

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7331488号
(P7331488)

(45)発行日 令和5年8月23日(2023.8.23)

(24)登録日 令和5年8月15日(2023.8.15)

(51)国際特許分類 F I
G 0 1 P 15/125 (2006.01) G 0 1 P 15/125 Z
G 0 1 P 15/08 (2006.01) G 0 1 P 15/08 1 0 1 A

請求項の数 8 (全24頁)

(21)出願番号	特願2019-116208(P2019-116208)	(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
(22)出願日	令和1年6月24日(2019.6.24)	(74)代理人	100179475 弁理士 仲井 智至
(65)公開番号	特開2021-1828(P2021-1828A)	(74)代理人	100216253 弁理士 松岡 宏紀
(43)公開日	令和3年1月7日(2021.1.7)	(74)代理人	100225901 弁理士 今村 真之
審査請求日	令和4年5月11日(2022.5.11)	(72)発明者	瀧澤 照夫 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、慣性センサーの製造方法、電子機器及び移動体

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

第1方向に延在する第1固定電極指及び第2固定電極指と、
前記第1固定電極指と前記第2固定電極指との間に位置し、前記第1方向と交差する第2方向に変位可能な可動電極指と、を備え、
前記可動電極指は、前記第1固定電極指と対向する第1部分と、前記第1部分と前記第2固定電極指との間に位置する第2部分と、を有し、
前記第1部分と前記第1固定電極指との間隔をD1、前記第2部分と前記第2固定電極指との間隔をD2、前記第1部分と前記第2部分との間隔をD3とした時、
D1 < D2、且つD3 < D2を満たし、
前記第1部分と前記第2部分とを接続する接続部を有し、
D1 = D3を満たし、
前記第2方向における前記第2部分の幅は、前記第1部分の幅より狭いこと、
を特徴とする慣性センサー。

【請求項2】

第1方向に延在する第1固定電極指及び第2固定電極指と、
前記第1固定電極指と前記第2固定電極指との間に位置し、前記第1方向と交差する第2方向に変位可能な可動電極指と、を備え、
前記可動電極指は、前記第1固定電極指と対向する第1部分と、前記第1部分と前記第2固定電極指との間に前記第1方向に沿って互いに分割されて位置する複数の第2部分と

、を有し、

前記第 1 部分と前記第 1 固定電極指との間隔を D_1 、前記複数の第 2 部分と前記第 2 固定電極指との間隔を D_2 、前記第 1 部分と前記複数の第 2 部分との間隔を D_3 とした時、
 $D_1 < D_2$ 、且つ $D_3 < D_2$ を満たすこと、
 を特徴とする慣性センサー。

【請求項 3】

前記第 1 部分と前記複数の第 2 部分とをそれぞれ接続する複数の接続部を有し、
 $D_1 = D_3$ を満たすこと、
 を特徴とする請求項 2 に記載の慣性センサー。

【請求項 4】

前記第 2 方向における前記複数の第 2 部分のそれぞれの幅は、前記第 1 部分の幅より狭いこと、
 を特徴とする請求項 2 又は 3 に記載の慣性センサー。

【請求項 5】

慣性センサーの製造方法であって、
 第 1 方向に延在する第 1 固定電極指及び第 2 固定電極指と、
 前記第 1 固定電極指と前記第 2 固定電極指との間に位置し、前記第 1 方向と交差する第 2 方向に変位可能な可動電極指とをエッチングにて加工する第 1 の工程、を備え、
 前記第 1 の工程は、前記可動電極指を前記第 1 固定電極指と対向する第 1 部分と、前記第 1 部分と前記第 2 固定電極指との間に位置する第 2 部分と、前記第 1 部分と前記第 2 部分とを接続する接続部とに加工する第 2 の工程を有し、

前記第 2 の工程では、前記第 1 部分と前記第 1 固定電極指との間隔を D_1 、前記第 2 部分と前記第 2 固定電極指との間隔を D_2 、前記第 1 部分と前記第 2 部分との間隔を D_3 とした時、

$D_1 < D_2$ 、 $D_3 < D_2$ 及び $D_1 = D_3$ を満たし、

前記第 2 方向における前記第 2 部分の幅は、前記第 1 部分の幅より狭いように加工する、
 ことを特徴とする慣性センサーの製造方法。

【請求項 6】

慣性センサーの製造方法であって、
 第 1 方向に延在する第 1 固定電極指及び第 2 固定電極指と、
 前記第 1 固定電極指と前記第 2 固定電極指との間に位置し、前記第 1 方向と交差する第 2 方向に変位可能な可動電極指とをエッチングにて加工する第 1 の工程、を備え、
 前記第 1 の工程は、前記可動電極指を前記第 1 固定電極指と対向する第 1 部分と、前記第 1 部分と前記第 2 固定電極指との間に前記第 1 方向に沿って互いに分割されて位置する複数の第 2 部分と、に加工する第 2 の工程を有し、

前記第 2 の工程では、前記第 1 部分と前記第 1 固定電極指との間隔を D_1 、前記複数の第 2 部分と前記第 2 固定電極指との間隔を D_2 、前記第 1 部分と前記複数の第 2 部分との間隔を D_3 とした時、

$D_1 < D_2$ 、且つ $D_3 < D_2$ に加工する、

ことを特徴とする慣性センサーの製造方法。

【請求項 7】

請求項 1 から請求項 6 のいずれか一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る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 8】

請求項 1 から請求項 6 のいずれか一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る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。

10

20

30

40

50

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、慣性センサー、慣性センサーの製造方法、電子機器及び移動体に関する。

【背景技術】

【0002】

従来から、シリコンMEMS (Micro Electro Mechanical System) 技術を用いて製造された慣性センサーが開発されている。例えば、特許文献1には、固定電極指と、固定電極指に挟まれて第1方向に変位可能な可動電極指とを有し、第1方向に加わる加速度を検出する加速度センサーが開示されている。このような加速度センサーは、一方の固定電極指と可動電極指との間に生じる静電容量の変化によって加速度を検出させるために、一方の固定電極指と可動電極指との間隔よりも、他方の固定電極指と可動電極指との間隔を広くする必要がある。

10

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【文献】特開2018-91820号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

特許文献1の慣性センサーは、一方の固定電極指と可動電極指との間隔と、他方の固定電極指と可動電極指との間隔と、の間隔差が大きいので、シリコン基板をドライエッチングにて固定電極指と可動電極指とを形成するためのマスクパターンが著しく粗密になる。パターンの粗密によるマイクロローディング効果によって、加速度を検出するための電極指間の加工精度が低下する恐れがあった。

20

【課題を解決するための手段】

【0005】

慣性センサーは、第1方向に延在する第1固定電極指及び第2固定電極指と、前記第1固定電極指と前記第2固定電極指との間に位置し、前記第1方向と交差する第2方向に変位可能な可動電極指と、を備え、前記可動電極指は、前記第1固定電極指と対向する第1部分と、前記第1部分と前記第2固定電極指との間に位置する第2部分と、を有し、前記第1部分と前記第1固定電極指との間隔をD1、前記第2部分と前記第2固定電極指との間隔をD2、前記第1部分と前記第2部分との間隔をD3とした時、 $D1 < D2$ 、且つ $D3 < D2$ を満たすことを特徴とする。

30

【0006】

上記の慣性センサーは、前記第1部分と前記第2部分とを接続する接続部を有し、 $D1 = D3$ を満たすことが好ましい。

【0007】

上記の慣性センサーにおいて、前記第2方向における前記第2部分の幅は、前記第1部分の幅より狭いことが好ましい。

40

【0008】

慣性センサーの製造方法であって、第1方向に延在する第1固定電極指及び第2固定電極指と、前記第1固定電極指と前記第2固定電極指との間に位置し、前記第1方向と交差する第2方向に変位可能な可動電極指とをエッチングにて加工する第1の工程、を備え、前記第1の工程は、前記可動電極指を前記第1固定電極指と対向する第1部分と、前記第1部分と前記第2固定電極指との間に位置する第2部分と、に加工する第2の工程を有し、前記第2の工程では、前記第1部分と前記第1固定電極指との間隔をD1、前記第2部分と前記第2固定電極指との間隔をD2、前記第1部分と前記第2部分との間隔をD3とした時、 $D1 < D2$ 、且つ $D3 < D2$ に加工することを特徴とする。

【0009】

50

電子機器は、上記のいずれか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る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。

【0010】

移動体は、上記のいずれか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る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。

【図面の簡単な説明】

【0011】

【図1】実施形態1に係る慣性センサーを示す平面図。

【図2】図1におけるA-A線での断面図。

【図3】図1におけるB部の拡大斜視図。

10

【図4】図1におけるB部の拡大平面図。

【図5】図1におけるC部の拡大平面図。

【図6】慣性センサーの製造工程を示すフローチャート。

【図7】慣性センサーの製造工程を説明する断面図。

【図8】慣性センサーの製造工程を説明する断面図。

【図9】慣性センサーの製造工程を説明する断面図。

【図10】慣性センサーの製造工程を説明する断面図。

【図11】慣性センサーの製造工程を説明する断面図。

【図12】変形例1に係るP側可動電極指の構成を示す平面図。

【図13】変形例3に係るP側可動電極指の構成を示す平面図。

20

【図14】変形例4に係るP側可動電極指の構成を示す平面図。

【図15】実施形態2に係るスマートフォンを示す斜視図。

【図16】実施形態3に係る慣性計測装置を示す分解斜視図。

【図17】慣性計測装置が有する基板の斜視図。

【図18】実施形態4に係る移動体測位装置の全体システムを示すブロック図。

【図19】移動体測位装置の作用を示す図。

【図20】実施形態5に係る移動体を示す斜視図。

【発明を実施するための形態】

【0012】

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、各部材等を認識可能な程度の大きさにするため、各部材等の尺度を実際とは異ならせて示している。また、図面に付記する座標においては、X軸、Y軸、Z軸の矢印方向を「プラス側」とする。また、Z軸に沿う両方向は上下方向であり矢印方向を「上」とする。また、Y軸に沿う方向は、第1方向に相当し、X軸に沿う方向は、第2方向に相当する。

30

【0013】

1. 実施形態1

まず、本発明の慣性センサーについて説明する。図1は、実施形態1に係る慣性センサーを示す平面図である。図2は、図1におけるA-A線での断面図である。

【0014】

図1及び図2に示す慣性センサー1は、X軸に沿う物理量としての加速度 A_x を検出することができる加速度センサーである。慣性センサー1は、基部2と、基部2上に配置された素子部3と、素子部3を覆うように基部2に接合された蓋部8と、を有している。

40

【0015】

1-1. 基部

基部2は、矩形の平面視形状を有する板状をなし、上面側に開放する凹部21を有している。また、Z軸方向の平面視で、凹部21は、素子部3を内側に内包するように、素子部3よりも大きく形成されている。この凹部21は、素子部3と基部2との接触を防止するための逃げ部として機能する。

【0016】

基部2は、凹部21の底面に設けられた3つの突起状のマウント部22, 23, 24を

50

有している。基部 2 は、上面側に開放する溝部 2 5 , 2 6 , 2 7 を有している。また、溝部 2 5 , 2 6 , 2 7 は、それぞれ、凹部 2 1 の底面に接続され、更にその他端部は、蓋部 8 の外側にまで引き出されている。

【 0 0 1 7 】

基部 2 としては、例えば、アルカリ金属イオンを含むパイレックス（登録商標）のような硼珪酸ガラスなどのガラス材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、蓋部 8 の構成材料によっては、基部 2 と蓋部 8 とを陽極接合により接合することができる、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部 2 が得られるため、慣性センサー 1 の外側から、基部 2 を介して素子部 3 の状態を視認することができる。なお、基部 2 としては、ガラス基板に限定されず、例えば、シリコン基板、石英基板、
10
或いはセラミックス基板を用いてもよい。シリコン基板を用いる場合は、短絡を防止する観点から、高抵抗のシリコン基板を用いるか、表面に熱酸化等によって絶縁性酸化物であるシリコン酸化膜を形成したシリコン基板を用いることが好ましい。

【 0 0 1 8 】

溝部 2 5 には配線 7 1 が、溝部 2 6 には配線 7 2 が、溝部 2 7 には配線 7 3 が設けられている。図 1 に示す配線 7 1 , 7 2 , 7 3 の一端部は、平面視で蓋部 8 の外側に露出しており、外部装置との電気的な接続を行う端子として機能する。

図 1 に示す配線 7 1 の他端部は、図 2 に示すマウント部 2 2 の上面側に開放する溝部 2 5 に設けられている。すなわち、配線 7 1 は、凹部 2 1 の側壁、底面及びマウント部 2 2 の側壁にも形成され、凹部 2 1 を介してマウント部 2 2 まで引き回されている。
20

図 1 に示す配線 7 2 の他端部は、図 2 に示すマウント部 2 3 の上面側に開放する溝部 2 6 に設けられている。すなわち、配線 7 2 は、凹部 2 1 の側壁、底面及びマウント部 2 3 の側壁にも形成され、凹部 2 1 を介してマウント部 2 3 まで引き回されている。

図 1 に示す配線 7 3 の他端部は、図 2 に示すマウント部 2 4 の上面側に開放する溝部 2 6 に設けられている。すなわち、配線 7 3 は、凹部 2 1 の側壁、底面及びマウント部 2 4 の側壁にも形成され、凹部 2 1 を介してマウント部 2 4 まで引き回されている。

【 0 0 1 9 】

配線 7 1 , 7 2 , 7 3 の構成材料としては、特に限定されず、例えば、金 (A u) 、銀 (A g) 、白金 (P t) 、パラジウム (P d) 、イリジウム (I r) 、銅 (C u) 、アルミニウム (A l) 、ニッケル (N i) 、チタン (T i) 、タングステン (W) 等の金属材料、これら金属材料を含む合金、ITO (I n d i u m T i n O x i d e) 、IZO (I n d i u m Z i n c O x i d e) 、ZnO、IGZO等の酸化物系の透明導電性材料が挙げられ、これらのうちの 1 種または 2 種以上を積層して用いることができる。
30

【 0 0 2 0 】

1 - 2 . 蓋部

蓋部 8 は、矩形の平面視形状を有する板状をなし、下面側に開放する凹部 8 1 を有している。蓋部 8 は、平面視で凹部 8 1 内に素子部 3 を収納するようにして、基部 2 に接合されている。そして、蓋部 8 および基部 2 によって、素子部 3 を収納する収納空間 S が形成されている。蓋部 8 は、収納空間 S の内外を連通する連通孔 8 2 を有しており、この連通孔 8 2 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 8 2 には、封止部材 8 3 が配置され、封止部材 8 3 によって、連通孔 8 2 が封止されている。
40

【 0 0 2 1 】

封止部材 8 3 としては、連通孔 8 2 を封止できれば、特に限定されず、例えば、金 (A u) / 錫 (S n) 系合金、金 (A u) / ゲルマニウム (G e) 系合金、金 (A u) / アルミニウム (A l) 系合金等の各種合金、低融点ガラス等のガラス材料等を用いることができる。収納空間 S は、窒素、ヘリウム、アルゴン等の不活性ガスが封入されて、- 4 0 ~ 8 5 程度の使用温度で、ほぼ大気圧となっていることが好ましい。収納空間 S を大気圧とすることで、粘性抵抗が増してダンピング効果が発揮され、可動部 5 2 の振動を速やかに収束させることができる。そのため、慣性センサー 1 の加速度 A x の検出精度が向上する。

10

20

30

40

50

【 0 0 2 2 】

本実施形態の蓋部 8 は、シリコン基板で構成されている。ただし、蓋部 8 としては、シリコン基板に限定されず、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、基部 2 と蓋部 8 との接合方法としては、特に限定されず、基部 2 や蓋部 8 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、基部 2 の上面および蓋部 8 の下面に成膜した金属膜同士を接合する金属共晶接合等が挙げられる。

【 0 0 2 3 】

本実施形態では、接合材の一例である低融点ガラスのガラスフリット 8 9 を介して基部 2 と蓋部 8 とが接合されている。基部 2 と蓋部 8 とを重ね合わせた状態では、溝部 2 5 , 2 6 , 2 7 を介して収納空間 S の内外が連通してしまうが、ガラスフリット 8 9 を用いることで、基部 2 と蓋部 8 とを接合すると共に、溝部 2 5 , 2 6 , 2 7 を封止することができ、より容易に、収納空間 S を気密封止することができる。なお、基部 2 と蓋部 8 とを溝部 2 5 , 2 6 , 2 7 を封止できない接合方法である陽極接合等で接合した場合には、例えば、テトラエトキシシラン (T E O S) を用いた C V D 法等で形成された S i O₂ 膜によって溝部 2 5 , 2 6 , 2 7 を塞ぐことができる。

【 0 0 2 4 】

1 - 3 . 素子部

図 1 に示すように、素子部 3 は、基部 2 に固定されている固定電極部 4 と、基部 2 に固定されている可動部支持部 5 1 と、可動部支持部 5 1 に対して X 軸に沿う両方向に変位可能な可動部 5 2 と、可動部支持部 5 1 と可動部 5 2 とを連結するバネ部 5 3 , 5 4 と、を有している。可動部 5 2 には、可動部 5 2 の外周を形成する枠部 5 2 1 及び可動電極部 6 が構成されている。可動部支持部 5 1、可動部 5 2、バネ部 5 3 , 5 4 および可動電極部 6 は、一体的に形成されている。素子部 3 は、例えば、リン (P)、ボロン (B) 等の不純物がドーパされたシリコン基板をパターンニングすることで形成することができる。なお、素子部 3 の材料は、導電性を備えていれば特に限定されない。

【 0 0 2 5 】

可動部支持部 5 1 は、X 軸に沿って延在する長手形状をなし、X 軸に沿うマイナス側にマウント部 2 4 と接合している接合部 5 1 1 を有している。なお、本実施形態では、可動部支持部 5 1 は、X 軸に沿って延在する長手形状となっているが、可動部支持部 5 1 の形状としては、その機能を発揮することができる限り、特に限定されない。また、以下では、Z 軸から見た平面視で、可動部支持部 5 1 を Y 軸方向に二等分する仮想軸を中心軸 L とする。

【 0 0 2 6 】

固定電極部 4 及び可動電極部 6 を構成する領域は Y 軸に沿って 2 つ並んでおり、可動部支持部 5 1 はその間に位置している。これにより、可動部支持部 5 1 を、可動部 5 2 の中心部に配置することができ、可動部 5 2 をより安定して支持することができる。なお、以下の説明では、可動部支持部 5 1 に対して、Y 軸に沿うプラス側の領域を「 P 側」、Y 軸に沿うマイナス側の領域を「 N 側」という。

【 0 0 2 7 】

固定電極部 4 は、P 側固定電極部 4 1 と N 側固定電極部 4 2 とを有している。P 側固定電極部 4 1 は、陽極接合によって基部 2 のマウント部 2 2 に接合され、配線 7 1 と電氣的に接続されている。N 側固定電極部 4 2 は、陽極接合によって基部 2 のマウント部 2 3 に接合され、配線 7 2 と電氣的に接合されている。可動電極部 6 は、P 側可動電極部 6 1 と N 側可動電極部 6 2 とを有している。可動部支持部 5 1 は、陽極接合によって基部 2 のマウント部 2 4 に接合され、P 側可動電極部 6 1 及び N 側可動電極部 6 2 は、枠部 5 2 1、バネ部 5 3 , 5 4 及び可動部支持部 5 1 を介して配線 7 3 と電氣的に接合されている。なお、電氣的な接合方法は、特に限定されない。

【 0 0 2 8 】

可動部 5 2 は、平面視で内側に P 側固定電極部 4 1 が配置されている P 側開口部 5 2 8

10

20

30

40

50

と、内側にN側固定電極部42が配置されているN側開口部529と、を有している。P側、N側開口部528, 529は、Y軸に沿って並んで配置されている。可動部52は、可動部支持部51、バネ部53, 54およびP側、N側固定電極部41, 42を囲む枠部521を有している。可動部52のP側には、枠部521からY軸に沿うマイナス側へ延出するP側Y軸延在部522と、P側Y軸延在部522の先端部からX軸に沿うマイナス側へ延出するP側X軸延在部523と、が構成されている。可動部52のN側には、枠部521からY軸に沿うプラス側へ延出するN側Y軸延在部524と、N側Y軸延在部524の先端部からX軸に沿うマイナス側へ延出するN側X軸延在部525と、が構成されている。可動部52の各部は、中心軸Lに対して対称に配置されている。

【0029】

P側、N側Y軸延在部522, 524は、それぞれ、バネ部53の近くに設けられ、バネ部53のバネ片531, 532が延在するY軸に沿うように配置されている。P側、N側X軸延在部523, 525は、それぞれ、可動部支持部51の近くに設けられ、可動部支持部51に沿って配置されている。P側Y軸延在部522およびP側X軸延在部523は、P側可動電極指611を支持する支持部として機能し、N側Y軸延在部524およびN側X軸延在部525は、N側可動電極指621を支持する支持部として機能する。

【0030】

バネ部53, 54は、弾性変形可能であり、バネ部53, 54が弾性変形することで、可動部52が可動部支持部51に対してX軸に沿って変位することができる。バネ部53は、中心軸Lにおいて、枠部521のX軸方向プラス側の内壁と可動部支持部51のX軸方向プラス側の端部とを連結している。バネ部54は、中心軸Lにおいて、枠部521のX軸方向マイナス側の内壁と可動部支持部51のX軸方向マイナス側の端部とを連結している。これにより、可動部52をX軸に沿う中心軸Lの両側で支持することができたため、可動部52の姿勢および挙動が安定する。そのため、不要な振動を低減させ、より高い精度で、加速度Axを検出することができる。

【0031】

バネ部53は、Y軸に沿って並んで配置された一对のバネ片531, 532を有している。また、一对のバネ片531, 532は、それぞれ、Y軸に沿って蛇行した形状をなし、中心軸Lに対して対称に形成されている。バネ部53は、Y軸方向に長く延在した部分53yと、X軸方向に短く延在した部分53xと、を有している。なお、バネ部54の構成は、バネ部53の構成と同様である。

【0032】

このように、バネ部53, 54を、X軸よりもY軸に長い形状とすることで、加速度Axが加わった際に、可動部52がZ軸まわりの回転変位などのX軸以外に変位することを抑制することができる。そのため、不要な振動を低減させ、より高い精度で加速度Axを検出することができる。ただし、バネ部53, 54の構成としては、その機能を発揮することができる限り、特に限定されない。

【0033】

固定電極部4は、P側開口部528内に位置するP側固定電極部41と、N側開口部529に位置するN側固定電極部42と、を有している。P側、N側固定電極部41, 42は、Y軸に沿って並んで配置されている。

【0034】

P側固定電極部41は、基部2に固定されたP側幹部支持部413と、P側幹部支持部413に支持されたP側幹部411と、Y軸に沿って延在する複数のP側固定電極指412と、を有している。

【0035】

P側幹部支持部413は、マウント部22の上面と接合された接合部413aを有している。なお、接合部413aは、P側幹部支持部413のX軸方向でマイナス側に偏って配置されている。

【0036】

10

20

30

40

50

P側幹部411は、棒状の長手形状をなし、その基端がP側幹部支持部413に接続されている。P側幹部411は、その先端側に向けて中心軸Lとの離間距離が大きくなるように傾斜している。このような配置とすることで、P側幹部支持部413を可動部支持部51の近くに配置することができる。

【0037】

なお、P側幹部411の軸L411と中心軸Lとが成す角度は、特に限定されないが、10°以上、45°以下であること好ましく、10°以上、30°以下であることがより好ましい。これにより、P側固定電極部41のY軸方向への広がりを抑制することができ、素子部3の小型化を図ることができる。

【0038】

P側固定電極指412は、P側幹部411からY軸に沿う両側に延出し、X軸に沿って互いに離間して設けられている。複数のP側固定電極指412の一方の先端は、枠部521と離間して位置し、複数のP側固定電極指412の他方の先端は、P側X軸延在部523と離間して位置している。P側固定電極指412の総長さは、それぞれ、ほぼ同じである。

【0039】

N側固定電極部42は、基部2に固定されたN側幹部支持部423と、N側幹部支持部423に支持されたN側幹部421と、N側幹部421に支持された複数のN側固定電極指422と、を有している。なお、N側幹部支持部423、N側幹部421および各N側固定電極指422は、一体形成されている。

【0040】

N側幹部支持部423は、マウント部23の上面と接合された接合部423aを有している。なお、接合部423aは、N側幹部支持部423のX軸方向でマイナス側に偏って配置されている。

【0041】

N側幹部421は、棒状の長手形状をなし、その基端がN側幹部支持部423に接続されている。N側幹部421は、その先端側に向けて中心軸Lとの離間距離が大きくなるように傾斜している。このような配置とすることで、N側幹部支持部423を可動部支持部51の近くに配置することができる。

【0042】

なお、N側幹部421の軸L421と中心軸Lとが成す角度は、特に限定されないが、10°以上、45°以下であること好ましく、10°以上、30°以下であることがより好ましい。これにより、N側固定電極部42のY軸方向への広がりを抑制することができ、素子部3の小型化を図ることができる。

【0043】

N側固定電極指422は、N側幹部421からY軸に沿う両側に延出し、X軸に沿って互いに離間して設けられている。複数のN側固定電極指422の一方の先端は、N側X軸延在部525と離間して位置し、複数のN側固定電極指422の他方の先端は、枠部521と離間して位置している。N側固定電極指422の総長さは、それぞれ、ほぼ同じである。

【0044】

可動電極部6は、P側可動電極部61と、N側可動電極部62と、を有している。これらP側、N側可動電極部61、62は、Y軸に沿って並んで配置されている。

【0045】

P側可動電極部61は、Y軸に沿って延在する複数のP側可動電極指611を有している。P側可動電極指611は、枠部521とP側X軸延在部523とからP側幹部411に向けてY軸に沿って延出し、X軸に沿って互いに離間して設けられている。複数のP側可動電極指611のそれぞれの先端は、P側幹部411と離間して位置している。P側可動電極指611の総長さは、それぞれ、ほぼ同じである。

【0046】

10

20

30

40

50

N側可動電極部62は、Y軸に沿って延在する複数のN側可動電極指621を有している。N側可動電極指621は、N側X軸延在部525と枠部521とからN側幹部421に向けてY軸に沿って延出し、X軸に沿って互いに離間して設けられている。複数のN側可動電極指621のそれぞれの先端は、N側幹部421と離間して位置している。N側可動電極指621の総長さは、それぞれ、ほぼ同じである。

【0047】

次に、周期的に並ぶ各電極指の電極パターンについて詳述する。図3は、図1におけるB部の拡大斜視図である。図4は、図1におけるB部の拡大平面図である。図5は、図1におけるC部の拡大平面図である。

【0048】

P側の電極パターンは、P側固定電極指412とP側可動電極指611とがX軸に沿って周期的に配置されている。P側固定電極指412は、P側幹部411から伸びてY軸に沿って延在し、X軸に沿うプラス側に向かって順に並ぶ第1固定電極指としてのP側第1固定電極指412a、第2固定電極指としてのP側第2固定電極指412bを含んでいる。

【0049】

X軸に沿う両方向に変位可能な可動電極指としてのP側可動電極指611は、P側第1固定電極指412aとP側第2固定電極指412bとの間に位置している。P側可動電極指611は、P側第1固定電極指412aと対向する第1部分611aと、第1部分611aとP側第2固定電極指412bとの間に位置する第2部分611bと、第1部分611aと第2部分611bとを接続する接続部611cとを有している。

【0050】

P側第1固定電極指412a、P側第2固定電極指412b、第1部分611a及び第2部分611bは、Z軸に沿い短冊状の直方体を成している。P側可動電極指611は、対をなすP側第1固定電極指412aに対してX軸に沿うプラス側に位置し、第1部分611aは、P側第1固定電極指412aと間隔D1で対向している。第2部分611bは、第1部分611aと間隔D3を保って接続部611cで接続され、P側第2固定電極指412bと間隔D2で離間している。

【0051】

N側の電極パターンは、N側固定電極指422とN側可動電極指621とがX軸に沿って周期的に配置されている。

N側固定電極指422は、N側幹部421から伸びてY軸に沿って延在し、X軸に沿うマイナス側に向かって順に並ぶ第1固定電極指としてのN側第1固定電極指422a、第2固定電極指としてのN側第2固定電極指422bを含んでいる。

【0052】

X軸に沿う両方向に変位可能な可動電極指としてのN側可動電極指621は、N側第1固定電極指422aとN側第2固定電極指422bとの間に位置している。N側可動電極指621は、N側第1固定電極指422aと対向する第1部分621aと、第1部分621aとN側第2固定電極指422bとの間に位置する第2部分621bと、第1部分621aと第2部分621bとを接続する接続部621cとを有している。

【0053】

N側第1固定電極指422a、N側第2固定電極指422b、第1部分621a及び第2部分621bは、Z軸に広い短冊状の直方体を成している。N側可動電極指621は、対をなすN側第1固定電極指422aに対してX軸に沿うマイナス側に位置し、第1部分621aは、N側第1固定電極指422aと間隔D1で対向している。第2部分621bは、第1部分621aと間隔D3を保って接続部621cで接続され、N側第2固定電極指422bと間隔D2で離間している。

【0054】

本実施形態では、間隔D1は間隔D2よりも狭く、間隔D3は間隔D2よりも狭い。一般に、間隔D1を間隔D2より狭くすると、慣性センサー1の感度が高まる。これは可動電極指の第1部分611a、622aがX軸に沿うプラス側、マイナス側の両方向に移動し

10

20

30

40

50

た際に、静電容量が非対称的に変化する原理を利用しているからである。更に本実施形態に示すように可動電極指の第 2 部分 6 1 1 b、6 2 2 b を設けることにより、P 側可動電極指 6 1 1 の第 1 部分 6 1 1 a、及び N 側可動電極指 6 2 1 の第 1 部分 6 2 1 a に対する X 軸沿う両方向における電極パターンの粗密差が小さくなる。また、間隔 D 1 は、間隔 D 3 と等しいことが好ましい。これにより、電極パターンの粗密差がさらに小さくなる。なお、等しいとは、厳密な一致を意味するのではなく、慣性センサー 1 の製造における加工誤差を含むことを意味する。

【0055】

なお、本実施形態では、図 1 に示すように、P 側固定電極指 4 1 2 と N 側固定電極指 4 2 2 とは、X 軸において互いにずれており、P 側可動電極指 6 1 1 と N 側可動電極指 6 2 1 とは、X 軸において互いにずれている。詳しくは、P 側可動電極指 6 1 1 は、X 軸において、対をなす P 側第 1 固定電極指 4 1 2 a 側に偏って配置され、P 側可動電極指 6 1 1 の第 1 部分 6 1 1 a と N 側固定電極指 4 2 2 とは、Y 軸に沿う同じ直線上に位置している。N 側可動電極指 6 2 1 は、X 軸において、対をなす N 側第 1 固定電極指 4 2 2 a 側に偏って配置され、N 側可動電極指 6 2 1 の第 1 部分 6 2 1 a と P 側固定電極指 4 1 2 とは、Y 軸に沿う同じ直線上に位置している。また、周期的に並ぶ電極パターン以外の部分では、適宜、バランスを考慮してダミーとなる電極を配置している。従って、P 側と N 側の寄生容量差を低減し、検出信号を良好に検出することが出来る。

10

【0056】

また、各固定電極指 4 1 2、4 2 2 は、Z 軸に沿って貫通する空隙部を有さない構成である。空隙部を設けた構成に比べ、空隙部を設けない構成は、各固定電極指 4 1 2、4 2 2 の電極指幅が狭いので、慣性センサー 1 を小型化することができる。また、第 2 部分 6 1 1 b、6 2 1 b は、1 つで構成されていてもよいし、Y 軸に沿って複数に分割されていてもよい。第 1 部分 6 1 1 a と第 2 部分 6 1 1 b との接続位置は、特に限定されない。

20

【0057】

上述した慣性センサー 1 に加速度 A_x が加わると、その加速度 A_x の大きさに基づいて、可動部 5 2 がバネ部 5 3、5 4 を弾性変形させながら X 軸に沿って変位する。この変位に伴って、P 側可動電極指 6 1 1 の第 1 部分 6 1 1 a と P 側第 1 固定電極指 4 1 2 a との間隔 D 1 および N 側可動電極指 6 2 1 の第 1 部分 6 2 1 a と N 側第 1 固定電極指 4 2 2 a との間隔 D 1 がそれぞれ変化する。この変位に伴って、P 側可動電極指 6 1 1 の第 1 部分 6 1 1 a と P 側第 1 固定電極指 4 1 2 a との間の静電容量および N 側可動電極指 6 2 1 の第 1 部分 6 2 1 a と N 側第 1 固定電極指 4 2 2 a との間の静電容量の大きさがそれぞれ変化する。そのため、これら静電容量の変化に基づいて加速度 A_x を検出することができる。

30

【0058】

X 軸に沿うプラス側に向って加速度 A_x が加わると、P 側可動電極指 6 1 1 の第 1 部分 6 1 1 a と P 側第 1 固定電極指 4 1 2 a との間隔 D 1 が縮まり、N 側可動電極指 6 2 1 の第 1 部分 6 2 1 a と N 側第 1 固定電極指 4 2 2 a との間隔 D 1 が広がる。逆に、X 軸に沿うマイナス側に向って加速度 A_x が加わると、P 側可動電極指 6 1 1 の第 1 部分 6 1 1 a と P 側第 1 固定電極指 4 1 2 a との間隔 D 1 が広がり、N 側可動電極指 6 2 1 の第 1 部分 6 2 1 a と N 側第 1 固定電極指 4 2 2 a との間隔 D 1 が縮まる。よって、P 側固定電極指 4 1 2 および P 側可動電極指 6 1 1 の間から得られる P 側検出信号と、N 側固定電極指 4 2 2 および N 側可動電極指 6 2 1 の間から得られる N 側検出信号と、を差動演算することで、ノイズをキャンセルすることができ、より精度よく、加速度 A_x を検出することができる。

40

【0059】

1-4. 製造方法

次に、慣性センサー 1 の製造方法について説明する。図 6 は、慣性センサーの製造工程を示すフローチャートである。図 7 から図 11 は、慣性センサーの製造工程を説明する断面図である。なお、図 7 から図 9 及び図 11 は、図 1 における A-A 線での断面図であり、図 10 は、図 4 における E-E 線での断面図である。

50

【 0 0 6 0 】

ステップ S 1 0 1 は、基部基板 2 0 0 に複数の基部 2 を一体形成する基部基板形成工程である。

図 7 に示すように、この基部基板形成工程では、基部基板 2 0 0 の上面をエッチングすることにより、凹部 2 1、溝部 2 5、2 6、2 7 を形成する。凹部 2 1、溝部 2 5、2 6、2 7 のエッチング方法としては、特に限定されないが、例えば、プラズマエッチング、リアクティブイオンエッチング、ビームエッチング、光アシストエッチングなどの物理的エッチング法、ウェットエッチングなどの化学的エッチング法などのうちの 1 種又は 2 種以上を組み合わせて用いることができる。なお、以下の各工程におけるエッチングにおいても、同様のエッチング方法を用いることができる。

10

【 0 0 6 1 】

また、上述したようなエッチングに際しては、例えば、フォトリソグラフィ法により形成されたマスクを好適に用いることができる。また、マスク形成、エッチング、マスク除去を複数回繰り返し、凹部 2 1 と溝部 2 5、2 6、2 7 とを順に形成することができる。そして、このマスクは、エッチング後に、除去される。このマスクの除去方法としては、例えば、マスクがレジスト材料で構成される場合には、レジスト剥離液、マスクが金属材料で構成される場合には、リン酸溶液のような金属剥離液などを用いることができる。

なお、マスクとして、例えば、グレースケールマスクを用いることにより、凹部 2 1 と溝部 2 5、2 6、2 7 とを一括形成してもよい。

【 0 0 6 2 】

次に、基部基板形成工程では、基部基板 2 0 0 の溝部 2 5 内に配線 7 1 を、溝部 2 6 内に配線 7 2 を、溝部 2 7 内に配線 7 3 を、一括して形成する。この際、配線 7 1、7 2、7 3 の厚さ寸法が、溝部 2 5、2 6、2 7 の深さ寸法よりも小さくなるように形成する。配線 7 1、7 2、7 3 の形成方法としては、特に限定されないが、例えば、真空蒸着、スパッタリング、イオンプレーティングなどの乾式、メッキ法、電解メッキ、無電解メッキなどの湿式メッキ法、溶射法、薄膜接合法などが挙げられる。なお、以下の各工程における成膜においても、同様の方法を用いることができる。本実施形態では、基部基板 2 0 0 にガラス基板を用い、配線 7 1 から配線 7 3 の構成材料にスパッタリング法を用いた金属薄膜を用いた。より具体的には DC スパッタリング法でチタン (Ti) と白金 (Pt) とを連続的に形成し、積層構造とした。この時の厚さはチタン (Ti) が 2 0 0 nm、白金 (Pt) が 1 0 0 nm であった。白金 (Pt) を配線 7 3 の上層部に形成することで、後述するステップ S 1 0 3 に於いて、不純物ドーパされたシリコン材の素子部基板 3 0 0 と配線 7 3 の接合部に白金シリサイド金属膜を形成することが出来る。これによりオーミック接触を得ることが可能となり、高精度な慣性センサー 1 を良好に動作させることが出来る。

20

30

【 0 0 6 3 】

ステップ S 1 0 2 は、蓋部基板 8 0 0 に複数の蓋部 8 を一体形成する蓋部基板形成工程である。図 1 1 に示すように、この蓋部基板形成工程では、蓋部基板 8 0 0 の下面をエッチングすることにより、凹部 8 1 を形成する。凹部 8 1 を形成する際は、次のような工程を施すことにより実施することが出来る。即ち、シリコン材である蓋部基板 8 0 0 を熱酸化し、蓋部基板 8 0 0 の下面をレジスト保護する。素子部 3 に相当する領域をフォトリソグラフィ法により開口させ、熱酸化膜をフッ酸除去しレジスト剥離したのちに、ドライエッチング法で凹部 8 1 を形成する。残った熱酸化膜を剥離させ、再度蓋部基板 8 0 0 の両面を熱酸化し、今度は蓋部基板 8 0 0 の上面をレジスト保護する。そして連通路 8 2 に相当する部分をフォトリソグラフィ法でパターンングして、開口する領域の熱酸化膜を除去したのちに、例えば KOH 等のアルカリウェットエッチング法により連通路 8 2 を形成することが出来る。本実施形態のように、蓋部基板 8 0 0 としてシリコン基板を用いることで高精度な加工を実現することが出来る。

40

なお、ステップ S 1 0 1 及びステップ S 1 0 2 の順番は、入れ替わってもよいし、同時進行であってもよい。

50

【 0 0 6 4 】

ステップ S 1 0 3 は、基部基板 2 0 0 に素子部基板 3 0 0 を接合する素子部基板接合工程である。図 8 に示すように、この素子部基板接合工程では、基部基板 2 0 0 の凹部 2 1 が設けられている側である上面に、素子部基板 3 0 0 を配置し、基部基板 2 0 0 と素子部基板 3 0 0 とを接合する。本実施形態では、基部基板 2 0 0 と素子部基板 3 0 0 との接合に陽極接合法を用いている。次に、素子部基板接合工程では、必要に応じて、素子部基板 3 0 0 を素子部 3 の厚さまで肉薄化する。肉薄化の方法は、特に限定されないが、例えば、CMP 法、ドライポリッシュ法を好適に用いることができる。そして、素子部基板接合工程では、素子部基板 3 0 0 にリン (P)、ボロン (B)、砒素 (A s) 等の不純物をドーブして導電性を付与する。ただし、不純物をドーブする順序は、特に限定されず、素子部基板 3 0 0 を薄肉化する前であってもよいし、素子部基板 3 0 0 を接合する前であってもよい。

10

【 0 0 6 5 】

ステップ S 1 0 4 は、電極パターンを含む素子部 3 を形成する素子部形成工程である。素子部形成工程は、第 2 の工程を含む第 1 の工程に相当する。

図 9 に示すように、この素子部形成工程では、図示しない素子部 3 の形状に倣ったマスクを介して素子部基板 3 0 0 をドライエッチングすることにより、素子部基板 3 0 0 から素子部 3 を形成する。ドライエッチング方法としては、特に限定されない。本実施形態では、例えば、図 1 0 に示すような、P 側可動電極指 6 1 1 の第 1 部分 6 1 1 a と P 側第 1 固定電極指 4 1 2 a との間隔 D 1 と、素子部基板 3 0 0 の厚さとの比が高い、高アスペクト比の加工を行うために、Deep RIE (Reactive Ion Etching) 装置を使用したボッシュプロセスを用いている。ボッシュプロセスは、エッチングと側壁保護膜を形成するためのパシベーションとを繰り返しながら行う切り替えエッチング方式である。シリコン基板の場合は、例えば、SF₆のエッチングガスを用いてシリコンをエッチングし、C₄F₈などのフロン系のガスを用いて、側壁保護膜を形成することができる。これにより、第 1 の工程は、素子部基板 3 0 0 を、P 側第 1 固定電極指 4 1 2 a、P 側第 2 固定電極指 4 1 2 b、P 側可動電極指 6 1 1、及び N 側第 1 固定電極指 4 2 2 a、N 側第 2 固定電極指 4 2 2 b、N 側可動電極指 6 2 1 をエッチングにて加工する。第 2 の工程は、P 側可動電極指 6 1 1 を第 1 部分 6 1 1 a と第 2 部分 6 1 1 b とに加工し、N 側可動電極指 6 2 1 を第 1 部分 6 2 1 a と第 2 部分 6 2 1 b とに加工する。また、第 2 の工程は、間隔 D 1 < 間隔 D 2、且つ間隔 D 3 < 間隔 D 2 に加工する。なお、第 1 の工程及び第 2 の工程は、素子部形成工程で同時に実施される。

20

30

【 0 0 6 6 】

電極パターンを含む素子部 3 を形成するためのマスクパターンに粗密があると、高アスペクト比となるパターン密の部分のエッチング速度が低下するマイクロローディング効果が起こる。例えば、図 1 0 の P 側可動電極指 6 1 1 において、第 2 部分 6 1 1 b を備えない従来構成の慣性センサーの場合、P 側第 1 固定電極指 4 1 2 a と第 1 部分 6 1 1 a との間隔 D 1 に比べ、第 1 部分 6 1 1 a と P 側第 2 固定電極指 4 1 2 b との間隔が広いと、マスクパターンが著しく粗密になる。これにより、加速度を検出するための P 側可動電極指 6 1 1 の第 1 部分 6 1 1 a と P 側第 1 固定電極指 4 1 2 a との間の加工精度が低下することがある。P 側可動電極指 6 1 1 の第 1 部分 6 1 1 a と P 側第 1 固定電極指 4 1 2 a との組み合わせは、慣性センサー 1 の検出機能である平行平板型の静電容量を形成するため、慣性センサー 1 の検出精度に極めて重要である。このような加工精度の低下は、ノイズの増加による加速度 A x の検出精度の低下を招くおそれがある。

40

【 0 0 6 7 】

本実施形態の慣性センサー 1 は、第 1 部分 6 1 1 a と P 側第 2 固定電極指 4 1 2 b との間に第 2 部分 6 1 1 b を備えているので、マスクパターンの粗密差が小さくなり、マイクロローディング効果が低減する。これにより、素子部 3 をドライエッチングで形成する際に平行平板型の静電容量の加工精度が向上し、加速度 A x の検出精度が向上する。特に第 1 固定電極指 4 1 2 a と第 1 部分 6 1 1 a との間隔 D 1 と、第 1 部分 6 1 1 a と第 2 部分

50

6 1 1 bとの間隔D 2が等しい場合、電極パターンの粗密差が小さくなり、マイクロローディング効果は極小となるため、より加工精度が増す。従って良好な検出機能を有する慣性センサー1を提供することが可能となる。

【0068】

ステップS 105は、基部基板200に蓋部基板800を接合する蓋部基板接合工程である。

図11に示すように、この蓋部基板接合工程では、複数の蓋部8が一体形成されている蓋部基板800を接合材の一例であるガラスフリット89を介して基部基板200の上面に接合する。そして、蓋部基板接合工程では、連通孔82を介して各収納空間S内を所望の雰囲気置換し、その後、各連通孔82を封止部材83で封止する。

10

【0069】

ステップS 106は、接合された基部基板200及び蓋部基板800を分割する分割工程である。この分割工程では、素子部3を収容し一体となった基部基板200および蓋部基板800を、図示しない分割装置を用いて素子部3毎の個片に分割することにより、図2に示す慣性センサー1を得る。分割装置の一例としては、ダイシング装置などが挙げられる。なお、分割により、基部基板200は基部2となり、蓋部基板800は蓋部8となる。

【0070】

以上説明した慣性センサー1の製造方法によれば、慣性センサー1の電極パターンをドライエッチングで形成する際の加工精度を向上させることができる。

20

【0071】

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。変形例を以下に述べる。

【0072】

以下に述べる変形例は、上記実施形態におけるP側可動電極指611及びN側可動電極指621の構成が異なっていること以外は、実施形態で説明した慣性センサー1と同じである。なお、P側可動電極指とN側可動電極指とは、同一の構成であるので、N側可動電極指の説明は省略する。また、以下の説明で使用する図では、実施形態と同一の構成部位については、同一の番号を附し、重複する説明は省略する。

【0073】

2. 変形例1

図12は、変形例1に係るP側可動電極指の構成を示す平面図である。図12は、図1におけるB部に相当する位置のP側可動電極指651を拡大して示している。

P側可動電極指651は、P側第1固定電極指412aとP側第2固定電極指412bとの間に位置している。P側可動電極指651は、P側第1固定電極指412aと対向する第1部分651aと、第1部分651aとP側第2固定電極指412bとの間に位置する第2部分651bと、第1部分651aと第2部分651bとを接続する接続部651cとを有している。

【0074】

第1部分651aは、P側第1固定電極指412aと間隔D1で対向している。第2部分651bは、第1部分651aと間隔D3で対向し、P側第2固定電極指412bと間隔D2で離間している。間隔D1は間隔D2よりも狭く、間隔D3は間隔D2よりも狭い。

40

【0075】

図12に示すP側可動電極指651は、第1部分651aと第2部分651bとが枠部521から平行に延出している。

接続部651cは、第1部分651aの先端と第2部分651bの先端とを接続している。また、Z軸からの平面視にて、接続部651cは、枠部521と先端との間において、複数の四角形を形成するように、第1部分651aと第2部分651bとを接続している。枠部521と先端との間を接続する接続部651cの数は、1つであっても複数であってもよい。図12に示すように、P側可動電極指651は、四角形をY軸に沿って組み

50

合わせたラーメン構造であるので、実施形態 1 の効果に加え、慣性センサー 1 の機械的強度が向上し、高い信頼性を発揮することができる。

【 0 0 7 6 】

3 . 変形例 2

図 1 2 に示す P 側可動電極指 6 5 1 において、第 2 部分 6 5 1 b の Y 軸に沿う幅 W 2 は、第 1 部分 6 5 1 a の Y 軸に沿う幅 W 1 よりも狭い構成であってもよい。これにより、間隔 D 1 及び間隔 D 3 を維持したまま、間隔 D 1 に対する間隔 D 2 を広げることができるので、加速度の検出精度が向上する。

【 0 0 7 7 】

4 . 変形例 3

図 1 3 は、変形例 3 に係る P 側可動電極指の構成を示す平面図である。図 1 3 は、図 1 における B 部に相当する位置の P 側可動電極指 6 6 1 を拡大して示している。

P 側可動電極指 6 6 1 は、P 側第 1 固定電極指 4 1 2 a と P 側第 2 固定電極指 4 1 2 b との間に位置している。P 側可動電極指 6 6 1 は、P 側第 1 固定電極指 4 1 2 a と対向する第 1 部分 6 6 1 a と、第 1 部分 6 6 1 a と P 側第 2 固定電極指 4 1 2 b との間に位置する第 2 部分 6 6 1 b と、第 1 部分 6 6 1 a と第 2 部分 6 6 1 b とを接続する接続部 6 6 1 c とを有している。

【 0 0 7 8 】

第 1 部分 6 6 1 a は、P 側第 1 固定電極指 4 1 2 a と間隔 D 1 で対向している。第 2 部分 6 6 1 b は、第 1 部分 6 6 1 a と間隔 D 3 で対向し、P 側第 2 固定電極指 4 1 2 b と間隔 D 2 で離間している。間隔 D 1 は間隔 D 2 よりも狭く、間隔 D 3 は間隔 D 2 よりも狭い。

【 0 0 7 9 】

図 1 3 に示す P 側可動電極指 6 6 1 は、第 1 部分 6 6 1 a と第 2 部分 6 6 1 b とが枠部 5 2 1 から平行に延出している。

接続部 6 6 1 c は、第 1 部分 6 6 1 a の先端と第 2 部分 6 6 1 b の先端とを接続している。また、Z 軸からの平面視にて、接続部 6 6 1 c は、枠部 5 2 1 と先端との間において、複数の三角形を形成するように、第 1 部分 6 6 1 a と第 2 部分 6 6 1 b とを斜めに接続している。枠部 5 2 1 と先端との間を接続する接続部 6 6 1 c の数は、1 つであっても複数であってもよい。図 1 3 に示すように、P 側可動電極指 6 6 1 は、三角形を Y 軸に沿って組み合わせたトラス構造であるので、実施形態 1 の効果に加え、慣性センサー 1 の機械的強度が向上し、高い信頼性を発揮することができる。なお、変形例 3 に上述した変形例 2 を適用してもよい。

【 0 0 8 0 】

5 . 変形例 4

図 1 4 は、変形例 4 に係る P 側可動電極指の構成を示す平面図である。図 1 4 は、図 1 における B 部に相当する位置の P 側可動電極指 6 7 1 を拡大して示している。

P 側可動電極指 6 7 1 は、P 側第 1 固定電極指 4 1 2 a と P 側第 2 固定電極指 4 1 2 b との間に位置している。P 側可動電極指 6 7 1 は、P 側第 1 固定電極指 4 1 2 a と対向する第 1 部分 6 7 1 a と、第 1 部分 6 7 1 a と P 側第 2 固定電極指 4 1 2 b との間に位置する第 2 部分 6 7 1 b とを有している。

【 0 0 8 1 】

第 1 部分 6 7 1 a は、P 側第 1 固定電極指 4 1 2 a と間隔 D 1 で対向している。第 2 部分 6 7 1 b は、第 1 部分 6 7 1 a と間隔 D 3 で対向し、P 側第 2 固定電極指 4 1 2 b と間隔 D 2 で離間している。

【 0 0 8 2 】

図 1 4 に示す P 側可動電極指 6 7 1 は、第 1 部分 6 7 1 a と第 2 部分 6 7 1 b とが枠部 5 2 1 から平行に延出している。P 側可動電極指 6 7 1 が、第 1 部分 6 7 1 a と第 2 部分 6 7 1 b とを接続する接続部を備えない構成であっても、実施形態 1 と同様の効果を奏する。

【 0 0 8 3 】

10

20

30

40

50

6 . 実施形態 2

図 1 5 は、実施形態 2 に係るスマートフォンを示す斜視図である。

【 0 0 8 4 】

図 1 5 に示す電子機器としてのスマートフォン 1 2 0 0 は、慣性センサー 1 と、慣性センサー 1 から出力される検出信号に基づいて制御を行う制御回路 1 2 1 0 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 1 2 1 0 に送信され、制御回路 1 2 1 0 は、受信した検出データからスマートフォン 1 2 0 0 の姿勢や挙動を認識して、表示部 1 2 0 8 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。

【 0 0 8 5 】

このような電子機器としてのスマートフォン 1 2 0 0 は、慣性センサー 1 と、慣性センサー 1 から出力される検出信号に基づいて制御を行う制御回路 1 2 1 0 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。

【 0 0 8 6 】

なお、電子機器は、前述したスマートフォン 1 2 0 0 の他にも、例えば、パーソナルコー、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ー、ラップトップ型パーソナルコンピューター、テレビ、ヘッドマウントディスプレイ (H M D) 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、ページャー、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、 P O S 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、フ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。

【 0 0 8 7 】

7 . 実施形態 3

図 1 6 は、実施形態 3 に係る慣性計測装置を示す分解斜視図である。図 1 7 は、慣性計測装置が有する基板の斜視図である。

【 0 0 8 8 】

図 1 6 に示す電子機器としての慣性計測装置 2 0 0 0 (I M U : I n e r t i a l M e a s u r e m e n t U n i t) 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 2 0 0 0 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 8 9 】

慣性計測装置 2 0 0 0 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 2 1 1 0 が形成されている。この 2 ヶ所のネジ穴 2 1 1 0 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 2 0 0 0 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、デジタルスチー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。

【 0 0 9 0 】

慣性計測装置 2 0 0 0 は、アウターケース 2 1 0 0 と、接合部材 2 2 0 0 と、センサーモジュール 2 3 0 0 と、を有し、アウターケース 2 1 0 0 の内部に、接合部材 2 2 0 0 を介在させて、センサーモジュール 2 3 0 0 を挿入した構成となっている。アウターケース 2 1 0 0 の外形は、前述した慣性計測装置 2 0 0 0 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 2 1 1 0 が形成されている。また、アウターケース 2 1 0 0 は、箱状であり、その内部にセンサーモジュール 2 3 0 0 が収納されている。

【 0 0 9 1 】

センサーモジュール 2 3 0 0 は、インナーケース 2 3 1 0 と、基板 2 3 2 0 と、を有している。インナーケース 2 3 1 0 は、基板 2 3 2 0 を支持する部材であり、アウターケー

10

20

30

40

50

ス 2 1 0 0 の内部に収まる形状となっている。また、インナーケース 2 3 1 0 には、基板 2 3 2 0 との接触を抑制するための凹部 2 3 1 1 や後述するコネクタ 2 3 3 0 を露出させるための開口 2 3 1 2 が形成されている。このようなインナーケース 2 3 1 0 は、接合部材 2 2 0 0 を介してアウターケース 2 1 0 0 に接合されている。また、インナーケース 2 3 1 0 の下面には接着剤を介して基板 2 3 2 0 が接合されている。

【 0 0 9 2 】

図 1 7 に示すように、基板 2 3 2 0 の上面には、コネクタ 2 3 3 0、Z 軸まわりの角速度を検出する角速度センサー 2 3 4 0 z、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 2 3 5 0 などが実装されている。また、基板 2 3 2 0 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 2 3 4 0 x および Y 軸まわりの角速度を検出する角速度センサー 2 3 4 0 y が実装されている。そして、加速度センサー 2 3 5 0 として、本発明の慣性センサー 1 を用いることができる。

10

【 0 0 9 3 】

また、基板 2 3 2 0 の下面には、制御回路としての制御 IC 2 3 6 0 が実装されている。制御 IC 2 3 6 0 は、MCU (Micro Controller Unit) であり、慣性計測装置 2 0 0 0 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 2 3 2 0 にはその他にも複数の電子部品が実装されている。

【 0 0 9 4 】

8 . 実施形態 4

図 1 8 は、実施形態 4 に係る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 9 は、移動体測位装置の作用を示す図である。

20

【 0 0 9 5 】

図 1 8 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。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。

【 0 0 9 6 】

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。

30

【 0 0 9 7 】

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、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

【 0 0 9 8 】

また、GPS 受信部 3 3 0 0 は、受信アンテナ 3 4 0 0 を介して GPS 衛星からの信号を受信する。また、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 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。

【 0 0 9 9 】

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

50

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。

【0100】

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。

【0101】

9.実施形態5

図20は、実施形態5に係る移動体を示す斜視図である。

【0102】

図20に示す移動体としての自動車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と、慣性センサー1と、制御回路1502と、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。

【0103】

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から出力される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、自動車1500は、前述した慣性センサー1の効果を楽しみ、高い信頼性を発揮することができる。

【0104】

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に限定されず、例えば、飛行機、ロケット、人工衛星、船舶、無人搬送車(AGV)、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。

【0105】

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いてもよい。また、前述した実施形態を適宜組み合わせてもよい。

【0106】

以下に、実施形態から導き出される内容を記載する。

【0107】

慣性センサーは、第1方向に延在する第1固定電極指及び第2固定電極指と、前記第1固定電極指と前記第2固定電極指との間に位置し、前記第1方向と交差する第2方向に変位可能な可動電極指と、を備え、前記可動電極指は、前記第1固定電極指と対向する第1部分と、前記第1部分と前記第2固定電極指との間に位置する第2部分と、を有し、前記第1部分と前記第1固定電極指との間隔をD1、前記第2部分と前記第2固定電極指との間隔をD2、前記第1部分と前記第2部分との間隔をD3とした時、 $D1 < D2$ 、且つ $D3 < D2$ を満たすことを特徴とする。

【0108】

この構成によれば、各電極指をドライエッチングで形成する際のマスクパターンの粗密差が小さくなり、マイクロローディング効果が低減する。これにより、慣性センサーの各

10

20

30

40

50

電極指をドライエッチングで形成する際の加工精度が向上するので、慣性の検出精度が高い慣性センサーを提供することができる。

【0109】

上記の慣性センサーは、前記第1部分と前記第2部分とを接続する接続部を有し、 $D1 = D3$ を満たすことが好ましい。

【0110】

この構成によれば、第1部分と第2部分とは接続部で接続されているので、可動電極指の機械的強度が向上し、高い信頼性を有する慣性センサーを提供することができる。また、 $D1 = D3$ を満たすことで、マスクパターンの粗密差がさらに小さくなり、マイクロローディング効果が低減する。

【0111】

上記の慣性センサーにおいて、前記第2方向における前記第2部分の幅は、前記第1部分の幅より狭いことが好ましい。

【0112】

この構成によれば、間隔 $D1$ 及び間隔 $D3$ を維持したまま、間隔 $D1$ に対する間隔 $D2$ を広げることができるので、慣性の検出精度が向上する。

【0113】

慣性センサーの製造方法であって、第1方向に延在する第1固定電極指及び第2固定電極指と、前記第1固定電極指と前記第2固定電極指との間に位置し、前記第1方向と交差する第2方向に変位可能な可動電極指とをエッチングにて加工する第1の工程、を備え、前記第1の工程は、前記可動電極指を前記第1固定電極指と対向する第1部分と、前記第1部分と前記第2固定電極指との間に位置する第2部分と、に加工する第2の工程を有し、前記第2の工程では、前記第1部分と前記第1固定電極指との間隔を $D1$ 、前記第2部分と前記第2固定電極指との間隔を $D2$ 、前記第1部分と前記第2部分との間隔を $D3$ とした時、 $D1 < D2$ 、且つ $D3 < D2$ に加工することを特徴とする。

【0114】

この製造方法によれば、第1固定電極指、第2固定電極指及び可動電極指をドライエッチングで形成する際のマスクパターンの粗密差が小さくなり、マイクロローディング効果が低減する。これにより、慣性センサーをドライエッチングで形成する際の加工精度を向上させることができる。

【0115】

電子機器は、上記のいずれか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る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。

【0116】

この構成によれば、電子機器は、上記の慣性センサーの効果を楽しむことができ、高い信頼性を発揮することができる。

【0117】

移動体は、上記のいずれか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る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。

【0118】

この構成によれば、移動体は、上記の慣性センサーの効果を楽しむことができ、高い信頼性を発揮することができる。

【符号の説明】

【0119】

1...慣性センサー、2...基部、3...素子部、4...固定電極部、6...可動電極部、8...蓋部、41...P側固定電極部、42...N側固定電極部、61...P側可動電極部、62...N側可動電極部、411...P側幹部、412...P側固定電極指、412a...P側第1固定電極指、412b...P側第2固定電極指、421...N側幹部、422...N側固定電極指、422a...N側第1固定電極指、422b...N側第2固定電極指、521...枠部、611、651、661、671...P側可動電極指、611a、621a、651a、661a、6

10

20

30

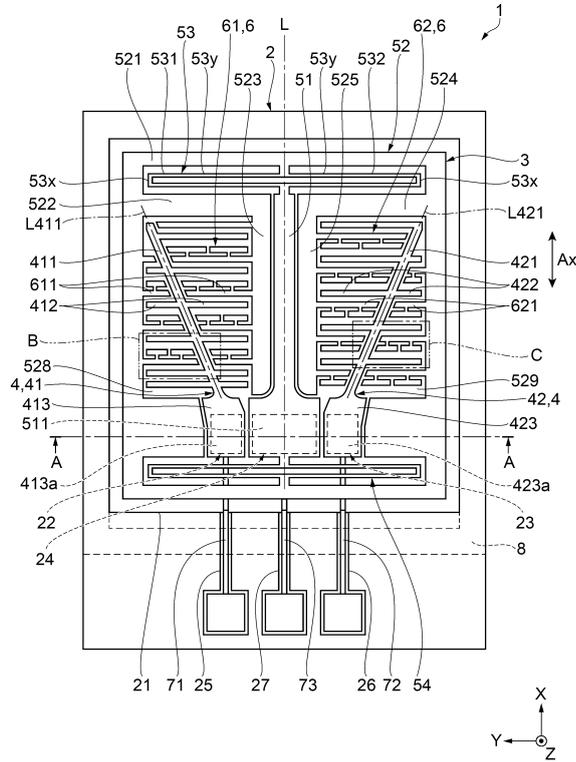
40

50

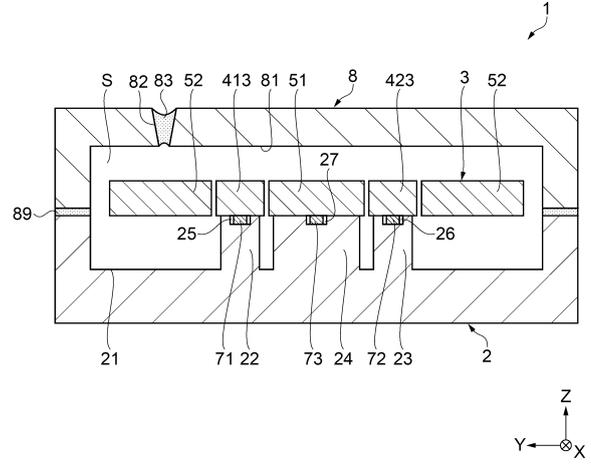
7 1 a ... 第 1 部分、6 1 1 b , 6 2 1 b , 6 5 1 b , 6 6 1 b , 6 7 1 b ... 第 2 部分、6 1 1 c , 6 2 1 c , 6 5 1 c , 6 6 1 c ... 接続部、6 2 1 ... N 側可動電極指、1 2 0 0 ... スマートフォン、1 2 1 0 , 1 5 0 2 ... 制御回路、1 5 0 0 ... 自動車、2 0 0 0 , 3 1 0 0 ... 慣性計測装置、2 3 5 0 ... 加速度センサー、3 0 0 0 ... 移動体測位装置。

【 図 面 】

【 図 1 】



【 図 2 】

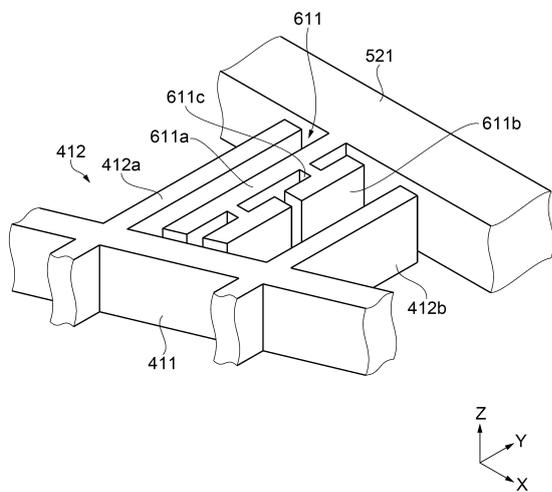


10

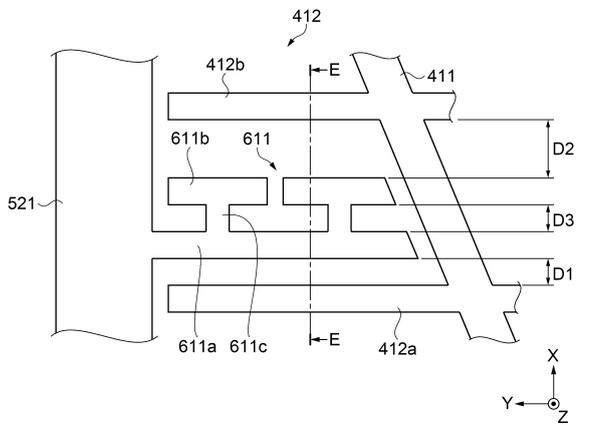
20

30

【 図 3 】



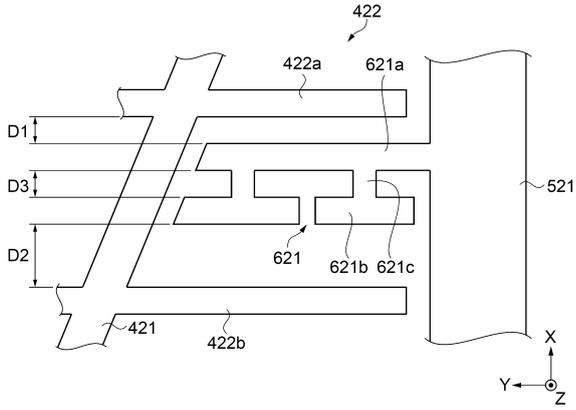
【 図 4 】



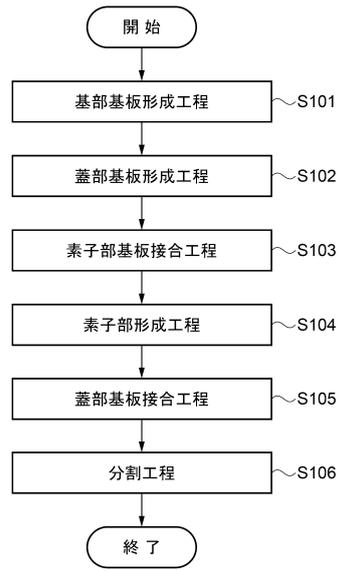
40

50

【図 5】



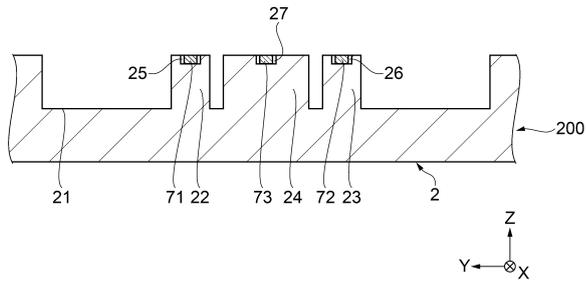
【図 6】



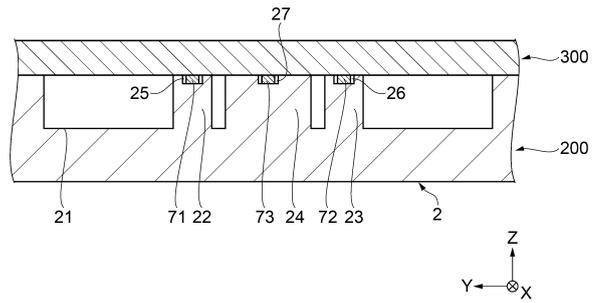
10

20

【図 7】



【図 8】

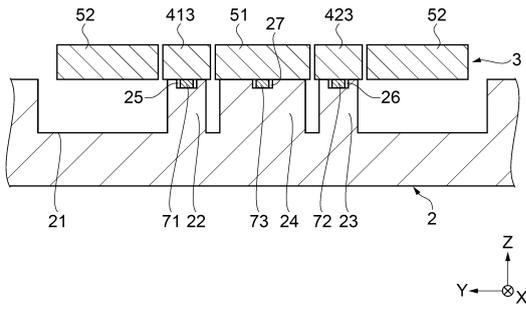


30

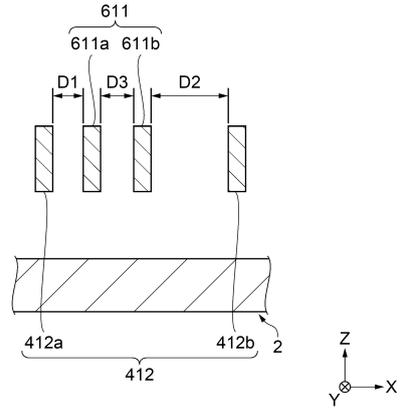
40

50

【図 9】

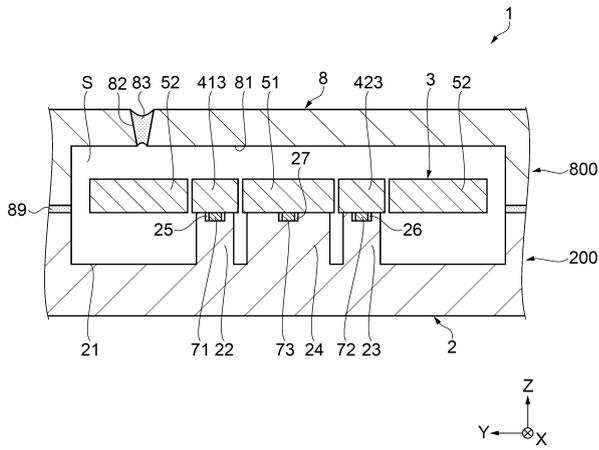


【図 10】

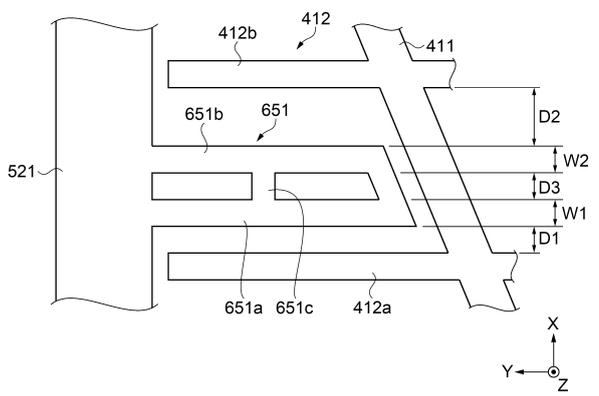


10

【図 11】



【図 12】



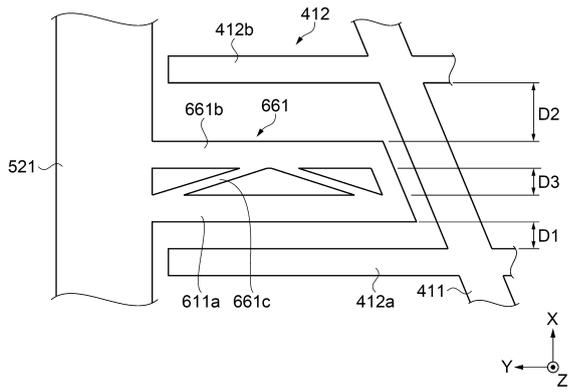
20

30

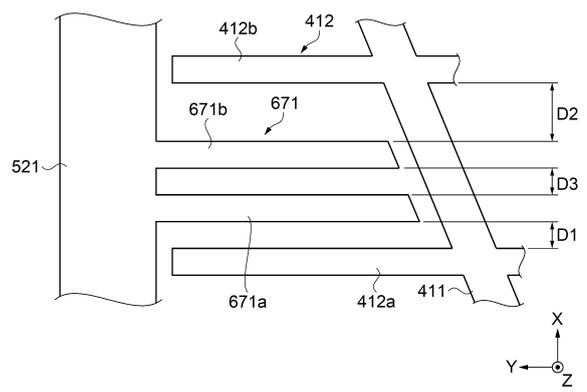
40

50

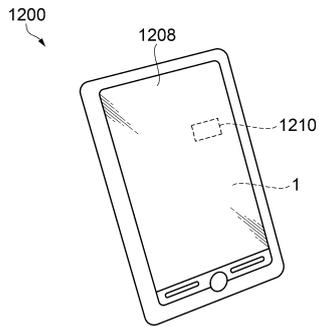
【図 13】



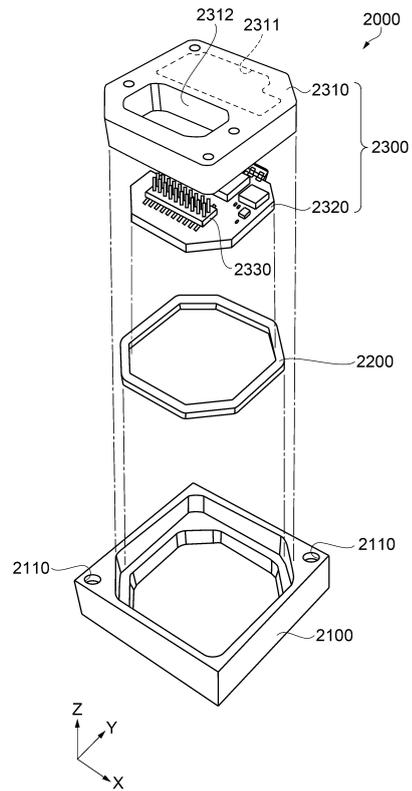
【図 14】



【図 15】



【図 16】



10

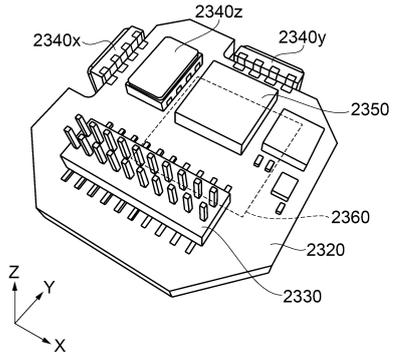
20

30

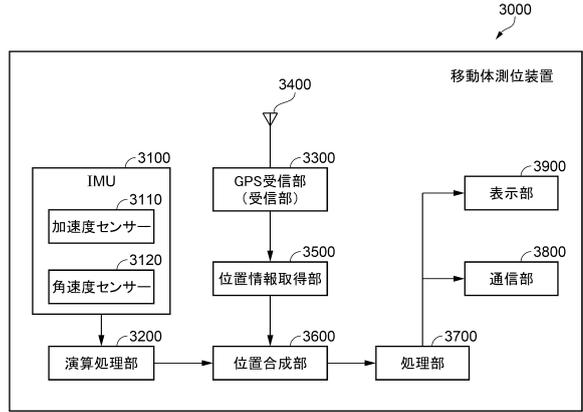
40

50

【図 17】

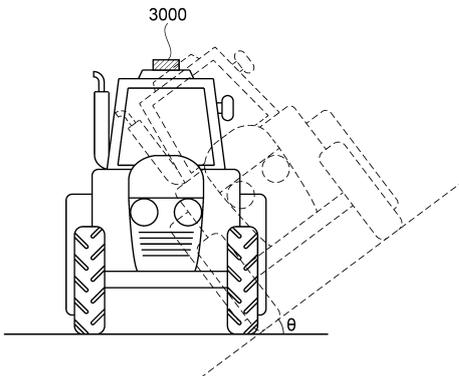


【図 18】

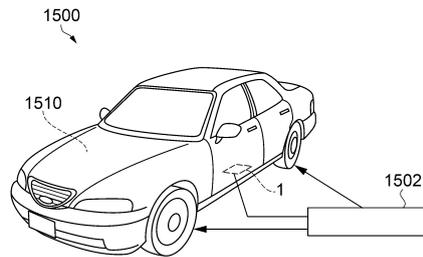


10

【図 19】



【図 20】



20

30

40

50

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開平 1 1 - 3 2 6 3 6 5 (J P , A)
特開 2 0 0 0 - 2 0 6 1 4 2 (J P , A)
特開 2 0 0 0 - 7 7 6 8 1 (J P , A)
特開 2 0 1 8 - 9 1 8 2 0 (J P , A)
- (58)調査した分野 (Int.Cl. , D B 名)
G 0 1 P 1 5 / 0 0 - 1 5 / 1 8
H 0 1 L 2 9 / 8 4