

(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2010-210461

(P2010-210461A)

(43) 公開日 平成22年9月24日(2010.9.24)

(51) Int.Cl.

G01L 5/16 (2006.01)

F1

G01L 5/16

テーマコード(参考)

2F051

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 12 頁)

(21) 出願番号 特願2009-57506(P2009-57506)
 (22) 出願日 平成21年3月11日(2009.3.11)

(71) 出願人 000002369
 セイコーエプソン株式会社
 東京都新宿区西新宿2丁目4番1号
 (74) 代理人 100095728
 弁理士 上柳 雅誉
 (74) 代理人 100107261
 弁理士 須澤 修
 (74) 代理人 100127661
 弁理士 宮坂 一彦
 (72) 発明者 坂上 裕介
 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
 Fターム(参考) 2F051 AA10 AB05 DA03 DB03

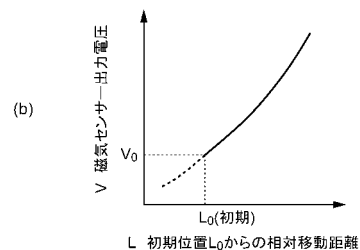
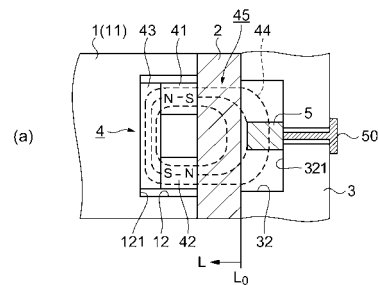
(54) 【発明の名称】 力覚センサー

(57) 【要約】

【課題】感度や加わる力に応じた出力のばらつきの少ない、構造が簡単で小型の製造コストの低減した力覚センサーを得ること。

【解決手段】磁気センサー5の位置調整手段50を備えているので、組立後において磁気回路45と磁気センサー5との相対位置の調整を可能にできる。軸部1とハウジング3とを弾性部材2を介して組立てた際に、弾性部材2の弾性変形等によって、軸部1とハウジング3との相対位置がずれることにより、磁気回路45と磁気センサー5との相対位置がずれて組立てられても、磁気回路45中の磁気センサー5の位置を調整できる。したがって、感度や加わる力に応じた出力のばらつきの少ない力覚センサー10を得ることができる。また、磁界発生部4に、配線の不要な永久磁石を用いているので、構造が簡単で小型の製造コストの低減した力覚センサー10が得られる。

【選択図】 図2



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

ヨークを備えた磁界発生部で形成される磁気回路を有する第 1 の基体と、
前記磁気回路を横切る磁気センサーを有する第 2 の基体と、
前記第 1 の基体と前記第 2 の基体との間に介在し、両者の間に加わる荷重によって弾性変形する弾性部材と、
前記磁気センサーの位置調整手段または前記ヨークのパーミアンス調整手段のうち少なくとも一方とを備えている
ことを特徴とする力覚センサー。

【請求項 2】

請求項 1 に記載の力覚センサーにおいて、
前記ヨークの形状は、前記磁気センサーの出力と前記荷重によって前記磁気回路中を移動する前記磁気センサーの移動距離とが比例関係になるような前記磁気回路を形成する形状である
ことを特徴とする力覚センサー。

【請求項 3】

請求項 1 または請求項 2 に記載の力覚センサーにおいて、
前記磁界発生部は、永久磁石を備えている
ことを特徴とする力覚センサー。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、ロボット等に用いられる力覚センサーに関する。

【背景技術】

【0002】

力覚センサーは、例えば、ロボットのアーム部の先にあるハンド部等に装着され、ハンド部に加わる力を検出するために使用されている。ロボットは、電子部品の組立等の作業に応用される。電子部品の組立工程は多岐にわたり、多数のロボットが必要となるため、簡単な構造で製造コストの低減した力覚センサーが求められている。

力覚センサーとして、送信コイル基板と受信コイル基板とを弾性部材である支持用ゴムを挟んで、一定の間隔を持って平行に配置させた構造がある。送信コイル基板と受信コイル基板とに力が加わるとこれらの間の間隔が変化し、受信用コイルに発生する起電流が増減する。この起電力の増減を検出して変位量を測定し、支持用ゴムの圧縮特性から加わった力を測定する電磁誘導式が知られている（例えば、特許文献 1 参照）。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】特開 2002 - 82006 号公報（2 頁、図 1 ~ 図 3）

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

しかしながら、電磁誘導式では、送信コイルおよび受信コイルを、送信コイル基板と受信コイル基板とにそれぞれ形成した後、送信コイル基板と受信コイル基板とを弾性部材を挟んで平行に配置する際に、その間隔が一定でなかった場合等に、力覚センサー製造後の感度バランスの調整が難しい。したがって、感度や加わる力に応じた出力がばらつく。

また、電磁誘導式では、送信コイルおよび受信コイルへの配線が必要となり、構造が複雑になり、製造コストの低減が難しい。

【課題を解決するための手段】

【0005】

本発明は、上述の課題の少なくとも一つを解決するためになされたものであり、以下の

10

20

30

40

50

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 0 6 】

[適用例 1]

ヨークを備えた磁界発生部で形成される磁気回路を有する第 1 の基体と、前記磁気回路を横切る磁気センサーを有する第 2 の基体と、前記第 1 の基体と前記第 2 の基体との間に介在し、両者の間に加わる荷重によって弾性変形する弾性部材と、前記磁気センサーの位置調整手段または前記ヨークのパーミアンス調整手段のうち少なくとも一方とを備えていることを特徴とする力覚センサー。

【 0 0 0 7 】

この適用例によれば、磁気センサーの位置調整手段または磁気回路を構成するヨークのパーミアンス調整手段のうち少なくとも一方を備えているので、組立後において磁気回路と磁気センサーとの相対位置または磁気回路の少なくとも一方の調整が可能である。第 1 の基体と第 2 の基体とを弾性部材を介して組立てた際に、弾性部材の弾性変形等によって、第 1 の基体と第 2 の基体との相対位置がずれることにより、磁気回路と磁気センサーとの相対位置がずれて組立てられても、磁気回路中の磁気センサーの位置または磁気回路の少なくとも一方を調整できる。したがって、感度や加わる力に応じた出力のばらつきが少ない力覚センサーが得られる。

【 0 0 0 8 】

[適用例 2]

上記力覚センサーであって、前記ヨークの形状は、前記磁気センサーの出力と前記荷重によって前記磁気回路中を移動する前記磁気センサーの移動距離とが比例関係になるような前記磁気回路を形成する形状であることを特徴とする力覚センサー。

この適用例では、磁気回路が、磁気センサーの出力と磁気センサーの移動距離とが比例関係になるように、ヨークの形状が形成されている。したがって、磁気センサーがヨークによって形成された磁気回路中のどの位置にあっても、感度や力に応じた出力が一定の力覚センサーが得られる。

【 0 0 0 9 】

[適用例 3]

上記力覚センサーであって、前記磁界発生部は、永久磁石を備えていることを特徴とする力覚センサー。

この適用例では、磁界発生部に、配線の不要な永久磁石を用いているので、構造が簡単で小型の製造コストの低減した力覚センサーが得られる。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 1 0 】

【 図 1 】 第 1 実施形態における力覚センサーの概略図。(a) は力覚センサーの概略平面図、(b) は (a) における A - A 概略断面図。

【 図 2 】 (a) は、力覚センサーの磁界発生部および磁気センサー付近の概略拡大断面図、(b) は、磁気センサーの出力電圧と磁界発生部からの距離との関係図。

【 図 3 】 磁気センサーがホール素子の場合の回路図。

【 図 4 】 変形例における (a) は、力覚センサーの磁界発生部および磁気センサー付近の概略拡大断面図、(b) は、磁気センサーの出力電圧と磁界発生部からの距離との関係図。

【 図 5 】 弾性部材の圧縮特性を示した図。

【 図 6 】 第 2 実施形態における力覚センサーの概略図。(a) は概略平面図、(b) は、(a) における A - B - C - D - E - F 概略断面図。

【 図 7 】 軸部の中心と物体の接触位置との関係を示した図。

【 図 8 】 第 3 実施形態における力覚センサーの概略図。(a) は概略平面図、(b) は、(a) における B - B 概略断面図。

【 発明を実施するための形態 】

【 0 0 1 1 】

10

20

30

40

50

以下、実施形態を図面に基づいて詳しく説明する。

(第1実施形態)

図1に本実施形態における力覚センサー10の概略図を示した。(a)は力覚センサー10の概略平面図、(b)は(a)におけるA-A概略断面図である。

【0012】

図1において、力覚センサー10は、第1の基体としての軸部1と弾性部材2と第2の基体としてのハウジング3と4つの磁界発生部4と4つの磁気センサー5と磁気センサー5の位置調整手段50とを備えている。

軸部1の中程にはリング状の凸部11が形成されている。また、ハウジング3はリング状でその内面には、溝31が形成されている。軸部1の凸部11が弾性部材2を介してハウジング3の溝31に嵌め込まれている。したがって、弾性部材2は、軸部1とハウジング3との間に介在している。

図には、軸部1の軸方向をZ軸として、力を検知する方向をX軸方向、Y軸方向として示した。

【0013】

また、凸部11と溝31との間のZ軸方向には、スラスト方向の受け6A, 6Bが配置され、軸部1のZ軸方向への移動あるいは軸部1のねじれるような変形はしにくくなっている。

したがって、本実施形態における力覚センサー10は、力のモーメントを検出しな力覚センサーである。

【0014】

軸部1の凸部11の外周111には、軸部1の中心1Cを挟んで、X軸方向に2ヶ所、Y軸方向に2ヶ所、凹部12が形成され、凹部12の底面121には磁界発生部4が設けられている。また、磁界発生部4に対向するハウジング3の溝31の位置には、凹部32が形成され、凹部32の底面321には、磁気センサー5が配置されている。

【0015】

軸部1やハウジング3は、弾性部材2よりも変形し難く、しかも非磁性の材料で構成される。例えば、金属ではアルミニウム、非磁性のステンレス、黄銅、亜鉛、マグネシウムなど、その他セラミックや硬い樹脂なども使用することができる。

弾性部材2としては、シリコンゴム、フッ素系ゴム、イソプレングム、ニトリルゴム、ブチルゴム、クロロプレングム、アクリルゴム、ウレタンゴム、エチレンプロピレングム、ブタジエンゴム、スチレンブタジエンゴム、天然ゴムなど、およびこれらを発泡成形させた、より変形量が大きく取れるものなどを、それぞれの必要な荷重や変形量に応じて適宜選択することができる。

磁界発生部4には、電磁石、永久磁石等を用いることができるが、配線等が不要で構造が簡単、小型にできる点から永久磁石が好ましい。

永久磁石としては、フェライト系磁石、NdFeB系磁石、SmFe系磁石、アルニコ系磁石などが適している。永久磁石の数は1つでも2つでも良い。

磁気センサー5としては、ホール素子や磁気抵抗素子の半導体型のもの、フラックスゲート式のものなどが利用できる。

【0016】

力覚センサー10では、軸部1が、X軸方向又はY軸方向の力を受けると、軸部1が弾性部材2を変形させるように作用し、その変形量に応じた出力が生じる仕組みとなっている。

例えば、図1(b)中に示した白抜き矢印で示したように、軸部1の+X軸方向に力F_xが加えられた時には、弾性部材2にも+X軸方向に力が加わり、弾性部材2が変形し、軸部1は+X方向にある磁気センサー5に近づく。軸部1の移動に伴い磁界発生部4が移動すると、磁気センサー5を取り巻く磁界も変化し、4つの磁気センサー5の出力電圧は変化する。

【0017】

10

20

30

40

50

ここで、+ X 軸方向にある磁気センサー 5 を磁気センサー(+ X)、- X 軸方向にある磁気センサー 5 を磁気センサー(- X)、+ Y 軸方向にある磁気センサー 5 を磁気センサー(+ Y)、- Y 軸方向にある磁気センサー 5 を磁気センサー(- Y)とする。

例えば、+ X 軸方向に力 F_x が加わる前の出力電圧を V_0 とすると、+ X 軸方向に力 F_x が加わった後の磁気センサー 5 の出力電圧 V_{+X} 、 V_{-X} 、 V_{+Y} 、 V_{-Y} は、以下のとおり変化する。

磁気センサー(+ X)の出力電圧 $V_{+X} > V_0$

磁気センサー(- X)の出力電圧 $V_{-X} < V_0$

磁気センサー(+ Y)の出力電圧 $V_{+Y} = V_0$

磁気センサー(- Y)の出力電圧 $V_{-Y} = V_0$

10

これらの出力電圧の比較から、力覚センサー 10 として、+ X 軸方向への力 F_x が作用したと判断される。力 F_x の大きさは、予め力の大きさに応じて出力電圧 V の大きさを測定しておくことによって、出力電圧 V が分かれば、力 F_x の大きさが分かる。

【0018】

+ Y 軸方向の力 F_y についても同様であり、以下のとおり変化する。

磁気センサー(+ X)の出力電圧 $V_{+X} = V_0$

磁気センサー(- X)の出力電圧 $V_{-X} = V_0$

磁気センサー(+ Y)の出力電圧 $V_{+Y} > V_0$

磁気センサー(- Y)の出力電圧 $V_{-Y} < V_0$

X 軸方向と Y 軸方向の出力電圧の合成から、斜めからの力も計算することが出来る。

20

【0019】

図 2 (a) に、力覚センサー 10 の磁界発生部 4 および磁気センサー 5 付近の概略拡大断面図を示した。

図 2 (b) に、磁気センサー 5 の出力電圧と磁気センサー 5 の初期位置 L_0 としたときの磁界発生部 4 に対する相対移動距離との関係図を示した。ここでは、磁界発生部 4 に向かう方向を正方向として表している。以下、図に基づいて検出原理を説明する。

図 2 (a) において、磁界発生部 4 と磁気センサー 5 とは、弾性部材 2 を介在させ、対向して配置されている。磁界発生部 4 は、2 つの永久磁石 4 1、4 2 とヨーク 4 3 から構成されており、磁束 4 4 が軸部 1 の凸部 1 1 の外周側へ広がるように流れて再び戻るように磁気回路 4 5 が形成されている。

30

【0020】

この磁束 4 4 を磁気センサー 5 で検出し、電圧として出力する。

軸部 1 が磁気センサー 5 に向かって力を受けると、弾性部材 2 が変形して、磁界発生部 4 と磁気センサー 5 との距離が小さくなり、磁気センサー 5 の出力は磁束 4 4 が増えて大きくなる。結果として、力を電圧として検出することができる。

図 2 (b) において、磁気センサー 5 の初期位置 L_0 からの磁界発生部 4 に対する相対移動距離が大きくなる(磁界発生部 4 と磁気センサー 5 との距離が小さくなる)と、磁気センサー 5 の出力電圧が大きくなる。

【0021】

図 3 に、磁気センサー 5 がホール素子の場合の回路例を回路図として示した。O P A m p はオペレーションアンプを、T r はトランジスターを、R は抵抗を表している。

40

回路は、定電流部と計装アンプ部とバランス調整部とを備えている。これら各部の回路は周知の回路を用いることができ、また、具体的に図に示した回路に限らない。

【0022】

ホール素子では、以下の原理で磁束 4 4 の密度である磁界の強度を測定する。

p 型または n 型の半導体試料において、例えば、x 方向に電流を流し、y 方向に磁場を加える。この時半導体試料を流れている荷電粒子(キャリア)は磁場によるローレンツ力を受けて z 方向に動く。これによって電流と磁場の両方に直交する方向に電場(ホール電場)が現れる。これがホール効果であり、ホール素子はホール効果を利用して、磁界の強度を測定できる。

50

ホール素子に利用される半導体としては、ガリウム・ヒ素 (GaAs)、インジウム・ヒ素 (InAs)、インジウム・アンチモン (InSb) などであり、インジウム・アンチモンは高感度だが温度による影響を受け易く、ガリウム・ヒ素は温度による影響を受け難い等の特徴があり、用途によって使い分けることができる。

【0023】

精度良く磁界を測定しようとする、ホール電流は一定である方が良く、定電流部によってホール電流を一定とする。ホール電流は抵抗 R_h によって決めることができる。

ホール素子の出力部には、ホール電圧が発生するが、その電圧は小さいので、計装アンプ部によって増幅される。計装アンプ部は、1対の差動入力端子と基準端子を電位基準とするシングルエンド出力を持っており、入力インピーダンスが高く、同相信号除去比 (CMR: COMMON MODE REJECTION) が $70\text{ dB} \sim 100\text{ dB}$ 程度あり優れている。

計装アンプ部の出力電圧 V_{out} は、ホール電圧 V_h と計装アンプ部のゲインによって式 (1) のように表される。

【0024】

【数1】

$$V_{out} = \frac{R_d}{R_c} \times \left(1 + \frac{2R_a}{R_b} \right) \times V_h \quad \dots (1)$$

【0025】

以上示したように、磁界に比例したホール電圧 V_h が出力として得られる。また、計装アンプ部によって増幅されたホール電圧 V_h のゼロ点がずれている場合には、バランス調整部によって調整することが出来る。

永久磁石 41, 42 の材質や寸法・形状などを適切に設計することで、2つの永久磁石 41, 42 に挟まれた空間の磁気回路である磁界勾配の傾きを加減することができる。

また、磁気センサー 5 の位置調整手段 50 によって、磁気センサー 5 の位置を磁束 44 の分布に対して移動させることができる。位置調整手段 50 としては、例えば、ネジ、マイクロメーター等を用いて、機械的に磁気センサー 5 の位置を X、Y、Z 軸方向に調整することができる。

【0026】

(変形例)

図 4 (a) に、変形例における磁界発生部 40 および磁気センサー 5 付近の概略拡大断面図を示した。図 4 (b) に、第 1 実施形態と同様に、磁気センサー 5 の出力電圧と磁気センサー 5 の初期位置 L_0 としたときの磁界発生部 40 に対する相対移動距離との関係図を示した。第 1 実施形態と同じ構成要素には、第 1 実施形態と同じ符号を付した。

【0027】

磁界発生部 40 は、永久磁石 49 と 2 つのヨーク 46, 47 から構成され、磁束 44 が軸部 1 の外周側へ広がるように流れて、再び戻るように磁気回路 48 が構成されている。

この場合、2 つの 46, 47 に挟まれた空間の磁界勾配を比較的均一に設計することも可能であり、ヨーク 46, 47 の形状次第で磁界勾配の傾きも加減ができる。例えば、ヨーク 46, 47 の形状を永久磁石から離れるに従って薄くするようにテーパをつけ、そのテーパの形状を変えることで磁界勾配の傾きも変えることができる。

【0028】

図 4 (a) において、ヨーク 46, 47 に挟まれた空間の略均一になった磁界勾配中に磁気センサー 5 が配置されている。

また、ヨーク 46, 47 の形状によっては、ヨーク 46, 47 と弾性部材 2 が接触しないように、弾性部材 2 の形状を変えることも可能である。変形例では、ヨーク 46, 47 の軸部 1 の凸部 11 からはみ出した部分には、弾性部材 2 が配置されていない。

【0029】

ヨーク 46, 47 は、パーミアンス調整手段 60 を備えており、磁界勾配の傾き等を調

10

20

30

40

50

整できるようになっている。パーミアンス調整手段 60 は、位置調整手段 50 と同様に、例えば、ネジ、マイクロメーター等を用いて、機械的にヨーク 46, 47 の位置を X、Y、Z 軸方向に調整することができる。

【0030】

ヨーク 46, 47 に挟まれた空間の磁界勾配が均一な場合、図 4 (b) に示すように、磁気センサー 5 の出力電圧と磁気センサー 5 の初期位置 L_0 としたときの磁界発生部 40 に対する相対移動距離とは比例関係になる。

【0031】

第 1 実施形態および変形例において、ヨーク 43, 46, 47 としては、飽和磁束密度が高い鉄系の材料、電磁軟鉄、低炭素鋼、珪素鋼板などが適しており、必要に応じて熱処理や防錆のためのメッキや塗装などが施される。ヨーク 43, 46, 47 の形状は、永久磁石からの磁束が磁気センサー 5 をできるだけ多く通るように磁気抵抗が小さくなるような形状が良い。永久磁石のパーミアンスから適した形状を選択し、それに応じたヨーク 43, 46, 47 の形状を設計することができる。

10

【0032】

図 5 には、弾性部材 2 の圧縮特性の例を示した。横軸が荷重を縦軸が変位量を示している。

図 5 では、荷重に対して変位量が比例せず、緩やかな上に凸の曲線になるが、選択される弾性部材 2 の種類や発泡の仕方によってもこの曲線の形状は変化する。

力覚センサー 10 の出力特性（荷重 - 出力電圧）は、弾性部材 2 の圧縮特性（荷重 - 変位量）と図 2 (b) および図 4 (b) に示した磁気センサー 5 の出力特性の両方によって決まる。

20

弾性部材 2 の種類を選択するには、弾性部材 2 の圧縮特性やその他繰り返し荷重に対する安定性、温度特性など総合的な観点で選ばれるが、特にロボットのエンドエフェクターとしては圧縮特性が重要である。先ず、弾性部材 2 の圧縮特性を決めて弾性部材 2 の種類やグレードなどを決め、次に磁気センサー 5 の出力特性が比例関係となるように、磁界発生部 4, 40 の磁界勾配を設計する。

磁気センサー 5 の出力特性が比例関係であれば、出力電圧から簡単に荷重を求めることができ、弾性部材 2 の圧縮特性を考慮して変換する手段を必要としない。

【0033】

また、磁気センサー 5 の位置調整手段 50 またはヨーク 46, 47 のパーミアンス調整手段 60 のうち少なくとも一方を備えていればよく、位置調整手段 50 またはヨーク 46, 47 のパーミアンス調整手段 60 によっても、磁界勾配の調整が可能である。

30

【0034】

このような本実施形態および変形例によれば、以下の効果がある。

(1) 磁気センサー 5 の位置調整手段 50 または磁気回路 48 を構成するヨーク 46, 47 のパーミアンス調整手段 60 のうち少なくとも一方を備えているので、組立後において磁気回路 45, 48 と磁気センサー 5 との相対位置または磁気回路 45, 48 の少なくとも一方の調整を可能にできる。軸部 1 とハウジング 3 とを弾性部材 2 を介して組立てた際に、弾性部材 2 の弾性変形等によって、軸部 1 とハウジング 3 との相対位置がずれることにより、磁気回路 45, 48 と磁気センサー 5 との相対位置がずれて組立てられても、磁気回路 45, 48 中の磁気センサー 5 の位置または磁気回路 48 の少なくとも一方を調整できる。したがって、感度や加わる力に応じた出力のばらつきの少ない力覚センサー 10 を得ることができる。

40

【0035】

(2) 磁界発生部 4, 40 に、配線の不要な永久磁石を用いているので、構造が簡単で小型の製造コストの低減した力覚センサー 10 が得られる。

【0036】

変形例によれば、以下の効果がある。

(3) 磁気回路 48 が、磁気センサー 5 の出力と磁気センサー 5 の移動距離とが比例関

50

係になるように、ヨーク４６，４７の形状が形成されている。したがって、磁気センサー５がヨーク４６，４７によって形成された磁気回路４５，４８中のどの位置にあっても、感度や力に応じた出力が一定の力覚センサー１０が得られる。

【００３７】

(第２実施形態)

図６(a)には、本実施形態における力覚センサー２０の概略平面図を(b)には、(a)におけるA-B-C-D-E-F概略断面図を示した。

本実施形態では、磁気センサー５と磁界発生部４とを多数配置して、力覚センサー２０を多軸化したものである。同じ構成要素には同じ符号を付し、説明の必要なものだけ符号を付した。説明のない構成要素は、大きさが異なっても第１実施形態と同様の機能、構造である。また、磁気センサー５の位置調整手段５０およびパーミアンス調整手段６０は省略してある。

本実施形態では、磁気センサー５と磁界発生部４との対は、１２ヶ所設けられている。そのうち、８ヶ所は、Z軸方向に設けられている。

【００３８】

弾性部材２１は、Z軸方向に設けられた８ヶ所の磁気センサー５と磁界発生部４との内側にリング状に設けられている。また、第１実施形態におけるスラスト方向の受け６Ａ，６Ｂは設けられていない。したがって、X軸方向、Y軸方向、Z軸方向の他に、X、Y、Z軸方向へのモーメント M_x 、 M_y 、 M_z についても測定可能である。

一例として図中斜線矢印でモーメント M を示した。モーメント M は、X成分およびY成分を持っている。

なお、本実施形態の軸部１３には、貫通孔１４が形成されている。

【００３９】

図７は、軸部１３の中心と物体の接触位置との関係を示した図である。

座標の原点 O は軸部１３の中心 $1C$ であり、 N' (X_1 、 Y_1)は軸部１３と物体との接触位置である。原点 O を中心として物体の位置 N' 点の合成モーメント M は、モーメントのX成分を M_x 、モーメントのY成分を M_y として、 $M = (M_x^2 + M_y^2)^{(1/2)}$ と表される。

原点 O から N' 点までの距離を r とすればZ軸周りのモーメント M は、力 F により $M = F \times r$ と表される。

モーメント M_x 、 M_y の符号の正負から N' 点がどの領域(X-Y平面上の第１～第４象限のいずれか)にあるかがわかる。さらに、モーメント M_x 、 M_y の比から、角度は、 $\tan = M_y / M_x$ となる。

距離 r から、 N' 点の座標 X_1 、 Y_1 は、それぞれ $X_1 = r \times \cos$ および $Y_1 = r \times \sin$ となる。

【００４０】

このような本実施形態によれば、以下の効果がある。

(４) X軸、Y軸、Z軸方向への力だけでなく、モーメント M の各成分 M_x 、 M_y 、 M_z についても測定可能である。

【００４１】

(第３実施形態)

図８(a)には、本実施形態における力覚センサー７０の概略平面図を、(b)には(a)におけるB-B概略断面図を示した。同じ構成要素には同じ符号を付し、説明の必要なものだけ符号を付した。説明のない構成要素は、大きさが異なっても第１実施形態と同様の機能、構造である。

本実施形態においても、磁気センサー５の位置調整手段５０およびパーミアンス調整手段６０は省略してある。

【００４２】

図８において、力覚センサー７０は、第１の基体としての軸部７１と第２の基体としてのベース７３とを備えている。

10

20

30

40

50

軸部 7 1 の片端には、円盤形状の支持板 7 2 が設けられている。また、ベース 7 3 の形状は、底部 7 3 1 を有する円筒形状であり、リング状の蓋部 7 4 を備えている。蓋部 7 4 には中央に開口部 7 4 1 が形成されている。ベース 7 3 の底部 7 3 1 には回路部 7 5 が設けられ、その上には支持部 7 6 が設けられている。

支持板 7 2 には、磁界発生部 4 A , 4 B , 4 C , 4 D が軸部 7 1 の中心 7 C に対し回転対称になるように配置されている。一方、支持部 7 6 には、磁気センサー 5 A , 5 B , 5 C , 5 D が磁界発生部 4 A , 4 B , 4 C , 4 D に対向するように配置されている。

【 0 0 4 3 】

軸部 7 1 の支持板 7 2 と支持部 7 6 とが平行になるように、軸部 7 1 の支持板 7 2 は、蓋部 7 4 と支持部 7 6 との間に弾性部材 2 2 で保持されている。したがって、軸部 7 1 とベース 7 3 との間には、弾性部材 2 2 が介在している。軸部 7 1 は、開口部 7 4 1 から突出している。

10

【 0 0 4 4 】

軸部 7 1 に、例えば、図中に白抜き矢印で示す + X 方向の力 F_x が加えられた時には、軸部 7 1 はベース 7 3 に対して + X 方向に変位を生じる。すると、4 つの磁気センサー 5 A , 5 B , 5 C , 5 D の出力が平衡点からずれて、出力電圧が変化する。

ここで、4 つの磁界発生部 4 A , 4 B , 4 C , 4 D の磁界勾配の向きを変えて、出力電圧の符号を変え、X - Y 平面上で力の方向が分かるようにしておく。例えば、表 1 のように各磁気センサーの出力電圧を設定しておく。

【 0 0 4 5 】

20

【表 1】

	磁気センサー	出力電圧
+X方向に変位	5A	+
+X方向に変位	5B	+
+X方向に変位	5C	-
+X方向に変位	5D	-
+Y方向に変位	5A	+
+Y方向に変位	5B	-
+Y方向に変位	5C	-
+Y方向に変位	5D	+

30

【 0 0 4 6 】

ここで、第 1 象限方向への力 (+ X + Y) に対して、5 A は +、5 B は ~ 0、5 C は -、5 D は ~ 0 の出力となり、第 2 象限方向への力 (- X + Y) に対して、5 A は ~ 0、5 B は -、5 C は ~ 0、5 D は + の出力となり、第 3 象限方向への力 (+ X - Y) に対して、5 A は ~ 0、5 B は +、5 C は ~ 0、5 D は - の出力となり、第 4 象限方向への力 (- X - Y) に対して、5 A は -、5 B は ~ 0、5 C は +、5 D は ~ 0 の出力となる。

40

【 0 0 4 7 】

このような本実施形態によれば、以下の効果がある。

(5) 磁気センサー 5 A , 5 B , 5 C , 5 D の出力電圧の変化量から、X - Y 平面上で加わった力の方向および大きさを知ることができる。

【 0 0 4 8 】

上述した実施形態および変形例以外にも、種々の変更を行うことが可能である。

ヨーク 4 6 , 4 7 の形状は、変形例で示した平面で囲まれた形状に限らず、曲面を持つ形状であってもよい。例えば、磁気センサー 5 の出力特性が比例関係となるように、磁界

50

発生部 4，40 の磁界勾配を設計する際に、弾性部材 2 の圧縮特性に合わせて、ヨーク 46，47 の形状を、曲面を持つ形状としてもよい。

【0049】

また、磁界発生部と磁気センサーとの配置は、原点、X軸、Y軸、Z軸に対して対称な位置に配置されるものに限らず、非対称の位置に配置されていてもよい。

さらに、第1の基体としては、円柱状の軸部 1，13，71 を備えたものに限らない。例えば、三角柱や四角柱であってもよい。

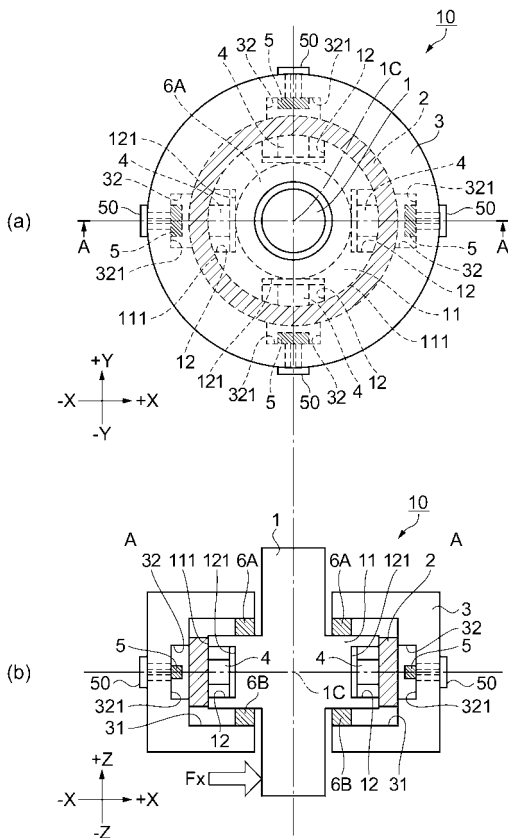
【符号の説明】

【0050】

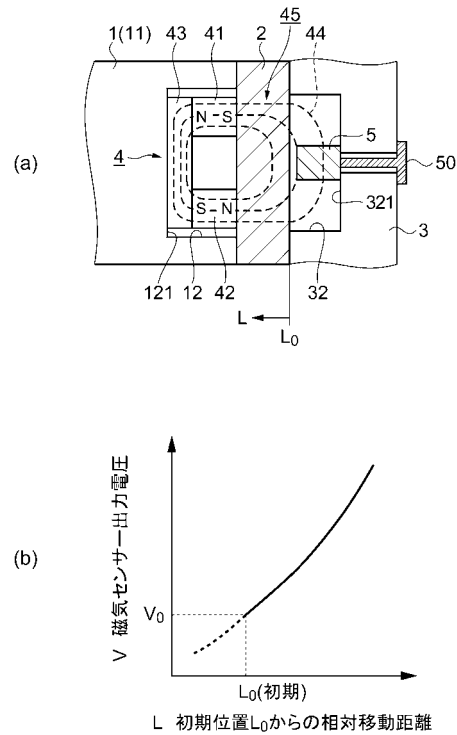
1，13，71，72... 第1の基体としての軸部および支持板、2，21，22... 弾性部材、3... 第2の基体としてのハウジング、4，4A，4B，4C，4D，40... 磁界発生部、5，5A，5B，5C，5D... 磁気センサー、10，20，70... 力覚センサー、41，42，49... 永久磁石、43，46，47... ヨーク、45，48... 磁気回路、50... 位置調整手段、60... パーミアンス調整手段、73... 第2の基体としてのベース。

10

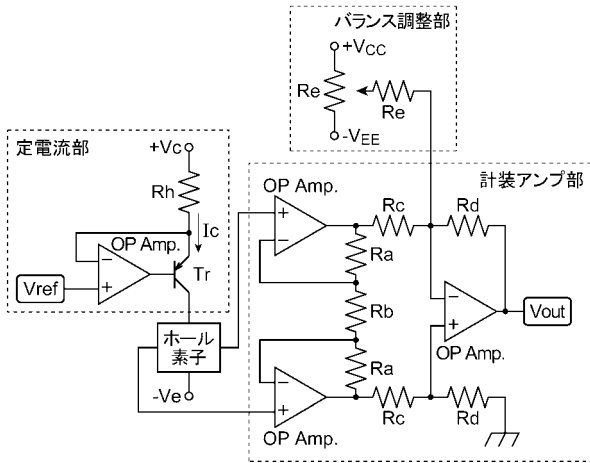
【図1】



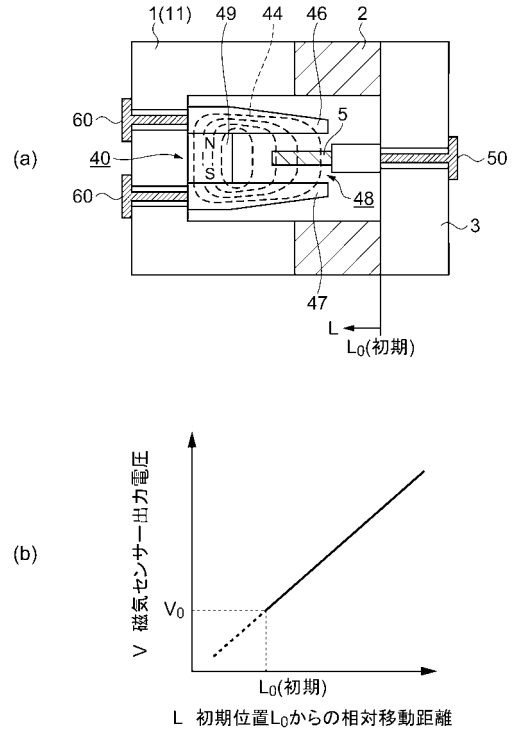
【図2】



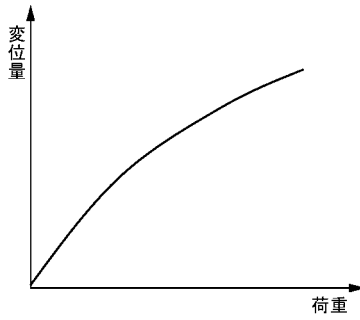
【 図 3 】



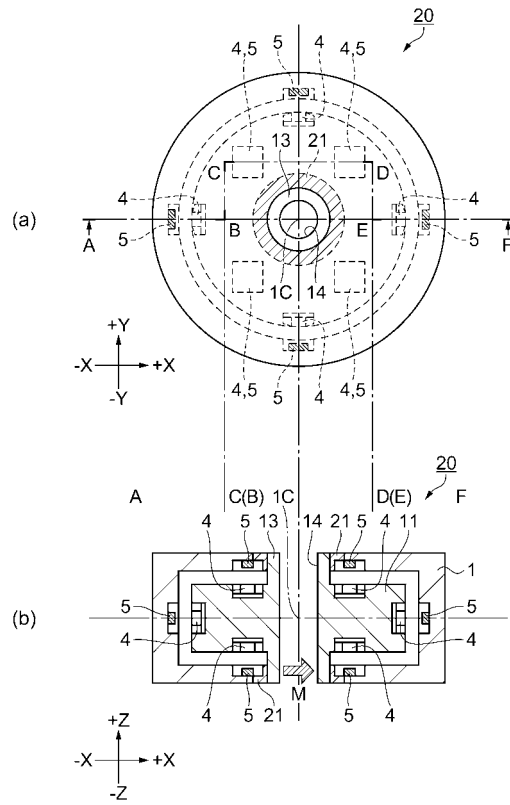
【 図 4 】



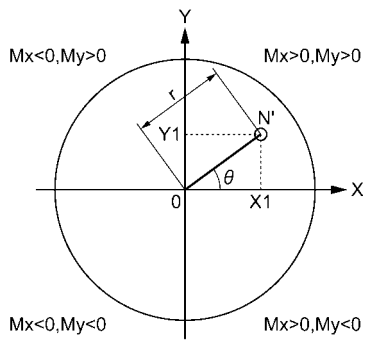
【 図 5 】



【 図 6 】



【 図 7 】



【 図 8 】

