

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B1)

(11) 特許番号

特許第5911936号
(P5911936)

(45) 発行日 平成28年4月27日(2016.4.27)

(24) 登録日 平成28年4月8日(2016.4.8)

(51) Int.Cl. F I
G O 1 L 5/16 (2006.01) G O 1 L 5/16

請求項の数 12 (全 16 頁)

(21) 出願番号	特願2014-201822 (P2014-201822)	(73) 特許権者	390008235
(22) 出願日	平成26年9月30日 (2014.9.30)		ファナック株式会社
審査請求日	平成27年9月15日 (2015.9.15)		山梨県南部留郡忍野村忍草字古馬場358 〇番地
早期審査対象出願		(74) 代理人	100099759 弁理士 青木 篤
		(74) 代理人	100102819 弁理士 島田 哲郎
		(74) 代理人	100123582 弁理士 三橋 真二
		(74) 代理人	100112357 弁理士 廣瀬 繁樹
		(74) 代理人	100157211 弁理士 前島 一夫

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 変位検出方式の6軸力センサ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

第1固定面を有する固定部と、

前記第1固定面に対向する第1可動面を有するとともに第2固定面を有する第1可動部と、

直交3軸座標系において、前記第1可動部を前記固定部に対し、第1軸に平行な方向、該第1軸に直交する第2軸に平行な方向、及び該第1軸と該第2軸との双方に直交する第3軸を中心とする回転方向へ、弾性的に変位可能に連結する第1連結部と、

前記第2固定面に対向する第2可動面を有する第2可動部と、

前記直交3軸座標系において、前記第2可動部を前記第1可動部に対し、前記第1軸を中心とする回転方向、前記第2軸を中心とする回転方向、及び前記第3軸に平行な方向へ、弾性的に変位可能に連結する第2連結部と、

前記第1固定面と前記第1可動面との相対移動に基づき前記固定部に対する前記第1可動部の変位量を検出する第1検出部と、

前記第2固定面と前記第2可動面との相対移動に基づき前記第1可動部に対する前記第2可動部の変位量を検出する第2検出部とを具備し、

前記第1検出部による検出値及び前記第2検出部による検出値から、前記第2可動部に加わる力の、前記第1軸の方向の力成分、前記第2軸の方向の力成分、前記第3軸の方向の力成分、前記第1軸の周りのモーメント成分、前記第2軸の周りのモーメント成分、及び前記第3軸の周りのモーメント成分を検出できるようにした、

10

20

6 軸力センサ。

【請求項 2】

前記第 1 検出部による検出値及び前記第 2 検出部による検出値に基づき、前記第 2 可動部に加わる力の、前記第 1 軸の方向の力成分、前記第 2 軸の方向の力成分、前記第 3 軸の方向の力成分、前記第 1 軸の周りのモーメント成分、前記第 2 軸の周りのモーメント成分、及び前記第 3 軸の周りのモーメント成分を演算する演算部をさらに具備する、請求項 1 に記載の 6 軸力センサ。

【請求項 3】

前記第 1 固定面と前記第 1 可動面との間に、静電容量を有する第 1 ギャップが形成され、前記第 1 検出部は、該第 1 ギャップにおける該静電容量の変化を検出することにより、前記第 1 可動部の前記変位量を検出する、請求項 1 又は 2 に記載の 6 軸力センサ。

10

【請求項 4】

前記固定部は、前記第 3 軸を含む仮想平面に沿って広がるとともに互いに 60 度以上の角度で交差する方向へ延びる複数の前記第 1 固定面を有し、前記第 1 可動部は、それぞれが該複数の第 1 固定面に平行に対向する位置に配置されて互いに 60 度以上の角度で交差する方向へ延びる複数の前記第 1 可動面を有し、複数組の互に対向する該第 1 固定面と該第 1 可動面との間のそれぞれに前記第 1 ギャップが形成される、請求項 3 に記載の 6 軸力センサ。

【請求項 5】

前記第 1 検出部は、複数の前記第 1 ギャップに設けられる互いに電氣的に独立した計 3 個以上の静電容量形成部を有する、請求項 4 に記載の 6 軸力センサ。

20

【請求項 6】

前記第 2 固定面と前記第 2 可動面との間に、静電容量を有する第 2 ギャップが形成され、前記第 2 検出部は、該第 2 ギャップにおける該静電容量の変化を検出することにより、前記第 2 可動部の前記変位量を検出する、請求項 1 ~ 5 のいずれか 1 項に記載の 6 軸力センサ。

【請求項 7】

前記第 1 可動部は、前記第 3 軸に直交する仮想平面に沿って広がる前記第 2 固定面を有し、前記第 2 可動部は、該第 2 固定面に平行に対向する位置に配置される前記第 2 可動面を有し、該第 2 固定面と該第 2 可動面との間に前記第 2 ギャップが形成される、請求項 6 に記載の 6 軸力センサ。

30

【請求項 8】

前記第 2 検出部は、前記第 2 ギャップに設けられる互いに電氣的に独立した 3 個以上の静電容量形成部を有する、請求項 7 に記載の 6 軸力センサ。

【請求項 9】

前記第 1 可動部は、前記第 1 連結部に一体に形成される第 1 部分と、該第 1 部分とは別体に形成されて該第 1 部分に固定され、前記第 2 連結部に一体に形成される第 2 部分とを有する、請求項 1 ~ 8 のいずれか 1 項に記載の 6 軸力センサ。

【請求項 10】

前記第 1 可動部は、前記第 1 部分と前記第 2 部分との間に介在する第 3 部分であって、前記第 1 部分及び前記第 2 部分とは別体に形成されて前記第 1 部分及び前記第 2 部分に固定される第 3 部分を有する、請求項 9 に記載の 6 軸力センサ。

40

【請求項 11】

前記第 1 連結部は、前記固定部と前記第 1 可動部との間に延びる複数の弾性梁を有する、請求項 1 ~ 10 のいずれか 1 項に記載の 6 軸力センサ。

【請求項 12】

前記第 2 連結部は、前記第 1 可動部と前記第 2 可動部との間に延びる複数の弾性梁を有する、請求項 1 ~ 11 のいずれか 1 項に記載の 6 軸力センサ。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

50

【 0 0 0 1 】

本発明は、変位検出方式の6軸力センサに関する。

【背景技術】

【 0 0 0 2 】

変位検出方式の力センサは、センサ本体に力（荷重）が加わったときに、その力によって変形したセンサ本体の、変形に伴う変位量を検出し、検出した変位量に基づいて力を検出するものである。例えば特許文献1は、センサ本体の所定部位に形成した静電容量の変化から変位量を検出する力センサを開示する。この力センサは、外側箱状構造体と内側箱状構造体とを備え、外側箱状構造体の側面及び上面と内側箱状構造体の側面及び上面とをそれぞれ対向させて、全体に連通するギャップを形成し、ギャップの所定箇所に、それぞれが直交3軸座標系のいずれかの軸方向へ対向する複数組の電極を配置して、個々の対向電極の間に静電容量を形成している。外側箱状構造体が力（荷重）によって変形すると、それに応じてギャップの形状及び寸法が変化し、個々の対向電極間の静電容量が変化する。この静電容量の変化から、内側箱状構造体に対する外側箱状構造体の変位量を算出し、算出した変位量に基づき、外側箱状構造体に加わった力の各軸方向の力成分及び各軸周りのモーメント成分を検出できるように構成されている。

10

【先行技術文献】

【特許文献】

【 0 0 0 3 】

【特許文献1】特許第4271475号公報

20

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 0 4 】

直交3軸座標系における各軸方向の力成分及び各軸周りのモーメント成分を検出する変位検出方式の6軸力センサでは、6軸それぞれの変位量を高精度に検出可能な構造を有する一方で、当該構造を単純化して部品の加工や組み立てを容易にし、製造コストを低減できるようにすることが望まれている。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 0 5 】

本発明の一態様は、第1固定面を有する固定部と、第1固定面に対向する第1可動面を有するとともに第2固定面を有する第1可動部と、直交3軸座標系において、第1可動部を固定部に対し、第1軸に平行な方向、第1軸に直交する第2軸に平行な方向、及び第1軸と第2軸との双方に直交する第3軸を中心とする回転方向へ、弾性的に変位可能に連結する第1連結部と、第2固定面に対向する第2可動面を有する第2可動部と、直交3軸座標系において、第2可動部を第1可動部に対し、第1軸を中心とする回転方向、第2軸を中心とする回転方向、及び第3軸に平行な方向へ、弾性的に変位可能に連結する第2連結部と、第1固定面と第1可動面との相対移動に基づき固定部に対する第1可動部の変位量を検出する第1検出部と、第2固定面と第2可動面との相対移動に基づき第1可動部に対する第2可動部の変位量を検出する第2検出部とを具備し、第1検出部による検出値及び第2検出部による検出値から、第2可動部に加わる力の、第1軸の方向の力成分、第2軸の方向の力成分、第3軸の方向の力成分、第1軸の周りのモーメント成分、第2軸の周りのモーメント成分、及び第3軸の周りのモーメント成分を検出できるようにした、6軸力センサである。

30

40

【発明の効果】

【 0 0 0 6 】

一態様に係る6軸力センサによれば、6軸それぞれの変位量の検出を、第1検出部と第2検出部とで3自由度ずつ分担して実施できるから、高精度な変位量検出が可能になる。第1検出部の検出対象である変位量を生じる構成部品と、第2検出部の検出対象である変位量を生じる構成部品とは、いずれも3自由度だけの変位を許容する構成を有していればよく、しかもそれら構成部品の双方に第1可動部が共有されているから、6軸力センサの

50

構造が単純化され、部品の加工や組み立てが容易になって、製造コストが低減される。

【図面の簡単な説明】

【0007】

【図1】第1の実施形態による6軸力センサの構成を概念的に示す斜視図である。

【図2】図1の6軸力センサの正面図である。

【図3】図1の6軸力センサの上面図である。

【図4】図1の6軸力センサを他の方向から示す斜視図である。

【図5】図4の線V-Vに沿って切り欠いた6軸力センサの斜視図である。

【図6】図4の線V-Vに沿って切り欠いた6軸力センサの平面図である。

【図7】図1の6軸力センサに装備できる電極の構成を示す図で、(a)第1検出部、(b)第2検出部を示す図である。 10

【図8】変形例による第1検出部を示す切欠き斜視図である。

【図9】第2の実施形態による6軸力センサの正面図である。

【図10】図9の6軸力センサの構成を概念的に示す断面図である。

【発明を実施するための形態】

【0008】

以下、添付図面を参照して本発明の実施の形態を説明する。全図面に渡り、対応する構成要素には共通の参照符号を付す。

【0009】

図1～図3は、第1の実施形態による6軸力センサ10を示す。6軸力センサ10は、固定部12と、第1可動部14と、直交3軸座標系16において、第1可動部14を固定部12に対し、第1軸(図ではX軸)に平行な方向、第1軸に直交する第2軸(図ではY軸)に平行な方向、及び第1軸と第2軸との双方に直交する第3軸(図ではZ軸)を中心とする回転方向へ、弾性的に変位可能に連結する第1連結部18と、第2可動部20と、直交3軸座標系16において、第2可動部20を第1可動部14に対し、第1軸(X軸)を中心とする回転方向、第2軸(Y軸)を中心とする回転方向、及び第3軸(Z軸)に平行な方向へ、弾性的に変位可能に連結する第2連結部22と、固定部12に対する第1可動部14の変位量を検出する第1検出部24と、第1可動部14に対する第2可動部20の変位量を検出する第2検出部26とを備える。 20

【0010】

固定部12は、例えばロボットアーム等の機械や構造体(図示せず。以下、機械類。)に力センサ10を取り付ける際に、当該機械類に直接又は間接に固定される基礎部分である。第2可動部20は、例えばロボットハンド等の、力センサ10の検出対象となる力(荷重)を発生する物体(図示せず。以下、力発生体。)に取り付けられて、当該力を受ける力受け部分である。力発生体から第2可動部20に加わった力(荷重)は、第2可動部20から第2連結部22に加わって第2連結部22を弾性変形させながら、第2可動部20を第1可動部14に対し、主として第1軸(X軸)を中心とする回転方向、第2軸(Y軸)を中心とする回転方向、及び第3軸(Z軸)に平行な方向の、いずれか一方向又は二方向以上の組合せ方向へ、弾性的に変位させる。第2検出部26は、第2連結部22の弾性変形に伴って生じる第2可動部20の、第1可動部14に対する各軸の変位量を検出する。また、第2可動部20から第2連結部22に加わった力は、第2連結部22から第1可動部14に伝達され、さらに第1可動部14から第1連結部18に加わって第1連結部18を弾性変形させながら、第1可動部14を固定部12に対し、主として第1軸(X軸)に平行な方向、第2軸(Y軸)に平行な方向、及び第3軸(Z軸)を中心とする回転方向の、いずれか一方向又は二方向以上の組合せ方向へ、弾性的に変位させる。第1検出部24は、第1連結部18の弾性変形に伴って生じる第1可動部14の、固定部12に対する各軸の変位量を検出する。 30 40

【0011】

図1～図3の実施形態では、固定部12は、直方体形状を有し、第1軸と第2軸との成す仮想平面(XY平面)に沿って広がる矩形平面状の面12aの四隅に、第3軸(Z軸) 50

に平行な方向へ延長される柱状の第1連結部18がそれぞれ設けられる。第1可動部14は、矩形平板状の第1部分28と、矩形棒状の第2部分30と、第1部分28と第2部分30との間に介在する矩形平板状の第3部分32とを備える。第1部分28と第3部分32とは、互いに別体に形成されて、互いに一体的に固定される。また、第2部分30と第3部分32とは、互いに別体に形成されて、互いに一体的に固定される。第1部分28と第3部分32との固定、及び第2部分30と第3部分32との固定は、例えば両者に共通するボルト34により、いわゆる共締め式に行うことができる(図2)。或いは、第1部分28と第3部分32との固定、及び第2部分30と第3部分32との固定を、それぞれ別のボルト等の固定手段で行うこともできる。

【0012】

第1部分28は、平面視(図でZ軸方向上方から見た形態)で固定部12と同一の外形の直方体形状を有し、固定部12の面12aに空間36を介して対向する矩形平面状の面28a(図2)を有する。4個の第1連結部18の各々は、固定部12に連結される端部(図で下端)とは反対側の端部(図で上端)で、第1部分28の面28aの四隅に連結される。この実施形態では、固定部12と第1連結部18と第1部分28とは、互いに同一の材料から一体に形成されて、直方体状の外観を呈する単一の構造体を構成している。

【0013】

第3部分32は、平面視(図でZ軸方向上方から見た形態)で第1部分28と同一の外形の直方体形状を有し、第1部分28に外形を整合させて重ね合わせて固定される。第3部分32は、第1部分28の面28aとは反対側を向く矩形平面状の面32a(図2)を有する。第2部分30は、平面視(図でZ軸方向上方から見た形態)で第3部分32と同一の矩形の外形を有し、第3部分32に外形を整合させて固定される。第2部分30は、第3部分32の面32aに空間38を介して対向する矩形棒状かつ平面状の面30a(図2)を有する。

【0014】

この実施形態では、矩形棒状の第2部分30の四辺に相当する部分の中央に、計4個の貫通孔30bが形成され、それら貫通孔30bにボルト34の軸部34aがそれぞれ挿通される。各ボルト34は、軸部34aの雄ねじ部分が、第2部分30の貫通孔30bに対応する位置に形成された第3部分32の貫通穴32bを通して、同様の位置に形成された第1部分28のねじ穴28bに螺合する。これにより、第1部分28と第2部分30と第3部分32とが互いに一体的に連結される。この実施形態では、第1部分28と第2部分30と第3部分32とは、互いに同一又は異なる材料から形成され、互いに一体的に固定されて直方体状の外観を呈している。

【0015】

第2部分30と第3部分32との間には、スペーサ39が挿入される(図2)。この実施形態では、中心孔を有する計4個の環状のスペーサ39が、その中心孔に個々のボルト34の軸部34aを挿通した状態で、第2部分30と第3部分32との間に配置されている。スペーサ39は所定の厚みを有し、その厚みにより、空間38の第3軸(Z軸)方向の寸法を規定する。独立した部品であるスペーサ39に代えて、第2部分30の面30a又は第3部分32の面32aに、所定高さに突出する突起を設け、この突起により空間38の寸法を規定することもできる。

【0016】

4個の第1連結部18の各々は、固定部12と第1可動部14の第1部分28との間で、それ自体の変形時に第3軸(Z軸)に平行に配置される弾性梁として作用する。弾性梁である第1連結部18は、第3軸(Z軸)に平行な方向の力によっては容易に変形(つまり伸縮)しない一方で、第1軸(X軸)に平行な方向の力、第2軸(Y軸)に平行な方向の力、又は第3軸(Z軸)の周りの回転方向の力によって、柱が傾くような撓みを弾性的に生じる。このような第1連結部18の作用により、第1可動部14は固定部12に対し、第3軸(Z軸)に平行な方向へは変位し難く、他方、第1軸(X軸)に平行な方向、第2軸(Y軸)に平行な方向、及び第3軸(Z軸)を中心とする回転方向へ弾性的に変位

10

20

30

40

50

することができる。なお、個々の第1連結部18が撓んでいない状態で、第1可動部14の面28a、30a、32aは、第1軸と第2軸とが成す仮想平面(XY平面)に平行に配置される。

【0017】

上記実施形態では、固定部12の面12aの四隅に第1連結部18が配置されているが、これに代えて、矩形の面12aの四辺に相当する外縁近傍部位のそれぞれの中央に、第1連結部18を設けることもできる。また、固定部12及び第1可動部14が、図示の直方体状の外観ではなく、例えば円板状の外観を有する場合は、例えば中心角120度毎の位置に計3個の第1連結部18を形成することもできる。固定部12及び第1可動部14は様々な外観を有することができ、それに応じて所望個数の第1連結部18を所望位置に形成できるが、好ましくは第1連結部18は、第1可動部14が固定部12に対して変位する間、前者の面28aと後者の面12aとが略平行な姿勢を維持し得るような位置に形成される。各第1連結部18は、図示の四角柱状の形状でもよいし、円柱や他の多角柱状の形状でもよい。各第1連結部18は、図示のように全体に一樣な太さを有していてもよいし、長手方向中央又は長手方向一端が細い又は太い形状や、複数の曲面を組み合わせた形状であってもよい。このように第1連結部18は、固定部12に対する第1可動部14の前述した3自由度の弾性変位を可能にするものであればよく、その前提で様々な構成を採用できる。

10

【0018】

図1～図3の実施形態では、第2可動部20は、直方体形状の基板部分40と、基板部分40から突出する直方体形状の突出部分42とを備える(図1、図3)。基板部分40は、突出部分42に対し平面視(図でZ軸方向上方から見た形態)で僅かに大きな相似の外形を有し、突出部分42よりも側方へ張り出す領域の四隅に、第2連結部22がそれぞれ設けられる。基板部分40は、第1可動部14の矩形枠状の第2部分30に対し、平面視(図でZ軸方向上方から見た形態)で小さな相似の外形と、同一の厚み(図でZ軸方向寸法)とを有し、第2部分30によって包囲される位置に配置される。基板部分40は、第2部分30の面30aと同一側(図2で下側)に位置する矩形平面状の面40a(図2)を有し、面40aとは反対側(図2で上側)に突出部分42が形成される。基板部分40と第2部分30との間には、直方体形状の基板部分40の四辺に相当する外縁に沿って、それぞれ第1軸(X軸)方向又は第2軸(Y軸)方向へ延びるスリット44が形成される(図1、図3)。第1軸(X軸)方向へ延びる一対のスリット44とそれらの隣で第2軸(Y軸)方向へ延びる一対のスリット44との間に、計4個の第2連結部22がそれぞれ形成される(図3)。

20

30

【0019】

4個の第2連結部22の各々は、第1可動部14の第2部分30と第2可動部20の基板部分40との間で、それ自体の非変形時に第1軸と第2軸とが成す仮想平面(XY平面)に沿って配置される弾性梁として作用する。弾性梁である第2連結部22は、第1軸(X軸)に平行な方向の力及び第2軸(Y軸)に平行な方向の力によっては容易に変形(つまり伸縮)しない一方で、第3軸(Z軸)に平行な方向の力、第1軸(X軸)の周りの回転方向の力、又は第2軸(Y軸)の周りの回転方向の力によって、梁が傾くような撓みを弾性的に生じる。このような第2連結部22の作用により、第2可動部20は第1可動部14に対し、第1軸(X軸)に平行な方向及び第2軸(Y軸)に平行な方向へは変位し難く、他方、第1軸(X軸)を中心とする回転方向、第2軸(Y軸)を中心とする回転方向、及び第3軸(Z軸)に平行な方向へ弾性的に変位することができる。なお、個々の第2連結部22が撓んでいない状態で、第2可動部20の面40aは、第1軸と第2軸とが成す仮想平面(XY平面)に平行に配置される。

40

【0020】

この実施形態では、第2部分30と第2連結部22と基板部分40とは、互いに同一の材料から一体に形成されて、直方体状の外観を呈する単一の構造体を構成している。この構造体にさらに、ボルト34によって第2部分30に一体的に固定される第3部分32を

50

加えて、単一の構造体と見なすこともできる。基板部分 4 0 と突出部分 4 2 とは、互いに同一の材料から一体に形成されてもよいし、互いに別体に形成されて、互いに一体的に固定されてもよい。突出部分 4 2 は、基板部分 4 0 の面 4 0 a とは反対側の面 4 2 a に、力発生体を取り付ける複数の取付穴 4 6 (図 1、図 3) が設けられている。

【 0 0 2 1 】

上記実施形態では、第 2 可動部 2 0 の基板部分 4 0 及び突出部分 4 2 の外観を直方体形状にしているが、円柱状や他の多角柱状の外観を有していてもよい。例えば第 2 可動部 2 0 が円柱状の場合、その周囲で円弧状に延びるスリット 4 4 を中心角 1 2 0 度毎に 1 個ずつ計 3 個形成し、周方向へ隣り合うスリット 4 4 の間に計 3 個の第 2 連結部 2 2 を形成できる。これに対応して、第 1 可動部 1 4 の一体化に使用されるボルト 3 4 も、個々の円弧状スリット 4 4 の中心付近の計 3 箇所を用いることができる。また、スリット 4 4 内の任意の箇所で基板部分 4 0 と第 2 部分 3 0 とを、それらの相対変位を妨害しない程度に互いに連結し、隣り合う第 2 連結部 2 2 の間に、貫通するスリット 4 4 ではなく非貫通の溝を形成することもできる。或いは、第 2 連結部 2 2 を、基板部分 4 0 と第 2 部分 3 0 との間に延びるダイアフラム状の形状とすることもできる。第 1 可動部 1 4 及び第 2 可動部 2 0 は様々な外観を有することができ、それに応じて所望個数の第 2 連結部 2 2 を所望位置に形成できるが、好ましくは第 2 連結部 2 2 は、第 2 可動部 2 0 が第 1 可動部 1 4 に対して変位する間、前者の面 4 0 a と後者の面 3 2 a との第 1 軸 (X 軸) 方向及び第 2 軸 (Y 軸) 方向の位置関係が変化しないような位置に形成される。このように第 2 連結部 2 2 は、第 1 可動部 1 4 に対する第 2 可動部 2 0 の前述した 3 自由度の弾性変位を可能にするものであればよく、その前提で様々な構成を採用できる。

【 0 0 2 2 】

図 1 ~ 図 3 の実施形態では、固定部 1 2 と第 1 可動部 1 4 との間に、静電容量を有する第 1 ギャップ 4 8 が形成される (図 2)。第 1 検出部 2 4 は、第 1 ギャップ 4 8 における静電容量の変化を検出することにより、固定部 1 2 に対する第 1 可動部 1 4 の変位量を検出する。また図 1 ~ 図 3 の実施形態では、第 1 可動部 1 4 と第 2 可動部 2 0 との間に、静電容量を有する第 2 ギャップ 5 0 が形成される (図 2)。第 2 検出部 2 6 は、第 2 ギャップ 5 0 における静電容量の変化を検出することにより、第 1 可動部 1 4 に対する第 2 可動部 2 0 の変位量を検出する。

【 0 0 2 3 】

第 1 検出部 2 4 の構成を、図 2 及び図 4 ~ 図 7 を参照して詳述する。なお図 5 及び図 6 は、6 軸力センサ 1 0 を図 4 の線 V - V に沿って切り欠いて示す。

【 0 0 2 4 】

固定部 1 2 は、面 1 2 a から第 3 軸 (Z 軸) 方向 (図 4 で上方) へ各々突出する 2 個の固定ブロック 5 2 を有する。各固定ブロック 5 2 は、面 1 2 a よりも十分に小さい直方体形状を有して、空間 3 6 の中で、面 1 2 a の所定位置に配置される。1 つの固定ブロック 5 2 は、第 1 軸と第 3 軸との成す仮想平面 (X Z 平面) に沿って広がる第 1 固定面 5 2 a (図 6) を有する。他の 1 つの固定ブロック 5 2 は、第 2 軸と第 3 軸との成す仮想平面 (Y Z 平面) に沿って広がる第 1 固定面 5 2 a (図 6) を有する。したがって、1 つの固定ブロック 5 2 の第 1 固定面 5 2 a と他の 1 つの固定ブロック 5 2 の第 1 固定面 5 2 a とは、互いに 9 0 度の角度で交差する方向へ延びる。

【 0 0 2 5 】

他方、第 1 可動部 1 4 は、第 1 部分 2 8 の面 2 8 a から第 3 軸 (Z 軸) 方向 (図 4 で下方) へ各々突出する 2 個の可動ブロック 5 4 を有する。各可動ブロック 5 4 は、面 2 8 a よりも十分に小さい直方体形状を有して、空間 3 6 の中で、面 2 8 a の所定位置に配置される。1 つの可動ブロック 5 4 は、個々の第 1 連結部 1 8 が撓んでいない状態で、第 1 軸と第 3 軸との成す仮想平面 (X Z 平面) に沿って広がる第 1 可動面 5 4 a を有する。他の 1 つの可動ブロック 5 4 は、個々の第 1 連結部 1 8 が撓んでいない状態で、第 2 軸と第 3 軸との成す仮想平面 (Y Z 平面) に沿って広がる第 1 可動面 5 4 a を有する。したがって、1 つの可動ブロック 5 4 の第 1 可動面 5 4 a と他の 1 つの可動ブロック 5 4 の第 1 可動

面 5 4 a とは、互いに 90 度の角度で交差する方向へ延びる。

【 0 0 2 6 】

2 つの第 1 可動面 5 4 a の各々は、対応する仮想平面に沿って広がる 2 つの第 1 固定面 5 2 a の各々に、平行に対向可能な位置に配置される。個々の第 1 連結部 1 8 が撓んでいない状態で、第 1 軸と第 3 軸との成す仮想平面 (X Z 平面) に平行な第 1 固定面 5 2 a 及び第 1 可動面 5 4 a は、互いに平行に第 2 軸 (Y 軸) 方向へ対向し、第 2 軸と第 3 軸との成す仮想平面 (Y Z 平面) に平行な第 1 固定面 5 2 a 及び第 1 可動面 5 4 a は、互いに平行に第 1 軸 (X 軸) 方向へ対向する。これら 2 組の互いに対向する第 1 固定面 5 2 a と第 1 可動面 5 4 a との間のそれぞれに、第 1 ギャップ 4 8 が形成される。個々の第 1 連結部 1 8 が撓んでいない状態で、2 個の第 1 ギャップ 4 8 は互いに同一の形状及び寸法を有す

10

【 0 0 2 7 】

第 1 検出部 2 4 は、2 個の第 1 ギャップ 4 8 に設けられる互いに電氣的に独立した計 3 個以上の静電容量形成部を有する。各静電容量形成部は、1 つの固定ブロック 5 2 の第 1 固定面 5 2 a に形成される固定電極 5 6 と、対向する 1 つの可動ブロック 5 4 の第 1 可動面 5 4 a に形成される可動電極 5 8 とから構成される。第 1 ギャップ 4 8 は、互いに対向する固定電極 5 6 と可動電極 5 8 との間を電氣的に絶縁する。互いに対向する固定電極 5 6 と可動電極 5 8 とにより、第 1 ギャップ 4 8 に所定の静電容量が形成される。

【 0 0 2 8 】

図 7 (a) は、1 つの固定ブロック 5 2 の第 1 固定面 5 2 a に形成される固定電極 5 6 、又は 1 つの可動ブロック 5 4 の第 1 可動面 5 4 a に形成される可動電極 5 8 の、一実施例の構成を示す。この実施例では、1 つの固定ブロック 5 2 の第 1 固定面 5 2 a に、長手方向へ互いに隣接する矩形輪郭の一对の固定電極 5 6 が形成される。それら固定電極 5 6 は、互いに同一の輪郭形状を有し、互いに電氣的に絶縁されて短冊形に配置される。同様に、1 つの可動ブロック 5 4 の第 1 可動面 5 4 a に、長手方向へ互いに隣接する矩形輪郭の一对の可動電極 5 8 が形成される。それら可動電極 5 8 は、互いに同一の輪郭形状を有し、互いに電氣的に絶縁されて短冊形に配置される。固定電極 5 6 と可動電極 5 8 とは、互いに同一の輪郭形状を有する。個々の第 1 連結部 1 8 が撓んでいない状態で、互いに対向する固定電極 5 6 と可動電極 5 8 とは、対向方向に見てそれぞれの輪郭を見当合わせした位置に配置される。これら互いに対向する計 4 組の固定電極 5 6 と可動電極 5 8 とにより、2 個の第 1 ギャップ 4 8 の各々に 2 個ずつ、全体で計 4 個の静電容量が形成される。

20

30

【 0 0 2 9 】

図 7 (a) の実施例による静電容量形成部を備えた 6 軸力センサ 1 0 において、第 1 可動部 1 4 が固定部 1 2 に対して第 1 軸 (X 軸) 方向へ変位すると、第 1 軸 (X 軸) 方向へ対向する第 1 固定面 5 2 a と第 1 可動面 5 4 a とが相互に接近又は離反する方向へ相対的に平行移動して、第 1 ギャップ 4 8 を一様に縮小又は拡大する。これにより、第 1 軸 (X 軸) 方向へ対向する 2 組の固定電極 5 6 と可動電極 5 8 との間の静電容量が互いに同じ態様で変化する。第 1 検出部 2 4 は、これら静電容量の同一態様の変化を検出し、固定部 1 2 に対する第 1 可動部 1 4 の第 1 軸 (X 軸) 方向への変位量の検出値として出力する。同様に、第 1 可動部 1 4 が固定部 1 2 に対して第 2 軸 (Y 軸) 方向へ変位すると、第 2 軸 (Y 軸) 方向へ対向する第 1 固定面 5 2 a と第 1 可動面 5 4 a とが相互に接近又は離反する方向へ相対的に平行移動して、第 1 ギャップ 4 8 を一様に縮小又は拡大する。これにより、第 2 軸 (Y 軸) 方向へ対向する 2 組の固定電極 5 6 と可動電極 5 8 との間の静電容量が互いに同じ態様で変化する。第 1 検出部 2 4 は、これら静電容量の同一態様の変化を検出し、固定部 1 2 に対する第 1 可動部 1 4 の第 2 軸 (Y 軸) 方向への変位量の検出値として出力する。

40

【 0 0 3 0 】

第 1 可動部 1 4 が固定部 1 2 に対して第 3 軸 (Z 軸) を中心とする回転方向へ変位すると、第 1 軸 (X 軸) 方向へ対向する第 1 固定面 5 2 a と第 1 可動面 5 4 a とが相対的に傾斜するとともに、第 2 軸 (Y 軸) 方向へ対向する第 1 固定面 5 2 a と第 1 可動面 5 4 a と

50

が相対的に傾斜して、それぞれの第1ギャップ48を、固定電極56又は可動電極58の長手方向の一端側で縮小し他端側で拡大する。これにより、第1軸(X軸)方向へ対向する2組の固定電極56と可動電極58との間の静電容量が互いに異なる態様で変化するとともに、第2軸(Y軸)方向へ対向する2組の固定電極56と可動電極58との間の静電容量が互いに異なる態様で変化する。第1検出部24は、これら静電容量の互いに異なる態様での変化を検出し、固定部12に対する第1可動部14の第3軸(Z軸)を中心とする回転方向への変位量の検出値として出力する。

【0031】

第1可動部14が固定部12に対し、第1軸(X軸)方向、第2軸(Y軸)方向及び第3軸(Z軸)周り回転方向の、いずれか2つ以上の方向を合成した変位を生じたときにも、第1軸(X軸)方向へ対向する2組の固定電極56と可動電極58との間の静電容量の変化、及び第2軸(Y軸)方向へ対向する2組の固定電極56と可動電極58との間の静電容量の変化に基づき、第1検出部24は、第1可動部14の変位量の第1軸(X軸)方向成分、第2軸(Y軸)方向成分及び第3軸(Z軸)周り回転方向成分を検出値として出力することができる。

【0032】

第1検出部24は、固定部12に対する第1可動部14の、第1軸(X軸)に平行な方向、第2軸(Y軸)に平行な方向、及び第3軸(Z軸)を中心とする回転方向への変位量を検出するものである。したがって、2個の第1ギャップ48に少なくとも3個の静電容量を形成すれば、これら各軸方向の変位量を検出できる。例えば、2組の互いに対向する第1固定面52aと第1可動面54aとのうちいずれか1組は、互いに対向する固定電極56と可動電極58とを1組のみ有して、単一の静電容量を形成するように構成できる。或いは、互いに対向する1組の第1固定面52aと第1可動面54aとに、互いに対向する3組以上の固定電極56と可動電極58とを形成したり、或いは互いに対向する固定ブロック52及び可動ブロック54を3組以上設けたりすることで、全体で計5個以上の静電容量を形成することもできる。なお、1組の第1固定面52aと第1可動面54aとに形成される固定電極56と可動電極58とは、いずれか一方を1つの大判の電極として共通電位を与え、他方を2つ以上の小判の電極として個別に電位を与えることで、図7(a)の実施例と同等の機能を持たせることもできる。或いは、そのような大判の電極をも排除して、第1固定面52aと第1可動面54aとのいずれか一方を接地電位とすることもできる。

【0033】

図8は、3組の互いに対向する固定ブロック52及び可動ブロック54を備えた変形例による第1検出部24の構成を示す。この変形例では、固定部12の面12aの所定位置に3個の固定ブロック52が設けられ、第1可動部14の第1部分28の面28a(図4)の所定位置に3個の可動ブロック54が設けられる。各固定ブロック52は、第3軸を含む仮想平面に沿って広がる第1固定面52a(図6)を有する。1つの固定ブロック52の第1固定面52aと他の1つの固定ブロック52の第1固定面52aとは、互いに60度の角度で交差する方向へ延びる。各可動ブロック54は、第3軸を含む仮想平面に沿って広がる第1可動面54a(図6)を有する。1つの可動ブロック54の第1可動面54aと他の1つの可動ブロック54の第1可動面54aとは、互いに60度の角度で交差する方向へ延びる。3つの第1可動面54aの各々は、対応する仮想平面に沿って広がる3つの第1固定面52aの各々に、平行に対向可能な位置に配置される。これら3組の互いに対向する第1固定面52aと第1可動面54aとの間のそれぞれに、第1ギャップ48が形成される。

【0034】

図8に示す変形例では、3個の第1ギャップ48の各々に、互いに対向する1組の固定電極56及び可動電極58(図6)を形成して、全体で計3個の静電容量を形成することができる。第1検出部24は、計3組の固定電極56と可動電極58との間の静電容量の変化に基づき、固定部12に対する第1可動部14の、第1軸(X軸)方向への変位量

10

20

30

40

50

、第2軸（Y軸）方向への変位量、及び第3軸（Z軸）周り回転方向への変位量を検出することができる。

【0035】

固定電極56及び可動電極58は、例えばフレキシブルプリント回路から形成して、第1固定面52a及び第1可動面54aに貼り付けることで形成できる。或いは、蒸着、導電性インクの印刷等、他の様々な方法で固定電極56及び可動電極58を形成できる。固定ブロック52は、固定部12に一体に形成してもよいし、固定部12とは別体に形成して固定部12に取り付けてもよい。同様に可動ブロック54は、第1可動部14の第1部分28に一体に形成してもよいし、第1部分28とは別体に形成して第1部分28に取り付けてもよい。いずれの場合も、少なくとも固定ブロック52及び可動ブロック54は、電気絶縁性の材料から作製されるか、或いは固定電極56及び可動電極58から電氣的に絶縁される。但し第1固定面52a又は第1可動面54aに接地電位を与える場合は、金属製の固定ブロック52又は可動ブロック54を使用できる。

10

【0036】

固定ブロック52及び可動ブロック54の少なくとも一方を、固定部12及び第1部分28の少なくとも一方とは別体の部材とすることで、第1ギャップ48の形成が容易になる。例えば、先に固定部12の面12aの所定位置に固定ブロック52を取り付けて固定し、所定厚みの薄板を第1固定面52aと第1可動面54aとの間に挟んだ状態で可動ブロック54を位置決めし、その状態で可動ブロック54を第1部分28の面28aに取り付けて固定する。可動ブロック54の取付が完了した後、薄板を取り除けば、薄板の厚みに相当する寸法の第1ギャップ48が確保される。

20

【0037】

次に、第2検出部26の構成を、図2、図3及び図7を参照して詳述する。

【0038】

第1可動部14は、第3部分32の面32aとして、第3軸（Z軸）に直交する仮想平面に沿って広がる第2固定面32aを有する。第2可動部20は、基板部分40の面40aとして、個々の第2連結部22が撓んでいない状態で第3軸（Z軸）に直交する仮想平面に沿って広がる第2可動面40aを有する。第2可動面40aは、第2固定面32aに平行に対向可能な位置に配置される。個々の第2連結部22が撓んでいない状態で、第2固定面32a及び第2可動面40aは、互いに平行に第3軸（Z軸）方向へ対向する。互いに対向する第2固定面32aと第2可動面40aとの間に、第2ギャップ50が形成される。なお、第2固定面32aという名称は、第2可動面40aとの相対的動作関係を表現したものであって、前述した第1固定面52aと異なり、6軸力センサ10の中で常に固定的に配置される面を意味するものではない。

30

【0039】

第2検出部26は、第2ギャップ50に設けられる互いに電氣的に独立した計3個以上の静電容量形成部を有する。各静電容量形成部は、第2固定面32aに形成される固定電極60と、第2可動面40aに形成される可動電極62とから構成される。第2ギャップ50は、互いに対向する固定電極60と可動電極62との間を電氣的に絶縁する。互いに対向する固定電極60と可動電極62とにより、第2ギャップ50に所定の静電容量が形成される。なお、固定電極60という名称は、可動電極62との相対的動作関係を表現したものであって、前述した固定電極56と異なり、6軸力センサ10の中で常に固定的に配置される電極を意味するものではない。

40

【0040】

図7(b)は、第2固定面32aに形成される固定電極60、又は第2可動面40aに形成される可動電極62の、一実施例の構成を示す。この実施例では、第2固定面32aに、周方向へ互いに隣接する扇形輪郭の3個の固定電極60が形成される。それら固定電極60は、中心角120度の互いに同一の輪郭形状を有し、互いに電氣的に絶縁されて円形に配置される。同様に、第2可動面40aに、周方向へ互いに隣接する扇形輪郭の3個の可動電極62が形成される。それら可動電極62は、中心角120度の互いに同一の輪

50

郭形状を有し、互いに電氣的に絶縁されて円形に配置される。固定電極 60 と可動電極 62 とは、互いに同一の輪郭形状を有する。個々の第 1 連結部 18 が撓んでいない状態で、互いに対向する固定電極 60 と可動電極 62 とは、対向方向に見てそれぞれの輪郭を見当合わせした位置に配置される。これら互いに対向する計 3 組の固定電極 60 と可動電極 62 とにより、第 2 ギャップ 50 に計 3 個の静電容量が形成される。

【0041】

図 7 (b) の実施例による静電容量形成部を備えた 6 軸力センサ 10 において、第 2 可動部 20 が第 1 可動部 14 に対して第 3 軸 (Z 軸) 方向へ変位すると、第 3 軸 (Z 軸) 方向へ対向する第 2 固定面 32a と第 2 可動面 40a とが相互に接近又は離反する方向へ相対的に平行移動して、第 2 ギャップ 50 を一様に縮小又は拡大する。これにより、3 組の固定電極 60 と可動電極 62 との間の静電容量が互いに同じ態様で変化する。第 2 検出部 26 は、これら静電容量の同一態様の変化を検出し、第 1 可動部 14 に対する第 2 可動部 20 の第 3 軸 (Z 軸) 方向への変位量の検出値として出力する。

【0042】

第 2 可動部 20 が第 1 可動部 14 に対して第 1 軸 (X 軸) 又は第 2 軸 (Y 軸) を中心とする回転方向へ変位すると、第 2 固定面 32a と第 2 可動面 40a とが相対的に傾斜して、第 2 ギャップ 50 を、固定電極 60 又は可動電極 62 の径方向の一端側で縮小し他端側で拡大する。これにより、第 3 軸 (Z 軸) 方向へ対向する 3 組の固定電極 60 と可動電極 62 との間の静電容量がそれぞれに異なる態様で変化する。第 2 検出部 26 は、これら静電容量の互いに異なる態様での変化を検出し、第 1 可動部 14 に対する第 2 可動部 20 の第 1 軸 (X 軸) 又は第 2 軸 (Y 軸) を中心とする回転方向への変位量の検出値として出力する。

【0043】

第 2 可動部 20 が第 1 可動部 14 に対し、第 1 軸 (X 軸) 周り回転方向、第 2 軸 (Y 軸) 周り回転方向及び第 3 軸 (Z 軸) 方向の、いずれか 2 つ以上の方向を合成した変位を生じたときにも、第 3 軸 (Z 軸) 方向へ対向する 3 組の固定電極 60 と可動電極 62 との間の静電容量の変化に基づき、第 2 検出部 26 は、第 2 可動部 20 の変位量の第 1 軸 (X 軸) 周り回転方向成分、第 2 軸 (Y 軸) 周り回転方向成分及び第 3 軸 (Z 軸) 方向成分を検出値として出力することができる。

【0044】

第 2 検出部 26 は、第 1 可動部 14 に対する第 2 可動部 20 の、第 1 軸 (X 軸) を中心とする回転方向、第 2 軸 (Y 軸) を中心とする回転方向、及び第 3 軸 (Z 軸) に平行な方向への変位量を検出するものである。したがって、第 2 ギャップ 50 に少なくとも 3 個の静電容量を形成すれば、これら各軸方向の変位量を検出できる。例えば、第 2 固定面 32a と第 2 可動面 40a とに、互いに対向する 4 組以上の固定電極 60 と可動電極 62 とを形成することで、計 4 個以上の静電容量を形成することもできる。また、固定電極 60 及び可動電極 62 は、図示の扇形以外の形状、及び図示の円形配置以外の配置を有することができる。なお、第 2 固定面 32a に形成される固定電極 60 と第 2 可動面 40a に形成される可動電極 62 とは、いずれか一方を 1 つの大判の電極として共通電位を与え、他方を 3 つ以上の小判の電極として個別に電位を与えることで、図 7 (b) の実施例と同等の機能を持たせることもできる。或いは、そのような大判の電極をも排除して、第 2 固定面 32a と第 2 可動面 40a とのいずれか一方を接地電位とすることで、静電容量を形成することもできる。

【0045】

固定電極 60 及び可動電極 62 は、例えばフレキシブルプリント回路から形成して、第 2 固定面 32a 及び第 2 可動面 40a に貼り付けることで形成できる。或いは、蒸着、導電性インクの印刷等、他の様々な方法で固定電極 60 及び可動電極 62 を形成できる。第 1 可動部 14 の第 3 部分 32 及び第 2 可動部 20 の基板部分 40 は、電気絶縁性の材料から作製されるか、或いは固定電極 60 及び可動電極 62 から電氣的に絶縁される。但し第 2 固定面 32a 又は第 2 可動面 40a に接地電位を与える場合は、金属製の第 3 部分 32

10

20

30

40

50

又は基板部分40を使用できる。第2ギャップ50は、第1可動部14の第2部分30と第3部分32との間に空間38を形成するためのスペーサ39（又は同等の機能を有する突起）によって、所定寸法に確保できる。

【0046】

6軸力センサ10は、第1検出部24による前述した変位量の検出値及び第2検出部26による前述した変位量の検出値から、第2可動部20に加わる力の、第1軸（図でX軸）の方向の力成分、第2軸（図でY軸）の方向の力成分、第3軸（図でZ軸）の方向の力成分、第1軸の周りのモーメント成分、第2軸の周りのモーメント成分、及び第3軸の周りのモーメント成分を検出できるようにするものである。これら力成分及びモーメント成分の検出は、6軸力センサ10とは別の演算装置によって実施できる。或いは図1に示すように、6軸力センサ10は、第1検出部24が検出した変位量の検出値及び第2検出部26が検出した変位量の検出値に基づき、第2可動部20に加わる力の、第1軸（図でX軸）の方向の力成分、第2軸（図でY軸）の方向の力成分、第3軸（図でZ軸）の方向の力成分、第1軸の周りのモーメント成分、第2軸の周りのモーメント成分、及び第3軸の周りのモーメント成分を演算する演算部64を備えることができる。

10

【0047】

変位量の検出値から力成分やモーメント成分を求める演算は、例えば、変位量の検出値と予め求めた変換係数行列とを行列演算する手法により実行できる。変換係数行列は、6軸力センサ10に対して既知の荷重を様々な方向に加えて、当該荷重の力及びモーメントの6軸方向成分に対応する変位データを収集し、それら変位データから公知の数学的手法により求めることができる。ここで、静電容量は固定電極56、60と可動電極58、62との間の距離に反比例するので、第1検出部24及び第2検出部26は、検出した静電容量の変化量の逆数から第1可動部14及び第2可動部20の変位量を求めて検出値として出力できる。しかし、公知の数学的手法を用いることで、第1検出部24及び第2検出部26が検出した静電容量の変化量の生データ（つまり静電容量の検出値）に基づき、例えば演算部64が、直接的に力成分及びモーメント成分を求めることもできる。この場合、第1検出部24及び第2検出部26は、検出した静電容量の変化量を検出値として出力することになる。本実施形態では、第1検出部24及び第2検出部26が静電容量の変化を検出することは、第1検出部24及び第2検出部26が対応の可動部14、20の変位量を検出することと、数学的観点において同義のものと定義する。

20

30

【0048】

第1の実施形態による6軸力センサ10は、第1連結部18により固定部12と第1可動部14とを、第1可動部14が3自由度の態様で変位できるように相互連結するとともに、第2連結部22により第1可動部14と第2可動部20とを、第2可動部20が第1可動部14とは異なる3自由度の態様で変位できるように相互連結し、第1検出部24が固定部12対する第1可動部14の変位量を検出する一方で、第1検出部24とは異なる第2検出部26が第1可動部14に対する第2可動部20の変位量を検出するように構成されている。6軸それぞれの変位量の検出を、第1検出部24と第2検出部26とで3自由度ずつ分担して実施できるから、高精度な変位量検出が可能になる。第1検出部24の検出対象である変位量を生じる構成部品と、第2検出部26の検出対象である変位量を生じる構成部品とは、いずれも3自由度だけの変位を許容する構成を有していればよく、しかもそれら構成部品の双方に、第1可動部14が共有されているから、6軸力センサ10の構造が単純化され、部品の加工や組み立てが容易になって、製造コストが低減される。

40

【0049】

特に6軸力センサ10では、固定部12と第1可動部14との間に第1ギャップ48を形成して、第1ギャップ48における静電容量の変化を第1検出部24が検出し、第1可動部14と第2可動部20との間に第2ギャップ50を形成して、第2ギャップ50における静電容量の変化を第2検出部26が検出するように構成したから、第1ギャップ48と第2ギャップ50とを別々に精度良く形成できる。その結果、第1ギャップ48及び第2ギャップ50における静電容量の変化を高精度に検出でき、固定部12に対する第1可

50

動部 14 の変位量、及び第 1 可動部 14 に対する第 2 可動部 20 の変位量を、それぞれに高精度に検出することができる。

【0050】

図 9 及び図 10 は、第 2 の実施形態による 6 軸力センサ 70 を示す。6 軸力センサ 70 は、6 軸力センサ 10 における第 1 可動部 14 の第 3 部分 32 を省略した点以外は、6 軸力センサ 10 と同様の構成を有する。よって、対応する構成要素には共通する参照符号を付してその説明を省略する。

【0051】

6 軸力センサ 70 は、固定部 12 と、第 1 可動部 72 と、第 1 連結部 18 と、第 2 可動部 20 と、第 2 連結部 22 と、第 1 検出部 24 と、第 2 検出部 26 とを備える。第 1 可動部 72 は、矩形平板状の第 1 部分 28 と、矩形棒状の第 2 部分 30 とを備える。第 1 部分 28 と第 2 部分 30 とは、互いに別体に形成されて、互いに一体的に固定される。第 1 部分 28 と第 2 部分 30 とは、例えばボルト 34 により互いに固定できる。第 1 部分 28 の、面 28a とは反対側（図で上側）の面 28c は、第 2 部分 30 の面 30a に空間 38 を介して対向する。

【0052】

第 1 可動部 72 は、第 1 部分 28 の面 28c として、第 3 軸（Z 軸）に直交する仮想平面に沿って広がる第 2 固定面 28c を有する。第 2 可動部 20 の面 40a すなわち第 2 可動面 40a は、第 2 固定面 28c に平行に対向可能な位置に配置される。個々の第 2 連結部 22 が撓んでいない状態で、第 2 固定面 28c 及び第 2 可動面 40a は、互いに平行に第 3 軸（Z 軸）方向へ対向する。互に対向する第 2 固定面 28c と第 2 可動面 40a との間に、第 2 ギャップ 50 が形成される。第 2 ギャップ 50 に設けられる計 3 個以上の静電容量形成部は、第 2 固定面 28c に形成される固定電極 60 と、第 2 可動面 40a に形成される可動電極 62 とから構成される。第 2 ギャップ 50 は、第 1 可動部 14 の第 1 部分 28 と第 2 部分 30 との間に空間 38 を形成するためのスペーサ 39（又は同等の機能を有する突起）によって、所定寸法に確保できる。

【0053】

第 2 の実施形態による 6 軸力センサ 70 は、第 1 実施形態による 6 軸力センサ 10 と同様に作用して、第 1 検出部 24 による検出値及び第 2 検出部 26 による検出値から、第 2 可動部 20 に加わる力の、第 1 軸（X 軸）の方向の力成分、第 2 軸（Y 軸）の方向の力成分、第 3 軸（Z 軸）の方向の力成分、第 1 軸の周りのモーメント成分、第 2 軸の周りのモーメント成分、及び第 3 軸の周りのモーメント成分を検出できるようにする。このような構成を有する 6 軸力センサ 70 は、前述した 6 軸力センサ 10 の効果と同等の効果奏する。さらに 6 軸力センサ 70 は、第 1 可動部 72 の構成を第 1 可動部 14 に比べて単純化したから、製造コストを一層削減することができる。

【0054】

以上、本発明の実施形態の構成を図面に基づいて説明したが、本発明は図示構成に限定されない。例えば、第 1 検出部及び第 2 検出部は、静電容量の変化から変位量を検出する上記構成に限定されず、光学式、磁気式等の、他の変位量検出手段を備える構成とすることができる。

【符号の説明】

【0055】

- 10、70 6 軸力センサ
- 12 固定部
- 14、72 第 1 可動部
- 18 第 1 連結部
- 20 第 2 可動部
- 22 第 2 連結部
- 24 第 1 検出部
- 26 第 2 検出部

10

20

30

40

50

- 2 8 第 1 部分
- 2 8 c 第 2 固定面
- 3 0 第 2 部分
- 3 2 第 3 部分
- 3 2 a 第 2 固定面
- 4 0 a 第 2 可動面
- 4 8 第 1 ギャップ
- 5 0 第 2 ギャップ
- 5 2 a 第 1 固定面
- 5 4 a 第 1 可動面
- 5 6、6 0 固定電極
- 5 8、6 2 可動電極

10

【要約】

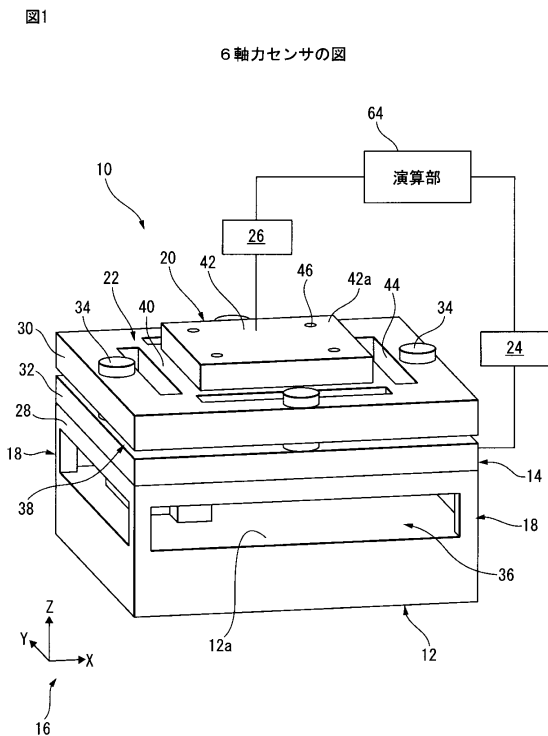
【課題】変位検出方式の6軸力センサにおいて、6軸それぞれの変位量を高精度に検出可能な構造を有する一方で、製造コストを低減できるようにする。

【解決手段】6軸力センサ10は、固定部12と、第1可動部14と、直交3軸座標系16において、第1可動部14を固定部12に対し、X軸に平行な方向、Y軸に平行な方向、及びZ軸を中心とする回転方向へ、弾性的に変位可能に連結する第1連結部18と、第2可動部20と、直交3軸座標系16において、第2可動部20を第1可動部14に対し、X軸を中心とする回転方向、Y軸を中心とする回転方向、及びZ軸に平行な方向へ、弾性的に変位可能に連結する第2連結部22と、固定部12に対する第1可動部14の変位量を検出する第1検出部24と、第1可動部14に対する第2可動部20の変位量を検出する第2検出部26とを備える。

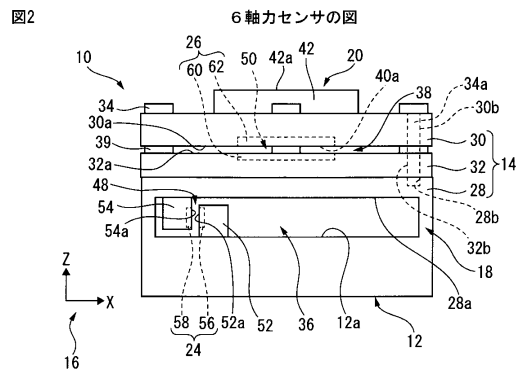
20

【選択図】図1

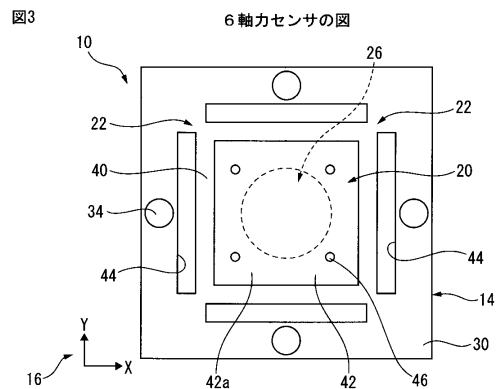
【図1】



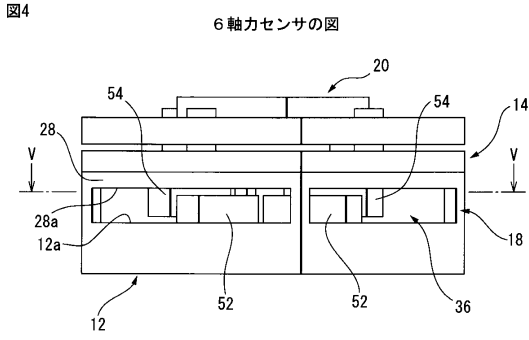
【図2】



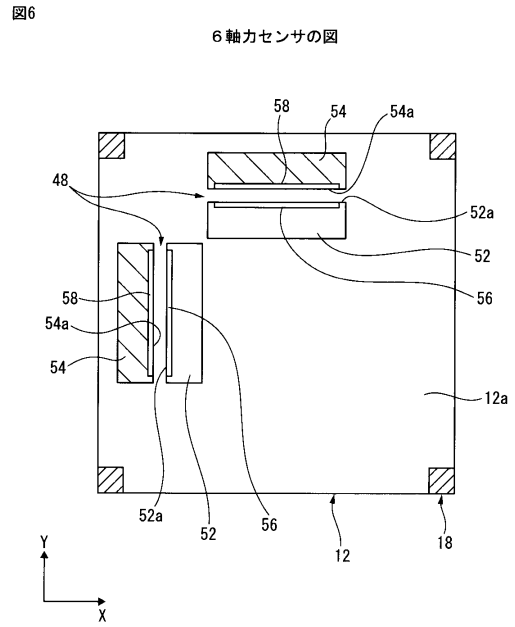
【図3】



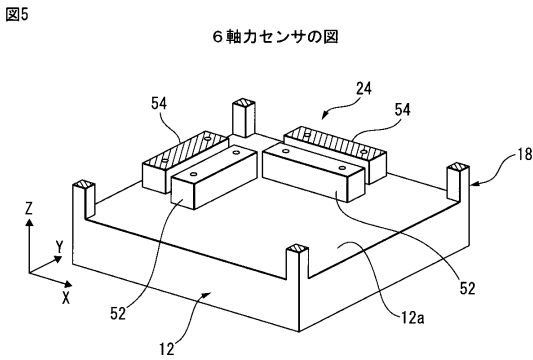
【 図 4 】



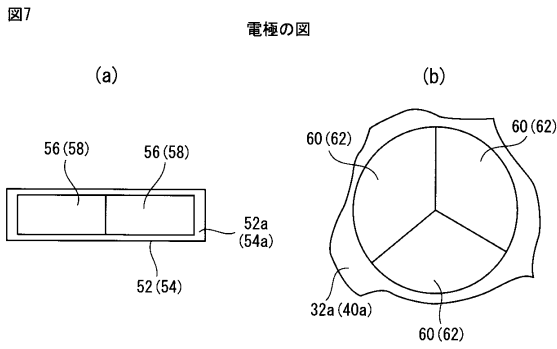
【 図 6 】



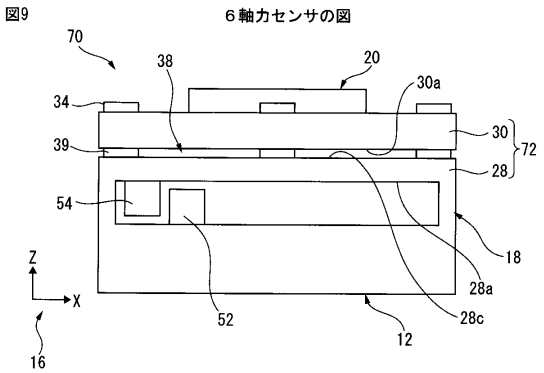
【 図 5 】



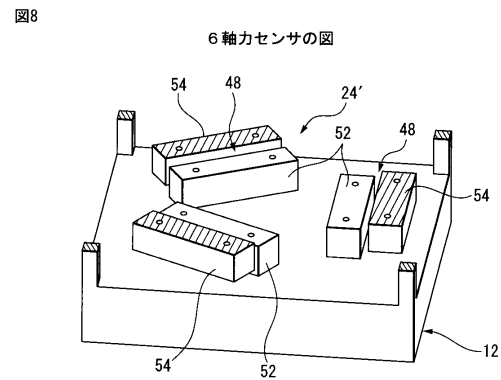
【 図 7 】



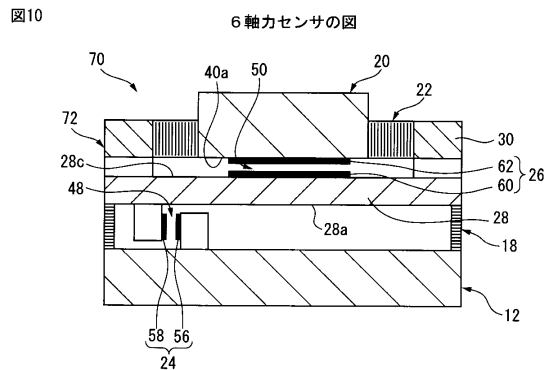
【 図 9 】



【 図 8 】



【 図 10 】



フロントページの続き

(74)代理人 100159684

弁理士 田原 正宏

(72)発明者 坂野 哲朗

山梨県南都留郡忍野村忍草字古馬場3580番地 ファナック株式会社内

審査官 岡田 卓弥

(56)参考文献 特開2004-301731(JP,A)

特開2014-106174(JP,A)

特開2014-85310(JP,A)

特開2012-237570(JP,A)

米国特許出願公開第2011/0005325(US,A1)

特開2008-292510(JP,A)

特開平10-78360(JP,A)

特開平1-119731(JP,A)

特開昭64-3532(JP,A)

特開昭56-57910(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01L 5/00 - 5/28

G01L 1/00 - 1/26