

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5557336号
(P5557336)

(45) 発行日 平成26年7月23日 (2014. 7. 23)

(24) 登録日 平成26年6月13日 (2014. 6. 13)

(51) Int. Cl.

F I

G O 1 P 15/125 (2006. 01)

G O 1 P 15/125 Z

G O 1 P 15/13 (2006. 01)

G O 1 P 15/13 B

H O 1 L 29/84 (2006. 01)

H O 1 L 29/84 Z

B 8 1 B 3/00 (2006. 01)

B 8 1 B 3/00

B 8 1 C 1/00 (2006. 01)

B 8 1 C 1/00

請求項の数 4 (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願2010-520025 (P2010-520025)
 (86) (22) 出願日 平成20年6月25日 (2008. 6. 25)
 (65) 公表番号 特表2010-536036 (P2010-536036A)
 (43) 公表日 平成22年11月25日 (2010. 11. 25)
 (86) 国際出願番号 PCT/US2008/068080
 (87) 国際公開番号 W02009/020716
 (87) 国際公開日 平成21年2月12日 (2009. 2. 12)
 審査請求日 平成23年6月23日 (2011. 6. 23)
 (31) 優先権主張番号 11/833, 476
 (32) 優先日 平成19年8月3日 (2007. 8. 3)
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

(73) 特許権者 504199127
 フリースケール セミコンダクター イン
 コーポレイテッド
 アメリカ合衆国 テキサス州 7 8 7 3 5
 オースティン ウィリアム キャノン
 ドライブ ウェスト 6 5 0 1
 (74) 代理人 100142907
 弁理士 本田 淳
 (72) 発明者 リン、イーチュン
 アメリカ合衆国 8 5 2 3 3 アリゾナ州
 ギルバート エス. オーク ストリート
 1 0 3 8
 (72) 発明者 フールマン、マルコ
 アメリカ合衆国 8 5 2 0 6 アリゾナ州
 メーサ エス. サンビュー 1 3 2 2
 最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 微小電気機械システム (MEMS) センサを備える装置およびそのセンサの製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

微小電気機械システム (MEMS) センサを備える装置であって、
 前記センサは、
 基板と、

前記基板に取り付けられた可動検知要素であって、前記可動検知要素は、前記可動検知要素の第1および第2の端部間の実質的に幾何学的中心の回転軸に対する動きに対して適合されるとともに、前記回転軸と前記第1の端部との間の第1の区分と、前記回転軸と前記第2の端部との間の第2の区分とを形成し、前記第1の区分は第1の形状を有し、前記第2の区分は、前記可動検知要素が前記回転軸に関して幾何学的に対称となるように前記第1の区分とほぼ同一の第2の形状を有し、前記第1の区分は、第1の質量を有する前記第1の区分を形成するように前記可動検知要素を通して延びる第1のアパーチャを備え、前記第2の区分は、前記第1の質量より小さい第2の質量を有する前記第2の区分を形成するように前記可動検知要素を通して延びる第2のアパーチャを備える、前記可動検知要素と、

前記基板上に位置し前記可動検知要素の前記第1および第2の区分に対向する少なくとも一つの電極とを備え、

前記第1のアパーチャは前記第1の区分において第1の構成で配置され、

前記第2のアパーチャは前記第2の区分において第2の構成で配置され、前記第2の構成は前記第1の構成とは異なり、前記第1および第2の構成の各々は、前記第1のアパー

チャおよび前記第 2 のアパーチャの対応するもののサイズおよび数量を表現し、
前記少なくとも一つの電極は、

前記第 1 の区分に対向する第 1 の電極であって、前記第 2 の構成で配置され、前記第 1
のアパーチャに対向する第 3 のアパーチャを有する第 1 の電極と、

前記第 2 の区分に対向する第 2 の電極であって、前記第 1 の構成で配置され、前記第 2
のアパーチャに対向する第 4 のアパーチャを有する前記第 2 の電極と、を備える、装置。

【請求項 2】

微小電気機械システム (MEMS) センサを備える装置であって、

前記センサは、

基板と、

前記基板に取り付けられた可動検知要素であって、前記可動検知要素は、前記可動検知
要素の第 1 および第 2 の端部間の実質的に幾何学的中心の回転軸に対する動きに対して適
合されるとともに、前記回転軸と前記第 1 の端部との間の第 1 の区分と、前記回転軸と前
記第 2 の端部との間の第 2 の区分とを形成し、前記第 1 の区分は第 1 の形状を有し、前記
第 2 の区分は、前記可動検知要素が前記回転軸に関して幾何学的に対称となるように前記
第 1 の区分とほぼ同一の第 2 の形状を有し、前記第 1 の区分は、第 1 の質量を有する前記
第 1 の区分を形成するように前記可動検知要素を通して延びる第 1 のアパーチャを備え、
前記第 2 の区分は、前記第 1 の質量より小さい第 2 の質量を有する前記第 2 の区分を形成
するように前記可動検知要素を通して延びる第 2 のアパーチャを備える、前記可動検知要
素と、

前記基板上に位置し前記可動検知要素の前記第 1 および第 2 の区分に対向する少なくと
も一つの電極とを備え、

前記第 1 のアパーチャは前記第 1 の区分において第 1 の構成で配置され、

前記第 2 のアパーチャは前記第 2 の区分において第 2 の構成で配置され、前記第 2 の構
成は前記第 1 の構成とは異なり、前記第 1 および第 2 の構成の各々は、前記第 1 のアパー
チャおよび前記第 2 のアパーチャの対応するもののサイズおよび数量を表現し、

前記センサは、前記第 1 の区分を通して延びる第 3 のアパーチャと、

前記第 2 の区分を通して延びる第 4 のアパーチャと、をさらに備え、

前記第 3 および第 4 のアパーチャの各々は、前記第 3 および第 4 のアパーチャの数量及
びサイズを規定する共通の構成で配置され、前記第 3 および第 4 のアパーチャは、前記可
動検知要素上に前記回転軸に対して実質的に対称的に配置される、装置。

【請求項 3】

前記第 1 の区分は、前記回転軸に隣接して配置される第 1 の近位領域と前記第 1 の端部
に隣接して配置される第 1 の遠位領域とを備え、

前記第 2 の区分は、前記回転軸に隣接して配置される第 2 の近位領域と前記第 2 の端部
に隣接して配置される第 2 の遠位領域とを備え、

前記第 3 のアパーチャは前記第 1 の近位領域に位置し、前記第 4 のアパーチャは前記第
2 の近位領域に位置する、請求項 2 に記載の装置。

【請求項 4】

微小電気機械システム (MEMS) センサを製造する方法であって、

基板を用意する工程と、

前記基板上に静的伝導層を第 1 の電極および第 2 の電極を備えるように形成する工程で
あって、前記第 1 の電極は前記第 2 の電極から電気的に絶縁されている、工程と、

前記伝導層上に犠牲層を形成する工程と、

前記犠牲層上に可動要素を形成する工程であって、前記可動要素は、前記可動要素の第
1 および第 2 の端部間の幾何学的中心である回転軸に対する動きに対して適合されると
ともに、前記回転軸と前記第 1 の端部との間の第 1 の区分と、前記回転軸と前記第 2 の端部
との間の第 2 の区分とを形成する、工程と、

前記可動要素の前記第 1 の区分を通して延びる第 1 のアパーチャを形成して、第 1 の質
量を有する前記第 1 の区分を形成する工程と、

前記可動要素の前記第２の区分を通して延びる第２のアーチャを形成して、前記第１の質量よりも小さい第２の質量を有する前記第２の区分を形成する工程と、

前記伝導層が前記可動要素から離れて配置されるように前記犠牲層を選択的に取り除き、前記第１の電極が前記第１のアーチャに面して第２の電極が前記第２のアーチャに対向するように前記伝導層を形成する工程と、

前記第１のアーチャを前記第１の区分の第１の遠位領域に渡って第１の構成で配置されるように形成する工程であって、前記第１の遠位領域は前記第１の端部に隣接して配置される、工程と、

前記第２のアーチャを前記第２の区分の第２の遠位領域に渡って第２の構成で配置されるように形成する工程であって、前記第２の遠位領域は前記第２の端部に隣接して配置され、前記第２の構成は前記第１の構成とは異なり、前記第１および第２の構成はそれぞれ、前記第１のアーチャおよび前記第２のアーチャの対応するもののサイズおよび数量を表す、工程とを備え、

10

前記第１の電極を形成する前記工程は、前記第１の電極を、前記第１の遠位領域と対向する関係で位置決めする工程と、第３のアーチャを前記第１の電極内に前記第２の構成で配置されるように形成する工程とを含み、

前記第２の電極を形成する前記工程は、前記第２の電極を、前記第２の遠位領域と対向する関係で位置決めする工程と、第４のアーチャを前記第１の電極内に前記第１の構成で配置されるように形成する工程とを含む方法。

【発明の詳細な説明】

20

【技術分野】

【０００１】

本発明は、概して、微小電気機械システム（MEMS：micro electro-mechanical systems）センサに関する。より具体的には、本発明は、MEMS対称型差分容量型加速度計に関する。

【背景技術】

【０００２】

加速度計とは、加速力を測定するために通常用いられるセンサである。このような力は、重力の一定力のように静的な場合もあるし、動的となることもある。これは、加速度計を移動させるかまたは振動させることによって生じる。加速度計は、加速度または他の現象を、一つ、二つ、または三つの軸または方向に沿って検知する場合がある。この情報から、加速度計が組み込まれている装置の動きまたは向きを確認することができる。加速度計は、慣性誘導システム、車両内のエアバッグ展開システム、種々の装置に対する保護システム、ならびに他の多くの科学的および工学的なシステムにおいて用いられる。

30

【０００３】

容量検知MEMS加速度計のデザインは、高重力環境および小型装置における動作に対して、またその比較的低いコストに起因して、非常に望ましい。容量型加速度計は、加速度に対する電気容量の変化を検知して、作動する回路の出力を変化させるものである。加速度計の共通する形態の一つは、「シーソー」または「シーソー」構成を有する２層の容量性トランスデューサである。この一般に用いられるトランスデューサ方式では、z軸加速度の下で基板上方で回転する可動要素またはプレートをを用いている。この加速度計構造は、二つの別個な容量を測定して、差分または相対容量を決定することができる。

40

【０００４】

図１に、従来のヒンジ取り付け型または「シーソー」型のセンサとして構成される従来技術の非対称型容量型加速度計２０の側面図を示す。容量型加速度計２０は静的基板２２を備えている。静的基板２２は、表面上に所定の構成の金属電極要素２４および２６が堆積されて、対応するコンデンサ電極または「プレート」が形成されている。可動要素２８（一般的に「試験質量」と言われる）が、ねじれ浮遊要素３０によって基板２２上方に柔軟に浮遊し、回転軸の周りに回転する（双方向矢印３２によって表わす）。回転軸３２の一方の側の可動要素２８の区分３４は、回転軸３２の他方の側の可動要素２８の区分３６

50

よりも比較的大きな質量で形成される。区分３４の質量の方が大きい状態は通常、可動要素２８の幾何学的中心３８から回転軸３２をずらすことによって形成される。回転軸３２の両側の質量が異なっているため、可動要素２８は、加速度に応答して旋回または回転する。その結果、静的な検知電極２４および２６に対する可動要素２８の位置が変化する。このように位置が変化する結果、可動要素２８と電極２４および２６それぞれとの間の電気容量が変化する。図１に示すコンデンサ４０および４２は、可動要素２８が加速度に回答して旋回するときのこの容量（より詳細には容量の変化）を示している。容量間の差（すなわち、差分容量）は加速度を示している。コンデンサ４０および４２は、この容量を象徴するものであり、加速度計２０の物理的構成要素ではないことに留意されたい。

【０００５】

10

加速度計２０が大きな加速度を受けると、可動要素２８は回転して基板２２に接触するため、さらに回転することを防止できる。この停止の特徴は、可動要素２８の構造破損を回避すること、およびコンデンサ４０、４２のいずれかにおける短絡を回避することの少なくとも何れか一つに対して有用である。いくつかの実施形態においては、止め具またはポスト構造４４を、可動要素２８の対向する長手方向の端部４６に、止め具特徴部として導入する場合がある。止め具４４の表面積が比較的小さいために、可動要素２８がその下に設けられた電極および基板の少なくとも何れか一つに貼り付くことが大いに防止される。すなわち、止め具４４がない場合には、可動要素２８は表面積がより大きいために、その下に設けられた電極および基板の少なくとも何れか一つに貼り付くことがあり、その結果、加速度計２０が使用できなくなる場合がある。

20

【０００６】

図２に、正弦波励振の下での非対称型加速度計２０（図１）の典型的な出力信号４６のチャートを示す。止め具４４のその非対称な構成および非対称な配置に起因して、可動要素２８は正の方向と負方向との間で、異なる加速度振幅で停止する。このように停止する結果、正の加速度値４８における振幅制限は、負の加速度値５０における振幅制限と異なることになる。この結果、過負荷応答における時間平均出力値５２が非ゼロになる。正弦波励振の時間平均出力値はゼロでなければならない。そのため、非ゼロ値５２であると、加速度測定値が不正確となり、加速度計２０が組み込まれている装置に動作不良が発生する可能性がある。

【０００７】

30

図１を再び参照して、駆動電極（図示せず）が、基板２２上で可動要素２８の区分３４の下で電極２４のそばに配置されることがある。このような駆動電極は、自己診断機能に対して用いることができる。しかしながら、単一の駆動電極を回転軸３２の一方の側で用いた場合には、単一方向の自己診断のみが可能である。方法によっては、両方向における駆動（すなわち、双方向の自己診断）が必要である。加速度計２０が非対称構成である場合、双方向の自己診断を可能にする技術の一つは、電極２４および２６の両方の有効面積を減らし、その面積の一部を付加的な駆動電極の対に対して用いることである。

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【０００８】

40

しかしながら、電極２４および２６の面積の低減は、加速度計性能の劣化につながる可能性がある。

【図面の簡単な説明】

【０００９】

【図１】従来のヒンジ取り付け型または「シーソー」型のセンサとして構成された従来技術の非対称型容量型加速度計を示す側面図である。

【図２】正弦波励振の下で図１の非対称型加速度計の典型的な出力信号を示すチャートである。

【図３】本発明による対称型差分容量センサを示す平面図である。

【図４】図３の対称型差分容量センサを示す側面図である。

50

【図 5】図 3 のセンサの基板上に配置された電極を示す平面図である。

【図 6】本発明による処理加工中の差分容量センサを示す側面図である。

【図 7】本発明の別の実施形態による対称型差分容量センサを示す平面図である。

【図 8】図 7 のセンサの基板上に配置された電極を示す平面図である。

【図 9】差分容量センサを組み込んで良い装置を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0010】

詳細な説明および特許請求の範囲を図面とともに考慮して参照することによって、本発明をより完全に理解することが可能である。図面において、同様の参照番号は図面の全体に渡って同様の部材を示す。

10

【0011】

図 3 および 4 を参照すると、図 3 は、本発明による対称型差分容量センサ 60 の斜視図を示し、図 4 は、対称型差分容量センサ 60 の側面図を示す。センサ 60 は、たとえば、微小電気機械システム (MEMS) 加速度計または他の MEMS 検知装置であっても良い。以下の説明の目的上、以下、センサ 60 を容量型加速度計 60 と言う。容量型加速度計 60 は、幾何学的に対称なシーソー構成である。この構成によって、非対称の振幅制限によって生じる非ゼロの時間平均出力値がなくなり、ダイ面積の利用が最適化されてより良好な検知が実現され、双方向の自己診断および「閉ループ」もしくはフィードバック設計の少なくとも何れか一つに対して用いても良い十分な静電駆動が可能になる。

【0012】

20

容量型加速度計 60 は、基板 64 上に配置される静的伝導層 62 を備える。別の伝導層 (本明細書では、可動検知要素 66 と言う) が、伝導層 62 の上方に形成されている。可動検知要素 66 は、ヒンジ要素 68 によって支持され、ヒンジ要素 68 によって規定される回転軸 70 の周りに回転できるようになっている。多くの屈曲部、ヒンジ、および他の回転のメカニズムを用いて、回転軸 70 の周りの可動検知要素 66 の旋回の動きを可能にしても良いことを理解されたい。

【0013】

静的伝導層 62 は、基板 64 上に配置されるとともに、可動要素 66 の表面 72 に対向する四つの電極またはプレートの形態にある少なくとも一つの電極を備える。これらの電極は、別の検知電極 76 から電気的に絶縁されている検知電極 74 と、駆動電極 80 から電気的に絶縁されている駆動電極 78 とを含む。検知電極 74 および 76 と駆動電極 78 および 80 とは、可動要素 66 の下に設けられている。したがって、図 3 の平面図 (通常、電極は見えない) では、電極 74、76、78、および 80 を破線で表わして、可動要素 66 および回転軸 70 に対するそれらの箇所を例示している。

30

【0014】

簡単に前述したように、容量型加速度計 60 は、幾何学的に対称なシーソー構成である。その目的のために、ヒンジ要素 68 を、回転軸 70 が可動要素 66 の端部 82 および 84 間で実質的に幾何学的中心になるように配置する。区分 86 が回転軸 70 と端部 82 との間に形成され、区分 88 が回転軸 70 と端部 84 との間に形成されている。全体的な幾何学的形状に関して、端部 82 から回転軸 70 までの長さ 90 は、端部 84 と回転軸 70 との間の長さ 90 と実質的に同等である。可動要素 66 は実質的に矩形である。したがって、区分 86 および 88 それぞれの幅 92 も実質的に同等である。

40

【0015】

止め具 94 および 96 が、可動要素 66 の表面 72 の端部 82 および 84 からそれぞれ、基板 64 に向かって延びている。可動要素 66 の旋回動作は、止め具 94 および 96 が、基板 64 上に配置されて止め具 94 および 96 と同じ電位に保持される対応する専用のコンタクト・プレート 98 および 100 に接触したときに停止する。止め具 94 および 96 は、回転軸 70 から同等な距離だけ変位している。したがって可動要素 66 は、正および負の両方向において加速度の実質的に同じ振幅において停止する。その結果、従来技術のデザインにおいて非対称な振幅制限によって生じている非ゼロの時間平均出力値がなく

50

なる。

【0016】

容量型加速度計60がその検知機能を行なうためには、可動要素66上のモーメント（または回転軸70の周りに運動を発生させる傾向）を形成する必要がある。これは、区分86および88のそれぞれにおいて可動要素66を通して延びるアパーチャを、サイズおよび量の少なくとも何れかが異なる状態で形成することによって行なう。たとえば、区分86におけるアパーチャ102を構成104で配置し、区分88におけるアパーチャ106を構成108で配置する。構成104および108は、対応する区分86および88におけるアパーチャ102および106のうち対応するもののサイズおよび量を表現するものである。たとえば、構成104のアパーチャ102は、構成108のアパーチャ106よりも直径が小さくて数が少ない。

10

【0017】

より小さいアパーチャ102およびより少ないアパーチャ102の少なくとも何れか一つを区分86に配置し、より大きくかつより多いアパーチャ106を区分88に配置することによって、回転軸70に対して質量の不均衡が形成される。この質量の不均衡を、アパーチャ102および106を回転軸70から遠位に位置させることによって効果的に増大させ、その結果、可動要素66のモーメント・アームが増加する。この方法では、区分88の質量は区分86よりも小さい。この不均衡があるために、モーメントが入力される加速度によって形成されて、可動要素66が回転軸70の周りに旋回する。したがって検知機能は、コンデンサ110およびコンデンサ112（対応する検知電極74および76と可動要素66との間に形成される）の間の差分容量信号を検出することによって実現される。加えて、駆動機能が、駆動電極78と可動要素66との間に形成されるコンデンサ111と、駆動電極80と可動要素66との間に形成されるコンデンサ113とによって実現される。二つの構成104および108を示しているが、アパーチャ102および106のサイズおよび量を変えることによって、回転軸70に対して不均衡な可動要素66が形成されるということに想到できることが明らかである。

20

【0018】

アパーチャ102および106はさらに、可動要素66が旋回するときの空気の制振効果を最適化することに対して有用である。制振器とは、機械、音響、電子、または空気力学的な振動の振幅を調整する存在である。可動要素66と基板64との間に捕捉される空気は制振器として働き、望ましくない大きな制振になる可能性がある。望ましくない大きな制振があると、可動要素66の応答が過渡に遅くなることが、特に大きな加速度の場合に起こる可能性がある。逆に、可動要素66と基板64との間に捕捉される空気の体積が不十分である場合、可動要素66の振動が多すぎて加速度の測定が不正確になり過負荷となる場合がある。アパーチャ102および106が存在することによって、可動要素66とその下に設けられた構造との間の空気が多少漏れて、空気制振効果を適切に制御することができる。

30

【0019】

図5に、容量型加速度計60の基板64上に配置された電極74、76、78、および80の平面図を示す。図5の平面図では、可動要素66を破線で表わして、電極74、76、78、および80に対するその箇所を例示している。一般的に、区分86は、回転軸70に隣接して配置される近位領域114と、端部82に隣接して配置される遠位領域116とを有するとして特徴付けることができる。同様に、区分88は、回転軸70に隣接して配置される近位領域118と、端部84に隣接して配置される遠位領域120とを有するとして特徴付けることができる。

40

【0020】

実施形態においては、検知電極74は区分86の近位領域114に面し、検知電極76は区分88の近位領域118に面している。より重要なことに、検知電極74および76は回転軸70に対して対称的に配置されているため、電極74および76それぞれと回転軸70との間の距離122が実質的に等しい。駆動電極78は区分86の遠位領域116

50

に面し、駆動電極 80 は区分 88 の遠位領域 120 に面している。電極 74 および 76 と同様に、駆動電極 78 および 80 は回転軸 70 に対して対称的に配置されているため、電極 78 および 80 それぞれと回転軸 70 との間の距離 124 は実質的に等しい。

【0021】

駆動電極 78 は、可動要素 66 の区分 88 におけるアパーチャ 106 (図 3) と同様に、構成 108 で配置されるアパーチャ 126 を有している。加えて、駆動電極 80 は、可動要素 66 の区分 86 におけるアパーチャ 102 (図 3) と同様に、構成 104 で配置されるアパーチャ 128 を有している。電極 74、76 が対称的に配置されているために、容量が整合されている。すなわち、コンデンサ 110 および 112 (図 4) の間の容量は等しくて反対である。このため、両方向において検知電極 74、76 の同等な検知能力が実現される。電極 78、80 の対称的な配置ならびにアパーチャ 106 に対するアパーチャ 126 とアパーチャ 102 に対するアパーチャ 128 との「鏡像」またはフリップ対称によって、コンデンサ 111 および 113 (図 4) 間の容量が整合されている。このため、両方向において駆動電極 78、80 の同等な駆動能力が実現されている。

10

【0022】

駆動電極 78 および 80 のいずれかと可動要素 66 との間にバイアスを印加すると、静電気力が効果的に発生して駆動機能を実現することができる。可動要素 66 の区分 86 の遠位領域 116 の正味の表面積は、可動要素 66 の区分 88 の遠位領域 120 の正味の面積とは異なっている。この方法では、構成 104 (図 3) が備えるアパーチャ 102 は、構成 108 (図 3) の場合よりも小さくかつ数が少ない。結果として、区分 86 の遠位領域 116 における残りの可動要素 66 の正味の表面積は、区分 88 の遠位領域 120 における残りの可動要素 66 の正味の表面積よりも大きい。

20

【0023】

フリンジング電界とは、周囲サイズに起因する電界の磁束を表すものである。すなわち、電界がエッジ (たとえばアパーチャ 102 および 106 (図 3) それぞれの周囲) に集中する。このフリンジング電界があるために、電極 78 および 80 と可動要素 66 との間の容量をやはり、区分 86 および 88 間で妥当な程度まで整合させることができ、したがってまた、両方向において駆動電極 78 および 80 において同等な駆動能力が実現される。

【0024】

駆動電極 78 および 80 はそれぞれ、「自己診断」動作および/またはフィードバック「閉ループ」動作に対する駆動を実現するため優位である。「自己診断」動作の場合、それらは、差分加速度計 60 の機能を試験するための大きな駆動を実現することができる。フィードバック動作の場合、それらによって、大きな加速度を抑制する能力が実現される。こうして、フィードバック動作では、フィードバック信号を駆動電極 78 および 80 に印加して、可動要素 66 の位置を容量を用いて検知できるとともに、静電バイアスを駆動電極に与えて可動要素を静止状態に保つことができるか、または特定の周波数範囲に動きを制限することができる。たとえば、高周波の動きは可能にするが低周波の動きを抑制するように、動きを制限しても良い。たとえば、パッケージ応力によってもたらされる任意の温度および時間の少なくとも何れか一つに依存性のオフセットである。その結果として、容量型加速度計 60 の対称的なシーソー・デザインによってさらに、自己診断、フィードバック、オフセット取り消しなどに対する効果的な双方向の駆動が実現される。

30

40

【0025】

電極 74 および 78 の組み合わせは実質的に、可動要素 66 の区分 86 全体の下に設けられていることに注意されたい。同様に、電極 76 および 80 の組み合わせは実質的に、可動要素 66 の区分 88 全体の下に設けられている。この構成によって、可動要素 66 の表面積全体が効率的に利用されることになり、利用されないシールド領域を有する従来技術の非対称型の試験質量構成とは対照的である。また、この構成によって、試験質量 (すなわち、可動要素 66) を最適に寸法取りすることが可能になり、一方でコンデンサ 11

50

0 および 1 1 2 のかなりの容量性出力が可能になり、駆動電極 7 8 および 8 0 における十分な駆動電圧が可能になる。

【0026】

図 6 に、本発明による処理加工中の差分容量センサ 6 0 の側面図を示す。基板 6 4 は、シリコンを含む半導体ウェハであっても良いが、任意の機械的な支持基板を用いても良い。従来の製造実務によれば、基板 6 4 が非伝導性である場合には、絶縁層 1 3 0 を基板 6 4 の表面上に形成する。静的伝導層 6 2 はポリシリコンを含んでも良いが、他の伝導性材料を用いても良い。伝導層 6 2 を、既知の方法（たとえば成膜およびスパッタリング）によって形成する。たとえば、伝導層 6 2 を基板 6 4 の表面上にブランケット層として堆積させて、次にパターニングおよびエッチングして、検知電極 7 4 および 7 6 と駆動電極 7 8 および 8 0（それぞれ、アパーチャ 1 2 6 および 1 2 8 を有する（図 5））とを形成する。次に、コンタクト・プレート 9 8 および 1 0 0 を基板 6 4 上に形成する。コンタクト・プレート 9 8 および 1 0 0 は、既知の方法によっておよび既知の材料から形成しても良い。保護層（図示せず）を、任意的に伝導層 6 2 上に配置し、必要に応じてパターニングおよびエッチングして、将来の処理加工ステップ中に基板 6 4 を保護しても良く、また伝導層 6 2 と可動要素 6 6 との間の短絡および/または溶着を防止しても良い。

10

【0027】

次に、パターニングおよびエッチングされた伝導層 6 2 ならびにコンタクト 9 8 および 1 0 0 上に犠牲層 1 3 2 を形成する。以前の層と同様に、犠牲層 1 3 2 も、共形的に形成した後に、必要に応じてパターニングおよびエッチングする。たとえば、コンタクト開口部を犠牲層 1 3 2 内に形成して、ヒンジ要素 6 8 を基板 6 4 に機械的に取り付けるように働くヒンジ・アンカー 1 3 0 が成膜できるようにしても良い。犠牲層 1 3 2 は通常、酸化ケイ素であり、当業者に既知である化学気相成長法によって堆積することができる。他の犠牲材料を酸化ケイ素の代わりに用いても良いことを理解されたい。たとえば、リン珪酸ガラスまたはホウ素リン珪酸ガラスである。

20

【0028】

次の伝導層、すなわち、止め具 8 2 および 8 4 を有する可動要素 6 6 は、ポリシリコンを含んでおり、伝導層上に位置するシーソー構造として、既知の方法によって形成する。加えて、アパーチャ 1 0 2 およびアパーチャ 1 0 6（図 3）を、可動要素 6 6 内で、既知の方法によってパターニングおよびエッチングすることができる。一実施形態においては、この伝導層のマスキング、パターニング、およびエッチングを単一のプロセスで行なって、可動要素 6 6 の種々の要素を規定する。図示した実施形態においては、これらには、ヒンジ・アンカー 1 3 0、ヒンジ要素 6 8、止め具 8 2 および 8 4 を有する可動要素 6 6、ならびにアパーチャ 1 0 2 および 1 0 6 が含まれる。次に、他の成膜プロセスを実施してもよく、たとえば、別の犠牲層を可動要素 6 6 上に成膜することなどが挙げられる。これは、当業者に知られている通りである。

30

【0029】

前述した構造を形成した後で、犠牲層 1 3 2 を取り除いて、可動要素 6 6 が自由に旋回できるようにする。たとえば、選択エッチング液として、静的伝導層 6 2 および可動要素 6 6 のポリシリコンに目に見えるほどの損傷を与えることなくリン珪酸ガラス犠牲層を取り除くことができるものを用いても良い。可動要素 6 6 におけるアパーチャ 1 0 2 および 1 0 6（図 3）はさらに、容量型加速度計 6 0 の製造中に有用な機能を提供する。エッチング液を犠牲層 1 3 2 に、アパーチャ 1 0 2 および 1 0 6 を通して適用しても良い。この結果、エッチング液の伝搬が効果的に増加するため、製造中に犠牲層 1 3 2 をエッチングすること、その後に可動要素 6 6 をその下に設けられた構造から解放することが容易になる。

40

【0030】

図 7 および図 8 を参照すると、図 7 は、本発明の別の実施形態による対称型差分容量センサ 1 3 4 の平面図を示し、図 8 は、センサ 1 3 4 の基板 1 4 0 上に配置される電極 1 3 6 および 1 3 8 の平面図を示す。電極 1 3 6 および 1 3 8 は、可動要素 1 4 2 の下に設け

50

られていることに留意されたい。したがって、図 7 の平面図では、電極 1 3 6 および 1 3 8 を破線で表わして、可動要素 1 4 2 の幾何学的中心の回転軸 1 4 4 に対するそれらの箇所を例示している。加えて、図 8 の平面図では、可動要素 1 4 2 を破線で表わして、電極 1 3 6 および 1 3 8 に対するその箇所を例示している。

【0031】

容量センサ 1 3 4 は、容量型加速度計 6 0 の複数の特徴部を備えており、たとえば可動要素 1 4 2 である。可動要素 1 4 2 は、構成 1 0 4 で配置されるアパーチャ 1 0 2、構成 1 0 8 で配置されるアパーチャ 1 0 6、およびヒンジ要素 6 8 を備えている。加えて、電極 1 3 6 は、構成 1 0 8 で配置されるアパーチャ 1 2 6 を備えており、電極 1 3 8 は、構成 1 0 6 で配置されるアパーチャ 1 2 8 を備えている。また電極 1 3 6 および 1 3 8 は、

10

【0032】

センサ 1 3 4 の可動要素 1 4 2 は、回転軸 1 4 4 によって線引きされる要素 1 4 2 の対向する半分を画定する区分 1 4 6 および区分 1 4 8 を備える。材料 1 5 0 が、可動要素 1 4 2 の区分 1 4 6 上に、アパーチャ 1 0 2 の構成 1 0 4 の付近に配置されている。材料 1 5 0 は、たとえば、可動要素 1 4 2 の区分 1 4 6 上に配置される金属または他の材料であっても良い。材料 1 5 0 の堆積およびパターンングを、既知のプロセスによって行なっても良い。材料 1 5 0 は、可動要素 1 4 2 の区分 1 4 6 の質量を区分 1 4 8 に対してさらに増加させて、区分 1 4 6 および 1 4 8 間により大きな不均衡を形成する働きをする。その結果、センサ 1 3 4 の感度を、ねじれのパネ定数を変える必要なく、またはセンサのサイズを大きくすることなく、増加させることができる。

20

【0033】

一般的に、可動要素 1 4 2 の区分 1 4 6 を、回転軸 1 4 4 に隣接して配置される近位領域 1 5 2 と、可動要素 1 4 2 の端部 1 5 6 に隣接して配置される遠位領域 1 5 4 とを有するものとして特徴付けることができる。同様に、区分 1 4 8 を、回転軸 1 4 4 に隣接して配置される近位領域 1 5 8 と、端部 1 6 2 に隣接して配置される遠位領域 1 6 0 とを有するものとして特徴付けることができる。可動要素 1 4 2 は、区分 1 4 6 の近位領域 1 5 2 を通って延びるアパーチャ 1 6 4 と、区分 1 4 8 の近位領域 1 5 8 を通って延びるアパーチャ 1 6 6 とを備える。アパーチャ 1 6 4 および 1 6 6 はそれぞれ、アパーチャ 1 6 4 および 1 6 6 の数量およびサイズを規定する共通の構成 1 6 8 で配置される。また、アパーチャ 1 6 4 および 1 6 6 は、回転軸 1 4 4 の対向する側面上に対称的に配置されている。アパーチャ 1 6 4 および 1 6 6 は、区分 1 4 6 および 1 4 8 間の質量不均衡を形成する働きはせず、したがってそれらの共通の構成 1 6 8 および回転軸 1 4 4 に対する対称的な配置を形成する。むしろ、アパーチャ 1 6 4 および 1 6 6 は、可動要素 1 4 2 と回転軸 1 4 4 に最も近いその下の構造との間のエッチ・リリースを促進するものである。

30

【0034】

図 7 および図 8 の実施形態では、電極 1 3 6 は可動要素 1 4 2 の区分 1 4 6 に面し、電極 1 3 8 は可動要素 1 4 2 の区分 1 4 8 に面している。電極 1 3 6 および 1 3 8 はそれぞれ、外周 1 7 0 が可能な限り大きく作られている。たとえば、電極 1 3 6 および 1 3 8 それぞれの周囲 1 7 0 は、それらの対応する上部の区分 1 4 6 および 1 4 8 の外周 1 7 2 とほぼ同等である。電極 1 3 6 および 1 3 8 はそれぞれ、組み合わせられた機能を提供する。すなわち、電極 1 3 6 および 1 3 8 はそれぞれ、検知機能および駆動機能の両方を提供する。典型的な方法では、電極要素 1 3 6 および 1 3 8 の単一の組が、駆動またはフィードバック信号を検知信号上に重ね合わせたときに、検知および駆動の両電極またはフィードバック電極として動作し、一方で、可動要素 6 6 の表面積全体が効率的に利用されている。この電極構成によって、検知および駆動能力が両方とも効果的に改善される。

40

【0035】

図 9 に、差分加速度計 6 0 を組み込み可能な装置 1 7 4 を示す。装置 1 7 4 を、差分加

50

速度計 60 が内部に組み込まれているとして示しているが、装置 174 の別の実施形態では、差分加速度計 134 (図 7) が内部に組み込まれていても良い。装置 174 は、多くの装置、たとえば慣性誘導システム、車両内のエアバッグ展開システム、種々の装置に対する保護システム、ならびに多くの他の科学的および工学的なシステムのいずれかとすることができる。装置 174 は、差分加速度計 60 が組み込まれた加速度計パッケージ 176 を備えている。この典型的な状況では、加速度計パッケージ 176 は回路 178 と通信状態にある。回路 178 には、たとえば、プロセッサ、ハード・ディスク・ドライブ、および当業者には既知である従来のバス構造を介して相互接続される他の構成要素が含まれていても良い。当業者には理解できるように、装置 174 には、本明細書では説明せずに省略されている他の多くの構成要素が含まれていても良い。さらに、装置 174 は、本明細書で特定される構造を有している必要はない。

10

【0036】

一般的に、回路 178 は、加速度計パッケージ 176 から出る信号をモニタする。これらの信号には、Z 軸に沿って生じる加速度が含まれる。加速度計パッケージ 176 の差分加速度計 60 によって、Z 軸加速度 (A_z) 180 が検知される。本発明によれば、Z 軸加速度 180 は、図 4 と関連して前述したように、コンデンサ 110 および 112 に由来する容量によって形成される。差分加速度計 60 から出る容量信号は、入出力回路チップ 182 の検知回路に通信されて、当業者には既知である好適な処理が、回路 178 に出力される前に施されるようになっている。

【0037】

20

加速度計パッケージ 176 はさらに、回路 178 と通信状態にある駆動電圧入力ポート 184 を備えて、デジタル入力電圧信号 186 を印加できるようになっている。電圧信号 186 は、I/O 回路チップ 182 の駆動回路 188 に信号を送って、駆動電圧 (V^+ および V^-) 190 を駆動電極 78 および 80 の少なくとも何れか一つに印加する。回路 178 はさらに、装置 174 の外部にあるポート (図示せず) と通信状態にあっても良く、その結果、外部の入力信号が回路 178 に通信されても良い。回路 178 上のプロセッサ・ソフトウェアまたはハードウェアが、その後電圧信号 186 を発生させ、これが入力ポート 184 に伝えられる。

【0038】

本明細書で説明した実施形態には、対称的なシーソー構造として作製された差分容量センサを備える装置が含まれている。別の実施形態には、本発明の微小電気機械システム対称型差分容量センサを製造する方法が含まれている。止め具が、シーソー試験質量の幾何学的中心の回転軸から等しい距離において可動要素から延びているため、可動要素は正および負の両方向において同じ加速度振幅において停止する。その結果、非対称な振幅制限によって生じる非ゼロの時間平均出力値がなくなる。加えて、複数のアパーチャが可動試験質量の各遠位部分に配置されている。回転軸の一方の側にあるアパーチャは、回転軸の他方の側にあるアパーチャとはサイズおよび数量の少なくとも何れか一つが異なるため、試験質量の対向する半分の間で質量不均衡が形成される。また、回転軸の両側にあるアパーチャが、可動要素の回転軸から遠位に位置していて、可動要素の大きなモーメント・アームを形成している。この結果、Z 軸において生じる加速度に応答して可動試験質量要素が回転することが可能になる。さらなる材料 (たとえば金属) を可動試験質量の重い側に配置して、その質量をさらに増加させることができる。また試験質量内にアパーチャがあることによって、センサ製造中の犠牲酸化物のエッチングが容易になり、またアパーチャによって、可動試験質量が旋回するときの空気制振が効果的に減少する。駆動電極がシーソー試験質量構造の幾何学的中心の回転軸から遠位の等しい距離に配置される結果、比較的大きな検知電極を、回転軸に隣接して集めることができる。可動質量におけるアパーチャの下に設けられる電極を、対応する「鏡像」アパーチャを含むように形成し、その結果、駆動電極と可動試験質量との間の容量を重い端部と軽い端部との間で整合して、同じ駆動能力が得られるようにすることができる。検知電極と駆動電極との構成によって、可動要素の表面積全体を効率的に利用して検知および駆動能力の向上を実現することができる

30

40

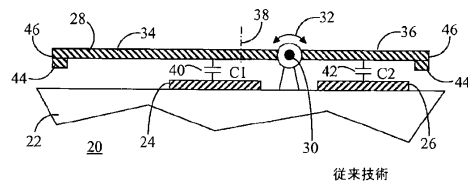
50

。

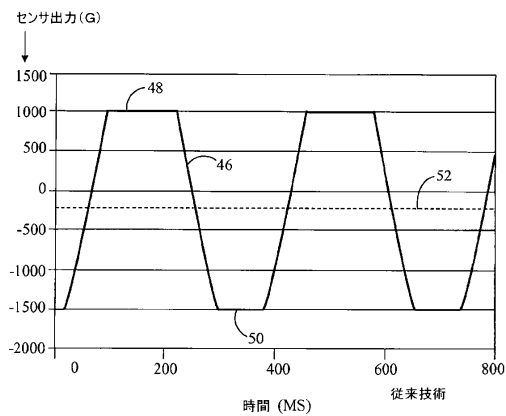
【 0 0 3 9 】

本発明の好ましい実施形態を例示し詳細に説明してきたが、当業者には容易に明らかとなるように、本発明の趣旨または添付の請求項の範囲から逸脱することなく、種々の変更を行なっても良い。たとえば、駆動電極を、駆動が要求されない応用例では、検知電極として用いても良い。このような状況の下では、容量出力の量を相応に増加させることができる。

【 図 1 】



【 図 2 】



【 図 3 】

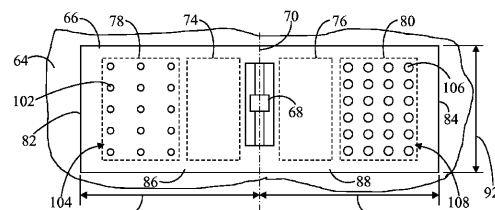


FIG. 3

【 図 4 】

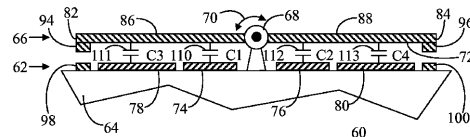


FIG. 4

【 図 5 】

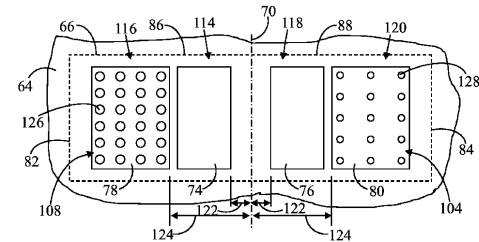


FIG. 5

【図 6】

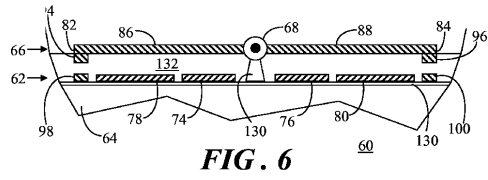


FIG. 6

【図 7】

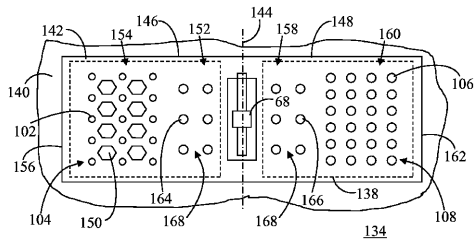


FIG. 7

【図 8】

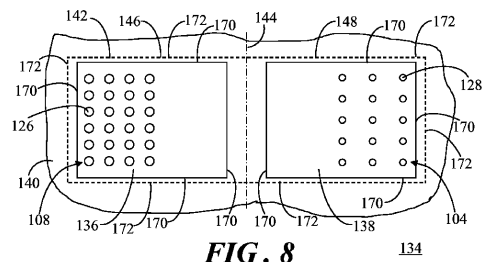
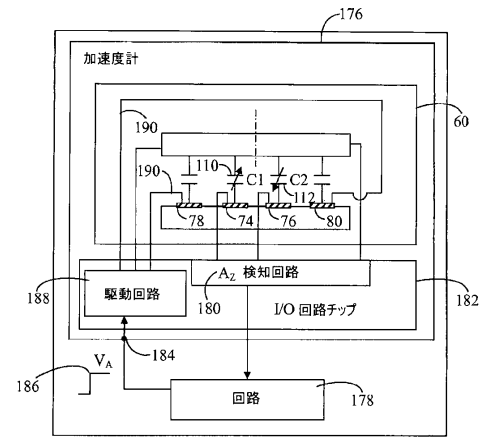


FIG. 8

【図 9】



174

フロントページの続き

(72)発明者 マクニール、アンドリュー シー .
アメリカ合衆国 85225 アリゾナ州 チャンドラー イー .カーラ ビスタ プレイス 2
163

審査官 續山 浩二

(56)参考文献 国際公開第2007/131835(WO, A1)
国際公開第2006/134232(WO, A1)
特開昭64-029775(JP, A)
特開平05-133976(JP, A)
特開平06-308152(JP, A)
米国特許第07140250(US, B1)
米国特許第06230566(US, B1)
特開2005-069852(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01P	15/125
B81B	3/00
B81C	1/00
G01P	15/13
H01L	29/84