

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2008-96229

(P2008-96229A)

(43) 公開日 平成20年4月24日(2008.4.24)

(51) Int.Cl.		F I		テーマコード (参考)	
GO 1 L	1/14	(2006.01)	GO 1 L 1/14	J	2 F 0 5 1
GO 1 L	5/16	(2006.01)	GO 1 L 5/16		

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願2006-277058 (P2006-277058)
 (22) 出願日 平成18年10月11日 (2006.10.11)

(71) 出願人 000111085
 ニッタ株式会社
 大阪府大阪市浪速区桜川4丁目4番26号
 (74) 代理人 100089196
 弁理士 梶 良之
 (74) 代理人 100104226
 弁理士 須原 誠
 (72) 発明者 森本 英夫
 奈良県大和郡山市池沢町172 ニッタ株
 式会社奈良工場内
 Fターム(参考) 2F051 AB06 DA03 DB03

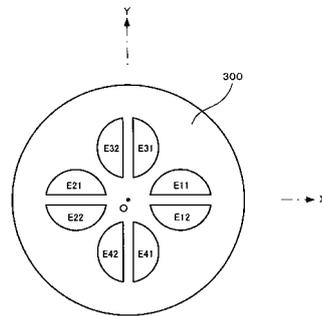
(54) 【発明の名称】 静電容量式センサ

(57) 【要約】

【課題】センサ感度を低下させることなく、小型化を可能にする。

【解決手段】静電容量式センサは、固定部300に固定された4つの可撓部を有する第1フランジと、第1フランジに対向するように配置された4つの可撓部を有する第2フランジとを有している。第1フランジの各可撓部の中央部に形成された連結体と第2フランジの各可撓部の中央部に形成された連結体とは連結されている。固定部300の上面には、一对の電極E11、E12、一对の電極E21、E22、一对の電極E31、E32、一对の電極E41、E42が固定されている。一对の電極、第1フランジの可撓部、第2フランジの可撓部及び連結体の組は、Z軸を中心に90度おき且つZ軸から等距離に配置されている。

【選択図】 図3



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

平面上に配置された一对の電極と、
前記一对の電極のそれぞれの電極と対向し、各電極との間で容量素子をそれぞれ構成する第 1 可撓部と、

前記第 1 可撓部を有する第 1 部材と、

前記第 1 可撓部に対向する第 2 可撓部を有する第 2 部材と、

前記第 1 可撓部と前記第 2 可撓部とを連結する連結体とを備え、

前記一对の電極のそれぞれの電極に対応した容量素子の静電容量値の変化に基づいて前記平面上の前記一对の電極の配列方向に平行な方向の力及び前記平面に垂直な方向の力を検出することを特徴とする静電容量式センサ。

10

【請求項 2】

前記一对の電極、前記第 1 可撓部、前記第 2 可撓部及び前記連結体の組が複数設けられており、

前記複数組の前記一对の電極、前記第 1 可撓部、前記第 2 可撓部及び前記連結体は、前記平面上の中心点を中心に等角度おき且つ前記中心点から等距離に配置されていることを特徴とする請求項 1 に記載の静電容量式センサ。

【請求項 3】

前記角度は 90 度であることを特徴とする請求項 2 に記載の静電容量式センサ。

【請求項 4】

前記複数組の前記一对の電極及び前記第 1 可撓部は、前記中心点を原点とする X 軸および Y 軸上の正方向および負方向にそれぞれ配置されていることを特徴とする請求項 3 に記載の静電容量式センサ。

20

【請求項 5】

X 軸上の正方向および負方向に配置された前記一对の電極は Y 軸方向に離隔し且つ X 軸に対して線対称になると共に、Y 軸上の正方向および負方向に配置された前記一对の電極は X 軸方向に離隔し且つ Y 軸に対して線対称になっていることを特徴とする請求項 4 に記載の静電容量式センサ。

【請求項 6】

前記角度は 120 度であることを特徴とする請求項 2 に記載の静電容量式センサ。

30

【請求項 7】

前記複数組の前記一对の電極及び前記第 1 可撓部は、前記中心点を原点とする X 軸正方向から Y 軸負方向に 30 度をなす第 1 線上、X 軸負方向から Y 軸負方向に 30 度をなす第 2 線上および Y 軸上の正方向にそれぞれ配置されていることを特徴とする請求項 6 に記載の静電容量式センサ。

【請求項 8】

第 1 線上に配置された前記一对の電極は第 1 線と直交する方向に離隔し且つ第 1 線に対して線対称になり、第 2 線上に配置された前記一对の電極は第 2 線と直交する方向に離隔し且つ第 2 線に対して線対称になり、Y 軸上の正方向に配置された前記一对の電極は X 軸方向に離隔し且つ Y 軸に対して線対称になっていることを特徴とする請求項 7 に記載の静電容量式センサ。

40

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、多軸成分の力などを検出することができる静電容量式センサに関する。

【背景技術】

【0002】

特許文献 1 には、X 軸方向、Y 軸方向及び Z 軸方向の力及びモーメントを検出可能な力検出装置が記載されている。力検出装置は、5 枚の固定電極 E1 ~ E5 と円板状のダイヤフラムとの間に構成される容量素子の静電容量値の変化に基づいて力及びモーメントが検

50

出される。ここで、固定電極 E 1、E 2 は X 軸方向に対応し、固定電極 E 3、E 4 は Y 軸方向に対応し、固定電極 E 5 は Z 軸方向に対応している。

【特許文献 1】特開 2 0 0 4 - 3 2 5 3 6 7 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0003】

しかしながら、X 軸方向、Y 軸方向及び Z 軸方向の力を検出するための電極がそれぞれ別々に設けられている場合には、所定面積の範囲内の電極数が増加し、各方向に対応した電極 1 個あたりの面積が小さくなってしまふ。そのため、各電極が構成する静電容量値が小さくなり、センサ感度が悪くなる。特にセンサの小型化を図るためには、各電極面積をさらに小さくする必要があり、各電極面積に対する配線の面積又は長さの割合が大きくなることで、検出用容量素子に対する浮遊容量の比率が大きくなり、センサ感度が著しく低下する原因になる。

10

【0004】

そこで、本発明の目的は、センサ感度を低下させることなく、小型化が可能な静電容量式センサを提供することである。

【課題を解決するための手段及び発明の効果】

【0005】

本発明の静電容量式センサは、平面上に配置された一对の電極と、前記一对の電極のそれぞれの電極と対向し、各電極との間で容量素子をそれぞれ構成する第 1 可撓部と、前記第 1 可撓部を有する第 1 部材と、前記第 1 可撓部に対向する第 2 可撓部を有する第 2 部材と、前記第 1 可撓部と前記第 2 可撓部とを連結する連結体とを備え、前記一对の電極のそれぞれの電極に対応した容量素子の静電容量値の変化に基づいて前記平面上の前記一对の電極の配列方向に平行な方向の力及び前記平面に垂直な方向の力を検出することを特徴としている。

20

【0006】

この構成によると、平面上に配置された一对の電極を用いて、平面上の一对の電極の配列方向に平行な方向の力及び平面に垂直な方向の力を検出することができる。そのため、上記の 2 つの方向の力を検出するための電極をそれぞれ別々に設ける必要がなく、一对の電極を共用することで、上記の 2 つの方向の力を検出するための電極 1 個あたりの面積が比較的大きくなる。そのため、センサの小型化を図る場合でも、各電極面積に対する配線の面積又は長さの割合が大きくなることが抑制され、センサ感度が低下するのが防止される。

30

【0007】

本発明の静電容量式センサでは、前記一对の電極、前記第 1 可撓部、前記第 2 可撓部及び前記連結体の組が複数設けられており、前記複数組の前記一对の電極、前記第 1 可撓部、前記第 2 可撓部及び前記連結体は、前記平面上の中心点を中心に等角度おき且つ前記中心点から等距離に配置されていてもよい。

【0008】

この構成によると、多軸成分の力を検出することが可能であり、多軸方向の力、モーメントを検出することができる。

40

【0009】

本発明の静電容量式センサでは、前記角度は 90 度であってもよい。

【0010】

この構成によると、互いに直交する方向成分及びそれに直交する方向成分の力、モーメントを検出することができる。

【0011】

本発明の静電容量式センサでは、前記複数組の前記一对の電極及び前記第 1 可撓部は、前記中心点を原点とする X 軸および Y 軸上の正方向および負方向にそれぞれ配置されていてもよい。

50

【 0 0 1 2 】

この構成によると、平面上の中心点を原点とする X 軸方向及び Y 軸方向の力、モーメントを検出することができる。

【 0 0 1 3 】

本発明の静電容量式センサでは、X 軸上の正方向および負方向に配置された前記一对の電極は Y 軸方向に離隔し且つ X 軸に対して線対称になると共に、Y 軸上の正方向および負方向に配置された前記一对の電極は X 軸方向に離隔し且つ Y 軸に対して線対称になってもよい。

【 0 0 1 4 】

この構成によると、平面上の中心点を原点とする X 軸方向及び Y 軸方向の力、モーメントを容易に検出することができる。

10

【 0 0 1 5 】

本発明の静電容量式センサでは、前記角度は 120 度であってもよい。

【 0 0 1 6 】

この構成によると、角度が 90 度の場合と比較して、平面上に配置される電極や第 1 部材及び第 2 部材の可撓部の数が少なくなるので、製造コストを低減できる。

【 0 0 1 7 】

本発明の静電容量式センサでは、前記複数組の前記一对の電極及び前記第 1 可撓部は、前記中心点を原点とする X 軸正方向から Y 軸負方向に 30 度をなす第 1 線上、X 軸負方向から Y 軸負方向に 30 度をなす第 2 線上および Y 軸上の正方向にそれぞれ配置されている

20

【 0 0 1 8 】

本発明の静電容量式センサでは、第 1 線上に配置された前記一对の電極は第 1 線と直交する方向に離隔し且つ第 1 線に対して線対称になり、第 2 線上に配置された前記一对の電極は第 2 線と直交する方向に離隔し且つ第 2 線に対して線対称になり、Y 軸上の正方向に配置された前記一对の電極は X 軸方向に離隔し且つ Y 軸に対して線対称になってもよい。

【 発明を実施するための最良の形態 】

【 0 0 1 9 】

以下、本発明の好適な実施の形態について、図面を参照しつつ説明する。図 1 は本発明の第 1 の実施の形態に係る静電容量式センサの中央縦断面正面図である。図 2 は、図 1 の A - A 線における断面図である。図 3 は、電極の配置を示す図である。

30

【 0 0 2 0 】

図 1 の静電容量式センサ 1 は、十分な剛性を有する固定部 300 に固定された第 1 フランジ 100 と、第 1 フランジ 100 に対向するように配置された第 2 フランジ 200 とを有している。固定部 300 は円盤形状の部材である。そして、固定部 300 は、その周辺部及び中央部で第 1 フランジ 100 を支持する構造になっている。第 1 フランジ 100 および第 2 フランジ 200 は、金属などで形成された円盤形状のフランジから構成されている。第 1 フランジ 100 には、4 つの肉薄の可撓部 111 ~ 114 が設けられており、各可撓部 111 ~ 114 の中央部には連結体 121 ~ 124 が形成されている。同様に、第 2 フランジ 200 には、4 つの肉薄の可撓部 211 ~ 214 が設けられており、各可撓部 211 ~ 214 の中央部には連結体 221 ~ 224 が形成されている（図 2 参照）。

40

【 0 0 2 1 】

そして、連結体 121 ~ 124 と連結体 221 ~ 224 とがボルト等の適当な手段を用いて連結されており、第 1 フランジ 100 の可撓部 111 ~ 114 及び連結体 121 ~ 124 と、第 2 フランジ 200 の可撓部 211 ~ 214 及び連結体 221 ~ 224 とは、ほぼ対称となっている。ここで、連結体 121 ~ 124 と連結体 221 ~ 224 とはそれぞれ強固に連結されているため、第 1 フランジ 100 と第 2 フランジ 200 とは一体の部材と見なすことができる。

【 0 0 2 2 】

50

固定部 300 の上面には、図 3 に示すように、一对の電極 E 1 1、E 1 2、一对の電極 E 2 1、E 2 2、一对の電極 E 3 1、E 3 2、一对の電極 E 4 1、E 4 2 が固定されている。各電極は略半円状を有している。各一对の電極は、X 軸および Y 軸上の正方向および負方向にそれぞれ配置されている。そして、X 軸上の正方向に配置された一对の電極 E 1 1、E 1 2 及び X 軸上の負方向に配置された一对の電極 E 2 1、E 2 2 は、Y 軸方向に離隔し且つ X 軸に対して線対称になっており、Y 軸上の正方向に配置された一对の電極 E 3 1、E 3 2 及び Y 軸上の負方向に配置された一对の電極 E 4 1、E 4 2 は、X 軸方向に離隔し且つ Y 軸に対して線対称になっている。

【0023】

また、第 1 フランジ 100 の可撓部 111 ~ 114 は、各一对の電極とそれぞれ対向する位置に設けられている。そして、第 1 フランジ 100 の下面と固定部 300 との間には等間隔で円形のギャップ G 1 ~ G 4 が形成され、各電極と第 1 フランジ 100 の可撓部 111 ~ 114 の下面とは離隔している。従って、電極 E 1 1、E 1 2、E 2 1、E 2 2、E 3 1、E 3 2、E 4 1、E 4 2 と、第 1 フランジ 100 の可撓部 111 ~ 114 との間には、容量素子 C 1 1、C 1 2、C 2 1、C 2 2、C 3 1、C 3 2、C 4 1、C 4 2 が形成される。

10

【0024】

このように、静電容量式センサ 1 には、一对の電極、第 1 フランジ 100 の可撓部、第 2 フランジ 200 の可撓部及び連結体の組を 4 組設けられている。そして、各組の一对の電極、第 1 フランジ 100 の可撓部、第 2 フランジ 200 の可撓部及び連結体は、Z 軸を中心

20

【0025】

上述したように、第 1 フランジ 100 には可撓部 111 ~ 114 が形成されているので、第 2 フランジ 200 に力が作用すると、連結体 121 ~ 124 及び連結体 221 ~ 224 を介して、可撓部 111 ~ 114 に力が伝わり、3次元空間の力の大きさ及び方向に応じて可撓部 111 ~ 114 が変位する。そのため、各容量素子の静電容量値が変化する。よって、静電容量式センサ 1 は 3次元空間の直交する 3 軸の力とその軸回りのモーメントを測定するための 6 軸力覚センサとして機能する。

【0026】

次に、各軸方向ごとに力とモーメントを検出する原理を説明する。以下、第 1 フランジが固定された状態で、第 2 フランジ 200 に力やモーメントが作用するものとする。

30

【0027】

図 4 に、X 軸方向の力 F_x を加えたときの静電容量式センサ 1 の状態を示す。このときは、第 1 フランジ 100 の可撓部 111 ~ 114 及び第 2 フランジ 200 の可撓部 211 ~ 214 は、図示したように変位する。第 1 フランジ 100 の可撓部 113、114 の X 軸正方向部分は、電極 E 3 1、E 4 1 に近づく方向に変位し、ギャップが小さくなるので、容量素子 C 3 1、C 4 1 の静電容量値は大きくなる。一方、第 1 フランジ 100 の可撓部 113、114 の X 軸負方向部分は、電極 E 3 2、E 4 2 から離れる方向に変位し、ギャップが大きくなるので、容量素子 C 3 2、C 4 2 の静電容量値は小さくなる。なお、容量素子 C 1 1、C 1 2、C 2 1、C 2 2 においては、ギャップが大きくなる部分と小さくなる部分とがあり、静電容量値の変化が打ち消されるので、静電容量値はほとんど変化しない。

40

【0028】

次に、Y 軸方向の力 F_y を加えたときは、X 軸方向の力 F_x を加えたときの状態を 90 度ずらして考えればよいので、ここでは省略する。

【0029】

図 5 に Z 軸方向の力 F_z を加えたときの静電容量式センサ 1 の状態を示す。第 1 フランジ 100 の可撓部 111、112、113、114 は、電極 E 1 1、E 1 2、E 3 1、E 4 1 に近づく方向に変位し、ギャップが小さくなるので、容量素子 C 1 1、C 1 2、C 3 1、C 4 1 の静電容量値は大きくなる。

50

【0030】

図6にY軸回りのモーメント M_y を加えたときの静電容量式センサ1の状態を示す。第1フランジ100の可撓部111は、電極E11、E12に近づく方向に変位し、ギャップが小さくなるので、容量素子C11、C12の静電容量値は大きくなる。一方、第1フランジ100の可撓部112は、電極E21、E22から離れる方向に変位し、ギャップが大きくなるので、容量素子C21、C22の静電容量値は小さくなる。なお、容量素子C31、C41においては、静電容量値はほとんど変化しないか少しだけ大きくなり、容量素子C32、C42においては、静電容量値はほとんど変化しないか少しだけ小さくなるが、以下の説明ではほとんど変化しないものとする。

【0031】

次に、X軸のモーメント M_x を加えたときは、Y軸のモーメント M_y を加えたときの状態を90度ずらして考えればよいので、ここでは省略する。

【0032】

また、Z軸のモーメント M_z を加えたときは、連結体121~124及び連結体221~224がZ軸を中心とする円周に沿って同じ回転方向に傾倒するように変位する。第1フランジ100の可撓部111のY軸負方向、可撓部112のY軸正方向、可撓部113のX軸正方向、可撓部114のY軸負方向は、電極E12、E21、E31、E42に近づく方向に変位し、ギャップが小さくなるので、容量素子C12、C21、C31、C42の静電容量値は大きくなる。一方、第1フランジ100の可撓部111のY軸正方向、可撓部112のY軸負方向、可撓部113のX軸負方向、可撓部114のY軸正方向は、電極E11、E22、E32、E41から離れる方向に変位し、ギャップが大きくなるので、容量素子C11、C22、C32、C41の静電容量値は小さくなる。

【0033】

表1に、上述した各力およびモーメントが作用した場合の各容量素子の静電容量値の変化を示す。表中、+は静電容量値の増加、-は静電容量値の減少を示し、符号無しは静電容量値が殆ど変化しないことを示す。また、反対方向の力やモーメントの場合は符号が逆になる。

【0034】

【表1】

力	C11	C12	C21	C22	C31	C32	C41	C42
Fx	0	0	0	0	+	-	+	-
Fy	+	-	+	-	0	0	0	0
Fz	+	+	+	+	+	+	+	+
Mx	0	0	0	0	-	-	+	+
My	+	+	-	-	0	0	0	0
Mz	-	+	+	-	+	-	-	+

【0035】

上記の各容量素子の静電容量値の変化から次のことが分かる。

【0036】

C11とC12との差から連結体121をY軸方向に傾倒させる力の方向と大きさを検出でき、C21とC22との差から連結体122をY軸方向に傾倒させる力の方向と大きさを検出でき、C31とC32との差から連結体123をX軸方向に傾倒させる力の方向と大きさを検出でき、C41とC42との差から連結体124をX軸方向に傾倒させる力の方向と大きさを検出できる。

【0037】

C11とC12との和から連結体121をZ軸方向に変位させる力の方向と大きさを検出でき、C21とC22との和から連結体122をZ軸方向に変位させる力の方向と大き

10

20

30

40

50

さを検出でき、C31とC32との和から連結体123をZ軸方向に変位させる力の方向と大きさを検出でき、C41とC42との和から連結体124をZ軸方向に変位させる力の方向と大きさを検出できる。

【0038】

電極E11、E12と対向する可撓部111は、連結体121に作用するY軸方向の力の大きさと、Z軸方向の力の大きさを2つの成分を検出できる1組の検出器と見なすことができる。また、電極E21、E22と対向する可撓部112は、連結体122に作用するY軸方向の力の大きさと、Z軸方向の力の大きさを2つの成分を検出できる1組の検出器と見なすことができる。また、電極E31、E32と対向する可撓部113は、連結体123に作用するX軸方向の力の大きさと、Z軸方向の力の大きさを2つの成分を検出できる1組の検出器と見なすことができる。また、電極E41、E42と対向する可撓部114は、連結体124に作用するX軸方向の力の大きさと、Z軸方向の力の大きさを2つの成分を検出できる1組の検出器と見なすことができる。

10

【0039】

従って、静電容量式センサ1は、電極の配置方向に平行な力と、電極に垂直な力とを検出できる2軸力覚センサを、等間隔で4個配置した構造であると考えられることができる。

【0040】

以上の性質を利用して、数式1の演算を行うことにより各力およびモーメントを検出することができる。

【0041】

【数1】

$$F_x = (C_{31} - C_{32}) + (C_{41} - C_{42})$$

$$F_y = (C_{11} - C_{12}) + (C_{21} - C_{22})$$

$$F_z = (C_{11} + C_{12}) + (C_{21} + C_{22}) + (C_{31} + C_{32}) + (C_{41} + C_{42})$$

$$M_x = (C_{41} + C_{42}) - (C_{31} + C_{32})$$

$$M_y = (C_{11} + C_{12}) - (C_{21} + C_{22})$$

$$M_z = (C_{12} - C_{11}) + (C_{21} - C_{22}) + (C_{31} - C_{32}) + (C_{42} - C_{41})$$

30

【0042】

また、数式1の演算は、適当な方法を用いることで静電容量値の演算として行ってもよいし、各静電容量値を電圧に変換し電圧の演算として行ってもよい。また、変換した電圧をADコンバータ等に入力しデジタル値に変換し、マイクロコンピュータやパソコンを用いて演算してもよい。なお、演算方法は数式1に限られないのは勿論である。

【0043】

なお、Fzを算出する演算は加算項だけを含んでおり、各容量素子の温度特性によるドリフトも加算される。そのため、Fzの温度特性は悪くなる場合がある。そこで、各容量素子の静電容量値を電圧に変換(CV変換)し、C21、C22、C41、C42と、C11、C12、C31、C32とを、電圧に変換する極性を反転させることで、Fzの温度特性を向上させることができる。また同様に、C11、C12、C21、C22と、C31、C32、C41、C42とを、電圧に変換する極性を反転させることで、Fzの温度特性を向上させることができる。

40

【0044】

表2に、各容量素子の静電容量値を電圧に変換した場合の極性を示す。表中、+は電圧の増加、-は電圧の減少を示し、符号無しは電圧が殆ど変化しないことを示す。また、反対方向の力やモーメントの場合は符号が逆になる。

【0045】

【表 2】

力	V11	V12	V21	V22	V31	V32	V41	V42
F _x	0	0	0	0	+	-	-	+
F _y	+	-	-	+	0	0	0	0
F _z	+	+	-	-	+	+	-	-
M _x	0	0	0	0	-	-	-	-
M _y	+	+	+	+	0	0	0	0
M _z	-	+	-	+	+	-	+	-

10

【0046】

上記の数式 1 は、表 2 に基づいて変更すると、数式 2 になる。

【0047】

【数 2】

$$F_x = (V_{31} - V_{32}) + (V_{42} - V_{41})$$

$$F_y = (V_{11} - V_{12}) + (V_{22} - V_{21})$$

$$F_z = (V_{11} + V_{12}) - (V_{21} + V_{22}) + (V_{31} + V_{32}) - (V_{41} + V_{42})$$

$$M_x = (V_{41} + V_{42}) + (V_{31} + V_{32})$$

$$M_y = (V_{11} + V_{12}) + (V_{21} + V_{22})$$

$$M_z = (V_{12} - V_{11}) - (V_{21} - V_{22}) + (V_{31} - V_{32}) - (V_{42} - V_{41})$$

20

【0048】

上記の数式 2 では、F_z を算出する演算は加算項及び減算項を含んでおり、F_z の温度特性は向上する。なお、M_x、M_y を算出する演算は加算項だけを含んでいるが、数式 1 の F_z を算出する演算に比べ加算項の数は半分であるので、累積する温度によりオフセット量を半分にすることができる。従って、温度特性は総合的に改善できる。

【0049】

また、数式 1 または数式 2 でも 6 軸の成分を算出することは可能であるが、干渉成分が大きくなり、そのままでは正確な力情報を得るのが難しい場合がある。そこで、単一の各力成分を付加できる装置を用いて、各単一の力成分の負荷が作用した場合の力情報と出力信号との関係式を得ることで、出力信号から正確な力情報を算出することが好ましい。

【0050】

静電容量式センサ 1 への力 F_x、F_y、F_z とモーメント M_x、M_y、M_z の出力電圧を V_{f_x}、V_{f_y}、V_{f_z}、V_{m_x}、V_{m_y}、V_{m_z} とし、静電容量式センサ 1 に実際に加わる荷重を F_x、F_y、F_z、M_x、M_y、M_z としたとき、数式 3 の関係になる。

【0051】

30

【数 3】

$$\begin{pmatrix} V_{fx} \\ V_{fy} \\ V_{fz} \\ V_{mx} \\ V_{my} \\ V_{mz} \end{pmatrix} = A \begin{pmatrix} F_x \\ F_y \\ F_z \\ M_x \\ M_y \\ M_z \end{pmatrix}$$

10

V_{fx} , V_{fy} , V_{fz} , V_{mx} , V_{my} , V_{mz} は、力 F_x , F_y , F_z とモーメント M_x , M_y , M_z が単一で作用した場合の出力信号であり、 A は特性行列である。

【0052】

ここで両辺の左から特性行列 A の逆行列 $[A]^{-1}$ を乗ずると数式4となる。

【0053】

【数 4】

20

$$\begin{pmatrix} F_x \\ F_y \\ F_z \\ M_x \\ M_y \\ M_z \end{pmatrix} = A^{-1} \begin{pmatrix} V_{fx} \\ V_{fy} \\ V_{fz} \\ v_{mx} \\ V_{my} \\ V_{mz} \end{pmatrix}$$

30

【0054】

以上説明したように、本実施の形態の静電容量式センサ1では、固定部300上に配置された各一对の電極を用いて、固定部300に平行な方向の力及び固定部300に垂直な方向の力を検出することができる。そのため、上記の2つの方向の力を検出するための電極をそれぞれ別々に設ける必要がなく、一对の電極を共用することで、上記の2つの方向の力を検出するための電極1個あたりの面積が比較的大きくなる。そのため、センサの小型化を図る場合でも、各電極面積に対する配線の面積又は長さの割合が大きくなることが抑制され、センサ感度が低下するのが防止される。また、X軸上の正方向、負方向及びY

40

【0055】

次に、本発明の第2の実施の形態について、図7及び図8を参照して説明する。図7は本発明の第2の実施の形態に係る静電容量式センサの電極の配置を示す図である。図8は、X方向、Y方向及びZ方向のベクトルへの分解を示す図である。

【0056】

本実施の形態の静電容量式センサが、第1の実施の形態の静電容量式センサ1と大きく異なる点は、固定部300の上面における電極の配置及び数である。つまり、第1の実施の形態では、4対の電極が90度おきに配置されているが、本実施の形態では、3対の電

50

極が120度おきに配置されている。そのため、第1フランジ及び第2フランジは、3対の電極に対応した位置に配置された3つの可撓部及び3つの連結体を有している。

【0057】

表3に、第1の実施の形態と同様に、各力およびモーメントが作用した場合の各容量素子の静電容量値の変化を示す。表中、+は静電容量値の増加、-は静電容量値の減少を示し、符号無しは静電容量値が殆ど変化しないことを示す。また、反対方向の力やモーメントの場合は符号が逆になる。

【0058】

【表3】

力	C11	C12	C21	C22	C31	C32
Fx	+	-	-	+	+	-
Fy	+	-	+	-	0	0
Fz	+	+	+	+	+	+
Mx	+	+	+	+	-	-
My	+	+	-	-	+	-
Mz	-	+	+	-	+	-

10

【0059】

この場合、数式5により演算を行って力とモーメントを算出することができる。

20

【0060】

【数5】

$$F_x = (C_{11} - C_{12}) + (C_{22} - C_{21}) + (C_{31} - C_{32})$$

$$F_y = (C_{11} - C_{12}) + (C_{21} - C_{22})$$

$$F_z = C_{11} + C_{12} + C_{21} + C_{22} + C_{31} + C_{32}$$

$$M_x = (C_{11} + C_{12} + C_{21} + C_{22}) - (C_{31} + C_{32})$$

$$M_y = (C_{11} + C_{21}) - (C_{21} + C_{22}) + (C_{31} - C_{32})$$

$$M_z = (C_{12} - C_{11}) + (C_{21} - C_{22}) + (C_{31} - C_{32})$$

30

【0061】

また、第1の実施の形態で説明したように、特性行列を用いなくとも、X方向、Y方向及びZ方向のベクトルに分解して演算することで、他軸干渉を低減することができる。

【0062】

この場合、数式6により演算を行って力とモーメントを算出することができる(図8参照)。しかし、力とモーメントを正確に算出するためには、第1の実施の形態と同様に、数式3と数式4との関係から、6軸の力とモーメントを算出するのが好ましい。

【0063】

【数6】

$$F_x = (C_{11} - C_{12}) \cdot 1/2 + (C_{22} - C_{21}) \cdot 1/2 + (C_{31} - C_{32})$$

$$F_y = (C_{11} - C_{12}) \cdot \sqrt{3}/2 + (C_{21} - C_{22}) \cdot \sqrt{3}/2$$

$$F_z = C_{11} + C_{12} + C_{21} + C_{22} + C_{31} + C_{32}$$

$$M_x = (C_{11} + C_{12} + C_{21} + C_{22}) \cdot 1/2 - (C_{31} + C_{32})$$

$$M_y = (C_{11} + C_{21}) \cdot \sqrt{3}/2 - (C_{21} + C_{22}) \cdot \sqrt{3}/2$$

$$M_z = (C_{12} - C_{11}) + (C_{21} - C_{22}) + (C_{31} - C_{32})$$

40

50

【 0 0 6 4 】

これにより、第 1 の実施の形態と同様の効果を得ることができる。

【 0 0 6 5 】

以上、本発明の好適な実施の形態について説明したが、本発明は上述の実施の形態に限られるものではなく、特許請求の範囲に記載した限りにおいて様々な設計変更が可能なものである。例えば、上述の第 1 及び第 2 の実施の形態では、6 軸の力およびモーメントを検出する静電容量式センサについて説明しているが、これに限らず、6 軸の加速度および角加速度を検出する静電容量式センサであってもよいし、X 軸と Y 軸との 2 方向の力だけを検出する 2 軸センサとして使用してもよい。また、各組の一对の電極、第 1 フランジ 1 0 0 の可撓部、第 2 フランジ 2 0 0 の可撓部及び連結体は、Z 軸を中心に 9 0 度おき又は 1 2 0 度おき且つ Z 軸から等距離に配置されているが、これには限られない。また、可撓部 1 1 1 ~ 1 1 4 及び可撓部 2 1 1 ~ 2 1 4 の厚さや大きさは異なってもよいが同じであることが好ましい。また、各電極は 1 枚の基板に形成した後でその基板を固定部 3 0 0 上に固定してもよいし、その基板上の各電極が各可撓部と離隔した状態で対向するようにスペーサを介して第 1 フランジ 1 0 0 の下面に固定してもよい。また、第 1 フランジ 1 0 0 と第 2 フランジ 2 0 0 とは異なる大きさであってもよいし、導電性シリコンゴムや導電性プラスチックで形成してもよい。各連結体は各フランジと同一部材であってもよい。

10

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 6 6 】

【 図 1 】 本発明の第 1 の実施の形態に係る静電容量式センサの中央縦断面正面図である。

20

【 図 2 】 図 1 の A - A 線における断面図である。

【 図 3 】 電極の配置を示す図である。

【 図 4 】 X 軸方向の力 F_x を加えたときの静電容量式センサの状態を示す図である。

【 図 5 】 Z 軸方向の力 F_z を加えたときの静電容量式センサの状態を示す図である。

【 図 6 】 Y 軸回りのモーメント M_y を加えたときの静電容量式センサの状態を示す図である。

【 図 7 】 本発明の第 2 の実施の形態に係る静電容量式センサの電極の配置を示す図である。

【 図 8 】 X 方向、Y 方向及び Z 方向のベクトルへの分解を示す図である。

【 符号の説明 】

30

【 0 0 6 7 】

1 静電容量式センサ

1 0 0 第 1 フランジ

1 1 1 ~ 1 1 4 可撓部

1 2 1 ~ 1 2 4 連結体

2 0 0 第 2 フランジ

2 1 1 ~ 2 1 4 可撓部

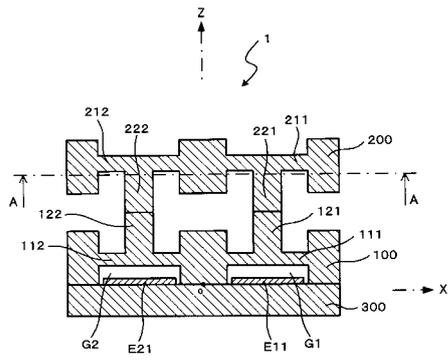
2 2 1 ~ 2 2 4 連結体

3 0 0 固定部

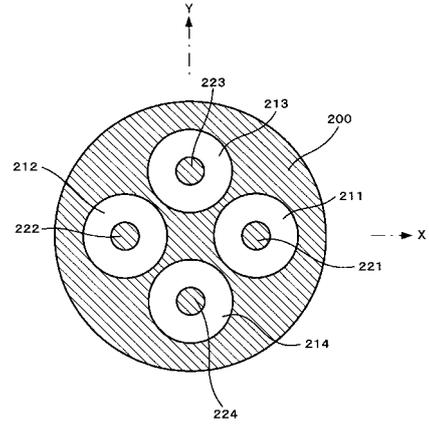
E 1 1、E 1 2、E 2 1、E 2 2、E 3 1、E 3 2、E 4 1、E 4 2 電極

40

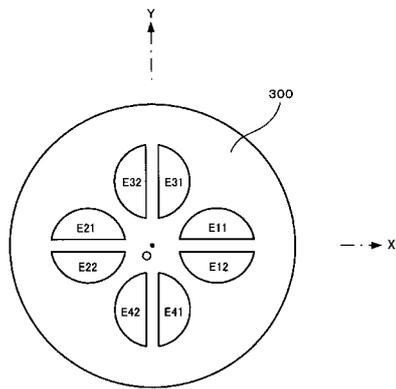
【 図 1 】



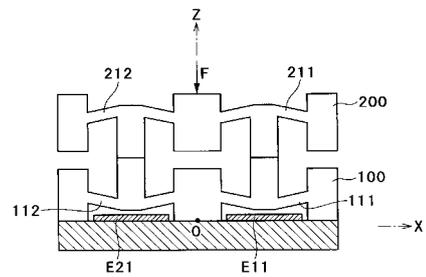
【 図 2 】



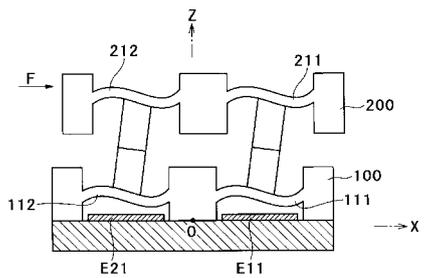
【 図 3 】



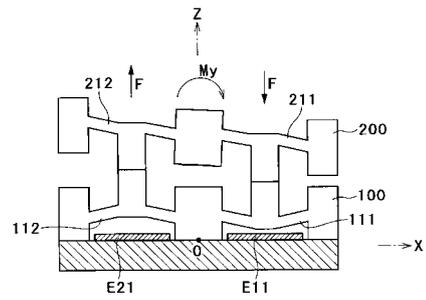
【 図 5 】



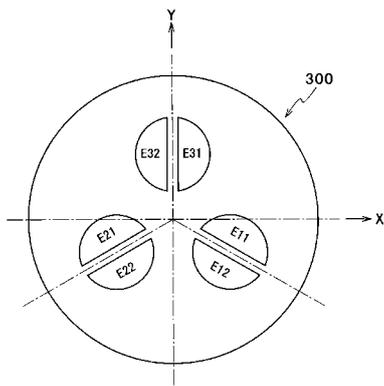
【 図 4 】



【 図 6 】



【 図 7 】



【 図 8 】

