

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5376859号
(P5376859)

(45) 発行日 平成25年12月25日(2013.12.25)

(24) 登録日 平成25年10月4日(2013.10.4)

(51) Int. Cl. F I
GO 1 L 1/04 (2006.01) GO 1 L 1/04
GO 1 L 5/16 (2006.01) GO 1 L 5/16

請求項の数 3 (全 11 頁)

(21) 出願番号	特願2008-201968 (P2008-201968)	(73) 特許権者	000001007 キヤノン株式会社 東京都大田区下丸子3丁目30番2号
(22) 出願日	平成20年8月5日(2008.8.5)	(74) 代理人	100126240 弁理士 阿部 琢磨
(65) 公開番号	特開2009-75083 (P2009-75083A)	(74) 代理人	100124442 弁理士 黒岩 創吾
(43) 公開日	平成21年4月9日(2009.4.9)	(72) 発明者	佐藤 修一 東京都大田区下丸子3丁目30番2号キヤ ノン株式会社内
審査請求日	平成23年8月4日(2011.8.4)	審査官	公文代 康祐
(31) 優先権主張番号	特願2007-221295 (P2007-221295)		
(32) 優先日	平成19年8月28日(2007.8.28)		
(33) 優先権主張国	日本国(JP)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 磁気式力センサ及び磁気式力センサを有するロボットアーム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

外部からの力が作用する作用部と、
 該作用部の力を電気信号に変換するセンシング部と、
 前記作用部を支持する弾性体を備え、内部に前記センシング部を収めた外枠と、
 を有する磁気式力センサにおいて、
 前記センシング部には、前記作用部と連結された磁束発生源と、該磁束発生源が変位することによる磁束の変化量を検出する前記外枠に固定された磁電変換素子を有しており、
 前記磁束発生源の外周部には、前記磁束発生源の磁化方向軸を包囲して磁性体が前記磁束発生源と隣接して配置されており、

磁化方向軸と交差する方向に対して前記磁電変換素子は前記磁性体の外側端面よりも磁束発生源側に、前記磁化方向軸を挟むように複数配置されている
 ことを特徴とする磁気式力センサ。

【請求項2】

前記磁束発生源の磁化方向に対して、磁性体の外側端面は、磁束発生源の外側端面から磁化方向軸に沿って突出して前記センシング部の外周部に配置していることを特徴とする請求項1に記載の磁気式力センサ。

【請求項3】

請求項1または2に記載の磁気式力センサを手首部分に有するロボットアーム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、力、モーメント6方向成分を検出する力センサに関し、特に、磁束発生源の磁束変化を磁電変換素子で検出する磁気式力センサに関するものである。

【背景技術】

【0002】

力センサは、例えば、ロボットアームにより部品の組立を行う場合、手首部分に取付けられ組付け作業の際に生じる力やモーメント成分を検出し、ハンド部の姿勢制御を行うために用いられる。従来、力センサは、特開平01-262431号(特許文献1)に記載されているように歪ゲージの抵抗変化から検出するものが主であった。また、特開2004-325328号(特許文献2)に記載されているように作用部の変位を磁気的に検出する方法を利用しているものもある。

10

【0003】

まず、特許文献1に記載の従来例の構造を図11に示す。起歪部に作用する力、モーメント成分を同一梁上に配置された複数の歪ゲージの抵抗変化から算出するようになっている。

【0004】

次に、特許文献2に記載の従来例の構造を図12に示す。弾性体に埋め込まれた永久磁石と、その永久磁石の磁化方向軸に対して対向するように4つの磁電変換素子を配置している。作用力が加わると永久磁石が変位し、それによって生じた磁束の変位を磁電変換素子によって電気信号に変換し検出する。これにより、X軸方向、Y軸方向、Z軸方向の3軸力成分の検出を可能としている。

20

【特許文献1】特開平01-262431号公報

【特許文献2】特開2004-325328号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

しかしながら、特許文献1の発明においては、同一梁上に歪ゲージが複数配置した構成となっている。このため、起歪部に力を受けた場合、力が作用した軸方向の歪だけでなく、力が作用していない軸方向の歪を発生させてしまう他軸干渉が問題となる。この他軸干渉を少なくするために梁構造や信号処理を工夫する必要があり小型化、コストに対して不利である。さらに、歪ゲージの経年変化により耐久性、信頼性に問題がある。

30

【0006】

また、特許文献2の発明においては、非接触で設けられた素子がそれぞれ独立している構成となっているため、特許文献1の発明の欠点を補っている。

【0007】

しかしながら、磁性材料と磁電変換素子を対向させるように配置した構成では磁束は発散してしまうために、磁電変換素子に検出される磁束密度の変位が僅かとなり十分な感度が得ることが困難となる。加えて、磁性材料が単純に弾性体で埋め込まれており周辺機器に影響を与えるノイズ源となることや、磁電変換素子に外部からの磁束が容易に流入し出力に影響を与えるという問題がある。

40

【0008】

本発明は上述した課題を解決するためになされたものであって、その目的は、感度を高め、磁束発生源が外部へ与える影響を抑制し、ノイズに対しての信頼性を向上できる構造にした、力、モーメントを6軸検出する磁気式力センサを提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0009】

上記目的を達成するため、本出願に係る第1の発明によれば、外部からの力が作用する作用部と、該作用部の力を電気信号に変換するセンシング部と、

50

前記作用部を支持する弾性体を備え、内部に前記センシング部を収めた外枠と、
を有する磁気式力センサにおいて、

前記センシング部には、前記作用部と連結された磁束発生源と、該磁束発生源が変位することによる磁束の変化量を検出する前記外枠に固定された磁電変換素子を有しており、前記磁束発生源の外周部には、前記磁束発生源の磁化方向軸を包囲して磁性体が前記磁束発生源と隣接して配置されており、

磁化方向軸と交差する方向に対して前記磁電変換素子は前記磁性体の外側端面よりも磁束発生源側に、前記磁化方向軸を挟むように複数配置されている

ことを特徴とする磁気式力センサ

を提供する。

10

【発明の効果】

【0012】

磁束発生源と磁電変換素子からなるセンシング部の外周部に磁性体を配置したことにより、磁束発生源からの磁束を磁性体により制御することができる。よって、磁電変換素子に流入させる磁束を集中することが可能となり、磁束発生源の位置変位が微小であっても比較的大きな磁束の変化を得られ、感度を高めることができる。

【0013】

磁束発生源を取り囲むように複数配置し、さらに、1軸に対して少なくとも4つの磁電変換素子の電気的変位から、対をなす2つのペアにより算出することにより、力ならびにモーメントを6軸検出できる構成となる。

20

【0014】

外部からの磁気ノイズが流入した場合、その磁気ノイズは透磁率の高い磁性体に優先的に入り込むため、磁電変換素子には到達し難い構成となるため、磁気ノイズに対しての信頼性が向上できる。

【0015】

磁束発生源の外周部に磁性体を配置したことにより、磁束発生源から発せられる磁束を磁性体で閉じ込めやすくなる構造となり、外部へ影響を与えるノイズ源となることを抑制することができる。

【0016】

以上説明したように、本発明によれば、感度を高め、磁束発生源が外部へ与える影響を抑制し、ノイズに対しての信頼性を向上できる構造にした、力、モーメントを6軸検出する磁気式力センサを提供することができる。

30

【発明を実施するための最良の形態】

【0017】

図1は本発明の特徴を最もよく表す図面であり、同図(a)は、磁気式力センサのX-Z軸に沿った断面図であり、同図(b)は分解斜視図である。

【0018】

図1において1は力が印加される作用部。2は力が印加された際に位置変位を生み出す弾性体。3は力センサの外枠。4は作用部と磁束発生源を支持する支柱。5は磁電変換素子を設置する磁電変換素子支持部。6a~6dは磁束発生源の磁束変化を検出する磁電変換素子。7は磁束の流れを制御する磁性体。8は磁束を生み出す磁束発生源。9a~9dは磁束発生源の磁束変化を検出する磁電変換素子である。本発明においては、磁電変換素子と磁束発生源を併せてセンシング部と以下称することがある。作用部1は剛性の高い支柱4を介して磁束発生源8と連結固定されている。また外枠3には磁電変換素子支持部5を介して磁電変換素子6a~6dが磁束発生源8と間隙をもって固定されていて、磁電変換素子9a~9dも同じく磁束発生源8と間隙をもって外枠に対して固定されている。

40

【0019】

そして、外枠3と作用部1とが弾性体2を介して互いに変位可能に弾性支持されている。

【0020】

50

また磁束発生源支持部 1 2 は弾性体など剛性の低いもので構成され、磁束発生源 8 の姿勢を保持するために支柱 4 と対向する位置に配置されている。このような構成をとれば、作用部 1 に力が加わり外枠に対して姿勢が変化すると、その姿勢変化に追従して磁束発生源 8 も姿勢が変化し、外枠 3 に固定された磁電変換素子に対して相対位置が変化する。

【 0 0 2 1 】

磁束発生源 8 は Nd - Fe - B 磁石、Sm - Co 磁石、Sm - Fe - N 磁石、フェライト磁石に代表されるような永久磁石であってもよく、磁性体まわりに、コイルを巻き、通電することによって磁力を発生させる電磁石であってもよい。磁電変換素子 6 , 9 はホール素子、MR 素子、磁気インピーダンス素子、フラックスゲート素子などである。磁性体 7 は、空気とは異なる透磁率を持った材料から構成される。

10

【 0 0 2 2 】

作用部 1 に力が印加されると、支柱 4 に取付けられた磁束発生源 8 は弾性体 2 によって変位を生じる。それによって、各磁電変換素子からは、磁束発生源 8 の変位量に比例した電気的変位が得られる。

【 0 0 2 3 】

力、モーメントの算出方法について図 2 を参照しながら説明する。例えば、作用部に X 軸方向の力 F_x 、Z 軸方向に力 F_z 、Y 軸方向のモーメント M_y を受けたとする。X 軸方向の力 F_x によって磁電変換素子 6 a、9 a にそれぞれ磁束密度変位量 $- B_x$ が生じたとすると、6 c、9 c にはそれぞれ磁束密度の変位量が $+ B_x$ 生じることになる。また、Z 軸方向の力 F_z によって磁電変換素子 6 a、6 c にそれぞれ磁束密度変位量 $- B_z$ が生じたとすると、9 a、9 c にはそれぞれ磁束密度の変位量が $+ B_z$ 生じることになる。さらに、Y 軸方向のモーメント M_y によって磁電変換素子 6 a、9 c にそれぞれ磁束密度変位量 $+ B_y$ が生じたとすると、6 c、9 a にはそれぞれ磁束密度の変位量が $- B_y$ 生じることになる。

20

【 0 0 2 4 】

磁電変換素子 6 a に生じる磁束密度変位総量 B_{6a} 、磁電変換素子 6 c に生じる磁束密度変位総量 B_{6c} 、磁電変換素子 9 a に生じる磁束密度変位総量 B_{9a} 、磁電変換素子 9 c に生じる磁束密度変位総量 B_{9c} とすると、

$$B_{6a} = - B_x - B_z + B_y$$

$$B_{6c} = B_x - B_z - B_y$$

$$B_{9a} = - B_x + B_z - B_y$$

$$B_{9c} = B_x + B_z + B_y$$

となる。

30

【 0 0 2 5 】

次に、各々の軸において相対関係にある磁電変換素子のペアを作り、差分をとる。ここで、 k_x 、 k_z 、 k_y は磁束密度変位量から力、モーメントに算出するための比例係数である。

$$F_x = (B_{6c} + B_{9c}) - (B_{6a} + B_{9a})$$

$$= k_x \times B_x$$

40

$$F_z = (B_{9a} + B_{9c}) - (B_{6a} + B_{6c})$$

$$= k_z \times B_z$$

$$M_y = (B_{6a} + B_{9c}) - (B_{9a} + B_{6c})$$

$$= k_y \times B_y$$

【 0 0 2 6 】

以上のようにして、本発明による力センサーでは、各軸に独立に力を加えた際に生じる磁束密度変位量の項だけになるので、各軸に生じた力を容易に算出できる。同様にして、Y 軸方向の力 F_y 、X 軸方向のモーメント M_x 、Z 軸方向のモーメント M_z も算出できる

50

。【 0 0 2 7 】

(実験例 1)

図 3 に磁場シミュレーションの結果を示す。シミュレーションは Z 軸対称の 2 次元静磁界モデルで行った。同図 (a) は空気中に Z 軸方向の厚み 4 mm、X 軸方向の厚み 2 mm の磁束発生源を配置しており、同図 (b) は磁束発生源に Z 軸方向の厚み 4 mm、X 軸方向の厚み 1 mm の磁性体が巻き付けてある。ここで、磁束発生源には残留磁束密度 1.4 T、保磁力 1000 kA/m の Nd - Fe - B 磁石の特性を設定し、磁性体の比透磁率は 5000 に設定した。

【 0 0 2 8 】

図 3 (a) の単純に空気中に磁束発生源だけを配置したものでは、磁束発生源から発せられる磁束が発散してしまい、その磁束が外部の周辺機器に悪影響を及ぼす恐れがある。一方で、図 3 (b) に示したように、磁化方向軸を包囲するように磁束発生源の外周部に磁性体を配置した場合、空気より透磁率が高い磁性体に優先的に磁束が流れることにより、周囲へ発散するのを抑制される。これによって、磁束発生源が外部へ影響を与えるノイズ源となることを抑制することができる。

【 0 0 2 9 】

図 3 解析モデルにおいて、外部に磁束を発するノイズ源を配置したものを図 4 に示す。図 4 (a) では、磁電変換素子をどの場所に配置してもノイズ源からの磁束の影響を受ける。一方で、図 4 (b) では、外部から磁気ノイズは透磁率が高い磁性体に流れるため、ノイズの影響を受ける箇所を限定できる。例えば、図 4 (b) では磁電変換素子を磁束発生源の Z 軸方向の上面または下面に配置することで、磁気ノイズに対しての信頼性が向上できる。

【 0 0 3 0 】

次に、磁束発生源の外周部に磁性体を配置した際の磁電変換素子の配置個所について述べる。図 5 に図 3 (b) モデルにおいて、Z 軸方向に磁束発生源から 500 μ m 離れた位置での X 軸方向の磁束密度の X 成分をプロットしたものを示す。図上の矢印がプロット位置である。X 軸方向に 2000 μ m 付近、つまりは磁性体と空気層を境界にして磁束密度の変化量が急激に小さくなるのがわかる。よって、十分な感度を得るためには、磁電変換素子は磁性体の外側端面よりも内側に配置することが望ましい。

【 0 0 3 1 】

(実験例 2)

図 6 に磁場シミュレーションの結果を示す。図 3 (b) に巻き付けられていた磁性体の Z 軸方向の厚みを、図 6 (b) では 6 mm に変更した。図 6 (a) の条件は図 3 (a) の実験例 1 と同じである。

【 0 0 3 2 】

磁電変換素子を X 軸方向に 500 μ m、Z 軸方向に磁束発生源から 500 μ m 離し、磁場の X 成分を測定できるように配置したとする。その時に、磁束発生源を X 軸方向に ± 50 μ m または Z 軸方向に ± 50 μ m 変位させたときに磁電変換素子に現れる磁束密度の変位量を B_x 、 B_z とすると、図 7、8 のようなグラフとなる。図 6 上の矢印がプロット位置である。図 7 が X 軸方向に変位させたときの磁束密度の変位量 B_x であり、図 8 が Z 軸方向に変位させたときの磁束密度の変位量 B_z である。

【 0 0 3 3 】

次に、磁電変換素子を X 軸方向に 500 μ m、Z 軸方向に磁束発生源から 500 μ m 離し、磁場の Z 成分を測定できるように配置したとする。その時に、磁束発生源を X 軸方向に ± 50 μ m または Z 軸方向に ± 50 μ m 変位させたときに磁電変換素子に現れる磁束密度の変位量を B_x 、 B_z とすると、図 9、10 のようなグラフとなる。図 6 上の矢印がプロット位置である。図 9 が X 軸方向に変位させたときの磁束密度の変位量 B_x であり、図 10 が Z 軸方向に変位させたときの磁束密度の変位量 B_z である。

【 0 0 3 4 】

10

20

30

40

50

磁電変換素子を磁場のX、Z成分測定できるように配置した。どちらの場合においても、磁性体を配置することによって変化曲線の傾きが大きくなる、すなわち感度が高くなることがわかる。これは、空気より透磁率が高い磁性体を配置することにより、磁束の流れを制御し、磁電変換素子に流入する磁束が集中したためである。このことから、磁束発生源の外周部に磁性体を配置することにより、単純に磁束発生源だけを配置した場合と比べて感度を高める効果があることがわかる。

【0035】

また、図3(b)、図6(b)の磁束線の流れからわかるように、磁束発生源の磁化方向の厚みを磁性体より小さくすることで、磁束発生源から発せられる磁束を閉じ込めやすい構造となる。つまり磁性体の外側端面は、磁束発生源の外側端面から突出してセンシング部の外周部に配置すると、磁束発生源からの外部へ与えるノイズ源となることをさらに抑制することができる。

10

【0036】

そのような構成をとると、磁電変換素子は、磁性体によって周囲を囲まれる構造となるため、磁気ノイズに対しての信頼性もさらに向上できる。

【図面の簡単な説明】

【0037】

【図1】本発明に係る磁気式力センサの構造を示す図である。

【図2】本発明の力、モーメントを算出する方法を説明するための図である。

【図3】Z軸対称の2次元静磁界モデルでシミュレーションを行った磁束線図である。

20

【図4】図3解析モデルにおいて、外部に磁束を発するノイズ源を配置した磁束線図である。

【図5】Z軸方向に磁束発生源から500 μ m離れた位置でのX軸方向の磁束密度のX成分を示すグラフ

【図6】Z軸対称の2次元静磁界モデルでシミュレーションを行った磁束線図である。

【図7】磁電変換素子を磁場のX軸成分を測定できるように配置し、磁束発生源をX軸方向に $\pm 50\mu$ mの変位量に対しての磁電変換素子位置における磁束密度の変位量を示すグラフ

【図8】磁電変換素子を磁場のX軸成分を測定できるように配置し、磁束発生源をZ軸方向に $\pm 50\mu$ mの変位量に対しての磁電変換素子位置における磁束密度の変位量を示すグラフ

30

【図9】磁電変換素子を磁場のZ軸成分を測定できるように配置し、磁束発生源をX軸方向に $\pm 50\mu$ mの変位量に対しての磁電変換素子位置における磁束密度の変位量を示すグラフ

【図10】磁電変換素子を磁場のZ軸成分を測定できるように配置し、磁束発生源をZ軸方向に $\pm 50\mu$ mの変位量に対しての磁電変換素子位置における磁束密度の変位量を示すグラフ

【図11】従来の歪ゲージ式力センサの構造を示す図である

【図12】従来の磁気式力センサの構造を示す図である。

【符号の説明】

40

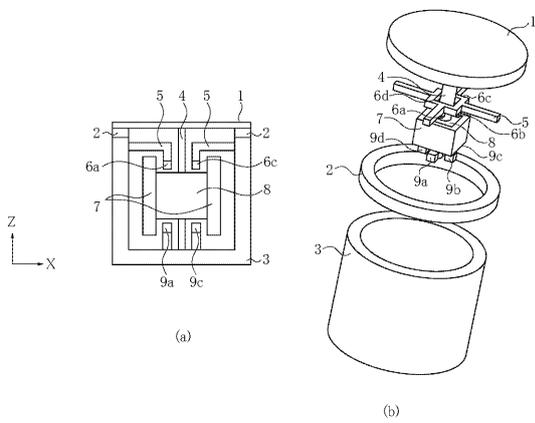
【0038】

- 1 作用部
- 2 弾性体
- 3 センサ外枠
- 4 支柱
- 5 磁電変換素子支持部
- 6 a ~ 6 d 磁電変換素子
- 7 磁性体
- 8 磁束発生源
- 9 a ~ 9 d 磁電変換素子

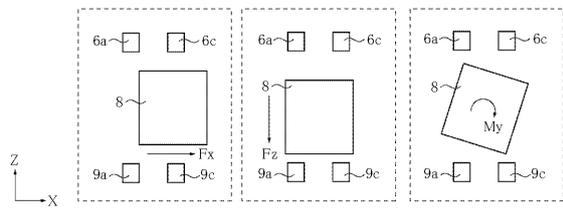
50

- 1 0 磁束線
- 1 1 ノイズ源

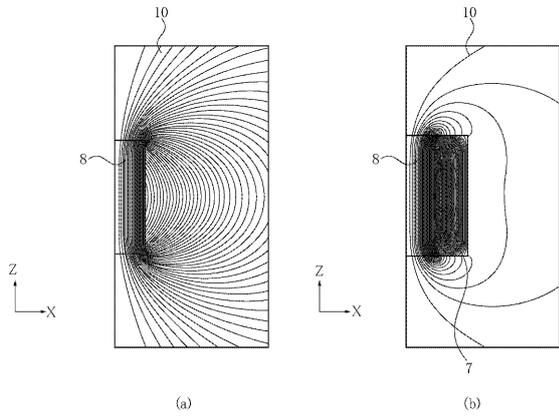
【図 1】



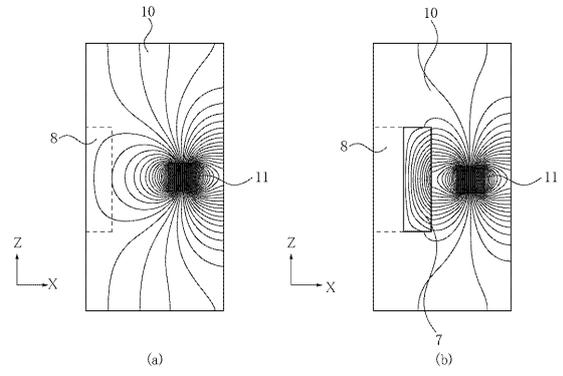
【図 2】



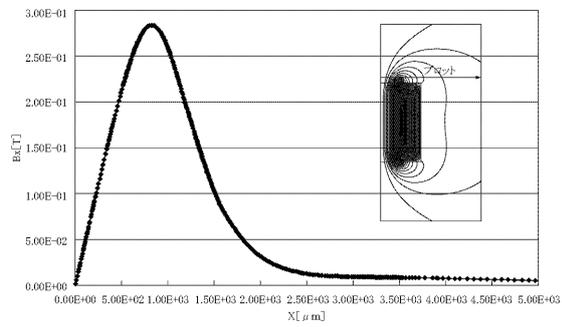
【 図 3 】



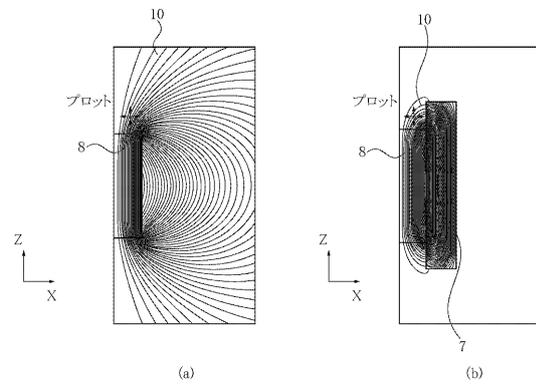
【 図 4 】



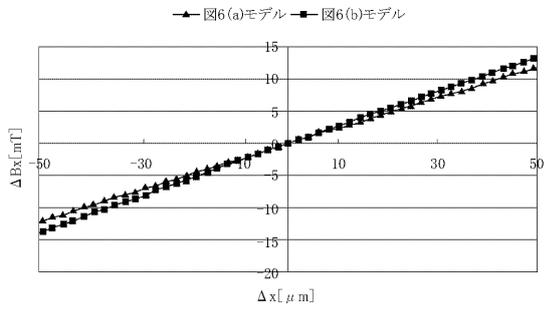
【 図 5 】



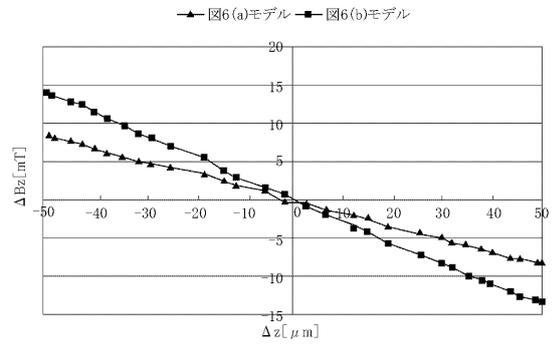
【 図 6 】



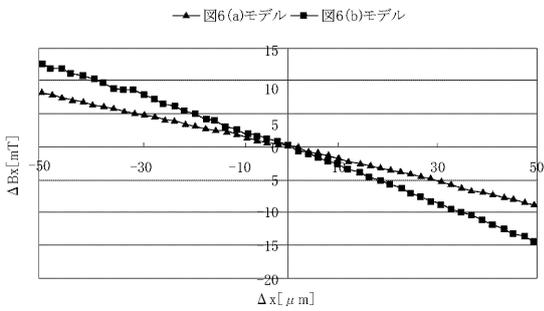
【 図 7 】



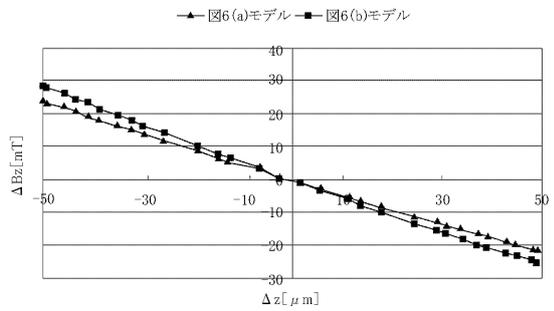
【 図 8 】



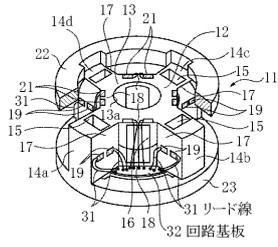
【 図 9 】



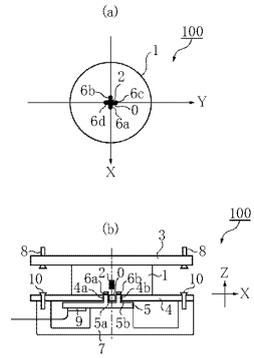
【 図 10 】



【図 1 1】



【図 1 2】



フロントページの続き

(56)参考文献 米国特許出願公開第2002/0124657(US, A1)

特開2005-221418(JP, A)

特開平01-196585(JP, A)

特開2000-214002(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01L 1/04

G01L 3/10

G01L 5/16

G01G 3/15

H01H 13/00