

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5359108号
(P5359108)

(45) 発行日 平成25年12月4日(2013.12.4)

(24) 登録日 平成25年9月13日(2013.9.13)

(51) Int.Cl.		F 1			
F 1 6 C	32/04	(2006.01)	F 1 6 C	32/04	A
G 0 1 D	5/14	(2006.01)	G 0 1 D	5/14	H
H 0 2 P	29/00	(2006.01)	H 0 2 P	7/00	P

請求項の数 7 (全 11 頁)

(21) 出願番号	特願2008-207758 (P2008-207758)	(73) 特許権者	000006105
(22) 出願日	平成20年8月12日 (2008.8.12)		株式会社明電舎
(65) 公開番号	特開2010-43684 (P2010-43684A)		東京都品川区大崎2丁目1番1号
(43) 公開日	平成22年2月25日 (2010.2.25)	(74) 代理人	100086232
審査請求日	平成23年5月10日 (2011.5.10)		弁理士 小林 博通
		(74) 代理人	100104938
			弁理士 鶴澤 英久
		(74) 代理人	100096459
			弁理士 橋本 剛
		(72) 発明者	近藤 猛
			東京都品川区大崎2丁目1番1号 株式会
			社明電舎内
		(72) 発明者	小崎 圭輝
			東京都品川区大崎2丁目1番1号 株式会
			社明電舎内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 磁気軸受変位検出方法及び検出装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

磁気軸受に非接触支持される回転体の軸の端面に対向して第1の永久磁石を備え、
前記軸の両端付近の側面にターゲットを設け、
前記ターゲットから前記軸の径方向に離間して位置検出センサを設け、
前記センサが、前記第1の永久磁石の静止磁場を検出することにより、
前記回転体の変位を検出する

ことを特徴とする磁気軸受変位検出方法。

【請求項2】

前記センサが、前記ターゲットの中心に対して対称に備えられ、
前記軸のラジアル方向及びアキシャル方向の変位を検出する

ことを特徴とする請求項1に記載の磁気軸受変位検出方法。

【請求項3】

前記第1の永久磁石と同じ磁極が対向するように、前記回転体の軸の端部にそれぞれ第2の永久磁石を備え、

前記センサが、前記第2の永久磁石の静止磁場を検出することにより、
前記回転体の変位を検出する

ことを特徴とする請求項1に記載の磁気軸受変位検出方法。

【請求項4】

磁気軸受に非接触支持される回転体の軸の端面に対向して第1の永久磁石を備え、

10

20

前記軸の両端付近の側面にターゲットを設け、
 前記ターゲットから前記軸の径方向に離間して位置検出センサを設け、
 前記センサが、前記第1の永久磁石の静止磁場を検出することにより、
 前記回転体の変位を検出する
 ことを特徴とする磁気軸受変位検出装置。

【請求項5】

前記センサが、前記ターゲットの中心に対して対称に備えられ、
 前記軸のラジアル方向及びアキシャル方向の変位を検出する
 ことを特徴とする請求項4に記載の磁気軸受変位検出装置。

【請求項6】

前記第1の永久磁石と同じ磁極が対向するように、前記回転体の軸の端部にそれぞれ第2の永久磁石を備え、
 前記センサが、前記第2の永久磁石の静止磁場を検出することにより、
 前記回転体の変位を検出する
 ことを特徴とする請求項4に記載の磁気軸受変位検出装置。

【請求項7】

前記回転体は、金属製の密閉容器内に備えられる
 ことを特徴とする請求項4から請求項6のうちいずれか1項に記載の磁気軸受変位検出装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

この発明は、磁気により非接触的に回転体を支持する磁気軸受において、前記回転体の軸の位置を検出する位置検出方法及び検出装置に係る。詳しくは、前記回転体が密閉金属容器内に備えられる磁気軸受装置（キャンドモーター）において、電磁石と回転体のギャップを検出する変位測定方法及び軸の位置検出装置に係る。

【背景技術】

【0002】

電磁石を用いて回転体の位置を能動的に制御する制御式磁気軸受装置は、非接触で回転軸を制御するので、潤滑剤が必要なく、低トルク、低騒音での高速回転に適している。（特許文献1、特許文献2）

通常、制御式磁気軸受装置において、回転体の位置を検出する場合、特許文献3に示すようなホール素子を用いる検出方法や、特許文献4で示すような渦電流式や差動変圧器を用いた誘導式による検出方法がある。

【0003】

図6は従来技術に係るキャン構造を有する磁気軸受装置12の要部断面図である。図6において、回転子9を備えた主軸1の側面に対向するように電磁石2と位置検出センサ13とが離間して配置されており、これらの電磁石2と位置検出センサ13とによって磁気軸受24が構成されている。主軸1には電磁石2に対応したターゲット18及び、位置検出センサ13に対応したターゲット5が取り付けられている（以降、回転子9を備えた主軸1に、ターゲット5、13が備えられたものを回転体21という）。

【0004】

そして、位置検出センサ13はターゲット5と位置検出センサ13とのギャップ6を検出し、その検出出力信号に基づいて図示省略のコントローラにより電磁石2の磁気力が制御され、この制御された磁気力により回転体21が磁気浮上し、非接触で回転体21が支持される。また、回転体21と電磁石2及び位置検出センサ13との間には、キャン7が配置される。すなわち、回転体21がキャン7内に備えられている。そして、固定子8が回転子9に回転駆動力を付与するので、回転体21が回転する。ここで、回転体21をアキシャル方向（z軸方向）に制御する浮上用電磁石と、位置検出センサ13の出力によりギャップ6の変位を検出する変位検出器とは、図示省略している。

10

20

30

40

50

【0005】

このように、図6で示すような、固定子8と回転体21の間に金属密閉容器(すなわち、キャン7)を有するキャンドモータ等では、回転体21が前記容器に接触しないように、ラジアル方向(x軸方向またはy軸方向)、アキシャル方向(z軸方向)に軸制御を行う。位置検出センサ3としては、安価な渦電流式変位検出器又は、密閉容器の影響を受けにくい差動変圧器を用いた誘導式が採用されている。

【0006】

差動変圧器式では、図7に示すように一次コイルと二次コイルの電磁誘導作用を利用し、二次コイルの差分電圧 e_3 を位置に換算することにより位置検出を行う。

【0007】

すなわち、誘導型センサはセンサコアにセンサコイルが巻回され構成を有する。ここで、図6で示した制御式軸受装置12を参照して位置検出センサ13に誘導型センサを用いた場合の位置検出方法について説明する。

【0008】

位置検出センサ13のセンサコイルに発振器から数十kHz以下の励磁電圧が与えられると、センサコア内に発生した磁束(すなわち位置検出センサ13より発生した磁束)がキャン7、ギャップ6を貫通し、ターゲット5内の磁性材料を通り、センサコア(すなわち位置検出センサ13)に戻る磁気ループが形成される。位置検出センサ13とターゲット5間の距離はセンサコイルのインダクタンス変化によって検出できる(特許文献4)。

【0009】

一方、渦電流センサはセンサコアとして非金属材料又は空芯コアが用いられ、このセンサコアにセンサコイルを巻回して渦電流センサが構成される。ここで、図6で示した制御式軸受装置12を参照して、位置検出センサ13に渦電流式センサを用いた場合の位置検出方法について説明する。

【0010】

位置検出センサ13のセンサコアには発振器から数MHz程度の励磁電圧が供給され、この励磁電圧によりセンサコア内に磁束が発生し(すなわち位置検出センサ13より磁束が発生し)、この磁束がキャン7、センサターゲット5に到達する。このとき、センサターゲット5表面で生じる渦電流により磁束が発生する。この磁束はセンサコアで発生する磁束と逆向きになっている。渦電流によって発生した磁束により、センサコイルのインダクタンスが変化する。このインダクタンス変化量によって位置検出センサ13とセンサターゲット5との間の距離を検出できる(特許文献4)。

【特許文献1】特開昭58-61324号公報

【特許文献2】特開平2-297012号公報

【特許文献3】特開平7-98015号公報

【特許文献4】特開2003-106333号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0011】

しかしながら、上記従来技術に係るキャンドモータにおいて、一次コイルの交流電圧により、コア及び金属製キャンに渦電流が発生する。このため、交流電圧の増加に伴う検出誤差や回転体の回転速度増加に伴う発熱、回転損失等が問題となる。特に、キャンドモータは密閉されているので、発熱は少ないことが好ましい。

【0012】

なお、図8に示すように、渦電流式では、キャン7に渦電流14が流れるので、位置検出センサ13がキャン7自体を検出してしまい、回転体の変位を正確に検出することは困難である。

【0013】

また、特許文献3のような磁気軸受装置がキャンを備えると、回転体の回転と同期してターゲットである永久磁石が回転するので、キャン上に渦電流が生じ検出精度が低下する

10

20

30

40

50

おそれがある。すなわち、図6に示すキャンドモータ12の位置検出センサ13に、ホール素子を用いた場合においても、キャンを備えると渦電流の影響により検出精度が低下するおそれがある。

【0014】

したがって、本発明は、回転体のラジアル(x軸方向またはy軸方向)及びアキシャル軸(z軸方向)制御を行う磁気軸受装置において、キャンやターゲット上での渦電流の発生を抑えた回転体の軸位置測定方法及び測定装置を提供することを目的としている。

【課題を解決するための手段】

【0015】

そこで、請求項1に記載の磁気軸受変位検出方法は、磁気軸受に非接触支持される回転体の軸の端面に対向して第1の永久磁石を備え、前記軸の両端付近の側面にターゲットを設け、前記ターゲットから前記軸の径方向に離間して位置検出センサを設け、前記センサが、前記第1の永久磁石の静止磁場を検出することにより、前記回転体の変位を検出することを特徴とする。

10

【0016】

請求項2に記載の磁気軸受変位検出方法は、請求項1に記載の磁気軸受変位検出方法において、前記センサが、前記ターゲットの中心に対して対称に備えられ、前記軸のラジアル方向及びアキシャル方向の変位を検出することを特徴とする。

【0017】

請求項3に記載の磁気軸受変位検出方法は、請求項1に記載の磁気軸受変位検出方法において、前記第1の永久磁石と同じ磁極が対向するように、前記回転体の軸の端部にそれぞれ第2の永久磁石を備え、前記センサが、前記第2の永久磁石の静止磁場を検出することにより、前記回転体の変位を検出することを特徴とする。

20

【0018】

請求項4に記載の磁気軸受変位検出装置は、磁気軸受に非接触支持される回転体の軸の端面に対向して第1の永久磁石を備え、前記軸の両端付近の側面にターゲットを設け、前記ターゲットから前記軸の径方向に離間して位置検出センサを設け、前記センサが、前記第1の永久磁石の静止磁場を検出することにより、前記回転体の変位を検出することを特徴とする。

【0019】

請求項5に記載の磁気軸受変位検出装置は、請求項4に記載の磁気軸受変位検出装置において、前記センサが、前記ターゲットの中心に対して対称に備えられ、前記軸のラジアル方向及びアキシャル方向の変位を検出することを特徴とする。

30

【0020】

請求項6に記載の磁気軸受変位検出装置は、請求項4に記載の磁気軸受変位検出装置において、前記第1の永久磁石と同じ磁極が対向するように、前記回転体の軸の端部にそれぞれ第2の永久磁石を備え、前記センサが、前記第2の永久磁石の静止磁場を検出することにより、前記回転体の変位を検出することを特徴とする。

【0021】

請求項7に記載の磁気軸受変位検出装置は、請求項4から請求項6に記載の磁気軸受変位検出装置において、前記回転子は、金属製の密閉容器内に備えられることを特徴とする。

40

【0022】

請求項1から請求項3に記載された磁気軸受変位検出方法及び請求項4から請求項7に記載された磁気軸受変位検出装置によれば、渦電流の発生を抑制できる。

【0023】

特に、請求項2に記載の磁気軸受変位検出方法によれば、請求項1の効果に加え、回転子のアキシャル方向(z軸方向)の変位を検出することができるので、新たにアキシャル方向(z軸方向)の変位を検出する位置検出センサを設ける必要がない。

【0024】

50

そして、請求項 3 に記載の磁気軸受変位検出方法によれば、請求項 1 の効果に加え、回転子のアキシャル方向（z 軸方向）の変位を抑制することができる。

【 0 0 2 5 】

また、請求項 4 に記載の磁気軸受変位検出装置により、請求項 1 に記載の磁気軸受変位検出方法が実現できる。

【 0 0 2 6 】

さらに、請求項 5 に記載の磁気軸受変位検出装置により、請求項 2 に記載の磁気軸受変位検出方法が実現できる。

【 0 0 2 7 】

そして、請求項 6 に記載の磁気軸受変位検出装置により、請求項 3 に記載の磁気軸受変位検出方法が実現できる。

10

【 0 0 2 8 】

特に請求項 7 に記載の磁気軸受変位検出装置においては、磁気軸受が金属製の密閉容器（カン）を備えた場合、前記密閉容器上での渦電流の発生を抑制することができる。

【発明の効果】

【 0 0 2 9 】

したがって、以上の発明によれば、渦電流による検出精度の低下及び熱的問題を解決できる。

【発明を実施するための最良の形態】

【 0 0 3 0 】

20

（実施形態 1）

本発明の第 1 実施形態に係る軸位置測定装置について図 1 を参照して詳細に説明する。なお、図 6 に示された装置類と同一部分には同一符号を付して、その詳しい説明は省略する。

【 0 0 3 1 】

図 1 は、本発明の第 1 の実施形態に係るキャンドモータ 10 の要部断面図である。キャンドモータ 10 は、回転体 21 を備えている。回転体 21 は、固定子 9、主軸 1、電磁石 2 に対応したターゲット 18 及び、位置検出センサ 3 に対応したターゲット 5 からなる。

【 0 0 3 2 】

図 1 に示すように、回転子 9 を備えた主軸 1 に対向するように電磁石 2 と位置検出センサ 3 とが配置されており、これらの電磁石 2 と位置検出センサ 3 とによって磁気軸受 4 が構成されている。そして、主軸 1 には電磁石 2 に対応したターゲット 18 及び、位置検出センサ 3 に対応したターゲット 5 が取り付けられている。

30

【 0 0 3 3 】

また、回転体 21 と磁気軸受 4 との間には、カン 7 が挿入されている。すなわち、回転体 21 がカン 7 内に備えられている。そして、固定子 8 が、回転子 9 に回転駆動力を与えることにより、回転体 21 が回転する。回転体 21 の軸心上の両端には、回転体 21 から離間して電磁鋼部材 16 が備えられている。電磁鋼部材 16 の端部付近には、位置検出センサ 3 が備えられ、電磁鋼部材 16 の中央部には、永久磁石 15 が備えられている。このとき、永久磁石 15 は、回転体 21 の軸心の延長線上に位置するように配置する。そして、位置検出センサ 3 が永久磁石 15 の静止磁場を検出する。位置検出センサ 3 としては、ホール素子が例示される。

40

【 0 0 3 4 】

図 1 の破線で示したように、永久磁石 15 による磁束は、回転体 21 の主軸 1 を中心として放射状に、カン 7、ターゲット 5、カン 7、位置検出センサ 3、電磁鋼部材 16 を通る。この磁束は静止磁場であるため、ギャップ 6 が平衡している状態では、カン 7 やターゲット 5 などに磁束の変化が生じない。すなわち、ターゲット 5 が高速回転しても回転による磁束の変化がない。ゆえに、回転体 21 が回転してもカン 7 等に渦電流が生じることがない。

【 0 0 3 5 】

50

もし、何らかの要因で回転体 2 1 の位置が中心の位置からずれると、ギャップ 6 が増減する。すると、ギャップ 6 の変位の逆数に比例して磁束が変化するので、回転体 2 1 のラジアル方向（x 軸方向または y 軸方向）及びアキシャル方向（z 軸方向）の変位を位置検出センサ 3 で検出することができる。

【 0 0 3 6 】

この場合、ギャップ 6 の不均一により磁束が変化するが、微小であるために渦電流式、インダクタンス式に比べギャップ検出精度の低下は問題とならない。

【 0 0 3 7 】

次に、図 2 及び図 3 を参照して、位置検出センサ 3 による磁気軸受 4 と回転体 2 1 とのギャップ検出例を示す。図 2 (a) は、図 1 に示される第 1 実施形態に係る軸位置測定装置の A - A 断面、図 2 (b) は、図 1 に示される第 1 実施形態に係る軸位置測定装置の B - B 断面、図 3 は検出制御の流れを示した流れ図である。

10

【 0 0 3 8 】

図 2 (a)、図 2 (b) に示すように、ターゲット 5 を中心として対称に配置された 2 つの位置検出センサ 3 がターゲット 5 の位置を検出する。これらの検出値の差が主軸 1 のラジアル方向（x 軸方向または y 軸方向）の変位として検出できる。

【 0 0 3 9 】

また、ターゲット 5 を中心として対称に配置された x 軸上の 2 つの位置検出センサ 3 において、その検出磁束が共に増加（または、共に減少）した場合には、アキシャル方向（z 軸方向）への変位があったと判断できる。同様に、y 軸上に備えられた位置検出センサ 3 についても同様にアキシャル方向（z 軸方向）への変位を検出できる。そして、主軸 1 の両端に設けられたそれぞれの位置検出センサ 3 の情報よりアキシャル方向（z 軸方向）への変位検出精度を向上させることができる。

20

【 0 0 4 0 】

すなわち、図 2 (a) に示すように、主軸 1 を介して x 軸対称（または、y 軸対称）に位置検出センサ 3 を配置することによりアキシャル方向（z 軸方向）の位置検出を別途具備しなくても、アキシャル軸（z 軸方向）変位を検出することができる。

【 0 0 4 1 】

さらに、図 3 を参照して検出制御の流れを説明する。位置検出センサ 3 としてホール素子を用いた例で説明する。位置検出センサ 3 には、位置検出センサ 3 に対して電源を供給し、これによって位置検出センサ 3 から出力された電気信号を受信する制御部 1 9 が備えられている。そして、制御部 1 9 には、受信した電気信号より回転体 2 1 の位置検出を行う演算処理部 2 0 が備えられている。

30

【 0 0 4 2 】

まず、制御部 1 9 の電源が ON となり、位置検出センサ 3（ホール素子）の駆動端子に定電流又は定電圧が供給される。位置検出センサ 3 は、出力端子より位置検出センサ 3 にかかる磁場に応じた信号を制御部 1 9 に出力する。制御部 1 9 は、その出力信号をゲイン調整、オフセット調整し、フィルタを介して演算処理部 2 0 に出力する。演算処理部 2 0 は、制御部 1 9 からの信号をもとに位置補正し、回転体 2 1 の位置検出が行われる。

【 0 0 4 3 】

以上の流れにより、位置検出センサ 3 が永久磁石 1 5 の磁場を検出し、この磁場の変化により回転体 2 1 の位置変化を検出することができる。なお、位置検出センサ 3 としては、ホール素子に限らず、静止磁場を検出できるものを適宜用いればよい。

40

【 0 0 4 4 】

（実施形態 2）

図 4 は、本発明の第 2 実施形態に係る軸位置測定装置について図 4 を参照して詳細に説明する。

【 0 0 4 5 】

第 1 実施形態では、ギャップ 6 検出用の位置検出センサ 3 として、x 軸方向の変位を検出するセンサ及び y 軸方向の変位を検出するセンサをそれぞれ 1 対設けている。これに対

50

して、第2実施形態では、図4に示すように、ギャップ6検出用の位置検出センサ3として、x軸方向の変位を検出するセンサ及びy軸方向の変位を検出するセンサそれぞれ1つずつ設けている。このように、位置検出センサ3の数を減らすことによりコスト削減が可能となる。

【0046】

以上のように、第1実施形態と比較して第2実施形態では位置検出センサ3の数が異なる。したがって、詳細な構成については図1と同じであり、その詳しい説明は省略する。そして、制御の流れについても、図3と同じ方法により行うこととし、その詳しい説明は省略する。

【0047】

(実施形態3)

本発明の第3実施形態に係る軸位置測定装置11について図5を参照して詳細に説明する。なお、図1に示された装置類と同一部分には同一符号を付して、その詳しい説明は省略する。

【0048】

図5は、本発明の第3の実施形態に係るキャンドモータ11の要部断面図である。キャンドモータ11は、回転体22を備えている。回転体22は、固定子9、主軸1、位置検出センサ3に対応するターゲット5、電磁石2に対応するターゲット18、及び主軸1に備えられる永久磁石17からなる。

【0049】

図5に示すように、本発明の第3実施形態に係る軸位置測定装置11では、主軸1の両端に離間して備えられる永久磁石15と同じ磁極が対向するように、永久磁石17が主軸1の両端に備えられる。すなわち、永久磁石17が主軸1の両端に備えられることにより、永久磁石17と永久磁石15との間に磁気的な反発力が働き、回転体22のアキシャル方向(z軸方向)の変位を抑制することができる。

【0050】

そして、位置検出センサ3は、永久磁石17の静止磁場を検出して回転体22の位置検出を行う。なお、図5では、位置検出センサ3の配置は、第2実施形態と同じであるが、第1実施形態のようにx軸方向及びy軸方向それぞれに1対ずつ設けてもよい。

【0051】

以上のように、第3の実施形態のような構成を持つ軸位置測定装置11によれば、第1の実施形態の渦電流を抑制する効果に加えて、回転体22のアキシャル方向(z軸方向)の変位を抑制することができる。そして、アキシャル方向(z軸方向)の変位を抑制するために備えられる永久磁石17の静止磁場を位置検出センサ3で検出することにより、主軸1のラジアル方向(x軸方向またはy軸方向)の変位を検出することができる。

【0052】

以上のように、本発明に係る第1実施形態から第3実施形態の軸位置測定方法及び測定装置によれば、永久磁石の静止磁場を利用して、回転体の変位を検出することができる。そして、回転体の変位を検出するために静止磁場を利用するので、キャンやターゲット上に渦電流が発生することを抑制することができる。

【0053】

すなわち、渦電流の発生が抑制されることにより、発熱が少なくなるとともに渦電流による軸位置検出精度の低下を防ぐことができる。特に、金属製のキャンを備えるキャンドモータにおいては、渦電流の発生を抑えることにより、発熱の問題を解消し、回転体の位置を精度良く検出することができる。

【図面の簡単な説明】

【0054】

【図1】本発明の第1実施形態に係るキャンドモータの要部断面図。

【図2】(a)第1実施形態に係るキャンドモータのA-A断面図、(b)第1実施形態に係るキャンドモータのB-B断面図。

10

20

30

40

50

【図3】本発明の第1実施形態に係るキャンドモータの位置検出制御流れ図。

【図4】(a)本発明の第2実施形態に係るキャンドモータの位置検出センサ部(左側)断面図、(b)本発明の第2実施形態に係るキャンドモータの位置検出センサ部(右側)断面図。

【図5】本発明の第3実施形態に係るキャンドモータの要部断面図。

【図6】従来技術に係るキャンドモータの要部断面図。

【図7】渦電流式変位検出例。

【図8】位置検出センサにより生じる渦電流例。

【符号の説明】

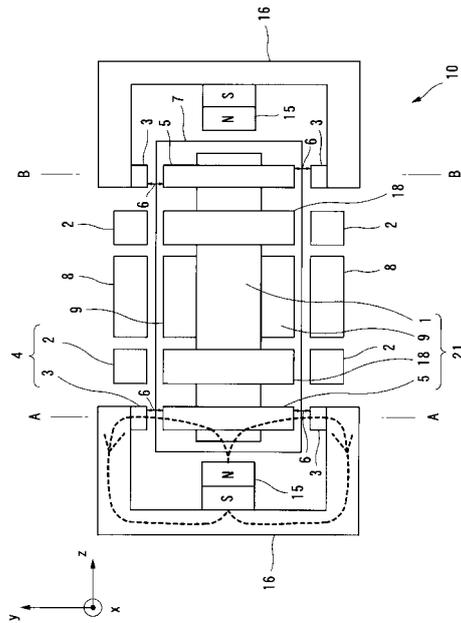
【0055】

- 1 ... 主軸
- 3、13 ... 位置検出センサ
- 5 ... ターゲット
- 6 ... ギャップ
- 7 ... キャン
- 9 ... 回転子
- 10、11、12 ... 軸位置測定装置
- 14 ... 渦電流
- 15、17 ... 永久磁石
- 16 ... 電磁鋼部材
- 19 ... 制御部
- 20 ... 演算処理部
- 21、22 ... 回転体

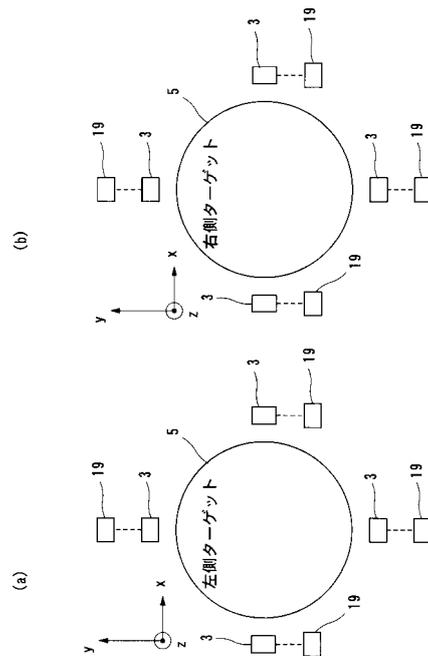
10

20

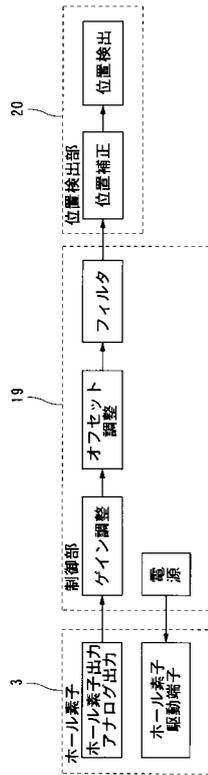
【図1】



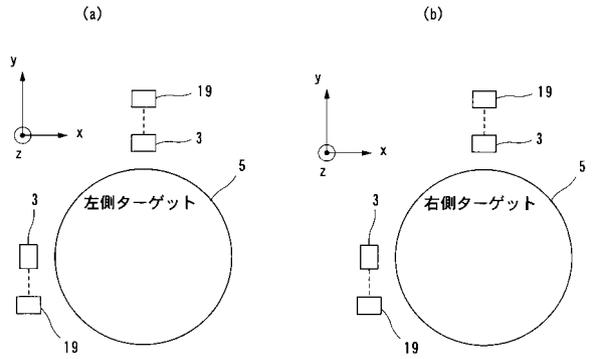
【図2】



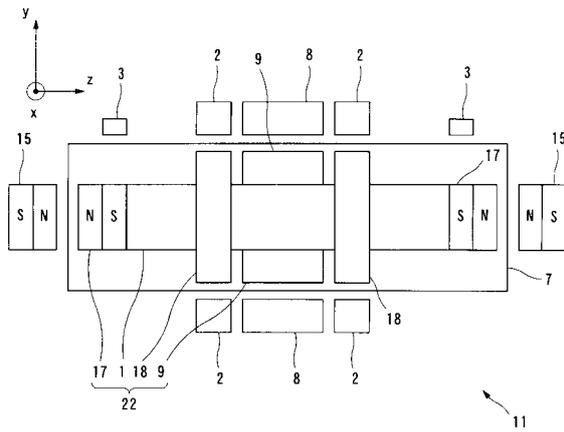
【図3】



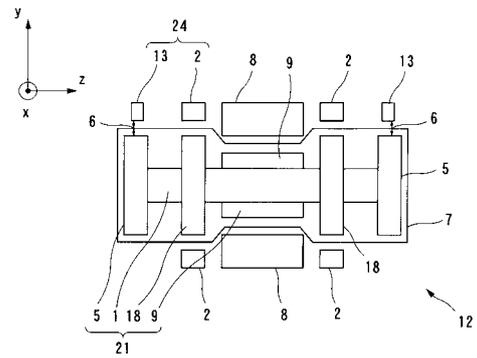
【図4】



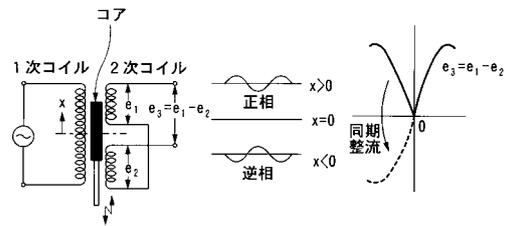
【図5】



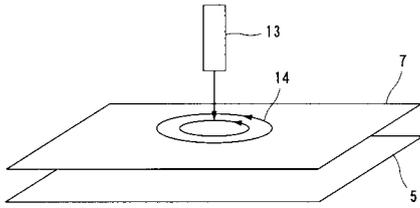
【図6】



【図7】



【図 8】



フロントページの続き

(72)発明者 小倉 和也
東京都品川区大崎2丁目1番1号 株式会社明電舎内

審査官 中村 大輔

(56)参考文献 特開2006-162049(JP,A)
特開2003-106333(JP,A)
特開平11-303793(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
F16C 32/00 - 32/06