 5 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基板を用いてもよい。また、基板 2 と蓋 5 との接合方法としては、特に限定されず、基板 2 や蓋 5 の材料によって適宜選択すればよく、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 5 の下面に成膜した金属膜同士を接合する拡散接合等を用いることができる。本実施形態では、低融点ガラスからなるガラスフリット 5 9 によって基板 2 と蓋 5 とが接合されている。

10

【 0 0 1 9 】

センサー素子 3 は、例えば、リン (P)、ボロン (B)、砒素 (As) 等の不純物がドープされた導電性のシリコン基板をエッチング、深溝エッチング技術であるボッシュ・プロセスによってパターニングすることにより形成される。このセンサー素子 3 は、図 1 に示すように、第 1 マウント 2 2 の上面に接合された固定部 3 1 と、固定部 3 1 に対して Y 軸に沿う揺動軸 J まわりに揺動可能な可動体 3 2 と、固定部 3 1 と可動体 3 2 とを接続する梁 3 3 と、を有する。第 1 マウント 2 2 と固定部 3 1 とは、例えば、陽極接合されている。

20

【 0 0 2 0 】

可動体 3 2 は、Z 軸方向からの平面視で、X 軸方向を長手とする長方形形状となっている。また、可動体 3 2 は、Z 軸方向からの平面視で、揺動軸 J を間に挟んで配置された第 1 可動部 3 2 1 および第 2 可動部 3 2 2 を有する。第 1 可動部 3 2 1 は、揺動軸 J に対して X 軸方向プラス側に位置し、第 2 可動部 3 2 2 は、揺動軸 J に対して X 軸方向マイナス側に位置する。また、第 1 可動部 3 2 1 は、第 2 可動部 3 2 2 よりも X 軸方向に長く、加速度 A z が加わったときの揺動軸 J まわりの回転モーメントが第 2 可動部 3 2 2 よりも大きい。この回転モーメントの差によって、加速度 A z が加わった際に可動体 3 2 が揺動軸 J まわりにシーソー揺動する。なお、シーソー揺動とは、第 1 可動部 3 2 1 が Z 軸方向プラス側に変位すると、第 2 可動部 3 2 2 が Z 軸方向マイナス側に変位し、反対に、第 1 可動部 3 2 1 が Z 軸方向マイナス側に変位すると、第 2 可動部 3 2 2 が Z 軸方向プラス側に変位することを意味する。

30

【 0 0 2 1 】

また、可動体 3 2 は、厚さ方向に貫通する複数の貫通孔 3 2 5 を有する。また、可動体 3 2 は、第 1 可動部 3 2 1 と第 2 可動部 3 2 2 との間に位置する開口 3 2 4 を有する。そして、開口 3 2 4 内に固定部 3 1 および梁 3 3 が配置されている。このように、可動体 3 2 の内側に固定部 3 1 および梁 3 3 を配置することにより、センサー素子 3 の小型化を図ることができる。ただし、貫通孔 3 2 5 は、省略してもよい。また、固定部 3 1 や梁 3 3 の配置は、特に限定されず、例えば、後述する別の実施形態のように、可動体 3 2 の外側に位置していてもよい。

40

【 0 0 2 2 】

基板 2 の底面 2 1 1 に配置された電極 8 の説明に戻ると、図 1 および図 2 に示すように、第 1 固定検出電極 8 1 は、第 1 可動部 3 2 1 の基端部と対向して配置され、第 2 固定検出電極 8 2 は、第 2 可動部 3 2 2 と対向して配置され、ダミー電極 8 3 は、第 1 可動部 3 2 1 の先端部と対向して配置されている。言い換えると、Z 軸方向からの平面視で、第 1

50

固定検出電極 8 1 は、第 1 可動部 3 2 1 の基端部と重なって配置され、第 2 固定検出電極 8 2 は、第 2 可動部 3 2 2 と重なって配置され、ダミー電極 8 3 は、第 1 可動部 3 2 1 の先端部と重なって配置されている。

【 0 0 2 3 】

慣性センサー 1 の駆動時には、配線 7 5 を介してセンサー素子 3 に駆動電圧が印加され、第 1 固定検出電極 8 1 と QV アンプとが配線 7 6 により接続され、第 2 固定検出電極 8 2 と別の QV アンプとが配線 7 7 により接続される。これにより、第 1 可動部 3 2 1 と第 1 固定検出電極 8 1 との間に静電容量 C a が形成され、第 2 可動部 3 2 2 と第 2 固定検出電極 8 2 との間に静電容量 C b が形成される。

【 0 0 2 4 】

慣性センサー 1 に加速度 A z が加わると、可動体 3 2 が揺動軸 J を中心にしてシーソー揺動する。この可動体 3 2 のシーソー揺動により、第 1 可動部 3 2 1 と第 1 固定検出電極 8 1 とのギャップと、第 2 可動部 3 2 2 と第 2 固定検出電極 8 2 とのギャップと、が逆相で変化し、これに応じて静電容量 C a、C b が互いに逆相で変化する。そのため、慣性センサー 1 は、静電容量 C a、C b の差分（変化量）に基づいて加速度 A z を検出することができる。

10

【 0 0 2 5 】

ストッパー 4 は、上述のような可動体 3 2 の揺動軸 J まわりのシーソー揺動以外の不要な変位、特に、X 軸方向への変位、Y 軸方向への変位、固定部 3 1 を中心とした Z 軸まわりの回転変位等の X - Y 面内方向への変位を抑制する機能を有する。このようなストッパー 4 を設けることにより、可動体 3 2 の不要な方向への過度な変位を効果的に抑制することができ、センサー素子 3 の破損を効果的に抑制することができる。このようなストッパー 4 は、例えば、リン（P）、ボロン（B）、砒素（As）等の不純物がドープされた導電性のシリコン基板をエッチング、深溝エッチング技術であるポッシュ・プロセスによってパターニングすることにより形成される。特に、本実施形態では、同一のシリコン基板からセンサー素子 3 とストッパー 4 とが一括形成されている。これにより、ストッパー 4 の形成が容易となる。

20

【 0 0 2 6 】

また、前述したように、ストッパー 4 は、センサー素子 3 と同様に、配線 7 5 と電気的に接続されている。そのため、ストッパー 4 とセンサー素子 3 とが同電位となり、これらの間に寄生容量や静電引力が生じるおそれがあるが実質的でない。そのため、ストッパーに起因した加速度 A z の検出特性の低下を効果的に抑制することができる。ただし、これに限定されず、ストッパー 4 は、センサー素子 3 と同電位でなくてもよい。例えば、ストッパー 4 は、グランド電位となってもよいし、電気的に浮いていてもよい。

30

【 0 0 2 7 】

また、図 1 に示すように、ストッパー 4 は、Z 軸方向からの平面視で、センサー素子 3 の周囲を囲む枠状の支持部 4 1 と、支持部 4 1 の内側に位置し、支持部 4 1 に支持されたストッパー本体 4 2 と、を有する。このようなストッパー 4 は、Z 軸方向からの平面視で、凹部 2 1 よりも小さく形成されており、凹部 2 1 の内側に内包されている。

【 0 0 2 8 】

また、ストッパー本体 4 2 は、可動体 3 2 の第 1 可動部 3 2 1 の先端部に位置する一方の角部 3 2 3 と対向して配置されている。また、可動体 3 2 とストッパー本体 4 2 との間には、可動体 3 2 の揺動軸 J まわりのシーソー揺動を許容できる程のギャップ G が形成されている。角部 3 2 3 は、可動体 3 2 の内で固定部 3 1 から最も遠位に位置し、前述した Z 軸まわりの回転変位が生じた際に最も変位量が大きい。そのため、角部 3 2 3 と対向してストッパー本体 4 2 を形成することにより、ストッパー本体 4 2 に可動体 3 2 が接触し易くなり、ストッパーとしての効果をより確実に発揮することができる。また、ギャップ G を比較的大きく形成することもできるため、ストッパー 4 の形成やギャップ管理が容易となる。なお、ギャップ G の大きさとしては、特に限定されず、センサー素子 3 のサイズ等によっても異なるが、例えば、1 ~ 5 μm 程度とすることができます。

40

50

【 0 0 2 9 】

また、ストッパー本体42は、角部323とX軸方向に対向するX変位規制部421と、角部323とY軸方向に対向するY変位規制部422と、を有する。例えば、可動体32がX軸方向に変位すると、角部323がX変位規制部421と接触して、可動体32のそれ以上の変位が規制され、可動体32がY軸方向に変位すると、角部323がY変位規制部422と接触して、可動体32のそれ以上の変位が規制される。また、可動体32がZ軸まわりに回転変位しても、角部323がX変位規制部421またはY変位規制部422と接触して、可動体32のそれ以上の変位が規制される。なお、X変位規制部421と可動体32とのギャップGと、Y変位規制部422と可動体32とのギャップとは、等しくてもよいし、異なっていてもよい。なお、X変位規制部421とY変位規制部422とは図1に示すように互いに接続される必要は無く、それぞれ別に設けられた突起であってもよい。

10

【 0 0 3 0 】

このような構成のストッパー4は、図1および図3に示すように、支持部41において、第2マウント23の上面に接合されている。以下、ストッパー4と第2マウント23との接合領域であるストッパー接合領域40について詳細に説明する。なお、ストッパー4は、ストッパー接合領域40以外の部分では、基板2から離間して遊離した状態となっている。

20

【 0 0 3 1 】

ストッパー接合領域40は、可動体32のY軸方向両側に1つずつ設けられている。つまり、可動体32のY軸方向プラス側に1つのストッパー接合領域40が位置し、可動体32のY軸方向マイナス側に1つのストッパー接合領域40が位置している。このように、2つのストッパー接合領域40を設けることによって、ストッパー4を安定した姿勢で支持することができる。ただし、ストッパー接合領域の数は、特に限定されず、後述する実施形態のように1つであってもよいし、3つ以上であってもよい。

20

【 0 0 3 2 】

また、図4に示すように、Z軸方向からの平面視で、可動体32をY軸方向に延長した領域を第1領域Q1とすると、各ストッパー接合領域40は、第1領域Q1内に位置している。そして、ストッパー4のストッパー接合領域40以外の部分、特に、第1領域Q1外の部分は、基板2から離間している。つまり、図2に示すように、ストッパー4の下面と凹部21の底面との間にギャップG1が形成されている。なお、第1領域Q1は、言い換えると、可動体32のX軸方向プラス側の端を通りY軸に平行な第1仮想線L1と、可動体32のX軸方向マイナス側の端を通りY軸に平行な第2仮想線L2との間の領域とも言える。そして、第1領域Q1外に位置する部分とは、第1仮想線L1よりX軸方向プラス側および第2仮想線L2よりX軸方向マイナス側の部分である。

30

【 0 0 3 3 】

ストッパー接合領域40をこのような配置とすることにより、例えば、基板2と蓋5との熱膨張係数差に起因して基板2に反りが生じても、可動体32とストッパー本体42との位置ずれが生じ難くなる。そのため、基板2の反り状態によらず、ストッパー4としての機能をより確実に発揮することができる。

40

【 0 0 3 4 】

以下、具体的に説明すると、例えば、図5に示すように、ストッパー4が第1領域Q1外において基板2に固定されている場合、基板2が反ると、それに伴ってストッパー本体42が変位し、可動体32とストッパー本体42との位置関係が大きくずれてしまう。ストッパー本体42が可動体32に接近してしまうと、ストッパー本体42が可動体32の揺動軸Jまわりのシーソー揺動を阻害するおそれがあり、反対に、ストッパー本体42が可動体32から離間してしまうと、可動体32がX-Y面内に不要な変位をした際にストッパー本体42に接触することができないおそれがある。つまり、ストッパー4としての機能を発揮することができなくなる。これに対して、図6に示すように、ストッパー4が第1領域Q1内において基板2に固定されている場合、基板2の反りに伴うストッパー本

50

体 4 2 の変位が図 5 よりも抑制され、その分、可動体 3 2 とストッパー本体 4 2 との位置ずれを抑制することができる。そのため、本実施形態の慣性センサー 1 によれば、基板 2 の反りに関係なく、ストッパー 4 としての機能をより確実に発揮することができる。

【 0 0 3 5 】

また、図 4 に示すように、各ストッパー接合領域 4 0 は、Z 軸方向からの平面視で、揺動軸 J と重なって配置されている。これにより、ストッパー接合領域 4 0 を、固定部 3 1 により接近させることができる。このように、センサー素子 3 と基板 2 との接合領域である固定部接合領域 3 1 0 と、ストッパー接合領域 4 0 とを近接させることにより、基板 2 の反りに伴う固定部接合領域 3 1 0 とストッパー接合領域 4 0 との位置ずれがより小さくなる。そのため、センサー素子 3 に対するストッパー 4 の位置ずれがより効果的に抑制され、基板 2 の反りに関係なく、ストッパー 4 としての機能をより確実に発揮することができる。

10

【 0 0 3 6 】

さらに、図 4 に示すように、固定部 3 1 を Y 軸方向に延長した領域を第 2 領域 Q 2 とすると、各ストッパー接合領域 4 0 は、第 2 領域 Q 2 内に位置している。そして、ストッパー 4 のストッパー接合領域 4 0 以外の部分は、その全域、特に第 2 領域 Q 2 外に位置する部分が基板 2 から離間している。なお、第 2 領域 Q 2 は、言い換えると、固定部 3 1 の X 軸方向プラス側の端を通り Y 軸に平行な第 3 仮想線 L 3 と、固定部 3 1 の X 軸方向マイナス側の端を通り Y 軸に平行な第 4 仮想線 L 4 との間の領域とも言える。そして、第 2 領域 Q 2 外に位置する部分とは、第 3 仮想線 L 3 より X 軸方向プラス側および第 4 仮想線 L 4 より X 軸方向マイナス側の部分である。このような構成によれば、ストッパー接合領域 4 0 を固定部接合領域 3 1 0 により近接させることができると共に、ストッパー接合領域 4 0 の面積がより小さくなる。そのため、基板 2 の反りに伴う、ストッパー本体 4 2 と可動体 3 2 との位置ずれがより効果的に抑制され、基板 2 の反りに関係なく、ストッパー 4 としての機能をより確実に発揮することができる。

20

【 0 0 3 7 】

さらに、図 4 に示すように、梁 3 3 を Y 軸方向に延長した領域を第 3 領域 Q 3 とすると、各ストッパー接合領域 4 0 は、第 3 領域 Q 3 内に位置している。そして、ストッパー 4 のストッパー接合領域 4 0 以外の部分は、その全域、特に第 3 領域 Q 3 側に位置する部分が基板 2 から離間している。なお、第 3 領域 Q 3 は、言い換えると、梁 3 3 の X 軸方向プラス側の端を通り Y 軸に平行な第 5 仮想線 L 5 と、梁 3 3 の X 軸方向マイナス側の端を通り Y 軸に平行な第 6 仮想線 L 6 との間の領域とも言える。そして、第 3 領域 Q 3 外に位置する部分とは、第 5 仮想線 L 5 より X 軸方向プラス側および第 6 仮想線 L 6 より X 軸方向マイナス側の部分である。このような構成によれば、ストッパー接合領域 4 0 を固定部接合領域 3 1 0 にさらに近接させることができると共に、ストッパー接合領域 4 0 の面積をさらに小さくなる。そのため、基板 2 の反りに伴う、ストッパー本体 4 2 と可動体 3 2 との位置ずれがさらに効果的に抑制され、基板 2 の反りに関係なく、ストッパー 4 としての機能をさらに確実に発揮することができる。

30

【 0 0 3 8 】

以上、慣性センサー 1 について説明した。慣性センサー 1 は、前述したように、互いに直交する 3 軸を X 軸、Y 軸および Z 軸としたとき、基板 2 と、Y 軸に沿う揺動軸 J まわりに揺動する可動体 3 2 と、可動体 3 2 を支持し、基板 2 に固定されている固定部 3 1 と、基板 2 に固定され、可動体 3 2 と接触することにより、可動体 3 2 の Z 軸まわりの回転変位を規制するストッパー 4 と、を有する。そして、ストッパー 4 と基板 2 とが接合されているストッパー接合領域 4 0 は、Z 軸に沿う方向からの平面視で、可動体 3 2 を Y 軸に沿う方向に延長した第 1 領域 Q 1 内に位置し、ストッパー 4 の第 1 領域 Q 1 外に位置する部分は、基板 2 から離間している。ストッパー 4 を、このような構成とすることにより、基板 2 の反りに伴うストッパー 4 の変位が抑制され、その分、可動体 3 2 とストッパー 4 との位置ずれを抑制することができる。そのため、ストッパー 4 は、基板 2 の反りに影響されることなく、その機能をより確実に発揮することができる。

40

50

【 0 0 3 9 】

また、前述したように、ストッパー接合領域 4 0 は、Z 軸に沿う方向からの平面視で、固定部 3 1 を Y 軸に沿う方向に延長した第 2 領域 Q 2 内に位置し、ストッパー 4 の第 2 領域 Q 2 外に位置する部分は、基板 2 から離間している。ストッパー 4 を、このような構成とすることにより、基板 2 の反りに伴うストッパー 4 の変位がより効果的に抑制され、その分、可動体 3 2 とストッパー 4との位置ずれをより効果的に抑制することができる。

【 0 0 4 0 】

また、前述したように、ストッパー接合領域 4 0 は、Z 軸に沿う方向からの平面視で、
10 摆動軸 J と重なっている。そのため、ストッパー接合領域 4 0 を固定部 3 1 により接近させることができ、基板 2 の反りに伴う固定部接合領域 3 1 0 とストッパー接合領域 4 0 との位置ずれがより小さくなる。そのため、センサー素子 3 に対するストッパー 4 の位置ずれがより効果的に抑制され、基板 2 の反りに関係なく、ストッパー 4 としての機能をより確実に発揮することができる。

【 0 0 4 1 】

また、前述したように、可動体 3 2 と固定部 3 1 とを接続する梁 3 3 を有し、ストッパー接合領域 4 0 は、Z 軸に沿う方向からの平面視で、梁 3 3 を Y 軸に沿う方向に延長した第 3 領域 Q 3 内に位置し、ストッパー 4 の第 3 領域 Q 3 外に位置する部分は、基板 2 から離間している。ストッパー 4 を、このような構成とすることにより、基板 2 の反りに伴うストッパー 4 の変位がさらに効果的に抑制され、その分、可動体 3 2 とストッパー 4 との位置ずれをさらに効果的に抑制することができる。
20

【 0 0 4 2 】

また、前述したように、ストッパー 4 は、固定部 3 1 と別体であり、ストッパー接合領域 4 0 は、固定部 3 1 と基板 2 とが接合されている固定部接合領域 3 1 0 と異なる位置にある。このような構成によれば、センサー素子 3 およびストッパー 4 の設計自由度が高まる。

【 0 0 4 3 】

また、前述したように、固定部 3 1 は、平面視で、可動体 3 2 の内側に位置している。そのため、センサー素子 3 の小型化を図ることができる。

【 0 0 4 4 】

また、前述したように、可動体 3 2 は、揆動軸 J を挟んで配置されている第 1 可動部 3 2 1 および揆動軸 J まわりの回転モーメントが第 1 可動部 3 2 1 と異なる第 2 可動部 3 2 2 を備える。また、慣性センサー 1 は、基板 2 に配置され、第 1 可動部 3 2 1 と対向している第 1 固定検出電極 8 1 と、基板 2 に配置され、第 2 可動部 3 2 2 と対向している第 2 固定検出電極 8 2 と、を有する。このような構成によれば、Z 軸方向の加速度 A z を検出可能な慣性センサー 1 となる。具体的には、Z 軸方向の加速度 A z が加わると、可動体 3 2 が揆動軸まわりに揆動し、それに伴って、第 1 可動部 3 2 1 と第 1 固定検出電極 8 1 との間の静電容量 C a および第 2 可動部 3 2 2 と第 2 固定検出電極 8 2 との間の静電容量 C b が変化するため、これら静電容量 C a 、 C b の変化に基づいて加速度 A z を検出することができる。
30

【 0 0 4 5 】

なお、本実施形態では、ストッパー接合領域 4 0 の全域が第 3 領域 Q 3 内に位置している構成について説明したが、これに限定されない。例えば、図 7 に示すように、第 3 領域 Q 3 をはみ出して第 2 領域 Q 2 内に位置していてもよいし、図 8 に示すように、第 2 領域 Q 2 内でかつ第 3 領域 Q 3 外に位置していてもよいし、図 9 に示すように、第 1 領域 Q 1 内でかつ第 2 領域 Q 2 外に位置していてもよい。このような構成によっても、本実施形態と同様の効果を発揮することができる。
40

【 0 0 4 6 】

また、本実施形態では、ストッパー 4 の支持部 4 1 がセンサー素子 3 を囲む枠状となっているが、これに限定されない。例えば、図 10 に示すように、支持部 4 1 は、第 1 可動部 3 2 1 だけを囲むように配置された U 字状、具体的には、第 1 可動部 3 2 1 の X 軸方向

プラス側に位置し Y 軸方向に延在する部分 411 と、部分 411 の一端部から X 軸方向マイナス側に延出する部分 412 と、部分 411 の他端部から X 軸方向マイナス側に延出する部分 413 と、を有する形状をなし、その両端部にストッパー接合領域 40 が位置する構成であってもよい。このような構成によれば、本実施形態と比べて、ストッパー 4 の小型化を図ることができる。また、例えば、図 11 に示すように、第 1 可動部 321 の半分だけを囲むように配置された L 字状、具体的には、第 1 可動部 321 の X 軸方向プラス側に位置し Y 軸方向に延在する部分 411 と、部分 411 の一端部から X 軸方向マイナス側に延出する部分 412 と、を有する形状をなし、その一端部にストッパー接合領域 40 が位置する構成であってもよい。このような構成によれば、本実施形態と比べて、ストッパー 4 の小型化を図ることができる。また、ストッパー接合領域 40 が 1 つであるため、ストッパー 4 は、基板 2 の反りの影響をより受け難くなる。

【0047】

また、固定部 31 としては、特に限定されず、例えば、図 12 に示すように、振動軸 J に対して一方側に位置する第 1 固定部 311 と、他方側に位置する第 2 固定部 312 と、を有し、第 1、第 2 固定部 311、312 のそれぞれで第 1 マウント 22 に接合された構成であってもよい。このような形状とすることにより、固定部接合領域 310 の面積をより大きくすることができ、センサー素子 3 と基板 2 との接合強度が増す。

【0048】

< 第 2 実施形態 >

図 13 は、第 2 実施形態に係る慣性センサーを示す平面図である。図 14 は、図 13 中の C-C 線断面図である。

【0049】

本実施形態は、センサー素子 3 の構成が異なること以外は、前述した第 1 実施形態と同様である。なお、以下の説明では、本実施形態に関し、前述した実施形態との相違点を中心にして説明し、同様の事項に関してはその説明を省略する。また、図 13 において、前述した実施形態と同様の構成については、同一符号を付している。

【0050】

図 13 および図 14 に示すように、本実施形態の慣性センサー 1 では、センサー素子 3 とストッパー 4 とが一体形成されている。また、固定部 31 は、可動体 32 の外側に位置し、可動体 32 を間に挟んで一対設けられている。また、各固定部 31 は、ストッパー 4 の支持部 41 と共に通化されている。言い換えると、支持部 41 の一部から固定部 31 が構成されている。また、各固定部 31 と基板 2 との接合領域である固定部接合領域 310 は、ストッパー 4 と基板 2 との接合領域であるストッパー接合領域 40 を兼ねている。つまり、固定部接合領域 310 とストッパー接合領域 40 とが同じ場所にある。そのため、ストッパー接合領域 40 を固定部接合領域 310 により近接させることができ、ストッパー本体 42 と可動体 32 との位置ずれがより効果的に抑制される。したがって、基板 2 の反りに関係なく、ストッパー 4 としての機能をより確実に発揮することができる。また、慣性センサー 1 の小型化を図ることもできる。

【0051】

このように、本実施形態の慣性センサー 1 では、ストッパー 4 は、固定部 31 と一緒にあり、固定部 31 と基板 2 とが接合されている固定部接合領域 310 は、ストッパー接合領域 40 を兼ねている。そのため、ストッパー接合領域 40 を固定部接合領域 310 により近接させることができ、ストッパー本体 42 と可動体 32 との位置ずれがより効果的に抑制される。したがって、基板 2 の反りに関係なく、ストッパー 4 としての機能をより確実に発揮することができる。また、慣性センサー 1 の小型化を図ることもできる。

【0052】

また、前述したように、固定部 31 は、平面視で、可動体 32 の外側に位置している。これにより、固定部 31 とストッパー 4 とを一体化し易くなる。

【0053】

以上のような第 2 実施形態によっても、前述した第 1 実施形態と同様の構成を発揮する

ことができる。

【 0 0 5 4 】

< 第 3 実施形態 >

図 15 は、本発明の第 3 実施形態に係る電子機器としてのスマートフォンを示す平面図である。

【 0 0 5 5 】

図 15 に示すスマートフォン 1200 は、本発明の電子機器を適用したものである。スマートフォン 1200 には、慣性センサー 1 と、慣性センサー 1 から出力された検出信号に基づいて制御を行う制御回路 1210 と、が内蔵されている。慣性センサー 1 によって検出された検出データは、制御回路 1210 に送信され、制御回路 1210 は、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。10

【 0 0 5 6 】

このような電子機器としてのスマートフォン 1200 は、慣性センサー 1 と、慣性センサー 1 から出力された検出信号に基づいて制御を行う制御回路 1210 と、を有する。そのため、前述した慣性センサー 1 の効果を享受でき、高い信頼性を發揮することができる。

【 0 0 5 7 】

なお、本発明の電子機器は、前述したスマートフォン 1200 の他にも、例えば、パソコン用コンピューター、デジタルスチールカメラ、タブレット端末、時計、スマートウォッチ、インクジェットプリンタ、ラップトップ型パソコン用コンピューター、テレビ、HMD (ヘッドマウントディスプレイ) 等のウェアラブル端末、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、ペーパーレス、電子手帳、電子辞書、電卓、電子ゲーム機器、ワードプロセッサー、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、魚群探知機、各種測定機器、移動体端末基地局用機器、車両、航空機、船舶等の各種計器類、ライトシミュレーター、ネットワークサーバー等に適用することができる。20

【 0 0 5 8 】

< 第 4 実施形態 >

図 16 は、本発明の第 4 実施形態に係る電子機器としての慣性計測装置を示す分解斜視図である。図 17 は、図 16 に示す慣性計測装置が有する基板の斜視図である。30

【 0 0 5 9 】

図 16 に示す電子機器としての慣性計測装置 2000 (IMU : Inertial Measurement Unit) は、自動車や、ロボットなどの被装着装置の姿勢や、挙動を検出する慣性計測装置である。慣性計測装置 2000 は、3 軸加速度センサーおよび 3 軸角速度センサーを備えた 6 軸モーションセンサーとして機能する。

【 0 0 6 0 】

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。40

【 0 0 6 1 】

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。アウターケース 2100 の外形は、前述した慣性計測装置 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

10

20

30

40

50

にセンサーモジュール 2300 が収納されている。

【0062】

センサーモジュール 2300 は、インナーケース 2310 と、基板 2320 と、を有する。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ー 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 によってアウターケース 2100 に接合されている。また、インナーケース 2310 の下面是接着剤によって基板 2320 が接合されている。

【0063】

図 17 に示すように、基板 2320 の上面には、コネクター 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。そして、加速度センサー 2350 として、本発明の慣性センサーを用いることができる。

10

【0064】

また、基板 2320 の下面には、制御 I C 2360 が実装されている。制御 I C 2360 は、MCU (Micro Controller Unit) であり、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、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。

20

【0065】

<第 5 実施形態>

図 18 は、本発明の第 5 実施形態に係る電子機器としての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 19 は、図 18 に示す移動体測位装置の作用を示す図である。

【0066】

図 18 に示す移動体測位装置 3000 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。なお、移動体としては、特に限定されず、自転車、自動車、自動二輪車、電車、飛行機、船等のいずれでもよいが、本実施形態では移動体として四輪自動車を用いた場合について説明する。

30

【0067】

移動体測位装置 3000 は、慣性計測装置 3100 (IMU) と、演算処理部 3200 と、GPS 受信部 3300 と、受信アンテナ 3400 と、位置情報取得部 3500 と、位置合成部 3600 と、処理部 3700 と、通信部 3800 と、表示部 3900 と、を有する。なお、慣性計測装置 3100 としては、例えば、前述した慣性計測装置 2000 を用いることができる。

【0068】

慣性計測装置 3100 は、3 軸の加速度センサー 3110 と、3 軸の角速度センサー 3120 と、を有する。演算処理部 3200 は、加速度センサー 3110 からの加速度データおよび角速度センサー 3120 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、移動体の加速度および姿勢を含む慣性航法測位データを出力する。

40

【0069】

また、GPS 受信部 3300 は、受信アンテナ 3400 で GPS 衛星からの信号を受信する。また、位置情報取得部 3500 は、GPS 受信部 3300 が受信した信号に基づいて、移動体測位装置 3000 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。

50

【0070】

位置合成部3600は、演算処理部3200から出力された慣性航法測位データおよび位置情報取得部3500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19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することになる。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3600は、慣性航法測位データを用いて、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。

【0071】

位置合成部3600から出力された位置データは、処理部3700によって所定の処理が行われ、測位結果として表示部3900に表示される。また、位置データは、通信部3800によって外部装置に送信されるようになっていてもよい。

10

【0072】

<第6実施形態>

図20は、本発明の第6実施形態に係る移動体を示す斜視図である。

【0073】

図20に示す自動車1500は、本発明の移動体を適用した自動車である。この図において、自動車1500は、エンジンシステム、ブレーキシステムおよびキーレスエントリーシステムの少なくとも何れかのシステム1510を含んでいる。また、自動車1500には、慣性センサー1が内蔵されており、慣性センサー1によって車体の姿勢を検出することができる。慣性センサー1の検出信号は、制御回路1502に供給され、制御回路1502は、その信号に基づいてシステム1510を制御することができる。

20

【0074】

このように、移動体としての自動車1500は、慣性センサー1と、慣性センサー1から出力された検出信号に基づいて制御を行う制御回路1502と、を有する。そのため、前述した慣性センサー1の効果を享受でき、高い信頼性を発揮することができる。

【0075】

なお、慣性センサー1は、他にも、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等の電子制御ユニット(ECU:electronic control unit)に広く適用できる。また、移動体としては、自動車1500に限らず、例えば、飛行機、ロケット、人工衛星、船舶、AGV(無人搬送車)、二足歩行ロボット、ドローン等の無人飛行機等にも適用することができる。

30

【0076】

以上、本発明の慣性センサー、電子機器および移動体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もよい。また、前述した実施形態を適宜組み合わせてもよい。

40

【符号の説明】**【0077】**

1...慣性センサー、2...基板、21...凹部、211...底面、22...第1マウント、23...第2マウント、25...溝、26...溝、27...溝、3...センサー素子、31...固定部、310...固定部接合領域、311...第1固定部、312...第2固定部、32...可動体、321...第1可動部、322...第2可動部、323...角部、324...開口、325...貫通孔、33...梁、4...ストッパー、40...ストッパー接合領域、41...支持部、411、412、413...部分、42...ストッパー本体、421...X変位規制部、422...Y変位規制部、5...蓋、51...凹部、59...ガラスフリット、75、76、77...配線、8...電極、81...第1固定検出電極、82...第2固定検出電極、83...ダミー電極、1200...スマ-

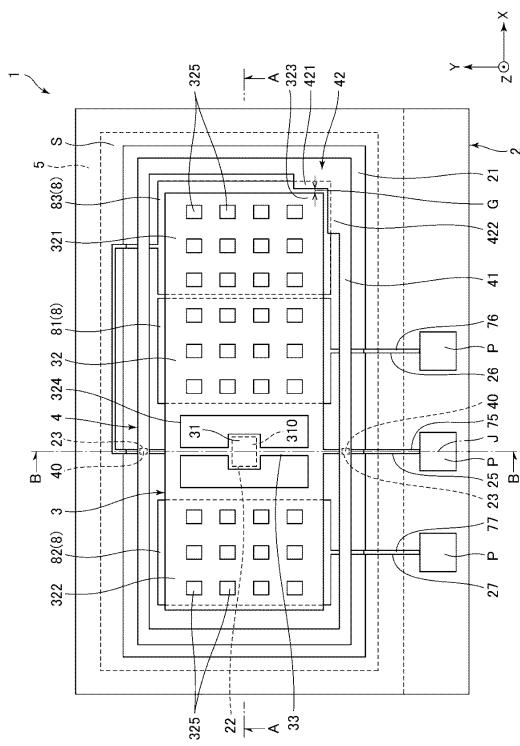
50

トフォン、1208...表示部、1210...制御回路、1500...自動車、1502...制御回路、1510...システム、2000...慣性計測装置、2100...アウターケース、2110...ネジ穴、2200...接合部材、2300...センサー モジュール、2310...インナーケース、2311...凹部、2312...開口、2320...基板、2330...コネクター、2340x、2340y、2340z...角速度センサー、2350...加速度センサー、2360...制御 I C、3000...移動体測位装置、3100...慣性計測装置、3110...加速度センサー、3120...角速度センサー、3200...演算処理部、3300...G P S 受信部、3400...受信アンテナ、3500...位置情報取得部、3600...位置合成部、3700...処理部、3800...通信部、3900...表示部、A z...加速度、G、G1...ギャップ、J...振動軸、L 1...第1仮想線、L 2...第2仮想線、L 3...第3仮想線、L 4...第4仮想線、L 5...第5仮想線、L 6...第6仮想線、P...電極パッド、Q 1...第1領域、Q 2...第2領域、Q 3...第3領域、S...収納空間、...傾斜

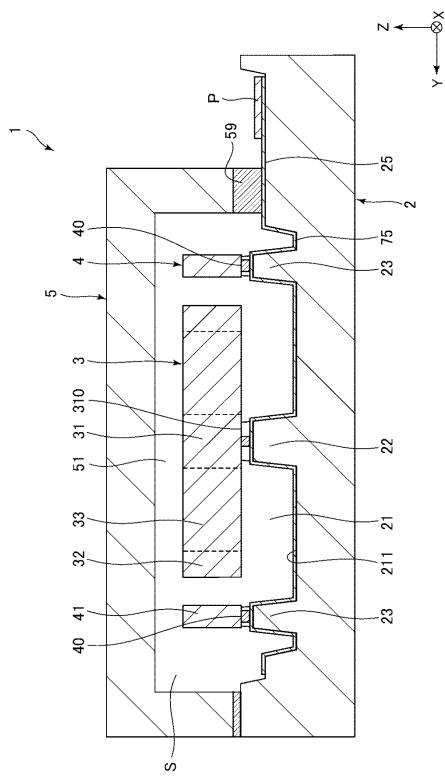
【図面】

【図1】

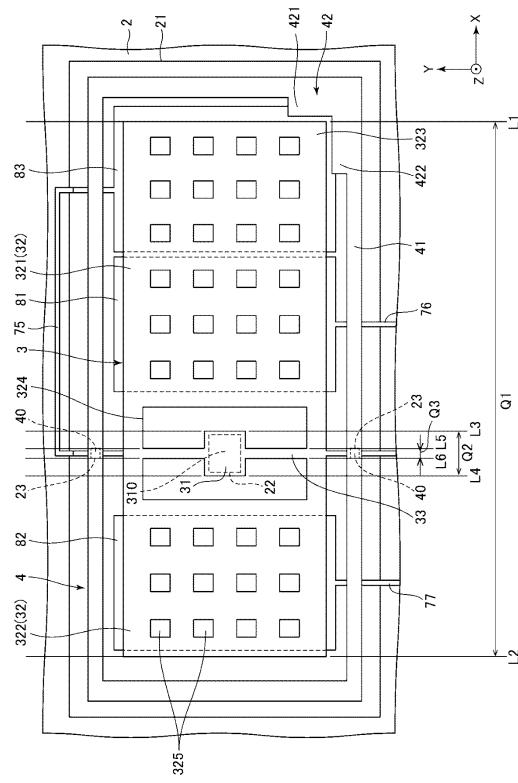
【図2】



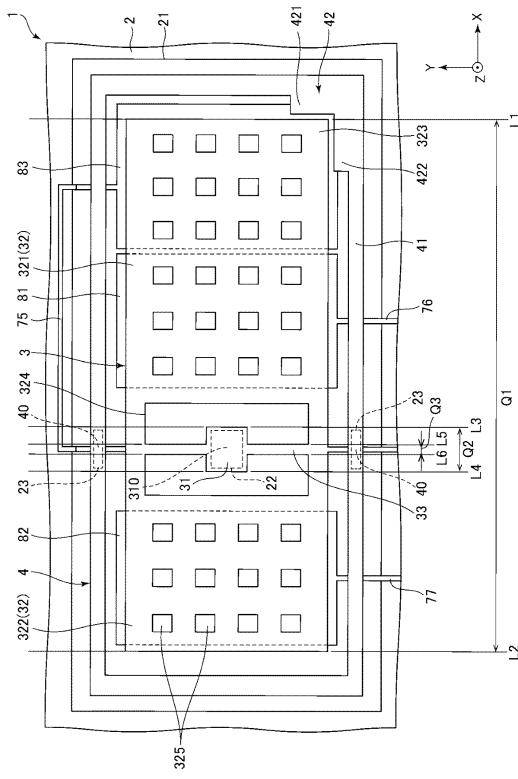
【図3】



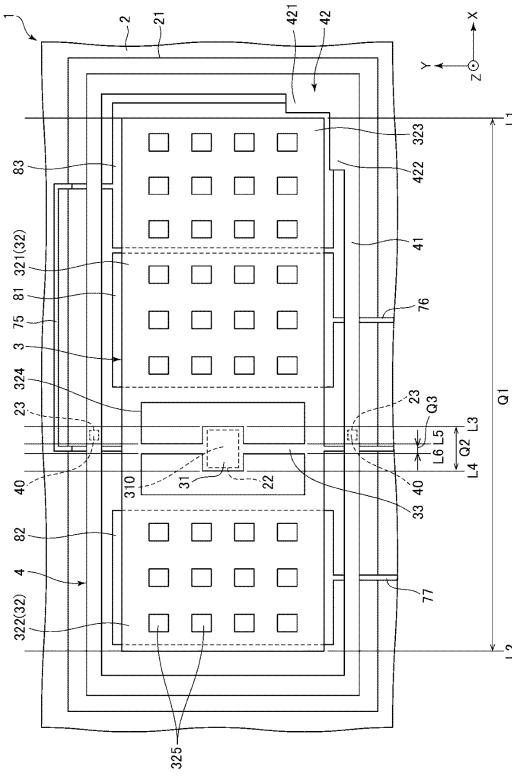
【図4】



【図 7】



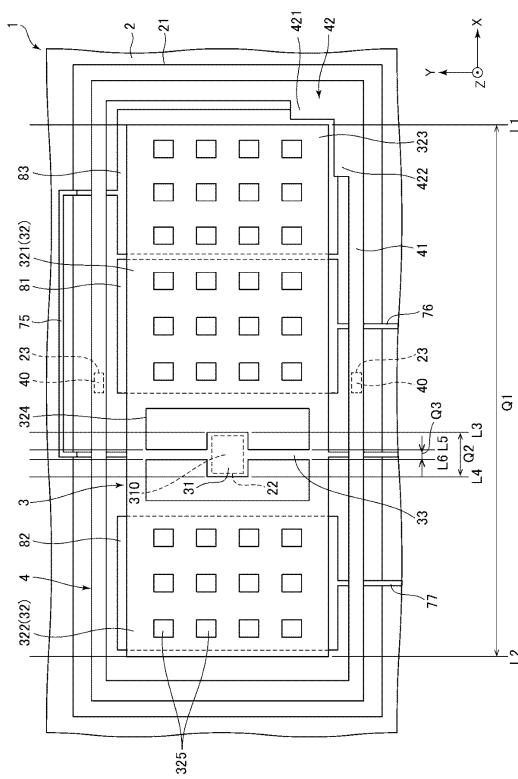
【図 8】



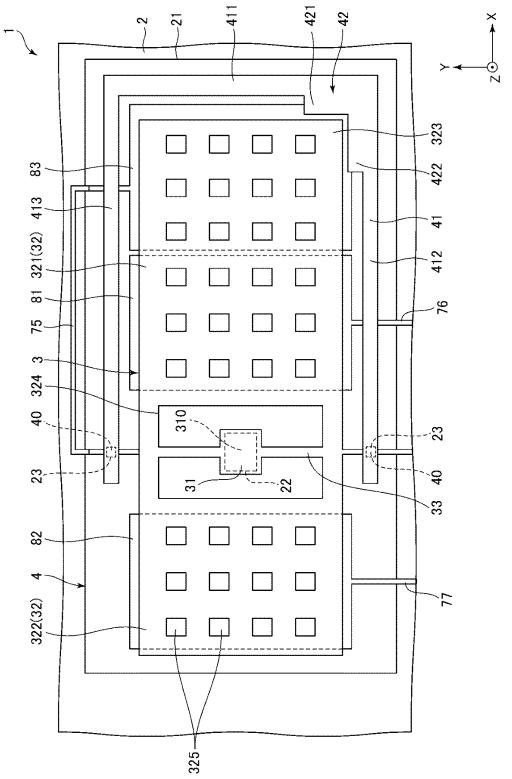
10

20

【図 9】



【図 10】

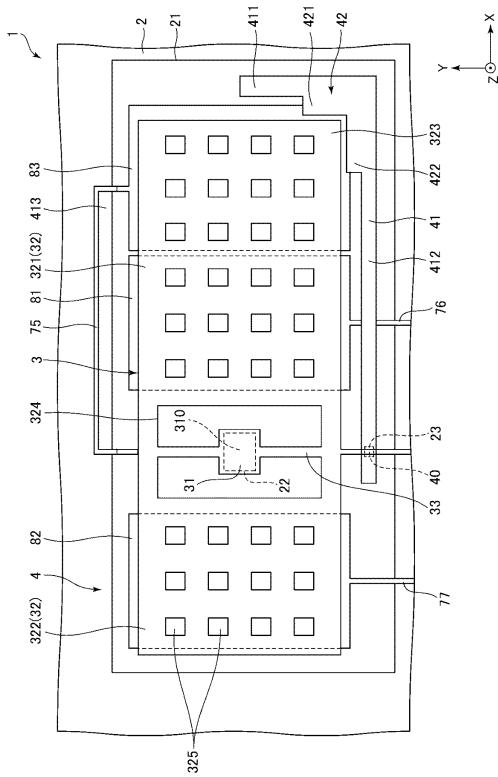


30

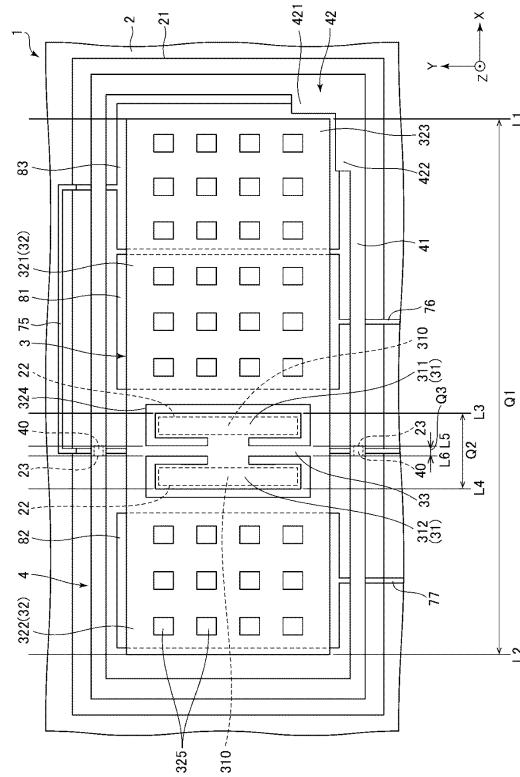
40

50

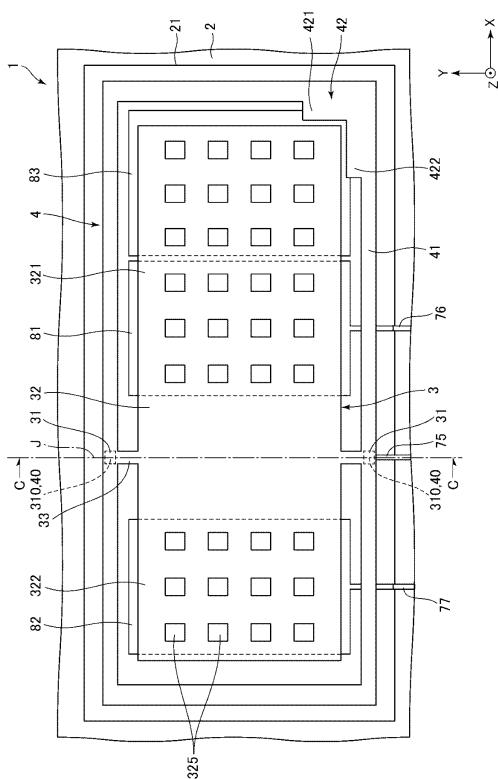
【図11】



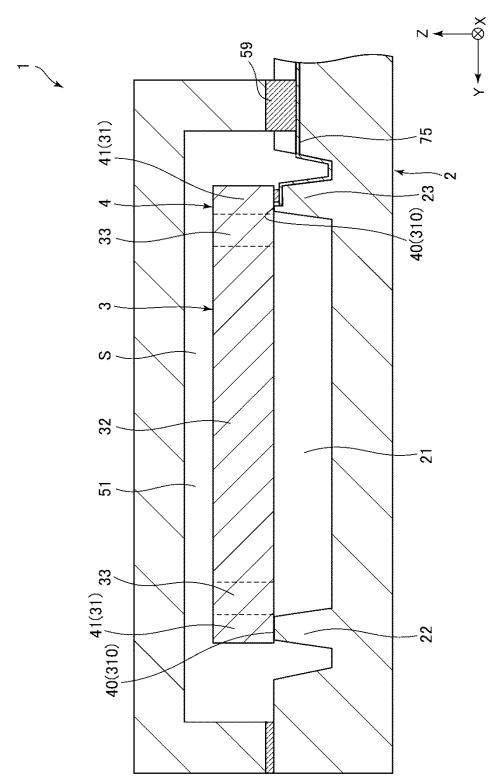
【図12】



【図13】



【図14】



10

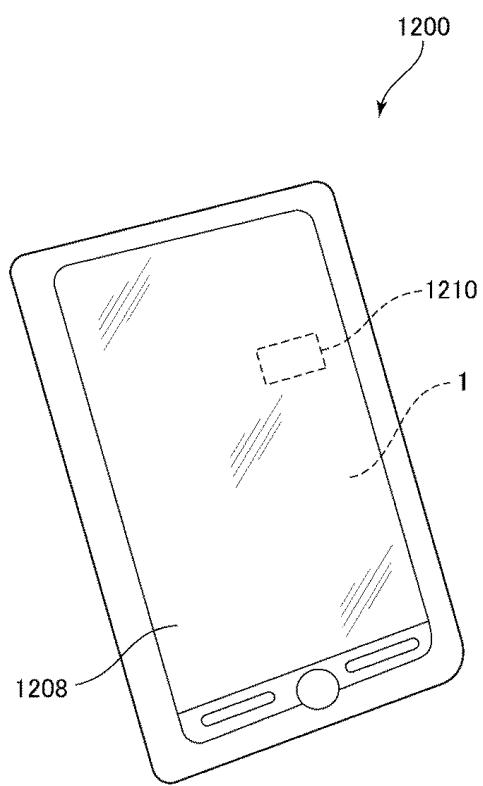
20

30

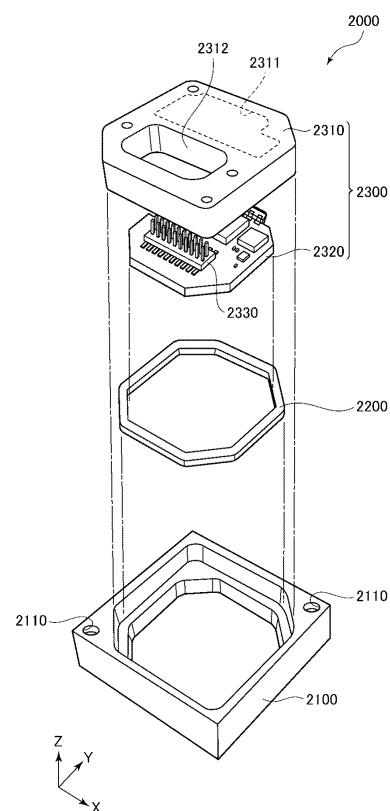
40

50

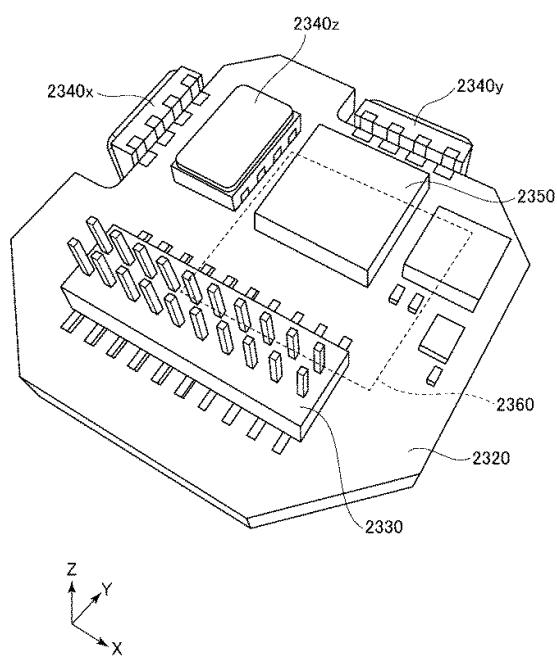
【図15】



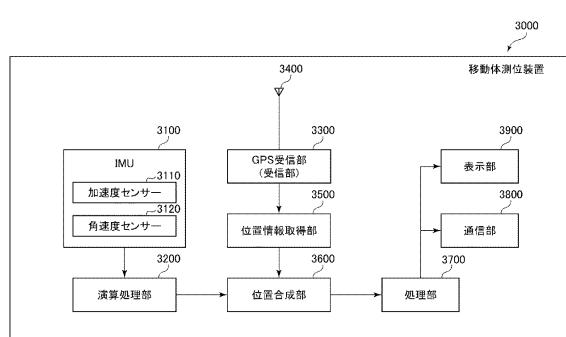
【図16】



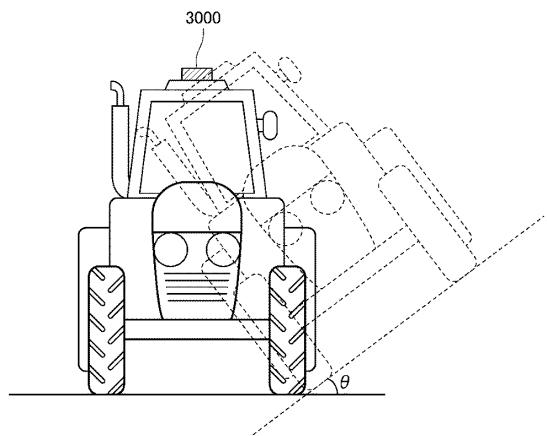
【図17】



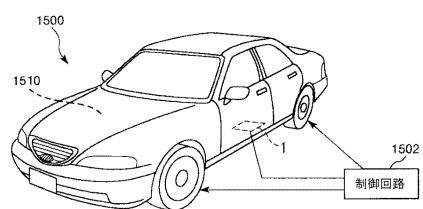
【図18】



【図19】



【図20】



10

20

30

40

50

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2018-146330(JP,A)
 特開2018-44871(JP,A)
 特開2017-120194(JP,A)
 米国特許出願公開第2016/0381798(US,A1)
 特開2015-17886(JP,A)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
 G01P15/00 - 15/18
 G01C19/00 - 19/72
 H01L29/84