

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2015 年 10 月 29 日(29.10.2015)



(10) 国際公開番号

WO 2015/163300 A1

- (51) 国際特許分類:
G01P 15/125 (2006.01) H01L 29/84 (2006.01)
G01P 15/08 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2015/062043
- (22) 国際出願日: 2015 年 4 月 21 日(21.04.2015)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2014-089742 2014 年 4 月 24 日(24.04.2014) JP
- (71) 出願人: 日立オートモティブシステムズ株式会社 (HITACHI AUTOMOTIVE SYSTEMS, LTD.)
[JP/JP]; 〒3128503 茨城県ひたちなか市高場 2 5 2 0 番地 Ibaraki (JP).
- (72) 発明者: 鄭 希元(JEONG Heewon); 〒1008280 東京都千代田区丸の内一丁目 6 番 6 号 株式会社日立製作所内 Tokyo (JP). 林 雅秀(HAYASHI Masahide); 〒3128503 茨城県ひたちなか市高場 2 5 2 0 番地 日立オートモティブシステムズ株式会社内 Ibaraki (JP).
- (74) 代理人: 平木 祐輔, 外(HIRAKI Yusuke et al.); 〒1056232 東京都港区愛宕 2 丁目 5 番 1 号 愛宕

グリーンヒルズMORIタワー32階 Tokyo (JP).

- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーロパ (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ユーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

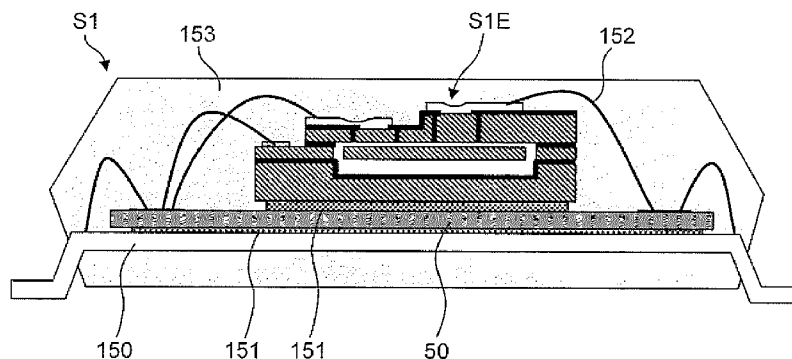
添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

(54) Title: ACCELERATION SENSOR

(54) 発明の名称: 加速度センサ

図 1



(57) Abstract: The purpose of the present invention is to provide a highly reliable acceleration sensor having minimal zero drift both initially and over time, even when used under poor installation conditions, while keeping production costs low. In this acceleration sensor, a weight that rotates when acceleration is applied in the z direction is positioned within a cavity that is surrounded by a supporting substrate and a cap layer. The cap layer is formed such that there is a difference in the mass per unit surface area between the two sides thereof situated to either side of the rotary shaft of the weight (see fig. 1).

(57) 要約: 本発明は、製造コストを安価に保ちつつ、劣悪な設置環境下において使用した場合であっても、初期および経時的な0点ドリフトが少ない高信頼な加速度センサを提供することを目的とする。本発明に係る加速度センサにおいては、z方向に加速度が印加されると回転する錘を、支持基板とキャップ層によって囲まれるキャビティ内に配置している。キャップ層は、錘の回転軸を挟んだ両側において単位面積当たりの質量が互いに異なるように形成されている (図1参照)。



WO 2015/163300 A1

明 細 書

発明の名称： 加速度センサ

技術分野

[0001] 本発明は、加速度センサに関するものである。

背景技術

[0002] 近年、横滑り防止や衝突防止、駐車支援システムなどのような自動車の安全走行システムの法規制化、ロボットの普及など、姿勢や運動を制御する多様なアプリケーションの開発および普及にともない、MEMS (Micro Electro Mechanical Systems) 型加速度センサのニーズおよび市場が急速に拡大している。それにともなって、面外方向の加速度を計測することに対する要求が増している。また、自動車のエンジンルームのような周辺の温度・湿度および振動などの環境条件が劣悪な場所においても、センサ性能のドリフトや経時変動（例えば0点ドリフトや感度変動）が少ない、高信頼かつ低コストの加速度センサに対する要求が増している。

[0003] 静電容量検出型加速度センサは一般に、印加される加速度に応じて変位する錘と、その錘との間で静電容量を形成する検出電極を備える。これらの構成要素は、複数の層を持つシリコン基板に対して、フォトリソグラフィ技術、エッチング技術、基板貼りあわせ技術を適用することにより、形成することができる。

[0004] 下記特許文献1記載の加速度センサは、第1方向とそれに直交する第2方向によって形成される面内に配置されたデバイス層上に錘が形成され、第1方向および第2方向と直交する第3方向（上下方向）において錘を挟むようにして支持基板とキャップ層が形成されている。錘は板状になっており、錘の重心部から離れた位置においてねじれ梁を介して支持基板に懸架されている。これにより、第3方向における加速度が錘に対して印加されると、錘は第1方向または第2方向周りで回転する。すなわち、錘の回転中心が錘の重

心部から離れているため、印加される第3方向の加速度に比例して回転中心においてモーメントが発生し、その結果錘は第3方向に変位する。

[0005] 錘の第3方向における変位は、支持基板側に形成される2つの検出電極を用いて検出される。検出電極は錘の回転中心から見て等しい距離に対称的に配置されている。したがって、支持基板の平面に垂直な第3方向（z方向）において印加される加速度に応じて錘が回転し、錘が支持基板側に近づく位置に配置されている検出電極の静電容量は増加する。その反面、錘の回転軸を中心に対称的にその反対方向、すなわち、錘が支持基板から離れる位置に配置される検出電極の静電容量は減少する。この2つの検出電極の静電容量を差動検出することにより、第3方向に印加された加速度に比例した電気信号を得ることができる。

[0006] 下記特許文献2記載の加速度センサは、特許文献1記載の加速度センサ同様、錘が第1方向または第2方向周りを回転するように構成され、検出電極はキャップ層側に設置されている。特許文献2においては、錘の一部を取り除くことにより重さのアンバランスを形成し、錘の回転および第3方向における変位を実現している。したがって、特許文献2記載の加速度センサは、錘の回転中心と、支持基板およびキャップ層によって錘を囲むように形成されるキャビティの中心とを一致させることができる。すなわち、2つの検出電極は錘の形状的な中心およびキャビティの中心に対して対称的に配置されている。このような配置にすることにより、周辺温度の変化などによって支持基板、錘、キャップ層などにより構成される加速度検出素子に歪が発生した場合でも、2つの検出電極が錘に対して一様に変位する。したがって、歪による検出電極の静電容量の変化は差動検出によって相殺されるため、これを加速度の印加による信号から分離することができる。結果的に実装起因または環境温度の変化などによる0点ドリフトが少ない加速度センサを提供することができる。

[0007] 下記特許文献3においては、錘を上下で挟むように支持基板とキャップ層を配置することにより、キャビティを構成している。また、環境温度の変化

など外的な要因によってキャビティの変形を防ぐ目的で、支持基板とデバイス層とキャップ層を繋ぐ複数のポストが設置されている。

[0008] 下記特許文献4記載の加速度センサにおいては、錘に対して電気信号を付与する手段として、支持基板またはキャップ層を貫通する導電体が形成されている。

先行技術文献

特許文献

[0009] 特許文献1：特開平9－189716号公報

特許文献2：特開2008－544243号公報

特許文献3：特開2000－019198号公報

特許文献4：特許第5105968号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0010] 加速度センサのコストを下げる代表的な技術としては、支持基板とキャップ層によって錘を囲むようにキャビティを構成することにより錘を外部からの物理的な力から保護し、加速度検出素子を導電性ワイヤで信号処理ICなどと連結した後、安価な熱硬化性樹脂を用いて加圧成形したパッケージによって加速度検出素子をパッケージングする方法が知られている。

[0011] ところで、支持基板とキャップ層に囲まれている錘と信号処理ICとの間で電気信号を入出力するためには、例えば支持基板またはキャップ層を貫通する導電性電極材（貫通電極）をデバイス層に到達するまで貫通形成し、錘と信号処理ICを機械的および電氣的に接続させる必要がある。

[0012] 特許文献1記載の加速度センサにおいては、検出電極が信号処理IC側に形成されているため、熱硬化性樹脂を加圧成形する安価なパッケージ技術を採用する場合であっても、実装時の圧力やパッケージの変形によるセンサ性能に対する影響は限定的であると考えられる。しかし、例えば錘が形成される部品に合わせて信号処理ICの構成要素を配置する必要があるなど、錘が

形成される部品と信号処理 IC との間の機械的および電氣的な接続を形成するためには、複雑な設計および製造技術が必要であることが容易に推測できる。

[0013] 特許文献 2 記載の加速度センサは、キャビティの中心と回転中心を一致させ、回転中心から見て等しい距離に検出電極を配置しているため、熱硬化性樹脂を加圧成形する安価なパッケージ技術を採用した場合でも、初期の 0 点オフセットや経時的な応力緩和に伴う 0 点の変動を抑制することが期待できる。しかし、キャビティの中心と回転中心を一致させるためには、錘の一部に貫通孔を形成することにより重さのアンバランスを作った後、さらに検出電極の対向面積を確保するため板を貼りあわせるなど、複雑な製造プロセスが必要となる。

[0014] 特許文献 3 記載の加速度センサにおいては、キャップ層や支持基板の変形を抑制するため、支持基板、錘が形成されるデバイス層、およびキャップ層を繋ぐ複数のポストを設置している。しかしポストを設置する分、検出電極の対向面積は減少するため、センサの小型化には不利と言える。

[0015] 本発明は、上記のような課題に鑑みてなされたものであり、製造コストを安価に保ちつつ、劣悪な設置環境下において使用した場合であっても、初期および経時的な 0 点ドリフトが少ない高信頼な加速度センサを提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0016] 本発明に係る加速度センサにおいては、z 方向に加速度が印加されると回転する錘を、支持基板とキャップ層によって囲まれるキャビティ内に配置している。キャップ層は、錘の回転軸を挟んだ両側において単位面積当たりの質量が互いに異なるように形成されている。

発明の効果

[0017] 本発明に係る加速度センサによれば、環境変化や経時変化に起因する 0 点ドリフトを抑制することができる。

図面の簡単な説明

[0018] [図1]実施形態1に係る加速度センサS1の全体構成を示す模式図である。

[図2]加速度検出素子S1Eが備える錘2およびその周辺構成を示す平面図である。

[図3]図2のA-A'断面図である。

[図4]加速度センサS1の動作原理を説明する図である。

[図5]信号処理IC50の回路図である。

[図6]キャップ層100に数Mpaの圧力が印加された場合のキャップ層100および固定側電極C1B、C2Bの変形の様子を有限要素法で解析した結果を示す図である。

[図7]実施形態2に係る加速度センサS2の主要な構成要素を示す平面図である。

[図8]図7のA-A'断面図である。

[図9]実施形態3に係る加速度センサの構成を説明する図である。

[図10]キャップ層100の変曲点を調整するため、段差tに代えてキャップ層100に溝11を設けた構成例を示す図である。

[図11]キャップ層100の変形の様子を有限要素法で解析した結果を示した図である。

発明を実施するための形態

[0019] 以下の実施形態において便宜上必要があるときは、複数のセクションまたは実施形態に分割して説明するが、特に明示した場合を除き、それらはお互いに無関係なものではなく、一方は他方の一部または全部の変形例、詳細、補足説明等の関係にある。

[0020] 以下の実施形態において、要素の数等（個数、数値、量、範囲等を含む）に言及する場合、特に明示した場合および原理的に明らかに特定の数に限定される場合等を除き、その特定の数に限定されるものではなく、特定の数以上でも以下でもよい。

[0021] 以下の実施の形態において、その構成要素（要素ステップ等も含む）は、特に明示した場合および原理的に明らかに必須であると考えられる場合等を

除き、必ずしも必須のものではない。

[0022] 以下の実施形態において、構成要素等の形状、位置関係等に言及するときは、特に明示した場合および原理的に明らかにそうではないと考えられる場合等を除き、実質的にその形状等に近似または類似するもの等を含むものとする。このことは、上記数値および範囲についても同様である。

[0023] 実施形態を説明するための全図において、同一の部材には原則として同一の符号を付し、その繰り返しの説明は可能な限り省略するようにしている。なお、図面をわかりやすくするために平面図であってもハッチングを付す場合がある。以下、本発明の実施形態を図面に基づいて説明する。

[0024] <実施の形態 1>

図 1 は、本発明の実施形態 1 に係る加速度センサ S 1 の全体構成を示す模式図である。加速度センサ S 1 は、加速度検出素子 S 1 E、信号処理 IC (Integrated Circuit) 50、リードフレーム 150、導電性ワイヤ 152 を備える。導電性ワイヤ 152 は、加速度検出素子 S 1 E、信号処理 IC 50、リードフレーム 150 間を電氣的に接続する。信号処理 IC 50 と加速度検出素子 S 1 E は、接着剤 151 を介してそれぞれリードフレーム 150 と信号処理 IC 50 上に固定される。

[0025] 熱硬化性樹脂 153 を加圧成形し、各部品を覆うことにより、加速度センサ S 1 が完成する。加速度センサ S 1 は、より上位なシステムに組み込まれ、検出した物理量情報を上位システムに提供する。

[0026] 図 2 は、加速度検出素子 S 1 E が備える錘 2 およびその周辺構成を示す平面図である。ここでは後述の図 3 で説明するキャップ層 100 を剥がした状態におけるデバイス層 1c の平面図を示している。

[0027] 加速度検出素子 S 1 E は、後述する方法により加工形成された錘 2 を備える。錘 2 は、ねじれ梁 5 を介して固定部 6 に懸架され、これにより y 方向（第 2 方向）の周りを回転するように構成されている。固定部 6 は、後述する中間絶縁層 1b を介して支持基板 1a に固定される。したがって錘 2 は、第 3 方向（z 方向）に印加される加速度に比例して第 2 方向の周りを回転、す

なわち第3方向に変位する。パッドE1については後述する。

[0028] 図3は、図2のA-A'断面図である。加速度検出素子S1Eは、錘2や固定部6など機械的な構成要素を形成するため、例えばSOI (Silicon On Insulator) 基板1を備える。SOI基板1は、支持基板1a上に中間絶縁層1bが形成された構成を備え、中間絶縁層1b上にデバイス層1cが形成されている。支持基板1aは、例えばシリコン (Si) により形成されている。中間絶縁層1bは、例えば酸化シリコン (SiO₂) により形成されている。デバイス層1cは、例えば導電性シリコンにより形成されている。

[0029] 支持基板1aと中間絶縁層1bとの総厚は、例えば数百μmである。デバイス層1cの厚さは、例えば数~数十μmである。本実施形態1においてはSOI基板を使用しているが、半導体基板としてSOI基板以外のものを用いることもできる。例えば、表面MEMS技術を用いた導電性ポリシリコン、またはニッケル (Ni) などのめっき金属をデバイス層1cとして使用してもよい。

[0030] SOI基板1は、支持基板1a上にキャビティCDを加工した後、熱酸化することによって中間絶縁層1bを形成し、さらにデバイス層1cを貼り合わせるにより形成することもできる。

[0031] 加速度検出素子S1Eの各構成要素は、デバイス層1cとキャップ層100を加工することにより形成される。デバイス層1cとキャップ層100を加工する方法としては以下のようなものがある。まずデバイス層1cまたはキャップ層100上に、光や電子ビームなどに対して反応するレジストを塗布した後、フォトリソグラフィや電子線描画技術を利用して、デバイス層1cまたはキャップ層100上のレジストの一部を除去する。次に、RIE (Reactive Ion Etching) を用いたドライエッチングや、TMAHやKOHなどのアルカリ性薬品を用いたウェットエッチング技術を用いることにより、露出されたデバイス層1cまたはキャップ層100を除去する。その後、残りのレジストを除去することにより、デバイス層1c

およびキャップ層１００上に後述する各構成要素を形成することができる。

[0032] キャップ層１００内には、錘２の変位を測定するため、固定側電極Ｃ１ＢとＣ２Ｂが形成される。錘２は、駆動側電極としての役割を担う。固定側電極Ｃ１ＢおよびＣ２Ｂと駆動側電極により、後述の図４で説明する検出電極Ｃ１およびＣ２が形成される。検出電極Ｃ１とＣ２の静電容量は、錘２の動きに連動して、片側が増えた場合はもう片側は減るように配置されている。そのため、後述する図４において説明する差動検出方式を用いることにより、印加された加速度に比例した出力を得ることができる。回路を構成する各要素における詳細な説明は後述する。

[0033] キャップ層１００は、錘２の回転中心Ｂ周辺に示すように、段差が設けられている。この段差により、回転中心Ｂの左側の剛性と右側の剛性は、互いに異なる。この理由については後述の図６で説明する。

[0034] キャップ層１００は、錘２、ねじれ梁５、検出電極Ｃ１とＣ２を外部の衝撃、機械的な接触、埃などから守るための層である。キャップ層１００は、ドライエッチング技術などによって形成されたトレンチを有する。熱酸化膜などの絶縁膜１０１がトレンチに埋め込まれ、これによりキャップ層１００と支持基板１によって囲まれるキャビティＣＤの気密を維持する。キャップ層１００にトレンチを形成し、さらに絶縁膜１０１を埋め込むことにより、キャップ層１００を複数部分に分割してそれぞれ電氣的に分離させることができる。

[0035] 図３に示す貫通電極Ｔ３とＴ４は、トレンチおよび絶縁膜１０１によってキャップ層１００を分割することにより形成され、固定側電極Ｃ１ＢとＣ２Ｂとして機能する。絶縁膜１０１は例えば、トレンチを形成した後に熱酸化するか、またはＣＶＤ（Chemical Vapor Deposition）を用いることにより形成することができる。

[0036] 絶縁膜１０１、貫通電極Ｔ３とＴ４などが形成されたキャップ層１００を、錘２、ねじれ梁５などが形成されるＳＯＩ基板１に接合することにより、錘２などを外部からの機械的な接触および埃から保護することができる。接

合方法としては、（a）金や錫などの合金をキャップ層 100 とデバイス層 1c の間に塗布した後、熱処理することで硬化させる共晶接合法、（b）キャップ層 100 とデバイス層 1c の表面をプラズマで活性化し、シリコンーシリコンまたはシリコンーシリコン酸化膜同士を直接接合する常温活性化接合法、（c）2つの表面を酸と純水の混合液で洗浄し、表面に水酸基を作った後、常温で水素結合させ、高温で加熱することにより、シリコンーシリコンまたはシリコンーシリコン酸化膜同士を直接接合する方法、などがある。

[0037] 錘 2、固定側電極 C1B と C2B などと後述する信号処理 IC50 との間を電氣的に接続するため、パッド E1、E3、E4などを形成する。パッド E3、E4はそれぞれ貫通電極 T3、T4と接続される。信号処理 IC50 は、パッド E1、E3、E4を介して、錘 2 や固定側電極 C1B と C2B との間で電気信号を入出力することができる。

[0038] 図 4 は、加速度センサ S1 の動作原理を説明する図である。錘 2 は、ねじれ梁 5 を中心軸として、第 1 方向（x 方向）における中心軸両側の重さが互いに異なるように形成されている。すなわち、第 3 方向（z 方向）に加速度が印加された場合、ねじれ梁 5 の左側の錘 2（m1）が受ける力（F1）と、右側の錘 2（m2）が受ける力（F2）は互いに異なる値となる。さらに、錘 2 の左側部分の重心からねじれ梁 5 までの距離（r1）と、錘 2 の右側部分の重心からねじれ梁 5 までの距離（r2）も異なるため、錘 2 の回転中心となるねじれ梁 5 に働くモーメント M にはアンバランス（0 にならない）が発生する。そのため錘 2 は、第 3 方向（z 方向）に印加された加速度（a）に比例して、第 2 方向（y 方向）周りをねじれ梁 5 を回転中心として回転する。下記式 1 は、第 3 方向に加速度 a が印加された場合のねじれ梁 5 に発生するモーメント M を示す。ねじれ梁 5 の剛性を k とした場合、発生する角度 Θ （錘 2 の第 3 方向への変位）は下記式 2 として定義できる。

[0039] $M = m_1 \cdot a \cdot r_1 - m_2 \cdot a \cdot r_2 = F_1 \cdot r_1 - F_2 \cdot r_2 \neq 0$

式 1)

$\Theta = M/k$ 式 2)

[0040] 後述するC V (Capacitance to Voltage) 変換回路 5 2 は、第 3 方向に発生する変位に応じて静電容量が変化する 2 つの検出電極 C 1 と C 2 を用いて差動検出を実施することにより、第 3 方向の変位（静電容量の変化）を電気信号（電圧）に変換する。検出電極 C 1、C 2 の固定側電極 C 1 B、C 2 B としてキャップ層 1 0 0 の一部に形成された貫通電極 T 3、T 4 は、錘 2 との間で静電容量を形成し、C V 変換回路 5 2 はその静電容量の変化を検出する。

[0041] 錘 2 を第 3 方向に印加される加速度に応じて変位させるためには、錘 2 の重心から離れた位置にねじれ梁 5（回転中心）を配置する必要がある。検出電極 C 1 と C 2 は、印加される加速度に対するセンサ出力の線形性を確保するため、ねじれ梁 5 から見て第 1 方向において等間隔かつ同じ静電容量の大きさになるように形成される。したがって、検出電極 C 1、C 2 は、必然的に支持基板 1 a およびキャップ層 1 0 0 によって形成されるキャビティ C A の中心から離れた位置に配置されることになる。

[0042] 上記回路構成を実現するため、固定側電極 C 1 B、C 2 B としての役割を有する貫通電極 T 3、T 4 は、それぞれねじれ梁 5（錘 2 の回転中心）から見て、第 1 方向（x 方向）において等しい距離に配置されている。また、ねじれ梁 5 を中心とする錘 2 の左側部分と固定側電極 C 1 B が形成する静電容量は、錘 2 の右側部分と固定側電極 C 2 B が形成する静電容量と同じ大きさとなるように配置されている。

[0043] 図 5 は、信号処理 I C 5 0 の回路図である。信号処理 I C 5 0 は、パッド E 3、E 4 を介して、搬送波 5 1 を固定側電極 C 1 B、C 2 B に対して印加する。錘 2 は、ねじれ梁 5 と固定部 6、パッド E 1 を介して、C V 変換回路 5 2 の入力端子に接続されている。これによって、錘 2 と固定側電極 C 1 B、C 2 B との間の静電容量の変化を検出することができる。

[0044] 同期検波回路 5 3 は、C V 変換回路 5 2 からの出力信号を、搬送波 5 1 の周波数を用いて処理することにより、錘 2 の動きに追従した振幅および周波数を復元する。A D 変換部 5 4 はその結果をデジタル信号に変換する。これ

により、錘 2 に対して印加された加速度に比例した信号 V_o が出力される。

[0045] <実施の形態 1 : キャップ層 100 について>

加速度センサ S 1 は、低コスト化のため、熱硬化性樹脂 153 を加圧成形したパッケージを採用している。そのため、加速度検出素子 S 1 E は、熱硬化性樹脂 153 を加圧成形する際に発生する圧力を受けることになる。そのため加速度センサ S 1 の出荷時において 0 点ドリフトが生じ得る。さらに、パッケージの形成時に熱硬化性樹脂 153 の内部に発生する内部応力は、環境温度や湿度の変化によって経時的に緩和するなどして変動する。そのため加速度センサ S 1 を出荷した後においても 0 点ドリフトが生じ得る。

[0046] 本実施形態 1 においては、上記課題を解決するため、キャップ層 100 に段差を設け、固定側電極 C 1 B に対応する部分の剛性と固定側電極 C 2 B に対応する部分の剛性とが互いに異なるようにしている。以下その具体的構成について説明する。

[0047] 図 6 は、キャップ層 100 に数 Mpa の圧力が印加された場合のキャップ層 100 および固定側電極 C 1 B、C 2 B の変形の様子を有限要素法で解析した結果を示す図である。図 6 (a) は、キャップ層 100 に段差 t がない場合の解析結果を示す。図 6 (b) は、キャップ層 100 に段差 t を設けた場合の解析結果を示す。段差 t を設けることにより、固定側電極 C 1 B に対応する部分は固定側電極 C 2 B に対応する部分よりも薄くなり、したがって剛性が弱くなり変形し易くなっている。

[0048] 図 6 (a) に示すように、キャップ層 100 に段差 t がない場合は、キャップ層 100 の変形の変曲点はキャビティ C A の中心に位置する。そのため、回転中心 B を中心として対称配置されている固定側電極 C 1 B、C 2 B の第 3 方向 (z 方向) に置ける変位量は、それぞれ異なる値となる。したがって、検出電極 C 1、C 2 の容量変化 $\Delta C 1$ 、 $\Delta C 2$ も互いに異なる値となり、センサの出力 (初期の 0 点) として本来期待される 0 ではない値を出力することになる。

[0049] 図 6 (b) に示すように、キャップ層 100 に段差 t を設けた場合は、キ

キャップ層 100 の変形の変曲点は、錘 2 の回転中心 B の真上に位置する。その結果、固定側電極 C1B、C2B の第 3 方向（z 方向）における変位量は、互いに同じ値となる。したがって、検出電極 C1、C2 の容量変化 $\Delta C1$ 、 $\Delta C2$ も同じ値となり、これらの変動分は差動検出によって相殺されるため、センサ出力は本来の期待通りの値となる。

[0050] キャップ層 100 に段差 t を設けることにより、熱硬化性樹脂 153 を加圧成形する際に発生する初期のセンサ出力（0 点オフセット）を抑制するのみならず、（a）熱硬化性樹脂 153 の内部の応力が経時的に緩和されて静電容量変化 $\Delta C1$ 、 $\Delta C2$ が変動する場合、（b）硬化性樹脂 153 が環境から水分を吸って膨張することにより静電容量変化 $\Delta C1$ 、 $\Delta C2$ が変動する場合、（c）リードフレーム 150 を特定の基板上に半田付けなどで拘束する際に発生する実装応力やひずみ、またこれらの経時的な変動によって静電容量変化 $\Delta C1$ 、 $\Delta C2$ が変動する場合、などにおいても、加速度センサ S1 の出力ドリフト（変動）を抑制することができる。

[0051] <実施の形態 1：まとめ>

以上のように、本実施形態 1 に係る加速度センサ S1 において、キャップ層 100 の固定側電極 C1B に対応する部分と固定側電極 C2B に対応する部分は互いに異なる厚さを有する。具体的には、錘 2 の回転中心 B を中心として軽い側に配置されている固定側電極 C1B に対応する部分は、重い側に配置されている固定側電極 C2B に対応する部分よりも薄く形成されている。これにより、熱硬化性樹脂 153 を加圧成形する際に発生する各検出電極 C1、C2 の変位量を同じくすることができる。この変位量は差動検出によって相殺できるため、加速度センサ S1 の初期 0 点および、環境温度、湿度、熱硬化性樹脂 153 の内部応力の緩和などに依存する経時的な 0 点の変動を抑制することができる。

[0052] 本実施形態 1 においては、熱硬化性樹脂 153 を加圧成形することでパッケージングを実施した例を示した。しかし本発明は、熱硬化性樹脂 153 を加圧成形するパッケージング方式に限定するものではなく、セラミックパッ

ケージなどあらかじめ形を成す入れ物に加速度検出素子 S 1 E を入れて蓋をするようなパッケージにおいても、同様の効果が得られることは言うまでもない。なぜならば、加速度検出素子 S 1 E は、支持基板 1 a、中間絶縁層 1 b、デバイス層 1 c、キャップ層 1 0 0、リードフレーム 1 5 0、信号処理 I C 5 0、接着剤 1 5 1 など、それぞれ異なる材料によって構成される薄い層の複合体として構成され、それぞれの構成材料の線膨張係数が異なるので、環境温度の変化によって歪が発生するからである。

[0053] 本実施形態 1 においては、便宜上、回転中心 B の左側、すなわちキャビティ C A が小さい方向のキャップ層 1 0 0 の厚さを薄くすることにより、変曲点が回転中心 B に位置するように調整している。同様に、回転中心 B の右側のキャップ層 1 0 0 を厚くしても同じ効果が期待できる。さらに、図示はしないが段差 t を 1 つだけでなく、スリット状に複数個に分けて配置しても同じ効果が得られることは言うまでもない。また段差を多段的に構成することもできる。

[0054] 本実施形態 1 においては、最もシンプルな板状の錘 2 とそれを等間隔（最小限）の隙間で囲む形でキャビティ C A を形成しているため、加工や製造工程が単純で、面積の使用効率も高いと言える。すなわち、小型化に有利と言える。

[0055] <実施の形態 2>

図 7 は、本発明の実施形態 2 に係る加速度センサ S 2 の主要な構成要素を示す平面図である。図 7 は図 2 と同様に、キャップ層 1 0 0 を剥がした状態を示している。以下では実施形態 1 の加速度センサ S 1 について説明した内容と重複する部分は省いて、変更・追加された部分を重点的に説明する。

[0056] 加速度センサ S 2 の製造方法は、実施形態 1 における加速度センサ S 1 と同様である。実施形態 1 と異なる点は、錘 2 が固定部 6 を囲むように配置され、すなわち固定部 6 が錘 2 の内側に形成されており、貫通電極 T 1、T 2 を介して、固定部 6 と信号処理 I C 5 0 が電氣的に接続されていることである。貫通電極 T 1、T 2 は、デバイス層 1 c とキャップ層 1 0 0 を機械的に

連結するように構成されているため、外部からの圧力印加などによってキャップ層 100 が変形することを抑制するポストとしての役割をも持つ。

[0057] 加速度センサ S2 の加速度検出素子 S2E においては、錘 2 の内側に固定部 6 が形成され、固定部 6 から第 2 方向に延びるようにしてねじれ梁 5 が形成され、ねじれ梁 5 の先端部に錘 2 が連結されている。固定部 6 は、錘 2 を囲むように支持基板 1a とキャップ層 100 によって形成されるキャビティ CA の中央部付近において、中間絶縁層 1b を介して支持基板 1a に固定される。

[0058] 図 8 は、図 7 の A-A' 断面図である。加速度センサ S2 は、実施形態 1 の加速度センサ S1 同様、錘 2 の変位を検出するため、固定側電極 C1B、C2B として機能する貫通電極 T3、T4 がキャップ層 100 において形成され、錘 2 との間で静電容量を成している。貫通電極 T3、T4 上にはパッド E3、E4 が形成され、信号処理 IC50 と電氣的に接続される。

[0059] 貫通電極 T1、T2 は、固定部 6 の上方からキャップ層 100 を貫通し、固定部 6 に到達している。貫通電極 T1、T2 は、回転軸 B に沿って配置されている。貫通電極 T1、T2 にはパッド E1 が接続されている。信号処理 IC50 は、パッド E1 および貫通電極 T1、T2 を介して電気信号を入出力する。これにより固定部 6 を介してその電気信号が錘 2 へ伝搬する。錘 2 との間で電気信号を入出力するためには 1 つの貫通電極のみでも十分であるが、貫通電極を複数個設けることにより、キャップ層 100 とデバイス層 1c との間の接続の良否を検査するための閉ループを形成することができる。

[0060] 貫通電極 T1、T2 を回転軸（B ラインまたはねじれ梁 5）に沿って配置することにより、安価である熱硬化性樹脂 153 をパッケージング材料として使う場合であっても、キャップ層 100 の変形と、それによる検出電極 C1、C2 の容量変化を抑制することができる。すなわち、貫通電極 T1、T2 は、錘 2 と信号処理 IC50 を電氣的に連結する電極としての役割とともに、キャップ層 100 の崩れを防げるポストとしての役割もかねている。

[0061] 錘 2 の第 3 方向（z 方向）における変位を測定するため、キャップ層 100

0の一部は貫通電極T3、T4として形成され、これを固定側電極C1B、C2Bとして用いる。そのため、熱硬化性樹脂153が加圧成形される際、キャップ層100の変形に応じて検出電極C1、C2の静電容量も変化することとなる。また、加速度検出素子S2Eは、支持基板1aとしてシリコンを用い、中間絶縁層1bとして酸化ケイ素を用い、パッドE1、E3、E4としてアルミなどの金属材料を用いるなど、複数の異種材料の積層構造体として成されている。そのため、環境温度の変化などによっても加速度検出素子S2Eまたはキャップ層100の変形による検出電極C1、C2の容量変化が発生することは容易に考えられる。

[0062] 検出電極C1、C2の容量変化は、検出電極C1、C2をねじれ梁5（回転中心：Bライン）を対称軸にして第1方向（x方向）において等間隔かつ同じ大きさの静電容量になるように配置するとともに、実施形態1と同様にキャップ層100に段差tを形成し、キャップ層100の変形の変曲点を回転中心に合わせた上、検出電極C1にはプラスの搬送波を印加し、検出電極C2にはマイナスの搬送波を印加し、その合計をCV変換回路52に入力して差動検出を実施することにより、理論的には相殺することができる。

[0063] しかし、加速度検出素子S2Eまたはキャップ層100の変形量が大きい場合は、検出電極C1、C2の可動側電極である錘2と固定側電極である貫通電極T3、T4との間の距離が短くなるため、2つの電極が接触することはもちろん、接触までは至らない場合でも、センサ感度の異常な増加、センサ出力の線形性の悪化、および、環境振動への耐性が悪化するなどの問題が発生する。

[0064] 初期段階（製品出荷段階の変動しない0点出力：0点出力とは、センサに加速度が印加されていない場合のセンサ出力であり、0となることが期待されている）のセンサの0点出力は電氣的に補正することができるが、熱硬化性樹脂153を採用したパッケージの場合、加圧成形時に樹脂内部には内部応力が発生し、この内部応力は時間とともに緩和されるため、キャップ層100の変形量も経時的に変化する。さらに、熱硬化性樹脂153は環境湿度

に応じてその体積が増減する。すなわち、環境湿度に依存してキャップ層 100 の変形量が変化する。これら環境的および経時的要因に依存する 0 点ドリフトは、電氣的な補正ができない。

[0065] 上記課題を解決するためには、検出電極 C 1、C 2 の初期および経時的な変動を抑制した上で、変動があった場合でも、その変動量を C 1 と C 2 との間で同じくすることで互いに相殺できるようにする必要がある。

[0066] その具体的な方法としては、貫通電極 T 1、T 2 を回転軸（ねじれ梁 5）に沿って複数個設置してポストとしての役割を持たせ、キャップ層 100 の変形をできるだけ小さくするとともに、キャップ層 100 に段差 t を付けることにより、仮に変形が発生した場合でも検出電極 C 1、C 2 の容量変動を互いに同じくし、差動検出によって相殺できるように構成することが有用である。

[0067] 加速度センサ S 2 においては、（構成 a）キャビティ C A の中心部付近に固定部 6 を配置し、（構成 b）回転軸に沿って複数個のポスト（貫通電極 T 1、T 2）を固定部 6 上に配置し、（構成 c）検出電極 C 1、C 2 は、ねじれ梁 5（回転軸：B ライン）を対称軸として第 1 方向（x 方向）に等間隔および同じ容量になるように配置し、（構成 d）キャップ層 100 は段差 t を有し、キャップ層 100 が変形した場合でも、検出電極 C 1、C 2 の容量変化が同じになるように構成している。これら（構成 a）～（構成 d）の効果について以下に説明する。

[0068] キャビティ C A の中央付近（図 7 の B ライン）に固定部 6 やねじれ梁 5 を配置し、固定部 6 上に回転軸（B ライン）に沿って貫通電極 T 1、T 2 を配置することにより、キャップ層 100 に対して外部から圧力が印加された場合でも崩れないように、すなわち、その変形量がなるべく小さくなるようにしている。さらに、キャップ層 100 は段差 t を有しているため、キャップ層 100 に変形が発生した場合でも、検出電極 C 1、C 2 の容量変化が同じとなるため、その変形による影響は差動検出により相殺することができる。

[0069] キャップ層 100 を厚くすることによりキャップ層 100 の変形量を低減

させることも容易に考えられる。しかし、貫通電極 T 1、T 2、T 3、T 4 を形成するためには、キャップ層 100 に狭いトレンチを加工し、さらに気密を確保するため絶縁膜 101（図 7、図 8 の前記貫通電極 T 1、T 2、T 3、T 4 の左右の絶縁膜）を埋め込む必要がある。一般的には、トレンチの幅とキャップ層 100 の厚さの比は 20 以下で量産性があるといわれている。そのため、キャップ層 100 を厚くすることは量産性の観点から限界がある。本実施形態 2 においては、トレンチの幅を数 μm 、キャップ層 100 の厚さを 100～400 μm にしている。

[0070] 検出電極 C 1、C 2 を、ねじれ梁 5（B ライン）を対称軸として第 1 方向（x 方向）に等間隔および同じ容量になるように配置している。また、回転中心（B ライン）から第 1 方向において長さが短いキャビティ C A 2 側のキャップ層 100 の厚さは、その反対側のキャビティ C A 1 側のキャップ層 100 の厚さより薄く形成されている。すなわち、検出電極 C 1、C 2 の固定側電極 C 1 B、C 2 B の第 3 方向における剛性が同程度になるように調整している。そのため、キャップ層 100 が外部からの圧力の印加や周辺環境の変動によって変形した場合でも、検出電極 C 1、C 2 の容量変動は同じとなり、差動検出によってその影響を相殺することができる。

[0071] <実施の形態 2：まとめ>

以上のように、本実施形態 2 に係る加速度センサ S 2 は、錘 2 に電気信号を印加するために設置した貫通電極 T 1、T 2 を、キャップ層 100 を支えるポストとしても活用することにより、キャップ層 100 の変形を低減することができる。さらに、キャップ層 100 に段差 t を設けることにより、外部からの圧力や環境変動による検出電極 C 1、C 2 の容量の変動を相殺し、センサの 0 点出力の安定性を向上させることができる。

[0072] 実施形態 1～2 において、キャップ層 100 に段差 t を設けることにより、検出電極 C 1、C 2 の容量変動量を同じにすることを説明した。実施形態 1 の本質は、キャップ層 100 の変曲点が回転中心（B ライン）と一致することである。また実施形態 2 の本質は、貫通電極 T 3、T 4 の剛性を同じに

することである。すなわち、キャビティCA1、CA2の大きさに応じて、貫通電極T3、T4の剛性を調整することにより、外部からの圧力印加または環境の変動によって発生する変形量を同じくすることができる。したがって、キャップ層100に段差tを設ける以外の手段であっても、キャップ層100の変曲点および固定側電極C1B(T3)、C2B(T4)の剛性を調整することができれば、実施形態1～2と同様の効果を発揮することができる。具体例については以下の実施形態3で説明する。

[0073] <実施の形態3>

本発明の実施形態3では、キャップ層100の変曲点および固定側電極C1B、C2Bの剛性を調整する方法として、実施形態1～2で説明した構成とは異なる手法について説明する。

[0074] 図9は、本実施形態3に係る加速度センサの構成を説明する図である。図9(c)は本実施形態3に係る加速度センサの平面図であり、図2と同様にキャップ層100を剥がした状態を示している。図9(d)は図9(c)のD-D'断面図である。図9(a)は実施形態1に係る加速度センサS1の平面図であり、比較のため図9(c)と併記した。図9(b)は図9(a)のC-C'断面図である。

[0075] 図9においては、キャップ層100の変曲点を調整するため、段差tに代えて孔10を用いている。孔10は、絶縁膜101の側から錘2に向かって、第3方向(z方向)に沿ってキャップ層100を貫通しないように形成されている。その他の構成は実施形態1～2と同様である。

[0076] キャップ層100の変曲点は、孔10の配置、大きさ、ピッチ、深さを調整することにより、様々に調整することができる。具体的には、回転軸Bの左側において右側よりも多くの孔10を形成することにより、回転軸B左側におけるキャップ層100の剛性を右側よりも弱めることができる。また孔10を用いることにより、段差tを設ける場合とは異なりキャップ層100の厚さを一定に維持することができる。そのため、キャップ層100上に配置される絶縁膜101、パッドE3、E4をより簡単な製造方法で形成する

ことができる。

[0077] 本実施形態3においては、キャップ層100の剛性を調整する方法として、キャップ層100にキャップ層100を貫通しない円柱状の孔10を設けている。しかし、四角や帯（溝）のような形を持つ孔であっても同じ効果が得られることは言うまでもなく、円形の孔に限定しているわけではない。

[0078] 図10は、キャップ層100の変曲点を調整するため、段差tに代えてキャップ層100に溝11を設けた構成例を示す図である。図10(a)はキャップ層100の平面図であり、図10(b)は図10(a)のE-E'断面図である。図10においては、キャップ層100の底面、すなわちキャビティCA側に溝11を形成している。ここでは実施形態2で説明した固定部6の配置を前提としているが、実施形態1で説明した構成においても溝11を設けることができる。

[0079] 図11は、キャップ層100の変形の様子を有限要素法で解析した結果を示した図である。図11(a)は溝11がない場合の解析結果を示し、図11(b)は溝11がある場合の解析結果を示す。

[0080] 図11(a)に示すように、溝11がない場合は、貫通電極T3、T4の第3方向(z方向)における変位量はそれぞれ異なる。したがって、静電容量変化 $\Delta C1$ 、 $\Delta C2$ も異なる値となり、キャップ層100の変形の影響を差動検出により相殺することができない。その結果は加速度センサの出力として現れ、加速度が印加されていない状態でも何らかの信号が出力されることになり、期待する0点の値を得ることができない。

[0081] 図11(b)に示すように、溝11を設けることにより、貫通電極T3、T4の第3方向における変位量をほぼ同じくすることができる。したがって、静電容量変化 $\Delta C1$ 、 $\Delta C2$ も同じ値となるため、差動検出を用いることによりキャップ層100の変形の影響を相殺することができる。

[0082] <実施の形態3：孔10および溝11についての補足>

キャップ層100の変曲点および剛性を調整するための孔10や溝11などの窪みは全て、固定側電極C1B、C2Bを周辺のシリコンから分離する

トレンチと絶縁膜 101 を跨らないように配置されている。

[0083] 孔 10、段差 t、溝 11 を、トレンチに埋め込まれている絶縁膜 101 を跨るように形成する場合は、キャップ層 100 のシリコンおよび絶縁膜 101 を構成する酸化ケイ素を除去するために実施形態 1～2 とは異なった製造ステップが必要となる。例えばシリコンを除去するためには、反応性ガスとして SF₆ が用いられ、酸化ケイ素膜を除去するためには反応性ガスとして CHF₃ が使われるため、製造工程が多少複雑となる。孔 10 や溝 11 などの窪みを、トレンチを跨らないように形成する場合は、シリコンだけを加工すればよいので、製造工程を簡素化することができる。

[0084] 図 9 に示すように、孔 10 や溝 11 などの窪みを、キャップ層 100 の外側（すなわち錘 2 と対向していない側の面）から錘 2 へ向けて第 3 方向に沿ってキャップ層 100 を貫通しないように形成する場合は、固定側電極 C1B または C2B と錘 2 との間の距離は窪みの存在によって影響されない。したがってこの場合は、図 9（c）の孔 10 が示すように、固定側電極 C1B または C2B と第 3 方向（z 方向）において重なる位置（図 9（c）の点線によって囲まれた内側部分）に窪みを配置してもよいし、重ならない位置（図 9（c）の点線によって囲まれていない外側部分）に配置してもよい。そのため、検出電極 C1、C2 の容量に影響を与えることなく、キャップ層 100 の変曲点および剛性を広範に調整することができる。

[0085] 図 10 に示すように、孔 10 や溝 11 などの窪みを、キャップ層 100 の内側（すなわち錘 2 と対向している側の面）から反対面へ向けて第 3 方向に沿ってキャップ層 100 を貫通しないように加工する場合は、固定側電極 C1B または C2B と錘 2 との間に孔 10 または溝 11 が位置することになるので、これら窪みの位置によっては、検出電極 C1、C2 と錘 2 が形成する静電容量が影響を受ける。したがってこの場合は、固定側電極 C1B または C2B と第 3 方向（z 方向）において重ならない位置に窪みを配置することが望ましい。この場合は、キャップ層 100 の外側から内側に向けて窪みを形成する場合に比べ、キャップ層 100 の変曲点や剛性を調整する自由度は

落ちる。反面、窪みの上にパッドE 1、E 3、E 4などを形成する必要がないため、パッドE 1、E 3、E 4の形成および配置、配線の引き回しが楽になる。

[0086] <本発明の変形例について>

本発明は上記した実施形態に限定されるものではなく、様々な変形例が含まれる。上記実施形態は本発明を分かりやすく説明するために詳細に説明したものであり、必ずしも説明した全ての構成を備えるものに限定されるものではない。例えば、上記実施形態においてはキャップ層100の剛性を調整する手段として、段差t、孔10、溝11を例示したが、これら以外の構成を用いる場合であっても、回転軸Bの両側においてキャップ層100のXY面内における単位面積当たりの質量を互いに異なるように構成することができれば、同様の効果を発揮することができると考えられる。

[0087] 以上の実施形態1～3においては、段差t、孔10、溝11を用いて、キャップ層100の変曲点および剛性、さらには固定側電極T3(C1B)、T4(C2B)の第3方向における変位量を調整することができることを示した。しかし、これらの方法は互いに独立したものに限定されるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲で種々変更可能であることはいうまでもない。例えば、孔10と溝11を組み合わせることでキャップ層100の表または裏にこれら窪みを形成することもできる。さらに、必要に応じて段差tを組み合わせてもよい。

[0088] 以上の実施形態1～3では、説明の便宜上、熱硬化樹脂153を用いたパッケージング技術を採用した場合を説明したが、加速度検出素子が複数の材料で構成されていることから、線膨張係数の違いによる加速度検出素子の変形も容易に想定される。そのため、セラミックパッケージや、あらかじめプラスチックを成形しその中に構成要素を実装するプレモールドパッケージなど、加速度検出素子自身の変形や実装による歪を伴う様々なパッケージ技術においても、本発明の概念は有用である。

[0089] 本発明は、自動車、ロボットなどの姿勢検知、カメラのぶれ補正、ナビゲ

ーションの姿勢・方向検知、ゲーム機の姿勢検知用のセンサなどの分野において幅広く利用することができる。特に、移動体での使用や、周辺にエンジン、モーター、電磁石、マイコンなど発熱源がある場合において、その効果を発揮することが期待できる。

符号の説明

[0090] S 1 ～ S 2 : 加速度センサ

1 a : 支持基板

1 b : 中間絶縁層

1 c : デバイス層

2 : 錘

5 : ねじれ梁

6 : 固定部

C 1 ～ C 2 : 検出電極

C 1 B : 検出電極の固定側電極

C 2 B : 検出電極の固定側電極

C A : キャビティ

C A 1 : キャビティ

C A 2 : キャビティ

T 1 ～ T 2 : 貫通電極（ポスト）

T 3 ～ T 4 : 貫通電極（検出電極の固定側電極）

E 1 ～ E 4 : パッド

1 0 1 : 絶縁膜

5 0 : 信号処理 I C

5 1 : 搬送波

5 2 : C V 変換回路

5 3 : 同期検波回路

5 4 : A D 変換部

1 0 0 : キャップ層

1 5 0 : リードフレーム

1 5 1 : 接着剤

1 5 2 : ワイヤ

1 5 3 : 熱硬化性樹脂

請求の範囲

[請求項1]

加速度を検出する加速度センサであって、
互いに直交する第1および第2方向によって形成される面内に配置された支持基板、
空隙部分を有し前記支持基板上に配置された固定部、
前記空隙部分を覆うキャップ層、
前記支持基板と前記キャップ層が前記空隙部分を囲むことによって形成されたキャビティ内に配置された錘、
前記固定部と前記錘との間を架橋する梁部、
前記キャップ層の一部として形成されるとともに前記梁部を挟んで配置され、それぞれ前記錘との間で静電容量を形成する第1および第2検出電極、
を備え、
前記錘は、前記第1および第2方向と直交する第3方向における加速度が印加されると前記梁部を回転軸として回転するように構成されるとともに、前記回転軸の両側の重さが互いに異なるように構成されており、
前記キャップ層は、前記第3方向における厚さが、前記梁部を挟んだ両側において互いに異なるように形成されており、
前記回転軸を中心として前記錘の重さが軽い側における前記キャップ層の前記第3方向における厚さは、前記錘の重さが重い側における前記キャップ層の前記第3方向における厚さよりも薄い
ことを特徴とする加速度センサ。

[請求項2]

前記キャップ層は、前記キャップ層を貫通することにより前記キャップ層を複数部分に分割して互いに電氣的に分離するトレンチを有し、
前記キャップ層はさらに、前記キャップ層を貫通せず、かつ前記トレンチを跨らないように形成された窪みを有する

ことを特徴とする請求項 1 記載の加速度センサ。

[請求項3] 前記キャップ層は、前記梁部を挟んだ両側において前記窪みを互いに異なる個数形成することにより、前記第 1 および第 2 方向によって形成される面内における単位面積当たりの質量が前記梁部を挟んだ両側において互いに異なるように形成されている

ことを特徴とする請求項 2 記載の加速度センサ。

[請求項4] 前記第 1 および第 2 検出電極は、前記キャップ層を前記トレンチによって分割することにより形成されており、

前記窪みは、前記キャップ層の前記錘と対向していない側の面から前記錘に向かって前記第 3 方向に沿って形成されている

ことを特徴とする請求項 3 記載の加速度センサ。

[請求項5] 前記第 1 および第 2 電極は、前記キャップ層を前記トレンチによって分割することにより形成されており、

前記窪みは、前記キャップ層の前記錘と対向している側の面から前記錘に向かって前記第 3 方向に沿って形成されるとともに、前記第 3 方向において前記第 1 および第 2 検出電極と重ならない位置に配置されている

ことを特徴とする請求項 3 記載の加速度センサ。

[請求項6] 前記加速度センサはさらに、前記第 1 および第 2 検出電極と前記錘との間で形成される静電容量を差動検出することにより前記加速度を検出する回路を備える

ことを特徴とする請求項 1 記載の加速度センサ。

[請求項7] 前記錘は前記第 1 および第 2 方向によって形成される面内において前記固定部を囲むように形成され、前記固定部は前記回転軸上に配置されており、

前記加速度センサはさらに、前記キャップ層を貫通して前記固定部と接触する貫通電極を備える

ことを特徴とする請求項 1 記載の加速度センサ。

[請求項8] 前記加速度センサはさらに、前記第1 および第2 検出電極と前記錘との間で形成される静電容量を検出するために必要な電気信号、または前記錘を駆動するために必要な電気信号を、前記貫通電極を介して前記錘との間で入出力する回路を備える

ことを特徴とする請求項7 記載の加速度センサ。

[請求項9] 前記支持基板、前記錘、および前記キャップ層は、シリコンを用いて形成されている

ことを特徴とする請求項1 記載の加速度センサ。

[請求項10] 前記支持基板、前記錘、および前記キャップ層は、加速度を検出する加速度検出素子として構成されており、

前記加速度センサはさらに、加圧成形された熱硬化性樹脂により形成されたパッケージを備え、

前記パッケージは、前記加速度検出素子をパッケージングする

ことを特徴とする請求項1 記載の加速度センサ。

[請求項11] 前記加速度センサはさらに、前記加速度検出素子との間で電気信号を送受信する回路を備え、

前記回路はリードフレーム上に配置されており、

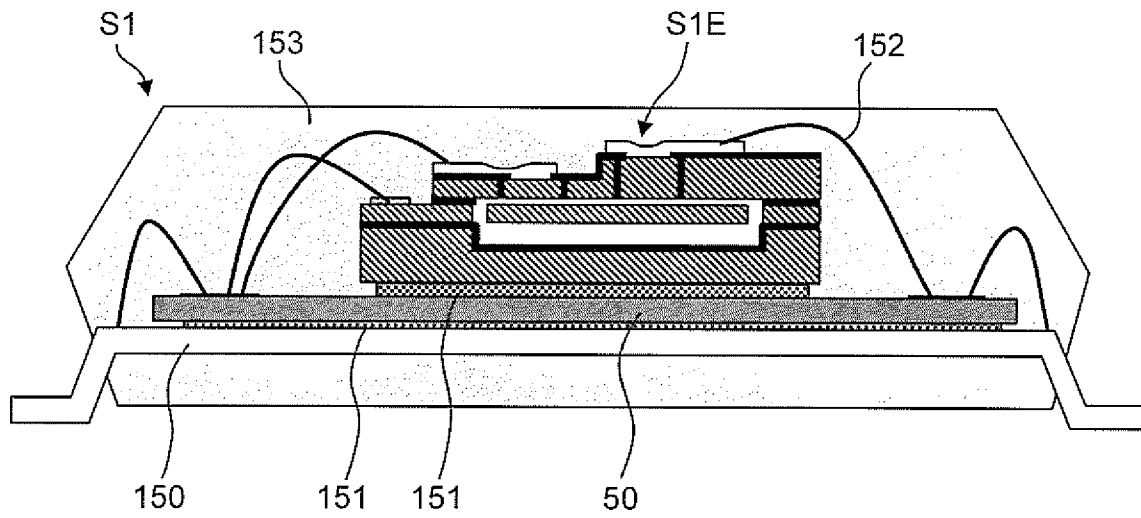
前記加速度検出素子は前記回路上に配置されており、

前記回路と前記加速度検出素子は、導電性ワイヤによって接続されている

ことを特徴とする請求項10 記載の加速度センサ。

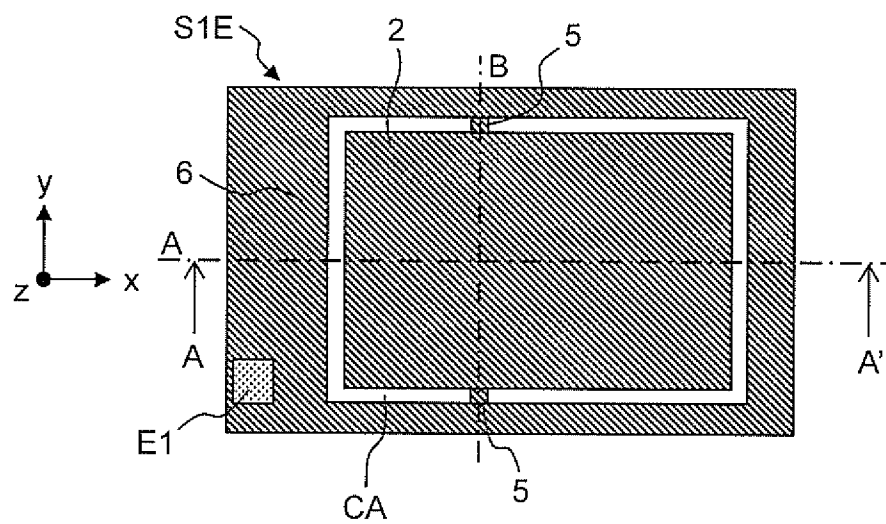
[図1]

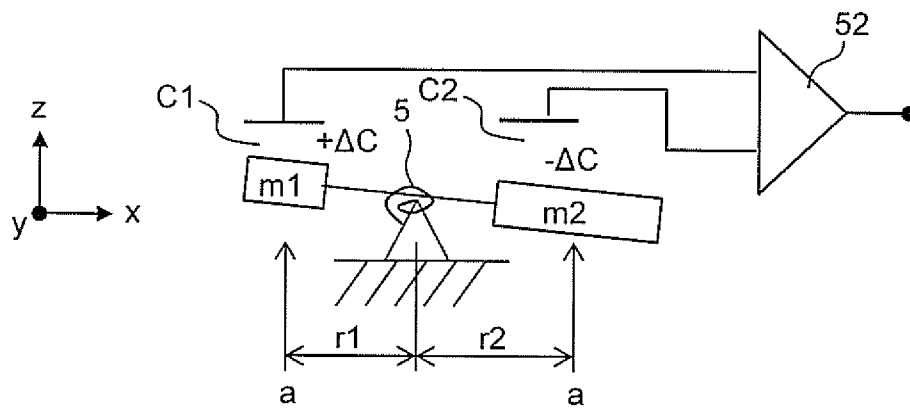
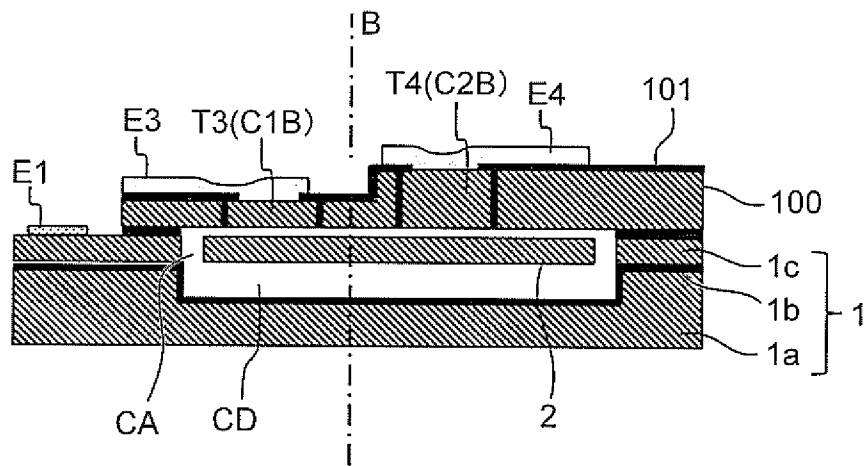
図 1



[図2]

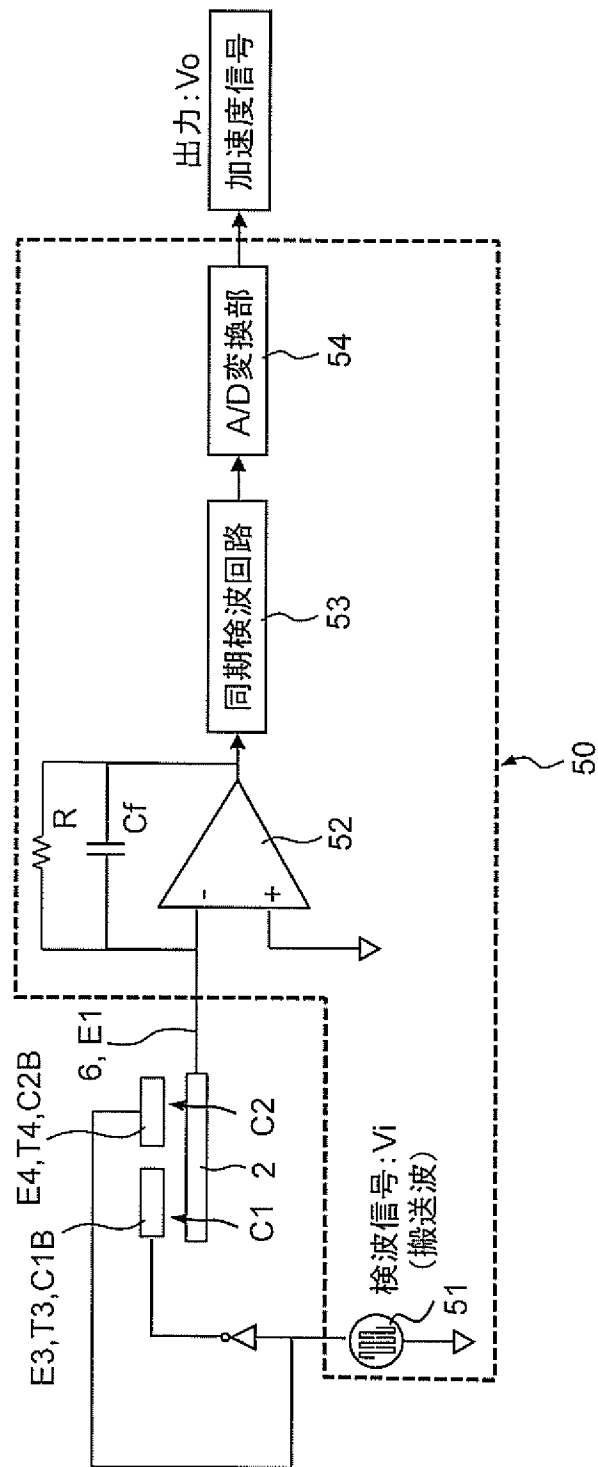
図 2





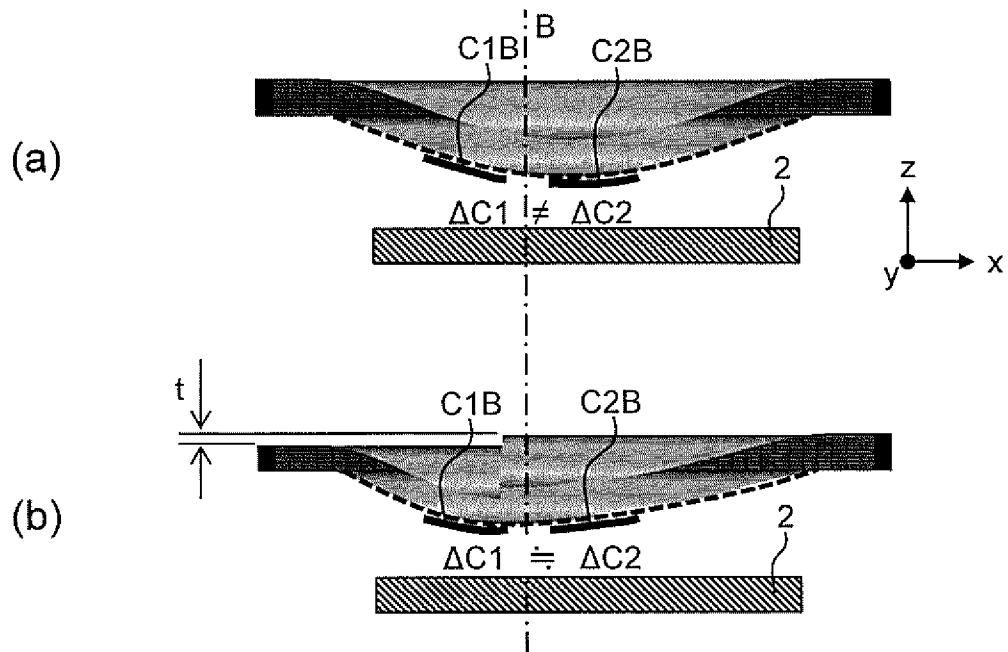
[図5]

図5



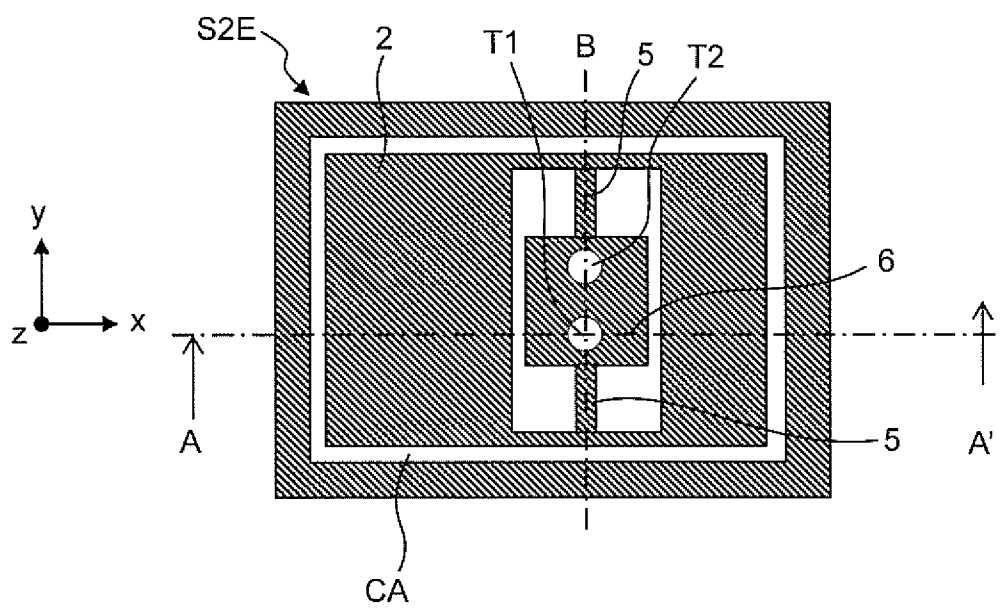
[図6]

图 6



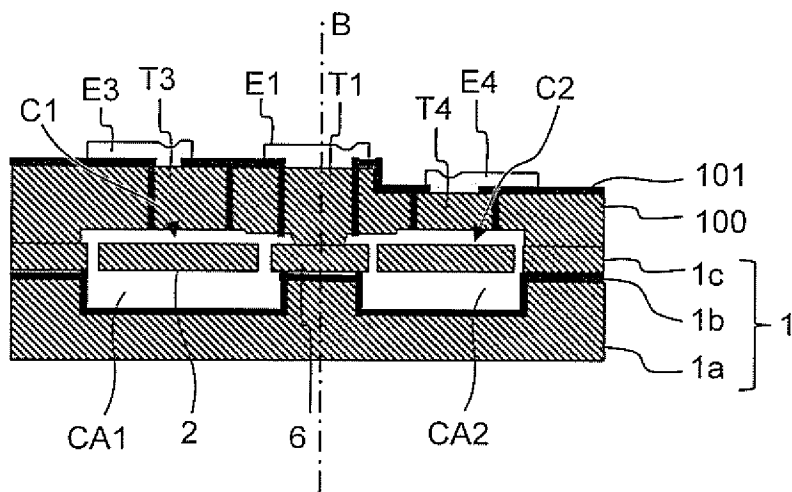
[図7]

图 7



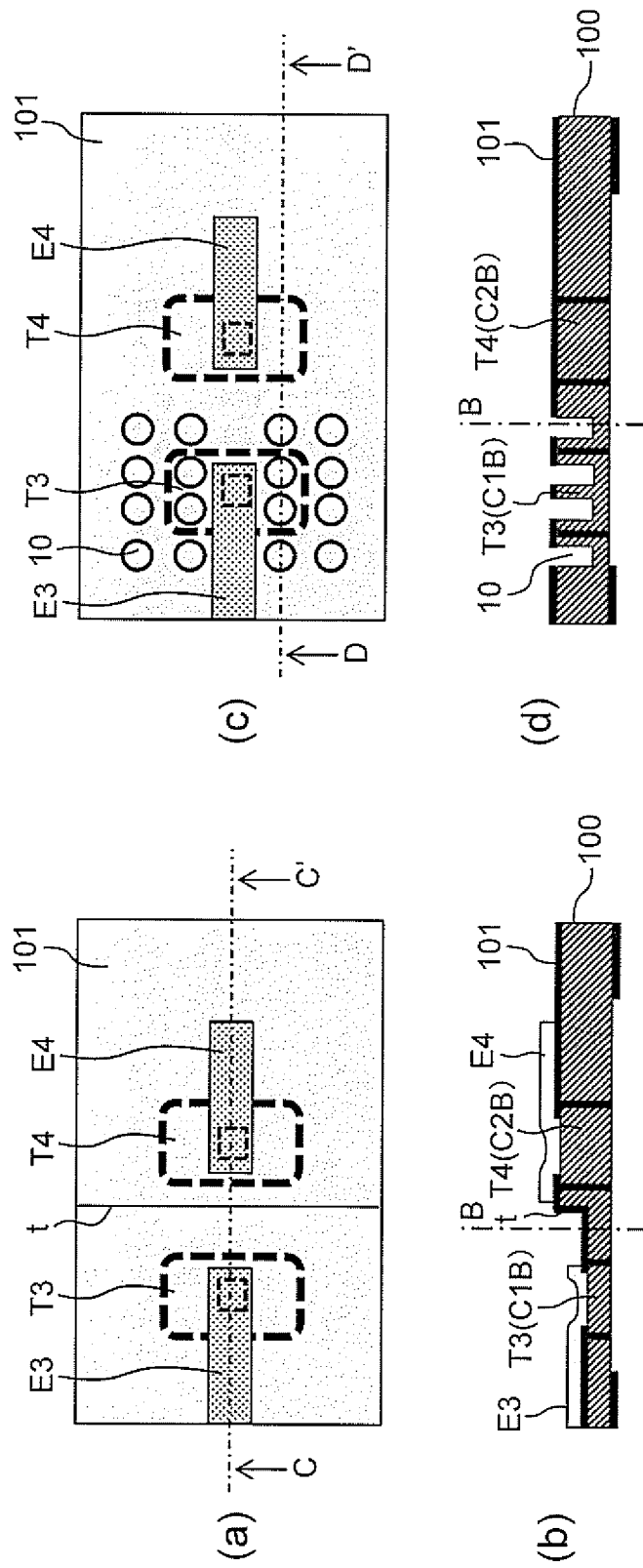
[図8]

図 8



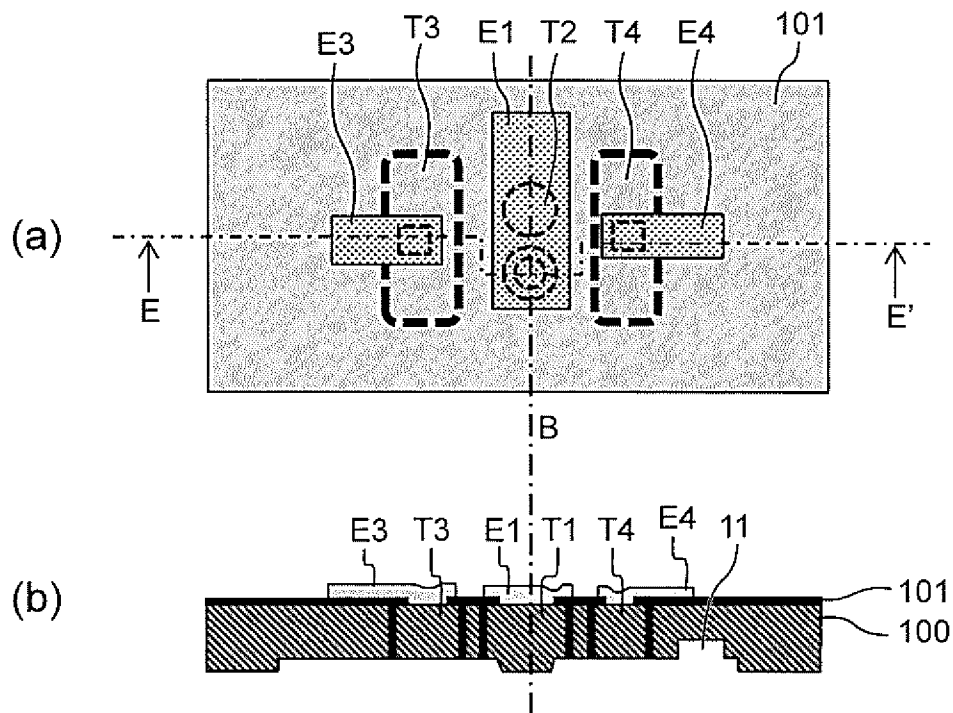
[図9]

図9



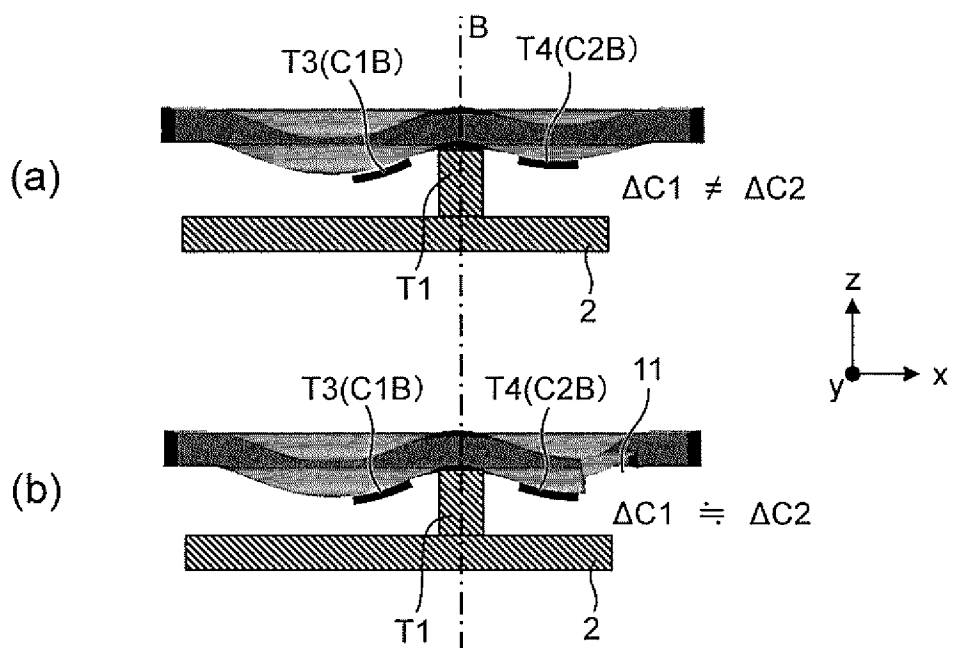
[図10]

図 10



[図11]

図 11



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2015/062043

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01P15/125(2006.01)i, G01P15/08(2006.01)i, H01L29/84(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G01P15/125, G01P15/08, H01L29/84

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2015
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2015	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2015

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 2005/052602 A1 (HONEYWELL INTERNATIONAL INC.), 09 June 2005 (09.06.2005), entire text; all drawings & EP 1685413 B1 & US 6935175 B2	1-11

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
13 May 2015 (13.05.15)

Date of mailing of the international search report
26 May 2015 (26.05.15)

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C）） Int.Cl. G01P15/125(2006.01)i, G01P15/08(2006.01)i, H01L29/84(2006.01)i			
B. 調査を行った分野 調査を行った最小限資料（国際特許分類（I P C）） Int.Cl. G01P15/125, G01P15/08, H01L29/84			
最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの 日本国実用新案公報 1 9 2 2 - 1 9 9 6 年 日本国公開実用新案公報 1 9 7 1 - 2 0 1 5 年 日本国実用新案登録公報 1 9 9 6 - 2 0 1 5 年 日本国登録実用新案公報 1 9 9 4 - 2 0 1 5 年			
国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）			
C. 関連すると認められる文献			
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示		関連する 請求項の番号
A	WO 2 0 0 5 / 0 5 2 6 0 2 A 1 (HONEYWELL INTERNATIONAL INC.) 2 0 0 5 . 0 6 . 0 9 全文、全図 & E P 1 6 8 5 4 1 3 B 1 & U S 6 9 3 5 1 7 5 B 2		1 - 1 1
☐ C 欄の続きにも文献が列挙されている。 ☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。			
* 引用文献のカテゴリー 「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの 「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す） 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願日の後に公表された文献 「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの 「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの 「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの 「&」 同一パテントファミリー文献			
国際調査を完了した日 1 3 . 0 5 . 2 0 1 5		国際調査報告の発送日 2 6 . 0 5 . 2 0 1 5	
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁（I S A / J P） 郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号		特許庁審査官（権限のある職員） 森 雅之 電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 2 1 6	2 F 8 5 0 5