

(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
2010 年 3 月 11 日(11.03.2010)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2010/026843 A1

- (51) 国際特許分類:
G01P 15/125 (2006.01) H01L 29/84 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2009/063421
- (22) 国際出願日: 2009 年 7 月 28 日(28.07.2009)
- (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 2008-229535 2008 年 9 月 8 日(08.09.2008) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 株式会社日立製作所 (HITACHI, LTD.) [JP/JP]; 〒1008280 東京都千代田区丸の内一丁目 6 番 6 号 Tokyo (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, Hee-Won) [KR/JP]; 〒1858601 東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目 2 8 0 番地 株式会社日立製作所 中央研究所内 Tokyo (JP). 山中 聖子

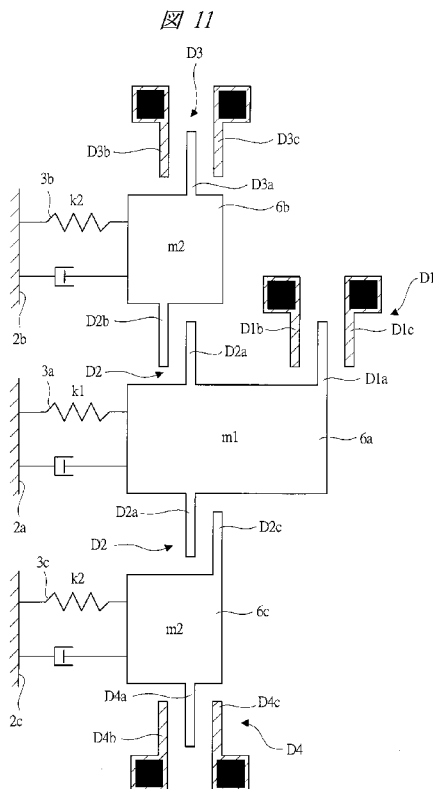
(YAMANAKA, Kiyoko) [JP/JP]; 〒1858601 東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目 2 8 0 番地 株式会社日立製作所 中央研究所内 Tokyo (JP).

- (74) 代理人: 筒井 大和 (TSUTSUI, Yamato); 〒1600022 東京都新宿区新宿 2 丁目 3 番 1 0 号 新宿御苑ビル 3 階 筒井国際特許事務所 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, JP, 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, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, 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, LS, MW, MZ,

[続葉有]

(54) Title: INERTIA SENSOR

(54) 発明の名称: 慣性センサ



(57) Abstract: Provided is an inertia sensor such as an acceleration sensor which can obtain a high SNR in a small size while having a plurality of ranges. The inertia sensor detects an acceleration inertia force in accordance with a change of an electrostatic capacity of a detection unit. The inertia sensor includes a plurality of detection units (D1 to D4) having different sensitivities defined by the ratio of the applied inertia force against the physical amount generated from the respective detection units and has a plurality of measurement ranges. Alternatively, when the inertia sensor has N (N is a natural number not smaller than 2) movable units (6a to 6c), the inertia sensor has (N+1) or more measurement ranges.

(57) 要約: 複数の測定レンジを持ちながらも小型化かつ高い SNR を得ることが可能な加速度センサなどの慣性センサを提供するため、検出部の静電容量の変化に基づいて加速度の慣性力を検出する慣性センサにおいて、印加された慣性力と各検出部から発生する物理量との比で定義した感度が異なる複数の検出部 D1 ~ D4 を備え、複数の測定レンジを有する。または、N (2 以上の自然数) 個の可動部 6a ~ 6c を備える場合に、(N+1) 個以上の測定レンジを有する。



NA, 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
(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, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ,

CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN,
TD, TG).

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： 慣性センサ

技術分野

[0001] 本発明は、半導体微細加工技術（microelectromechanical systems（MEMS）プロセス）により形成され、印加された加速度などの慣性力を静電容量の変化を検出することで測定する慣性センサに関し、特に、複数の測定レンジを選択可能とする技術に関する。

背景技術

[0002] 例えば、慣性センサに関して、一般的な加速度センサの用途をその測定レンジ別に整理してみると、以下のようになる。

[0003] （１） $\pm 2\text{ G}$ ：乗り心地、身体の動揺、自動搬送車、静止状態での姿勢など、精度を要する測定であり、例えば、携帯電話機の姿勢測定、デジタルカメラの手ぶれ補正、傾斜計、自動車のサスペンション制御やABS（Antilock Brake System）など自動車のブレーキ制御などに採用。

[0004] （２） $\pm 4\text{ G}$ ：四肢の動きなどの測定であり、例えば、ゲーム機のリモコンなどアミューズメントとコンピュータのヒューマンインタフェースに採用。

[0005] （３） $\pm 30\text{ G} \sim 50\text{ G}$ ：主に自動車のエアバック用としてECU（Electronic Control Unit）側に取り付けられるセンサとして採用。

[0006] （４） $\pm 50\text{ G} \sim 250\text{ G}$ ：主に自動車のエアバック用として車両の前方もしくは後方に取り付けられるセンサとして採用。

[0007] 上述のように加速度センサは様々な用途で夫々の測定レンジが必要とされる場合が多く、従来では出力レンジが異なる複数の加速度センサで対応してきた。しかし、最近では、省スペース、低コスト化の要求から、一つのセンサで複数の測定レンジを持つ加速度センサも開発されている。

- [0008] 一つのセンサで複数の測定レンジを持つ加速度センサとしては、主に、電氣的な信号処理によって測定レンジを調整もしくは選択する方法と、測定レンジが違う複数のセンサを一つのチップに集積し、周辺回路や基板などを共有する方法、一つのセンサで広い範囲のレンジを測定する方法が開発されている。
- [0009] 例えば、特許文献1には、並行平板型の検出電極を用いて静電容量の変化を差動検出することで印加された加速度を測定する際、周波数が異なる複数の検波信号とそれに合わせたフィルタを使うことで、加速度の測定レンジが選択できる加速度計の制御方法についての記述がある。
- [0010] また、特許文献2には、測定レンジの大きく異なる複数の加速度センサを一つの枠の中に形成しているため、小型化ができることと、形成プロセス上複数の加速度センサはフォトリソグラフィやエッチングなどの工程で一つのチップに一括形成できるので製造コストが低く、かつ複数のセンサ素子の加速度検出軸をフォトリソグラフィのマスク精度で高精度に一致させることができることの記述がある。
- [0011] また、特許文献3には、加速度センサの可動部を複数の分割可動部から構成し、この分割可動部同士を弾性変形可能な梁で接続する。各分割可動部の可動範囲、質量、各梁の剛性等を調整する、または、加速度に対する感度領域の異なる複数の変形モードを併用することにより、加速度の検出感度を向上させるとともに加速度応答範囲を広げることの記述がある。

先行技術文献

特許文献

- [0012] 特許文献1：特開2004-198310号公報
特許文献2：特開2008-70312号公報
特許文献3：特開2008-8820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、前述したような加速度センサに関して、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、前記特許文献 1 などの従来技術の第 1 の問題点は、S N R (s i g n a l t o n o i s e r a t i o) の向上と、加速度出力の線形性向上の両立ができないことである。ここで、本発明者が本発明の前提として検討した一般的な加速度センサを示す図 1 ～図 3 を用いて説明する。

[0015] 一つの加速度検出部を用いて電氣的な信号処理によって複数のレンジを持たせた場合、測定レンジが狭い方の S N R が犠牲される。図 1 に示している並行平板型の加速度センサ S 1 の場合、検出部 D 1 は、可動電極 D 1 a と固定電極 D 1 b, D 1 c とで構成され、夫々の電極間の距離変動（可動電極 D 1 a の変位 x ）に伴う静電容量の変化 Δ C を図 2 に示す電気回路（センサ制御・信号処理用 I C 1 0 0 ）で差動検出することで、印加された加速度を電圧信号として出力する。印加される加速度 a と可動電極 D 1 a の変位 x は下記式（ 1 ）の関係となり、線形である。

[0016] [数1]

$$x = \frac{1}{(2\pi f_0)^2} \cdot a \quad \text{式(1)}$$

$$f_0 = \frac{1}{2\pi} \cdot \sqrt{\frac{k}{m}}$$

[0017] 式（ 1 ）において、

x : 可動電極 D 1 a （可動部）の変位

a : 印加される加速度

f 0 : 加速度センサ S 1 の固有振動数

m : 可動部の質量

k : 可動部を懸架している支持梁のばね定数

を示す。

[0018] しかし、並行平板型の検出部 D 1 の場合、変位 x に対しての静電容量の変化 ΔC ($\Delta C = C_2 - C_1$) は非線形性を持つ。式 (2) は、変位 x と静電容量の変化 ΔC の関係式であり、図 3 で、可動電極 D 1 a と固定電極 D 1 b, D 1 c 間の間隔 g を $3 \mu m$ と $6 \mu m$ にした場合の変位 x に対しての静電容量の変化 ΔC を示している。図 3 と下記式 (2) から静電容量の変化 ΔC と変位 x は非線形的な関係にあることがわかる。

[0019] [数2]

$$\Delta C = C_2 - C_1 = \varepsilon A \left(\frac{1}{g-x} - \frac{1}{g+x} \right) \quad \text{式(2)}$$

[0020] 式 (2) において、

ε : 空気の誘電率

A : 固定電極 D 1 b, D 1 c と可動電極 D 1 a 間の面積

g : 固定電極 D 1 b, D 1 c と可動電極 D 1 a 間の間隔

を示す。

[0021] 加速度センサ S 1 の出力 V_o は加速度 a の印加により発生する可動部 6 と可動電極 D 1 a の変位 x に起因する静電容量の変化 ΔC と、検出部 D 1 の固定電極 D 1 b, D 1 c に印加される搬送波 101 の振幅 (電圧) V_i と参照容量 C_f の関係式から得られる。式 (3) に加速度センサ S 1 の出力関係式を記述する。

[0022]

[数3]

$$V_o = \frac{\Delta C}{C_f} \cdot V_i \quad \text{式(3)}$$

[0023] 式(3)において、

V_o : 加速度センサS1の出力電圧

ΔC : 検出部D1の静電容量変化

C_f : 参照容量

V_i : 搬送波101の電圧

を示す。

[0024] 加速度センサS1のSNRを最大にするためには、単位加速度当たりの機械的な変位 Δx を大きくする必要がある。これ以外にも、前記式(3)の搬送波の振幅 V_i を大きくするとか、参照容量 C_f を小さくする方法もあるが、これらは、あくまでも最適化の問題であり、一番支配的な因子は、単位加速度当たりの機械的な変位 Δx を大きくすることになる。

[0025] 従って、最大のSNRを得るためには、測定したい加速度の範囲を $\pm a$ 、検出部D1の可動電極D1aと固定電極D1b、D1cの間隔を g とした場合、 $\pm a$ の加速度が印加された場合の変位 x をぶつからない程度で限りなく g に近い値にすればよい。しかし、前記図3と式(2)で説明したように並行平板型の検出部D1の場合、静電容量の変化 ΔC は変位 x が間隔 g に近くなるに従って極端に非線形となる。結局、変位 x の最大値は、仕様上許容される非線形性の範囲と間隔 g によって決まることとなる。

[0026] 一つの検出部D1を用いて電氣的な信号処理によって複数の測定レンジを持たせた加速度センサの場合、変位 x の最大値は非線形性の制限から複数の測定レンジの中で一番広いレンジに合わせて決める必要がある。そのため、

狭い測定レンジの場合には変位 x が小さくなり S/N が低下する（犠牲になる）問題がある。

[0027] また、前記特許文献 2 などの従来技術の第 2 の問題点は、大きく異なる測定レンジを持つ場合、プロセスに起因する寸法シフトによる性能バラツキが大きいために歩留まりが低下することと、小型化に不利であることである。

[0028] 複数の測定レンジを得るために複数個の振動系（独立した可動部とばねで構成される振動系）を一つの基板上に形成した場合、測定レンジの大きさによっては夫々の振動系を構成する可動部とばねの長さや幅が大きく異なる。プロセス的な加工誤差はセンサを構成する機械構造の詳細な形状に依存する場合もあるが、レイアウトルールを決めておけばウエハ面内で一律的な寸法シフトとして現れる場合が多い。

[0029] この寸法シフトは各振動系を構成するばねの幅を設計値から一律的にシフトさせるため、測定レンジが狭いセンサ構造にはその影響が大きく、測定レンジが広いセンサ構造に対してはその影響が小さい。例えば、ウエハ内に一律的に $-0.5\ \mu\text{m}$ の寸法シフトが発生したとすると、幅 $3\ \mu\text{m}$ の支持梁は $2.5\ \mu\text{m}$ となり、幅 $6\ \mu\text{m}$ の支持梁は $5.5\ \mu\text{m}$ となる。従って、夫々のばね定数は各ばねを構成する支持梁の長さを一定だとすると、夫々 42% と 23% 減少し、その減少量が異なる。構造ごとの影響度の差は結果的に歩留まりを低下させるため、プロセス管理が難しくなる。当然ながら、各振動系は互いに位置的に独立しているため、占有面積が大きくなり、小型化に不利である。

[0030] また、前記特許文献 3 などの従来技術の第 3 の問題点は、複数の分割可動部を互いに連結し、測定レンジごとに分割可動部の一部の変位を止めることで測定レンジを拡大した場合、全測定範囲での線形性が悪化する点と、全測定範囲を数分割して夫々の振動系を構成して検出した場合より感度（感度＝出力／加速度）が低下する点である。

[0031] そこで、本発明は上述のような問題点を解決して、その主な目的は、複数の測定レンジを持ちながらも小型化かつ高い S/N を得ることが可能な加速

度センサなどの慣性センサを提供することにある。

[0032] 具体的には、第 1 に、全ての測定レンジにおいて、S N R と加速度出力の線形性向上を両立させることができる慣性センサを提供することにある。第 2 に、大きく異なる測定レンジを持ちながらも、加工誤差にロバストで、小型化を実現することができる慣性センサを提供することにある。第 3 に、可動部とばねとで構成される振動系の数より多い出力レンジを得ることができる慣性センサを提供することにある。

[0033] 本発明の前記ならびにその他の目的と新規な特徴は、本明細書の記述および添付図面から明らかになるであろう。

課題を解決するための手段

[0034] 本願において開示される発明のうち、代表的なものの概要を簡単に説明すれば、次のとおりである。

[0035] すなわち、代表的なものの概要は、印加された慣性力と各検出部から発生する物理量との比で定義した感度が異なる複数の検出部を備え、複数の測定レンジを有することを特徴とするものである。または、 N （2 以上の自然数）個の可動部を備える場合に、 $(N + 1)$ 個以上の測定レンジを有することを特徴とするものである。

[0036] 具体的には、第 1 に、基板上に弾性体を介して懸架された可動部と、可動部に形成された可動電極と基板上に設けられた固定電極とで構成される検出部とを備え、検出部の静電容量の変化に基づいて加速度の慣性力を検出する慣性センサであって、印加された慣性力と検出部から発生する物理量の比を感度として定義した場合、感度が異なる複数の検出部が設置され、複数のレンジ出力を得ることを特徴とするものである。

[0037] また、第 2 に、複数の可動部と、各可動部の固定部に対する相対変位を検出する検出部と、各可動部間の相対変位を検出する検出部（少なくとも 1 個）とを備えることで、複数の出力レンジを持ちながらも、各測定レンジ間の比が 10 以上と大きく離れていることを特徴とする。さらに、夫々の検出部は互いにその間隔などの形状が類似しているため、加工誤差による性能バラ

ツキが少なく、歩留まりが高いため低コスト化に有利であることを特徴とするものである。

[0038] また、第3に、N個の可動部と、各可動部の固定部に対する相対変位を検出する検出部と、各可動部間の相対変位を検出する検出部（少なくとも1個）とを備え、N+1個以上のレンジ出力を得ることと、互いに可動部とばねを共有するために小型化に有利であることを特徴とするものである。

発明の効果

[0039] 本願において開示される発明のうち、代表的なものによって得られる効果を簡単に説明すれば以下のとおりである。

[0040] すなわち、代表的なものによって得られる効果は、複数の測定レンジを持ちながらも小型化かつ高いS N Rを得ることが可能な加速度センサなどの慣性センサを提供することができる。

[0041] 具体的には、第1に、全ての測定レンジにおいて、S N Rと加速度出力の線形性向上を両立させることができる。また、第2に、大きく異なる測定レンジを持ちながらも、加工誤差にロバストで、小型化を実現することができる。さらに、第3に、可動部とばねとで構成される振動系の数より多い出力レンジを得ることができる。

図面の簡単な説明

[0042] [図1]本発明の前提として検討した一般的な加速度センサの動作原理を示す説明図である。

[図2]本発明の前提として検討した一般的な加速度センサの信号処理を示す説明図である。

[図3]本発明の前提として検討した一般的な加速度センサの検出非線形性を示す説明図である。

[図4]本発明の実施例1における慣性センサの主要な構成の一例を示す平面図である。

[図5]図4のA-A'線で切断した断面を示す断面図である。

[図6]本発明の実施例1における慣性センサを実装したパッケージ構造の一例

を示す断面図である。

[図7]本発明の実施例1における慣性センサの振動系モデルを示す説明図である。

[図8]本発明の実施例1における慣性センサにおいて、変位に対する非線形性と静電容量変化を示すグラフである。

[図9]本発明の実施例1における慣性センサの電氣的構成の一例を示す構成図である。

[図10]本発明の実施例2における慣性センサの主要な構成の一例を示す平面図である。

[図11]本発明の実施例2における慣性センサの振動系モデルを示す説明図である。

[図12]本発明の実施例2における慣性センサの電氣的構成の一例を示す構成図である。

[図13]本発明の実施例3における慣性センサの主要な構成の一例を示す平面図である。

[図14]本発明の実施例3における慣性センサの振動系モデルを示す説明図である。

[図15]本発明の実施例3における慣性センサの電氣的構成の一例を示す構成図である。

発明を実施するための形態

[0043] 以下の実施例においては便宜上その必要があるときは、複数のセクションまたは実施例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。

[0044] また、以下の実施例において、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。

[0045] さらに、以下の実施例において、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ことは言うまでもない。

[0046] 同様に、以下の実施例において、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。

[0047] また、実施例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省略する。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。

実施例 1

[0048] 本実施例 1 における慣性センサについて図面を参照しながら説明する。図 4 は、本実施例 1 における慣性センサの主要な構成の一例を示す平面図である。図 5 は、図 4 の A-A' 線で切断した断面を示す断面図である。

[0049] まず、本実施例 1 における慣性センサの主要な構成（機械構造部）について説明する。図 4 および図 5 において、慣性センサ S 2 は、例えば、SOI（Silicon On Insulator）基板 1 をフォトリソグラフィと DRIE（Deep Reactive Ion Etching）を用いて加工することで形成する場合を想定している。勿論ここでは SOI 基板 1 を使って製作する例を説明しているだけであって、本発明の概念はガラス・シリコン・ガラスの接合技術などのシリコン基板の表・裏面を加工することで構造を形成する所謂バルク MEMS プロセスを用いて製作してもよく、または、予めトランジスタなどの信号処理用の回路が形成されているシリコン基板の表面に薄膜を堆積し、堆積した薄膜をパターニングすることを繰り返すことで構造を形成する所謂表面 MEMS プロセスを用いて製作してもよい。

[0050] ここで例として挙げている SOI 基板 1 は、支持基板 1 b 上に中間絶縁層 1 c が形成されており、この中間絶縁層 1 c 上に活性層（導体層）1 a が形

成されている。支持基板 1 b は、例えば、シリコン (Si) より形成され、中間絶縁層 1 c は、例えば、酸化シリコン (SiO₂) より形成されている。さらに、中間絶縁層 1 c 上に形成されている活性層 1 a は、例えば、導電性シリコンより形成されている。

[0051] 本実施例 1 の慣性センサ S 2 は、前記支持基板 1 b に前記中間絶縁層 1 c を介して支持固定されている固定部 2 と、この固定部 2 に後述する可動部 6 を可動状態に支えている支持梁 3 と、この支持梁 3 に懸架され、加速度が印加された際にその加速度に追従して変位する可動部 6 と、この可動部 6 の変位量を検出するための検出部 D 1, D 2 と、ワイヤボンディング等により外部回路と信号のやり取りを行うための電極パッド 2 e, D 1 b e, D 1 c e, D 2 b e, D 2 c e とで構成されている。

[0052] 前記検出部 D 1 は、可動電極 D 1 a と固定電極 D 1 b, D 1 c が並行平板状に配置され、夫々静電容量 C 1, C 2 を形成している。同様に、前記検出部 D 2 は、可動電極 D 2 a と固定電極 D 2 b, D 2 c が並行平板状に配置され、夫々静電容量 C 3, C 4 を形成している。夫々の検出部 D 1, D 2 は差動検出ができるように構成され、例えば、検出部 D 1 には可動部 6 が + x 方向に変位した場合、静電容量が減少する静電容量 C 1 と静電容量が増加する静電容量 C 2 で構成される。同様に、検出部 D 2 には可動部 6 が + x 方向に変位した場合、静電容量が減少する静電容量 C 3 と静電容量が増加する静電容量 C 4 で構成される。これらの検出部 D 1, D 2 は、印加された加速度の慣性力と各検出部から発生する物理量の比で定義した感度 (S) が異なる構成となっている。

[0053] この慣性センサ S 2 においては、可動部 6 をこの可動部 6 から 4 方向に延びる支持梁 3 で可動可能に SOI 基板 1 に固定する 4 箇所の固定部 2 のうちの一つの固定部 2 の表面上に電極パッド 2 e が設けられている。なお、4 箇所の固定部 2 に設けることも可能である。また、前記検出部 D 1 の夫々の固定電極 D 1 b, D 1 c の外側端部の表面上に電極パッド D 1 b e, D 1 c e が設けられている。同様に、前記検出部 D 2 の夫々の電極パッド D 2 b, D

2 c の外側端部の表面上に電極パッド D 2 b e , D 2 c e が設けられている。

[0054] 図 6 は、本実施例 1 の慣性センサ S 2 を実装したパッケージ構造の一例を示す断面図である。

[0055] 本実施例 1 の慣性センサ S 2 を実装したパッケージ構造は、セラミック P K G (パッケージ) 2 0 0 を用いている。まず、セラミック P K G 2 0 0 の凹部の内側底面に、接着剤 5 0 を介して、後述する図 9 に示すセンサ制御・信号処理用 I C 1 0 0 を実装する。さらに、センサ制御・信号処理用 I C 1 0 0 の上に、再び接着剤 5 0 を介して前記慣性センサ S 2 を実装する。その後、前記センサ制御・信号処理用 I C 1 0 0 と前記慣性センサ S 2 間をワイヤボンディングによりワイヤ 7 0 で電氣的に接続する。最後に、前記センサ制御・信号処理用 I C 1 0 0 と前記セラミック P K G 2 0 0 間をワイヤ 8 0 で電氣的に接続し、蓋 6 0 で封止することで、パッケージ構造の慣性センサが完成する。

[0056] 次に、本実施例 1 (本発明) の特徴的構成についてさらに詳しく説明する。本発明の特徴は、複数のレンジを一つの振動系で測定するため、夫々のレンジに対応する複数の検出部を持っていることである。ここで、一つの振動系とは一つの可動部と一つのばね (支持梁に相当) で表現できる振動構造を意味する。例えば、前記図 4 に示している慣性センサ S 2 を、ばね (ばね定数 k)、可動部、減衰 (c) と、機能説明の便宜上、検出部 D 1 , D 2 で構成した振動系モデルに書き直せば図 7 となる。

[0057] 図 7 は、本実施例 1 の慣性センサ S 2 の振動系モデルを示す説明図であり、実際の形状と対応するように同一部材には同一の符号を付している。この振動系モデルにおいて、主に前記可動部 6 と前記可動電極 D 1 a , D 2 a の質量が前記式 (1) の m となり、前記支持梁 3 のばね定数の合計が k となる。従って、前記式 (1) より前記慣性センサ S 2 の固有振動数 f_0 と、検出方向 (x 方向) に加速度 a が印加された場合の前記可動部 6 の変位 x の変位量を求めることができる。

[0058] 変位 x が発生すると、前記検出部 D 1 と D 2 の夫々の、可動電極 D 1 a と固定電極 D 1 b, D 1 c 間、可動電極 D 2 a と固定電極 D 2 b, D 2 c 間の間隔が変動し、前記検出部 D 1 の静電容量 C 1, C 2、前記検出部 D 2 の静電容量 C 3, C 4 は夫々変化する。この静電容量の変化は、後述する図 9 に示すセンサ制御・信号処理用 IC 100 で検出することができる。すなわち、静電容量の変化は、センサ制御・信号処理用 IC 100 から静電容量を検出するための搬送波 101 を前記検出部 D 1 の電極パッド D 1 b e, D 1 c e、前記検出部 D 2 の電極パッド D 2 b e, D 2 c e に印加することで、前記可動部 6 に連結されている電極パッド（共通電極）2 e を介して前記センサ制御・信号処理用 IC 100 の CV 変換部 102 に差動入力される。この CV 変換部 102 で、静電容量の変化は電圧信号に変換され、さらに同期検波回路 103 で必要な信号成分のみを取り出し、最後に A/D 変換部 104 でデジタル値に変換した後、外部に出力する。

[0059] 次に、前記検出部 D 1, D 2 の設計に関してより詳しく説明する。ここでは、説明の便宜上、具体的な数値を用いるが、特に本実施例 1（本発明）の効果を限定しているわけではなく、本発明の概念は一般的に適用可能である。

[0060] 例えば、加速度範囲 $\pm 2\text{ G}$ と $\pm 4\text{ G}$ を $\pm 1\%$ の検出非線形性で検出する加速度センサを想定する。そして、前記センサ制御・信号処理用 IC 100 の CV 変換部 102 が飽和する静電容量変化 (ΔC) の入力を 0.25 pF とし、前記複数の検出部 D 1, D 2 の中で検出部 D 1 の可動電極 D 1 a と固定電極 D 1 b, D 1 c 間の間隔 g を $3\text{ }\mu\text{m}$ とする。ここで、間隔 g は、プロセス的な制約により決まる場合が多い。並行平板型の静電容量検出方式の検出部の場合、その初期容量は静電容量を形成する両電極の対抗面積 A に比例し、両電極間の間隔 g に反比例する。そのため、間隔 g を狭く形成するほど、対抗面積 A を小さくすることができ、結果的に小型化になる。

[0061] 以上で、設計に必要な前提条件もしくは仕様が揃ったので、本実施例 1（本発明）の概念に基づき慣性センサ S 2 の固有振動数 f_0 ともう一つの検出

部D 2を設計すればよい。まず、固有振動数 f_0 は検出部D 1, D 2の中で間隔 g が狭い方（ここでは、検出部D 1の間隔 $3\mu\text{m}$ ）と非線形性仕様 $\pm 1\%$ により決まる。図8は、前記図3の一部を拡大した図に可動部6の変位 x における検出非線形性を上乘せしたものである。すなわち、図8は、変位 x に対する非線形性 NL と静電容量変化 ΔC を示すグラフである。

[0062] ここで、非線形性 NL の定義は、変位 x が0の時の検出部の容量変化率、つまり、前記式（2）を変位 x に対して微分した式に変位 x として0を代入して得られる値（感度 S ）に変位 x を掛けた理想的な容量変化直線に対して、実際に変位 x によって得られる静電容量変化 ΔC の比である。下記の式（4）に感度 S の定義を示し、式（5）に非線形性 NL の定義を示す。

[0063] [数4]

$$S = \frac{d\Delta C}{dx} = \varepsilon A \left(\frac{1}{(g-x)^2} + \frac{1}{(g+x)^2} \right) \quad \text{式(4)}$$

[0064] 式（4）において、

S : 慣性センサの感度（ $x = 0$ ）

を示す。

[0065] [数5]

$$NL = \left(\frac{\Delta C(x)}{S(0) \cdot x} - 1 \right) \times 100 \dots \% \quad \text{式(5)}$$

[0066] 式（5）において、

$S(0)$: 慣性センサの感度

x : 可動部 6 の変位

を示す。

[0067] 図 8 から、前記検出部 D 1 の間隔 g が $3 \mu\text{m}$ の場合、非線形性 NL が $\pm 1\%$ 以下を満足する変位 x は $\pm 0.3 \mu\text{m}$ であることがわかる。これは、検出部 D 1 を用いて出力の非線形性が $\pm 1\%$ を満足しながら最大の SNR を得るためには加速度測定範囲である $\pm 2\text{G}$ で可動部 6 を $\pm 0.3 \mu\text{m}$ 変位させる必要があることを意味する。勿論、信号成分以外の振動外乱等の影響により想定した静電容量変化 ΔC より大きい ΔC が発生するため、実際の設計時には非線形性にマージンを持った設計をする必要があるが、これは、本発明の本質とは関係がないために説明は省略する。しかし、この場合でも、本発明の基本概念は適用可能である。ここでは、信号成分以外の振動外乱等はないものと仮定し、説明を続ける。

[0068] 必要な変位量が決まれば、前記式 (1) の変位 x と固有振動数 f_0 の関係式から固有振動数 f_0 が決まる。ここで例として説明している慣性センサ S_2 の場合、固有振動数 f_0 は 1300Hz となる。

[0069] 次に、前記検出部 D 2 の設計について説明する。検出部 D 2 で検出非線形性が $\pm 1\%$ 以下を満足しながら最大の SNR を得るためには、加速度範囲が $\pm 4\text{G}$ を検出非線形性 NL が $\pm 1\%$ で検出できればよい。本慣性センサ S_2 の固有振動数 f_0 は 1300Hz であるため、 $\pm 4\text{G}$ 印加時の変位 x は、前記式 (1) から $\pm 0.6 \mu\text{m}$ になる。従って、変位 x が $\pm 0.6 \mu\text{m}$ になった場合、非線形性 NL が $\pm 1\%$ になる検出部 D 2 の可動電極 D 2 a と固定電極 D 2 b, D 2 c 間の間隔 g を決めればよく、本慣性センサ S_2 では、 $6 \mu\text{m}$ となる (図 8 参照)。

[0070] しかし、ただ単に間隔だけを広くしただけでは、前記検出部 D 2 の初期静電容量 C_3 , C_4 も小さくなるため、 $\pm 4\text{G}$ 印加時の ΔC の絶対値も小さくなる。慣性センサ S_2 の場合、 $\pm 2\text{G}$ 印加時の検出部 D 1 の静電容量変化 ΔC と $\pm 4\text{G}$ 印加時の検出部 D 2 の静電容量変化 ΔC との比は 7.43 となる

。従って、検出部D 2の電極規模を検出部D 1の7. 4 3倍にしてあげること
で、C V変換部1 0 2を共有することができる。ここでは、電極間の対抗
面積Aを大きくすることで、検出部D 2の規模を大きくしている。結果的に
、検出部D 1とD 2は両方とも最大測定加速度（ $\pm 2 \text{ G}$ と $\pm 4 \text{ G}$ ）に対して
同じ静電容量変化 ΔC となる。すなわち、各検出部D 1, D 2の測定レンジ
ごとに測定可能な最大加速度が印加された場合の静電容量の変化値が同じ値
である。

[0071] 図9は、本実施例1における慣性センサS 2の電氣的構成の一例を示す構
成図である。図9では、各レンジの選択と選択されていない検出部の処理方
法を説明する。

[0072] 本実施例1の慣性センサS 2は、電氣的構成において、前述したような検
出部D 1, D 2と可動部6などからなる機械構造部に接続されるセンサ制御
・信号処理用I C 1 0 0と、切換スイッチモニタ1 0 7などから構成され、
また外部入力1 0 8が可能となっている。センサ制御・信号処理用I C 1 0
0には、検出部D 1, D 2の静電容量の変化値を電圧値に変換するC V変換
部1 0 2、C V変換部1 0 2からの出力を同期検波する同期検波回路1 0 3
、同期検波回路1 0 3からの出力をアナログ／デジタル変換するA／D変換
部1 0 4、C V変換部1 0 2からの出力値（具体的には同期検波およびアナ
ログ／デジタル変換した後のA／D変換部1 0 4の出力値）が一定範囲を超
えているかどうかを判断するオーバーレンジ判断部1 0 5、オーバーレンジ
判断部1 0 5からの出力信号に基づいて検出部D 1, D 2に印加する搬送波
1 0 1と検出部D 1, D 2からの信号とを切換えるレンジ切換スイッチ1 0
6などが設けられ、また、レンジ切換スイッチ1 0 6は、測定レンジのいず
れかを選択するスイッチとしても機能している。

[0073] 本実施例1の慣性センサS 2は、手動で測定レンジを切換える方法と、自
動で測定レンジを切換える方法に対応できる。

[0074] まず、自動で測定レンジを切換える方法から説明する。慣性センサS 2の
初期状態として、図9のレンジ切換スイッチ1 0 6はステート1に設定され

、前記検出部D 1（ ± 2 Gレンジ）に前記搬送波101が印加される。一方、前記検出部D 2はコモン電位に接続され、可動部6のDCレベルと同じ電位となる。この状態で、 ± 2 G以上の加速度が印加されると、前記CV変換部102が飽和するか、もしくはA/D変換部104の出力端の電圧は一定値を超えることとなる。

[0075] 加速度が印加されると、可動部6は慣性の法則に従い加速度とは逆の方向に変位する。この時の検出部D 1の可動電極D 1 aと固定電極D 1 b, D 1 c間、検出部D 2の可動電極D 2 aと固定電極D 2 b, D 2 c間の静電容量の変化を、CV変換部102によって電圧値の変化に変換し、さらに同期検波回路103で同期検波した後に、A/D変換部104によってアナログ値をデジタル値に変換する。

[0076] そして、オーバーレンジ判断部105は、前記A/D変換部104からの出力値に基づきオーバーレンジか否かを判断し、オーバーレンジの場合（yes）には、前記レンジ切換スイッチ106の状態を制御する信号を生成し、レンジ切換スイッチ106を切換えることでより広い測定レンジ（ステート1からステート2）に切換える。一方、オーバーレンジでない場合（no）は、広い測定レンジに切換える必要がないので、ステート1のままとなる。また、前記レンジ切換スイッチ106は現在の状態を外部の切換スイッチモニタ107に出力することで、選択されている測定レンジを外部に通知する。

[0077] 一方、手動で測定レンジを切換える方法では、外部入力108により、レンジ切換スイッチ106をステート1からステート2に切換える。

[0078] 本実施例1の慣性センサS 2では、 ± 2 Gと ± 4 Gの測定レンジが選択できる。また、測定レンジは、前記慣性センサS 2の固有振動数 f_0 と前記検出部D 1とD 2の中で可動電極と固定電極間の間隔が狭い方の間隔によって制限されるのであって、特に、 ± 2 Gと ± 4 Gに限定しているわけではない。例えば、本実施例1の慣性センサS 2の場合、前記検出部D 1の可動電極D 1 aと固定電極D 1 b, D 1 cの間隔が $3\ \mu\text{m}$ であり、前記式（1）から

20 Gの加速度が印加された場合に前記検出部D1の可動電極D1aと固定電極D1b, D1cが物理的に接触する。従って、前記慣性センサS2の測定限界は20 Gとなる。

[0079] しかし、より広範囲の加速度を測定したい場合には前記固有振動数 f_0 を高くすればよい。前記式(1)の関係から、固有振動数 f_0 を5倍高くすれば、測定可能なレンジは25倍となる。つまり、 f_0 が1300 Hzの場合に±2 Gと±4 Gだった出力レンジが f_0 を6500 Hzにすることで、±50 Gと±100 Gとなる。また、感度Sが異なる検出部を増設することで、選択できる測定レンジも増える。

[0080] 以上説明した本実施例1における慣性センサS2の設計の手順を実施することで、全ての測定レンジにおいて、最大のSNRと規定値以下の加速度出力線形性が確保できる慣性センサを提供することができる。すなわち、印加された加速度と検出部から発生する物理量の比で定義した感度(S:式(4))が異なる複数の検出部D1, D2によって複数のレンジ出力が得られ、全ての測定レンジにおいて、SNRと加速度出力の線形性向上を両立させることができる。

実施例 2

[0081] 本実施例2における慣性センサの最大の特徴は、大きく異なる二つの測定レンジを持つことである。前記実施例1で説明した慣性センサは、複数のレンジを持つものの、現実的に一緒に製作可能な前記電極間の間隔 g と、機械構造の大きさの制限から、各レンジ間の比は5以下が現実的であろう。

[0082] 本実施例2における慣性センサは、複数の可動部と、各可動部の固定部に対する相対変位を検出する検出部と、各可動部間の相対変位を検出する検出部(少なくとも1個)を備えることで、複数の出力レンジを持ちながらも、測定レンジ間の比が10以上であることを特徴とする。さらに、夫々の検出部は互いにその間隔などの形状が類似しているため、加工誤差による性能バラツキが少なく、加工誤差にロバストである。

[0083] 以下に、本実施例2における慣性センサについて図面を参照しながら説明

するが、前記実施例 1 と重複するところは同一の符号を付し、説明は省略する。図 10 は、本実施例 2 における慣性センサの主要な構成の一例を示す平面図である。

[0084] 本実施例 2 の慣性センサ S 3 は、支持基板 1 b に支持固定されている固定部 2 a, 2 b, 2 c と、この固定部 2 a, 2 b, 2 c の夫々に後述する可動部 6 a, 6 b, 6 c を可動状態に支えている支持梁 3 a, 3 b, 3 c と、この支持梁 3 a, 3 b, 3 c の夫々に懸架され、加速度が印加された際にその加速度に追従して変位する可動部 6 a, 6 b, 6 c と、この可動部 6 a, 6 b, 6 c の変位量を検出するための検出部 D 1, D 2, D 3, D 4 と、ワイヤボンディング等により外部回路と信号のやり取りを行うための電極パッド（符号省略）とで構成されている。

[0085] 前記検出部 D 1 は、可動部 6 a の固定部 2 a に対する相対変位を検出する検出部であり、可動電極 D 1 a と固定電極 D 1 b, D 1 c が並行平板状に配置されている。前記検出部 D 2 は、可動部 6 a と可動部 6 b, 6 c 間の相対変位を検出する検出部であり、一方の可動電極 D 2 a と固定電極 D 2 b、他方の可動電極 D 2 a と固定電極 D 2 c の夫々が並行平板状に配置されている。また、前記検出部 D 3 は、前記検出部 D 1 と同様に、可動部 6 b の固定部 2 b に対する相対変位を検出する検出部であり、可動電極 D 3 a と固定電極 D 3 b, D 3 c が並行平板状に配置されている。前記検出部 D 4 も、可動部 6 c の固定部 2 c に対する相対変位を検出する検出部であり、可動電極 D 4 a と固定電極 D 4 b, D 4 c が並行平板状に配置されている。

[0086] 本実施例 2 の慣性センサ S 3 の製造プロセスや実装形態などは前記実施例 1 と同じであるために説明を省略し、本実施例 2 の特徴である、大きく異なる測定レンジがなぜ可能であるのかと、なぜ間隔などの形状が類似した検出部で実現することができるのかを詳細に説明する。ここでも、前記実施例 1 と同様に限定するわけではないが、説明の便宜上、 $\pm 2\text{ G}$ と $\pm 100\text{ G}$ の具体的な測定レンジを例として説明する。

[0087] 図 10 を振動系モデルとして書き直せば図 11 となる。図 11 は、本実施

例２の慣性センサＳ３の振動系モデルを示す説明図であり、実際の形状と対応するように同一部材には同一の符号を付している。本実施例２の慣性センサＳ３は、三つの振動系として構成される。第１の振動系は可動部６ａとばね（支持梁３ａ）、検出部Ｄ１、Ｄ２とで構成され、第２の振動系は可動部６ｂとばね（支持梁３ｂ）、検出部Ｄ２、Ｄ３で構成され、第３の振動系は可動部６ｃとばね（支持梁３ｃ）、検出部Ｄ２、Ｄ４とで構成される。前記第１の振動系の変位 x_1 を狭い測定レンジ（例えば、 $\pm 2\text{ G}$ ）の検出に用いる。また、前記第２と第３の振動系は同じ固有振動数 $f_2 = f_3$ を持つように形成されているため、前記式（１）からその単位加速度当たりの変位 x_2 、 x_3 も $x_2 = x_3$ になる。本実施例２の慣性センサＳ３では、前記変位 x_1 と x_2 もしくは x_3 との変位差を用いて広い測定レンジ（例えば、 $\pm 100\text{ G}$ ）の測定を行う。つまり、本実施例２の最大の特徴は複数の可動部６ａ、６ｂ間の相対変位（変位差）を用いることで広い測定レンジを測定していることである。

[0088] 次に、本実施例２の慣性センサＳ３の設計と機能に関して説明する。本実施例２でも前記実施例１と同様、センサ制御・信号処理用ＩＣ１００のＣＶ変換部１０２（後述する図１２参照）が飽和する静電容量変化（ ΔC ）の入力を 0.25 pF とし、プロセス的な制約から検出部の可動電極と固定電極間の間隔 g を $3\text{ }\mu\text{m}$ とする。また、出力非線形性も $\pm 1\%$ 以下とする。本慣性センサＳ３は、 $\pm 100\text{ G}$ の加速度を検出するため、 $\pm 100\text{ G}$ の加速度が印加されても全ての検出部Ｄ１、Ｄ２、Ｄ３、Ｄ４を構成する可動電極Ｄ１ａ、Ｄ２ａ、Ｄ３ａ、Ｄ４ａと固定電極Ｄ１ｂ、Ｄ１ｃ、Ｄ２ｂ、Ｄ２ｃ、Ｄ３ｂ、Ｄ３ｃ、Ｄ４ｂ、Ｄ４ｃが物理的に接触しないように第１から第３の各振動系の固有振動数 f_1 、 f_2 、 f_3 を設計する必要がある。

[0089] 前記式（１）から、 $\pm 100\text{ G}$ の加速度が印加された場合、変位 x が $3\text{ }\mu\text{m}$ となる固有振動数は 2877 Hz であり、本実施例２の慣性センサＳ３では前記第１の振動系の固有振動数 f_1 を 3000 Hz に設定している。固有振動数 f_1 を 3000 Hz にしたため、第１の振動系の可動部６ａの $\pm 2\text{ G}$

印加時の変位量 x_1 は 55 nm となり、図 8 で示しているように 300 nm 以下であるために非線形性が $\pm 1\%$ 以下を満足する。しかし、静電容量変化 ΔC を 0.25 pF とするためには、前記実施例 1 の慣性センサ S_2 の検出部の 5.3 倍の電極規模が必要となる。活性層 $1a$ の厚さなどによって変わるが、本実施例 2 の慣性センサ S_3 では、活性層 $1a$ の厚さは $40\text{ }\mu\text{m}$ であり、検出部 D_1 の可動電極 D_1a と固定電極 D_1b , D_1c とのオーバーラップを $200\text{ }\mu\text{m}$ にしているため、電極の本数を 140 本としている。前記検出部 D_1 は並行平板型の静電容量検出方式であり、可動電極と固定電極を構成している櫛歯の幅を $4\text{ }\mu\text{m}$ とすると、検出部 D_1 を形成するために必要な長さは $2940\text{ }\mu\text{m}$ となり、可動部 $6a$ の両側に電極を形成しているため、第 1 の振動系は概ね $1.5\text{ mm} \times 1.5\text{ mm}$ の大きさになる。慣性センサの大きさは前記検出部 D_1 の間隔 g と前記活性層 $1a$ の厚さの比として定義されるアスペクト比が大きくなれば、もっと小型にすることができる。

[0090] 次に、前記第 2 と第 3 の振動系の固有振動数 f_2 , f_3 について説明する。固有振動数 f_2 と f_3 は $\pm 100\text{ G}$ 印加時に可動部 $6a$ と $6b$ もしくは $6c$ 間の相対変位が、非線形性が $\pm 1\%$ 以下を満足しながら電極の規模をなるべく小さくするために、 300 nm になるように設計すればよい。前記式 (1) から固有振動数 f_2 と f_3 を 3178 Hz にすれば、 $\pm 100\text{ G}$ 印加時の可動部 $6a$ と $6b$ もしくは $6c$ との相対変位 ($x_1 - x_2$ もしくは $x_1 - x_3$) は 300 nm となり、非線形性が $\pm 1\%$ 以下の仕様を満足しながらも検出部 D_1 のおおよそ 5.3 分の 1 の電極規模で静電容量変化 ΔC が 0.25 pF となる検出部 D_2 を形成することができる。

[0091] ここでは、前記第 1 の振動系の固有振動数 f_1 を 3000 Hz とし、前記第 2 と第 3 の振動系の固有振動数 f_2 , f_3 を 3178 Hz としているが、その逆である前記固有振動数 f_1 を 3178 Hz とし、前記固有振動数 f_2 , f_3 を 3000 Hz にしても構わない。この場合は、電極規模が大きい検出部 D_1 を慣性センサ S_3 の外回りに配置することができるため、小型化に有利となる。

[0092] 次に、検出部（固有振動数調整部の機能も具備、以下において固有振動数調整部と記載する）D 3，D 4について、後述する図 1 2を参照しながら説明する。本実施例 2の慣性センサS 3では、前記固有振動数調整部D 3，D 4の可動電極D 3 a，D 4 aと固定電極D 3 b，D 3 c，D 4 b，D 4 cの間にD C電圧を印加することで、既に公知である静電ばね効果を用いて前記可動部6 bと6 cを含む前記第 2と第 3の振動系の固有振動数 f_2 ， f_3 を調整している。

[0093] 上述したように、 $\pm 100\text{ G}$ の測定には可動部6 aと可動部6 b，6 cとの相対変位を用いている。従って、可動部6 bと6 cは単位加速度当たりの変位量が同じである必要がある。しかし、可動部6 bと6 cを含む第 2と第 3の振動系は場所的に離れ、独立した振動系として構成されているため、加工誤差の影響から各振動系の固有振動数をぴったり一致させることはほぼ不可能に近い。従って、固有振動数調整部D 3，D 4を設けることによって、第 2と第 3の振動系の固有振動数 f_2 ， f_3 を調整している。具体的には出荷時に前記慣性センサS 3をA C的に加振し、慣性センサS 3のD Cレベル出力が0となるように固有振動数調整部D 3，D 4に印加するD C電圧109，110を調整する（図 1 2参照）。

[0094] 前記固有振動数調整部D 3，D 4は前記検出部D 1と同じ構成となっているため、可動部6 b，6 cの変位 x_2 ， x_3 を検出するために用いることも可能である。特に、各測定レンジ間の比が小さい慣性センサでは、第 1の振動系の固有振動数 f_1 と第 2と第 3の振動系の固有振動数 f_2 ， f_3 間の固有振動数の差は大きくなるため、加工誤差による固有振動数のずれはほぼ無視でき、固有振動数調整部D 3，D 4を検出部として転用することで測定レンジ数を増やすことができる。

[0095] 図 1 2は、本実施例 2の慣性センサS 3における電氣的構成であり、夫々、前記D 3，D 4を固有振動数調整部として使った場合を示す。図示はしないが、前記固有振動数調整部D 3，D 4を、可動部6 bと6 cの変位 x_2 ， x_3 を検出する検出部として使う場合は、搬送波101を固有振動数調整部

D 3, D 4 に印加すればよい。

[0096] 本実施例 2 でも、前記実施例 1 の慣性センサ S 2 と同様、前記測定レンジは外部入力 1 0 8 を通じて手動で切換えることもできれば、オーバーレンジ判断部 1 0 5 を通じて自動で切換えることもできる。この測定レンジを切換える具体的な内容としては前記実施例 1 の慣性センサ S 2 と同じであるため、説明は省略する。

[0097] 以上説明した本実施例 2 における慣性センサ S 3 の設計の手順を実施することで、大きく異なる ($\pm 2 \text{ G}$ と $\pm 100 \text{ G}$) 測定レンジを持ちながらも、加工バラツキにロバストな慣性センサを提供することができる。すなわち、夫々の検出部 D 1, D 2, D 3, D 4 は互いにその間隔などの形状が類似し、各振動系を構成する可動部 6 a, 6 b, 6 c とばね (支持梁 3 a, 3 b, 3 c) の形状をほぼ同じにできるので、加工誤差による性能バラツキへの影響は比較的小さく、加工誤差にロバストとなり、また小型化を実現することができる。

実施例 3

[0098] 本実施例 3 は複数の測定レンジを持つ慣性センサであり、複数の可動部とばねで構成する複数の振動系が互いに連結され、夫々の振動系の可動部の基板に対する絶対変位と、各可動部間の相対変位を測定することで振動系の数 + 1 以上の測定レンジを持つことと、各振動系は互いに可動部とばねを共有するため、小型化に有利であることが特徴である。以下に、図面を参照しながら本実施例 3 を詳細に説明する。また、前記実施例 1, 2 と重複する部分については同じ符号を付し、説明は省略する。

[0099] 図 1 3 は、本実施例 3 における慣性センサの主要な構成の一例を示す平面図である。本実施例 3 の慣性センサ S 4 は、支持基板 1 b に支持固定されている固定部 2 a, 2 b, 2 c と、この固定部 2 a, 2 b, 2 c に後述する可動部 6 b を可動状態に支えている支持梁 3 b と、この支持梁 3 b に懸架され、加速度が印加された際にその加速度に追従して変位する可動部 6 b と、この可動部 6 b に後述する可動部 6 a を可動状態に支えている支持梁 3 a と、

この支持梁 3 a に懸架され、加速度が印加された際にその加速度に追従して変位する可動部 6 a と、可動部 6 a, 6 b の変位量を検出するための検出部 D 1, D 2, D 3 と、ワイヤボンディング等により外部回路と信号のやり取りを行うための電極パッド（符号省略）とで構成されている。

[0100] 前記検出部 D 1 は、一方の可動電極 D 1 a と固定電極 D 1 b、他方の可動電極 D 1 a と固定電極 D 1 c の夫々が並行平板状に配置されている。同様に、前記検出部 D 2 は、一方の可動電極 D 2 a と固定電極 D 2 b、他方の可動電極 D 2 a と固定電極 D 2 c の夫々、前記検出部 D 3 は、一方の可動電極 D 3 a と固定電極 D 3 b、他方の可動電極 D 3 a と固定電極 D 3 c の夫々、が並行平板状に配置されている。

[0101] 本実施例 3 の慣性センサ S 4 は、二つの振動系として構成される慣性センサを示している。勿論、二つの振動系に限定するわけではなく、N 個の振動系として構成してもよい。また、N 個の振動系として構成した場合の測定レンジは N + 1 個以上となる。

[0102] 図 1 3 を振動系モデルとして書き直せば図 1 4 となる。図 1 4 は、本実施例 3 の慣性センサ S 4 の振動系モデルを示す説明図であり、実際の形状と対応するように同一部材には同一の符号を付している。本実施例 3 の慣性センサ S 4 は、可動部 6 a（可動部 m 1）とばね（支持梁 3 a）となる第 1 の振動系と、可動部 6 b（可動部 m 2）とばね（支持梁 3 b）となる第 2 の振動系として構成される。特に、前記第 2 の振動系は前記可動部 6 b が絶縁物質となる絶縁膜 7 により 3 等分され、夫々の可動部 6 b 1, 6 b 2, 6 b 3 は機械的には接続され、電気的には分離されている。

[0103] 前記絶縁膜 7 は活性層 1 a を D R I E で深堀し、厚膜 C V D（C h e m i c a l V a p o r D e p o s i t i o n）等により酸化膜などの絶縁膜を埋め込むことにより形成される。さらに、前記絶縁膜 7 は可動部 6 b 1, 6 b 2, 6 b 3 同士が絶縁膜 7 の界面で壁壊することを防ぐため、図 1 3 に示しているように少なくとも 1 回（図 1 3 では 4 回の例）は折り曲がった形状として形成されている。

- [0104] 本実施例 3 の慣性センサ S 4 の測定レンジは、第 1 の可動部 6 a の変位 x_1 と、第 2 の可動部 6 b の変位 x_2 と、可動部 6 a, 6 b の相対変位 x_r を測定することで、三つを選択することができる。本実施例の慣性センサ S 4 は、数 $k\text{ Hz}$ 帯域に二つの可動部 6 a, 6 b が同位相で振動する第 1 モード固有振動数を持つ。加速度センサは主に数 $10 \sim 100\text{ Hz}$ 以下の周波数成分を測定する場合が多く、可動部 6 a, 6 b の変位の位相差は発生せず、可動部 6 a の支持基板 1 b に対する変位 x_1 は可動部 6 b の変位 x_2 と可動部 6 a と 6 b の相対変位 x_r の和となる。従って、すべての加速度の印加に対して $x_1 > x_2$ の関係となる。
- [0105] 前記変位量 x_1 , x_2 , x_r は前記式 (1) を使うことで求めることができる。まず、可動部 6 a と 6 b の相対変位 x_r は、図 1 4 で示している振動系モデルを二つの独立した 1 自由度系として見なした場合、可動部 6 a と検出部 D 1 と D 2 の可動電極 D 1 a, D 2 a の質量を m とし、可動部 6 a を支持している支持梁 3 a のばね定数を k とすることで求められる第 1 の固有振動数 f_1 を前記式 (1) に代入することで求められる。
- [0106] 次に、変位量 x_2 は、可動部 6 b の変位であり、可動部 6 b とこの可動部 6 b に接続されて宙づりになっている支持梁 3 a、可動部 6 a、検出部 D 1 の可動電極 D 1 a、検出部 D 2 の可動電極 D 2 a の質量を m とし、可動部 6 b を支持している支持梁 3 b のばね定数を k とすることで求められる第 2 の固有振動数 f_2 を前記式 (1) に代入することで求められる。また、可動部 6 a の支持基板 1 b に対する変位 x_1 は変位 x_2 と x_r の和として求めることができる。以上の変位 x_1 , x_r , x_2 を夫々検出部 D 1, D 2, D 3 を用いて検出することで、三つの測定レンジが得られる。
- [0107] 図 1 5 は、本実施例 3 の慣性センサ S 4 における電氣的構成であり、前記三つの測定レンジはオーバーレンジ判断部 1 0 5 と、レンジ切換スイッチ 1 0 6、外部入力 1 0 8 を用いることで、自動もしくは手動で切換えることができる。ここでは、前記実施例 1 の慣性センサ S 2 と異なる内容を主として説明する。

- [0108] レンジ切換スイッチ 106 は、測定レンジに合わせて三つの状態を持っている。まず、状態 1 は、可動部 6b2 を介して可動部 6a に搬送波 101 を印加し、検出部 D1 の固定電極 D1b, D1c からの出力を CV 変換部 102 に入力することで、可動部 6a の変位 x_1 を検出する。この際、他の検出部 D2, D3 と可動部 6b1, 6b3 は CV 変換部 102 の DC バイアスに接続される。
- [0109] 次に、状態 2 は、前記状態 1 と同様に可動部 6b2 を介して可動部 6a に搬送波 101 を印加し、検出部 D2 の固定電極 D2b, D2c からの出力を夫々可動部 6b1 と 6b2 を介して CV 変換部 102 に入力することで、可動部 6a と 6b の相対変位 x_r を検出する。この際、他の検出部 D1 と D3 は CV 変換部 102 の DC バイアスに接続される。
- [0110] 最後に、状態 3 は、搬送波 101 を可動部 6b1, 6b3 に印加し、検出部（固有振動数調整部）D3 の固定電極 D3b, D3c からの出力を CV 変換部 102 に入力することで、可動部 6b の変位 x_2 を検出する。この際、可動部 6b2 とその他の検出部 D1 は CV 変換部 102 の DC バイアスに接続される。
- [0111] 以上説明した本実施例 3 における慣性センサ S4 によれば、二つの振動系で三つの測定レンジを得ることができるよう、N 個の振動系を持ちながらも各振動系間の相対変位を測定することで、少なくとも N+1 個の測定レンジが得られる。すなわち、可動部 6a, 6b とばね（支持梁 3a, 3b）とで構成される振動系の数より多い出力レンジを得ることができる。
- [0112] 以上、本発明者によってなされた発明を実施例に基づき具体的に説明したが、本発明は前記実施例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。

産業上の利用可能性

- [0113] 本発明による慣性センサは、自動車、携帯用機器、アミューズメント機器、情報家電など、極めて多岐にわたって利用可能である。

符号の説明

- [0114] 1 SOI基板
- 1 a 活性層
 - 1 b 支持基板
 - 1 c 中間絶縁層
- 2, 2 a, 2 b, 2 c 固定部
- 2 e 電極パッド
- 3, 3 a, 3 b, 3 c 支持梁
- 6, 6 a, 6 b, 6 c 可動部
- 7 絶縁膜
- 50 接着剤
- 60 蓋
- 70, 80 ワイヤ
- 100 センサ制御・信号処理用IC
- 101 搬送波
 - 102 CV変換部
 - 103 同期検波回路
 - 104 A/D変換部
 - 105 オーバーレンジ判断部
 - 106 レンジ切換スイッチ
 - 107 切換スイッチモニタ
 - 108 外部入力
 - 109, 110 DC電圧
- 200 セラミックPKG
- D1, D2, D3, D4 検出部
- D1 a, D2 a, D3 a, D4 a 可動電極
 - D1 b, D1 c, D2 b, D2 c, D3 b, D3 c, D4 b, D4 c 固定電極
- D1 b e, D1 c e, D2 b e, D2 c e 電極パッド

S 1 加速度センサ

S 2, S 3, S 4 慣性センサ

請求の範囲

- [請求項1] 基板上に弾性体を介して懸架された可動部と、
 前記可動部に形成された可動電極と前記基板上に設けられた固定電極とで構成される複数の検出部と、を備え、
 前記複数の検出部の静電容量の変化に基づいて加速度の慣性力を検出する慣性センサであって、
 前記複数の検出部は、印加された慣性力と各検出部から発生する物理量との比で定義した感度が異なり、
 複数の測定レンジを有することを特徴とする慣性センサ。
- [請求項2] 請求項1記載の慣性センサにおいて、
 前記複数の検出部は、並行平板型の静電容量検出方式であり、各検出部の測定レンジごとに測定可能な最大加速度が印加された場合の静電容量の変化値が同じ値であることを特徴とする慣性センサ。
- [請求項3] 請求項1記載の慣性センサにおいて、さらに、
 前記複数の測定レンジのいずれかを選択するスイッチを備えていることを特徴とする慣性センサ。
- [請求項4] 請求項1記載の慣性センサにおいて、さらに、
 前記複数の検出部の静電容量の変化値を電圧値に変換する変換部と、
 、
 前記変換部からの出力値が一定範囲を超えているかどうかを判断する判断部と、
 前記判断部からの出力信号に基づいて前記複数の検出部に印加する搬送波と前記複数の検出部からの信号とを切替えるスイッチと、を備えていることを特徴とする慣性センサ。
- [請求項5] 基板上の固定部に弾性体を介して接続された N （ 2 以上の自然数）個の可動部と、
 前記 N 個の各可動部の前記固定部に対する相対変位を検出する複数の第1の検出部と、

前記各可動部間の相対変位を検出する少なくとも 1 個の第 2 の検出部と、を備え、

($N + 1$) 個以上の測定レンジを有することを特徴とする慣性センサ。

[請求項6] 請求項 5 記載の慣性センサにおいて、

前記 ($N + 1$) 個以上の測定レンジは、測定レンジ間の比が 10 以上であることを特徴とする慣性センサ。

[請求項7] 請求項 5 記載の慣性センサにおいて、

前記複数の第 1 の検出部および前記少なくとも 1 個の第 2 の検出部は、並行平板型の静電容量検出方式であり、各検出部の測定レンジごとに測定可能な最大加速度が印加された場合の静電容量の変化値が同じ値であることを特徴とする慣性センサ。

[請求項8] 請求項 5 記載の慣性センサにおいて、さらに、

前記 ($N + 1$) 個以上の測定レンジのいずれかを選択するスイッチを備えていることを特徴とする慣性センサ。

[請求項9] 請求項 5 記載の慣性センサにおいて、さらに、

前記複数の第 1 の検出部および前記少なくとも 1 個の第 2 の検出部の静電容量の変化値を電圧値に変換する変換部と、

前記変換部からの出力値が一定範囲を超えているかどうかを判断する判断部と、

前記判断部からの出力信号に基づいて前記複数の第 1 の検出部および前記少なくとも 1 個の第 2 の検出部に印加する搬送波と前記複数の第 1 の検出部および前記少なくとも 1 個の第 2 の検出部からの信号とを切替えるスイッチと、を備えていることを特徴とする慣性センサ。

[請求項10] 基板上の固定部に第 1 の弾性体を介して接続された第 1 の可動部と、前記第 1 の可動部に第 2 の弾性体を介して接続された第 2 の可動部とを少なくとも含む N (2 以上の自然数) 個の可動部と、

前記 N 個の各可動部の前記固定部に対する相対変位を検出する複数

の第 1 の検出部と、

前記各可動部間の相対変位を検出する少なくとも 1 個の第 2 の検出部と、を備え、

($N + 1$) 個以上の測定レンジを有することを特徴とする慣性センサ。

[請求項11] 請求項 10 記載の慣性センサにおいて、

前記第 1 の可動部は、機械的には連結され、電氣的には絶縁膜を挟むことで分離されていることを特徴とする慣性センサ。

[請求項12] 請求項 11 記載の慣性センサにおいて、

前記絶縁膜は、少なくとも 1 回は折り曲がっていることを特徴とする慣性センサ。

[請求項13] 請求項 10 記載の慣性センサにおいて、

前記 ($N + 1$) 個以上の測定レンジは、測定レンジ間の比が 10 以上であることを特徴とする慣性センサ。

[請求項14] 請求項 10 記載の慣性センサにおいて、

前記複数の第 1 の検出部および前記少なくとも 1 個の第 2 の検出部は、並行平板型の静電容量検出方式であり、各検出部の測定レンジごとに測定可能な最大加速度が印加された場合の静電容量の変化値が同じ値であることを特徴とする慣性センサ。

[請求項15] 請求項 10 記載の慣性センサにおいて、さらに、

前記 ($N + 1$) 個以上の測定レンジのいずれかを選択するスイッチを備えていることを特徴とする慣性センサ。

[請求項16] 請求項 10 記載の慣性センサにおいて、さらに、

前記複数の第 1 の検出部および前記少なくとも 1 個の第 2 の検出部の静電容量の変化値を電圧値に変換する変換部と、

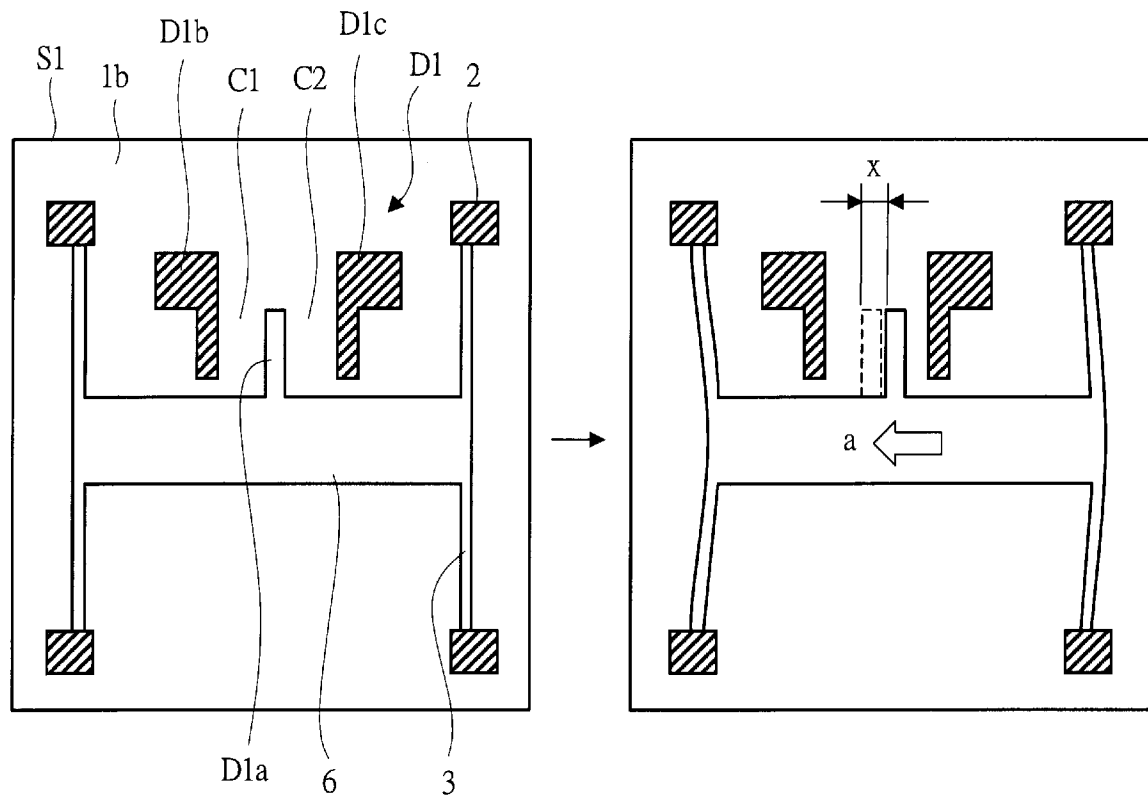
前記変換部からの出力値が一定範囲を超えているかどうかを判断する判断部と、

前記判断部からの出力信号に基づいて前記複数の第 1 の検出部およ

び前記少なくとも 1 個の第 2 の検出部に印加する搬送波と前記複数の第 1 の検出部および前記少なくとも 1 個の第 2 の検出部からの信号とを切換えるスイッチと、を備えていることを特徴とする慣性センサ。

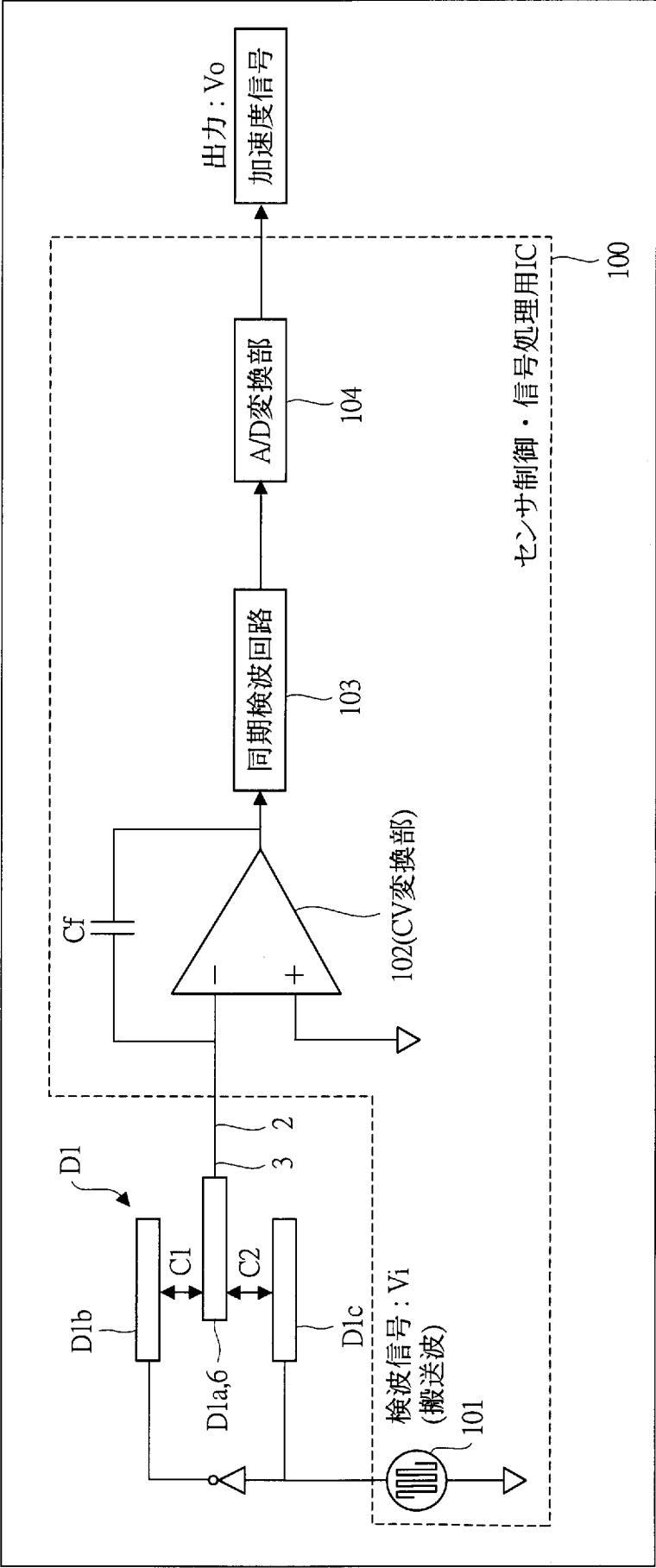
[図1]

図 1



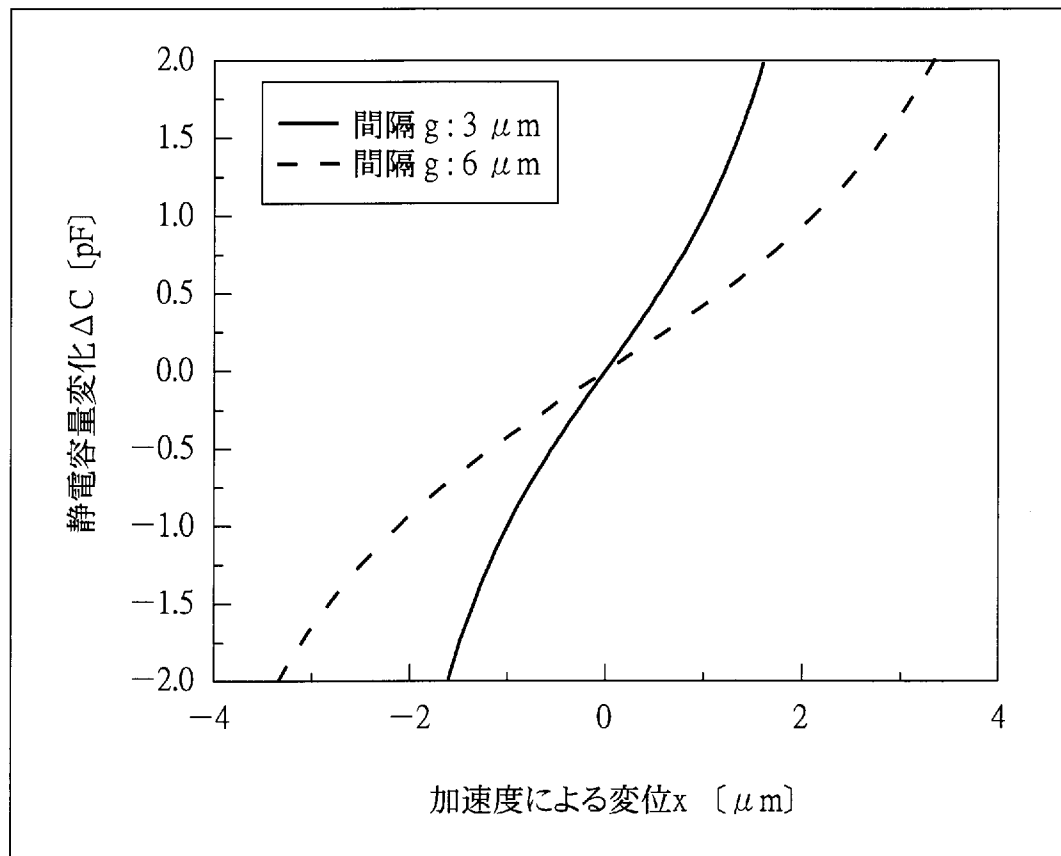
[図2]

図 2

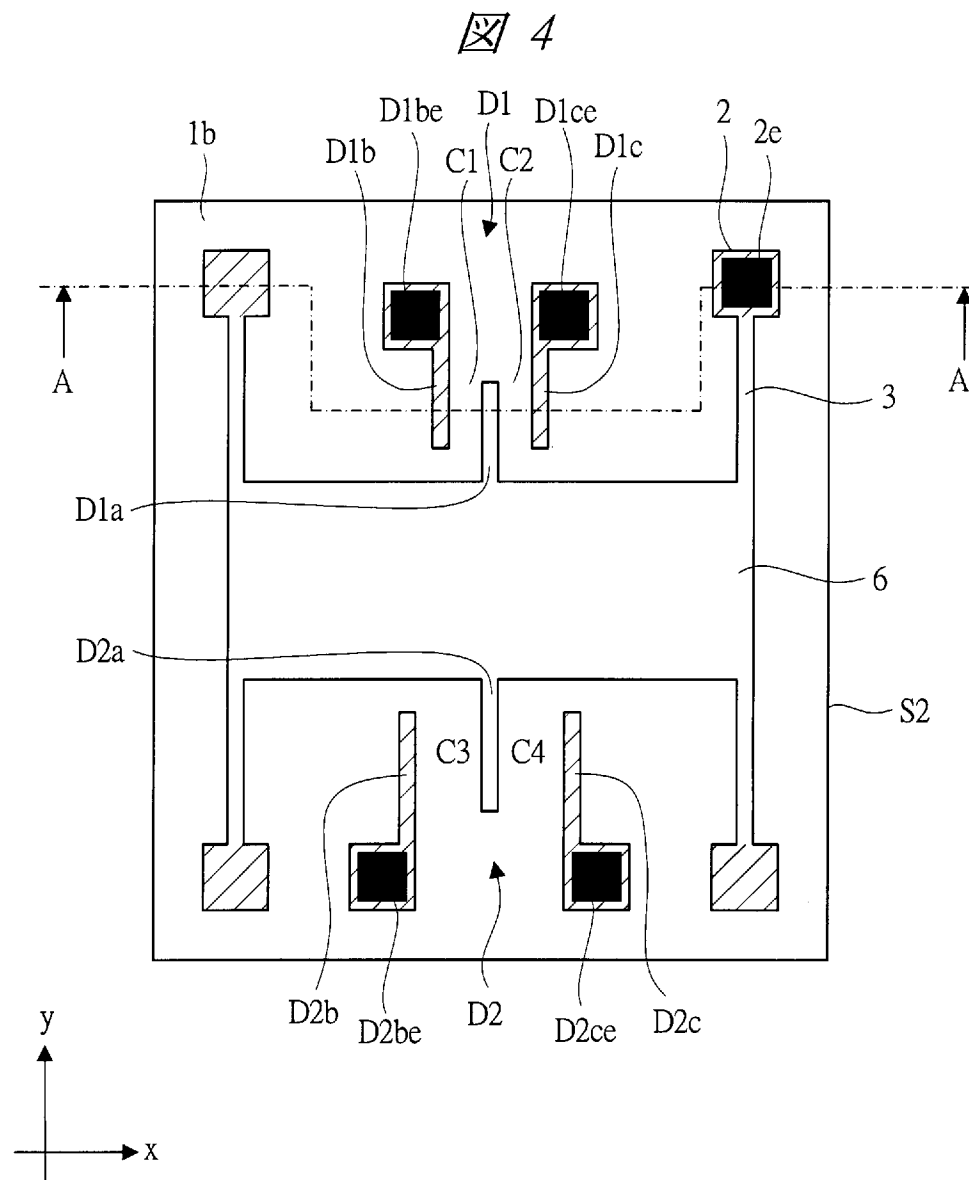


[図3]

図 3

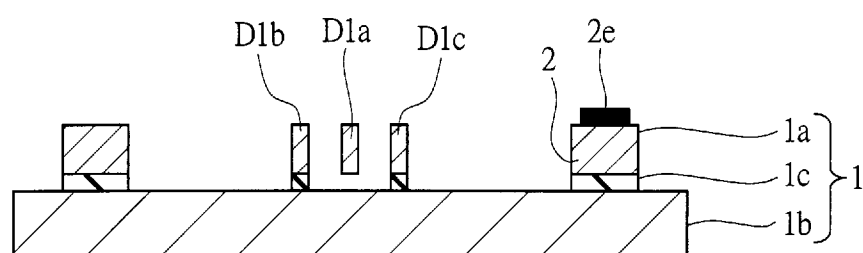


[図4]



[図5]

図 5



✕ 6

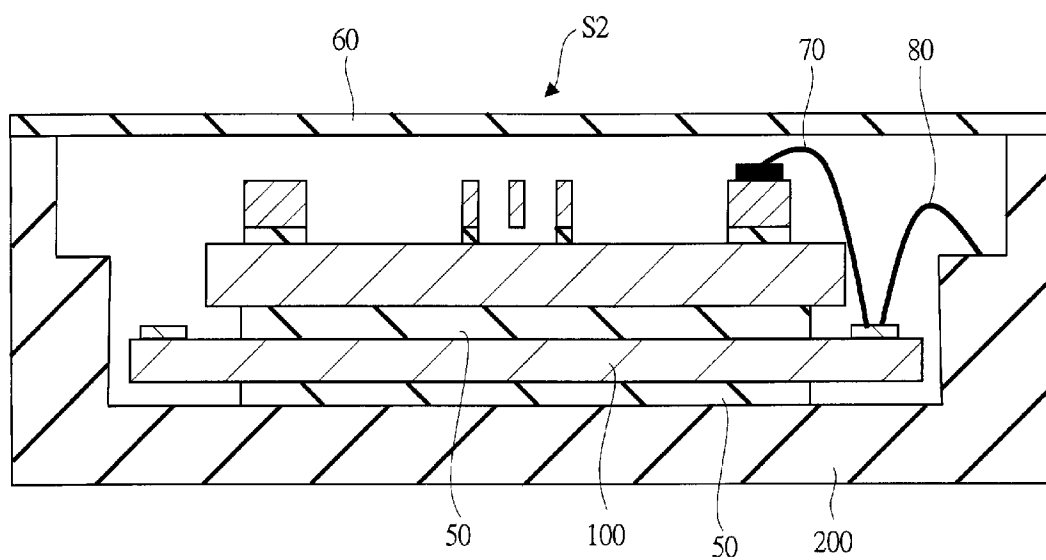
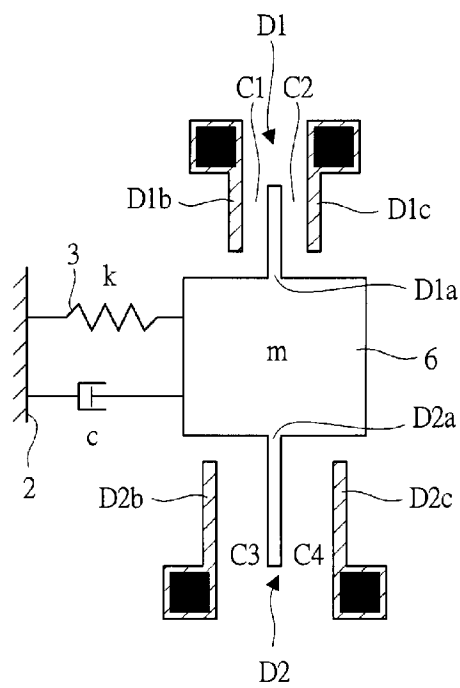
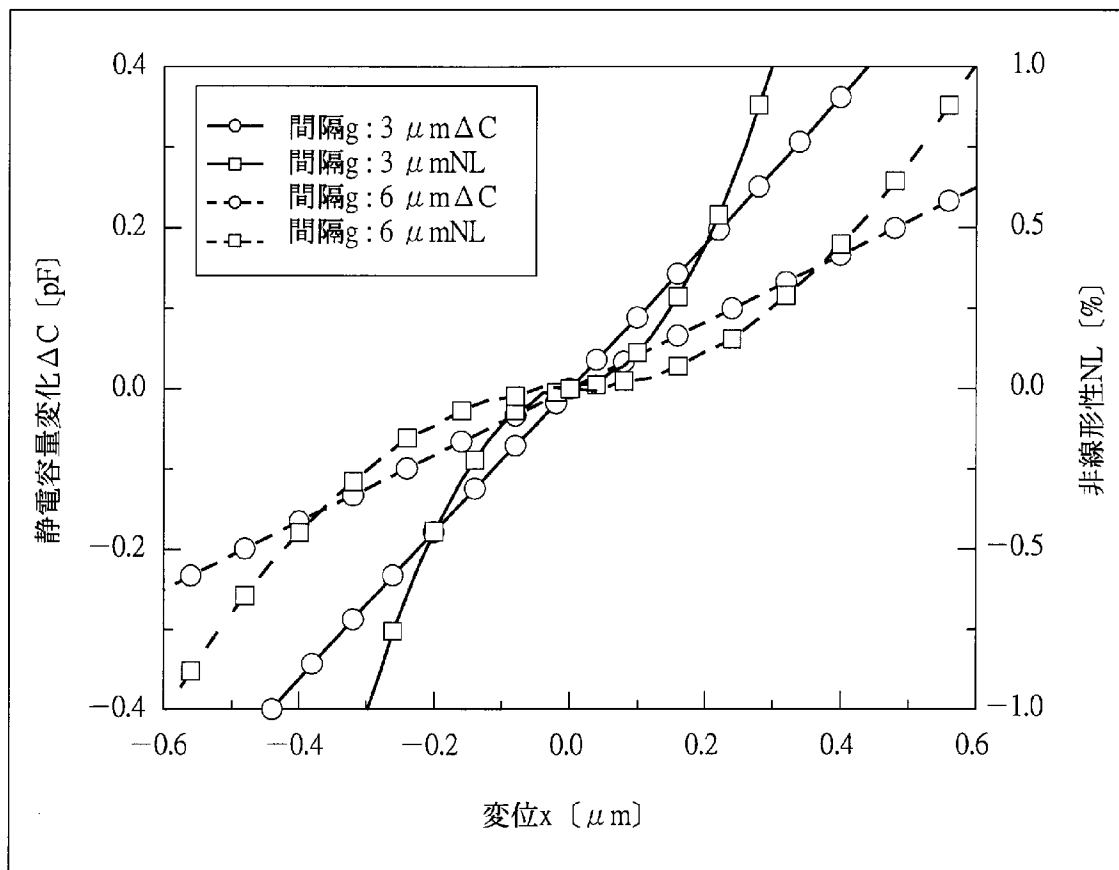


图 7



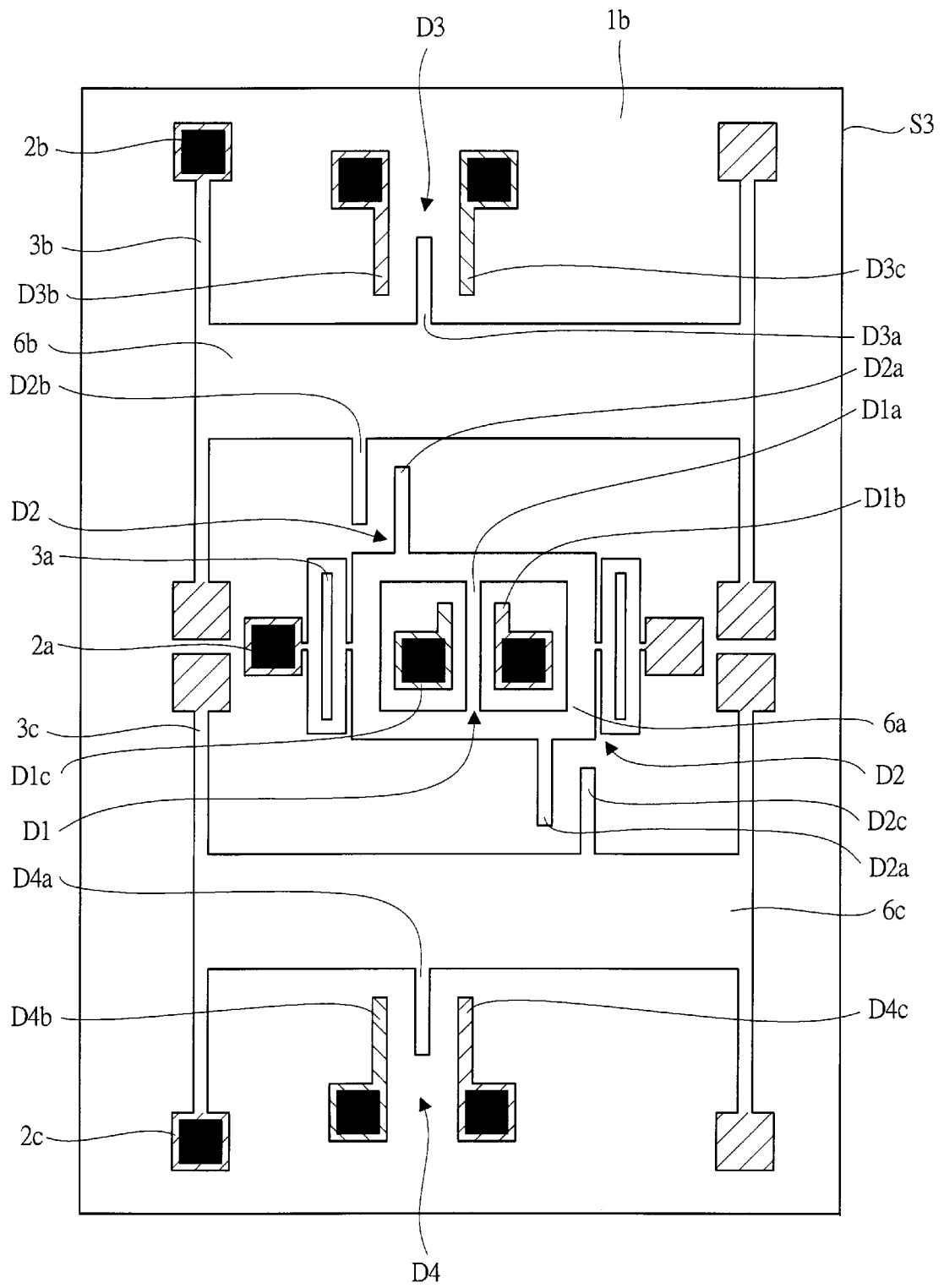
[図8]

図 8



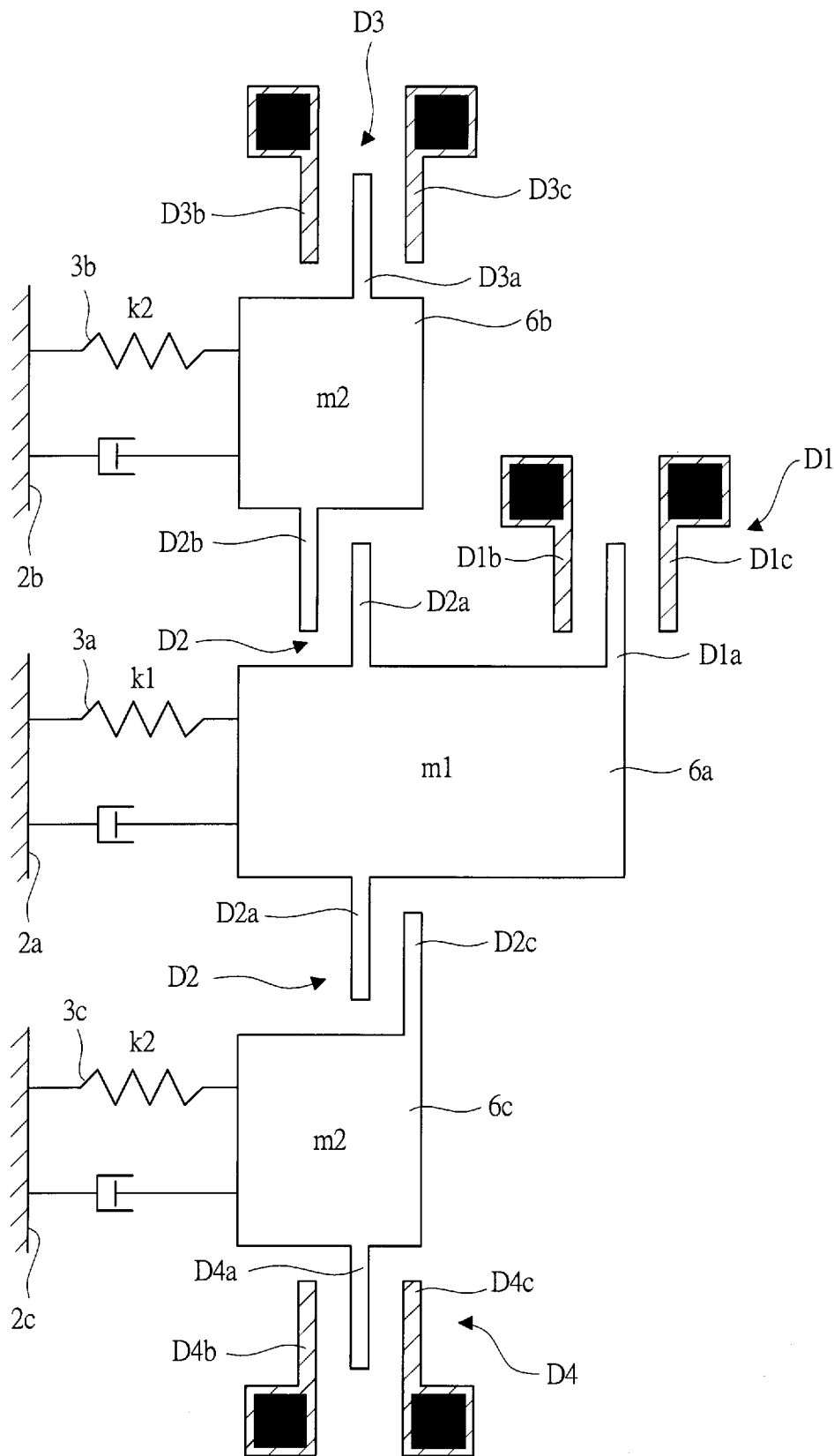
[図10]

図 10



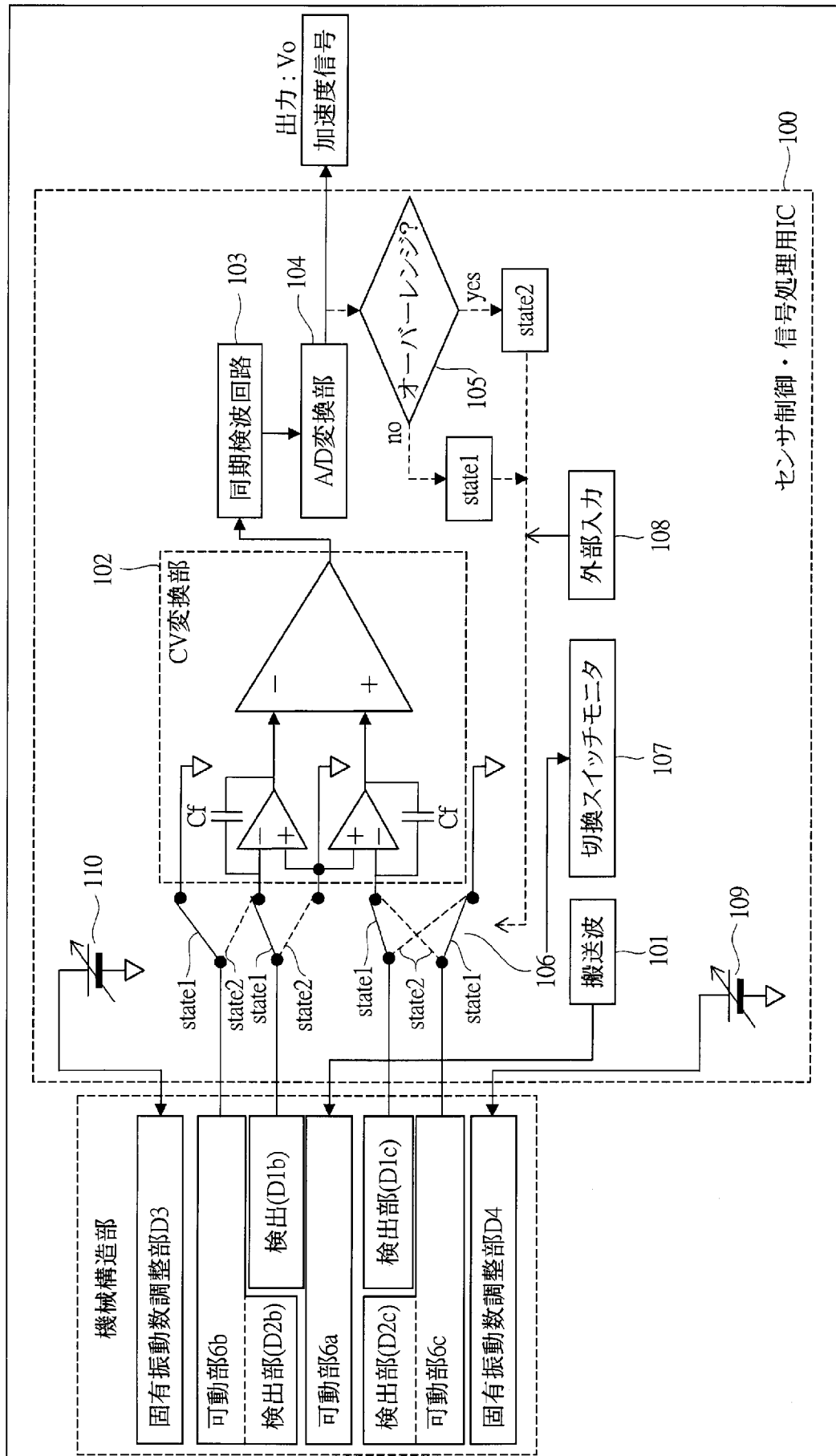
[図11]

図 11



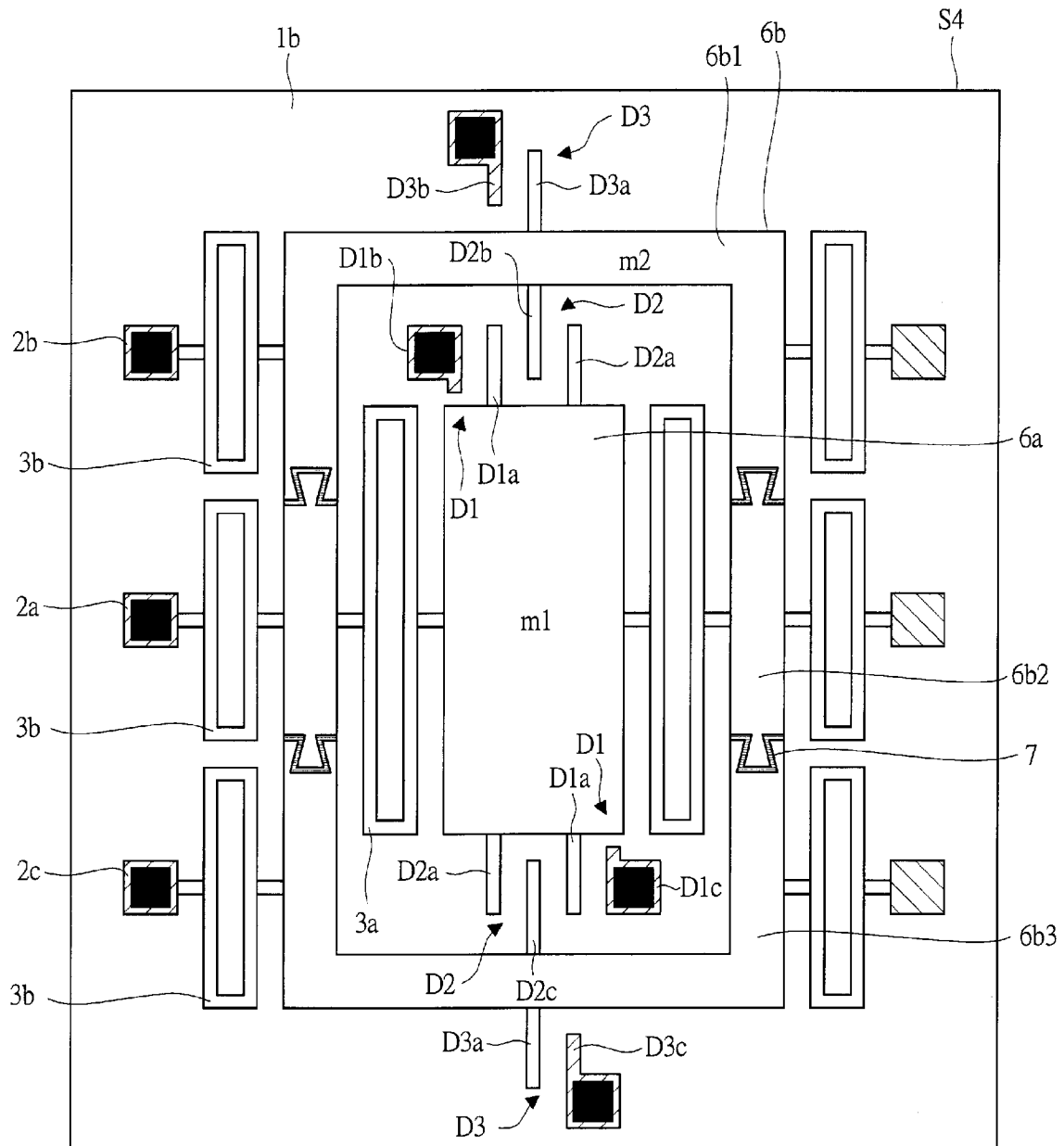
[図12]

図 12



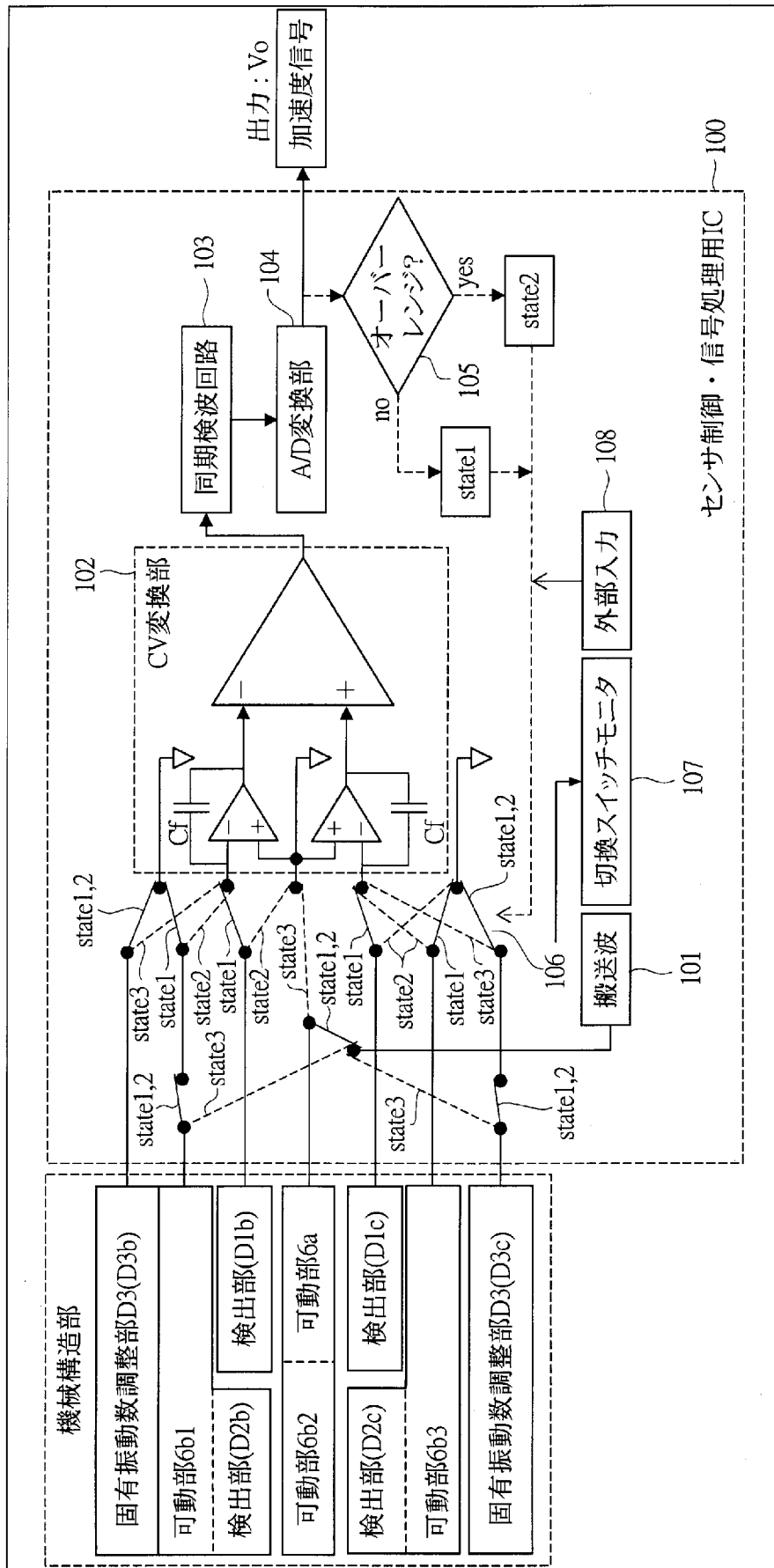
[図13]

図 13



[図15]

図 15



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2009/063421

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

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)

G01P15/125, 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	1996-2009
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2009	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2009

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.
X Y A	US 2008/0098815 A1 (STMicroelectronics S.r.l.), 01 May 2008 (01.05.2008), paragraphs [0020] to [0027]; fig. 1 to 3 (Family: none)	1-3 4 5-16
Y	JP 2004-361388 A (Mitsubishi Electric Corp.), 24 December 2004 (24.12.2004), paragraphs [0028], [0061] to [0067]; fig. 19 to 21 & US 2004/0226377 A1 & DE 102004024050 A	4
A	JP 2007-333467 A (Hitachi, Ltd.), 27 December 2007 (27.12.2007), fig. 13 (Family: none)	5-16

☒ 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 October, 2009 (13.10.09)

Date of mailing of the international search report
27 October, 2009 (27.10.09)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2009/063421

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2008-008820 A (Hitachi, Ltd.), 17 January 2008 (17.01.2008), entire text; all drawings & US 2008/0196502 A1	1-16

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2009/063421

Box No. II Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☐ Claims Nos.:
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:

2. ☐ Claims Nos.:
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:

3. ☐ Claims Nos.:
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

The inventions of claims 1-4 relate to "an inertia sensor which detects an acceleration inertia force in accordance with a change of an electrostatic capacity of a plurality of detection units."

The inventions of claims 5-16 relate to "an inertia sensor having N (N is a natural number not smaller than 2) movable units and (N+1) or more measurement ranges."

1. ☒ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. ☐ As all searchable claims could be searched without effort justifying additional fees, this Authority did not invite payment of additional fees.
3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:

4. ☐ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

Remark on Protest
the

- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest and, where applicable, payment of a protest fee.
- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest but the applicable protest fee was not paid within the time limit specified in the invitation.
- ☒ No protest accompanied the payment of additional search fees.

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, 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, 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 0 9 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 0 9 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 0 9 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
X	US 2008/0098815 A1 (STMicroelectronics S.r.l.)	1-3
Y	2008.05.01、段落[0020]-[0027]、第1-3図	4
A	(ファミリーなし)	5-16
Y	JP 2004-361388 A (三菱電機株式会社)、2004.12.24 段落【0028】、【0061】-【0067】、第19-21図 & US 2004/0226377 A1 & DE 102004024050 A	4

☒ 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

1 3 . 1 0 . 2 0 0 9

国際調査報告の発送日

2 7 . 1 0 . 2 0 0 9

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）

田邊 英治

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 2 1 6

2 F

4 4 5 4

C (続き) . 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	JP 2007-333467 A (株式会社日立製作所)、2007.12.27 第13図、(ファミリーなし)	5-16
A	JP 2008-008820 A (株式会社日立製作所)、2008.01.17 全文、全図 & US 2008/0196502 A1	1-16

第Ⅱ欄 請求の範囲の一部の調査ができないときの意見（第1ページの2の続き）

法第8条第3項（PCT17条(2)(a)）の規定により、この国際調査報告は次の理由により請求の範囲の一部について作成しなかった。

1. ☐ 請求項 _____ は、この国際調査機関が調査をすることを要しない対象に係るものである。
つまり、
2. ☐ 請求項 _____ は、有意義な国際調査をすることができる程度まで所定の要件を満たしていない国際出願の部分に係るものである。つまり、
3. ☐ 請求項 _____ は、従属請求の範囲であってPCT規則6.4(a)の第2文及び第3文の規定に従って記載されていない。

第Ⅲ欄 発明の単一性が欠如しているときの意見（第1ページの3の続き）

次に述べるようにこの国際出願に二以上の発明があるところの国際調査機関は認めた。

請求項1－4に係る発明は、「複数の検出部の静電容量の変化に基づいて加速度の慣性力検出する慣性センサ」に関するものである。

請求項5－16に係る発明は、「N（2以上の自然数）個の可動部を備え、（N＋1）個以上の測定レンジを有することを特徴とする慣性センサ」に関するものである。

1. ☒ 出願人が必要な追加調査手数料をすべて期間内に納付したので、この国際調査報告は、すべての調査可能な請求項について作成した。
2. ☐ 追加調査手数料を要求するまでもなく、すべての調査可能な請求項について調査することができたので、追加調査手数料の納付を求めなかった。
3. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を一部のみしか期間内に納付しなかったため、この国際調査報告は、手数料の納付のあった次の請求項のみについて作成した。
4. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を期間内に納付しなかったため、この国際調査報告は、請求の範囲の最初に記載されている発明に係る次の請求項について作成した。

追加調査手数料の異議の申立てに関する注意

- ☐ 追加調査手数料及び、該当する場合には、異議申立手数料の納付と共に、出願人から異議申立てがあった。
- ☐ 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがあったが、異議申立手数料が納付命令書に示した期間内に支払われなかった。
- ☒ 追加調査手数料の納付はあったが、異議申立てはなかった。