

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5895615号
(P5895615)

(45) 発行日 平成28年3月30日 (2016. 3. 30)

(24) 登録日 平成28年3月11日 (2016. 3. 11)

(51) Int. Cl.	F I
G O 1 L 5/16 (2006.01)	G O 1 L 5/16
G O 1 L 1/16 (2006.01)	G O 1 L 1/16 C
B 2 5 J 19/02 (2006.01)	B 2 5 J 19/02

請求項の数 8 (全 18 頁)

(21) 出願番号	特願2012-52623 (P2012-52623)	(73) 特許権者	000002369
(22) 出願日	平成24年3月9日 (2012. 3. 9)		セイコーエプソン株式会社
(65) 公開番号	特開2013-186030 (P2013-186030A)		東京都新宿区新宿四丁目1番6号
(43) 公開日	平成25年9月19日 (2013. 9. 19)	(74) 代理人	100095728
審査請求日	平成27年1月23日 (2015. 1. 23)		弁理士 上柳 雅誉
		(74) 代理人	100107261
			弁理士 須澤 修
		(72) 発明者	河合 宏紀
			長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内
		(72) 発明者	神谷 俊幸
			長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 センサーモジュール、力検出装置及びロボット

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

圧電体と電極とが積層されたセンサー素子と、
前記センサー素子が配置されるベース部材と側壁部材とからなる第1凹部を有する第1部材と、

前記第1部材に接合され前記第1部材の前記第1凹部を封止する第2部材と、

前記第2部材と接触する第1プレートと、

前記第1部材と接触する第2プレートと、

前記第1プレート及び前記第2プレートを締結可能な締結部と、を備え、

前記第1部材と前記センサー素子との接触面から前記第1部材と前記第2部材が接合される面までの寸法が前記センサー素子の前記圧電体と前記電極が積層される方向の寸法よりも大きく形成され、

前記第1プレートには前記第2部材に向けて突出し前記第2部材と接触する第1凸部が設けられ、前記センサー素子は前記第2部材と接触していることを特徴とするセンサーモジュール。

【請求項 2】

前記第2プレートは、前記第1部材に向けて突出し前記第1部材と接触する第2凸部が設けられていることを特徴とする請求項1に記載のセンサーモジュール。

【請求項 3】

前記第1部材の底面に、前記第2凸部と嵌合する第2凹部が形成されていることを特徴

10

20

とする請求項 2 に記載のセンサーモジュール。

【請求項 4】

前記第 2 部材の厚み方向の平面視において、前記第 2 部材の前記第 1 凸部と接触する部分を囲む周辺部には、前記第 1 凸部と接触する部分の厚みよりも薄い薄肉部を有することを特徴とする請求項 1 ないし 3 のいずれか一項に記載のセンサーモジュール。

【請求項 5】

前記圧電体を複数積層させた前記センサー素子の積層方向を Z 軸方向とした場合、当該 Z 軸方向に直交しかつ互いに直交する方向をそれぞれ X 軸方向、Y 軸方向とした場合、少なくとも前記 X 軸方向の力を検出する第 1 センサー素子と、前記 Y 軸方向の力を検出する第 2 センサー素子と、前記 Z 軸方向の力を検出する第 3 センサー素子と、を備えることを特徴とする請求項 1 ないし 4 のいずれか一項に記載のセンサーモジュール。

10

【請求項 6】

前記締結部は、締結力の調整が可能であることを特徴とする請求項 1 ないし 5 のいずれか一項に記載のセンサーモジュール。

【請求項 7】

圧電体と電極とが積層されたセンサー素子と、
前記センサー素子が配置されるベース部材と側壁部材とからなる第 1 凹部を有する第 1 部材と、
前記第 1 部材に接合され前記第 1 部材の前記第 1 凹部を封止する第 2 部材と、
前記第 2 部材と接触する第 1 プレートと、
前記第 1 部材と接触する第 2 プレートと、
前記第 1 プレート及び前記第 2 プレートを締結可能な締結部と、
前記センサー素子と電氣的に接続する電子回路と、を備え、
前記第 1 部材と前記センサー素子との接触面から前記第 1 部材と前記第 2 部材が接合される面までの寸法が前記センサー素子の前記圧電体と前記電極が積層される方向の寸法よりも大きく形成され、
前記第 1 プレートには前記第 2 部材に向けて突出し前記第 2 部材と接触する第 1 凸部が設けられ、前記センサー素子は前記第 2 部材と接触していることを特徴とする力検出装置。

20

【請求項 8】

本体部と、
前記本体部に接続するアーム部と、
前記アーム部に接続するハンド部と、を備えるロボットであって、
前記アーム部と前記ハンド部との接続部にセンサーモジュールを有し、
前記センサーモジュールは、
圧電体と電極とが積層されたセンサー素子と、
前記センサー素子が配置されるベース部材と側壁部材とからなる第 1 凹部を有する第 1 部材と、
前記第 1 部材に接合され前記第 1 部材の前記第 1 凹部を封止する第 2 部材と、
前記第 2 部材と接触する第 1 プレートと、
前記第 1 部材と接触する第 2 プレートと、
前記第 1 プレート及び前記第 2 プレートを締結可能な締結部と、を備え、
前記第 1 部材と前記センサー素子との接触面から前記第 1 部材と前記第 2 部材が接合される面までの寸法が前記センサー素子の前記圧電体と前記電極が積層される方向の寸法よりも大きく形成され、
前記第 1 プレートには前記第 2 部材に向けて突出し前記第 2 部材と接触する第 1 凸部が設けられ、前記センサー素子は前記第 2 部材と接触していることを特徴とするロボット。

30

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

40

50

本発明は、力成分を検出可能なセンサーモジュール、及びこれを用いた力検出装置、ロボットに関する。

【背景技術】

【0002】

従来、圧電材料を用いた力センサー（センサーデバイス）としては特許文献1のものが知られていた。特許文献1では、信号電極を圧電材料である結晶円板により挟持し、さらに金属カバー円板によって挟持された測定素子を金属環内に溶接で封止した力センサーが開示されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献1】特開平4-231827号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

特許文献1の力センサーは、信号電極や結晶円板、金属カバー円板の個々の寸法誤差が生じる恐れがあり、これらの誤差により溶接をした際に隙間が生じ、この隙間に水分や外気等が入り込むことにより、結晶円板に発生した電荷が外部へリークし、正確な測定を行なうことができない虞があった。さらに、溶接を行なう工程は、煩雑なものであり量産に適用し難いといった問題もあった。

【0005】

そこで、図12に示すようなセンサーデバイスを用いることにより、リークを防止し測定環境に左右されないセンサー素子を得ることができる。

【0006】

図12に示すように、センサーデバイス200は、同一のカット面を有する2つの水晶板216を互いに対向させた状態で電極板218を挟み込んだセンサー素子214と、センサー素子214を収容する金属製の第1部材202と、第1部材202の開口部220の外周となる上面224に接合するとともに水晶板216に当接する金属製の第2部材204と、により全体が構成されている。そして第1部材202の側面には同軸コネクタ206が取り付けられている。同軸コネクタ206は、外周部208と中心導体210を有し、両者の間には絶縁性樹脂212が充填され、外周部208と中心導体210は電氣的に絶縁している。そして外周部208は、第1部材202及び第2部材204と短絡し、中心導体210は電極板218と電氣的に接続している。

【0007】

このセンサーデバイス200は、与圧プレート（不図示）に挟み込まれて与圧が与えられ、水晶板216は与圧に伴う圧電効果により電極板218に電荷を出力（誘起）する。そして、与圧プレートに付加される外力に応じて水晶板216にかかる圧力が変化する。よって、この圧力の変化による出力電荷の変化量を、同軸コネクタ206を通じてモニターすることにより、センサーデバイス200に付加された外力を検出することができる。

【0008】

ここで、センサーデバイス200においては、水晶板216から誘起された電荷が水分等で外部に漏洩しないように、第1部材202内部を乾燥空気で満たした状態あるいは真空を保持した状態で、第2部材204によりセンサー素子214を封止している。

【0009】

しかしながら、センサー素子214を第1部材202に収容する場合、次のような問題があった。第1部材202及びセンサー素子214の製造過程において、第1部材202と第2部材204には寸法誤差があり、センサー素子214も同様に寸法誤差を有している。そのため、第1部材202の内部高さ（第1部材202とセンサー素子214との接触面から第1部材202と第2部材204が接合される接触面までの高さ）とセンサー素

10

20

30

40

50

子 2 1 4 の高さを等しく調整することが困難となっていた。

【 0 0 1 0 】

このように、センサーデバイス 2 0 0 では、上記の寸法誤差によりセンサー素子 2 1 4 と第 2 部材 2 0 4 と間に隙間が生ずる状態、またはセンサー素子 2 1 4 が第 1 部材 2 0 2 の上面 2 2 4 より突出し第 2 部材 2 0 4 がセンサー素子 2 1 4 を押圧する状態となる。そして、それぞれの状態において、与圧プレートでセンサー素子 2 1 4 に同等の与圧をかけることが困難であった。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 1 1 】

本発明は、上述の課題の少なくとも一部を解決するためになされたものであり、以下の形態または適用例として実現することが可能である。

【 0 0 1 2 】

[適用例 1] 本適用例にかかるセンサーモジュールは、圧電体と電極とが積層されたセンサー素子と、前記センサー素子が配置される第 1 凹部を有する第 1 部材と、前記第 1 部材に接合され前記第 1 部材の前記第 1 凹部を封止する第 2 部材と、前記第 2 部材と接触する第 1 プレートと、前記第 1 部材と接触する第 2 プレートと、前記第 1 プレート及び前記第 2 プレートを締結可能な締結部と、を備え、前記第 1 部材と前記センサー素子との接触面から前記第 1 部材と前記第 2 部材が接合される面までの寸法が前記センサー素子の前記圧電体と前記電極が積層される方向の寸法よりも大きく形成され、前記第 1 プレートには前記第 2 部材に向けて突出し前記第 2 部材と接触する第 1 凸部が設けられ、前記センサー素子は第 2 部材と接触していることを特徴とする。

【 0 0 1 3 】

本適用例によれば、センサー素子が第 1 部材内に封止されたセンサーデバイスに対して、第 2 部材の外側から第 1 凸部によって押圧し、第 2 部材が変形することでセンサー素子へ与圧をかけることができる。このためセンサーデバイスの寸法誤差に起因する製造ばらつきに係らず、センサー素子に常に一定の与圧をかけることができ、測定誤差のない正確な検出データを得ることができる。

【 0 0 1 4 】

[適用例 2] 上記適用例にかかるセンサーモジュールにおいて、前記第 2 プレートは、前記第 1 部材に向けて突出し前記第 1 部材と接触する第 2 凸部が設けられていることが好ましい。

【 0 0 1 5 】

上記構成によれば、第 1 部材の底面に隙間が形成され、その隙間を利用して外部端子から接続配線を引き出すことができる。またセンサー素子の上下面から効率的に与圧をかけることができる。さらに第 1 プレートと第 2 プレートの間の隙間を広げることができ、配線や制御回路 (I C) などを設置するスペースを確保することができる。

【 0 0 1 6 】

[適用例 3] 上記適用例 2 にかかるセンサーモジュールにおいて、前記第 1 部材の底面に、前記第 2 凸部と嵌合する第 2 凹部が形成されていることが好ましい。

【 0 0 1 7 】

上記構成によれば、第 1 部材の第 2 凹部と第 2 プレートの第 2 凸部とが嵌め合うことで位置決めでき、センサーデバイスと第 2 プレートとの位置あわせを容易に行なうことができる。

【 0 0 1 8 】

[適用例 4] 上記適用例にかかるセンサーモジュールにおいて、前記第 2 部材の厚み方向の平面視において、前記第 2 部材の前記第 1 凸部と接触する部分を囲む周辺部には、前記第 1 凸部と接触する部分の厚みよりも薄い薄肉部を有することが好ましい。

【 0 0 1 9 】

上記構成によれば、第 2 部材に変形し易い薄肉部を有している。センサーデバイスを第 1 凸部により与圧をかけたとき、第 2 部材の薄肉部が変形することにより応力が緩和され

10

20

30

40

50

、第1部材と第2部材の接合状態を保つことができる。また、各軸方向に対する力を加えたとき薄肉部が変形することにより効率よくセンサー素子に力を伝達することができる。

【0020】

〔適用例5〕上記適用例にかかるセンサーモジュールにおいて、前記圧電体を複数積層させた前記センサー素子の積層方向をZ軸方向とした場合、当該Z軸方向に直交しかつ互いに直交する方向をそれぞれX軸方向、Y軸方向とした場合、少なくとも前記X軸方向の力を検出する第1センサー素子と、前記Y軸方向の力を検出する第2センサー素子と、前記Z軸方向の力を検出する第3センサー素子と、を備えることが好ましい。

【0021】

〔適用例6〕上記適用例にかかるセンサーモジュールにおいて、前記締結部は、締結力の調整が可能であることが好ましい。

10

【0022】

上記構成によれば、用途に応じて必要量の締結力を付加することができ、安定したセンサー特性を得ることができる。

【0023】

上記構成により、X方向、Y方向、Z方向、いわゆる3軸方向の力を検出するセンサー素子を相互の位置ずれが制御されることにより、3軸方向の力を検出するセンサーデバイスであっても高い検出精度を損なうことなく、安定して維持させることができる。

【0024】

〔適用例7〕本適用例にかかる力検出装置は、圧電体と電極とが積層されたセンサー素子と、前記センサー素子が配置される第1凹部を有する第1部材と、前記第1部材に接合され前記第1部材の前記第1凹部を封止する第2部材と、前記第2部材と接触する第1プレートと、前記第1部材と接触する第2プレートと、前記第1プレート及び前記第2プレートを締結可能な締結部と、前記センサー素子と電気的に接続する電子回路と、を備え、前記第1部材と前記センサー素子との接触面から前記第1部材と前記第2部材が接合される面までの寸法が前記センサー素子の前記圧電体と前記電極が積層される方向の寸法よりも大きく形成され、前記第1プレートには前記第2部材に向けて突出し前記第2部材と接触する第1凸部が設けられ、前記センサー素子は前記第2部材と接触していることを特徴とする。

20

【0025】

上記構成によれば、センサー素子より得られる電荷量および電荷の正負により、外力を演算処理することが容易にできる。また、簡便な構成により3軸力検出センサーを得ることができる。さらに、前述センサーモジュールを複数個配置することで、トルク方向の力も含めた6軸の力検出センサーを得ることができる。

30

【0026】

〔適用例8〕本適用例にかかるロボットは、本体部と、前記本体部に接続するアーム部と、前記アーム部に接続するハンド部と、を備えるロボットであって、前記アーム部と前記ハンド部との接続部にセンサーモジュールを有し、前記センサーモジュールは、圧電体と電極とが積層されたセンサー素子と、前記センサー素子が配置される第1凹部を有する第1部材と、前記第1部材に接合され前記第1部材の前記第1凹部を封止する第2部材と、前記第2部材と接触する第1プレートと、前記第1部材と接触する第2プレートと、前記第1プレート及び前記第2プレートを締結可能な締結部と、を備え、前記第1部材と前記センサー素子との接触面から前記第1部材と前記第2部材が接合される面までの寸法が前記センサー素子の前記圧電体と前記電極が積層される方向の寸法よりも大きく形成され、前記第1プレートには前記第2部材に向けて突出し前記第2部材と接触する第1凸部が設けられ、前記センサー素子は前記第2部材と接触していることを特徴とする。

40

【0027】

上記構成を用いることにより、作動するロボットアームあるいはロボットハンドに対して、所定動作中に起こる障害物への接触の検出、対象物への接触力を、力検出装置により確実に検出し、ロボット制御装置へデータをフィードバックすることで、安全で細かな作

50

業を行うことができる。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 2 8 】

【図 1】第 1 実施形態に係るセンサーモジュールの構成を示す断面図。

【図 2】第 1 実施形態のセンサーデバイス（第 2 部材を省略）の構成を示す平面図。

【図 3】第 1 実施形態のベース部材の平面図。

【図 4】第 1 実施形態の第 2 部材の平面図。

【図 5】第 1 実施形態のセンサー素子の構成を示す模式図。

【図 6】第 1 部材と第 2 部材を溶接してセンサー素子を収容した状態の説明図。

【図 7】第 2 実施形態に係るセンサーモジュールの断面図。

【図 8】第 3 実施形態に係るセンサーモジュールの断面図。

【図 9】第 4 実施形態に係るセンサーモジュールの断面図。

【図 10】第 5 実施形態の力検出装置を示し、（ a ）は模式図、（ b ）は平面図。

【図 11】第 6 実施形態の力検出装置を搭載したロボットの模式図。

【図 12】従来技術のセンサーデバイスの模式図。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 2 9 】

（第 1 実施形態）

本実施形態のセンサーモジュールについて図面を参照しながら詳細に説明する。

図 1 は第 1 実施形態に係るセンサーモジュールの断面図を示す。図 2 は本実施形態のセンサーデバイス（第 2 部材を省略）の平面図を示す。図 3 は本実施形態のベース部材の平面図を示す。

【 0 0 3 0 】

< センサーモジュールの構成 >

第 1 実施形態に係るセンサーモジュール 10 は、力成分を検出可能なセンサー素子を第 1 部材 12 内に封入したセンサーデバイス 11 と、センサーデバイス 11 をプレート間で挟むように支持する第 1 プレート 70 及び第 2 プレート 80 と、第 1 プレート 70 と第 2 プレート 80 間のセンサーデバイス 11 を加圧しながら固定する締結部 86 を主な基本構成としている。本実施形態のセンサーデバイス 11 は、第 1 部材 12 と、第 2 部材 34 と、センサー素子 42 を主な基本構成としている。

【 0 0 3 1 】

図 1、図 2 に示すように、第 1 部材 12 は、ベース部材 14 と側壁部材 24 からなり、いずれもセラミック等の絶縁性材料により形成されている。ベース部材 14 は、平面視矩形の平板形状であり上面にセンサー素子 42 が配置される。側壁部材 24 は、センサー素子 42 の周囲を囲むよう（リング状）にベース部材 14 上に配置される。

【 0 0 3 2 】

〔ベース部材の構成〕

図 3 に示すように、ベース部材 14 の上面の中央には、センサー素子 42 の下面に接続する接地電極 16 が配置されている。また、ベース部材 14 の下面の四隅には外部電極 20A、20B、20C、20D が配置されている。図 1 に示すように、外部電極 20A、20B、20C、20D は、それぞれ電子回路基板 94 上の実装電極 96 に接続される。

【 0 0 3 3 】

また、図 1、図 2、図 3 に示すように、ベース部材 14 の上面には接続電極 18A、18B、18C、18D が配置されている。接続電極 18A、18B、18C、18D は、それぞれ外部電極 20A、20B、20C、20D に対応して配置され、一端がそれぞれ平面視で外部電極 20A、20B、20C、20D に対向する位置に配置されている。そして、接続電極 18A、18B、18C、18D の一端と、外部電極 20A、20B、20C、20D とはベース部材 14 を貫通する貫通電極 22A、22B、22C、22D を介してそれぞれ電氣的に接続されている。一方、接続電極 18A、18B、18C の他端は、接地電極 16 の近傍となる位置に配置されている。そして接続電極 18D の他端は、

10

20

30

40

50

接地電極 16 に接続されている。

【0034】

図2に示すように、側壁部材24は、ベース部材14上の周縁となる位置に積層される。側壁部材24は、接続電極18A、18B、18C、18Dを覆うように配置されるが、側壁部材24の内側に接続電極18A、18B、18C、18Dの他端側を露出させ、接地電極16も露出させた状態でベース部材14に積層される。また、図1に示すように、側壁部材24の上面にはメタライズ26が配置され、これが第1部材12の上面32となる。そして、図1、図2に示すように、側壁部材24の接続電極18Dに対向する位置には、側壁部材24を高さ方向に貫通する貫通電極28が配置され、メタライズ26と接続電極18Dとが貫通電極28を介して電氣的に接続されている。

10

【0035】

よって図1、図2に示すように、第1部材12においては、側壁部材24により第1部材12に第1凹部30が形成され、メタライズ26が配置された側壁部材24の上面32により第1凹部30の外周となる外周面が形成される。なお、接地電極16及び接続電極18A、18B、18C、18Dは、導電性を備える金属で形成され、メタライズ26も接地電極16等と同一材料で形成することができる。

【0036】

また、側壁部材24の厚み(高さ)は、後述の第1センサー素子46と第2センサー素子52と第3センサー素子58の総厚み(高さ)よりも大きく設定されている。

【0037】

20

〔第2部材の構成〕

図4は本実施形態のセンサーモジュールの第1プレートを透視してセンサーデバイスを上面から見た平面図を示す。図1、図4に示すように、第2部材34は、ステンレスやコバルト等の金属により略矩形形状に形成されている。そして、第2部材34の平面視で側壁部材24と重なる位置が矩形のリング状の周縁部38となり、周縁部38の内側が力伝達部36となっている。この力伝達部36は、第2部材34の平面視で後述のセンサー素子42の受力面となる上面44よりも大きく、周縁部38よりも小さい。さらに、第2部材34の断面視で周縁部38と力伝達部36の間は、凹部が形成されている。本実施形態の第2部材34は、プレス成型やエッチングにより形成することができる。力伝達部36は、後述の第1プレート70により与圧が付加された状態でセンサー素子42の受力面となる上面44の全面に面接触している。

30

【0038】

周縁部38は、図1に示すように、シーム溶接により側壁部材24の上面32を形成するメタライズ26と接合している。このシーム溶接は、乾燥雰囲気下もしくは真空雰囲気下で行なわれ、第2部材34とメタライズ26とのシーム溶接により、センサー素子42を第1部材12内で気密封止している。ここで、第2部材34は、メタライズ26、貫通電極28を介して接続電極18Dに電氣的に接続されている。

【0039】

〔センサー素子の構成〕

図1に示すように、センサー素子42は、圧電性を有する、例えば水晶、チタン酸ジルコン酸鉛($PZT: Pb(Zr, Ti)O_3$)、ニオブ酸リチウム、タンタル酸リチウムなどから形成される板状基板を有し、本実施形態では圧電体として水晶板を用いている。そして、センサー素子42は、上から順に第1センサー素子46、第3センサー素子58、第2センサー素子52を積層し形成されたものである。第1センサー素子46は、第1水晶板48A、48Bが第1検出電極50を挟むように形成されている。第2センサー素子52は、第2水晶板54A、54Bが第2検出電極56を挟むように形成されている。第3センサー素子58は、第3水晶板60A、60Bが第3検出電極62を挟むように形成されている。

40

【0040】

そして、第1センサー素子46(第1水晶板48B)と第3センサー素子58(第3水

50

晶板 60A) との間には電極となる第 1 接地電極 64 が配置され、第 3 センサー素子 58 (第 3 水晶板 60B) と第 2 センサー素子 52 (第 2 水晶板 54A) との間には第 2 接地電極 66 が配置されている。さらに、第 1 センサー素子 46 (第 1 水晶板 48A) の上面はセンサー素子 42 の上面 44 となっており、第 2 部材 34 の力伝達部 36 に面接触して接地されている。また、第 2 センサー素子 52 (第 2 水晶板 54B) の下面は、接地電極 16 に接続されることにより接地される。

【0041】

図 2 に示すように、第 1 検出電極 50、第 2 検出電極 56、第 3 検出電極 62、第 1 接地電極 64、第 2 接地電極 66 は、積層した第 1 乃至第 3 水晶板からその一部がはみ出るようにそれぞれ配置されている。そして第 1 検出電極 50 は、導電性のワイヤー 68A により接続電極 18A の露出部分 (他端側) に接続され、第 2 検出電極 56 は、ワイヤー 68B により接続電極 18B の露出部分 (他端側) に接続され、第 3 検出電極 62 は、ワイヤー 68C により接続電極 18C の露出部分 (他端側) に接続される。また、第 1 接地電極 64、及び第 2 接地電極 66 は、それぞれワイヤー 68D、68E により接続電極 18D の露出部分 (他端側) に接続されている。

【0042】

上記接続により、外部電極 20A は、貫通電極 22A、接続電極 18A、ワイヤー 68A を介して第 1 検出電極 50 に電氣的に接続される。また、外部電極 20B は、貫通電極 22B、接続電極 18B、ワイヤー 68B を介して第 2 検出電極 56 に電氣的に接続される。そして、外部電極 20C は、貫通電極 22C、接続電極 18C、ワイヤー 68C を介して第 3 検出電極 62 に電氣的に接続される。

【0043】

また、外部電極 20D は、貫通電極 22D、接続電極 18D を介して接地電極 16 に電氣的に接続される。さらに外部電極 20D は、接続電極 18D に接続したワイヤー 68D を介して第 1 接地電極 64 に電氣的に接続され、接続電極 18D に接続したワイヤー 68E を介して第 2 接地電極 66 に電氣的に接続され、接続電極 18D に接続した貫通電極 28 及びメタライズ 26 を介して第 2 部材 34 に電氣的に接続される。

【0044】

前述の各種電極の材料としては、金、チタニウム、アルミニウム、銅、鉄などの単体もしくは合金を用いることができる。例えば、鉄合金としてステンレススチールを用いることも可能であり、耐久性、耐食性が優れることから好適に用いられる。

【0045】

図 5 は本実施形態のセンサー素子の模式図を示す。本実施形態において、力伝達部 36 はセンサー素子 42 の上面 44 の法線方向 (軸) に平行な方向の力のみならず、上面 44 の面方向の力、すなわち、 軸にそれぞれ直交し、かつ互いに直交する 2 つの方向 (軸、 軸) の力を上面 44 に伝達可能である。そして、センサー素子 42 は後述のように 軸、 軸、 軸にそれぞれ平行な力を検出することができる。

【0046】

第 1 センサー素子 46 において、第 1 水晶板 48A、48B は、Y カット水晶板により形成され、圧電効果を発生させる結晶方位である X 方向が第 1 水晶板 48A、48B の法線 (図 5 の 軸に平行な方向) に垂直な方向となる結晶方位を有している。そして、第 1 水晶板 48A、48B は、X 方向が互いに逆方向となるように配置されている。さらに、第 1 水晶板 48A、48B は、X 方向が空間直交座標の 軸と平行となるように配置されている。

【0047】

第 2 センサー素子 52 において、第 2 水晶板 54A、54B は、Y カット水晶板により形成され、X 方向が第 2 水晶板 54A、54B の法線 (軸に平行な方向) に垂直な方向となる結晶方位を有している。そして、第 2 水晶板 54A、54B は、X 方向が互いに逆方向となるように配置されている。さらに、第 2 水晶板 54A、54B は、X 方向が空間直交座標の 軸と平行となるように配置されている。

【 0 0 4 8 】

第3センサー素子58において、第3水晶板60A、60Bは、Xカット水晶板により形成され、X方向が第3水晶板60A、60Bの法線（軸に平行な方向）と平行な方向となる結晶方位を有している。そして、第3水晶板60A、60Bは、X方向が互いに逆方向となるように配置されている。さらに、第3水晶板60A、60Bは、X方向が空間直交座標の軸と平行となるように配置されている。

【 0 0 4 9 】

図5に示すように、本実施形態のセンサー素子42は、空間直交座標の軸に平行な方向をセンサー素子42の高さ方向としている。そして、後述する第1プレート70及び第2プレート80により軸の方向から挟み込まれ与圧が与えられ、第1凸部72を介してセンサー素子42に軸に平行な方向から与圧が付加される。これにより、第3水晶板60A、60BはX方向から与圧（圧縮力）を受けることになるので圧電効果により電荷が誘起し、第3検出電極62に電荷（Fz信号）が出力される。

【 0 0 5 0 】

上記構成において、第1プレート70及び第2プレート80（図10参照）の相対位置が互いに軸に平行な方向にずれる外力が付加されると、第1凸部72を介してセンサー素子42には、軸に平行な方向の外力が付加される。すると、第1水晶板48A、48Bは、X方向から外力（せん断力）を受けることになるので圧電効果により電荷を誘起し、第1検出電極50に電荷（Fx信号）が出力される。

【 0 0 5 1 】

また第1プレート70及び第2プレート80（図10参照）の相対位置が互いに軸に平行な方向にずれる外力が付加されると、第1凸部72を介してセンサー素子42には、軸に平行な方向の外力が付加される。すると第2水晶板54A、54BはX方向から外力（せん断力）を受けることになるので圧電効果により電荷を誘起し、第2検出電極56に電荷（Fy信号）が出力される。

【 0 0 5 2 】

さらに第1プレート70及び第2プレート80（図10参照）の相対位置が互いに軸に平行な方向にずれる外力が付加されると、第1凸部72を介してセンサー素子42には、軸に平行な方向の外力が付加される。すると、第3水晶板60A、60BはX方向から外力（圧縮力または引張力）を受けることになるので圧電効果により誘起される電荷量が変化し、第3検出電極62に出力される電荷（Fz信号）の大きさが変化する。

【 0 0 5 3 】

よって、本実施形態のセンサーデバイス11は、外部電極20Aを介して第1検出電極50に出力される電荷（Fx信号）と、外部電極20Bを介して第2検出電極56に出力される電荷（Fy信号）と、外部電極20Cを介して第3検出電極62に出力される電荷（Fz信号）と、をそれぞれモニターすることができ、互いに直交する軸（後述のX軸）、軸（後述のY軸）、軸（後述のZ軸）に平行な方向の外力（Fx、Fy、Fz）を検知することができる。なお、センサー素子42は、第1センサー素子46、第2センサー素子52、第3センサー素子58の積層構造となっているが、少なくともいずれか1つ以上を用いる構成としてもよい。

【 0 0 5 4 】

< センサーデバイスの製造方法 >

このようなセンサーデバイス11の製造方法は、図6に示すように、まずセンサー素子42をベース部材14上に載置し、ついで第2部材34の周縁部38が第1部材12の側壁部材24の上面と一致するように配置する。そして、第2部材34の中央に錘を配置して第2部材34に荷重を掛ける。そして、ローラー電極を第2部材34のメタライズ26（側壁部材24）との接続位置に押し付けて、ローラー電極に電流を印加して第2部材34と、メタライズ26と、をシーム溶接により接合する。

このように、センサーデバイス11は、センサー素子42と第2部材34の間に隙間が生じた状態にある。

【 0 0 5 5 】

〔 第 1、第 2 プレーットの構成 〕

本実施形態の第 1 プレート 7 0 は、平面視で第 1 部材 1 2 よりも大きい略矩形のプレート板である。第 1 プレート 7 0 は材質にステンレス等の金属材料を用いており、所定の強度を備えて加工容易に形成することができる。第 1 プレート 7 0 は、第 1 部材 1 2 側の主面に、第 2 部材 3 4 に向けて突出した凸状の第 1 凸部 7 2 を形成している。第 1 凸部 7 2 は、平面視でセンサー素子 4 2 の上面 4 4 の全領域と重なり、かつ、第 1 部材 1 2 の内周縁の領域の内部に納まる押圧面 7 3 を備えている。換言すれば押圧面 7 3 の面積は、センサー素子 4 2 の上面の面積以上で、かつ第 1 部材 1 2 の内周縁の領域よりも小さく形成している（第 2 部材 3 4 の力伝達部 3 6 よりも小さく形成している）。第 1 凸部 7 2 は、プレス加工又はエッチング等により形成することができる。第 1 プレート 7 0 は、後述するボルトなどの締結部 8 6 が挿入される貫通孔 7 4 が形成されている。貫通孔 7 4 は、締結部 8 6 のヘッドが挿入される第 1 孔 7 4 A と、シャフトが挿入される第 2 孔 7 4 B とから構成されている。

10

【 0 0 5 6 】

第 2 プレート 8 0 は、平面視で第 1 部材 1 2 よりも大きく、第 1 プレート 7 0 と略同一形状のプレート板である。第 2 プレート 8 0 は、後述する締結部 8 6 の雄ねじが螺合するネジ穴 8 2 が形成されている。第 2 プレート 8 0 は材質にステンレス等の金属材料を用いており、所定の強度を備えて加工容易に形成することができる。また第 2 プレート 8 0 の上面には、電子回路基板 9 4 が形成されており、センサーデバイス 1 1 の外部電極 2 0 A , 2 0 B , 2 0 C , 2 0 D と電氣的に接続可能に構成している。なお、第 1 プレート 7 0 及び第 2 プレート 8 0 は、平面視で矩形形状のほか円板、楕円、多角形に形成しても良い。

20

【 0 0 5 7 】

締結部 8 6 は、第 1 プレート 7 0 及び第 2 プレート 8 0 間でセンサーデバイス 1 1 を挟持した状態で第 1 プレート 7 0 及び第 2 プレート 8 0 を締結する部材である。本実施形態の締結部 8 6 は締結ボルトである。締結ボルトはヘッドとシャフトから構成されている。シャフトの先端は、ねじ切り加工が施された雄ねじが形成されて、第 2 プレート 8 0 のネジ穴 8 2 へ螺合させることができる。このような締結部 8 6 は、第 1 プレート 7 0 及び第 2 プレート 8 0 間にセンサーデバイス 1 1 を加圧しながら固定できれば良く、本実施形態では、一例としてセンサーデバイス 1 1 を間に挟むように 2 箇所に設置している。このように、締結部 8 6 により、第 1 プレート 7 0 と第 2 プレート 8 0 との締結力を調整することができる。また、この締結力の調整とは、第 1 プレート 7 0 と第 2 プレート 8 0 との隙間を調整することでもある。

30

【 0 0 5 8 】

〔 センサーモジュールの組み立て 〕

このようなセンサーモジュール 1 0 の組み立ては、まず第 2 プレート 8 0 の実装面に形成された電子回路基板 9 4 上にセンサーデバイス 1 1 を載置し、外部電極 2 0 A , 2 0 B , 2 0 C , 2 0 D と実装電極 9 6 を電氣的に接続させる。そして第 1 プレート 7 0 を、第 1 凸部 7 2 とセンサーデバイス 1 1 のセンサー素子 4 2 上面が平面視で重なるようにセンサーデバイス 1 1 上に配置する。次に締結部 8 6 となる締結ボルトを第 1 プレート 7 0 の貫通孔 7 4 から挿入し、第 2 プレート 8 0 のネジ穴 8 2 に螺合させる。このとき所定の与圧（例えば 1 0 k N 程度）が付加されるように締結部 8 6 の締め込み量を調整することができる。

40

【 0 0 5 9 】

〔 効果 〕

このような構成のセンサーモジュールによれば、センサー素子 4 2 が第 1 部材 1 2 内に封止されたセンサーデバイス 1 1 に対して、第 2 部材 3 4 の外側から第 1 凸部 7 2 を介してセンサー素子 4 2 へ所定の与圧を付加することができる。

【 0 0 6 0 】

50

このように、センサー素子 4 2 に常に一定の与圧をすることができ、測定誤差のない正確な検出データを得ることができる。よってセンサーデバイス 1 1 の歩留りが良くなる。さらに、例えば潤滑油、水や薬品などの液体などに曝された環境下での使用であっても第 2 部材 3 4 内部のセンサー素子 4 2 を保護することができるため、信頼性の高いセンサーモジュール 1 0 を得ることができる。

【 0 0 6 1 】

(第 2 実施形態)

図 7 は第 2 実施形態に係るセンサーモジュールの断面図である。第 2 実施形態に係るセンサーモジュール 1 0 A は、第 1 実施形態の第 2 プレート 8 0 の電子回路基板 9 4 に代えて第 2 凸部 8 4 を設けている。その他の構成は第 1 実施形態のセンサーモジュール 1 0 と

10

【 0 0 6 2 】

第 2 プレート 8 0 A は、センサーデバイス 1 1 を実装する実装面に第 1 凸部 7 2 と略同一形状の第 2 凸部 8 4 が形成されている。第 2 凸部 8 4 は、平面視で第 1 部材 1 2 の底面よりも小さく、センサー素子 4 2 の下面の面積と同等又はこれよりも大きい面積の押圧面 8 5 を備えている。

【 0 0 6 3 】

このような構成の第 2 実施形態に係るセンサーモジュール 1 0 A によれば、センサーデバイス 1 1 のセンサー素子 4 2 を上下面から均等かつ効果的に与圧を付加させることができる。また、センサーデバイス 1 1 の底面に形成された外部電極 2 0 A , 2 0 B , 2 0 C , 2 0 D と第 2 プレート 8 0 A の間に隙間が形成されるため、金属配線を引き出し易くすることができ、外部の電子回路基板と電氣的に容易に接続させることができる。

20

【 0 0 6 4 】

(第 3 実施形態)

図 8 は第 3 実施形態に係るセンサーモジュールの断面図である。第 3 実施形態に係るセンサーモジュール 1 0 B は、第 1 部材 1 2 の下面に第 2 凸部 8 4 が嵌合する第 2 凹部 1 5 を形成している。その他の構成は第 2 実施形態のセンサーモジュール 1 0 A と同一の構成であり、同一の符号を付して詳細な説明を省略する。

【 0 0 6 5 】

本実施形態の第 2 凹部 1 5 は、第 1 部材 1 2 のベース部材 1 4 の底面であって、センサー素子 4 2 の下面と対向する位置に形成されている。第 2 凹部 1 5 は第 2 凸部 8 4 が嵌合する下向きの凹状となるように、プレス加工、エッチング等を用いて形成することができる。

30

【 0 0 6 6 】

このような構成の第 3 実施形態に係るセンサーモジュール 1 0 B によれば、平面視でベース部材 1 4 に載置されたセンサー素子 4 2 の中心と、第 2 プレート 8 0 A の第 2 凸部 8 4 の中心が同一直線上となるように容易に位置決めすることができる。よって、センサー素子 4 2 に均等に与圧を付加させることができる。

【 0 0 6 7 】

(第 4 実施形態)

図 9 は第 4 実施形態に係るセンサーモジュールの断面図である。第 4 実施形態のセンサーモジュール 1 0 C は第 2 部材 3 4 A に薄肉部 4 0 を形成している。その他の構成は第 1 実施形態のセンサーモジュール 1 0 と同一の構成であり、同一の符号を付しその詳細な説明を省略する。

40

【 0 0 6 8 】

薄肉部 4 0 は、平面視で第 2 部材 3 4 A の周縁部 3 8 と力伝達部 3 6 の間にリング状に形成されている。薄肉部 4 0 は、その内周に平面視でセンサー素子 4 2 の上面 4 4 の周縁が収まるように配置されている。薄肉部 4 0 は第 2 部材 3 4 A の両面あるいは片面のみから掘り込んだ状態でその厚みが力伝達部 3 6 及び周縁部 3 8 よりも薄肉となるように形成されている。薄肉部 4 0 は、プレス成形やエッチングにより形成することができる。

50

【 0 0 6 9 】

このような構成の第 4 実施形態に係るセンサーモジュール 10C は、第 1 凸部 72 による与圧で第 2 部材 34A の薄肉部 40 が変形し易くなることにより、第 2 部材 34A にストレスが掛からず、第 1 部材 12 と第 2 部材 34A の接合が破壊されることがなく、センサーデバイス 11 内部を気密に保つことができる。

なお、薄肉部 40 は第 2 及び第 3 実施形態に係るセンサーモジュールの第 2 部材に適用しても良い。

【 0 0 7 0 】

(第 5 実施形態)

図 10 に本実施形態の力検出装置を示し、(a) は模式図を示し、(b) は平面図を示す。本実施形態の力検出装置 90 は、4 つのセンサーデバイス 11 を第 1 プレート 70A 及び第 2 プレート 80A により挟み込んだ構成である。第 1 プレート 70A 及び第 2 プレート 80A は、いずれも平面視で円板状に形成され、中心を通り互いに直交する線上に 4 つのセンサーデバイス 11 を配置している。第 1 プレート 70A は、センサーデバイス 11 のセンサー素子 42 の上面と対向する箇所に第 1 凸部 72 が 4 つ形成されている。第 2 プレート 80A は、センサーデバイス 11 を配置する箇所に電子回路基板が 4 つ形成されている。第 2 プレート 80A は、センサーデバイス 11 を配置する箇所に電子回路基板が 4 つ形成されている。

【 0 0 7 1 】

このような構成の力検出装置 90 は、4 つのセンサーデバイス 11 が全て同じ方向に向けた状態で第 1 プレート 70A 及び第 2 プレート 80A に挟み込まれ、与圧が付加される。例えば、センサーモジュール 10 において、第 1 センサー素子 46 (図 1、図 5) の検出軸を F_x に平行な方向に向け、第 2 センサー素子 52 (図 1、図 5) の検出軸を F_y に平行な方向に向け、第 3 センサー素子 58 (図 1、図 5) の検出軸を F_z に平行な方向に向けた状態となっている。なお各センサーモジュール 10 のセンサー素子の高さを予め測定しておき、この測定値に基づいて第 1 凸部 72 の突出量を研磨等によって調整することにより、各センサーデバイス 11 の製造ばらつきが生じた場合でも、第 1 プレート 70A 及び第 2 プレート 80A の間の平行度を保ちながら均等に与圧を付加することができる。

【 0 0 7 2 】

ここで、第 1 プレート 70A 及び第 2 プレート 80A の相対位置が互いに F_x 方向にずれる力を受けた場合、センサーモジュール 10 はそれぞれ F_{x1} 、 F_{x2} 、 F_{x3} 、 F_{x4} の力を検出する。また、第 1 プレート 70A 及び第 2 プレート 80A の相対位置が互いに F_y 方向にずれる力を受けた場合、センサーモジュール 10 はそれぞれ F_{y1} 、 F_{y2} 、 F_{y3} 、 F_{y4} の力を検出する。さらに、第 1 プレート 70A 及び第 2 プレート 80A の相対位置が互いに F_z 方向にずれる力を受けた場合、センサーモジュール 10 はそれぞれ F_{z1} 、 F_{z2} 、 F_{z3} 、 F_{z4} の力を検出する。

【 0 0 7 3 】

したがって、力検出装置 90 において、互いに直交する力 F_x 、 F_y 、 F_z 、 F_x に平行な方向を回転軸とする回転力 M_x 、 F_y に平行な方向を回転軸とする回転力 M_y 、 F_z に平行な方向を回転軸とする回転力 M_z は、以下のように求めることができる。

【 0 0 7 4 】

【 数 1 】

$$F_x = F_{x1} + F_{x2} + F_{x3} + F_{x4}$$

$$F_y = F_{y1} + F_{y2} + F_{y3} + F_{y4}$$

$$F_z = F_{z1} + F_{z2} + F_{z3} + F_{z4}$$

$$M_x = b \times (F_{z4} - F_{z2})$$

$$M_y = a \times (F_{z3} - F_{z1})$$

$$M_z = b \times (F_{x2} - F_{x4}) + a \times (F_{y1} - F_{y3})$$

10

20

30

40

50

ここで、 a 、 b は定数とする。よって本実施形態の力検出装置90は、三次元のあらゆる方向からの力(6軸方向の力)を検知することができ、少ない変位量であっても高精度な力の検出を安定的に行うことが可能な力検出装置90となる。

【0075】

なお、本実施形態では4つのセンサーを用いてあらわしたが、3つ以上のセンサーであれば前述の F_x 、 F_y 、 F_z 、 M_x 、 M_y 、 M_z の検出をすることができる。

【0076】

(第6実施形態)

図11に、本実施形態の力検出装置を搭載したロボットを示す。図11に示すように、ロボット100は、本体部102、アーム部104、ロボットハンド部116などから構成されている。本体部102は、例えば床、壁、天井、移動可能な台車の上などに固定される。アーム部104は、本体部102に対して可動となるように設けられており、本体部102にはアーム部104を回転させるための動力を発生するアクチュエーター(不図示)や、アクチュエーターを制御する制御部等(不図示)が内蔵されている。

【0077】

アーム部104は、第1フレーム106、第2フレーム108、第3フレーム110、第4フレーム112、第5フレーム114から構成されている。第1フレーム106は、回転屈曲軸を介して、本体部102に回転可能または屈曲可能となるように接続されている。第2フレーム108は、回転屈曲軸を介して、第1フレーム106及び第3フレーム110に接続されている。第3フレーム110は、回転屈曲軸を介して、第2フレーム108及び第4フレーム112に接続されている。第4フレーム112は、回転屈曲軸を介して、第3フレーム110及び第5フレーム114に接続されている。第5フレーム114は、回転屈曲軸を介して、第4フレーム112に接続されている。アーム部104は、制御部の制御によって、各フレームが各回転屈曲軸を中心に複合的に回転または屈曲することにより駆動する。

【0078】

第5フレーム114の先端には、ロボットハンド部116が取り付けられており、対象物を把握することができるロボットハンド120が、回転動作させるモーター(不図示)を内蔵するロボットハンド接続部118を介して第5フレーム114に接続されている。

【0079】

ロボットハンド接続部118には、モーターに加えて前述の力検出装置90(図11では不図示)が内蔵されており、ロボットハンド部116が制御部の制御によって所定の動作位置まで移動させたとき、障害物への接触、あるいは所定位置を越えての動作命令による対象物との接触、などを力検出装置90によって力として検出し、ロボット100の制御部へフィードバックし、回避動作を実行することができる。

【0080】

このようなロボット100を用いることにより、従来からの位置制御では対処できなかった、障害物回避動作、対象物損傷回避動作などを容易に行い、安全で細やかな作業が可能なロボット100を得ることができる。さらに、少ない変位量であっても高精度な力の検出を安定的に行うことが可能なロボット100となる。また本実施形態に限定されず、双腕ロボットにも適用することができる。

【符号の説明】

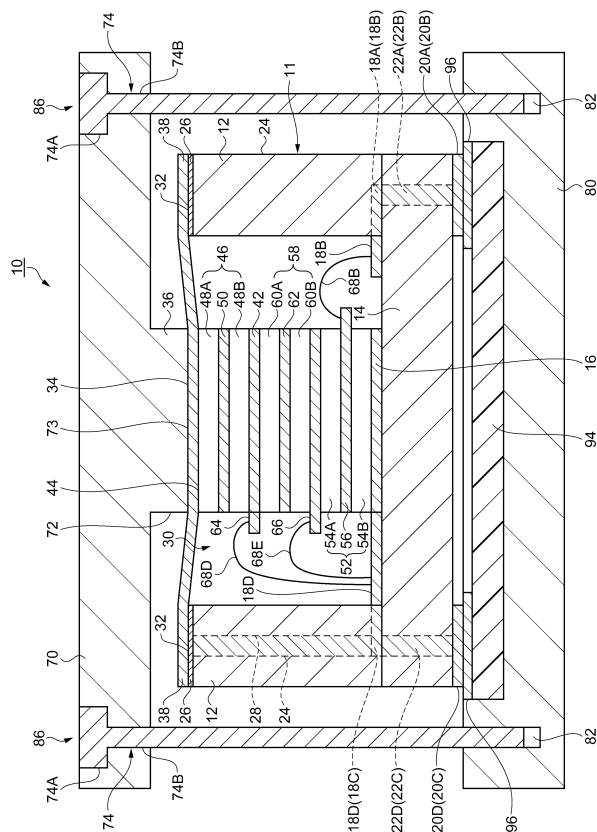
【0081】

10, 10A, 10B, 10C...センサーモジュール、11...センサーデバイス、12...第1部材、14...ベース部材、15...第2凹部、16...接地電極、18A, 18B, 18C, 18D...接続電極、20A, 20B, 20C, 20D...外部電極、22A, 22B, 22C, 22D...貫通電極、24...側壁部材、26...メタライズ、28...貫通電極、30...第1凹部、32...上面(外周面)、34, 34A...第2部材、36...力伝達部、38...周縁部、40...薄肉部、42...センサー素子、44...上面、46...第1センサー素子、48A, 48B...第1水晶板、50...第1検出電極、52...第2センサー素子、54A,

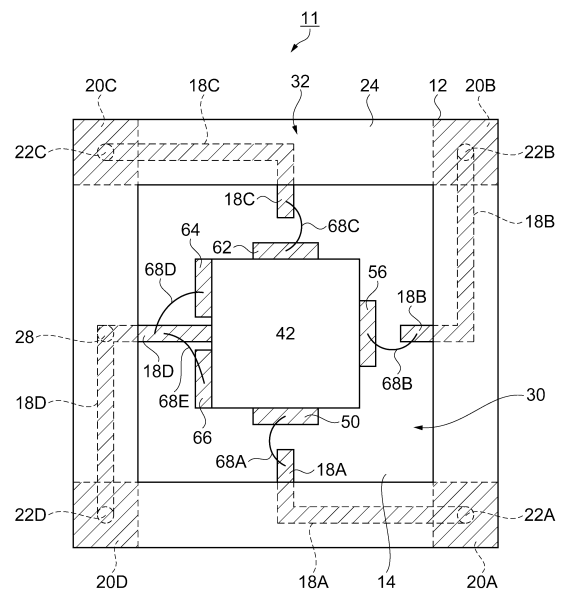
54B...第2水晶板、56...第2検出電極、58...第3センサー素子、60A, 60B...第3水晶板、62...第3検出電極、64...第1接地電極、66...第2接地電極、68A, 68B, 68C, 68D, 68E...ワイヤー、70...第1プレート、72...第1凸部、73...押圧面、74...貫通孔、80, 80A...第2プレート、82...ネジ穴、84...第2凸部、86...締結部、90...力検出装置、94...電子回路基板、96...実装電極、100...ロボット、102...本体部、104...アーム部、106...第1フレーム、108...第2フレーム、110...第3フレーム、112...第4フレーム、114...第5フレーム、116...ロボットハンド部、118...ロボットハンド接続部、120...ロボットハンド、200...センサードバイス、202...第1部材、204...第2部材、206...同軸コネクタ、208...外周部、210...中心導体、212...絶縁性樹脂、214...センサー素子、216...水晶板、218...電極板、220...開口部、224...上面。

10

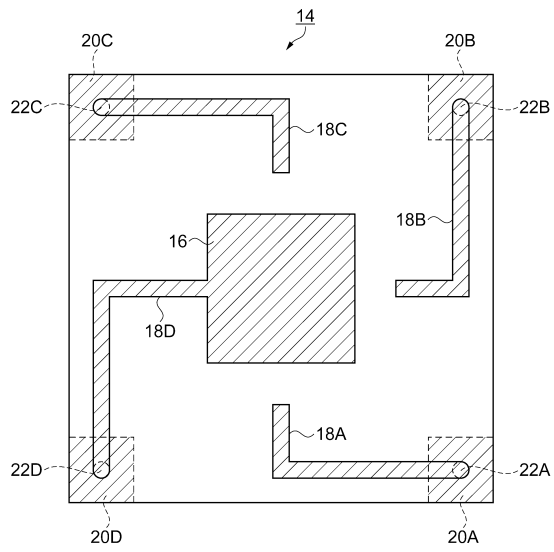
【図1】



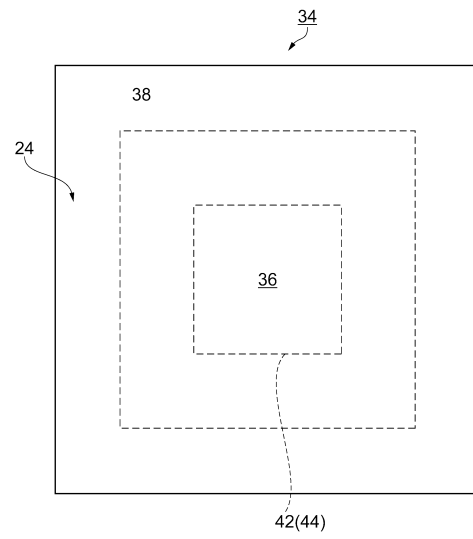
【図2】



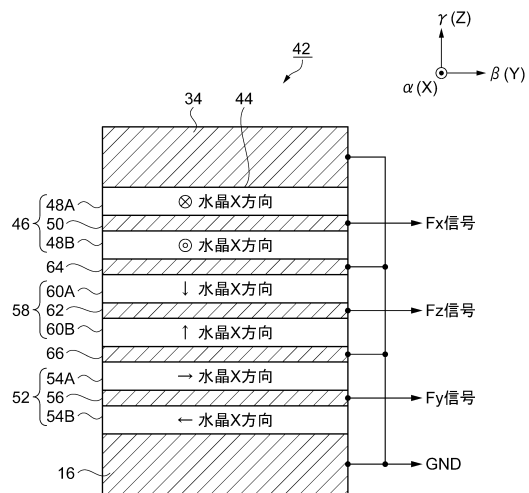
【図3】



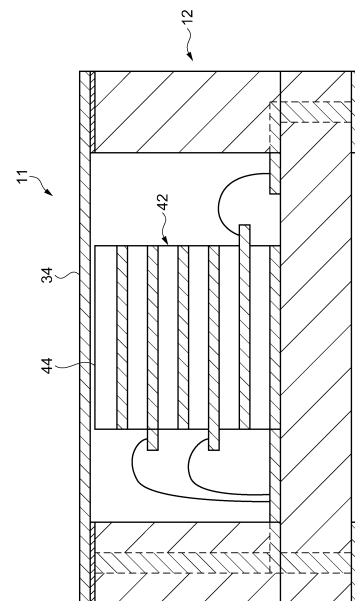
【図4】



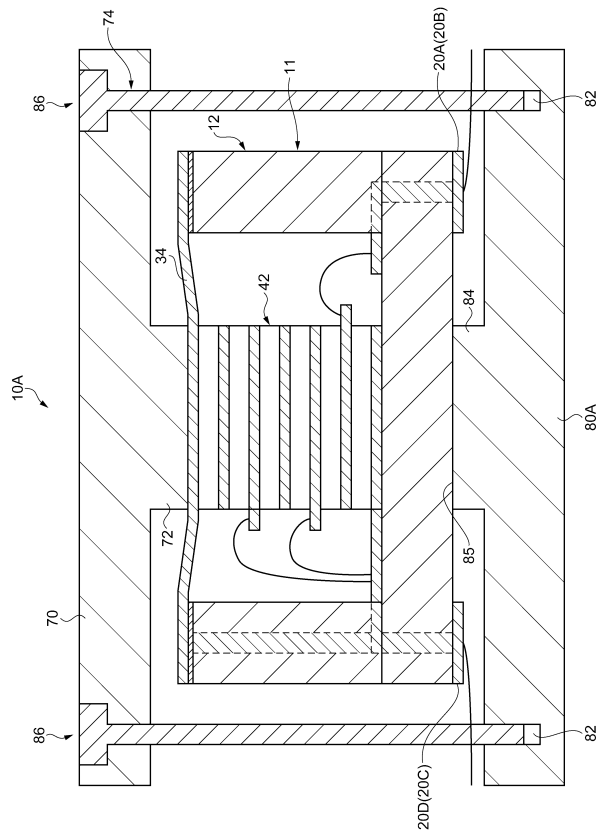
【図5】



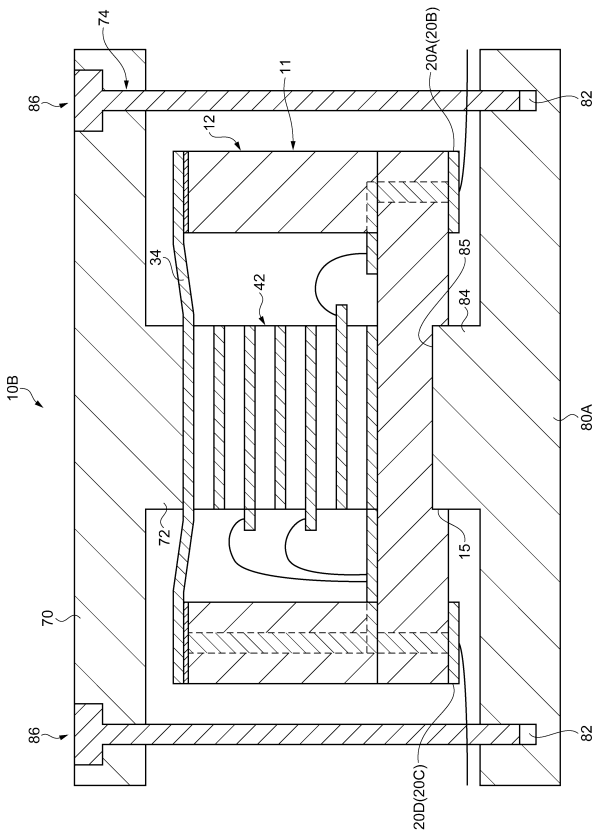
【図6】



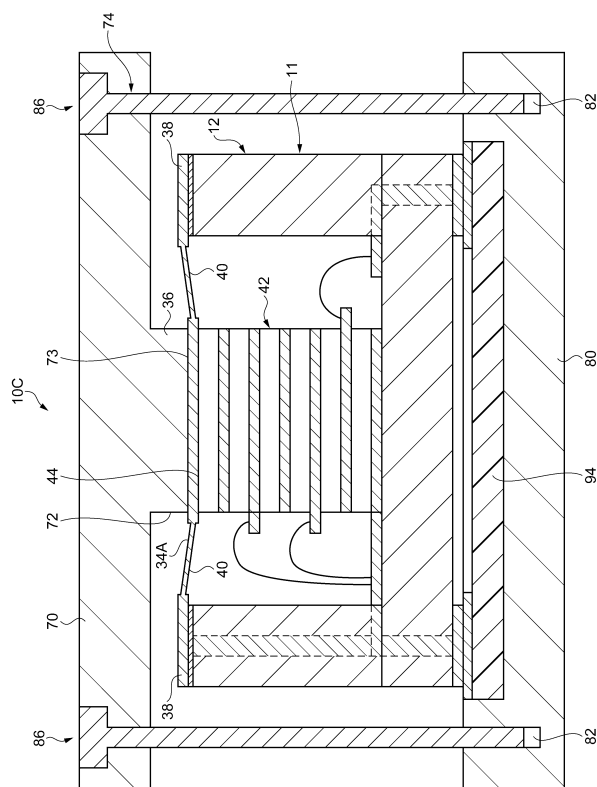
【図 7】



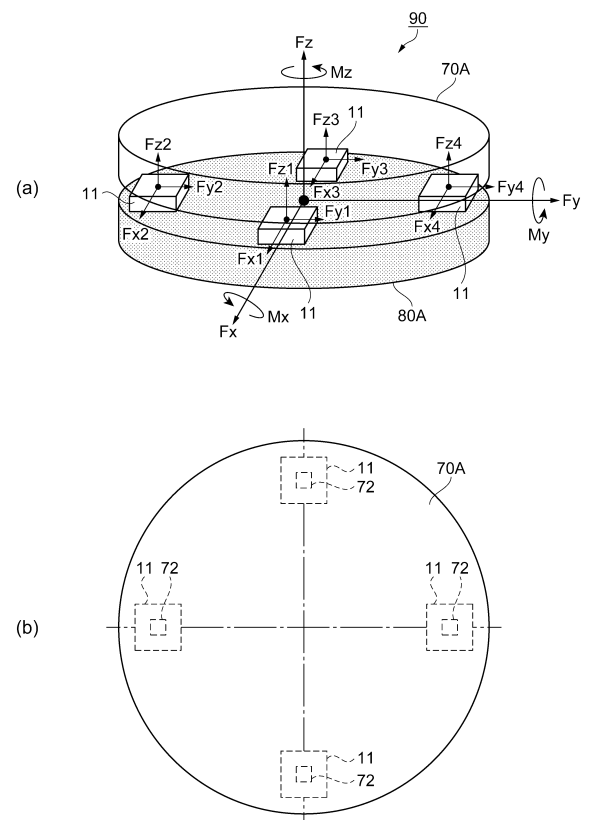
【図 8】



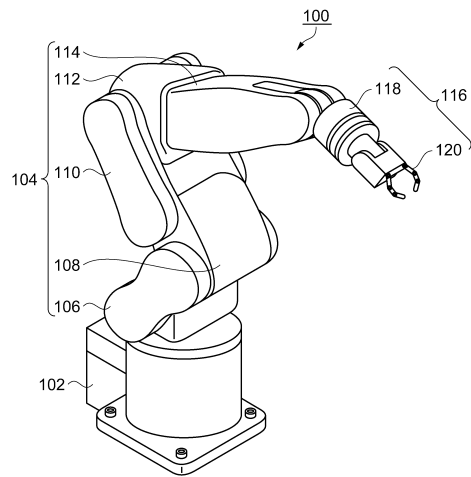
【図 9】



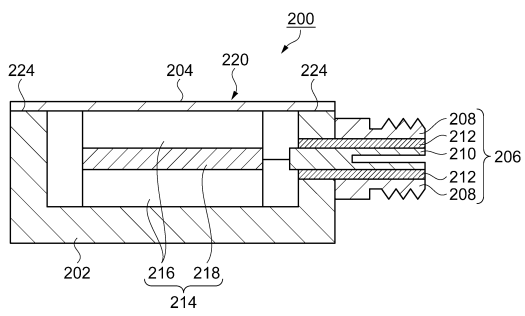
【図 10】



【図 1 1】



【図 1 2】



フロントページの続き

(72)発明者 松本 隆伸

長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内

審査官 森 雅之

(56)参考文献 米国特許出願公開第2011/0185817(US, A1)

特開平5-34231(JP, A)

米国特許第3566163(US, A)

特開平11-37860(JP, A)

実開昭63-124636(JP, U)

特開昭64-35331(JP, A)

特許第4318433(JP, B2)

特許第4011177(JP, B2)

特開平4-231829(JP, A)

米国特許第3304534(US, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

本件特許出願の関連先行出願である特願2011-278968号~278971号の四出願の調査結果、及び、本件特許出願の対応欧米出願の調査結果が利用できたので、追加調査は省略された。