

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4333883号
(P4333883)

(45) 発行日 平成21年9月16日(2009.9.16)

(24) 登録日 平成21年7月3日(2009.7.3)

(51) Int.Cl.	F I	
GO 1 P 15/09 (2006.01)	GO 1 P 15/09	D
GO 1 P 15/18 (2006.01)	GO 1 P 15/00	K
GO 1 P 9/04 (2006.01)	GO 1 P 9/04	
GO 1 L 1/10 (2006.01)	GO 1 L 1/10	A
GO 1 L 5/00 (2006.01)	GO 1 L 5/00	1 O 1 Z
請求項の数 5 (全 22 頁) 最終頁に続く		

(21) 出願番号 特願2007-14334 (P2007-14334)
 (22) 出願日 平成19年1月24日(2007.1.24)
 (65) 公開番号 特開2008-180604 (P2008-180604A)
 (43) 公開日 平成20年8月7日(2008.8.7)
 審査請求日 平成20年3月17日(2008.3.17)

(73) 特許権者 000004075
 ヤマハ株式会社
 静岡県浜松市中区中沢町10番1号
 (73) 特許権者 304021417
 国立大学法人東京工業大学
 東京都目黒区大岡山2丁目12番1号
 (74) 代理人 100064908
 弁理士 志賀 正武
 (74) 代理人 100089037
 弁理士 渡邊 隆
 (72) 発明者 服部 敦夫
 静岡県浜松市中沢町10番1号 ヤマハ株式会社社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 モーションセンサ及びその製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

平板状の基板にその表面から窪む凹部を形成する第1工程と、
 前記基板の表面及び凹部にわたって犠牲層を成膜する第2工程と、
 前記基板の表面が露出するように、当該表面上の前記犠牲層を研削及び研磨のうち少なくとも一方により除去することで、前記凹部内の前記犠牲層が前記基板の表面と共に同一平面をなす第3工程と、
 前記基板の表面及び前記犠牲層上にわたって、基端部が前記基板の表面に固着されると共に先端部が前記凹部の上方に臨む梁を導電性材料により形成する第4工程と、
 前記凹部内の前記犠牲層を除去する第5工程と、
 蒸着重合法により、前記梁の上及び前記基板の上にわたって、有機圧電材料からなる圧電膜を成膜する第6工程と、
 蒸着法により、前記梁の上面に形成された前記圧電膜上に金属材料からなる電極を成膜する第7工程とを順番に実施し、
 前記第4工程において、前記梁の基端部がV字状に分岐して二つの分岐端部として形成され、
 前記第5工程と前記第6工程との間に、一方の分岐端部をマスクで保護し、
 前記第7工程後に、前記マスクを除去して前記一方の分岐端部を露出させることを特徴とするモーションセンサの製造方法。

【請求項2】

前記第4工程と前記第5工程との間に、前記梁の先端部上に錘を形成することを特徴とする請求項1に記載のモーションセンサの製造方法。

【請求項3】

表面から窪む凹部が形成された基板と、基端部が前記凹部の周辺に位置する前記基板の表面に固着されると共に先端部が前記凹部の上方に臨ませられることで、前記基板に片持ち状態に支持された梁と、当該梁に設けられた錘とを備え、

前記梁が導電性材料からなり、

前記梁の上及び前記基板の上にわたって有機圧電材料からなる圧電膜が形成され、

前記梁の上面に形成された前記圧電膜上に電極が形成され、

前記梁の基端部がV字状に分岐され、

一方の分岐端部では前記梁が外方に露出し、

他方の分岐端部における前記梁の上面には前記圧電膜及び前記電極が重ねて形成されていることを特徴とするモーションセンサ。

10

【請求項4】

前記有機圧電材料がポリ尿素であることを特徴とする請求項3に記載のモーションセンサ。

【請求項5】

前記錘が前記梁の先端部上に固着されていることを特徴とする請求項3または請求項4に記載のモーションセンサ。

【発明の詳細な説明】

20

【技術分野】

【0001】

本発明は、加速度、傾斜、角速度等の検出に用いられるモーションセンサ及びその製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

モーションセンサは、加速度、角速度、傾斜などを検出するセンサで、用途としては、自動車の衝突検出、HDD落下検出、ゲーム機など様々ある。その方式としては、 piezo 抵抗型、静電容量型、圧電型があり、小型のもので製品化されているのは、MEMS 技術を用いて製作可能な piezo 抵抗型と静電容量型である。

30

piezo 抵抗型、静電容量型は、加速度に対してそれぞれ、抵抗値変化、静電容量変化として信号を出力する。そのため、抵抗値または静電容量を電圧に変換する回路が必要となる。一方、圧電型は、加速度に対して電圧で信号を出力するため、電圧変換回路が不要である。

【0003】

従来、この種の圧電型の角速度センサとして、励振兼コリオリの力検出用の圧電セラミックスに複数の電極パターンが形成され、その圧電セラミックスが、梁である金属板に接着剤にて貼り付けられた構成の2軸の角速度センサがある（例えば、特許文献1参照）。また、梁の中央部に錘を取り付けることにより、感度を向上させたものもある（例えば、特許文献2参照）。さらに、錘を周回運動させることにより、3軸の角速度センサを検出できるようにしたものもある（例えば、特許文献3参照）。そのほかに、梁と圧電膜を兼用させ、更に錘を圧電膜の上下対象に配置して、S/Nを改善させたものもある（例えば、特許文献4参照）。

40

【特許文献1】特開平8-166243号公報

【特許文献2】特開平8-201067号公報

【特許文献3】特許第3585980号公報

【特許文献4】特開2001-124562号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

50

【0004】

しかしながら、前記従来の構成では、圧電膜がセラミックスで構成されているので、衝撃等で大きな変形が発生すると割れるという課題を有していた。また、圧電膜の感度が低いという課題もあった。また、圧電セラミックスの微細加工や位置合わせ・組立ての精度を上げることは困難であり、これを行なう場合には、工程が複雑になったり高価な装置が必要であった。

【0005】

本発明は、前記従来の課題を解決するもので、構造が簡単で、製造工程が少なく、低コスト化が容易で、しかも耐衝撃性が高いモーションセンサ及びその製造方法を提供することを目的とする。

10

【課題を解決するための手段】

【0006】

本発明のモーションセンサの製造方法は、平板状の基板にその表面から窪む凹部を形成する第1工程と、前記基板の表面及び凹部内にわたって犠牲層を成膜する第2工程と、前記基板の表面が露出するように、当該表面上の前記犠牲層を研削及び研磨のうち少なくとも一方により除去することで、前記凹部内の前記犠牲層が前記基板の表面と共に同一平面をなす第3工程と、前記基板の表面及び前記犠牲層上にわたって、基端部が前記基板の表面に固着されると共に先端部が前記凹部の上方に臨む梁を導電性材料により形成する第4工程と、前記凹部内の前記犠牲層を除去する第5工程と、蒸着重合法により、前記梁の上及び前記基板の上にわたって、有機圧電材料からなる圧電膜を成膜する第6工程と、蒸着法により、前記梁の上面に形成された前記圧電膜上に金属材料からなる電極を成膜する第7工程とを順番に実施し、前記第4工程において、前記梁の基端部がV字状に分岐して二つの分岐端部として形成され、前記第5工程と前記第6工程との間に、一方の分岐端部をマスクで保護し、前記第7工程後に、前記マスクを除去して前記一方の分岐端部を露出させることを特徴とする。

20

すなわち、圧電膜に有機材料を用いることで、耐衝撃性に非常に優れたセンサを製作することができる。

【0007】

そして、前記第4工程と前記第5工程との間に、前記梁の先端部上に錘を形成することがさらに好ましい。

30

【0008】

また、本発明のモーションセンサは、表面から窪む凹部が形成された基板と、基端部が前記凹部の周辺に位置する前記基板の表面に固着されると共に先端部が前記凹部の上方に臨ませられることで、前記基板に片持ち状態に支持された梁と、当該梁に設けられた錘とを備え、前記梁が導電性材料からなり、前記梁の上及び前記基板の上にわたって有機圧電材料からなる圧電膜が形成され、前記梁の上面に形成された前記圧電膜上に電極が形成され、前記梁の基端部がV字状に分岐され、一方の分岐端部では前記梁が外方に露出し、他方の分岐端部における前記梁の上面には前記圧電膜及び前記電極が重ねて形成されていることを特徴とする。

40

すなわち、圧電膜に有機材料を用いることで、耐衝撃性に非常に優れたセンサを製作することができる。また、梁を片持ち状態に支持することにより、1軸加速度を検出することができる。

【0009】

また、前記有機圧電材料がポリ尿素であるとかよく、蒸着重合法と呼ばれる完全ドライプロセスで製作可能であり、薄膜化、膜厚制御、任意形状への成膜が容易になり、現在のピエゾ抵抗型や静電容量型のセンサと同等のサイズのセンサを製作できる可能性がある。

さらに、前記錘は前記梁の先端部上に固着されていてもよい。

【発明の効果】

【0010】

50

本発明のモーションセンサは、有機圧電膜を用いたことにより耐衝撃性が高く、これをポリ尿素を含む構成とすると、蒸着重合法と呼ばれる完全ドライプロセスで製作可能になり、薄膜化、膜厚制御、任意形状への成膜が容易になる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0011】

以下、本発明の実施形態について、図面を参照しながら説明する。なお、以下の実施の形態によって本発明が限定されるものではない。

【0012】

(第1実施形態のモーションセンサ構造)

この実施形態のモーションセンサ1は、3軸加速度検出装置に用いられるものであり、
図1及び図2に示すように、基板2と、その基板2に支持された平板状の梁3と、この梁
3の中央部に設けられた錘4と、梁3の上面のほぼ全面に形成された圧電膜5と、この圧
電膜5の上に形成された4個の電極6A~6Dとを備える構成とされている。

前記基板2は、例えば硼珪酸ガラスにより、正方形の枠状に形成され、中央部に開口部
7が形成されている。

前記梁3は、基板2の外形と同じ正方形の厚さが例えば5 μ mの板状に形成され、基板
2の上面に、その開口部7を覆うように固着されている。この梁3の材料としては、Ni
が用いられるが、Niの他に、NiFe等のNi合金でも良い。

【0013】

前記錘4は、梁3の上面に固着された上部錘4Aと、梁3の下面に固着された下部錘4
Bとからなり、これら両錘4A、4Bが梁3の中央部を上下に挟持するように配置されて
いる。この場合、上部錘4Aと下部錘4Bとで質量が異なるように設定されており、例え
ば、これら両錘4A、4Bを合わせた重心Gが梁2の中心から下方にずれて配置されるよ
うになっている。その上部錘4Aは、例えば前記梁3と同じ材料であるNiやNiFe等
のNi合金が用いられ、下部錘4Bは、例えば前記基板2と同じ材料である硼珪酸ガラス
が用いられる。なお、上部錘4Aは平面視が正方形に形成されており、その中心を基準に
図1に示すようにX軸、Y軸、Z軸とする。

【0014】

前記圧電膜5は、ポリ尿素からなる有機圧電膜であり、例えば1 μ m程度の厚さに形成
されている。

前記電極6A~6Dは、梁3の上面上における錘4Aの回りに該錘4Aを中心とする点対
称に4個形成されている。この場合、各電極6A~6Dは、ほぼ方形に形成されるととも
に、錘4を介して2個ずつが対峙するようにかつ正方形の梁3のX軸及びY軸上に並んで
配置されている。この電極6A~6Dは、Al、Cu、Au、Pt、Ag、AlSi等の
導電材料により、圧電膜5の上面上に例えば1000の厚さでそれぞれ形成されている。

【0015】

(第1実施形態のモーションセンサの製造方法)

次に、このように構成したモーションセンサ1の製造方法について説明する。

図3から図17は、その製造方法を工程順に示す断面図である。

まず図3に示すように基板2を用意する。

次に図4に示すように、フォトリソグラフィ技術を用いて第1のレジスト11からなる
所望のパターンを形成する。

【0016】

次に図5に示すように、前記第1のレジスト11をマスクにして、前記基板2をエッチ
ングすることにより開口部7となる凹部12と下部錘4Bとなる凸部13を形成する。例
えば、CF₄ガスを用いて反応性イオンエッチングを用いて前記基板2に異方的にエッチ
ングを行う。例えば200 μ mの深さまでエッチングするが、エッチングの深さ方向に幅
が狭くなるようにエッチングする。

次に図6に示すように、前記第1のレジスト11を有機溶媒で除去する。

【0017】

10

20

30

40

50

次に図7に示すように、基板2の上面に前記凹部12及び凸部13の表面も含めて第1のメッキシード層14を成膜する。例えば前記第1のメッキシード層14として、Cuをスパッタ法にて3000成膜する。

次に図8に示すように、犠牲層15を前記第1のメッキシード層14上に成膜する。前記犠牲層15として例えば、Cuを厚さ300 μ m電解メッキを用いて成膜する。

次に図9に示すように、研削、研磨のうち少なくとも一方を用いて、基板2上の前記犠牲層15及び前記第1のメッキシード層14を除去し、前記基板2の表面を露出させる。

【0018】

次に図10に示すように、表面に露出している前記基板2及び前記犠牲層15の上に梁3となる第2のメッキシード層(以下では梁と同じ符号3とする)を成膜する。この第2のメッキシード層3は、例えば、Niをスパッタ法を用いて5 μ m成膜する。Niの他に、NiFe等のNi合金でも良い。

10

次に図11に示すように、前記基板2の裏面から研削、研磨の少なくとも一方を行い、前記第1のメッキシード層14(又は犠牲層15)を露出する。この工程により、前記凸部13は下部錘4Bとして形成される。

そして、図12に示すように、第2のメッキシード層3の上にフォトリソグラフィ技術で前記凸部13の上方に空間を形成するように第2のレジスト16からなる所望のパターンを形成する。

【0019】

次に図13に示すように、前記第2のレジスト16をマスクにして、前記梁3(第2のメッキシード層)上に上部錘4Aを形成する。例えば、Niを電界メッキ法にて50 μ m成膜する。Niの他に、NiFe等のNi合金を用いても良い。

20

次に図14に示すように、前記第2のレジスト16を有機溶剤で除去する。

次に図15に示すように、前記梁3及び上部錘4Aの上に圧電膜5の層を成膜する。この圧電膜5の層としては、例えば蒸着重合法を用いて、ポリ尿素を1 μ mの厚さを成膜する。

このようにしてポリ尿素による圧電膜5の層を形成した後、図16に示すように、前記圧電膜5の層の上に電極の層17を成膜する。この電極の層17としては、例えば、Alを蒸着法にて1000成膜する。Alの代わりに、Cu、Au、Pt、Ag、AlSi等を用いても良い。

30

【0020】

次に図17に示すように、電極の層17の上にフォトリソグラフィ技術で第3のレジスト18からなる所望のパターンを形成する。

次に、この第3のレジスト18をマスクにして露出した電極の層17を除去することにより、図18に示すように、前記電極6A~6Dを複数、この場合は4個のパターンに分離し、最後に、前記犠牲膜15、第1のメッキシード層14及び第3のレジスト18を除去すると、下部錘4Bが梁3(第2のメッキシード層)の中央に形成される。なお、図1では省略したが、この図18では圧電膜5は上部錘4Aの表面にも形成されている。

この状態で、電界と温度をかけて前記圧電膜5を分極させる。例えば、前記電極6A~6Dに引き出し配線19を導電ペースト20等を用いて接続し、前記引き出し配線19を用いて、前記圧電膜5に電圧を80V印加するとともに、例えば180まで加熱することにより、分極化して圧電膜5となる。

40

このように本実施形態のモーションセンサであると、静電容量型に比べて、浮き電極構造を必要としないため、MEMSプロセスが簡素かつ低コストなものとなる。

【0021】

なお、前記梁は、Ni等の導電性材料を用いて形成することにより、圧電膜に対する下側電極として機能させたが、この梁をポリイミド樹脂等の絶縁材料を用いて形成してもよく、その場合には、梁の上に導電性材料からなる電極層を形成して、その上に圧電膜を形成すればよい。また、基板をエッチングする際に下部錘の部分テーパ形状にせず、ストレートに形成してもよい。

50

型のセンサと同等のサイズのセンサを製作できる可能性がある。

また、感度も高く、例えば、ポリ尿素の圧電定数 $g = 280 \times 10^{-3} [V \cdot m / N]$ は、セラミックス圧電膜 PZT-4 の圧電定数 g に比べて、1桁以上大きなものとなる。

【0027】

(加速度の検出原理)

このように構成したモーションセンサ 1 において、梁 3 は、中央部に開口部 7 を有する基板 2 に支持されているので、いわゆる両持ち状態に支持されることになり、梁 3 の中央部を上下に変位させるようにして撓むことができる。

この梁 3 が下方に向けて凸となるように撓む場合、図 20 (a) にモデル化して示したように梁 3 の上面の圧電膜 5 には圧縮応力が作用する。この圧縮応力による圧電膜 5 上面の電極 6 の出力を + とする。一方、梁 3 が上方に向けて凸となるように撓む場合には、図 20 (b) に示すように梁 3 の上面の圧電膜 5 には引っ張り応力が作用する。この引っ張り応力による圧電膜 5 上面の電極 6 の出力を - (マイナス) とする。

【0028】

このような梁 3 の変形により 3 軸加速度を検出する原理について説明する。

図 1 に示すモーションセンサ 1 において、梁 3 の錘 4 を中心とする X 方向、Y 方向、Z 方向を図のように規定する。

まず、図 1 の X 方向に加速度が加わった場合、上下の錘 4 A、4 B の質量の相違により重心 G が梁 3 の中心よりも下方に配置されているため、梁 3 は図 21 (a) に示すように変形する。すなわち、錘 4 の重心位置 G は X 方向に対して反対の - (マイナス) 方向に移動し、この X 方向に沿って錘 4 の両側に配置される圧電膜 5 の一方の部分 (X 方向に対して + 側の部分) には圧縮応力が働き、その部分に形成されている電極 6 A には + の電荷が生じ、出力電圧は + となり、錘 4 に対して圧電膜 5 の他方の部分 (X 方向に対して - (マイナス) 側の部分) には引っ張り応力が働き、その部分の上の電極 6 C には - (マイナス) の電荷が生じ、出力電圧は - (マイナス) となる。なお、Y 方向に沿う錘 4 の両側の部分には応力が働かず、その上の両電極 6 B、6 D の出力電圧は 0 となる。各電極 6 A ~ 6 D の出力電圧を図 21 (b) に示す。

【0029】

一方、Y 方向に加速度が加わった場合は、その Y 方向に沿って錘 4 の両側に配置される圧電膜 5 の一方の部分に圧縮応力、他方の部分に引っ張り応力、X 方向に沿って錘 4 の両側に配置される部分には応力が働かず、したがって、各電極 6 A ~ 6 D の出力電圧は、順に、0、+、0、- となる。

また、Z 方向に加速度が加わった場合は、Z 軸の + 方向の加速度の場合は、図 22 (a) に示すように、錘 4 が Z 軸の - (マイナス) 方向に移動して梁 3 が下方に向けて凸となるように撓むことにより、その梁 3 の上の圧電膜 5 には圧縮応力が働き、その上の各電極 6 A ~ 6 D には + の電荷が生じ、出力電圧は図 22 (b) に示すように全て + となる。Z 軸の - (マイナス) 方向の加速度の場合は、各出力電圧は全て - (マイナス) となる。

このように梁 3 の変形の方法と大きさを検出することにより、3 軸の加速度を検出することができる。

【0030】

(3 軸加速度検出装置)

図 23 には、3 軸加速度を検出するための加速度検出装置を示す。

この加速度検出装置 31 は、図 1 に示すモーションセンサ 1 において、X 軸に沿う電極 6 A、6 C 間の差動回路 32 を有する X 軸加速度検知部 33 と、Y 軸に沿う電極 6 B、6 D 間の差動回路 34 を有する Y 軸加速度検知部 35 と、すべての電極 6 A ~ 6 D の加算回路 36 を有する Z 軸加速度検知部 37 とを備えた構成とされ、各軸の加速度を独立して検出することができるようになっている。すなわち、これら差動回路 32、34、加算回路 36、各加速度検知部 33、35、37 により出力検知手段 38 が構成される。

図 24 は、この加速度検出装置 31 において各軸の加速度による電極 6 A ~ 6 D の出力電圧を示しており、表中の「±」は上段が各軸の + 方向に加速度が作用した場合、下段が -

10

20

30

40

50

(マイナス) 方向に作用した場合を示している。

このように、この加速度検出装置は、各電極の出力電圧から加速度の3軸の向き、大きさを的確に検出することができる。

【 0 0 3 1 】

(第2実施形態のモーションセンサ構造)

図25及び図26は、第2実施形態のモーションセンサを示している。以下、前記第1実施形態の構成要素と同じ部分には同一符号を付して説明を簡略化する。

この実施形態のモーションセンサ41は、1軸加速度検出装置に用いられるものである。このモーションセンサ41においては、基板42と、その基板42に支持された梁43と、梁43の上面に形成された絶縁膜48と、この絶縁膜48の上に形成された下側電極49と、この下側電極49の上に形成された圧電膜44と、この圧電膜44の上に形成された電極45とを備える構成とされている。前記3軸加速度検出用の場合は梁3は両持ち状態に支持されていたのに対して、この1軸加速度検出用の場合は、梁43は基板42に片持ち状態に設けられている。

すなわち、基板42は、図示例の場合は、枠体部46の一つの辺に、中央の開口部47に伸びるように前記梁43が一体に形成され、その梁43の上にポリイミドのフィルムからなる絶縁膜48を介して下側電極49が形成され、この下側電極49の上にポリ尿素からなる有機圧電膜44が形成され、この有機圧電膜44の上面に上側の電極45が形成されている。

また、図26に示すように、梁43は下側電極49よりも突出していることにより、その突出端部43aが錘として機能するようになっており、この錘43aによって梁43が上下に動くことにより、梁43の基端部に歪が発生し、その基端部付近に大面積で設けられた圧電膜44によってその歪を容易に検出することができるものである。

この例のように、錘は梁の上又は下に設けてもよいし、梁の延長上に設ける構成としてもよい。

【 0 0 3 2 】

(第2実施形態のモーションセンサの製造方法)

このモーションセンサ41を製造する場合は、ポリイミドのフィルム48上に電極49、圧電膜44、電極45を積層した後、そのポリイミドのフィルム48を基板42に貼り付けることにより製造される。

すなわち、厚さ25 μm のポリイミドのフィルム48に下部A1電極49を0.1 μm の厚さで蒸着する。その上にポリ尿素の圧電膜44を3.5 μm の厚さで形成し、上部A1電極45を1 μm の厚さで蒸着する。ポリ尿素が圧電膜44として機能する範囲は上部電極45と下部電極49とが重なる範囲である。製作した素子50をバネ性を持つベリリウム銅からなる片持ちの梁43の固定部付近に接着し加速度センサとする。

【 0 0 3 3 】

ポリ尿素の圧電膜の分極にはエレクトレット法を適用した。図27に分極装置51のモデル例を示す。製作した素子50を絶縁用タイル52の上に設置し、Al電極49、45間に80V/ μm の直流電圧を印加した。高圧直流電源53にはAgilent Technologies社製HIGH RESISTANCE METER (4339A)を使用した。また、タイル52に熱電対54を設置して、温度コントローラ55によって分極処理時の温度を制御した。ポリ尿素の耐熱温度(200)とポリイミドの耐熱温度(400)とを考慮し、分極温度は180とし10分間保持する。

【 0 0 3 4 】

(第2実施形態のモーションセンサの動作検証)

このモーションセンサ41に加速度を付与すると、梁43の変形とともに圧電膜44が変形するので、この変形により電極45、49から電圧が出力される。その動作検証のために、以下のような実験を行った。

1軸加速度検出用モーションセンサ41を図28に示す測定装置61に固定し、衝撃を与えて衝撃加速度を印加した。

10

20

30

40

50

この測定装置 6 1 では、ジグ 6 2 の間にモーションセンサ 4 1 を挟み、E M I C 社製加振器 (5 1 2 - D / A) 6 3 に N F 社製発振器 (W F 1 9 6 6) 6 4 を用いて正弦波を入力し、ポリテック社製レーザドップラ振動計 (C L V 1 0 0 0) 6 5 を用いてセンサジグ 6 2 の振動速度を測定し、測定した値から振動加速度を算出する。印加する振動加速度が $1 g (9.8 m / s^2)$ で一定となるように、発振器 6 4 及びアンプ 6 6 の出力を調整した。符号 6 7 はオシロスコープを示す。

【 0 0 3 5 】

図 2 9 に衝撃加速度を Z 軸方向に印加した時のモーションセンサ 4 1 の出力電圧を示す。図中 A が印加した衝撃加速度を示す。この衝撃に対して電圧が出力されており、加速度が検出できていることが分かる。

図 3 0 には、この図 2 9 に示された減衰振動の F F T 解析結果を示す。F F T 解析は、図 2 9 に示す時間波形の $0.03 \sim 0.031 s$ の範囲に適用した。機械的共振周波数は約 $320 Hz$ であった。

図 3 1 にモーションセンサ 4 1 の周波数特性を示す。共振周波数は $313 Hz$ であり、図 3 0 の F F T 解析結果からの得られた共振周波数とほぼ一致している。また非共振周波数での出力電圧は約 $10 mV / g$ であった。

【 0 0 3 6 】

(第 3 実施形態のモーションセンサ構造)

図 3 2 及び図 3 3 は第 3 実施形態のモーションセンサを示している。

この実施形態のモーションセンサ 7 1 も、1 軸加速度検出用であり、基板 7 2 と、その基板 7 2 に片持ち状態に支持された導電性材料からなる梁 7 3 と、この梁 7 3 に設けられた錘 7 4 と、梁 7 3 の上面に形成された圧電膜 7 5 と、この圧電膜 7 5 の上に形成された電極 7 6 とを備える構成とされている。

【 0 0 3 7 】

具体的には、基板 7 2 は平板状に形成され、その周辺部を枠状に残して、中央部に凹部 7 7 が形成されており、その基板 7 2 の辺の一部に、メッキシード層 7 8 を有する梁 7 3 の基端部が固着され、該梁 7 3 の先端部は凹部 7 7 の上方に臨ませられている。そして、この梁 7 3 の先端部上に錘 7 4 が固着されているとともに、少なくとも梁 7 3 の上面にポリ尿素からなる有機圧電膜 7 5 が形成され、有機圧電膜 7 5 の上面に電極 7 6 が形成されている。

この場合、梁 7 3 は、その基端部が V 字状に分岐されており、その分岐端部 7 3 a , 7 3 b の一方では梁 7 3 が露出され、この露出状態の梁 7 3 の分岐端部 7 3 a と、他方の分岐端部 7 3 b における梁 7 3 の上面の電極 7 6 とがそれぞれ外部の検出回路に接続される。

すなわち、この例では、梁 7 3 が導電性材料からなり、この梁 7 3 及びメッキシード層 7 8 が圧電膜 7 5 に対する下側電極を兼ねた構成とされている。

【 0 0 3 8 】

(第 3 実施形態のモーションセンサの製造方法)

図 3 4 に示すように、例えばガラスセラミックスからなる基板 7 2 に凹部 7 7 を形成する。

次に、図 3 5 に示すように、第 1 のメッキシード層 8 1 を成膜する。この第 1 のメッキシード層 8 1 として、例えば Cu をスパッタ法にて 3000 \AA 成膜する。また、前記第 1 のメッキシード層 8 1 を成膜する前に密着層として、Cr を 500 \AA を成膜しても良い。

次に、図 3 6 に示すように、犠牲層 8 2 を前記第 1 のメッキシード層 8 1 上に成膜する。前記犠牲層 8 2 として、例えば Cu を厚さ $300 \mu m$ で電解メッキを用いて成膜する。

次に図 3 7 及び図 3 8 に示すように、研削、研磨のうち少なくとも一方を用いて、基板 7 2 上の前記犠牲層 8 2 及び前記第 1 のメッキシード層 8 1 を除去し、前記基板 7 2 の表面を露出させる。

【 0 0 3 9 】

次に図 3 9 に示すように、第 2 のメッキシード層 8 3 を前記基板 7 2、前記犠牲層 8 2

10

20

30

40

50

及び前記第1のメッキシード層81上に成膜する。この第2のメッキシード層83としては、例えばNiをスパッタ法を用いて5 μ m成膜する。Niの他に、NiFe等のNi合金でも良い。

次に図40に示すように、前記基板72上に第1のレジスト84を所望のパターンで形成する。

次に図41に示すように、前記第1のレジスト84をマスクにして、梁73を第2のメッキシード層83上にメッキする。この梁73としては、例えばNiを電界メッキ法にて50 μ m成膜する。Niの他に、NiFe等のNi合金を用いても良い。この梁73は図42に示すように、基端部がV字状に分岐して、二つの分岐端部73a, 73bが形成されている。

10

【0040】

そして図43に示すように、前記第1のレジスト84を有機溶剤で除去する。

次に図44に示すように、フォトリソグラフィ技術で第2のレジスト85を梁73の先端部を除く所望のパターンに形成する。

そして図45及び図46に示すように、前記第2のレジスト85をマスクにして、前記梁73上に錘74をメッキする。この錘74としては、例えばNiを電界メッキ法にて50 μ m成膜する。Niの他に、NiFe等のNi合金を用いても良い。

次に図47に示すように、前記第2のレジスト85を有機溶剤で除去する。

尚、図44から図47の錘74を形成する工程を省略しても良い。

次に図48及び図49に示すように、前記梁73及び前記錘74をマスクにして、不要な第2のメッキシード層83を除去することにより、梁73の下側に形成されるメッキシード層78とする。

20

次に図50及び図51に示すように、前記犠牲膜82及び第1のメッキシード層81をウェットエッチングで除去すると、梁73が片持ち状態に支持された構成となる。

尚、梁73の片持ち状態が維持されるのであれば、梁73の下方の部分で基板72の一部(下部)を切断しても良く、図50の鎖線で示す位置でダイサー等で切断することも可能である。

【0041】

次に図52及び図53に示すように、梁73の根元の分岐端部73a, 73bの一方73aをマスク84で保護した後、圧電膜75を前記梁73及び錘74の上に成膜する。この圧電膜75としては、例えば蒸着重合法により、ポリ尿素を1 μ mの厚さで成膜する。このとき、梁73や錘74の上だけでなく、他の基板72の上にも圧電膜75が成膜される。

30

次に図54及び図55に示すように、前記圧電膜75上に前記電極76を成膜する。この電極76としては、例えばAlを蒸着法にて1000 \AA 成膜する。Alの代わりに、Cu、Au、Pt、Ag、AlSi等を用いても良い。

そして、前記マスク84を除去すると図32及び図33に示すように梁73の一方の分岐端部73aが露出する。この露出した分岐端部73aと他方の分岐端部73bの上の電極76との間に、電界と温度をかけて前記圧電膜75を分極させる。例えば、前記分岐端部73aと電極76とに引き出し配線19を導電ペースト20(いずれも図32, 図33参照)等を用いて接続し、前記圧電膜75に電圧を80V印加するとともに、180 $^{\circ}$ Cまで加熱することにより、圧電膜75を分極する。

40

【0042】

このようにして製造されたモーションセンサ71は、フォトリソグラフィ等の工程が不要であるため、コストダウンを図ることができる。また、梁73に対して有機圧電膜75と電極76とが自己整合的に位置合わせされ、位置ずれが発生しない。さらに、梁73を片持ち状態に形成した後は、ドライプロセスであり、ウェットプロセス特有の水流による梁の変形や毛細管現象による接着(スティッキング)がないため、梁の変形による不良が少ないというメリットがある。

また、この工程を用いると、梁を先端部から見たときに、電極の幅が最も大きく、次い

50

で有機圧電膜の幅、梁の幅の順となり、電極幅 > 有機圧電膜の幅 > 梁の幅の関係が成立することになる。

【0043】

(回転速度検出装置)

速度 V で運動する質量 M の物体が角速度 ω で回転すると、速度 V と垂直の方向にコリオリの力 F_c が働く。フーコーの振り子は、振動している振り子に外部から回転を与えると、振り子は円を描きながら振れ出すが、これは振り子の振動方向に垂直な「コリオリの力」が働くからである。このコリオリの力 F_c は、 $F_c = 2 M V \cdot \omega$ で与えられる。

このコリオリの力を利用した回転速度検出装置が図56である。

この回転速度検出装置91は、図1及び図2に示した第1の実施形態のモーションセンサ1が用いられ、その4個の電極6A～6Dのうち、例えばX軸に沿って並ぶ二つの電極6A, 6Cの間に励振電圧印加手段として交流電源92が接続され、他の二つの電極6B, 6Dの間に、出力検知手段93が接続され、この出力検知手段93には差動回路94と回転速度検出部95とが備えられている。

10

【0044】

この回転速度検出装置91において、電極6A, 6C間に、図57(b)に入力S, Tで示したように交流電圧を入力すると、錘4の両側で圧電膜5が凹凸を逆にしながら図57(a)に実線と鎖線で示したように交互に変形することにより、錘4を図56の実線矢印Aで示すようにX軸方向に振動させる。このとき、錘4にZ軸周りの回転速度 ω_z が働くと、コリオリの力 ($F_c = 2 M \cdot V \cdot \omega_z$) により、破線矢印Bで示すようにY軸方向に振動が発生する。この振動に伴う電極6B, 6Dの出力を差動で検出することにより、このコリオリの力を測定でき、結果として回転速度 ω_z が検出されるのである。

20

励振のための電極と検出のための電極をX軸、Y軸逆にして用いても、同様にコリオリの力を測定でき、Z軸周りの回転速度を検出することができる。

【0045】

(2方向傾斜角検出装置)

図58は傾斜角検出装置の実施形態を示している。

この傾斜角検出装置101に用いられるモーションセンサ102は、4個の電極103A～103DがいずれもX軸に沿って配置されており、錘4の両側に2個ずつ配置されている。そして、その外側の電極103A, 103D間に励振電圧印加手段として交流電源92が接続され、内側の電極103B, 103C間に、出力検知手段104として、差動回路105を介して傾斜角検出部106が接続されている。

30

【0046】

この傾斜角検出装置101において、対向する2つの電極103A, 103Dに交流電圧を印加して生じる振動は、錘(上部錘及び下部錘)4の回転慣性と、この錘4が固着されている梁3の弾性により発生する。このとき、基板2にX軸方向に傾きを与えると、図59に示すように、振動中心の軸HがX軸方向にだけ傾くことになる。この軸Hの傾きにより前記梁3にバイアス応力がかかり、梁3、圧電膜5及び電極103A, 103Dの弾性が変化して図60に示すように共振周波数が例えばEからFに変化する。この共振周波数の変化、つまり前記振動中心の軸Hの傾斜角 θ を検出用電極103B, 103C間の差動から求めるのである。

40

なお、図61に示す傾斜角検出装置107のようにY軸に沿って電極103A～103Dを並べて配置することにより、Y軸方向の傾斜角を検出することができる。

【0047】

(圧力検出装置)

図62は圧力検出装置の実施形態を示している。

この圧力検出装置111は、検出部を除き図56の回転速度検出装置と同様な構成とされている。すなわち、モーションセンサは図1及び図2のものと同一モーションセンサ1が用いられており、錘4を介して対向する2個の電極6A, 6C間に励振電圧印加手段として交流電源92が接続され、他の2個の電極6B, 6D間に出力検知手段112が接続

50

され、この出力検知手段 1 1 2 は、差動回路 9 3 を介して圧力検出部 1 1 3 が接続された構成とされている。

【 0 0 4 8 】

この圧力検出装置 1 1 1 において、交流電圧を印加して梁 3 に振動を生じさせた状態としておき、その状態で上部錘 4 A を触ると、共振電流が図 6 3 の例えば E から J に減少したり共振周波数が E から F に変化するので、その変化を検出用の電極 6 B , 6 D の出力の差動から求めることにより、錘 4 に接触した物体の圧力を検出することができる。

この場合、図 6 4 に示す圧力検出装置 1 1 5 のように、このモーションセンサ 1 1 6 は、錘 4 とその周りの 4 個の電極 6 A ~ 6 D とのユニットをアレイ状に複数配置した構成とすることにより、圧力の大きさや向きだけでなく、分布も検出することができる。この図 6 4 中、励振電圧印加手段、出力検知手段の部分は図示を省略する。

【 0 0 4 9 】

(触覚制御装置)

また、図 6 2 及び図 6 4 の圧力検出装置 1 1 1 , 1 1 5 において、振動している錘 4 を触る場合、静止している錘 4 を触るときとは異なった「手触り感」がある。この手触り感は、振動の周波数の変化と入力電圧の強度とにより、変化させることができる。

図 6 5 は、そのような触覚制御装置の実施形態を示しており、この触覚制御装置 1 2 1 は、図 6 2 等と同じモーションセンサ 1 を用い、錘 4 を介して対向する 2 個の電極 6 A , 6 C 間に励振用の交流電源 9 2 が接続され、他の 2 個の電極 6 B , 6 D 間に、出力検知手段 1 1 2 として、差動回路 9 3 を介して圧力検出部 1 1 3 が接続され、この圧力検出部 1 1 3 と交流電源 9 2 との間に、検出結果に基づき入力を制御する制御部 1 2 2 が設けられた構成とされている。

この場合も、図 6 4 の圧力検出装置 1 1 5 と同様に、錘 4 とその周りの 4 個の電極 6 A ~ 6 D とのユニットをアレイ状に複数配置したモーションセンサ 1 1 6 を用いることにより、点字ディスプレイ状の触覚制御装置を構成することができる。

また、X 軸、Y 軸の 2 つの振動を組み合わせると、上部錘 4 A 先端に楕円振動軌跡となるような振動を生じさせると、その錘 4 に触った指に「送られる」感じを与えることができる。

【 0 0 5 0 】

本発明は前記各実施形態の構造等に限定されるものではなく、その趣旨を逸脱しない範囲で適宜変更可能である。例えば、基板の材料としては、硼珪酸ガラスを用いたが、硼珪酸ガラスの代わりに、結晶化ガラス、石英、アルミナ、窒化ケイ素 (Si N)、ガラスセラミックス、ジルコニア、水晶、サファイヤ等の絶縁材料、金属、合金等の導体、Si、炭化ケイ素 (Si C)、等の半導体材料を用いても良い。

また、有機圧電膜をポリ尿素によって構成しているが、ポリ尿素の代わりに、P V D F (ポリフッ化ビニリデン)等の圧電高分子や Al N や Zn O 等の圧電セラミックスを用いることを除外するものではなく、P V D F (ポリフッ化ビニリデン)、P (V D F / T r F E) = V D F (フッ化ビニリデン)と T r F E (三フッ化エチレン)の共重合体、P (V D F / T e F E) = V D F (フッ化ビニリデン)と T e F E (四フッ化エチレン)の共重合体、P (V D C N / V A c) = V D C N (シアン化ビニリデン)と V A c 酢酸ビニルの交互共重合体の少なくともいずれかを含むものとしてもよい。

【 産業上の利用可能性 】

【 0 0 5 1 】

以上のように、本発明にかかるモーションセンサは、小型化、低コスト化及び耐衝撃性向上が可能となるので、車両、楽器、携帯電話、ゲーム機器、リモコン等の姿勢や動き検出などの用途に有用である。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 5 2 】

【 図 1 】 本発明の第 1 の実施形態のモーションセンサを示す斜視図である。

【 図 2 】 図 1 の X 軸に沿う断面図である。

10

20

30

40

50

【図 3】図 1 のモーションセンサの製造方法を図 3 から図 1 8 までに順に示しており、基板の断面図である。

【図 4】基板にレジストを形成した状態を示す断面図である。

【図 5】図 4 の状態から基板をエッチングした状態を示す断面図である。

【図 6】図 5 の状態からレジストを除去した状態を示す断面図である。

【図 7】図 6 の状態から第 1 のメッキシード層を形成した状態を示す断面図である。

【図 8】図 7 の状態から犠牲層を形成した状態を示す断面図である。

【図 9】図 8 の状態から犠牲層及びメッキシード層の上部を除去した状態を示す断面図である。

【図 1 0】図 9 の状態から第 2 のメッキシード層を形成した状態を示す断面図である。

10

【図 1 1】図 1 0 の状態から基板の一部を除去した状態を示す断面図である。

【図 1 2】図 1 1 の状態からレジストを形成した状態を示す断面図である。

【図 1 3】図 1 2 の状態から上部錘を形成した状態を示す断面図である。

【図 1 4】図 1 3 の状態からレジストを除去した状態を示す断面図である。

【図 1 5】図 1 4 の状態から圧電膜を形成した状態を示す断面図である。

【図 1 6】図 1 5 の状態から電極の層を形成した状態を示す断面図である。

【図 1 7】図 1 6 の状態からレジストを形成した状態を示す断面図である。

【図 1 8】図 1 7 の状態から電極を形成し、レジストを除去した状態を示す断面図である。

。

【図 1 9】圧電膜及び電極の蒸着装置を示すモデル図である。

20

【図 2 0】梁の変形と圧電膜の応力との関係を示す断面図である。

【図 2 1】錘に X 方向の加速度が作用した状態を示しており、(a) が断面図、(b) が各電極の出力を示す表である。

【図 2 2】錘に Z 方向の加速度が作用した状態を示しており、(a) が断面図、(b) が各電極の出力を示す表である。

【図 2 3】3 軸加速度検出装置を示すブロック図である。

【図 2 4】図 2 3 の各電極の出力を示す表である。

【図 2 5】本発明の第 2 実施形態のモーションセンサを示す側面図である。

【図 2 6】図 2 5 の平面図である。

【図 2 7】分極装置のモデル図である。

30

【図 2 8】図 2 5 のモーションセンサの動作検証に用いた測定装置のモデル図である。

【図 2 9】図 2 5 のモーションセンサの出力波形図である。

【図 3 0】図 2 9 の振動の F F T 分析図である。

【図 3 1】図 2 5 のモーションセンサの周波数特性図である。

【図 3 2】本発明の第 3 実施形態のモーションセンサを示す断面図である。

【図 3 3】図 3 2 の平面図である。

【図 3 4】図 3 2 のモーションセンサの製造方法を図 3 4 から図 5 5 までに順に示しており、基板に凹部を形成した状態の断面図である。

【図 3 5】図 3 4 の状態から第 1 のメッキシード層を形成した状態を示す断面図である。

【図 3 6】図 3 5 の状態から犠牲層を形成した状態を示す断面図である。

40

【図 3 7】図 3 6 の状態から犠牲層の上部を除去した状態を示す断面図である。

【図 3 8】図 3 7 の平面図である。

【図 3 9】図 3 7 の状態から第 2 のメッキシード層を形成した状態を示す断面図である。

【図 4 0】図 3 9 の状態からレジストを形成した状態を示す断面図である。

【図 4 1】図 4 0 の状態から梁を形成した状態を示す断面図である。

【図 4 2】図 4 1 の平面図である。

【図 4 3】図 4 1 の状態からレジストを除去した状態を示す断面図である。

【図 4 4】図 4 3 の状態からレジストを形成した状態を示す断面図である。

【図 4 5】図 4 4 の状態から錘を形成した状態を示す断面図である。

【図 4 6】図 4 5 の平面図である。

50

【図 4 7】図 4 5 の状態からレジストを除去した状態を示す断面図である。

【図 4 8】図 4 7 の状態から第 2 のメッキシード層の一部をエッチングで除去した状態を示す断面図である。

【図 4 9】図 4 8 の平面図である。

【図 5 0】図 4 8 の状態から犠牲層及び第 1 のメッキシード層を除去した状態を示す断面図である。

【図 5 1】図 5 0 の平面図である。

【図 5 2】図 5 0 の状態から圧電膜を形成した状態を示す断面図である。

【図 5 3】図 5 2 の平面図である。

【図 5 4】図 5 2 の状態から電極を形成した状態を示す断面図である。

10

【図 5 5】図 5 4 の平面図である。

【図 5 6】本発明を利用した回転速度検出装置の実施形態を示すモデル図である。

【図 5 7】図 5 6 における入力と梁の振動状態とを示すもので、(a) が断面図、(b) が入力関係図である。

【図 5 8】本発明を利用した傾斜角検出装置の実施形態を示すモデル図である。

【図 5 9】図 5 8 における錘の傾斜角を示す断面図である。

【図 6 0】図 5 8 の傾斜角検出装置における振動周波数の変化を示すグラフである。

【図 6 1】傾斜角検出装置の他の例を示すモデル図である。

【図 6 2】本発明を利用した圧力検出装置の実施形態を示すモデル図である。

【図 6 3】図 6 2 の圧力検出装置における振動周波数の変化を示すグラフである。

20

【図 6 4】圧力検出装置の他の例を示すモデル図である。

【図 6 5】本発明を利用した触覚制御装置の実施形態を示すモデル図である。

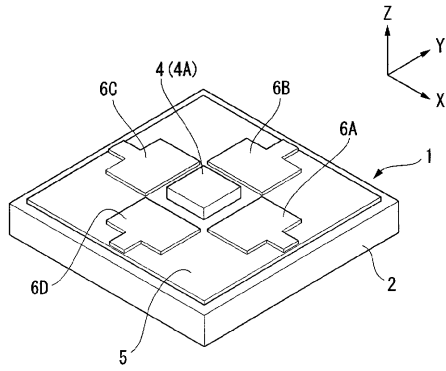
【符号の説明】

【 0 0 5 3 】

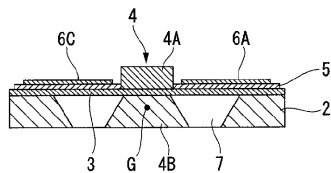
1 ... モーションセンサ、2 ... 基板、3 ... 梁、4 ... 錘、4 A ... 上部錘、4 B ... 下部錘、5 ... 圧電膜、6 A ~ 6 D ... 電極、7 ... 開口部、G ... 重心、3 1 ... 加速度検出装置、3 2 ... 差動回路、3 3 ... X 軸加速度検知部、3 4 ... 差動回路、3 5 ... Y 軸加速度検知部、3 6 ... 加算回路、3 7 ... Z 軸加速度検知部、4 1 ... モーションセンサ、4 2 ... 基板、4 3 ... 梁、4 3 a ... 錘、4 4 ... 圧電膜、4 5 ... 電極、4 7 ... 開口部、4 8 ... 絶縁膜、4 9 ... 下側電極、7 1 ... モーションセンサ、7 2 ... 基板、7 3 ... 梁、7 4 ... 錘、7 5 ... 圧電膜、7 6 ... 電極、7 7 ... 凹部、7 8 ... メッキシード層、9 1 ... 回転速度検出装置、9 2 ... 交流電源（励振電圧印加手段）、9 3 ... 出力検知手段、9 4 ... 差動回路、9 5 ... 回転速度検出部、1 0 1 ... 傾斜角検出装置、1 0 2 ... モーションセンサ、1 0 3 A ~ 1 0 3 D ... 電極、1 0 4 ... 出力検知手段、1 0 5 ... 差動回路、1 0 6 ... 傾斜角検出部、1 0 7 ... 傾斜角検出装置、1 1 1 ... 圧力検出装置、1 1 2 ... 出力検知手段、1 1 3 ... 圧力検出部、1 1 5 ... 圧力検出装置、1 1 6 ... モーションセンサ、1 2 1 ... 触覚制御装置、1 2 2 ... 制御部

30

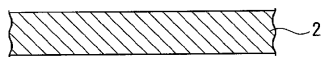
【 図 1 】



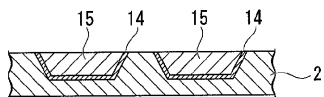
【 図 2 】



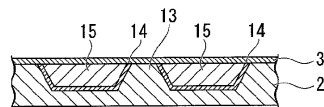
【 図 3 】



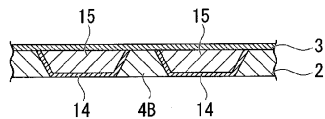
【 図 9 】



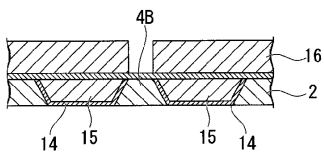
【 図 10 】



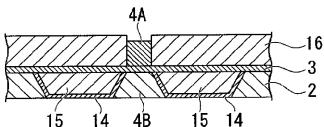
【 図 11 】



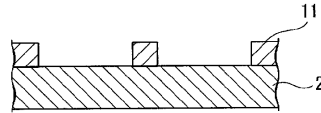
【 図 12 】



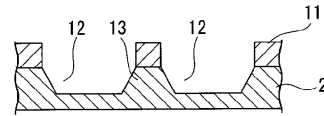
【 図 13 】



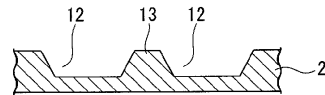
【 図 4 】



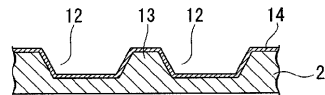
【 図 5 】



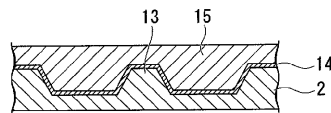
【 図 6 】



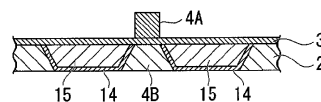
【 図 7 】



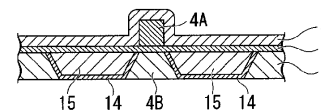
【 図 8 】



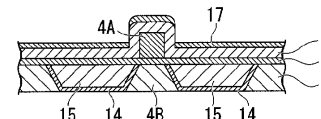
【 図 14 】



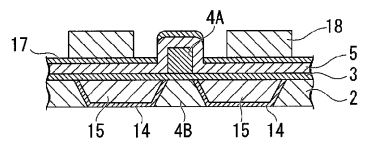
【 図 15 】



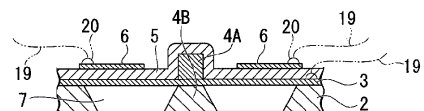
【 図 16 】



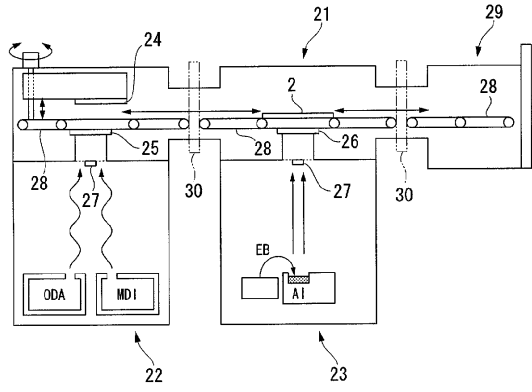
【 図 17 】



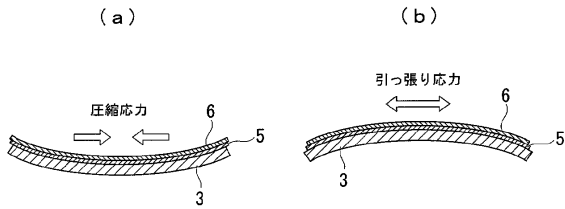
【 図 18 】



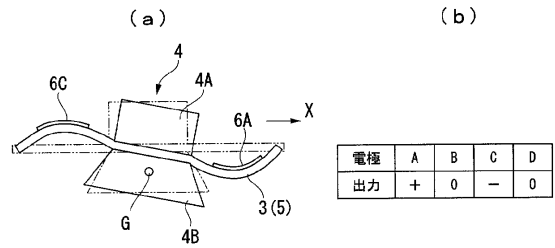
【図19】



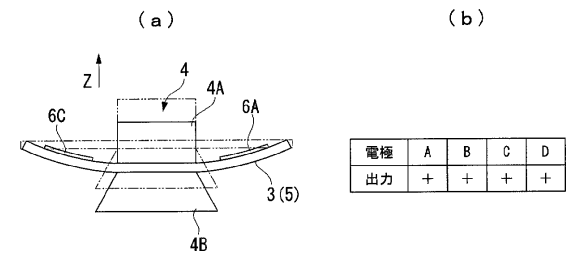
【図20】



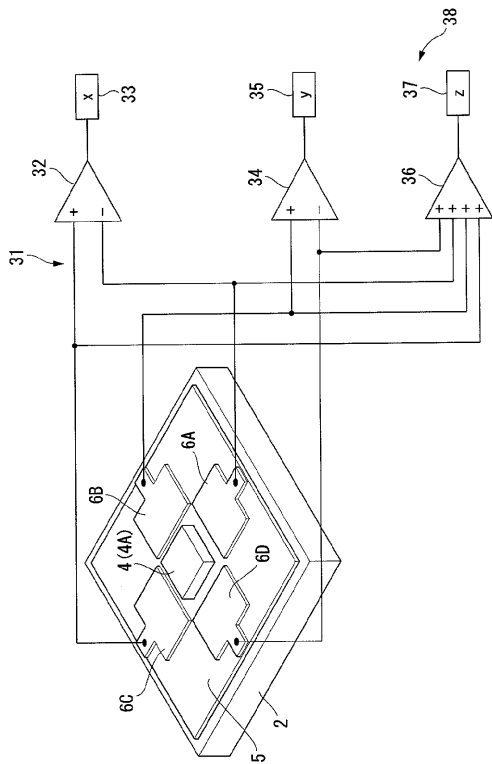
【図21】



【図22】



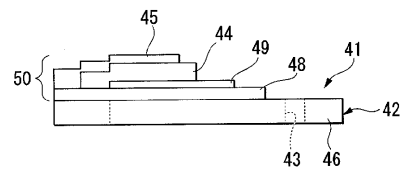
【図23】



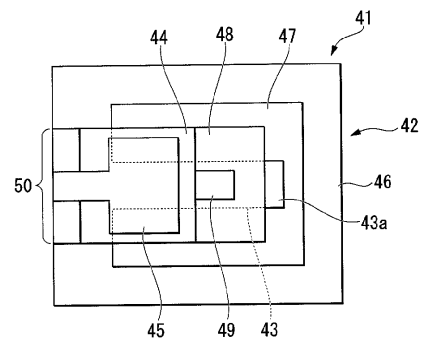
【図24】

電極	A	B	C	D
x	±	0	∓	0
y	0	±	0	∓
z	±	±	±	±

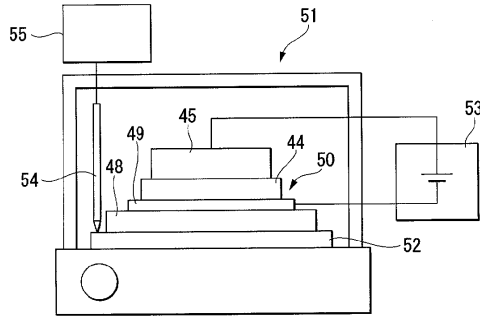
【図25】



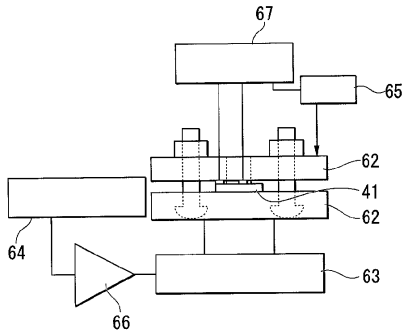
【図26】



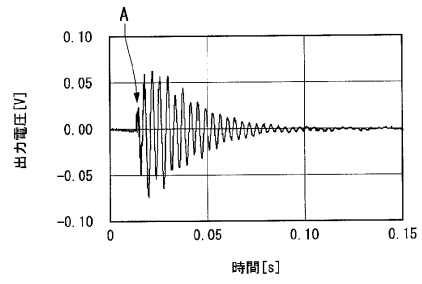
【図 27】



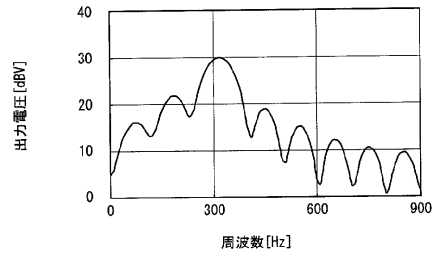
【図 28】



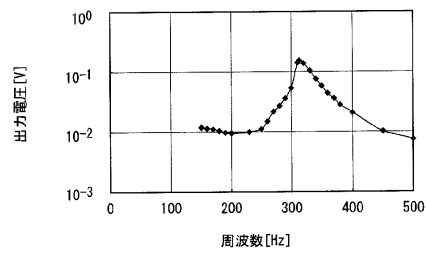
【図 29】



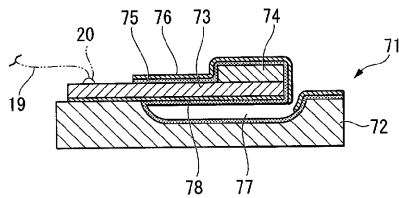
【図 30】



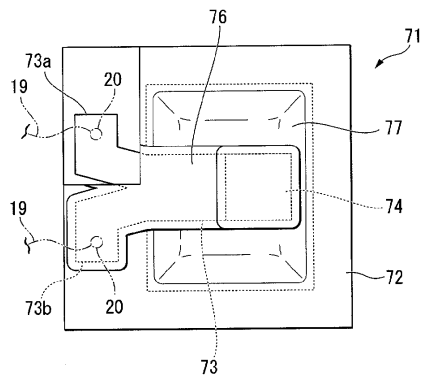
【図 31】



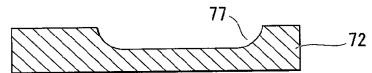
【図 32】



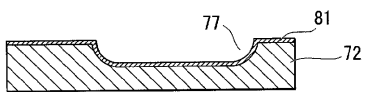
【図 33】



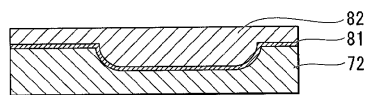
【図 34】



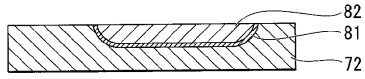
【図 35】



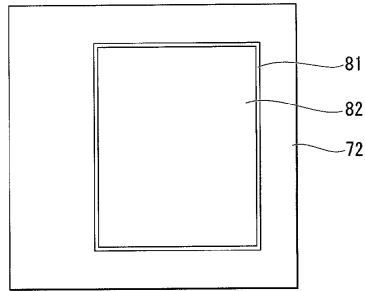
【図 36】



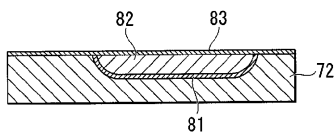
【図37】



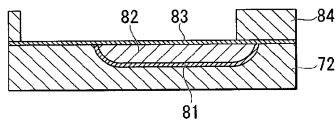
【図38】



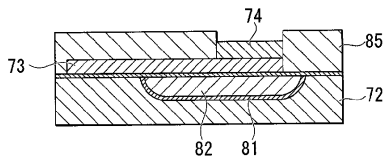
【図39】



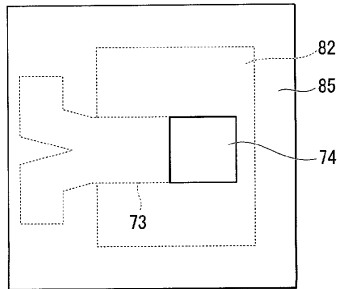
【図40】



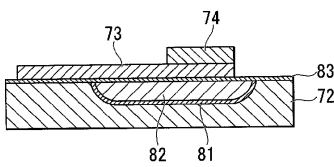
【図45】



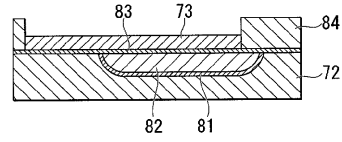
【図46】



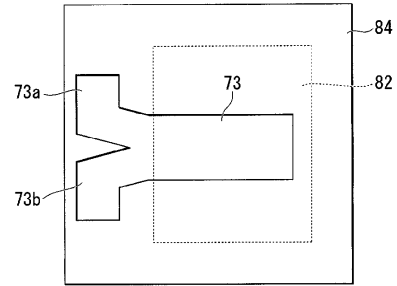
【図47】



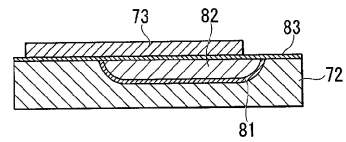
【図41】



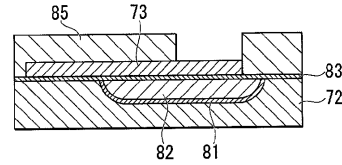
【図42】



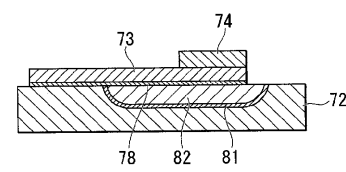
【図43】



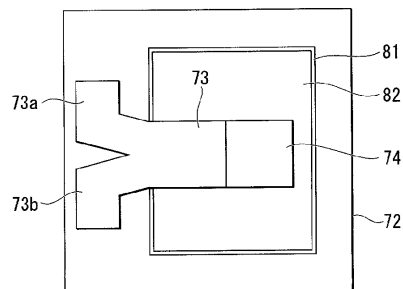
【図44】



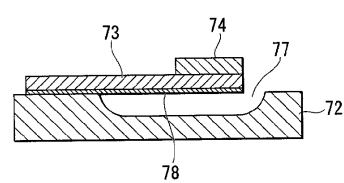
【図48】



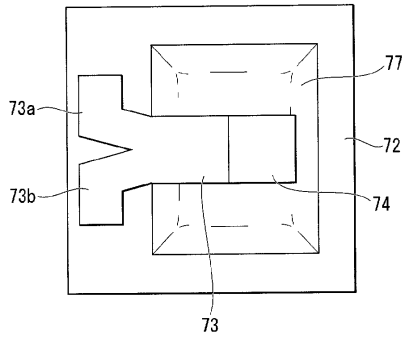
【図49】



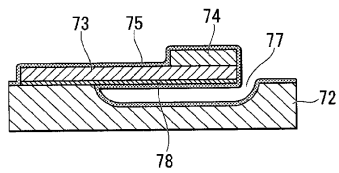
【図50】



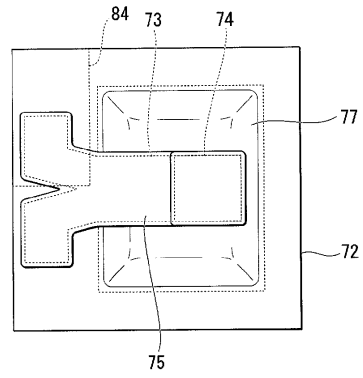
【図51】



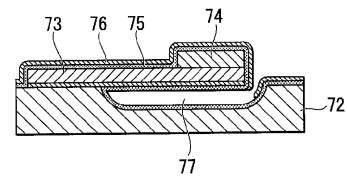
【図52】



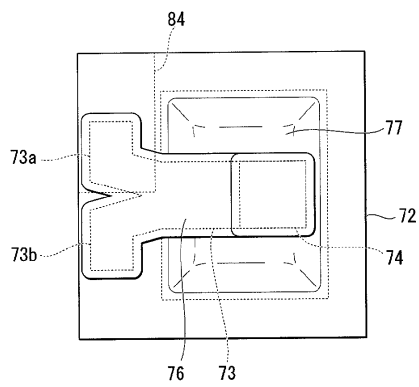
【図53】



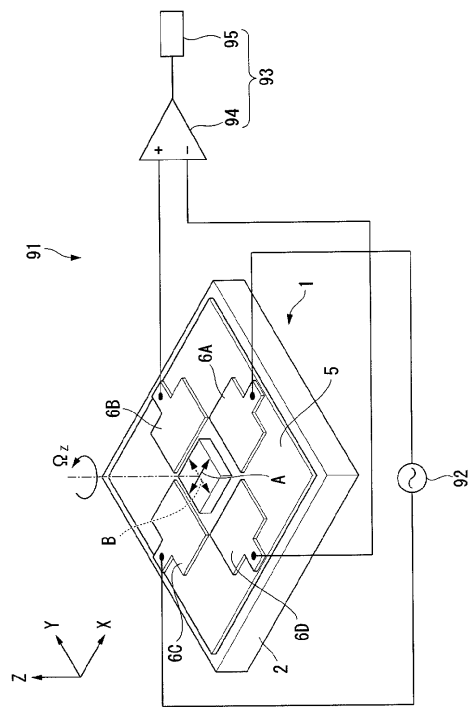
【図54】



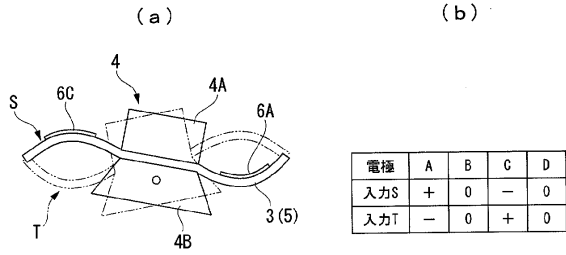
【図55】



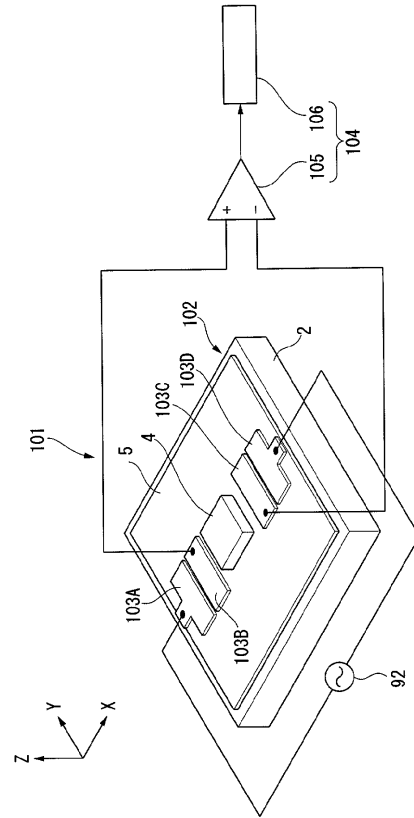
【図56】



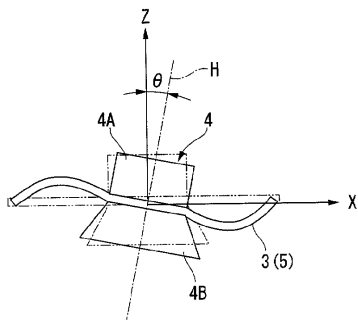
【図57】



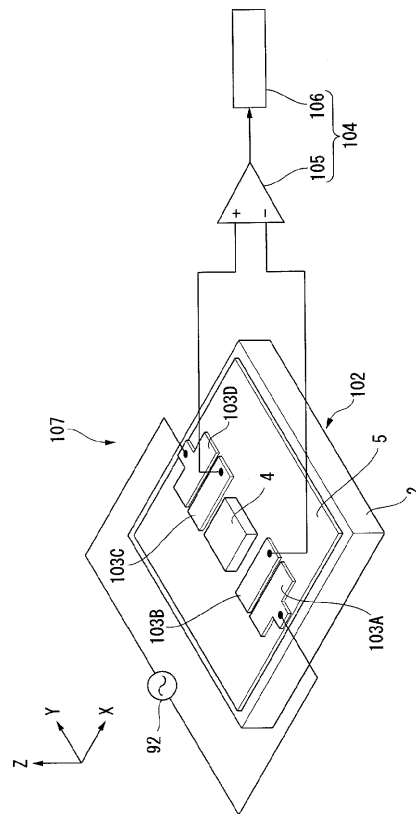
【図58】



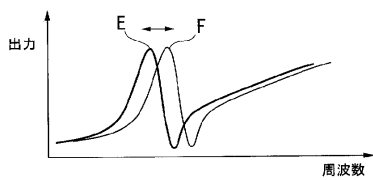
【図59】



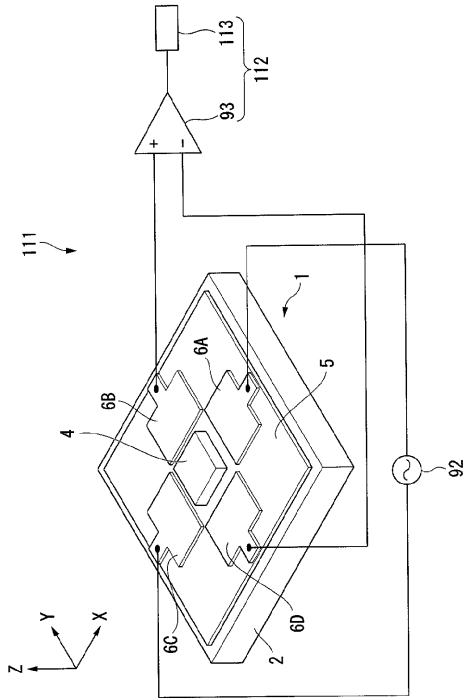
【図61】



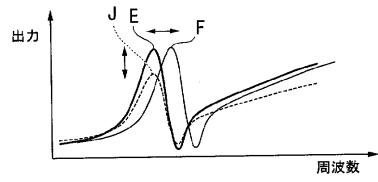
【図60】



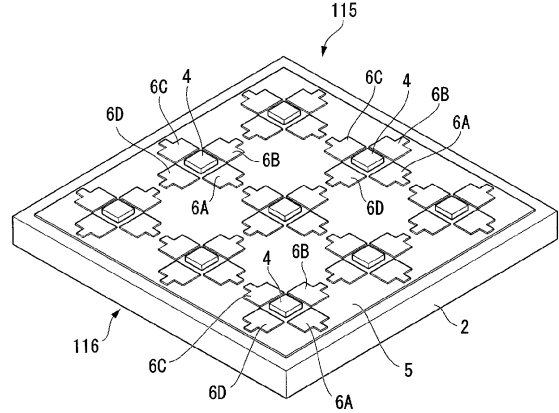
【図62】



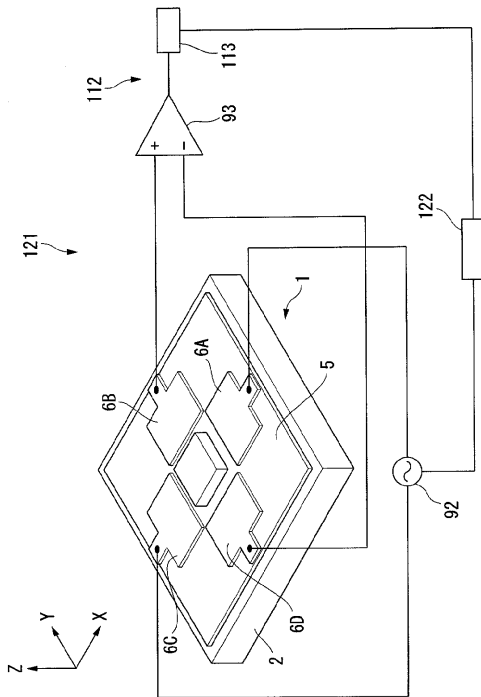
【図63】



【図64】



【図65】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.			F I		
G 0 1 C	9/12	(2006.01)	G 0 1 C	9/12	Z
G 0 1 C	9/06	(2006.01)	G 0 1 C	9/06	E
G 0 1 C	19/56	(2006.01)	G 0 1 C	19/56	

(72)発明者 中村 健太郎
 神奈川県横浜市緑区長津田町4259 国立大学法人東京工業大学内

審査官 越川 康弘

(56)参考文献 特開2004-328745(JP,A)
 特開2001-267645(JP,A)
 特開2000-338129(JP,A)
 特開平10-316871(JP,A)
 特開平03-114272(JP,A)
 特開平02-248864(JP,A)
 特開昭59-218923(JP,A)
 田原雅哉,中澤麻梨江,中村健太郎,上羽貞行,ポリ尿素圧電膜を用いたモーションセンサの検討
 ,電子情報通信学会技術研究報告,2007年 1月19日,Vol.106,No.482,1-6頁

(58)調査した分野(Int.Cl.,DB名)

G 0 1 P 1 5 / 0 9
 G 0 1 P 1 5 / 1 8
 G 0 1 C 9 / 0 6
 G 0 1 C 9 / 1 2
 G 0 1 C 1 9 / 5 6
 G 0 1 L 1 / 1 0
 G 0 1 L 5 / 0 0
 G 0 1 P 9 / 0 4