

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号
特許第3635209号
(P3635209)

(45) 発行日 平成17年4月6日(2005.4.6)

(24) 登録日 平成17年1月7日(2005.1.7)

(51) Int.Cl.⁷
H02K 1/27
H02K 15/03
H02K 26/00

F I
H02K 1/27 501A
H02K 15/03 G
H02K 26/00

請求項の数 6 (全 13 頁)

(21) 出願番号	特願平11-98705	(73) 特許権者	000114215
(22) 出願日	平成11年4月6日(1999.4.6)		ミネベア株式会社
(65) 公開番号	特開2000-295802(P2000-295802A)		長野県北佐久郡御代田町大字御代田410
(43) 公開日	平成12年10月20日(2000.10.20)		6-73
審査請求日	平成13年1月23日(2001.1.23)	(74) 代理人	100077827
			弁理士 鈴木 弘男
		(72) 発明者	鈴木 譲
			静岡県磐田郡浅羽町浅名1743-1 ミ
			ネベア株式会社 開発技術センター内
		(72) 発明者	藤谷 栄
			静岡県磐田郡浅羽町浅名1743-1 ミ
			ネベア株式会社 開発技術センター内
		(72) 発明者	加川 正樹
			静岡県磐田郡浅羽町浅名1743-1 ミ
			ネベア株式会社 開発技術センター内
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 アクチュエータ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

軟磁性材から成る一対のほぼ円形ドーナツ状の平板状ヨークと、前記一対の平板状ヨークのそれぞれの内周縁端から軸方向へ突出し円周方向に広がりを持って配設された極歯と、前記一対の平板状ヨークのそれぞれの外周端に嵌る円筒状リングとを設けて構成されているステータヨークと、前記ステータヨークの一対の平板状ヨーク、極歯及び円筒状リングで形成された環状凹状のコイル受け部内にボビンにコイルを巻回して形成したコイルアッシを設置してアーマチュアを構成し、前記アーマチュアの軸方向の両端面に軸受を設けたフランジを有するステータアセンブリに、永久磁石よりなるロータ磁石を配したロータを前記ステータの極歯と微小間隔で対向させてなる単相構造のクローボール型アクチュエータにおいて、

10

前記ロータのロータ磁石は1個の円筒状であって、N極またはS極、あるいは両磁極のピーク位置を軸方向に段階的に異ならしめ、

前記コイルに正逆双方の電流が印加され、該電流印加に応答して前記ロータが停止機構により第1と第2の2つの位置の範囲内を反復動作し、前記コイルへの電流無印加時には前記ロータがディテントトルクによって前記第1または第2のいずれかの位置に保持されてなることを特徴とするアクチュエータ。

【請求項2】

軸方向で2つの磁束分布パターンを有することを特徴とする請求項1に記載のアクチュエータ。

20

【請求項 3】

前記ロータ磁石が磁気異方性であることを特徴とする請求項 2 に記載のアクチュエータ。

【請求項 4】

N 極と S 極の軸方向での段階的に異なるピーク位置のずれ量がともに等しいことを特徴とする請求項 3 に記載のアクチュエータ。

【請求項 5】

ロータの磁極ピーク位置のずれ量は電気角で 20 ～ 60 度の範囲内であることを特徴とする請求項 1 に記載のアクチュエータ。

【請求項 6】

ロータ磁極数 H は 2 であることを特徴とする請求項 1 に記載のアクチュエータ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、単相構造のクローポール型のアクチュエータのロータ構造に関し、詳しくは安価で且つ組立が容易で、回転反復動作特性が安定したアクチュエータのロータ磁石構造並びに着磁パターンに関するものである。

【0002】

【従来の技術】

単相構成のクローポール型構造を用いた回転電機に停止機構を設け、コイルを励磁することによりロータを反復回転動作させるアクチュエータにおいて、ディテントトルクを確保しながら動トルクを大きくし且つ回転動作角度範囲を大きくすることが望まれている。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】

従来、ディテントトルクを確保しながら動トルクを大きくし且つ回転動作角度範囲を大きくするロータ磁石側の技術として、以下の2つの方法が提案されている。

【0004】

第1の方法は、磁気異方性を有する磁石を用い片極（例えばN極のみ）の磁極センタ部に軸方向に沿って溝又はカットを施し、N極とS極間の磁気的バランスを崩して回転動作角度範囲を拡大する方法であり、第2の方法は、円筒型ロータ磁石を軸方向に複数個に分割し磁極を周方向にずらして積層し固定する方法である。

【0005】

しかしながら、第1の溝又はカット部を付ける技術については溝又はカット部の形状（具体的には溝又はカット部の中心角）の精度を確保するためには多くの工程を要し加工が煩雑となる欠点がある。特に、焼結磁石の場合、焼き上げた後、磁石外周を研磨するためであり、磁石外周に溝又はカット部がある場合には、円筒度が確保できないばかりでなく、溝またはカット部の安定した形状維持が困難となるからである。また、溝またはカット部を機械加工すればコストが上がる欠点がある。

【0006】

第2の磁石を積層する技術では、複数個の円筒型磁石を同心を取りながら、適切なずれ量を確保しつつ軸方向に積層して固定することは作業自体が大変である。なお且つ着磁後の組立作業となると、分割した磁石同士の反発作用（ずれし量が電気角で20～60度では磁石同士は反発する状態にセットしなければならないから）により組立作業はさらに困難となり、ずれし量が安定しないという欠点がある。

【0007】

したがって、この種のアクチュエータを安価に構成するためには、一個の円筒型磁石を用いてロータ磁石を構成することが望まれている。

【0008】

本発明は、上記の課題にかんがみてなされたもので、単相のクローポール構造のアクチュエータにおいて、ディテントトルクと動トルクが十分確保され、且つ回転動作角度範囲も

10

20

30

40

50

広い特性を持ち、且つ安価で特性の安定したロータ磁石構造およびロータ磁石の着磁方法を提供することを目的とする。

【0009】

【課題を解決するための手段】

本発明は上記課題を解決するため、軟磁性材から成る一対のほぼ円形ドーナツ状の平板状ヨークと、前記一対の平板状ヨークのそれぞれの内周縁端から軸方向へ突出し円周方向に広がりを持って配設された極歯と、前記一対の平板状ヨークのそれぞれの外周端に嵌る円筒状リングとを設けて構成されているステータヨークと、前記ステータヨークの一対の平板状ヨーク、極歯及び円筒状リングで形成された環状凹状のコイル受け部内にボビンにコイルを巻回して形成したコイルアッシを設置してアーマチュアを構成し、前記アーマチュアの軸方向の両端面に軸受を設けたフランジを有するステータアセンブリに、永久磁石よりなるロータ磁石を配したロータを前記ステータの極歯と微小間隔で対向させてなる単相構造のクローポール型アクチュエータにおいて、前記ロータのロータ磁石は1個の円筒状であって、N極またはS極、あるいは両磁極のピーク位置を軸方向に段階的に異ならしめ、前記コイルに正逆双方の電流が印加され、該電流印加に応答して前記ロータが停止機構により第1と第2の2つの位置の範囲内を反復動作し、前記コイルへの電流無印加時には前記ロータがディテントトルクによって前記第1または第2のいずれかの位置に保持されてなることを特徴とする。

10

【0011】

また、本発明は、ロータ磁石が軸方向で2つの磁束分布パターンを有することを特徴とする。

20

【0012】

また、本発明は、前記ロータ磁石が磁気異方性であることを特徴とする。

【0013】

また、本発明は、N極とS極の軸方向での段階的に異なるピーク位置のずれ量がともに等しいことを特徴とする。

【0014】

また、本発明は、ロータの磁極ピーク位置のずれ量は電気角で20～60度の範囲内であることを特徴とする。

【0015】

また、本発明は、ロータ磁極数Hは2であることを特徴とする。

30

【0016】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施の形態を図を用いて説明する。

【0017】

先ず、本発明によるアクチュエータの第1の実施の形態を図1で説明する。

【0018】

図1は本発明によるアクチュエータの展開斜視図で、ロータ磁石が2極の場合を示している。図示したアクチュエータは、平板状ヨーク部23と極歯25が一体化された第1のステータヨーク2と、平板状ヨーク23と極歯25と円筒状リング31が一体化された第2のステータヨーク4とで構成された例である。

40

【0019】

アクチュエータ10は、ロータ1と、アーマチュア9と、前後のフランジ6、7と、軸受5の4つの部分から成り立っている。

【0020】

まず、ロータ1はN極とS極の2つの磁極を持つ磁石30を軸方向で、その磁極ピーク位置が段階的に電気角で40度（本例では磁極数H＝2であるので電気角と機械角は等しい）ずらした状態（詳細後述）で磁束が分布するように着磁され、スリーブ22を介して回転軸21に対して同心的に固定される。本実施の形態では磁石30およびスリーブ22は回転軸21に対して接着により固定される。

50

【0021】

アーマチュア9は、第1のステータヨーク2と、コイルアッシ3と、第2のステータヨーク4から構成されており、第1のステータヨーク2は、本実施の形態ではほぼドーナツ形状の平板状ヨーク23の内周端から周方向に広がり有する1個の極歯25が軸方向に一体的に突出している。具体的には、本実施の形態では極歯25は、円板状軟磁性鋼板（純鉄または亜鉛メッキ鋼板等）の中心部を軸方向に垂直に抜き起こして形成している。この平板状ヨーク23には第2のステータヨーク4に対する周方向の位置関係を決めるための位置決め用突起24が設けられている。

【0022】

コイルアッシ3は樹脂製ボビン29（樹脂の材質は例えば、液晶ポリマ）にコイル28を巻回したものであり、本実施の形態ではボビン29の鏝部には端子27を挿入した端子台26が一体的に樹脂成形されている。なお、この端子台26は後述する第2のステータヨーク4の切り欠き35に嵌まり込む構造になっている。

10

【0023】

第2のステータヨーク4もほぼ円板形状の平板状ヨーク23の内周端から周方向に広がり有する極歯25が一体的に軸方向に突出している点では第1のステータヨーク2と同じであるが、第2のステータヨーク4はさらに平板状ヨーク23の外周端に軸方向に極歯25と平行にリング31が絞り加工により一体的に付加されている点異なる。なお、先に述べたように第2のステータヨーク4のリング31には位置出し用切り欠き35が設けられ、第1のステータヨーク2の極歯25と第2のステータヨーク4の極歯25が電気角で180度の位相差を成すように周方向の位置合せと、コイルアッシ3の端子台26の収納とができるようになっている。

20

【0024】

アーマチュア9の内部にロータ1を挿入し、前後フランジ6、7の中心穴32に軸受5を取付け、この該軸受5で回転自在にロータ1を支持するように組立てる。ワッシャ8はロータ1の磁石30を極歯25に対して軸方向に位置合わせし軸方向の遊びを調整するためのものである。

【0025】

なお、前後フランジ6、7と軸受5との固定並びに前後フランジ6、7と第1、第2ステータヨーク2、4への固定は本実施の形態では接着であるが、機械的カシメ、溶接、樹脂一体モールド等で行ってもよい。また、前後フランジ6、7を樹脂モールドで構成してもよい。

30

【0026】

次に本発明の単相のクローポール構造のアクチュエータの動作原理とそのトルク特性について説明する。図2は動作原理を示すための説明図であり、図3、4はトルク特性を示す。図2(a)はユニファイラ巻きでバイポーラ駆動例を示し、図(b)はバイファイラ巻きでユニポーラ駆動の例を示しているが、どちらも同様な原理であるので以下図2(a)について説明する。

【0027】

図2(a)はステータ部を代表したコイル28とロータ部を代表したロータ磁石30を示している。なお、本発明では、ロータ磁石30のN、S極のピーク位置が軸方向で見るとずれている（後述）が、図2(a)ではそれらを等価的に合成したものを代表しているものとして説明する。

40

【0028】

コイル28にはA端子から電流 I_1 を流す場合とB端子から電流 I_2 を流す場合の2モードがある。まず電流 I_1 を流してコイルを励磁すれば、ロータ磁石30に近いコイル端ZはN極に励磁される。このためロータ磁石30のS極側がコイル28のZ端に吸引され、結果として、CW方向のトルクが働き、ロータ磁石のS極がコイル28のZ端に対向した状態（図2のロータ磁石の状態から90度CW方向に回転した状態）で停止する。

【0029】

50

一方、電流 I_2 を流してコイルを励磁すれば、逆に、ロータ磁石 30 に近い Z 端 は S 極に励磁される。このためロータ磁石 30 の N 極がコイル 28 の Z 端 に吸引され、その結果として C C W 方向のトルクが働き、ロータ磁石 30 の N 極がコイル 28 の Z 端 に向いた状態（図 2 のロータ磁石の状態から 90 度 C C W 方向に回転した状態）で停止する。このように、ロータ磁石 30 の回転を規制するものがなければ、このアクチュエータは原理的には励磁により 180 度（± 90 度）の反復回転動作をする。

【0030】

ところが、本発明ではクローボール構造のため、無励磁時のディテントトルクがある。従って、摩擦トルクを無視すれば、合成トルクはディテントトルクと励磁トルク（本発明では定格電流でコイルを励磁した時発生するトルクを「定格トルク」と呼びその最大値を T rate と表す）のベクトル和となる。これらのトルク関係を表したのが図 3、および図 4 である。図 3、および図 4 は第 1 の実施の形態の典型的なトルク特性であり、横軸がロータとステータの相対角度差（図では「角度」と表現）を、縦軸がその時のトルク値（図では「トルク」と表現）を示しており、ディテントトルク（但し、正弦波近似とし、最大値を T d とした）は定格トルク（正弦波近似とし、最大値を T rate とした）の半分、即ち $T d = T rate / 2$ のトルク特性例を示している。説明の都合上、正トルクを C W 方向、負トルクを C C W 方向として図 2 のロータ回転方向と対応させている。なお、図 3、4 の実線は合成トルクカーブ（但し、電流は図 2 の I_1 方向）、破線は定格トルクカーブ（電流方向は同じく I_1 方向）、一点鎖線はディテントトルクカーブを示している。図 4 は図 3 に電流の向き I_2 の場合も重ねて表現されている。図 3 から、角度 θ が 0 ~ 180 度（180 ~ 360 度）であれば、電流 I_1 による合成トルクは正（負）となり、C W（C C W）方向のトルクを発生し、ロータ磁石は C W（C C W）方向に回転しトルクが 0 となる $\theta = 180$ （ $\theta = 180$ ）度の位置で停止する。図 4 から I_2 電流による合成トルクは、角度 θ が 0 ~ 180 度（180 ~ 360 度）であれば、負（正）となり、C C W（C W）方向のトルクを発生し、ロータ磁石は C C W（C W）方向に回転し、トルクが 0 となる $\theta = 0$ （ $\theta = 360 = 0$ ）度の位置で停止する。このことは図 2 の説明と合致する。

【0031】

次に本発明の重要な特性であるディテントトルクと反復回転動作範囲と停止機構の関係について説明する。

【0032】

再度、図 4 を用いてディテントトルクと反復回転動作範囲と停止機構の関係について説明する。図で仮に、 θ_1 と θ_2 の位置に停止機構 I、停止機構 II があり、ロータはこの θ_1 と θ_2 の範囲内でのみ反復動作可能な状態にセットされていると仮定すれば、以下の動作をするアクチュエータとなる。

【0033】

コイル無励磁時ロータが $\theta_3 \sim \theta_1$ （ $\theta_2 \sim \theta_3$ ）の間であればディテントトルクは正（負）となるので、ロータは C W（C C W）方向のトルクにより停止機構 I（II）の θ_1 （ θ_2 ）位置で止まって保持される。この状態で電流 I_2 （ I_1 ）を流し続ければ、ロータは正のディテントトルクに打ち勝って C C W（C W）方向のトルクを発生して、停止機構 II（停止機構 I）の θ_2 （ θ_1 ）の位置で止まる。もちろん、電流 I_2 （ I_1 ）による励磁時間が短く、ロータが θ_3 に到達する前に電流が遮断されれば、ロータは正（負）のディテントトルクによって、初期位置 θ_1 （ θ_2 ）に戻ることになる。

【0034】

電流 I_2 （ I_1 ）を十分長い時間流し続け、ロータを停止機構 II（停止機構 I）の θ_2 （ θ_1 ）で停止した後、励磁を切れば負のディテントトルクによりロータはこの位置に保持され続ける。この状態でさらに、電流 I_1 （ I_2 ）に切替えれば、ロータは負のディテントトルクに打ち勝って逆に、C W（C C W）方向のトルクを発生して、停止機構 I（停止機構 II）の θ_1 （ θ_2 ）の位置に戻って止まる。

【0035】

このように本発明はコイルの励磁を切替える毎にロータは θ_2 と θ_1 の範囲内を反復動作す

10

20

30

40

50

ると同時に、ディテントトルクを利用し、コイル無励磁の時にもある一定方向にロータを作用させておくことができる特徴を持っている。もちろん、先に述べたようにコイル励磁時間を連続的に可変すれば、それに対応してロータの動作時間は連続的に変化する。

【0036】

この特徴を利用して例えば、バルブの開閉等の駆動に応用すればディテントトルクで常時バルブを閉めておき、気体、流体、光を通すに必要な時間だけコイルを励磁して開き、その後逆励磁してバルブを閉める。その後は、励磁を切って、バルブ閉状態をディテントトルクで保持し続けば、省電力と言う点で非常に好都合である。もちろん、バルブ開放時間はアクチュエータの励磁／逆励磁時間に対応した、バルブ開閉時間で任意に調整することができて好都合である。もちろんバルブの付いている負荷軸（アクチュエータの回転軸21でもよい）に角度検出器を設け、絶えず角度検出を行いながら、角度指令値にバルブ開閉角を合わせるフィードバック制御を用いてもよい。

10

【0037】

さて、本発明の特徴は1個の円筒状ロータ磁石を用いて構成した点である。図5(a)に本発明によるアクチュエータのロータ構造を示し、図5(b)にその着磁パターンを示した。

【0038】

図5(a)ではロータ磁石30は円筒状磁石1個からなる磁極数Hが2極のロータ磁石構成であり、外観は通常の円筒型磁石と何れも変りはない。しかし、そのロータ磁石30の磁極表面の磁束（密度）分布は軸方向の位置により、N、Sの磁極のピーク位置が周方向で各々同量（図では電気角で40度）だけずれている特徴を持っている。以下にその点について詳述する。

20

【0039】

図5(b)は図5(a)に示したロータ磁石30の軸方向の代表点としての点P（ロータ磁石の左端から $L/4$ の点。ただしLはロータ磁石長）と点Q（ロータ磁石の左端から $3L/4$ の点）でのロータ磁石30の表面磁束（密度）をガウスメータによって測定した値の分布を上下に並べて示している。点P、Qいずれの場所においてもN、Sの2極分布であり、その最大値は等しくほぼ3000ガウスを示しているが、磁極のN極とS極のピーク位置が電気角で $\varepsilon = 40$ 度ずれていることが特徴である。このずれ量 ε は着磁治具の突極のずらし量 α に対応している（詳細については後述する）。なお、ニュートラルの位置については、点P、Q点ともにいずれも0度、180度、360度の位置でほぼ同位相となっている。

30

【0040】

この効果により、円筒型磁石を軸方向に連結し、各磁石の磁極がずれるように固定した従来例の場合と同様の作用を持たせることができた。その結果、動作範囲とディテントトルクとのバランスの調整ができ、動作範囲が広くかつディテントトルクが大きいアクチュエータを円筒型磁石1個で実現することができた。また、着磁治具（詳細については後述する）によりずらし量 α を一義的に設定できることから、精度良く且つ安定したロータ磁石を製作することができる。

【0041】

図5では極異方性の焼結型ネオジ磁石の場合で説明したが、本発明の着磁方法（後述）によれば、他の材料、配向、極数の磁石でも同様の効果が得られる。

40

【0042】

次に、図5(b)の磁束分布パターンを実現するための着磁治具および着磁方法について説明する。

【0043】

図6はロータ磁石を着磁するのに用いる着磁治具の一例を示す。着磁治具は、着磁すべきロータ磁石30（本実施の形態では外形2.3～2.7mm、長さ3.2～4.0mmのもの）を入れるための中心穴1003を有する非磁性（本実施の形態ではアルミであるが、樹脂やセラミックでもよい）のリング1000にスリット1004a および1004b と1005a および1005b が形成さ

50

れており、これらのスリットに厚さが0.5mmの4枚の軟磁性（本実施の形態では珪素鋼板であるが、純鉄や炭素鋼でもよい）の突極1001aおよび1001bと、1002aおよび1002bはそれぞれ機械角で180度を成すように配置されている。また、突極1001aと1002aは電気角で α 度（図ではロータ磁極数 $H=2$ の場合であり、電気角と機械角が等しく40度である）を成すように配置されている。突極1001bと1002bの関係も同様である。突極1001aと1002aは電気角で α 度をなすように設定されているが、この設定が着磁した際の磁極のピークのずれ量（図5（b）における ε ）に相当することはすでに説明したとおりである。従って、ロータ磁石30の磁極のピークのずれ量 ε は着磁治具のリングに取付ける突極の成す角 α （図6参照）により調整することが可能である。

【0044】

着磁されるロータ磁石30は、図6に示すように、突極1001a側（図5（b）の上側の波形に対応）と1002a側（図5（b）の下側の波形に対応）の影響を等しく受けるように、軸方向位置関係を適切に合わせてリング1000の中心穴1003内にセットされることが好ましい。なお、ロータ磁石との磁氣的結合関係において、図1に示す第1のステータヨーク2の極歯25と第2のステータヨーク4の極歯25との間にアンバランスがある場合（例えば、第1のステータヨーク2の極歯25の形状と第2のステータヨーク4の極歯25の形状が異なっている）には、むしろ突極1001a側と1002a側の影響を均等に受けないように敢えてアンバランスになるように軸方向位置関係をセンタからずらすことも有効である。なお、図6に示した着磁治具はロータ磁石30磁束密度のピークが軸方向で2段階にずれるようにしたものであるが、リング1000に軸方向に更なる突極対を付加する（図示せず）ことにより、3段階以上にもずらすことは可能である。勿論、突極1001a、1001bの形状を工夫することにより、ピークが連続的にずれるようにいわゆるスキュー着磁化も可能である。なお、この際、突極1001aと1002a（突極1001bと1002bの関係についても同様に）は段階的にずらすようにすることは当然である。

【0045】

さらに、図6に示すようにロータ磁石30を着磁治具にセットした後、図7に示すようにソレノイドコイル（着磁コイル）40内に固定してこのソレノイドコイルに着磁電流を流せばロータ磁石30は図5（b）のように簡単に着磁できる。なお、ソレノイドコイル40には矢印Mの向きに磁界が発生するので、突極1001aと1002aの向きは磁界の向き（本実施の形態では鉛直方向）に対して、各々 $\alpha/2$ 度成すようにセットすることが好ましい。なお、ロータ磁石30の高さ方向の位置 $X1$ はソレノイドコイルの高さ寸法 X に対して、 $X1=X/2$ （センタに位置すること）が好ましく、着磁治具の高さ寸法 $X2$ はソレノイドコイル40の高さ X に対して十分短い（本実施の形態では $X2=X/3$ ）ことが望ましい。

【0046】

図8は、図5（a）に示したロータ1を用いた別の実施の形態についてP点での表面磁束密度分布を上段に、Q点での表面磁束密度分布を下段に示す。図8からわかるように、N、S各磁極のピーク値は各々3000ガウス程度で、図5（b）とほぼ同じである。しかし、N極側のピーク値の位置はP点とQ点で $\varepsilon1=40$ 度ずれているが、S極側のピーク値の位置はずれていない（ $\varepsilon2=0$ 度）点が図5（b）とは異なる。このように一方の磁極のピーク値のみずらすことも可能である。

【0047】

図8のような磁束密度分布を作るには、例えば、図9に示すような着磁治具を作って、図7に示すように着磁すればよい。図9において、図6と同一の構成部分には同一の参照番号が付して、その詳細説明は省略した。図9に示した着磁治具の特徴は、図8の上側の磁束密度分布を形成する突極1001aと1001bが180度の位置関係ではなく、 $\alpha/2$ 度の角度を成していることと、下の磁束密度分布を形成する突極1002aと1002bについても同様な位置関係（180度を成してない）を有すること、さらに、突極1001bと1002bが一体で角度差0度であることである。突極1001aと突極1002aの成す角度はもちろん α 度であり、着磁したとき、この角度分 α だけN極のピーク位置がずれる（図8参照）ようにしてある

10

20

30

40

50

。

【0048】

N、Sの両極について均等にずらす（図5（b）参照）か、それとも両極についてずらすことはずらすとそのずらし量を各々変えるのか、あるいは一方の磁極に対してのみずらす（図8参照）のかは磁気回路の磁気バランスにより決定することは当然である。

【0049】

このような着磁治具／方法を取ることにによって、たとえ、高性能の極異方性の円筒状磁石を用いた構成においても、ディテントトルクと励磁トルクのバランスをとり、その結果として、従来の軸方向に複数個の磁石を連結し且つ、隣接する磁石の磁極を周方向でずらした場合や、磁極の片極のピークに溝又はカットを施した場合と同様な効果を持たせることができた。

10

【0050】

最後に、図5（b）で示したロータ磁石の磁極数Hが2の磁極のピーク位置のずれ量 ε について説明する。

【0051】

ロータ磁石の磁極ピーク位置の周方向のずれ量（電気角換算で ε （度））を変えながら、アクチュエータの動作を測定した結果を図10に示した。図10の横軸は磁極ピーク位置のずれ量 ε （電気角）であり、縦軸は回転動作角度範囲を示したものである。図10から、ずれ量 ε は20～60（度）であれば、回転動作角度範囲が90度以上あり、H=2での理論最大回転動作範囲（180度であり、詳細については図2、3の説明参照）の半分以上確保できるため、本発明のアクチュエータの目的には有効であるといえる。なお、 ε があまり小さい（20度以下）と、ディテントトルクが十分低下しないために、回転動作範囲が取れない不具合がある。特に、 $\varepsilon=0$ （ずれ量無）ではディテントトルクが著しく増大して、十分な回転動作しないことはすでに述べた通りである。一方、ずれ量 ε が大き過ぎ（60度以上）ても、ディテントトルクが大きくなり、同様に回転動作範囲がとれない不具合がある。厳密には、使用する磁石の材質や異方特性にもよるが、焼結Ndの極異方性を持った磁石においては、特に、上記の傾向が著しかった。

20

【0052】

また、ロータ磁石の磁氣的なずらしが、軸方向で段階的に2箇所以上ある場合においても、各々の磁石間の磁極ピークのずれ量 ε （度）が電気角で20から60（度）を超えない範囲でずらすことが好ましい。

30

【0053】

上記実施の形態ではロータ磁石の磁極数Hが2の場合に限って説明してきたが、本発明はそれに限定されるわけではない。なお、ロータ磁石の磁極数H（個）の場合の電気角 θ_e （度）と機械角 θ_m （度）の関係は、 $\theta_m = 2 \theta_e / H$ （度）であることは周知の事実である。

。

【0054】

【発明の効果】

本発明によれば、安価な单相のクローポール構造を有するアーマチュア構造で、加工が安価な円筒型ロータ磁石1個を用いて、ロータ磁石を構成することができるので、簡単に製造できる利点がある。また、磁氣的なずらしが着磁治具で一義的にできるので、精度よく安定した特性を得ることができる効果がある。

40

【0055】

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明によるアクチュエータの展開斜視図である。

【図2】本発明によるアクチュエータの動作原理を説明する図であり、（a）はユニファイラ巻きでバイポーラ駆動の例を示し、（b）はバイファイラ巻きでユニポーラ駆動の例を示す。

【図3】本発明によるアクチュエータのトルク特性を示す図である。

【図4】本発明によるアクチュエータのトルク特性を示す図である。

50

【図 5】（a）は本発明によるアクチュエータの実施の形態に用いられる円筒状ロータ磁石のロータ構造を示す斜視図、（b）は同ロータ磁石の着磁パターンを示すグラフである。

【図 6】本発明によるアクチュエータに用いられるロータ磁石の着磁パターンを実現する着磁治具の斜視図である。

【図 7】本発明によるアクチュエータに用いられるロータ磁石を着磁させる方法を説明する図である。

【図 8】本発明によるアクチュエータに用いられるロータ磁石に作られた表面磁束密度分布を示す図である。

【図 9】図 8 に示す表面磁束密度分布を形成するための着磁治具の斜視図である。

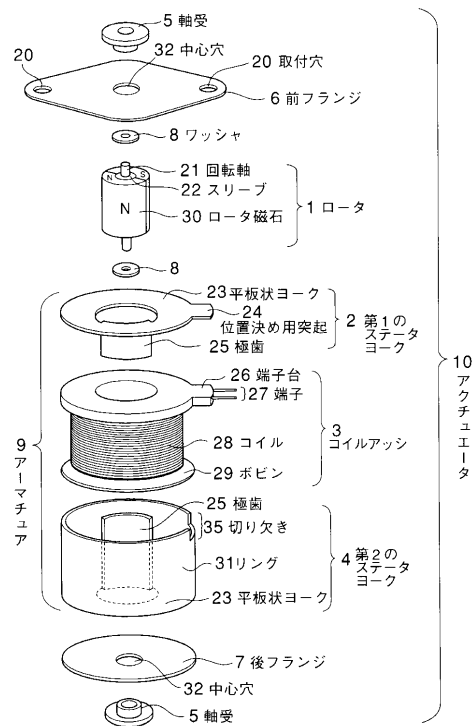
10

【図 10】本発明によるアクチュエータに用いられるロータ磁石の磁極ピーク位置を周方向にずらしたときのアクチュエータの回転動作と角度範囲の変化を示すグラフである。

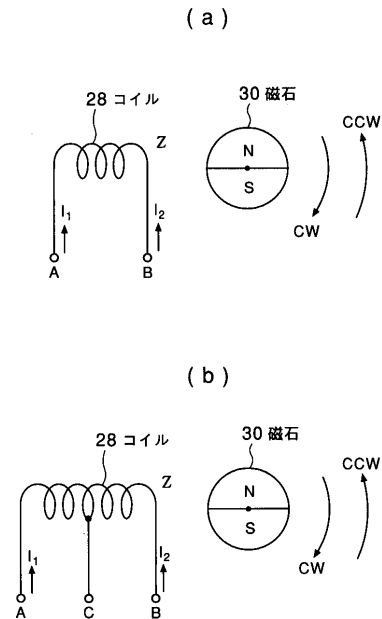
【符号の説明】

1	ロータ	
2	第 1 のステータヨーク	
3	コイルアッシ	
4	第 2 のステータヨーク	
5	軸受	
6	前フランジ	
7	後フランジ	20
8	ワッシャ	
9	アーマチュア	
10	アクチュエータ	
20	取付穴	
21	回転軸	
22	スリーブ	
23	平板状ヨーク	
24	位置決め用突起	
25	極歯	
26	端子台	30
27	端子	
28	コイル	
29	ボビン	
30	ロータ磁石	
31	リング	
32	中心穴	
35	切り欠き	
40	ソレノイドコイル	
1000	リング	
1001a	突極	40
1001b	突極	
1002a	突極	
1002b	突極	
1003	中心穴	
1004a	スリット	
1004b	スリット	
1005a	スリット	
1005b	スリット	

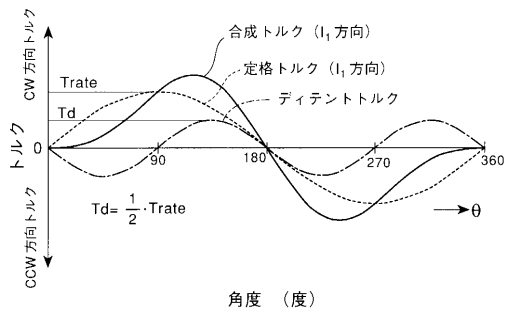
【図 1】



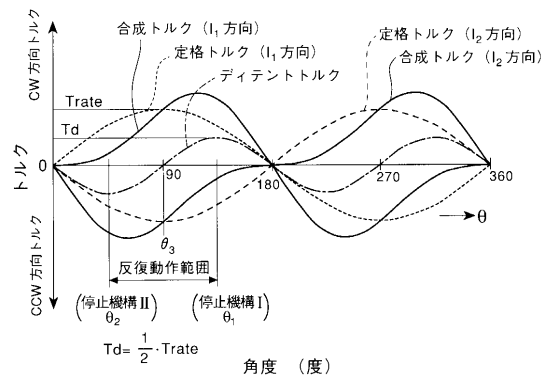
【図 2】



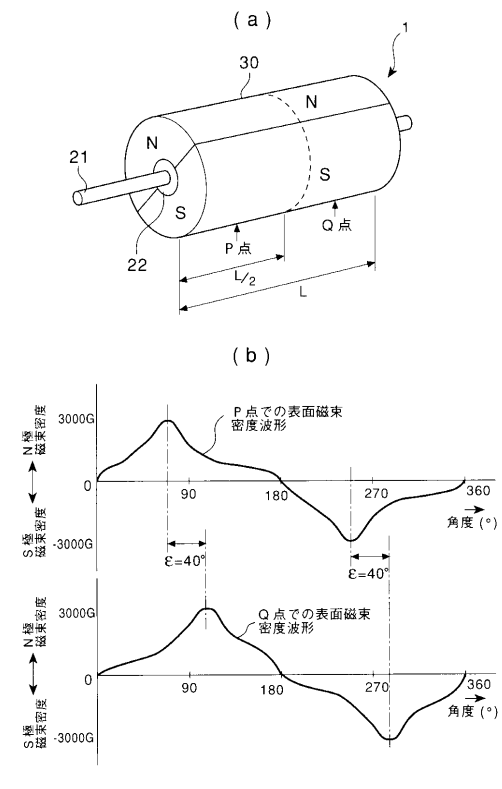
【図 3】



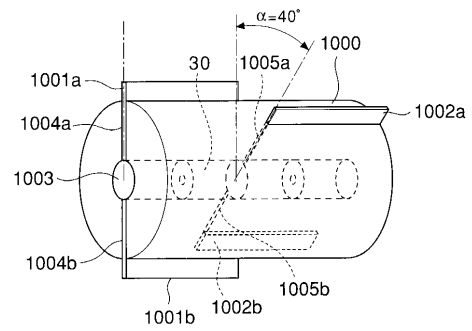
【図 4】



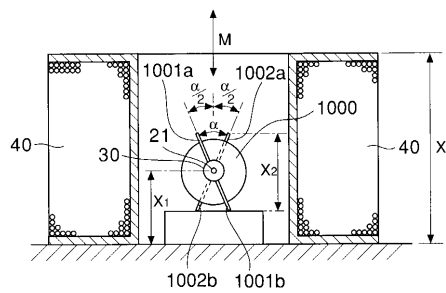
【図 5】



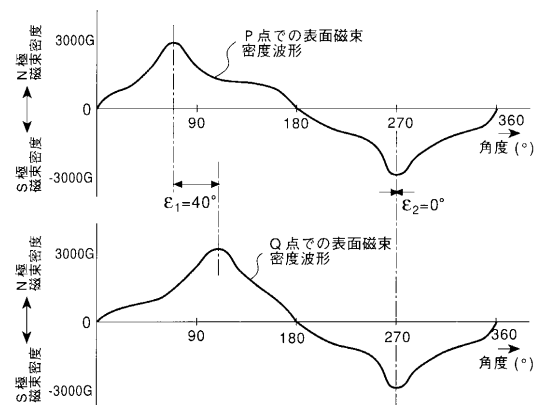
【図 6】



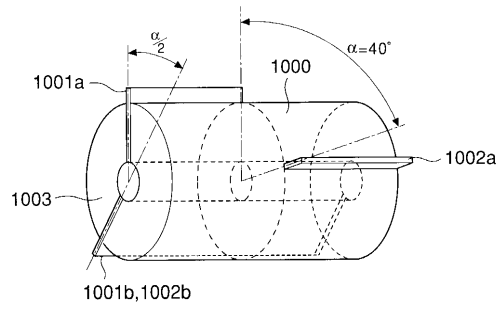
【図 7】



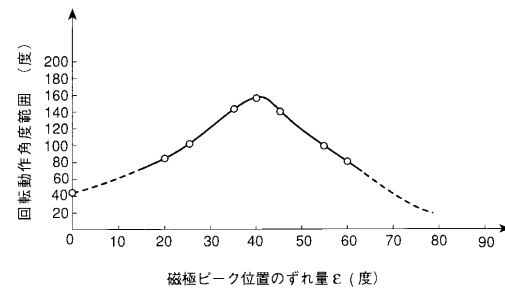
【図 8】



【図 9】



【図 10】



フロントページの続き

審査官 三島木 英宏

- (56)参考文献 特開昭64-005347 (JP, A)
特開平05-168181 (JP, A)
特開昭61-199447 (JP, A)

- (58)調査した分野(Int.Cl.⁷, DB名)
H02K 1/27,
H02K 15/03,
H02K 26/00