

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5627590号
(P5627590)

(45) 発行日 平成26年11月19日 (2014.11.19)

(24) 登録日 平成26年10月10日 (2014.10.10)

(51) Int. Cl.	F I
GO 1 P 15/18 (2013.01)	GO 1 P 15/00 K
B 8 1 B 7/02 (2006.01)	B 8 1 B 7/02
GO 1 P 15/125 (2006.01)	GO 1 P 15/125 Z
HO 1 L 29/84 (2006.01)	HO 1 L 29/84 Z

請求項の数 5 (全 11 頁)

(21) 出願番号	特願2011-534580 (P2011-534580)	(73) 特許権者	504199127
(86) (22) 出願日	平成21年10月5日 (2009.10.5)		フリースケール セミコンダクター イン
(65) 公表番号	特表2012-507716 (P2012-507716A)		コーポレイテッド
(43) 公表日	平成24年3月29日 (2012.3.29)		アメリカ合衆国 テキサス州 78735
(86) 国際出願番号	PCT/US2009/059499		オースティン ウィリアム キャノン
(87) 国際公開番号	W02010/056435		ドライブ ウェスト 6501
(87) 国際公開日	平成22年5月20日 (2010.5.20)	(74) 代理人	100142907
審査請求日	平成24年9月27日 (2012.9.27)		弁理士 本田 淳
(31) 優先権主張番号	12/262,042	(72) 発明者	リン、イツェン
(32) 優先日	平成20年10月30日 (2008.10.30)		アメリカ合衆国 85233 アリゾナ州
(33) 優先権主張国	米国 (US)		ギルバート エス. オーク ストリート
			1038

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 相互直交方向で分離的検知を有するトランスデューサ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

少なくとも二つの相互に直交する方向の加速を検知するトランスデューサであって、
基板と、

前記基板の表面の上に基板と離間した関係で配置され、回転軸に対して移動される第 1
試験質量であって、前記第 1 試験質量を貫通する開口を有する第 1 試験質量と、

前記基板の表面に形成され、相互直交方向の第 1 方向の加速に应答して前記第 1 試験質
量が回転軸の周囲を回転可能なように、前記回転軸の位置で前記第 1 試験質量を前記基板
に枢動可能に接続する第 1 アンカーシステムと、

前記開口内で、前記基板の表面の上に基板と離間した関係で存在する第 2 試験質量と、

前記基板の表面に形成され、相互直交方向の第 2 方向の加速に应答して前記第 2 試験質
量が前記基板の表面と実質的に平行に移動できるように前記第 2 試験質量に接続された第
2 アンカーシステムと、を備え、

前記第 2 試験質量は前記回転軸と合致する中心線を有するトランスデューサ。

【請求項 2】

請求項 1 記載のトランスデューサにおいて、

前記第 1 試験質量の前記開口は、内部周辺壁によって区画形成され、

前記第 1 アンカーシステムは、

前記内部周辺壁の第 1 側で前記第 1 試験質量に取り付けられた第 1 枢動要素と、

前記内部周辺壁の第 1 側の反対側の前記内部周辺壁の第 2 側で前記第 1 試験質量に取り

10

20

付けられた第2 駆動要素と、
を備えることを特徴とするトランスデューサ。

【請求項3】

請求項1記載のトランスデューサにおいて、
前記第1試験質量は第1端部及び第2端部を有し、
前記回転軸と前記第1端部との間に第1部分が形成され、
前記回転軸と前記第2端部との間に第2部分が形成され、
前記第1部分は前記第2部分より大きな質量を示すことを特徴とするトランスデューサ。

【請求項4】

請求項1記載のトランスデューサにおいて、
前記第2アンカーシステムは、回転軸よりオフセットされ、前記回転軸に対して対称的に配置された複数のバネ要素を有する第2アンカーシステムであって、同第2アンカーシステムは、前記相互直交方向における第3方向の加速に応答して、前記第2試験質量が前記基板表面と平行に移動することを可能にすることを特徴とするトランスデューサ。

【請求項5】

少なくとも二つの相互に直交する方向の加速度を検知するトランスデューサであって、
基板と、
前記基板の表面上に基板と離間した関係で配置され、回転軸に対して移動される第1試験質量であって、前記第1試験質量を貫通する開口を有し、同開口が前記回転軸と同軸の第1中心線を有する第1試験質量と、

前記基板の表面に形成され、相互直交方向の第1方向の加速に応答して前記第1試験質量が回転軸周囲を回転可能なように、前記回転軸の位置で前記第1試験質量を前記基板に駆動可能に接続する第1アンカーシステムと、

前記開口内で、基板の表面上に基板に離間した関係で存在する第2試験質量であって、前記回転軸と合致し且つ前記第1中心線と同軸の第2中心線を示す第2試験質量と、

前記基板の表面に形成され、相互直交方向の第2方向の加速に応答して前記第2試験質量が前記基板表面に対して実質的に平行に移動できるように、前記第2試験質量に接続された第2アンカーシステムと、
を備えたトランスデューサ。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は一般に微小電子機械システム(MEMS)センサに関連している。特に相互直交方向の分離検知機能を有するMEMS加速度センサに関連している。

【背景技術】

【0002】

加速度センサは、一般的に、加速力を測定するために使用される。このような力は重力の一定の力のような静的力、または加速度センサの移動または振動による動的力である。加速度センサは、一つ、二つ、または三つの軸または方向に沿って加速度または他の現象を検知できる。この情報から、加速度センサを取り付けられた装置の移動または方向を取得できる。加速度センサは慣性誘導システム、自動車内エアバッグ展開システム、種々デバイスの保護システム、その他多くの科学的で工学的なシステムに使用される。

【0003】

静電容量を検知するMEMS加速度のデザインは、比較的安価なコストであるので、高重力において小型の装置の操作で非常に望ましい。電圧を印加された回路の出力を変えるために、静電容量性加速度センサは、加速に対する電気容量の変化を検知する。加速度センサの一般的な構成の一つは、「ティータ・トォター」または「シーソー」構成を有する静電容量性トランスデューサである。この一般に使用されるトランスデューサのタイプは、基板の上でZ軸加速下で回転する可動要素またはプレートを使用する。差分キャパシタ

10

20

30

40

50

ンスまたは相対キャパシタンスを決定するために、加速度センサ構成は少なくとも二つの個別のキャパシタンスを測定できる。

【 0 0 0 4 】

図 1、2 を参照すると、図 1 は、従来のヒンジまたは「ティータ・トォター」型加速度センサとして構成された従来技術の静電容量検知 MEMS センサ 20 の平面図を示し、図 2 は、MEMS センサ 20 の側面図を示す。MEMS センサ 20 は、静的基板 22 と、静的基板 22 から間隔した可動要素 24 とを備え、静的基板 22 及び可動要素 24 はそれぞれ対向する平坦面を有する。キャパシタ電極すなわちまたは「プレート」を形成するために、基板 22 は、基板の表面 28 に堆積された所定構成の誘電性電極要素 26 をいくつか有する。典型的なシナリオでは、電極要素 26 は、刺激信号を受信する検知または励起電極として作動する。検知信号にフィードバック信号を重ね合わせる時、電極要素 26 はさらに信号にフィードバック電極として作動もできる。

10

【 0 0 0 5 】

電極要素 26 とともにキャパシタ 34, 36 (C1, C2 で示す) を形成するよう回転軸 32 の周囲で移動要素 24 が枢動または回転することを可能にするために、一般的に「試験質量」と呼ばれる可動要素 24 が、一つまたはそれ以上の保持アンカーまたは回転可撓性部材 30 によって基板 22 の上に柔軟に保持される。可動要素 24 は加速に応じて移動し、従って静的に検知する電極要素 26 に対してその位置を変化させる。この位置変化は、一連のキャパシタをもたらし、当該キャパシタンスの差 (すなわち、差分キャパシタンス) が方向 37 の加速を示す。

20

【 0 0 0 6 】

ティータ・トォター型加速度センサとしての作動を意図される場合、回転軸 32 の一側の可動要素 24 の部分 38 は、回転軸 32 のもう一方の側面の可動要素 24 の部分 40 よりも大きな質量を有するように形成される。回転軸 32 をオフセットすることによって、部分 38 のより大きな質量が一般的に形成される。すなわち、回転軸 32 と部分 38 の端部 44 との間の長さ 42 は、回転軸線 32 と部分 40 の端部 48 との間の長さ 46 より長い。さらに電極素子 26 は、回転軸 32 と可動要素 24 の長手方向軸 50 に対して対称に形成及び離間される。

【 0 0 0 7 】

図 1、2 に示す装置は Z 軸にのみに沿った加速を検知する単軸加速度センサである。しかし、いくつかの応用においては、二つまたは三つの相互に直交する軸に沿って加速を検知する能力が必要である。さらに、多くの MEMS センサの応用は、積極的なコスト目的を達成するためにコンパクトなサイズと安価なパッケージングを必要とする。

30

【 0 0 0 8 】

図 3, 4 を参照すると、図 3 は、従来技術の多軸 MEMS センサ 52 の平面図を示し、図 4 は多軸 MEMS センサ 52 の側面図を示す。MEMS センサ 52 は、三つの相互直交方向にコンプライアント (compliant) することが望ましい一連のパネ 58 によって複数のアンカー 56 に取り付けられた試験質量 54 を含む。ダイまたは基板 60 にはアンカー 56 が装着される。MEMS センサ 52 の試験質量 54 は、X 軸検知フィンガー 62 及び Y 軸検知フィンガー 64 を備える。各 X 軸検知フィンガー 62 は、基板 60 に形成された二つの固定フィンガー 66, 68 によって囲まれる。同様に、各 Y 軸検知フィンガー 64 は、基板 60 に形成された二つの固定フィンガー 70, 72 によって囲まれる。MEMS センサ 52 が X 軸 74 に沿った加速を経験すると、X 軸検知するフィンガー 62 と隣接した固定フィンガー 66, 68 との間の距離が変化し、従ってフィンガー間のキャパシタンスが変化する。このキャパシタンスの変化は検知回路 (図示せず) によって記録され、X 軸 74 に沿った加速を示す出力信号に変換される。Y 軸検知フィンガー 64 と、それに対応する固定フィンガー 70, 72 との間のキャパシタンスの変化を記録することによって、Y 軸 76 に沿った加速も同様に検知される。

40

【 0 0 0 9 】

試験質量 54 は、異なる質量を有する対向側面 78, 80 を有する。対向側面 78, 8

50

0 は基本的に等しい厚さ及び幅であるが長さが等しくないように試験質量 5 4 が形成されることにより完成される。従って、側面 7 8 は側面 8 0 より大きな質量を有し、Z 軸 8 2 に沿った加速にตอบสนองして Y 軸 7 6 に対して試験質量 5 4 を回転させる。この加速は試験質量 5 4 の下に配置された静電容量性プレート 8 4 , 8 6 によって検知される。

【 0 0 1 0 】

M E M S センサ 5 2 のデザインは、かなりコンパクトなトランスデューサのサイズを可能にする。この構成では、X、Y 軸検知はバネ 5 8 を介して Z 軸検知に接続される。従って、バネ 5 8 は X Y 軸バネ（すなわち、線形バネ）及び Z 軸線バネ（すなわち、ねじりバネ）の両方として機能する必要がある。残念ながら、X Y 軸（すなわち、線形）と Z 軸（すなわち、ねじれ）の両方の動きのために機能するバネ 5 8 のデザインは、交差軸検知エラーとなる可能性があり、最適化することは困難である。

10

【 0 0 1 1 】

Z 軸 8 2 に沿った加速下で、アンカー 5 6 及びバネ 5 8 は一つの軸を中心としているわけではないので、試験質量 5 4 の枢動位置は、試験質量 5 4 の一つの端部またはもう一方の端部から移動する。この「沈み」は望ましくない二次非線形性効果となり、測定精度を低下させるか、またはフィードバック閉ループ制御のための感知回路機構の複雑度を増加させるか、またはその両者となる。さらに、枢動位置は加速周波数とともに変化する可能性があるため、共通モードと差分モードは非線形性効果を悪化させる異なる減衰周波数とモード周波数を有する可能性がある。

【 0 0 1 2 】

20

M E M S センサは低いオフセット温度係数（T C O）の仕様を求める。「オフセット」という用語は、非励起状態の M E M センサでの公称値からの出力偏差のことである。従って、T C O は、いかに熱応力が、M E M S センサといった半導体デバイスの性能に影響を与えるかの測定基準となる。M E M センサのパッケージは常に熱膨張の異なる係数を有する材料を使用する。従って、製造または操作の間に、望ましくない高い T C O を発生する可能性がある。湿度及び製造処理による圧力と同様に、このような熱応力は、下にある基板の変形（以下「パッケージ応力」という）という結果を招く可能性がある。

【 0 0 1 3 】

M E M S センサ 5 2 の下にある基板に配置された中心でないアンカー 5 6 が複数に位置することは、パッケージ応力によって不正確な測定をする傾向をもたらす。

30

【 0 0 1 4 】

従って、二つまたはそれ以上の相互直交軸に沿って検知可能であり、相当する検知軸に対してバネを最適化すると共に非線形性効果を減少すべく X Y 軸検知を Z 軸検知から分離する、コンパクトトランスデューサが必要である。

【 0 0 1 5 】

図面と関連して詳細説明と請求項を参照することで、本発明についてより完全に理解することが可能である。図面では同様な参照番号は同様な部材を指す。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 1 6 】

【図 1】従来ヒンジまたは「ティータ・トォター」型加速度計として構成された従来技術の静電容量検知 M E M S 加速度センサの平面図。

40

【図 2】図 1 の M E M S センサの側面図。

【図 3】従来技術の多軸 M E M S センサの平面図。

【図 4】図 3 の多軸 M E M S センサの側面図。

【図 5】本発明の実施形態に従った多軸 M E M S センサの平面図。

【図 6】図 5 の M E M S センサの側面図。

【図 7】本発明の別の実施形態に従った多軸 M E M S センサの平面図。

【図 8】本発明の別の実施形態に従った多軸 M E M S センサの平面図。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 1 7 】

50

図 5 , 6 を参照して、図 5 は本発明の実施形態に従った微小電子機械システム (MEMS) センサ 90 の平面図を示し、図 6 は MEMS センサ 90 の側面を示す。例えば、センサ 90 は静電容量検知可能加速度センサまたは別の MEMS 検知装置であっても良い。本発明の一つ実施形態において、MEMS センサ 90 は少なくとも二つの相互直交方向の加速度を検知するようになっている多軸センサである。より具体的には、MEMS センサ 90 は、X 軸線に相当する方向 92 (以下「X 方向 92」とする) の加速と、Y 軸線に相当する方向 94 (以下「Y 方向 94」とする) の加速と、Z 軸線に相当する方向 96 (以下「Z 方向 96」とする) の加速とを検知する。ここでは MEMS センサ 90 は三つの相互直交方向の加速を検知するものとして説明するが、MEMS センサ 90 は二つの直行方向の加速を、例えば X 方向 92 及び Z 方向 96 を検知するようになっていてもよいものとする。

10

【0018】

MEMS センサ 90 は、基板 98 及び基板 98 から離間された可動要素 (以下、「試験質量 100」とする) を有し、基板 98 および試験質量 100 はどちらも対向する平坦面を有する。基板 98 の表面 104 には静的誘電層 102 が堆積される。静的誘電層 102 は、少なくとも二つの電氣的に分離された電極またはプレート、例えば電極素子 106 と電極素子 108 により形成される。電極素子 106 , 108 は、刺激信号を受信する励起または検知電極として作動できる。電極素子 106 , 108 は、フィードバック信号を検知信号に重ね合わせる時、さらにフィードバック電極としても作動できる。

【0019】

20

試験質量 100 は、基板 98 の表面 104 の上方に平行に離間した関係で配置される。すなわち、試験質量 100 は、表面 104 の上に自在に保持され、表面 104 に接触しない。試験質量 100 は一般的に平面構造であって、外部周辺壁 110、内部周辺壁 114 によって区画形成された開口 112 を有する。試験質量 100 は、アンカーシステム 116 によって基板 98 上に自在に保持され、基板 98 に枢動可能に接続される。アンカーシステム 116 は、基板 98 の表面 104 に形成された保持アンカー (以下「枢動要素 118 , 120」とする) を有する。具体的に、枢動要素 118 は、係留 124 を通じて内部周辺壁の側面 122 で試験質量 100 に取り付けられる。同様に、枢動要素 120 は、係留 128 を通じて側面 122 の反対側の内部周辺壁 114 の別の側面 126 で、試験質量 100 に取り付けられる。

30

【0020】

アンカーシステム 116 の枢動要素 118 , 120 は、開口 112 の中心線 130 に沿って配置され、中心線 130 に配置された回転軸 132 を形成する。枢動要素 118 , 120 は、電極素子 106 , 108 のそれぞれによって試験質量 100 間のキャパシタを形成するために、試験質量 100 が回転軸 132 の周囲を枢動または回転することを可能にする。従って、試験質量 100 は、ヒンジまたはティータ・トォター型加速度センサとして構成される。説明を簡単にするために、図 5 では電極素子 106 , 108 だけを示す。しかし、他の実施形態において、MEMS センサ 90 は、電極素子の異なる数、または異なる構成、またはその両者を含んでもよい。さらに、回転軸 132 の周囲の試験質量 100 の枢動移動を可能にするために、多くの可撓性部材、ヒンジ、そして他の回転機構が使用され得ることは理解されるべきである。

40

【0021】

回転軸 132 の一側の試験質量 100 の部分 134 は、回転軸 132 の他側の試験質量 100 の部分 136 よりも相対的に大きな質量を有するように形成される。部分 134 のより大きな質量は、回転軸 132 をずらす、つまりオフセットすることで形成される。これは、回転軸 132 と部分 134 の端部 140 との間の長さ 138 が、回転軸 132 と部分 136 の端部 144 との間の長さ 142 より大きいことを示している。電極素子 106 は、試験質量 100 の部分 134 に面しており、電極素子 108 は試験質量 100 の部分 136 に面している。さらに、電極素子 106、108 は大きさが等しく、試験質量 100 の回転軸 132 に対して対称的に配置される。つまり、電極素子 106、108 はそれ

50

ぞれ回転軸 1 3 2 の両側で等しい距離 1 4 6 だけオフセットされていることを示している。

【 0 0 2 2 】

示した実施形態において、部分 1 3 4 , 1 3 6 の間の不均衡は、MEMS センサ 9 0 が Z 方向 9 6 における検知機能を発揮するために回転軸 1 3 2 をオフセットすることによって構成される。しかし、別の実施形態において、部分 1 3 4 は、試験質量 1 0 0 の端部 1 4 0 , 1 4 4 の間で回転軸 1 3 2 を幾何学的中心として比較的により大きな質量を有するように構成してもよい。例えば、部分 1 3 6 の質量に対して、より質量を大きくするために、部分 1 3 4 は部材層で重くしてもよい。または、部分 1 3 4 の質量に対してより質量を小さくするために、部分 1 3 6 に孔を構成してもよい。

10

【 0 0 2 3 】

試験質量 1 0 0 は、Z 軸と実質的に平行の Z 方向 9 6 の加速に応じて移動し、従って静的電極素子 1 0 6 , 1 0 8 に対してその位置を変化させる。従って、電極素子 1 0 6 , 1 0 8 は、電極素子 1 0 6 , 1 0 8 の平面と垂直な軸に沿って試験質量 1 0 0 の移動を検知するようになっている。この位置変化は、キャパシタの差分キャパシタンスが Z 方向 9 6 の加速度を示す一連のキャパシタになるという結果をもたらす。本明細書で使用する「静的」という用語は、試験質量 1 0 0 に対して固定された誘電層 1 0 2 及び電極素子 1 0 6 , 1 0 8 の意味である。すなわち、試験質量 1 0 0 は、回転軸線 1 3 2 に関して枢動システム 1 1 6 の枢動要素 1 1 8 , 1 2 0 で回転または枢動するが、誘電層 1 0 2 (電極素子 1 0 6 , 1 0 8 を含む) は、試験質量 1 0 0 に対して枢動、回転、または移動はしない。

20

【 0 0 2 4 】

図 1 , 2 に示す MEMS センサ 2 0 の従来技術の単軸デザインでは、回転軸 3 2 を囲み、電極素子 2 6 によって結合されている可動要素 2 4 の領域は、方向 3 7 (Z 軸の検知) の検知に貢献しない。むしろ、その構成の物理性質のため、2 軸 X Y 変位センサに比較して、MEMS センサ 2 0 は望ましくない高い減衰及び固有周波数の減少を有している。この高い減衰は、より低いロールオフ周波数をもたらす。MEMS センサ 5 2 (図 3 , 4) のような従来技術の三軸センサにおいて、X Y 検知軸は、必要とされるより低い減衰を有し、一方では Z 軸は必要とされるより高い減衰を有する。従来技術の 3 軸トランスデューサの妥協は、X Y 減衰を増加するために装置をより高い結合圧力で装置をキャップすることである。しかし、これは Z 軸でより低いロールオフ周波数を招く。試験質量 1 0 0 に開口 1 1 2 を形成することによって、Z 方向 9 6 の検知感度を犠牲にすることなく、Z 軸ロールオフ周波数を増加することができる。

30

【 0 0 2 5 】

MEMS センサ 9 0 はさらに、開口 1 1 2 に存在し、基板 9 8 の表面 1 0 4 上に平行に離間した関係で配置された試験質量 1 4 8 を含む。試験質量 1 4 8 が、開口 1 1 2 の中心線 1 3 0 と同軸の中心線 1 5 0 を有する。また、試験質量 1 4 8 の中心線 1 5 0 は回転軸 1 3 2 と合致する。試験質量 1 4 8 を開口 1 1 2 内に配置することによって、コンパクトなサイズと安価なパッケージングを必要とする MEMS センサ応用への増加した要求をみたすために、コンパクトな多軸トランスデューサデザインが達成される。

【 0 0 2 6 】

40

試験質量 1 4 8 は、基板 9 8 の表面 1 0 4 で形成された複数のアンカー 1 5 4 からなるアンカーシステム 1 5 2 によって、基板 9 8 の上に自在に保持され、基板 9 8 に接続される。アンカー 1 5 4 は、バネ要素 1 5 6 を介して試験質量 1 4 8 に接続する。バネ要素 1 5 6 は、X 方向 9 2 または Y 方向 9 4 の加速に応じて、試験質量 1 4 8 が表面 1 0 4 と実質的に平行に移動することを可能にするコンプライアント線形バネである。従って、試験質量 1 4 8 は X Y 検知が可能である。一つの実施形態において、バネ要素 1 5 6 は、二つ直交検知軸に沿って同様な加速度を検知するために、X 方向 9 2 及び Y 方向 9 4 で同様な硬さを有する。

【 0 0 2 7 】

MEMS センサ 9 0 の試験質量 1 4 8 は、試験質量 1 4 8 の中心線 1 5 0 と整列された

50

X軸検知フィンガー158を備える。試験質量148は、中心線150に対して直交して配置された試験質量148の別の中心線162と整列されたY軸検知フィンガー160をさらに備える。各X検知フィンガー158は、基板98に構成された二つの固定フィンガー164, 166によって囲まれる。同様に、各Y検知フィンガー160は、基板98に構成された二つの固定フィンガー168, 170によって囲まれる。MEMSセンサ90がX方向92で加速を経験すると、X軸検知フィンガー158と隣接した固定フィンガー164, 166との間の距離が変化し、従ってフィンガー間のキャパシタンスが変化する。このキャパシタンス変化は検知回路(図示せず)によって記録され、X軸方向92の加速度を示す出力信号に変換される。Y軸検知フィンガー160と、それに対応する固定フィンガー168, 170との間のキャパシタンスの変化を記録することによって、Y軸方向94の加速も同様に検知される。

10

【0028】

この実施形態において、中心線150は試験質量148の第1対称軸であって、中心線150に対して直交して配置された中心線162は、試験質量148の第2対称軸である。一般に、アンカーシステム152のアンカー154は中心線150, 162からオフセットされ、中心線150, 162に対して対称的配置される。すなわち、各アンカー154は中心線150, 162から同等距離にオフセットされる。このアンカー154の構成は、試験質量148を中心とする、または中心線150, 170の交点172で均衡化されるという結果をもたらす。X軸検知フィンガー158及びY検知フィンガー160は、試験質量148の中心線150, 170に対して対称的に配置されても良い。試験質量148の対称的構成は、中心線150, 162のいずれの側でも一般に同様な熱応力をもたらす結果となる。従って、試験質量148に対する熱応力の効果は、X軸方向92及びY方向94の検知の正確度に影響し、その効果は減少する。

20

【0029】

試験質量148のアンカーシステム152は、試験質量100のアンカーシステム116から機械的に分離される(すなわち、異なる)ことを特に理解されたい。この構成において、Z方向96のZ軸検知のための電極素子118, 120及び係留124, 128のデザインを最適化すると共に、X方向92とY方向94のXY軸検知のためのパネ要素156を最適化することが可能である。また、Z軸検知はXY軸検知から分離されるので、交差軸検知は大幅に削除される。これは図6で示しており、Z方向96の加速に応じて、回転軸132の周囲を試験質量100が回転する。しかし、独立アンカーシステム152によって試験質量148は試験質量100から分離されるので、試験質量148は試験質量100に相当して枢動及び回転しない。すなわち、試験質量148は、下にある基板98の表面104と離間し、実質的に平行なままである。

30

【0030】

図7は、本発明の別の実施形態に従った多軸MEMSセンサ174の平面図を示す。MEMSセンサ174のデザインは、MEMSセンサ90のデザインと類似する。すなわち、MEMSセンサ174は、基板98(図示せず)と、アンカーシステム116によって基板98の上に自在に保持され、枢動的に接続された試験質量100と、アンカーシステム152によって基板98上に自在に保持され、枢動的に接続された試験質量148とを備えている。この特徴は図5, 6で説明しており、該特徴の利点及び規定は、簡潔にするためにここでは繰り返さない。

40

【0031】

いくつかの例では、X検知フィンガー158及びY検知フィンガー160のXY検知感度を増加するように、試験質量148の質量を増加することが望ましい。すなわち、試験質量148の質量が増加すれば、かなり低い加速度でも、X方向92またはY方向94のいずれに試験質量148が変位する可能性が大きくなる。従って、MEMSセンサ174は、試験質量148の中心線150, 162に対して試験質量148上に対称的に配置された材料176をさらに備える。材料176は、例えば、金属または試験質量148上に配置される他の適切な材料である。材料176は公知の処理によって堆積及びパターン化

50

できる。材料１７６は、試験質量１４８の質量を増加するために機能する。結果として、
X検知フィンガー１５８及びY検知フィンガー１６０のXY検知感度が効果的に増加する
。

【００３２】

図８は、本発明の別の実施形態に従った多軸MEMSセンサ１７８の平面図を示す。MEMSセンサ１７８のデザインはMEMSセンサ９０と類似している。すなわち、MEMSセンサ１７８は、基板９８と、アンカーシステム１１６によって基板９８の上に自在に保持され、枢動的に接続される試験質量１００とを備えている。これらの特徴は、図５、
６で上述しており、該特徴の説明および利点は、簡潔にするために繰り返さない。いくつかの例では、X方向検知はY方向検知から機械的に分離されることが望ましい。従って、
試験質量１８０、１８２は、試験質量１００の開口１１２に存在する。

10

【００３３】

試験質量１８０は、基板９８に形成された複数のアンカー１８６の形態でアンカーシステム１８４によって基板９８の上に自在に保持され、基板９８に接続される。アンカー１
８６は、バネ要素１８８を介して試験質量１８８に接続する。試験質量１８０は試験質量
１００の回転軸１３２に整列した複数のX軸検知フィンガー１９０をさらに備える。各X
軸検知フィンガー１９０は、下にある基板９８に形成された二つの固定フィンガー１９２
、１９４によって囲まれる。バネ要素１８８は、X方向９２の加速に応じて試験質量１８
０が基板と実質的に平行に移動することを可能にするコンプライアント線形バネである。
従って、MEMSセンサ１７８がX方向９２で加速を検知する時、X軸検知フィンガー１
９０と隣接した固定フィンガー１９２、１９４との間の距離が変化し、そしてフィンガー
間のキャパシタンスを変える。このキャパシタンス変化は検知回路（図示せず）によって
記録され、X方向９２の加速度を示す出力信号に変換される。

20

【００３４】

試験質量１８２は、基板９８に形成された複数のアンカー１９８の形態でアンカーシステム１９６によって、基板９８の上に自在保持され、基板９８に接続される。アンカー１
９８は、バネ要素２００を介して試験質量１８２に接続される。試験質量１８２はさらに
、試験質量１００の回転軸１３２に対して直交して配置されたY検知フィンガー２０２を
備える。各Y軸検知フィンガー２０２は、下にある基板９８に形成された二つの固定フィン
ガー２０４、２０６によって囲まれる。バネ要素２００は、Y方向９４の加速に応じて
試験質量１８２が基板と実質的に平行に移動することを可能にするコンプライアント線形
バネである。従って、MEMSセンサ１７８がY方向９４で加速を検知する時、Y軸検知
フィンガー２０２と隣接した固定フィンガー２０４、２０６との間の距離が変化し、そし
てフィンガー間のキャパシタンスを変える。このキャパシタンス変化は検知回路（図示せ
ず）によって記録され、Y方向９４の加速度を示す出力信号として変換される。

30

【００３５】

この実施形態では、試験質量１００の異なるアンカーシステム１１６に加えて、試験質
量１８２が、試験質量１８０のアンカーシステム１８３とは異なるアンカーシステム１９
６によって自在に保持されることを理解されたい。従って、X軸方向９２とY軸方向９４
の間のいかなる交差軸検知も、大幅に削除される。また、個別アンカー１８６、１９８は
、二つの直交検知軸に沿って異なった加速度の大きさを検知するためにX方向９２対Y方
向９４で異なる剛性を有するようにデザインできる。さらに、MEMSセンサ１７８の構
成は、試験質量１００の係留１２４、１２６の長さに対してより大きな柔軟性を提供し、
一方で開口１１２の利点、すなわち非線形の減少及び減衰の改善を維持する。

40

【００３６】

ここで記述する実施形態は、少なくとも二つの相互に直交する方向の加速度を検知する
ようになっているトランスデューサを含む。該トランスデューサは、異なるアンカーシ
ステムによって基板の上に各々が自在に保持された少なくとも二つの試験質量を含む。第１
試験質量は、第１第１方向の加速度を検知するためのティータ・トォター型として作られ
た差分加速度センサを備えてもよい。第１試験質量のアンカーシステムの枢動要素は回転

50

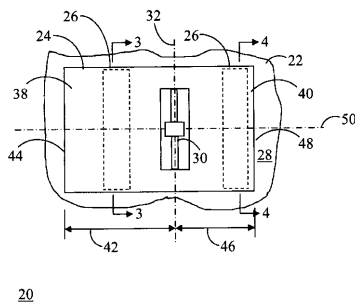
軸に物理的に配置されるため、回転軸からオフセットした駆動要素を有するいくつかの従来技術のデザインに見られる二次非線形結果が大幅に削除される。第1試験質量は、開口と、該開口に存在する第2試験質量とを備える。第2試験質量は、下にある基板と実質的に平行であるが、第2及び/または第3の相互直交方向の加速に応答して変位が可能なアンカーシステムを有する差分変位加速度センサでもある。第1試験質量の開口形成によって、第1第1方向の検知感度を犠牲にしなくても、第1方向のロールオフ周波数は増加できる。また、開口への第2試験質量の配置は、コンパクトサイズ及び安価パッケージングを必要とするMEMSセンサアプリケーションに対する要求を満たすためのコンパクトな多軸トランスデューサデザインを達成する。各試験質量の異なるアンカーシステムは、交差軸検知を省くと同時に、相当するねじれ及び線形バネ要素の最適化を可能にする。

10

【0037】

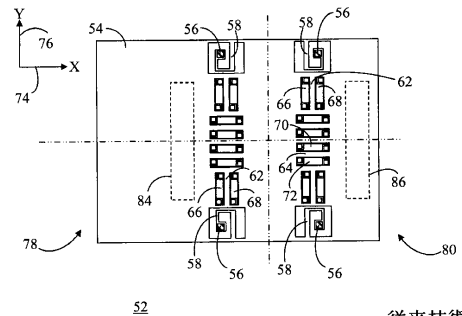
本発明の代表的な実施形態に関して説明してきたが、本技術分野の当業者は本発明がその精神を逸脱することなく上述した以外の具体的な形式で用いることが可能であることを容易に理解するであろう。上述の実施形態は例示であって、いかなる意味においても限定的に解釈すべき物ではない。本発明の範囲は上述の説明ではなく、添付の請求項によって与えられ、請求項の範囲に含まれる全ての変形及び等価物は本発明に包含されることが意図されている。

【図1】



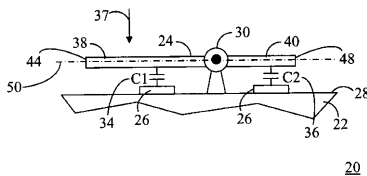
従来技術

【図3】



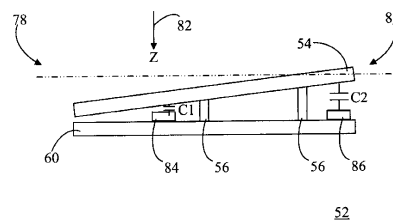
従来技術

【図2】



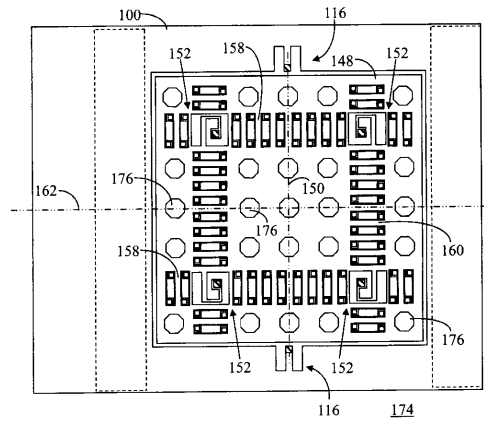
従来技術

【図4】

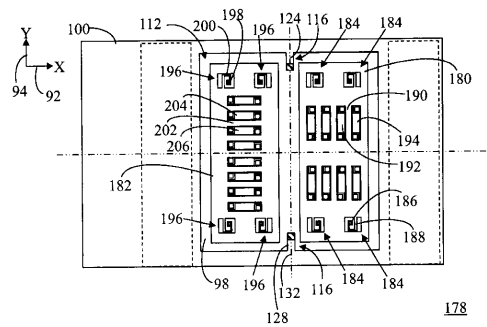


従来技術

【圖 7】



【 図 8 】



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 特開2007-298410(JP,A)
特開2008-107349(JP,A)
特表2007-530914(JP,A)
特開2007-298385(JP,A)
国際公開第2007/061756(WO,A1)
特開平10-239347(JP,A)
特開2007-298405(JP,A)
特表2008-529001(JP,A)
特表2008-531991(JP,A)
特開平08-178952(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01P	15/18
B81B	7/02
G01P	15/125
H01L	29/84