

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5545053号  
(P5545053)

(45) 発行日 平成26年7月9日(2014.7.9)

(24) 登録日 平成26年5月23日(2014.5.23)

(51) Int.Cl. F I  
H O 2 K 7/09 (2006.01) H O 2 K 7/09

請求項の数 4 (全 13 頁)

(21) 出願番号	特願2010-133145 (P2010-133145)	(73) 特許権者	304023318 国立大学法人静岡大学
(22) 出願日	平成22年6月10日 (2010.6.10)		静岡県静岡市駿河区大谷836
(65) 公開番号	特開2011-259638 (P2011-259638A)	(74) 代理人	100088155 弁理士 長谷川 芳樹
(43) 公開日	平成23年12月22日 (2011.12.22)	(74) 代理人	100108257 弁理士 近藤 伊知良
審査請求日	平成25年5月28日 (2013.5.28)	(74) 代理人	100124800 弁理士 諏澤 勇司
		(72) 発明者	朝間 淳一 静岡県浜松市中区城北3丁目5-1 国立 大学法人静岡大学工学部内
		(72) 発明者	千葉 明 東京都新宿区百人町4-6-2-1003

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ベアリングレスモータ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

互いに平行な面が形成された2つの回転部材が、前記面に垂直な軸方向に沿って延在する連結部材によって連結されて成る回転子と、

前記2つの回転部材のうち一方の回転部材の前記面に設けられた第1の永久磁石と、  
前記2つの回転部材のうち他方の回転部材の前記面上において、円周に沿って複数配列された第2の永久磁石と、

前記一方の回転部材の前記面に対面するように設けられた磁性材料を含む第1の固定子と、

前記他方の回転部材の前記面に対面するように設けられた磁性材料を含む第2の固定子と、

前記第2の固定子に対して、前記第2の永久磁石の配列方向に複数分割して巻き付けられ、前記他方の回転部材の前記面に向けて磁界を発生させるコイルと、  
を備えることを特徴とするベアリングレスモータ。

【請求項2】

前記回転子は、円板状の前記2つの回転部材が、前記軸方向に沿って延在する柱状の前記連結部材によって連結されて成る、  
ことを特徴とする請求項1記載のベアリングレスモータ。

【請求項3】

前記第1の永久磁石は、前記一方の回転部材の前記面の縁部に沿ってリング状に設けら

10

20

れ、

前記第2の永久磁石は、前記他方の回転部材の前記面の縁部に沿ってリング状に並ぶように複数設けられ、

前記第1の固定子は、前記第1の永久磁石に向けて伸びる突起部を有し、

前記第2の固定子は、前記第2の永久磁石に向けて伸びる複数の突起部を有し、

前記コイルは、前記第2の固定子の前記複数の突起部に巻き付けられている、

ことを特徴とする請求項2記載のベアリングレスモータ。

【請求項4】

前記回転子の前記軸方向に沿った長さL、及び前記回転子の前記面の前記軸方向に対して垂直な方向の幅Dが、下記式；

$$2 \times D < L$$

の関係を有する、

ことを特徴とする請求項1～3のいずれか1項に記載のベアリングレスモータ。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、回転子が磁気浮上することにより非接触で支持されたベアリングレスモータに関するものである。

【背景技術】

【0002】

従来から、回転子が磁気浮上することにより非接触で支持されるベアリングレスモータが知られている。多くのベアリングレスモータは、固定子に施された回転制御用のコイルに加え、磁気浮上用のコイルが設けられている。この磁気浮上用のコイルに電流が流されることにより、回転子と固定子との間のギャップにおける磁束密度を不均衡にすることで回転子の半径方向に磁気力が作用される。さらに、回転子の半径方向の変位がセンサで計測され、その計測結果を基に磁気力が調整されることで、回転子の半径方向の2自由度運動が能動的に制御される。このようなベアリングレスモータは、摩擦力が生じない、摩耗粉が発生しにくいなどの利点があり、半導体製造工程や医療分野において使用される各種ポンプ、人工衛星に内蔵されるリアクションホイール等への応用が期待されている。

【0003】

下記特許文献1には、ベアリングレスモータを用いた電磁機械の構成の一例が記載されている。この電磁機械は、2機の従来のベアリングレスモータとスラスト磁気軸受とが組み合わされており、回転子の主軸に沿ってz軸、主軸に垂直な方向に沿ってx、y軸を設定したときに、x、y、z、x、yの方向の5自由度運動を制御可能な構成を有している。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特開2009-192041号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

上述した従来の5自由度制御型の電磁機械では、5自由度制御及び回転制御用にインバータが4台、磁気力のフィードバック制御のために回転子の変位を検出する変位センサが最低5個必要である。その結果、消費電力の増大、及び装置の大型化を招きやすい。

【0006】

そこで、本発明は、かかる課題に鑑みて為されたものであり、駆動回路を含めた装置の小型化及び低消費電力化を図ることが可能なベアリングレスモータを提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

10

20

30

40

50

## 【0007】

上記課題を解決するため、本発明のベアリングレスモータは、互いに平行な面が形成された2つの回転部材が、面に垂直な軸方向に沿って延在する連結部材によって連結されて成る回転子と、2つの回転部材のうち一方の回転部材の面に設けられた第1の永久磁石と、2つの回転部材のうち他方の回転部材の面上において、円周に沿って複数配列された第2の永久磁石と、一方の回転部材の面に対面するように設けられた磁性材料を含む第1の固定子と、他方の回転部材の面に対面するように設けられた磁性材料を含む第2の固定子と、第2の固定子に対して、第2の永久磁石の配列方向に複数分割して巻き付けられ、他方の回転部材の面に向けて磁界を発生させるコイルと、を備える。

## 【0008】

このようなベアリングレスモータによれば、回転子の主軸に沿った方向をZ軸方向、Z軸に垂直な方向をX軸方向及びY軸方向とした場合に、X軸方向、Y軸方向、X軸を中心にしたx方向、及びY軸を中心にしたy方向の回転子の4自由度運動は、2つの回転部材の面に設けられた永久磁石と2つの固定子との間の磁気結合により、受動的に抑制される。併せて、回転子のZ軸方向の運動は、片方の回転部材の永久磁石に対向する第2の固定子に巻き付けられた複数のコイルに流す励磁電流を調整することにより、能動的に制御されると同時に、第2の固定子の複数のコイルの励磁電流を制御することにより回転子が回転駆動される。これにより、能動的に制御する対象の運動方向を最小の1自由度に低減することができ、ベアリングレスモータに接続するインバータや内蔵する変位センサの数を削減することができ、駆動回路を含めた装置の小型化及び低消費電力化が可能になる。

## 【0009】

回転子は、円板状の2つの回転部材が、軸方向に沿って延在する柱状の連結部材によって連結されて成る、ことが好ましい。この場合、回転子の主軸方向の長さが大きくなった場合に加工が容易になるとともに、回転子の面への永久磁石の取り付け作業が容易となる。

## 【0010】

また、第1の永久磁石は、一方の回転部材の面の縁部に沿ってリング状に設けられ、第2の永久磁石は、他方の回転部材の面の縁部に沿ってリング状に並ぶように複数設けられ、第1の固定子は、第1の永久磁石に向けて伸びる突起部を有し、第2の固定子は、第2の永久磁石に向けて伸びる複数の突起部を有し、コイルは、第2の固定子の複数の突起部に巻き付けられている、ことも好ましい。こうすれば、2つの回転部材の永久磁石と2つの固定子との間の磁気結合が面上で均等に形成されることで、回転子の4自由度運動を効率的に抑制することができるのと同時に、回転駆動時に回転子に働くモーメントを大きくすることができる。

## 【0011】

さらに、回転子の軸方向に沿った長さL、及び回転子の面の軸方向に対して垂直な方向の幅Dが、下記式；

$$2 \times D < L$$

の関係性を有する、ことも好ましい。このような構成を採れば、回転子の4自由度の運動の受動的な抑制効果をより強固にすることができる。

## 【発明の効果】

## 【0012】

本発明によるベアリングレスモータによれば、駆動回路を含めた装置の小型化及び低消費電力化を図ることができる。

## 【図面の簡単な説明】

## 【0013】

【図1】本発明の好適な一実施形態であるベアリングレスモータを示す斜視図である。

【図2】図1のベアリングレスモータの分解斜視図である。

【図3】図2の回転子の両端面の構造を示す平面図である。

10

20

30

40

50

【図4】図2の一方の固定子の構造を示す図であり、(a)は、固定子の側面図、(b)は、固定子の平面図である。

【図5】図2の他方の固定子の平面図である。

【図6】図2の回転子が固定子によって保持された状態を示す側面図である。

【図7】図2の回転子が固定子によって保持された状態を示す側面図である。

【図8】図2の回転子が固定子によって保持された状態を示す側面図である。

【図9】図2の回転子が固定子によって保持された状態を示す側面図である。

【図10】図2のコイルに供給される電流の時間波形を示す図である。

【図11】回転子に対して固定されたd軸及びq軸と、固定子に対して固定されたX軸及びY軸との位置関係を示す図である。

10

【図12】図1のベアリングレスモータに使用される制御回路の概略構成を示すブロック図である。

【図13】本発明の変形例の固定子の構造を示す断面図である。

【発明を実施するための形態】

【0014】

以下、図面を参照しつつ本発明に係るベアリングレスモータの好適な実施形態について詳細に説明する。なお、図面の説明においては同一又は相当部分には同一符号を付し、重複する説明を省略する。

【0015】

まず、本発明にかかるベアリングレスモータの構成について、図面を参照しながら説明する。本発明のベアリングレスモータは、回転子が磁気浮上することにより固定子により非接触で支持されるモータである。

20

【0016】

(ベアリングレスモータの構成)

図1は、本発明の好適な一実施形態であるベアリングレスモータ1を示す斜視図、図2は、図1のベアリングレスモータ1の分解斜視図、図3は、図1の回転子4の両端面の構造を示す平面図、図4(a)及び図4(b)は、それぞれ、図1の一方の固定子2の側面図及び平面図、図5は、図1の他方の固定子3の平面図である。これらの図に示すように、ベアリングレスモータ1は、図示しない固定部材によって固定された2つの固定子2, 3の間に回転子4が磁気力によって支持されて構成されている。このベアリングレスモータ1は、回転子に回転力を付与するものであり、この回転子の回転力は、固定子の中心部に貫通孔を設けると共に、回転子と結合され上記貫通孔を通した軸を設け、その軸の結合部に対して反対側の端部に取り付けた回転皿を回転することにより利用される。また、回転子の回転力は、回転子の軸にインペラを取り付け流体を駆動する方法によって利用されることも考えられる。

30

【0017】

回転子4は、略円柱状を成して2つの固定子2, 3の間に延在する連結軸(連結部材)5の両端に、円形の平坦面7A, 7Bをそれぞれ固定子2, 3側に有する2つの円板状の回転板(回転部材)6A, 6Bが連結されて構成されている。詳細には、回転子4は、回転板6A, 6Bの平坦面7A, 7Bの中心が連結軸5の中心軸上に位置し、且つ、2つの平坦面7A, 7Bが連結軸5の中心軸に垂直になるように、言い換えれば、2つの平坦面7A, 7Bが互いに平行になるように構成されている。

40

【0018】

この回転子4の回転板6A, 6Bの平坦面7A, 7Bには、それぞれの平坦面7A, 7Bの円形の周縁部8A, 8Bに沿って、2つの永久磁石9, 10が配列されて固定されている。これらの2つの永久磁石9, 10は、リング形状を2つに分割した形状を有する板状のネオジム磁石等の永久磁石であり、それぞれ、平坦面7A, 7Bに垂直な方向に互いに逆方向に着磁されている。これにより、永久磁石9, 10が、平坦面7A, 7B上に並べて固定されることにより、全体として平坦面7A, 7Bの周縁部8A, 8Bに沿ったリング形状を形成する。さらに、平坦面7A, 7Bには、その周縁部8A, 8Bに沿って異

50

なる磁極が交互に配置される。

【 0 0 1 9 】

ここで、回転子 4 の固定子 2 , 3 間における位置安定化の観点からは、回転子 4 の平坦面 7 A , 7 B の間の連結軸 5 の中心軸に沿った長さ L と、回転板 6 A , 6 B の平坦面 7 A , 7 B の連結軸 5 の中心軸に対して垂直な方向の幅 ( 直径 ) D とが、下記式 ( 1 ) ;

$$2 \times D < L \quad \dots ( 1 )$$

の関係性を有するように設定されていることが好適である。このように設定することにより、回転子 4 の 4 自由度運動に対して、磁気結合によって回転子 4 の位置が確実に安定化される。例えば、固定子 2 , 3 及び回転子 4 の直径 D が 25mm、回転子 4 の長さ L が 75mm、永久磁石 9 , 1 0 の厚さが 5mm、左右の固定子 2 , 3 と回転子 4 とのギャップが 0.6mm に設計

10

【 0 0 2 0 】

固定子 2 は、回転板 6 A の平坦面 7 A とほぼ同一形状を有し、平坦面 7 A と対面するように配置される底面板 1 1 と、底面板 1 1 の周縁部に沿って等間隔に並ぶように一体的に形成され、底面板 1 1 から平坦面 7 A 上の永久磁石 9 , 1 0 に向けて伸びる 6 つの突起部 1 2 とを有している。この固定子 2 は、回転板 6 A の永久磁石 9 , 1 0 との間で吸引力が作用するように、少なくとも突起部 1 2 の部分は、電磁軟鉄、炭素鋼、圧粉磁心等の磁性材料によって構成されている。

【 0 0 2 1 】

固定子 3 は、回転板 6 B の平坦面 7 B とほぼ同一形状を有し、平坦面 7 B と対面するように配置される底面板 1 3 と、底面板 1 3 の周縁部に沿って等間隔に並ぶように一体的に形成され、底面板 1 3 から平坦面 7 B 上の永久磁石 9 , 1 0 に向けて伸びる 6 つの突起部 1 4 とを有している。さらに、固定子 3 のそれぞれの突起部 1 4 には、複数のコイル 1 5 が、回転板 6 B の永久磁石 9 , 1 0 の配列方向に沿って分割して巻き付けられている。これらのコイル 1 5 は、回転子 4 を回転駆動すると共に固定子 2 , 3 の間に安定して非接触で狭持するために設けられており、回転板 6 B の平坦面 7 B に向けて磁界を発生させる役割を有する。この固定子 3 は、コイル 1 5 と共に電磁石として機能するように、少なくとも突起部 1 4 の部分は、電磁軟鉄、炭素鋼、圧粉磁心等々の磁性材料によって構成されている。

20

【 0 0 2 2 】

( 回転子の磁気浮上及び駆動のメカニズム )

上記構成のベアリングレスモータ 1 においては、回転子 4 の 4 自由度の運動は受動的に安定化 ( 抑制 ) させることが可能である。すなわち、固定子 2 の突起部 1 2 と回転子 4 の永久磁石 9 , 1 0 との間には所定の磁束密度で磁界が発生し、この磁界により磁気結合が形成されている。同時に、固定子 3 の突起部 1 4 と回転子 4 の永久磁石 9 , 1 0 との間は、複数のコイル 1 5 に永久磁石 9 , 1 0 の位置に対応した電流を流すことにより、固定子 2 と回転子 4 との間を中心軸方向の吸引力とつり合う吸引力を発生させる磁気結合が形成されている ( 詳細は後述する )。ここで、回転子 4 の中心軸に沿って Z 軸を設定し、Z 軸に垂直に X 軸及び Y 軸を設定すると ( 図 2 )、回転子 4 の X 軸方向又は Y 軸方向に沿った並進運動に対しては、固定子 2 , 3 と回転子 4 の間で復元力  $F_R$  が働く ( 図 6 )。また、

40

【 0 0 2 3 】

これに対して、回転子 4 の Z 軸方向に沿った並進運動は、仮にコイル 1 5 に供給する電流を制御しない場合には、中立の位置から少しでも回転子 4 が動くとき動いた方向に向けて吸引力が発生してしまうため不安定となってしまう。そのため、ベアリングレスモータ 1 のコイル 1 5 には、回転子 4 の Z 軸方向に沿った並進運動に伴い、複数のコイル 1 5 に供給する電流が帰還制御される。すなわち、回転子 4 が中立の位置から Z 軸方向に沿って移

50

動した場合には、その変位が変位センサによって検出され、検出結果に応じてコイル 15 の電流が調整されることによって回転子 4 と固定子 3 との間のギャップの磁束密度が増減される。例えば、回転子 4 が + Z 軸方向に移動した場合には、回転子 4 と固定子 3 との間のギャップの磁束密度が強められることにより、回転子 4 に対して - Z 方向に吸引力  $F_{-z}$  が作用して位置が能動的に安定化される（図 8；強め界磁）。一方、回転子 4 が - Z 軸方向に移動した場合には、回転子 4 と固定子 3 との間のギャップの磁束密度が弱められることにより、回転子 4 に対して + Z 方向に吸引力  $F_{+z}$  が作用して位置が能動的に安定化される（図 9；弱め界磁）。

#### 【 0 0 2 4 】

図 10 には、6 つのコイル 15 に供給される電流の時間波形の一例を示している。同図に示すように、コイル 15 には、インバータから三相交流電流  $I_u$ 、 $I_v$ 、 $I_w$  が供給され、底面板 13 の中心を挟んで互いに反対側に位置する 2 つのコイル 15 に対して、同一の電流値で反対向きの磁界を発生させるような電流が供給される。

#### 【 0 0 2 5 】

この三相交流電流  $I_u$ 、 $I_v$ 、 $I_w$  の帰還制御時には、回転板 6 B の平坦面 7 B 上の中心に原点が設定され、平坦面 7 B に沿った永久磁石 9、10 によって発生する磁界の方向に d 軸、平坦面 7 B に沿った d 軸と垂直な方向に q 軸が設定される。そして、固定子 3 によって発生する磁界ベクトルの d 軸成分及び q 軸成分の大きさを調整するように、三相交流電流  $I_u$ 、 $I_v$ 、 $I_w$  が制御される。この d 軸成分は、回転子 4 と固定子 3 との間の磁束密度に対応し、q 軸成分は、回転子 4 に働くトルクに対応する。図 11 には、回転子 4 に対して固定された d 軸及び q 軸と、固定子 3 に対して固定された X 軸及び Y 軸との位置関係を示している。同図に示すように、帰還制御により磁界ベクトルの d 軸方向及び q 軸成分が調整されると、その調整値と回転子 4 の回転角度  $\theta$  に応じて磁界ベクトルの X 軸成分及び Y 軸成分が決定される。それに応じて、磁界ベクトルの X 軸成分及び Y 軸成分が三相交流電流  $I_u$ 、 $I_v$ 、 $I_w$  の設定値に変換される。例えば、強め界磁が必要な場合は、磁界ベクトルの d 軸成分が増加され、弱め界磁が必要な場合は、磁界ベクトルの d 軸成分が減少される。また、磁界ベクトルの q 軸成分は、回転子 4 の回転数を所定値に維持するように調整される。

#### 【 0 0 2 6 】

（ベアリングレスモータの制御回路の構成）

次に、ベアリングレスモータ 1 に用いられるインバータを含む制御回路 20 の構成について説明する。図 12 は、制御回路 20 の概略構成を示すブロック図である。

#### 【 0 0 2 7 】

制御回路 20 には、ベアリングレスモータ 1 に取り付けられた角度センサ 21 及び変位センサ 22 によって回転子 4 の回転角度  $\theta$  及び Z 軸方向の位置  $Z_1$  が入力される。入力された位置  $Z_1$  を基に予め設定された目標値  $Z_0$  との差分が取得されて、PID 制御器 23 に入力される。PID 制御器 23 は、この差分値を基に、固定子 3 に発生させる磁界ベクトルの d 軸成分に対応する d 軸電流目標値を PID 制御により算出し、変換器 24 に出力する。また、入力された回転角度  $\theta$  から微分器 25 によって回転数  $\omega$  が取得されて、この回転数  $\omega$  と予め設定された目標値  $\omega_0$  との差分が取得されて、PI 制御器 26 に入力される。PI 制御器 26 は、この差分値を基に、磁界ベクトルの q 軸成分に対応する q 軸電流目標値を PI 制御により算出し、変換器 24 に出力する。

#### 【 0 0 2 8 】

変換器 24 は、d 軸電流目標値及び q 軸電流目標値を、角度  $\theta$  を参照した座標変換により磁界ベクトルの X 軸成分に対応する X 軸電流目標値及び Y 軸電流目標値に変換する（下記式（1）参照）。

#### 【 数 1 】

$$\begin{bmatrix} i_X \\ i_Y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \theta & -\sin \theta \\ \sin \theta & \cos \theta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_d \\ i_q \end{bmatrix} \quad \cdot \cdot \cdot (1)$$

10

20

30

40

50

同時に、変換器 27 は、現在ベアリングレスモータ 1 に供給されている三相交流電流  $I_u$ 、 $I_v$ 、 $I_w$  をモニタし、それらの値を X 軸成分値及び Y 軸成分値に変換する（下記式（2）参照）。

【数 2】

$$\begin{bmatrix} i_x \\ i_y \end{bmatrix} = \sqrt{\frac{2}{3}} \begin{bmatrix} 1 & -1/2 & -1/2 \\ 0 & \sqrt{3}/2 & -\sqrt{3}/2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_u \\ i_v \\ i_w \end{bmatrix} \quad \dots (2)$$

10

変換器 24 から出力された X 軸電流目標値及び Y 軸電流目標値をもとにして、変換器 27 から出力された X 軸成分値及び Y 軸成分値との差分が算出されて、それらの差分値は P I 制御器 28、29 にそれぞれ入力される。

【0029】

P I 制御器 28、29 は、入力された差分を基に、P I 制御により X 軸電流の増減値及び Y 軸電流の増減値をそれぞれ決定し、それらの値を変換器 30 に出力する。変換器 30 は、入力された X 軸電流の増減値及び Y 軸電流の増減値を基に、三相交流電流  $I_u$ 、 $I_v$ 、 $I_w$  の位相関係及び電流振幅を決定する（下記式（3）参照）。

【数 3】

$$\begin{bmatrix} v_u \\ v_v \\ v_w \end{bmatrix} = \sqrt{\frac{2}{3}} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ -1/2 & \sqrt{3}/2 \\ -1/2 & -\sqrt{3}/2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_x \\ v_y \end{bmatrix} \quad \dots (3)$$

20

そして、インバータ 31 が、変換器 30 から入力された設定値に応じて、三相交流電流  $I_u$ 、 $I_v$ 、 $I_w$  を生成して、ベアリングレスモータ 1 のコイル 15 に供給する。

【0030】

以上説明したベアリングレスモータ 1 によれば、X 軸方向、Y 軸方向、x 方向、及び y 方向の回転子 4 の 4 自由度運動は、2 つの回転板 6A、6B の平坦面 7A、7B に設けられた永久磁石 9、10 と 2 つの固定子 2、3 との間の磁気結合により、受動的に抑制される。併せて、回転子 4 の Z 軸方向の運動は、回転板 6B の永久磁石 9、10 に対向する固定子 3 に巻き付けられた複数のコイル 15 に流す励磁電流を調整することにより、能動的に制御されると同時に、固定子 3 の複数のコイル 15 の励磁電流を制御することにより回転子 4 が回転駆動される。これにより、能動的に制御する対象の回転子 4 の運動方向を最小の 1 自由度に低減することができ、ベアリングレスモータ 1 に接続するインバータや内蔵する変位センサの数を削減することができ、駆動回路を含めた装置の小型化及び低消費電力化が可能になる。

30

【0031】

また、回転子 4 は、円板状の 2 つの回転板 6A、6B が、Z 軸方向に沿って延在する柱状の連結軸 5 によって連結されているので、回転子 4 の Z 軸方向の長さが大きくなった場合に加工が容易になるとともに、平坦面 7A、7B への永久磁石の取り付け作業が容易となる。

40

【0032】

また、回転板 6A、6B の永久磁石 9、10 は、平坦面 7A、7B の縁部に沿ってリング状に配列して設けられ、固定子 2 は平坦面 7A に向けて伸びる突起部 12 を有し、固定子 3 は平坦面 7B に向けて伸びる複数のコイル 15 が巻き付けられた突起部 14 を有している。このような構造により、2 つの回転板 6A、6B の永久磁石 9、10 と 2 つの固定子 2、3 との間の磁気結合が平坦面 7A、7B の周縁に沿って均等に形成されることで、回転子 4 の 4 自由度運動を効率的に抑制することができるのと同時に、回転駆動時に回転子 4 に働くモーメントを大きくすることができる。

50

## 【 0 0 3 3 】

さらに、回転子 4 の Z 軸方向に沿った長さ L と、及び回転子 4 の Z 軸方向に対して垂直な方向の幅 D が、上記式 ( 1 ) の関係を満たすことで、回転子 4 の 4 自由度の運動の受動的な抑制効果をより強固にすることができる。

## 【 0 0 3 4 】

なお、本発明は、前述した実施形態に限定されるものではない。例えば、回転板 6 A 上の永久磁石は、任意の数に分割されていてもよい。逆に、回転板 6 A 上の永久磁石は、分割されていなくてもよく、全体に亘って着磁方向が同一方向であってもよい。また、固定子 2 の突起部 1 2 の個数は任意の個数に変更してもよいし、底面板 1 1 の周縁部に沿って筒状に一体的に形成されていてもよい。

10

## 【 0 0 3 5 】

また、回転板 6 B 上の永久磁石は、平坦面 7 B の周縁部に沿って均等に配列されている限り、任意の数に分割されていてもよい。このとき、永久磁石は、固定子 3 が発生する磁界の極数と同一になり、平坦面 7 B の周縁部 8 B に沿って異なる磁極が並ぶように、任意の数交互に配置されていればよい。また、固定子 2 の突起部 1 2 の個数は、回転板 6 B 上の永久磁石に対向して底面板 1 3 の周縁部に沿って均等に並ぶように、任意の個数に変更してもよい。

## 【 0 0 3 6 】

また、回転子を構成する 2 つの回転板の形状としては円板状に限定されるものではなく、永久磁石を取り付ける面を有する形状であれば、図 1 3 に示すような他の形状を採用してもよい。同図に示す本発明の変形例である回転板 1 0 6 B は、略半球状を成しており、その周縁部に永久磁石 9 , 1 0 を配置するための平坦部 1 0 7 B が形成されている。

20

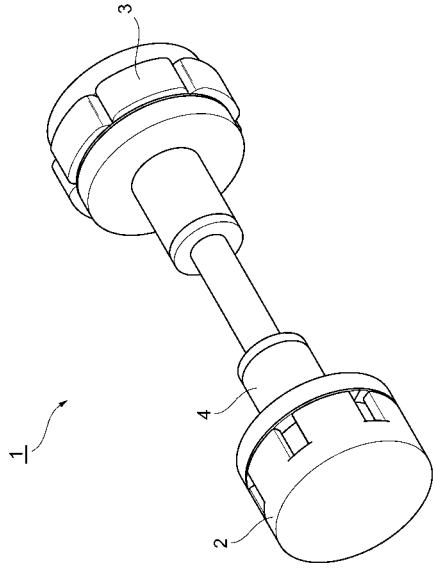
## 【 符号の説明 】

## 【 0 0 3 7 】

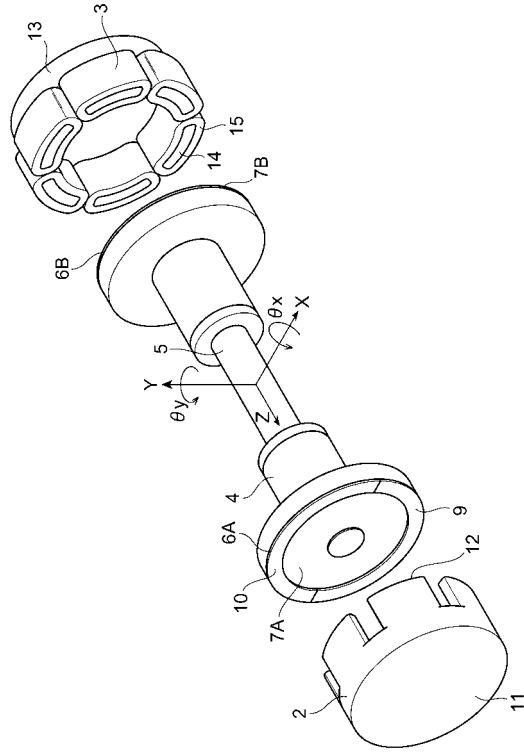
1 ... ベアリングレスモータ、 2 , 3 ... 固定子、 4 ... 回転子、 5 ... 連結軸 ( 連結部材 )、 6 A , 6 B ... 回転板 ( 回転部材 )、 7 A , 7 B ... 平坦面、 9 , 1 0 ... 永久磁石、 1 2 , 1 4 ... 突起部、 1 5 ... コイル。



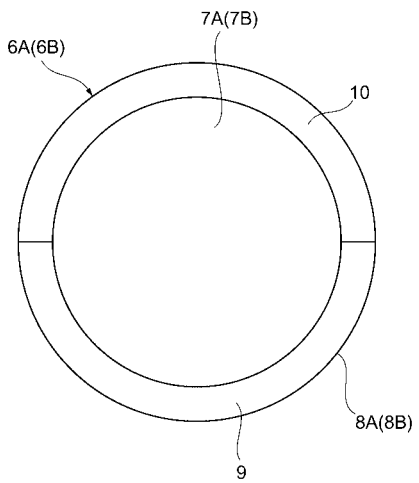
【 図 1 】



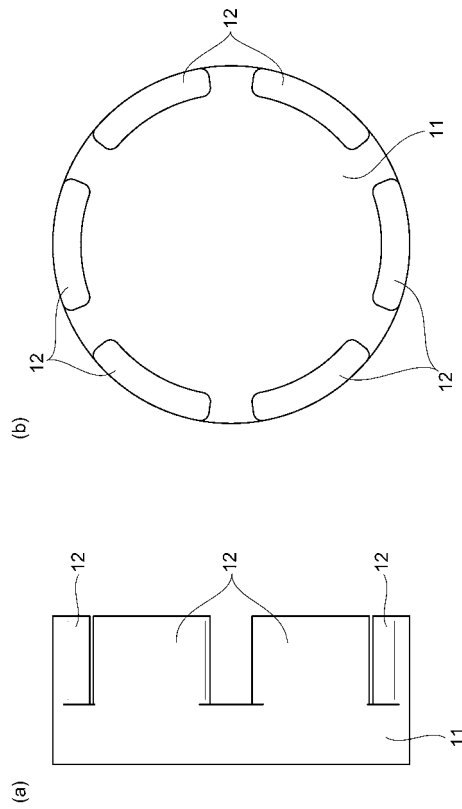
【 図 2 】



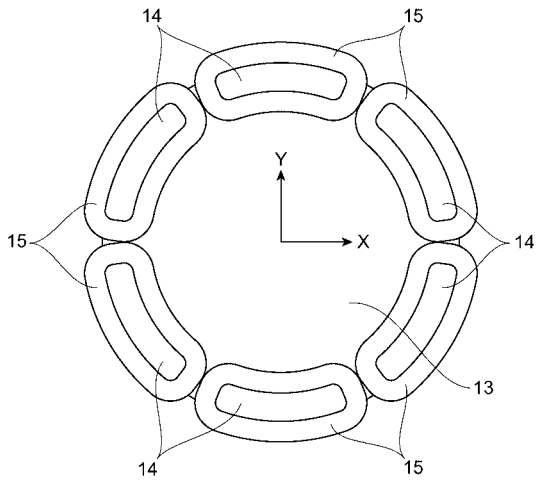
【 図 3 】



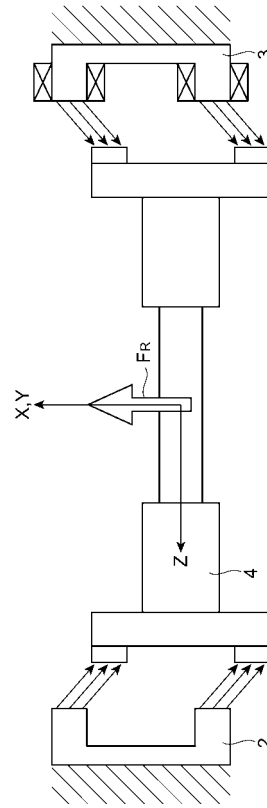
【 図 4 】



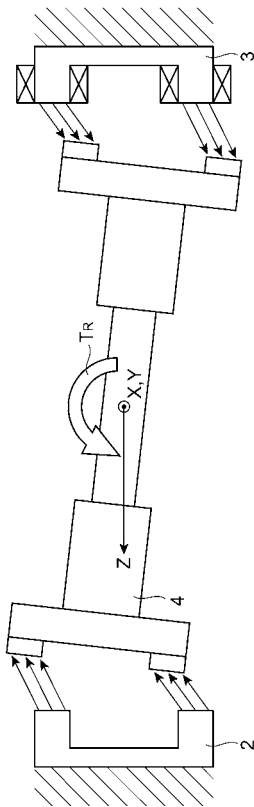
【 図 5 】



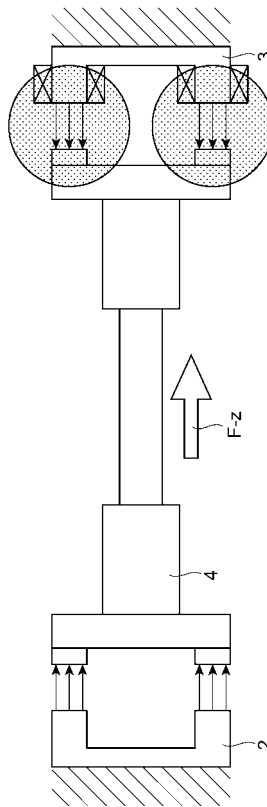
【 図 6 】



【 図 7 】

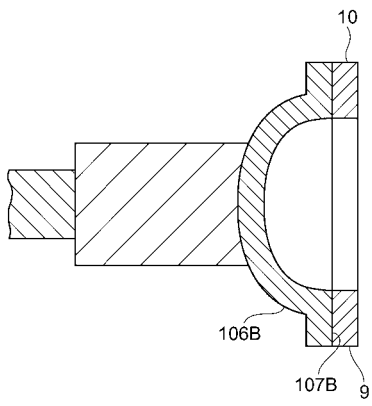


【 図 8 】





【 図 13 】



---

フロントページの続き

審査官 松永 謙一

- (56)参考文献 特開2010-141992(JP,A)  
特開2009-192041(JP,A)  
特開2006-136062(JP,A)  
特表2005-522166(JP,A)  
特開2002-153028(JP,A)  
特開平11-218130(JP,A)  
特開平10-084661(JP,A)  
特開平5-227712(JP,A)  
特開昭56-115193(JP,A)  
米国特許出願公開第2003/0164654(US,A1)  
米国特許第5495221(US,A)  
米国特許第3731984(US,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H02K 1/22  
H02K 1/27  
H02K 7/09  
H02K 16/00