

(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  
2012年8月23日(23.08.2012)



(10) 国際公開番号  
**WO 2012/111357 A1**

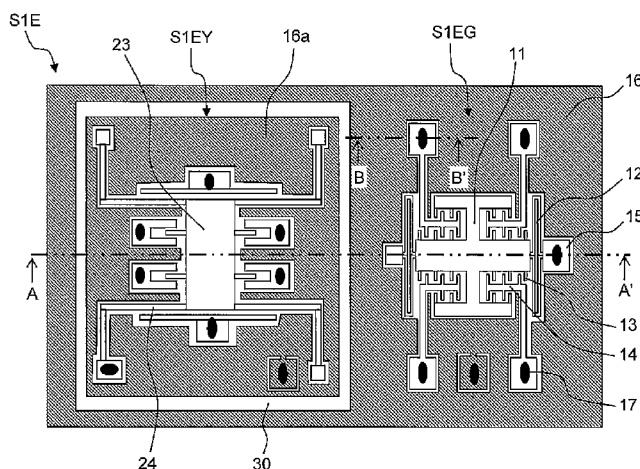
- (51) 国際特許分類:  
*G01C 19/5726* (2012.01) *G01P 15/08* (2006.01)  
*B81B 3/00* (2006.01) *G01P 15/125* (2006.01)  
*G01C 19/5769* (2012.01) *H01L 29/84* (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2012/050214
- (22) 国際出願日: 2012年1月10日(10.01.2012)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:  
特願 2011-030790 2011年2月16日(16.02.2011) JP
- (71) 出願人(米国を除く全ての指定国について): 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2520番地 Ibaraki (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人(米国についてのみ): 鄭 希元(JEONG Heewon) [KR/JP]; 〒1858601 東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地 株式会社日立製作所 中央研究所内 Tokyo (JP). 林 雅秀(HAYASHI Masahide) [JP/JP]; 〒3128503 茨城県ひたちなか市高場2520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, 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, IS, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, 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, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (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, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[続葉有]

(54) Title: COMPOSITE SENSOR

(54) 発明の名称: 複合センサ

図 2



(57) Abstract: The purpose of the present invention is to provide a composite sensor, wherein influence of an electrostatic force generated due to a potential difference is suppressed, and deterioration of an S/N ratio and fluctuation of sensor sensitivity can be eliminated. This composite sensor is provided with, by having formed in a laminated substrate, a first movable section and a second movable section, and a first dummy section and a second dummy section, said first dummy section and second dummy section being disposed at the peripheries of the first movable section and the second movable section. The first dummy section and the second dummy section are electrically isolated from each other, a first potential is applied to the first movable section and the first dummy section, and a second potential is applied to the second movable section and the second dummy section (see fig.2).

(57) 要約: 電位差によって生じる静電力の影響を抑え、S/N比の低下やセンサ感度の変動を防止できる複合センサを提供することを目的とする。本発明に係る複合センサは、第1可動部および第2可動部と、これらの周辺に配置されている第1ダミー部および第2ダミー部を、積層基板の層内に形成して備えている。第1ダミー部と第2ダミー部は電気的に分離されており、第1可動部と第1ダミー部には第1電位が印加され、第2可動部と第2ダミー部には第2電位が印加される(図2参照)。

部および第2可動部と、これらの周辺に配置されている第1ダミー部および第2ダミー部を、積層基板の層内に形成して備えている。第1ダミー部と第2ダミー部は電気的に分離されており、第1可動部と第1ダミー部には第1電位が印加され、第2可動部と第2ダミー部には第2電位が印加される(図2参照)。



---

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

## 明 細 書

発明の名称：複合センサ

### 技術分野

[0001] 本発明は、基板上に複数のセンサを有する複合センサに関する。

### 背景技術

[0002] 自動車の走行制御装置やロボットの姿勢制御装置に使用される慣性量測定センサや制御用センサは、例えばMEMS (Micro-Electro-Mechanical Systems) 技術などを用いて作成される。慣性量測定センサの例として、静電容量の変化を用いて慣性量を測定するものがある。

[0003] 慣性センサのなかには、慣性量の一種である加速度や角速度を同時に検出することができる、複合センサと呼ばれるものがある。複合センサを実現する技術として、例えば以下のようなものがある。

[0004] 半導体プロセス技術およびマイクロマシニング技術（いわゆるMEMS技術）の進展により、検出回路を備え、その検出回路により慣性量を検出するMEMS型複合センサ素子が普及している。例えば、自動車の横滑り防止システムは、角速度センサと2軸の加速度センサを用いて車体に働く回転と前後・左右の加速度を検出し、エンジン出力とともに、四輪それぞれの制動力を調整し、これにより車体の走行状態を制御する。自動車の横滑り防止システムに使われるセンサは、一般に1つの角速度センサと複数の検出軸を持つ加速度センサをプリント基板上に実装した形態が多い。一方、低コスト化の要求により、複数のセンサ素子を複合化して単一のセンサ素子として構成することにより、製造コストや実装コストを低減する動きがある。

[0005] このような慣性センサに関する技術としては、例えば、下記特許文献1に記載されている技術が挙げられる。

[0006] シリコンウエハを用いてMEMS型複合センサを形成する場合、シリコンの深堀エッチング技術によってシリコンウエハが加工される。深堀エッチン

グ技術は、 $\text{SF}_6$ ガスを主体とする化学的エッチングと、 $\text{CF}_4$ ガスを主体とする化学的成膜とを繰り返し行う加工プロセス技術である。成膜の均一度やイオンの局所的なチャージアップ（電荷が流入することによる電位変動）の影響により、エッチング面積が広い部分ではブラックシリコンと呼ばれる針状のシリコンのカスが発生し、導電性のゴミとなる。このゴミはセンサの特性上好ましくない。

[0007] また、ガスやイオンの入り具合の違いに起因して、ウエハ面内においてシリコンウエハの厚さとギャップの比として定義される加工部のアスペクト比が大きく異なる領域が生じると、エッチングレートにばらつきが生じる。これはマイクロローディング効果と呼ばれる現象であり、被エッチング領域の開口部が小さくなるほどエッチングレートが落ちる現象である。マイクロローディング効果により、微細パターン部ほど深堀エッチングによる加工完了までの時間が長くなる。

[0008] このエッチング完了時間のばらつきにより、最も時間のかかる微細なパターン以外の加工パターン部は、エッチングが完了したにもかかわらずエッチャントである化学物質に晒されることになり、加工が過剰に進行する。よって、慣性体上部の寸法と慣性体底部の寸法に差異が生じて、設計通りの慣性体の加工ができず、好ましくない。そこで、被エッチング領域の開口部ばらつきを抑制することによって加工寸法ばらつきを制御することを目的として、慣性質量体、検出電極を構成する可動電極と固定電極、支持梁構造体パターンの同一平面上の周囲に、センサ性能に直接寄与しないダミーパターンが配置される。

[0009] 導電性ゴミの削減、もしくは加工寸法ばらつきの制御を目的として設置されるダミーパターンと、慣性質量体、検出電極、支持梁、ダミーパターンを固定支持している支持層、これらの構造物を囲むもしくは覆う蓋等の導体部を、「周辺導体」と呼ぶ。この周辺導体は、単結晶シリコンや、この単結晶シリコンの上部に絶縁膜と導電性の膜が形成されたものを含む。また、慣性質量体、検出電極、支持梁、周辺導体が単結晶シリコンで形成される場合、

加工後の周辺導体の表面には自然酸化膜が数ナノメートル程度の厚さで形成される。

[0010] 慣性質量体や支持梁の周辺に配置されるダミーパターンを含む周辺導体は、電磁波や静電気によるチャージアップを防ぐため、一定電位に固定される必要がある。しかし、隣接する慣性質量体などの可動部が有する電位と異なる電位に固定されると、周辺導体と可動部の間に静電引力が発生し、センサのオフセット、感度変動、スティック、ショートのような不具合が発生する。そのため、周辺導体とこれに隣接する可動部は同じ電位にすることが望ましい。

[0011] 下記特許文献2には、上述のような慣性センサに関する技術の例が記載されている。

## 先行技術文献

### 特許文献

[0012] 特許文献1：特許第3435665号公報

特許文献2：特開2009-145321号公報

## 発明の概要

### 発明が解決しようとする課題

[0013] ところで、前記のような慣性センサの技術について、本発明者が検討した結果、以下のようなことが明らかとなった。

[0014] 例えば、角速度センサと加速度センサを1つのチップ上に形成することによって複合化して複合センサとして構成する場合、角速度センサと加速度センサを構成するそれぞれの慣性質量体にはそれぞれに望ましい基準電位が存在する。

[0015] 加速度センサについては、電源電圧  $V_{ref}$  の中間値である  $V_{ref}/2$  を基準電位とし、プラス方向の加速度が印加された場合は  $V_{ref}/2 + \Delta V$  の電圧を出力し、マイナス方向の加速度が印加された場合は  $V_{ref}/2 - \Delta V$  の電圧を出力することが一般的である。

[0016] 一方、角速度センサについては、高い感度を得る目的で駆動角振動数と検出側の固有角振動数を合わせるなど、固有角振動数が所定の領域に入るように制御する場合がある。固有角振動数を制御する方法としては、慣性質量体に設置される可動電極とそれに対向するよう配置され支持層に固定される固定電極との間にDC的な電圧を印加して静電力を発生させることにより、見かけ上のばね定数を下げる手法がある。これはいわゆる静電ばね効果を用いたチューニング手法である。

[0017] この効果によって調整できる周波数範囲は、可動電極と固定電極の間の電位差によって制限されることになる。したがって、製造時の加工誤差による固有角振動数ばらつきを吸収し歩留まりを向上させるためには、角速度センサの慣性質量体に印加される電位をなるべく低くすることにより、チューニング電圧を確保する必要がある。

[0018] さらに、不要なチューニング効果を防ぐため、加速度センサと角速度センサともに、慣性質量体の周辺に配置させるダミーパターンには隣接する慣性質量体に印加される電位を印加することが好ましい。

[0019] 上記の加速度センサと角速度センサを複合化せず個別に構成する場合は、慣性質量体とその周辺のダミーパターンの電位を合わせることは比較的容易である。しかし、角速度センサと加速度センサの慣性質量体およびその周辺のダミーパターンを同一部材のワンチップ上に複合化して形成する複合センサの場合は、各慣性質量体とその周辺のダミーパターン、周辺導体となる支持層や蓋の電位を一律に設定することが難しい。

[0020] 本発明は、上記のような課題を解決するためになされたものであり、複合センサのS/N比やセンサ感度を向上させることを目的とする。

### 課題を解決するための手段

[0021] 本発明に係る複合センサは、第1可動部および第2可動部と、これらの周辺に配置されている第1ダミー部および第2ダミー部を、積層基板の層内に形成して備えている。第1ダミー部と第2ダミー部は電氣的に分離されており、第1可動部と第1ダミー部には第1電位が印加され、第2可動部と第2

ダミ一部には第 2 電位が印加される。

## 発明の効果

[0022] 本発明に係る複合センサは、複合センサにおいて、より S/N 比やセンサ感度を向上することができる。

## 図面の簡単な説明

[0023] [図1]実施形態 1 に係る複合センサ S 1 の側断面図である。

[図2]実施形態 1 におけるセンサエレメント S 1 E の平面図である。

[図3]図 2 の A - A' 面の断面図である。

[図4]図 2 の B - B' 断面図である。

[図5]加速度検知部 S 1 E G と周辺回路の接続関係を示す図である。

[図6]角速度検知部 S 1 E Y と周辺回路の接続関係を示す図である。

## 発明を実施するための形態

[0024] 以下、本発明の実施形態を図面に基づいて詳細に説明する。なお、実施形態を説明するための全図において、同一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省略する。

[0025] <実施の形態 1>

図 1 は、本発明の実施形態 1 に係る複合センサ S 1 の側断面図である。複合センサ S 1 は、セラミックパッケージ 1 5 0、信号処理用の IC 5 0、センサエレメント S 1 E を有する。まず、接着剤 1 5 1 を介してセラミックパッケージ 1 5 0 に信号処理用 IC 5 0 を固定したあと、センサエレメント S 1 E を IC 5 0 上に接着固定する。その後、ワイヤボンディングを用いて、IC 5 0、角速度センサエレメント S 1 E、セラミックパッケージ 1 5 0 の外部入出力端子 1 5 4 を導電性ワイヤ 1 5 2 で接続する。最後に蓋 1 5 3 で封止すると、複合センサ S 1 が完成する。

[0026] 図示は省略するが、センサエレメント S 1 E、IC 5 0 などの内容物を入れるパッケージとしては、セラミックパッケージ 1 5 0 の代わりにプラスチックパッケージなどを用いることもできる。すなわち、導電性ワイヤ 1 5 2 などの内容物を保護でき、外部と信号入出力ができるものであればよい。

- [0027] 図2は、本実施形態1におけるセンサエレメントS1Eの平面図である。  
便宜上、図3で説明するガラスキャップ100は記載を省略している。センサエレメントS1Eは、加速度検知部S1EGと角速度検知部S1EYを有する。
- [0028] 加速度検知部S1EGは、慣性質量体11、支持梁構造体12、可動電極13、固定電極14、懸架部15、ダミーパターン16、貫通電極17を備える。
- [0029] 慣性質量体11は、加速度検知部S1EGに慣性力が加わると変位する可動部である。支持梁構造体12は、慣性質量体11を支持する。可動電極13は、慣性質量体11とともに変位し、固定電極14との間で静電容量を形成する。慣性質量体11の変位にともなってこの静電容量が変化し、これに基づき慣性質量体11の移動量を検出することができる。懸架部15は、慣性質量体11と支持梁構造体12を図3で説明する支持層1aに固定・懸架する。貫通電極17は、懸架部15を貫通して後述するパッド18に電氣的に接続している。ダミーパターン16は、上記各部の同一平面内の周辺に配置されており、センサ機能には直接寄与しない部位である。
- [0030] 角速度検知部S1EYは、ダミーパターン16a、慣性質量体23、支持梁構造体24を有する。ダミーパターン16aと16の間には、ギャップ30が形成されており、これにより両者は電氣的に分離されている。慣性質量体23は、角速度検知部S1EYに慣性力が加わると変位する可動部である。慣性質量体23は、駆動方向(x)と検出方向(y)に変位することができる。支持梁構造体24は、慣性質量体23を支持する。
- [0031] 加速度検知部S1EGと角速度検知部S1EYの動作原理などについては、各部の詳細構成と併せて後述の図5～図6で改めて説明する。
- [0032] 本発明における「第1可動部」「第2可動部」は、慣性質量体11および23とこれらが有する可動電極が相当する。「固定部」は、固定電極14および後述する検出電極29の固定電極が相当する。「第1ダミー部」「第2ダミー部」は、ダミーパターン16と16aが相当する。「電位生成回路」

は、後述する基準電位 20a、20b を供給する回路がこれに相当する。

[0033] 図3は、図2のA-A'面の断面図である。例えばSOI (Silicon On Insulator) 基板1などの基板上に、懸架部15などセンサエレメントS1Eの機械的な構成要素を形成することができる。

[0034] SOI 基板1内では、支持層1a上に中間絶縁層1bが形成され、中間絶縁層1b上に活性層1cが形成されている。支持層1aは、例えばシリコン (Si) で形成することができる。中間絶縁層1bは、例えば酸化シリコン (SiO<sub>2</sub>) で形成することができる。活性層1cは、例えば導電性シリコンで形成することができる。

[0035] 支持層1aと中間絶縁層1bとの総厚は、例えば数十～数百μmである。活性層1cの厚さは、例えば数～数十μmである。本実施形態1ではSOI 基板を使用しているが、SOI 基板に限定されるものではなく、種々の半導体基板を用いることができる。例えば、表面MEMS技術を用いた導電性ポリシリコン、または、例えばニッケル (Ni) などのめっき金属を活性層1cとして使用してもよい。

[0036] 本実施形態1に係る複合センサS1の各構成要素は、SOI 基板1の活性層1cを加工することで形成される。活性層1cを加工する方法として、例えば以下のような手順が考えられる。

[0037] 活性層1c上に光や電子ビームなどに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活性層1c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、TMAH (Tetra Methyl Ammonium Hydroxide) やKOH (水酸化カリウム) などアルカリ性薬品を用いたウェットエッチング技術などを用いて、露出した活性層1cを除去する。その後、残りのレジストを除去し、フッ酸などのガスもしくは液体を用いて中間絶縁層1bを除去する。

[0038] この際、図3に示す中間絶縁層1bの形状から分かるように、活性層1cの幅が細く形成されている部分はその下の中間絶縁層1bが全てなくなり、支持層1aから浮いた状態となる。一方、活性層1cの幅が広く形成されて

いる部分は、その下の中間絶縁層 1 b が残り支持層 1 a に固定されることになる。このような加工を施すことにより、後述する慣性質量体 1 1 および 2 3、懸架部 1 5、支持梁構造体 1 2 および 2 4 など、複合センサ S 1 の機械的な構成要素を活性層 1 c 内に形成することができる。

[0039] 図 4 は、図 2 の B-B' 断面図である。懸架部 1 5 内には貫通電極 1 7 が形成されている。貫通電極 1 7 は、懸架部 1 5 を貫通して支持層 1 a 上に形成されるパッド 1 8 と接続される。パッド 1 8 は、導電性ワイヤ 1 5 2 によって IC 5 0 と接続される。パッド 4 7 は、支持層 1 a に電氣的に接続されており、パッド 4 7 を介して支持層 1 a に電位を付与することができる。

[0040] 貫通電極 1 7 は、支持層 1 a 側からパッド 1 8 を介して電気信号を与えて電位を付与するか、もしくは一定電位に固定することができるようになっている。貫通電極 1 7 は、以下のような手順で形成することができる。

[0041] まず、支持層 1 a、中間絶縁層 1 b、活性層 1 c に貫通孔を形成した後、熱酸化させることにより、貫通孔周囲に酸化膜 2 5 を形成する。その後、CVD (Chemical Vapor Deposition) でポリシリコン 1 7 a を貫通孔の中に埋め込む。埋め込み時に酸化膜 2 5 上に堆積されたポリシリコン 1 7 a と、熱酸化時に活性層 1 c 表面に形成された酸化膜 2 5 を、CMP (Chemical Mechanical Polishing) やプラズマエッチング法で除去し、活性層 1 c の表面を露出させる。次に、CVD でポリシリコン 1 7 b を堆積する。以上の工程により、貫通電極 1 7 を形成することができる。

[0042] ポリシリコン 1 7 a と 1 7 b を成膜する際には、2 回に分けて成膜してもよい。この場合、1 回目の成膜後に熱拡散によって導電性不純物をポリシリコン 1 7 a、1 7 b に注入させる。これにより、ポリシリコン 1 7 a、1 7 b の電氣的抵抗を下げることもできる。

[0043] 貫通電極 1 7 を用いることにより、活性層 1 c 内に形成される各構成要素と支持層 1 a の間で電氣的な信号を入出力することができる。したがって、ガラスを用いた陽極接合やその他の接着剤を用いて活性層 1 c 上にキャップ 1 0 0 を設置した場合でも、複合センサ S 1 の外部との間で容易に信号を入

出力することができる。

[0044] 以上、複合センサ S 1 の構成について説明した。次に、加速度検知部 S 1 E G の動作原理を説明する。

[0045] 図 5 は、加速度検知部 S 1 E G と周辺回路の接続関係を示す図である。加速度検知部 S 1 E G に対して加速度が印加されると、慣性質量体 1 1 が慣性の法則にしたがって変位する。このときの変位量は、可動電極 1 3 と固定電極 1 4 の間の静電容量の変化により算出することができる。

[0046] 具体的には、固定電極 1 4 に貫通電極 1 7 を介して接続されたパッド 1 5 a および 1 5 d と、可動電極 1 3 に接続されたパッド 1 5 b との間の静電容量が変化すると、I C 5 0 の容量電圧 (C V) 変換回路 1 9 はその静電容量変化を電圧に変換し、その電圧変化量を慣性質量体 1 1 の変位量に換算する。可動電極 1 3 と固定電極 1 4 の間の静電容量差は、搬送波印加回路 2 2 と復調回路 2 1 によって生成復調される搬送波により計測することができる。

[0047] 一般的に搬送波は、慣性質量体 1 1 が追従できない数百 k H z の周波数帯域を用いる。高周波の搬送波 (印加回路) 2 2 を用いる理由は、以下の理由 (a) (b) による。(a) 慣性質量体 1 1 と支持梁構造体 1 2 として構成される振動系のカットオフ周波数は一般に 1 k H z 以下であり、周波数の高い搬送波 2 2 には追従することがないため、誤動作が生じにくい。(b) 高周波の搬送波 2 2 を用いると、可動電極 1 3 と固定電極 1 4 によって形成されるコンデンサの A C 的な電気抵抗すなわちインピーダンスが低くなり、センサの感度が向上する。

[0048] ただし、搬送波 2 2 の周波数が高すぎると (例えば 1 M H z 以上)、後述する O P - A M P 1 9 a の通過帯域による制限を受け、センサの感度が低下する。

[0049] C V 変換回路 1 9 は、O P - A M P 1 9 a と参照容量 C f とで構成される。O P - A M P 1 9 a のプラス端子に入力される電位 2 0 a と慣性質量体 1 1 の変位に比例したパッド 1 5 b からの入力信号との差分を増幅することにより、出力 V o が得られる。C V 変換回路 1 7 の出力 V o は、下記 (式 1)

の関係を満たす。

[数1]

$$V_o = (\Delta C / C_f) \times V_c + V_b \quad \dots \text{(式 1)}$$

ただし、

$\Delta C$  : 可動電極 13 と固定電極 14 の間の静電容量変化分

$V_c$  : 搬送波 22 の振幅

$V_b$  : OP-AMP 19a のプラス端子の電位 20a

[0050] CV変換回路 19 を構成する OP-AMP 19a のプラス端子に入力される基準電位 20a は、搬送波 22 の基準電位としても使用される。すなわち、搬送波 22 は基準電位 20a を DC 電圧とし、数百 kHz の AC 信号が重畳された信号となる。搬送波 22 の DC 成分は差動検出時に互いに相殺されるため、原理的には OP-AMP 19a の基準電位 20a と搬送波 22 の基準電位間に差があったとしてもセンサ出力  $V_o$  に影響を及ぼすことはない。

[0051] しかし、パッド 15a に接続された固定電極 14 とパッド 15d に接続された固定電極 14 に、製造時の加工誤差によって容量のばらつきが発生した場合には、基準電位 20a の差によって慣性質量体 11 が変位するため、オフセットが発生することとなる。

[0052] 仮に加工上の誤差がない場合でも、慣性質量体 11 には慣性質量体 11 に印加される基準電圧と OP-AMP 19a のプラス端子に印加される電位 20a との差によって変位方向に互いに打ち消す静電力が発生する。そのため静電ばね効果が発生し、設計値より低い固有角振動数となる。固有角振動数が低くなると、単位加速度印加に対する変位  $x$  が大きくなるため、設計値以上の感度となる。慣性質量体 11 と支持梁構造体 12 によって構成される振動系の固有角振動数  $\omega$  と、加速度が印加された時の変位量  $x$  との関係を下記 (式 2) に示す。

[数2]

$$x = a / \omega^2 \quad \dots \text{(式 2)}$$

ただし、

$x$  : 加速度  $a$  が印加された時の変位量

$\omega$  :  $(k/m)^{1/2}$        $m$  : 慣性質量体 11 の質量

$k$  : 支持梁構造体のばね定数

[0053]   したがって、搬送波 22 の基準電位 20 b は、C V 変換回路 19 の基準電位 20 a と同電位とすることが望ましい。さらに、センサに入力される電源電位を  $V_{ref}$  とした場合、基準電位 20 a および 20 b は、 $V_{ref}/2$ 、すなわち電源電位の半分にすることが望ましい。

[0054]   上記（式 1）から分かるように、C V 変換回路 19 の基準電位  $V_b$ （20 a）を  $V_{ref}/2$  にすることにより、 $\Delta C$  に比例してプラスとマイナスのセンサ出力を得ることができる。本実施形態 1 ではアナログ的な電圧を出力する回路の例を示しているが、アナログデジタル変換（A D 変換）をしてデジタル信号を出力する場合でも、同様の効果を発揮することができる。

[0055]   さらに、上記（式 1）からは、搬送波 22 の A C 振幅  $V_c$  を大きくすればするほど単位  $\Delta C$  当たりの出力  $V_o$  が大きくなることが分かる。したがって、センサの電源として  $V_{ref}$  が印加される場合、 $V_{ref}/2$  を搬送波の基準電位 20 a とすることにより、最大の搬送波振幅を得ることができる。すなわち、大きい搬送波振幅を確保することにより、相対的に小さい  $\Delta C$  においても同程度の出力を得ることができ、結果的にはセンサエレメント S 1 E G の小型化に寄与することができる。

[0056]   以上、加速度検知部 S 1 E G の動作原理について説明した。次に、加速度検知部 S 1 E G におけるダミーパターン 16 の電位とその影響について説明する。

[0057]   活性層 1 c には、慣性質量体 11、支持梁構造体 12、可動電極 13、固定電極 14、懸架部 15 の周辺を囲むように、ダミーパターン 16 が形成されている。このダミーパターン 16 の主目的は、活性層 1 c を D R I E（Deep Reactive Ion Etching）する際の加工時間短縮と、アスペクト比をなるべく均一に管理し、マイクロローディング効果を抑制することにある。これに

より、オーバエッチングに起因して底面が過度に削られるノッチや、ブラックシリコンによる導電性ゴミを抑制することを図っている。

[0058] しかし、慣性質量体 11 などの可動部と、その周囲に所定間隔をもって配置されるダミーパターン 16 との間に電位差があると、前述した静電ばね効果の発生と加工誤差による静電引力のアンバランスに起因するオフセット変動が発生する。さらに、ダミーパターン 16 が電氣的に他の部位から独立して電位が不定になっているので、外部からの電磁波や摩擦などによって電荷が流入してチャージアップが発生し、センサ出力のオフセットや感度の経時的な変動も発生する。

[0059] そのため、ダミーパターン 16 を一定電位に固定する必要がある。一方、前述した静電ばね効果、静電力によるスティック、オフセット及び感度変動を防ぐためには、慣性質量体 11 に印加される基準電位 20a と同電位をダミーパターン 16 に印加することがもっとも望ましい。ダミーパターン 16 と、これに隣接する慣性質量体 11 等との間の間隔を多少広くし、基準電位 20a に近い電位を印加してもある程度の効果を得ることはできるが、IC50 が複数の電位を供給する必要があるため、IC50 が大型になり、好ましくない。

[0060] そこで本実施形態 1 では、貫通電極 17 を介して支持層 1a に形成されるパッド 15c と IC50 を導電性ワイヤ 152 で連結することにより、ダミーパターン 16 に電位を付与することとした。

[0061] 以上、加速度検知部 S1EG におけるダミーパターン 16 の電位とその影響について説明した。次に、角速度検知部 S1EY の動作原理について説明する。

[0062] 図 6 は、角速度検知部 S1EY と周辺回路の接続関係を示す図である。角速度検知部 S1EY は、図 2 で説明した構成の他、駆動電極 27、モニタ電極 28、検出電極 29、懸架部 15 を備える。駆動電極 27 は、慣性質量体 23 を駆動方向に加振する。モニタ電極 28 は、慣性質量体 23 の駆動方向への変位をモニタする。検出電極 29 は、外部から角速度が印加されたこと

によって慣性質量体 23 が検出方向へ変位したときの変位量を検出する。

[0063] 駆動回路 32 が生成した駆動信号は、駆動電極 27 に印加される。駆動電極 27 は、慣性質量体 23 が備える可動電極とそれに対向するよう一定の間隔を持って設置された固定電極として構成されている。駆動電極 27 は、駆動回路 32 からの駆動信号によって発生する静電力によって慣性質量体 23 を駆動方向に加振する。このとき駆動電極 27 に働く有効電位差は、駆動信号と慣性質量体 23 の基準電位の電位差となる。慣性質量体 23 の基準電位は、後述する搬送波（印加回路）22a の DC 電圧 20c となる。

[0064] 搬送波 22a は、同じ活性層 1c 内に形成されている加速度検知部 S1EG との間で信号が混信することを防ぐため、慣性質量体 11 の変位を測定するための搬送波 22 とは異なる数百 kHz 帯域の搬送波周波数を用いている。

[0065] 搬送波 22a に印加される DC バイアス電圧（基準電位）20c は、慣性質量体 23 の DC 的な基準電位となる。一方、後述する検出電極 27 と慣性質量体 23 との間の電位差によって静電ばね効果を発生させ、検出方向の固有角振動数を調整することができる。したがって、周波数調整範囲を広く確保するためには、電位 20c はなるべく低くすることが望ましい。本実施形態 1 では約 1 V に設定している。

[0066] 角速度  $\Omega$  を印加することによって検出方向に発生するコリオリ力  $F_c$  は（式 3）の定義となり、コリオリ力  $F_c$  によって発生する検出方向の変位  $y$  は（式 4）の関係となる。したがって、角速度センサの感度  $S$  を検出方向の変位  $y$  と入力角速度  $\Omega$  の比として定義し、（式 3）を（式 4）に代入して整理すると、角速度センサの感度  $S$ （式 5）が得られる。

[数3]

$$F_c = -2m\Omega v \quad \dots \quad \text{(式 3)}$$

ただし、

m : 慣性質量体 23 の質量

$\Omega$  : 印加された角速度

$v$  : 慣性質量体 2 3 の駆動方向への速度

[0067] [数4]

$$y = \frac{F_c}{k_y} \frac{1}{\left\{ \left[ 1 - \left( \frac{\omega_d}{\omega_y} \right)^2 \right]^2 + \left[ \frac{1}{Q_y} \frac{\omega_d}{\omega_y} \right]^2 \right\}^{1/2}} \quad \dots \text{(式 4)}$$

ただし、

$k_y$  : 支持梁構造体 2 4 の検出方向におけるばね定数

$\omega_d$  : 駆動回路 3 2 から生成された駆動信号の角振動数

$\omega_y$  : 慣性質量体 2 3 と支持梁構造体 2 4 によって構成される検出振動系の固有角振動数

$Q_y$  : 検出振動系の機械品質係数

[0068] [数5]

$$S = \left| \frac{y}{\Omega} \right| = \frac{2mv}{k_y} \frac{1}{\left\{ \left[ 1 - \left( \frac{\omega_d}{\omega_y} \right)^2 \right]^2 + \left[ \frac{1}{Q_y} \frac{\omega_d}{\omega_y} \right]^2 \right\}^{1/2}} \quad \dots \text{(式 5)}$$

[0069] 上記(式5)から、検出振動系の固有角振動数 $\omega_y$ を駆動角振動数 $\omega_d$ に合わせることで、最大の感度 $S$ が得られることが分かる。最大の感度 $S$ は、単位印加角速度当たりの検出振幅 $y$ が最大となることを意味するため、CV変換回路19と制御IC50への入力も最大であることを意味する。すなわち、センサS1から見れば信号となる変位 $y$ が大きくなるため、SN比が向上したことになる。

[0070] しかし、慣性質量体 2 3 と支持梁構造体 2 4 を加工する際の加工誤差によって、検出振動系の固有角振動数  $\omega_y$  は必ずしも設計値通りにはならず、むしろばらつきを持つことが一般的である。そのため、公知の技術として、慣性質量体 2 3 とこれを検出方向に挟むように一定間隔を持って配置された固定電極間に DC 電圧を印加し、静電ばね効果を発生させることにより、検出振動系の固有角振動数を調整する手法がある。これにより、センサの感度 S を向上させることができる。

[0071] 本実施形態 1 では、静電ばね効果を発生させるための固定電極を別途設置せず、検出電極 2 9 の固定電極を用いて静電ばね効果を発生させている。電圧調整回路 3 1 より、検出電極 2 9 の固定電極に固有角振動数調整用 DC 電圧  $V_t$  を印加する。慣性質量体 2 3 と検出電極 2 9 の固定電極との間には、電位差  $V_t - V_b$  (電位 2 0 c) が印加されることになる。

[0072] 静電ばね効果による固有振動数  $f_y$  の調整幅  $\Delta f_y$  は、下記 (式 6) に示すように電位差  $V_t - V_b$  の関数となる、より広い範囲で固有振動数のばらつきを吸収し、製造歩留まりを向上させるためには、なるべく大きい電位差 ( $V_t - V_b$ ) を印加する必要がある。電圧調整回路 3 1 が供給することができる上限電位は電源電圧  $V_{ref}$  であるため、大きな電位差を印加するためには、搬送波 2 2 a の基準電位 2 0 c をなるべく低くする必要がある。

[数 6]

$$\Delta f_y = f_y - \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k_y - \Delta k}{m}}, \quad \Delta k \propto \frac{\Delta V^2}{u^3} \quad \dots \text{(式 6)}$$

ただし、

$\Delta f_y$  : 固有振動数調整範囲

$\Delta k$  : 支持梁構造体 2 4 の検出方向におけるばね定数の調整分

$\Delta V = V_t - V_b$

$u$  : 慣性質量体 2 3 と検出電極 2 6 との間のギャップ

[0073] 搬送波 2 2 a の基準電位 2 0 c と AC 振幅は、検出電極 2 9 の規模、その

他複雑な設計ファクターとの相関関係を持つため、一律には決まらない。そのため、加速度検知部 S 1 E G において基準電位  $20a = V_{ref} / 2$  が最適であるのとは異なり、角速度検知部 S 1 E Y においては設計毎に異なる基準電位  $20c$  を設定する必要がある。この基準電位  $20c$  は搬送波  $22a$  の AC 振幅によって制限される。本実施形態 1 では上述したように基準電位  $20c$  を約 1 V に設定し、搬送波の AC 振幅を 1 V p p にしている。

[0074] 以上、角速度検知部 S 1 E Y の動作原理について説明した。次に、角速度検知部 S 1 E Y におけるダミーパターン 16 a の電位とその影響について説明する。

[0075] 加速度検知部 S 1 E G のダミーパターン 16 の電位  $20a$  を設定するメカニズムと同様に、角速度検知部 S 1 E Y のダミーパターン 16 a にも基準電位  $20c$  と同電位を印加することが好ましい。この際、加速度検知部 S 1 E G のダミーパターン 16 に印加される電位  $20a$  と、角速度検知部 S 1 E Y のダミーパターン 16 a に印加される電位  $20c$  は、かならずしも同じ値ではない。

[0076] 本実施形態 1 に係る複合センサ S 1 のセンサエレメント S 1 E では、図 2 に示すように 1 つの活性層 1 c 内に加速度検知部 S 1 E G と角速度検知部 S 1 E Y が複合的に配置されている。そのため、ダミーパターン 16 と 16 a に互いに異なる電位を印加するためにはこれらダミーパターンを電氣的に分離する必要がある。

[0077] 単純に加速度検知部 S 1 E G と角速度検知部 S 1 E Y の間の活性層 1 c を縦方向に分離することも可能であるが、複数のセンサエレメント S 1 E が 1 枚の SOI 基板 1 上に形成されることになるので、ダイシングによって各複合センサ S 1 を分離するとき、ダイシング時の水やゴミがその溝に入り、電氣的リークが発生する恐れがあるので好ましくない。

[0078] そのため本実施形態 1 では、加速度検知部 S 1 E G のダミーパターン 16 を、角速度検知部 S 1 E Y を囲むような形状に伸ばし、ギャップ 30 を形成することでダミーパターン 16 と 16 a を電氣的に分離している。ダミーパ

ターン 16 上にはキャップ 100 が気密封止されるため、ダイシング時の水やゴミの浸入を防ぐことができる。

[0079] 図 5～図 6 で説明した、容量電圧 (CV) 変換回路 19、基準電位 20a～20d を付与する回路、復調回路 21、搬送波印加回路 22 および 22a、電圧調整回路 31、駆動回路 32 は、IC 50 内に形成することができる。

[0080] <実施の形態 1 : まとめ>

以上のように、本実施形態 1 に係る複合センサ S1 では、慣性量を検出する複数の可動部を同一層内に形成し、各可動部の周辺に配置されたダミーパターンを電氣的に分離している。これにより、各可動部と周辺ダミーパターンにはそれぞれ同電位を印加することができるので、周辺ダミーパターンと可動部の間の電位差に起因する S/N 比の低下、オフセット、感度変動の発生を抑制することができる。

[0081] また、本実施形態 1 に係る複合センサ S1 は、基準電位 20a と 20c を調整することにより、製造時の加工誤差に起因する固有角振動数ばらつきの調整範囲を広くすることができる。これにより、高歩留まりと製造コスト低減を実現することができる。

[0082] <実施の形態 2>

実施形態 1 で説明した複合センサ S1 において、加速度検知部 S1EG と角速度検知部 S1EY は、SOI 基板 1 の活性層 1c 内に形成され、中間絶縁層 1b を介して支持層 1a に固定・懸架される。そのため、慣性質量体 11 および 23 と支持層 1a の間は、電氣的には分離され、機械的には中間絶縁層 1b の厚さ分だけ離れた状態で対向する配置となる。すなわち、ダミーパターン 16 および 16a と同様に、支持層 1a においても電位を固定する必要がある。

[0083] そこで、加速度検知部 S1EG のダミーパターン 16 と角速度検知部 S1EY のダミーパターン 16a を電氣的に分離し、それぞれに異なる電位を付与したのと同様に、支持層 1a も加速度検知部 S1EG の下に位置する部分

と角速度検知部 S 1 E Y の下に位置する部分に電氣的に分離してもよい。加速度検知部 S 1 E G の下に位置する支持層 1 a にはダミーパターン 1 6 の電位を、角速度検知部 S 1 E Y の下に位置する支持層 1 a にはダミーパターン 1 6 a の電位を付与する。

[0084] アルミニウムなどの導電性材料によって形成されるパッド 4 7 と I C 5 0 を導電性ワイヤ 1 5 2 で連結することにより、支持層 1 a に電位を付与することができる。

[0085] <実施の形態 3>

実施の形態 2 のように、数百  $\mu\text{m}$  厚さの支持層 1 a を 2 つに分離することは、強度的な観点と加工の煩雑さの観点で好ましくない場合も考えられる。そこで本発明の実施形態 3 では、実施形態 2 のように支持層 1 a を 2 つに分離せず、加速度検知部 S 1 E G のダミーパターン 1 6 の電位と同電位になるよう設定する。以下、その理由について説明する。

[0086] 加速度検知部 S 1 E G を構成する検出振動系は、上記（式 2）で示すようになるべく固有角振動数  $\omega$  を低くすることにより高い感度 S を得ることができる。特に、自動車の走行制御や、ロボットの姿勢検出などのように、傾斜や重力など DC を含めた低周波の挙動を主に測定するような用途の加速度センサにおいては、固有角振動数  $\omega$  を低くして感度 S を大きくし、過ダンピング設計にすることにより、機械的カットオフ周波数を低くして高周波の振動外乱に反応しないようにすることが望ましい。

[0087] 一方、角速度検知部 S 1 E Y は、上記（式 5）に示すように、高感度を得るため、駆動角振動数  $\omega_d$  を検出振動系の固有角振動数  $\omega_y$  に合わせている。しかし自然界では、 $1/f$  ノイズ、 $1/f^2$  ノイズなど低周波数の振動外乱が多い。そのため、耐振動特性の優れた角速度センサを得るには、検出振動系の固有振動数  $\omega_y$  をできるだけ高くする必要がある。

[0088] 以上の検討結果から、複合センサ S 1 を高感度化するとともに高信頼化するためには、加速度検知部 S 1 E G の検出振動系の固有角振動数は低く、角速度検知部 S 1 E Y の固有角振動数は高くすることが好ましいことが分かる。

。

[0089] 上記（式 6）の関係から、慣性質量体 11 および 23 と周辺のダミーパターン 16 および 16a と、支持層 1a との間に電位差  $\Delta V$  が発生した場合、ばね定数（ $k_y$ ）が小さいほど  $\Delta f$  は変動が大きくなる。そこで、相対的にばね定数が小さく、 $\Delta V$  の影響を受け易い加速度検知部 S1EG のダミーパターン 16 の基準電位 20a に合わせて、支持層 1a の電位を設定することとした。

[0090] 加速度検知部 S1EG の慣性質量体 11 と角速度検知部 S1EY の慣性質量体 23 は、それぞれ約  $30 \sim 100 \mu g$  であり、その重さの比は最大 1 : 5 程度である。一方、これらの固有角振動数は、それぞれ約  $6000 \text{ rad/s}$  と  $60000 \text{ rad/s}$  であり、その比は約 1 : 10 程度に設計している。したがって、角速度検知部 S1EY の検出振動系のばね定数は、加速度検知部 S1EG の検出振動系のばね定数の約 20 倍以上となる。すなわち、角速度検知部 S1EY において、周辺ダミーパターン 16a、支持層 1a、キャップ 100 との間で多少の電位差  $\Delta V$  があつたとしても、その影響は限定的となる。

[0091] 以上説明した通り、慣性質量体 11 および 23 とその「周辺導体」であるダミーパターン 16 および 16a の間、さらにはこれらと支持層 1a、キャップ 100 との間では DC 的な電位を一致させた方が好ましいが、いずれか一方に合わせなくてはならない場合は、「周辺導体」との間の静電力による移動量が多い慣性質量体 11 の基準電位 20a に合わせればよい。なお、加速度センサと角速度センサとを比較すると、静電力による移動量が多いのは一般的には加速度センサの慣性質量体である。

[0092] 具体的には、慣性質量体 11 および 23 の DC 電位 20a および 20c にダミーパターン 16 および 16a の電位を合わせるため、ダミーパターン 16 と 16a を分離し、IC50 にそれぞれの電位 20a および 20c を出力するための電位生成回路と該当するパッドを設ければよい。

[0093] <実施の形態 3 : まとめ>

以上のように、本実施形態３に係る複合センサＳ１は、支持層１ａを分離せず、慣性質量体１１および２３のうち静電力による移動量が大きい方に対応する基準電位（２０ａまたは２０ｃ）を印加する。これにより、複合センサＳ１の強度や加工難度に関する問題を抑制しつつ、電位差によって生じる静電力の影響を最小限に抑えることができる。

[0094] ＜実施の形態４＞

実施形態１～３では、陽極接合技術を用いてナトリウムを含むガラスキャップ１００とＳＯＩ基板１を貼り合わせているが、表面活性化接合、ガラスフリット接合、金属接着剤を用いた接合技術などを用いて、シリコン基板など導電性材料の基板をＳＯＩ基板１に貼り合わせてもよい。この際、キャップ１００も慣性質量体１１、支持梁構造体１２、可動電極１３などと所定間隔をもって隣接することとなり、互いの電位差によるオフセット、感度変動、スティックなどが発生する可能性がある。

[0095] そこで本発明の実施形態４では、キャップ１００の電位もダミーパターン１６同様に慣性質量体１１の基準電位２０ａと同電位にすることにより、上述した不具合を防ぐこととする。基準電位２０ａに合わせる理由は、実施形態３で説明したものと同様である。

[0096] キャップ１００には、ダミーパターン１６とキャップ１００が接触する部分に導電性接着剤を塗布することによって、ダミーパターン１６と同じ電位を印加することができる。ダミーパターン１６とキャップ１００が接触する部分にガラスフリットのような非導電性の接着剤が使われている場合は、センサエレメントＳ１ＥとＩＣ５０の間を銀ペーストのような導電性接着剤で接合することにより、ＩＣ５０上に形成している図示しない電位印加用パッドから電位を付与することができる。

[0097] ダミーパターン１６、キャップ１００、支持層１ａに一定の電位を与えることにより、外部からの電磁波を遮断するシールドとしての役割を発揮するため、センサＳ１の信頼度をさらに向上させることが期待できる。

[0098] ＜実施の形態４：まとめ＞

以上のように、本実施形態４に係る複合センサＳ１は、慣性質量体１１および２３のうち静電力による移動量大きい方に対応する基準電位（２０ａまたは２０ｃ）をキャップ１００に印加する。これにより、電位差によって生じる静電力の影響を最小限に抑えることができる。

[0099] また、本実施形態４に係る複合センサＳ１によれば、主要な構成部の電位を全て基準電位（２０ａまたは２０ｃ）に設定するので、電位生成回路と接続するワイヤの数を減らすことができ、回路サイズを縮小するとともに、ワイヤの断線による故障を低減することができる。

[0100] ＜実施の形態５＞

以上の実施形態１～４において、キャップ１００および加速度検知部Ｓ１ＥＧの間の空間と、キャップ１００および角速度検知部Ｓ１ＥＹの間の空間とを隔離し、前者の空間は大気圧封止し、後者の空間は真空封止するようにしてもよい。また、キャップ１００を上記空間毎に設けた上で互いに電氣的に分離し、それぞれの基準電位（２０ａまたは２０ｃ）を個別に印加するようにしてもよい。これにより、電位差によって生じる静電力の影響をさらに低減することができる。

[0101] ＜実施の形態６＞

複合センサＳ１に求められる精度や用途によっては、ダミーパターン１６と１６ａを必ずしも分離する必要はなく、互いに共通な電位を付与してもよい。この場合、ダミーパターン１６と１６ａに付与する電位は、慣性質量体１１および２３とダミーパターン１６および１６ａの間に電位差が発生したとき、静電力による移動量大きい方の慣性質量体に印加する基準電位を用いればよい。

[0102] 以上、本発明者によってなされた発明を実施の形態に基づき具体的に説明したが、本発明は前記実施の形態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、自動車の走行制御装置やロボットの姿勢制御装置に使用される慣性量測定及び制御用センサとして、本発明に係る複合センサＳ１を用いることができる。特に

、MEMS技術を用いて作成された、静電容量の変化を検出に用いる複数の慣性量や検出軸を持つ慣性センサとして用いることができる。

## 符号の説明

- [0103] S 1 複合センサ
  - S 1 E 複合センサの要素
  - S 1 E G 加速度検知部
  - S 1 E Y 角速度検知部
  - 1 S O I 基板
    - 1 a 支持層
    - 1 b 中間絶縁層
    - 1 c 活性層
    - 1 1 加速度検知部の慣性質量体
    - 1 2 加速度検知部の支持梁構造体
    - 1 3 可動電極
    - 1 4 固定電極
    - 1 5 固定部（懸架部）
    - 1 6 加速度検知部のダミーパターン
    - 1 6 a 角速度検知部のダミーパターン
    - 1 7 貫通電極
    - 1 7 a、1 7 b ポリシリコン
    - 1 8 パッド
    - 1 9 容量電圧（C V）変換回路
      - 1 9 a O P－A M P
    - 2 0 a 基準電位
    - 2 0 b 基準電位
    - 2 0 c 基準電位
    - 2 0 d 基準電位
    - 2 1 復調回路

- 2 2 搬送波印加回路
- 2 2 a 搬送波印加回路
- 2 3 角速度検知部の慣性質量体
- 2 4 角速度検知部の支持梁構造体
- 2 5 酸化膜
- 2 7 駆動電極
- 2 8 モニタ電極
- 2 9 検出電極
- 3 0 ギャップ
- 3 1 電圧調整回路
- 3 2 駆動回路
- 4 7 パッド
- 1 0 0 キャップ
- 1 5 2 導電性ワイヤ
- 1 5 3 蓋
- 1 5 4 外部入出力端子

## 請求の範囲

- [請求項1]           物理量の変化に応じて変位する第1可動部および第2可動部と、  
                  前記第1可動部および前記第2可動部との間でそれぞれ静電容量を  
                  形成する固定部と、  
                  前記静電容量の変化を用いて前記第1可動部の変位および前記第2  
                  可動部の変位を検出する検出部と、  
                  前記第1可動部の周辺に配置されている第1ダミー部と、  
                  前記第2可動部の周辺に配置されている第2ダミー部と、  
                  前記第1可動部、前記第2可動部、前記第1ダミー部、および前記  
                  第2ダミー部に電位を印加する電位生成回路と、  
                  を備え、  
                  前記第1可動部、前記第2可動部、前記固定部、前記第1ダミー部  
                  、および前記第2ダミー部は、積層基板内の同一の導電層内に形成さ  
                  れており、  
                  前記第1ダミー部と前記第2ダミー部は電氣的に分離されており、  
                  前記電位生成回路は、  
                  前記第1可動部と前記第1ダミー部に第1電位を印加し、  
                  前記第2可動部と前記第2ダミー部に第2電位を印加する  
                  ことを特徴とする複合センサ。
- [請求項2]           請求項1において、  
                  前記積層基板は、支持層と、中間絶縁層と、活性層とが積層形成さ  
                  れてなり、  
                  前記活性層内に、前記第1可動部、前記第2可動部、前記固定部、  
                  前記第1ダミー部、および前記第2ダミー部が形成されている  
                  ことを特徴とする複合センサ。
- [請求項3]           請求項2において、  
                  前記活性層内の前記第1ダミー部と前記第2ダミー部と間の部分に  
                  配置され、前記第1ダミー部と前記第2ダミー部を電氣的に分離する

ギャップ部を有する

ことを特徴とする複合センサ。

[請求項4]

請求項2において、

前記支持層は、

前記第1可動部の下方に配置された第1支持部と、

前記第2可動部の下方に配置された第2支持部と、

を有し、

前記第1支持部と前記第2支持部は電氣的に分離されており、

前記電位生成回路は、

前記第1支持部に前記第1電位を印加し、前記第2支持部に前記第2電位を印加する

ことを特徴とする複合センサ。

[請求項5]

請求項2において、

前記電位生成回路は、

前記第1可動部が静電力によって移動する変位量のほうが、前記第2可動部が静電力によって移動する変位量よりも大きい場合は、前記支持層に前記第1電位を印加し、

前記第2可動部が静電力によって移動する変位量のほうが、前記第1可動部が静電力によって移動する変位量よりも大きい場合は、前記支持層に前記第2電位を印加する

ことを特徴とする複合センサ。

[請求項6]

請求項2において、

前記支持層は接地されていることを特徴とする複合センサ。

[請求項7]

請求項1において、

前記第1可動部と前記第2可動部を覆う蓋部を備えたことを特徴とする複合センサ。

[請求項8]

請求項7において、

前記蓋部は導電体で形成されており、

前記電位生成回路は、前記蓋部に前記第 1 電位または前記第 2 電位を印加する

ことを特徴とする複合センサ。

[請求項9]

請求項 7 において、

前記蓋部は接地されていることを特徴とする複合センサ。

[請求項10]

請求項 7 において、

前記電位生成回路は、

前記第 1 可動部が静電力によって移動する変位量のほうが、前記第 2 可動部が静電力によって移動する変位量よりも大きい場合は、前記蓋部に前記第 1 電位を印加し、

前記第 2 可動部が静電力によって移動する変位量のほうが、前記第 1 可動部が静電力によって移動する変位量よりも大きい場合は、前記蓋部に前記第 2 電位を印加する

ことを特徴とする複合センサ。

[請求項11]

請求項 1 において、

前記電位生成回路は、

前記第 1 可動部が静電力によって移動する変位量のほうが、前記第 2 可動部が静電力によって移動する変位量よりも大きい場合は、前記第 1 ダミ一部と前記第 2 ダミ一部に前記第 1 電位を印加し、

前記第 2 可動部が静電力によって移動する変位量のほうが、前記第 1 可動部が静電力によって移動する変位量よりも大きい場合は、前記第 1 ダミ一部と前記第 2 ダミ一部に前記第 2 電位を印加する

ことを特徴とする複合センサ。

[請求項12]

請求項 1 において、

前記第 1 可動部は、

静電力によって所定の駆動方向に振動し、角速度が印加されるとコリオリ力によって前記駆動方向と直交する方向に変位する慣性体を有する、角速度検知部として構成されており、

前記第 2 可動部は、

角速度が印加されると変位する慣性体を有する加速度検知部として構成されている

ことを特徴とする複合センサ。

[請求項13]

請求項 1 2 において、

前記第 1 可動部と前記第 2 可動部を覆う蓋部を備え、

前記蓋部と前記角速度検知部の間の空間は真空封止され、

前記蓋部と前記加速度検知部の間の空間は大気圧封止されている

ことを特徴とする複合センサ。



图 3



图 4

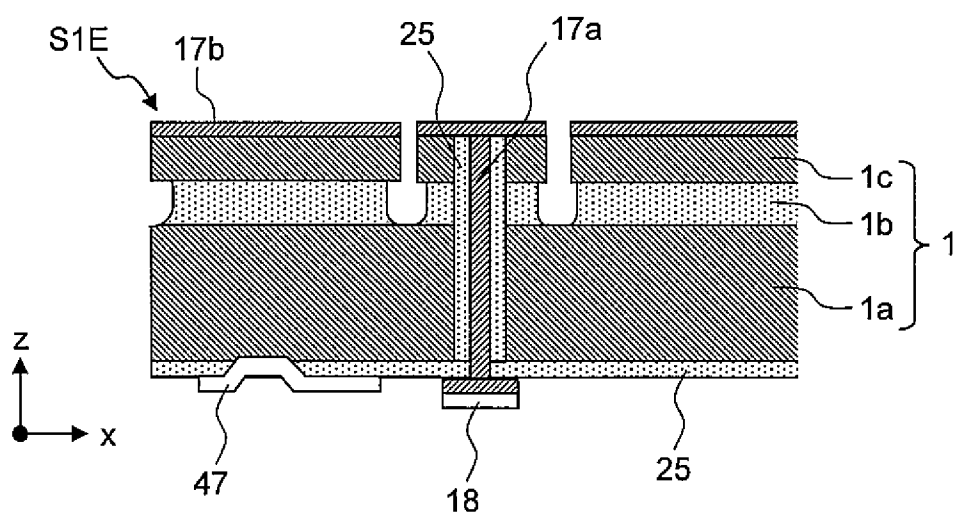
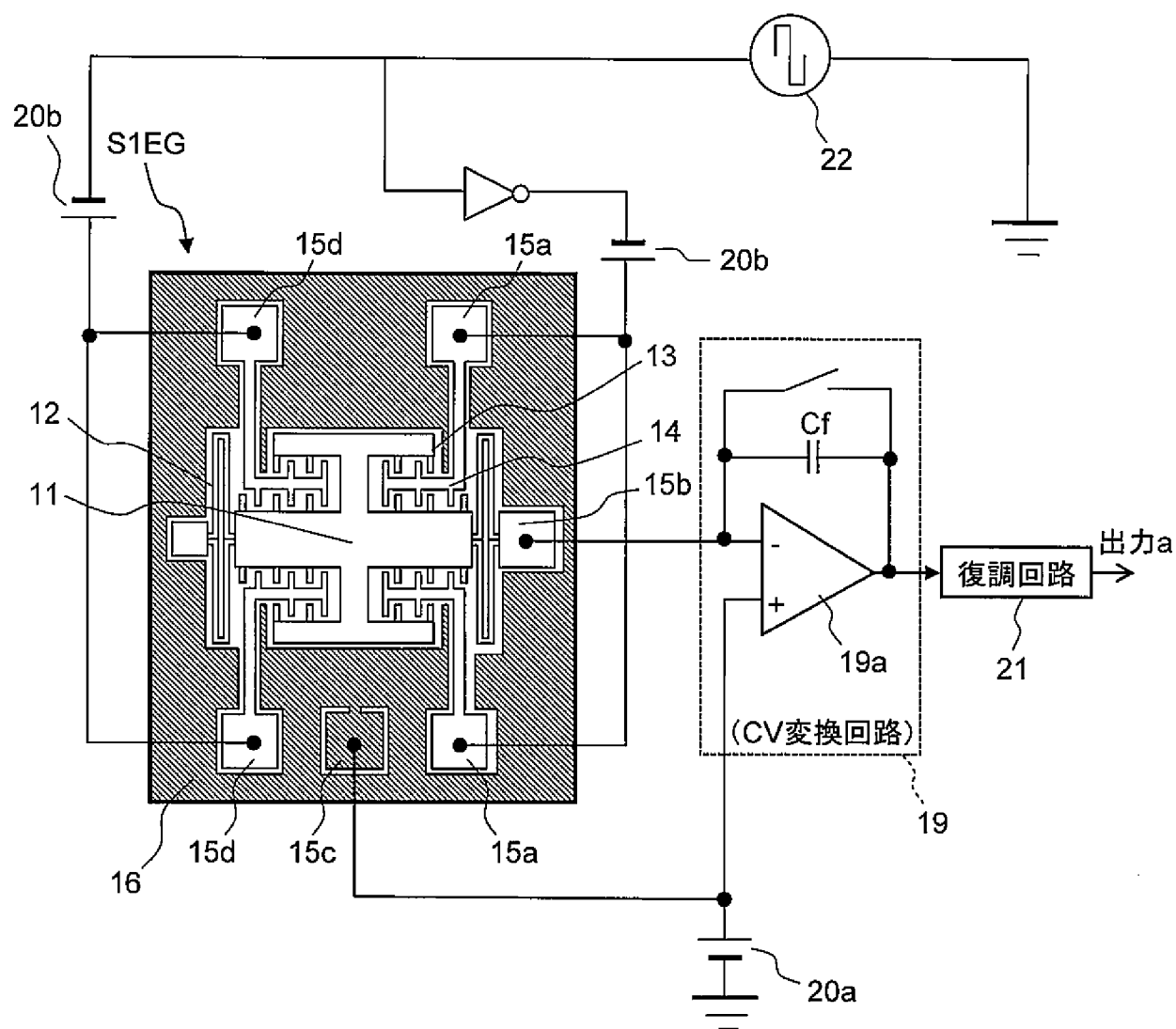
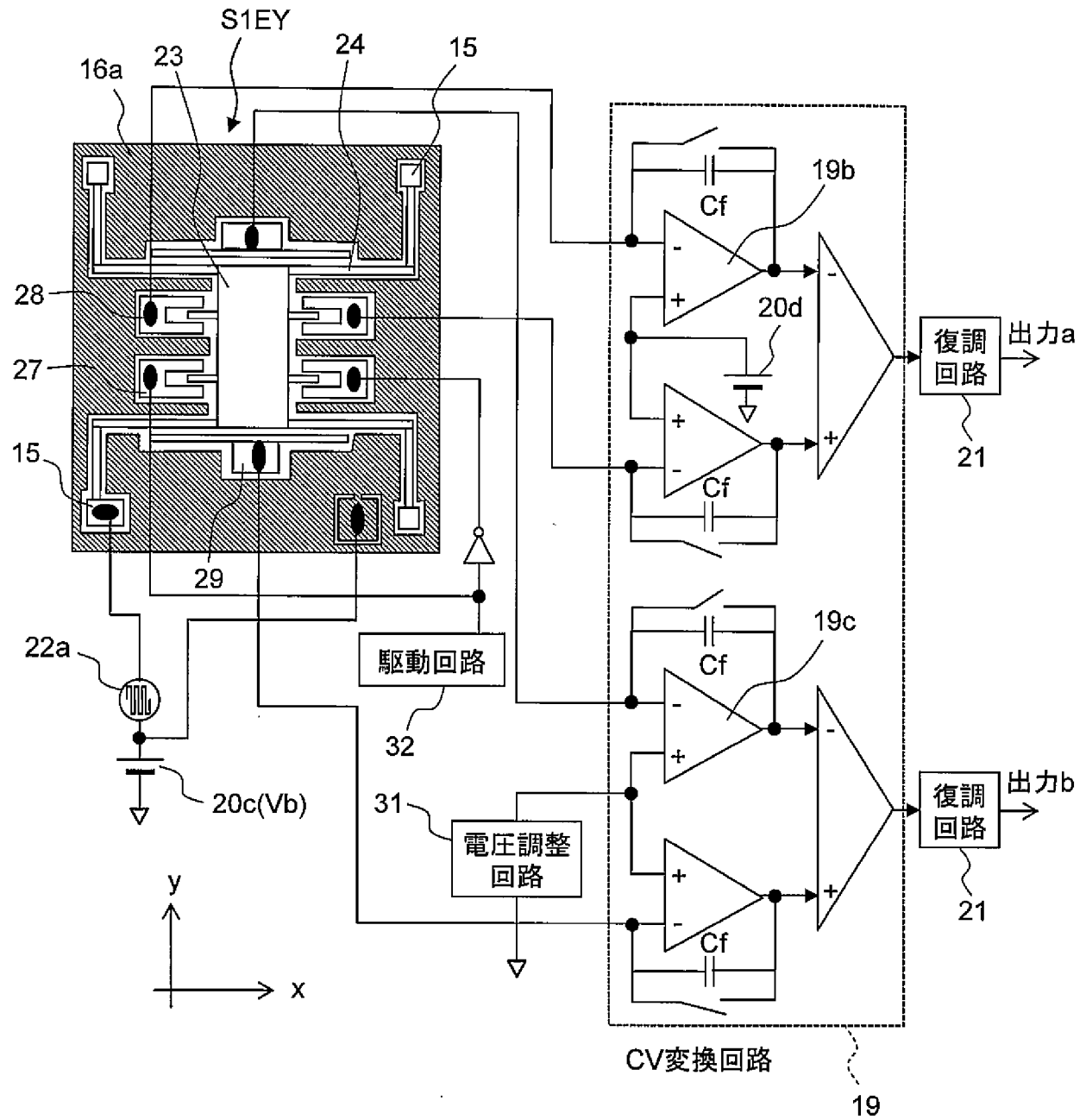


图 5



[図6]

図 6



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/050214

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01C19/5726(2012.01)i, B81B3/00(2006.01)i, G01C19/5769(2012.01)i,  
G01P15/08(2006.01)i, G01P15/125(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)

G01C19/56-19/5783, B81B3/00, G01P15/00-15/18, 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 | 1996-2012 |
| Kokai Jitsuyo Shinan Koho | 1971-2012 | Toroku Jitsuyo Shinan Koho | 1994-2012 |

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. |
|-----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| Y<br>A    | JP 2002-5950 A (Murata Mfg. Co., Ltd.),<br>09 January 2002 (09.01.2002),<br>entire text; all drawings<br>& US 2002/0051258 A1 & EP 1167979 A2<br>& DE 60143780 D | 11<br>1-10, 12-13     |
| Y<br>A    | JP 2009-168777 A (Hitachi, Ltd.),<br>30 July 2009 (30.07.2009),<br>entire text; all drawings<br>& US 2009/0183568 A1 & EP 2081030 A2                             | 11<br>1-10, 12-13     |
| Y<br>A    | WO 2010/119573 A1 (Hitachi, Ltd.),<br>21 October 2010 (21.10.2010),<br>entire text; all drawings<br>& US 2011/0048129 A1                                         | 11<br>1-10, 12-13     |



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  
06 February, 2012 (06.02.12)

Date of mailing of the international search report  
14 February, 2012 (14.02.12)

Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/050214

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages                                                     | Relevant to claim No. |
|-----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| Y<br>A    | JP 2009-145321 A (Hitachi, Ltd.),<br>02 July 2009 (02.07.2009),<br>entire text; all drawings<br>& US 2009/0126491 A1 & EP 2060871 A2   | 11<br>1-10, 12-13     |
| A         | JP 2010-145212 A (Denso Corp.),<br>01 July 2010 (01.07.2010),<br>entire text; all drawings<br>(Family: none)                           | 1-13                  |
| A         | JP 2001-91263 A (Toyota Motor Corp.),<br>06 April 2001 (06.04.2001),<br>entire text; all drawings<br>(Family: none)                    | 1-13                  |
| A         | JP 2005-114564 A (Denso Corp.),<br>28 April 2005 (28.04.2005),<br>fig. 11 to 26<br>& US 2005/0076714 A1 & DE 102004043259 A            | 1-13                  |
| A         | WO 2004/65968 A1 (THE REGENTS OF THE<br>UNIVERSITY OF THE MICHIGAN),<br>05 August 2004 (05.08.2004),<br>fig. 9<br>& US 2004/0182155 A1 | 1-13                  |

In claims 5 and 10, it is written that as if in one same "composite sensor", the following two cases can occur: "a case where the displacement quantity by which the first movable section moves due to an electrostatic force is larger than the displacement quantity by which the second movable section moves due to the electrostatic force", and "a case where the displacement quantity by which the second movable section moves due to the electrostatic force is larger than the displacement quantity by which the first movable section moves due to the electrostatic force". Furthermore, it is also written that as if "the potential generating circuit" applies "a first potential" and "a second potential" to "a supporting layer" or "a cover section" by performing selective switching between the potentials, corresponding to the transition between the two states in the same one composite sensor.

Such technologies, however, are not disclosed in the description of this international application, and the literal inventions in claims 5 and 10 cannot be appropriate subjects to be searched in this international search report.

Claim 11 is basically inconsistent with the matter to define the invention in independent claim 1, and has similar inadequacy as mentioned above on claims 5 and 10.

Therefore, the literal invention in claim 11 cannot be an appropriate subject to be searched in this international search report, either.

Claim 12 has inconsistency in the text of "an acceleration detecting section having an inertial body that is displaced when an angular velocity is applied", and the literal invention in the claim cannot be an appropriate subject to be searched.

This international search report, however, is made on claims 5 and 10 by interpreting that the claims disclose the invention of "a composite sensor" that applies to "a supporting section" or "the cover section" a potential equivalent to that applied to a movable section having a larger electrostatic displacement quantity in a certain composite sensor, by taking into account the text in paragraphs [0085] - [0099] in the detailed description of the invention, as well.

This international search report is made on claim 11 by interpreting that the invention does not have all of the matters to define the invention in independent claim 1, by taking into account that the text in paragraph [0101] in the detailed description of the invention, as well.

Namely, this international search report is made, by interpreting that the claim discloses the invention of "a composite sensor" wherein, "a first dummy section" and "a second dummy section" are not "electrically separated from each other", and a potential equivalent to that applied to a movable section having a larger electrostatic displacement quantity is applied to "a dummy section".

This international search report is made on claim 12 by interpreting that the text of "an acceleration detecting section having an inertial body that is displaced when acceleration is applied" is mistakenly written as "an acceleration detecting section having an inertial body that is displaced when an angular velocity is applied".

## A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (I P C))

Int.Cl. G01C19/5726 (2012.01)i, B81B3/00 (2006.01)i, G01C19/5769 (2012.01)i, G01P15/08 (2006.01)i, G01P15/125 (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. G01C19/56-19/5783, B81B3/00, G01P15/00-15/18, 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 2 年 |
| 日本国実用新案登録公報 | 1 9 9 6 - 2 0 1 2 年 |
| 日本国登録実用新案公報 | 1 9 9 4 - 2 0 1 2 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<br>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<br>請求項の番号    |
|-----------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|
| Y<br>A          | JP 2002-5950 A (株式会社村田製作所) 2002.01.09, 全文全図 & US 2002/0051258 A1 & EP 1167979 A2 & DE 60143780 D | 11<br>1-10, 12-13 |
| Y<br>A          | JP 2009-168777 A (株式会社日立製作所) 2009.07.30, 全文全図 & US 2009/0183568 A1 & EP 2081030 A2               | 11<br>1-10, 12-13 |
| Y<br>A          | WO 2010/119573 A1 (株式会社日立製作所) 2010.10.21, 全文全図 & US 2011/0048129 A1                              | 11<br>1-10, 12-13 |

☒ 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

の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

0 6 . 0 2 . 2 0 1 2

国際調査報告の発送日

1 4 . 0 2 . 2 0 1 2

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)

有家 秀郎

2 S

9 4 0 2

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 2 5 8

| C (続き) . 関連すると認められる文献 |                                                                                                           |                   |
|-----------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|
| 引用文献の<br>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<br>請求項の番号    |
| Y<br>A                | JP 2009-145321 A (株式会社日立製作所) 2009. 07. 02, 全文全図 & US 2009/0126491 A1 & EP 2060871 A2                      | 11<br>1-10, 12-13 |
| A                     | JP 2010-145212 A (株式会社デンソー) 2010. 07. 01, 全文全図 (ファミリーなし)                                                  | 1-13              |
| A                     | JP 2001-91263 A (トヨタ自動車株式会社) 2001. 04. 06, 全文全図 (ファミリーなし)                                                 | 1-13              |
| A                     | JP 2005-114564 A (株式会社デンソー) 2005. 04. 28, 第 1 1 - 2 6 図 & US 2005/0076714 A1 & DE 102004043259 A          | 1-13              |
| A                     | WO 2004/65968 A1 (THE REGENTS OF THE UNIVERSITY OF THE MICHIGAN) 2004. 08. 05, 第 9 図 & US 2004/0182155 A1 | 1-13              |

請求項5及び10は、同じ1つの「複合センサ」において、「前記第1可動部が静電力によって移動する変位量のほうが、前記第2可動部が静電力によって移動する変位量よりも大きい場合」と、「前記第2可動部が静電力によって移動する変位量の方が、前記第1可動部が静電力によって移動する変位量よりも大きい場合」という、2つの場合がいずれも生じ得るかのような記載がされている。また、「前記電位生成回路」は、そのような2つの状態の移り変わりに対応して、同じ1つの複合センサにおいて、「支持層」あるいは「蓋部」に対して、「第1電位」と「第2電位」とを選択的に切り替えて印加するかのような記載がされている。

けれども、そのような技術は本願明細書に開示されておらず、請求項5及び10における記載の字義通りの発明については、本調査報告における適切な調査対象とすることができない。

請求項11は、独立請求項1における発明特定事項と根本的な矛盾を生じており、また請求項5及び10について上述したと同様の不備もある。

そのため、請求項11についても、記載の字義通りの発明については、適切な調査対象とすることができない。

請求項12は、「角速度が印加されると変位する慣性体を有する加速度検知部」なる記載においてつじつまが合わず、記載の字義通りの発明については、適切な調査対象とすることができない。

しかしながらここでは、請求項5及び10については、発明の詳細な説明における段落【0085】－【0099】における記載も参酌し、ある複合センサにおいて、静電変位量が大いの方の可動部と、同じ電位を「支持部」あるいは「蓋部」に印加する「複合センサ」の発明である趣旨と解した場合について、本調査報告を作成した。

また請求項11については、発明の詳細な説明の段落【0101】における記載も参酌し、独立請求項1の発明特定事項の全ては有さないものと解した場合について、本調査報告を作成した。

すなわち、「第1ダミー部」と「第2ダミー部」が「電氣的に分離」されておらず、ある複合センサにおいて、静電変位量が大いの方の可動部と同じ電位を、「ダミー部」に与える「複合センサ」の発明である趣旨と解した場合について、本調査報告を作成した。

請求項12については、「角速度が印加されると変位する慣性体を有する加速度検知部」なる記載は、「加速度が印加されると変位する慣性体を有する加速度検知部」の誤記と解した場合について、本調査報告を作成した。