

(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2016-10176  
(P2016-10176A)

(43) 公開日 平成28年1月18日(2016.1.18)

(51) Int.Cl. F I テーマコード(参考)  
**H02K 1/27 (2006.01)** H02K 1/27 501K 5H622  
 H02K 1/27 501M

審査請求 未請求 請求項の数 10 O L (全 12 頁)

(21) 出願番号	特願2014-127645 (P2014-127645)	(71) 出願人	000232302 日本電産株式会社 京都府京都市南区久世殿城町338番地
(22) 出願日	平成26年6月20日(2014.6.20)	(74) 代理人	100110847 弁理士 松阪 正弘
		(74) 代理人	100136526 弁理士 田中 勉
		(74) 代理人	100136755 弁理士 井田 正道
		(72) 発明者	松田 龍典 京都市南区久世殿城町338番地 日本電産株式会社内
		(72) 発明者	野田 伸一 京都市南区久世殿城町338番地 日本電産株式会社内
		Fターム(参考)	5H622 AA03 CA02 CA07 CA10 PP10

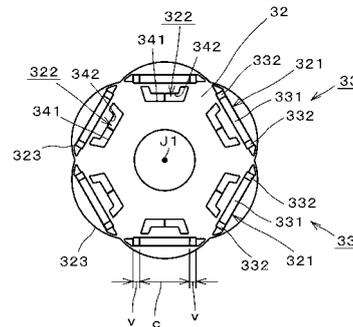
(54) 【発明の名称】 モーター

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】モーターの効率の低下を抑制しつつ一部の永久磁石の磁束量を効率よく変更する。

【解決手段】モーターの回転部は、周方向に配列される複数の磁石33と、複数の保持孔321内に前記複数の磁石33を保持するロータコア32を備える。前記複数の磁石33は、第1磁石要素331と、2つの第2磁石要素332とを含む。前記第1磁石要素331は、周方向に広がりをも有する板状である。前記第2磁石要素332は、前記第1磁石要素331の周方向両側に位置し、保磁力は、前記第1磁石要素331よりも小さい。前記ロータコア32が、各第1磁石要素331の径方向内側に位置する空隙であって、径方向内側の壁面と径方向外側の壁面に挟まれるフラックスバリア322を含む。前記中心軸に垂直な面内において、磁石33の幅は、対応するフラックスバリア322の同方向の幅よりも大きい。

【選択図】 図3



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

中心軸を中心として回転する回転部と、  
前記回転部の周りに配置される静止部と、  
前記回転部を回転可能に支持する軸受機構と、  
を備え、  
前記回転部が、  
周方向に配列される複数の磁石と、  
軸方向に延びる複数の保持孔を有し、前記複数の保持孔内に前記複数の磁石をそれぞれ保持するロータコアと、

10

を備え、

前記複数の磁石のそれぞれは、第 1 磁石要素と、2 つの第 2 磁石要素とを含み、  
前記第 1 磁石要素は、周方向に広がりを持つ板状であり、  
前記 2 つの第 2 磁石要素は、前記第 1 磁石要素の周方向両側に位置し、前記 2 つの第 2 磁石要素の保磁力は、前記第 1 磁石要素の保磁力よりも小さく、  
前記ロータコアが、各第 1 磁石要素の径方向内側に位置する空隙であって、径方向内側の壁面と径方向外側の壁面に挟まれるフラックスバリアを含み、  
前記中心軸に垂直な面内において、前記第 1 磁石要素の中央を通る径方向に垂直な方向における、前記第 1 磁石要素を含む磁石の幅は、対応するフラックスバリアの同方向の幅よりも大きい、モータ。

20

**【請求項 2】**

前記フラックスバリアは、前記中心軸に垂直な面内において、径方向内方に向かう凸形状である、請求項 1 に記載のモータ。

**【請求項 3】**

前記中心軸に垂直な面内において、前記フラックスバリアの両端部は、前記第 1 磁石要素と前記 2 つの第 2 磁石要素との境界に向かって延びる、請求項 1 または 2 に記載のモータ。

**【請求項 4】**

前記中心軸に垂直な面内において、前記フラックスバリアは、前記第 1 磁石要素の中央を通る径方向に垂直な方向に延びる中央部と、前記中央部の両端から前記ロータコアの外周に向かい、前記両端部を含む 2 つの延伸部と、を含み、

30

前記 2 つの延伸部は、前記外周に進むに従って漸次互いに離れる、請求項 3 に記載のモータ。

**【請求項 5】**

前記両端部の延びる方向が、前記第 1 磁石要素の中央を通る径方向に平行な第 1 方向、または、前記第 1 磁石要素を含む磁石と隣接する磁石との間の中央を通る径方向に平行な第 2 方向、または、前記第 1 方向と前記第 2 方向との間の方向である、請求項 3 に記載のモータ。

**【請求項 6】**

前記中心軸に垂直な面内において、前記フラックスバリアは、前記第 1 磁石要素の中央を通る径方向に垂直な方向に延びる直線状である、請求項 1 に記載のモータ。

40

**【請求項 7】**

前記中心軸に垂直な面内において、前記フラックスバリアの中央部の径方向の幅が、前記第 1 磁石要素の中央の同方向の幅の 1 . 1 倍以上 1 . 5 倍以下である、請求項 1 ないし 6 のいずれかに記載のモータ。

**【請求項 8】**

前記第 1 磁石要素の中央を通る径方向において、前記ロータコアの外周面と前記第 1 磁石要素との間の距離が、前記第 1 磁石要素の同方向の幅の 1 . 5 倍以上 2 . 0 倍以下である、請求項 1 ないし 7 のいずれかに記載のモータ。

**【請求項 9】**

50

前記ロータコアの外周面が、各第1磁石要素の径方向外側において径方向外方に突出する凸部を有し、

前記中心軸に垂直な面内において、前記凸部の曲率半径が、前記ロータコアの直径の0.3倍以上0.4倍以下である、請求項1ないし8のいずれかに記載のモータ。

【請求項10】

前記ロータコアが、各磁石の周方向両側に、当該ロータコアの空隙である2つの側方フラックスバリアを有し、

前記2つの側方フラックスバリアが、前記各磁石の前記周方向両側の面のみに接する、請求項1ないし9のいずれかに記載のモータ。

【発明の詳細な説明】

10

【技術分野】

【0001】

本発明は、電動式のモータに関する。

【背景技術】

【0002】

複数の永久磁石の一部の磁束量を可逆的に変化させ、低速から高速までの広範囲での可変速運転を可能とした永久磁石同期モータ（以下、「可変磁石モータ」と呼ぶ。）が知られている。可変磁石モータは、例えば、IPM（埋め込み磁石）型モータにおいて、2種類以上の永久磁石を使うことにより、構成される。

【0003】

20

例えば、特開2010-154676号公報に開示される永久磁石電動機21では、図2に示されるように、回転子24の各永久磁石収容穴31aに、1つの第1の永久磁石33と、2つの第2の永久磁石34とが収容される。2つの第2の永久磁石33は第1の永久磁石の周方向両側に位置する。第1の永久磁石33は高保磁力永久磁石であり、磁束量は固定である。第2の永久磁石34は低保磁力永久磁石であり、磁束量は可変である。

【0004】

特開2010-4673号公報に開示される回転子1は、回転子鉄心2と、永久磁石3,4を有する。永久磁石3,4は回転子鉄心2内に配置される。永久磁石3は、保磁力と磁化方向厚みの積が、永久磁石4のものより小である。一对の永久磁石4は、各永久磁石3の周方向両側に位置する。一对の永久磁石4と回転子鉄心2の外周面との間には、一对の磁気障壁（フラックスバリア）がそれぞれ配置され、永久磁石3と回転子鉄心2の外周面との間には磁気障壁は配置されない。

30

【特許文献1】特開2010-154676号公報

【特許文献2】特開2010-4673号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

一般に、IPM型モータのロータコアには、永久磁石の周辺にフラックスバリアが配置される。これは、静止部と回転部との間において磁束を流れやすくし、トルクに寄与する磁束の量を増やすためである。その結果、モータにおけるトルクや効率を上げることができる。特開2010-4673号公報に開示される回転子1にもフラックスバリアが設けられるが、このフラックスバリアは、永久磁石3の磁束量を効率よく変更するために設けられる。しかし、フラックスバリアを磁束量の多い永久磁石4と回転子1の外周との間に配置すると、モータの効率の低下は大きくなる。

40

【0006】

そこで、本発明は、可変磁石モータにおいて、磁束の流れを考慮したフラックスバリアの形状および配置の設計により、モータの効率の低下を抑制しつつ一部の永久磁石の磁束量を効率よく変更することを目的としている。

【課題を解決するための手段】

【0007】

50

本発明の一の例示的な実施形態に係るモータは、中心軸を中心として回転する回転部と、前記回転部の周りに配置される静止部と、前記回転部を回転可能に支持する軸受機構と、を備える。前記回転部は、周方向に配列される複数の磁石と、軸方向に延びる複数の保持孔を有し、前記複数の保持孔内に前記複数の磁石をそれぞれ保持するロータコアと、を備える。前記複数の磁石のそれぞれは、第1磁石要素と、2つの第2磁石要素とを含む。前記第1磁石要素は、周方向に広がりを持つ板状である。前記2つの第2磁石要素は、前記第1磁石要素の周方向両側に位置し、前記2つの第2磁石要素の保磁力は、前記第1磁石要素の保磁力よりも小さい。前記ロータコアが、各第1磁石要素の径方向内側に位置する空隙であって、径方向内側の壁面と径方向外側の壁面に挟まれるフラックスバリアを含む。前記中心軸に垂直な面内において、前記第1磁石要素の中央を通る径方向に垂直な方向における、前記第1磁石要素を含む磁石の幅は、対応するフラックスバリアの同方向の幅よりも大きい。

10

【発明の効果】

【0008】

本発明によれば、フラックスバリアにより、モータの効率の低下を抑制しつつ第2磁石要素の磁束量を効率よく変更することができる。

【図面の簡単な説明】

【0009】

【図1】図1は、一の実施形態に係るモータを示す縦断面図である。

【図2】図2は、ステータコアと、ロータコアと、複数の磁石と、を示す平面図である。

20

【図3】図3は、ロータコアと、複数の磁石と、を示す平面図である。

【図4】図4は、ロータコアと、複数の磁石と、を拡大して示す平面図である。

【図5】図5は、ロータコアと、磁石と、をさらに拡大して示す平面図である。

【図6】図6は、フラックスバリアの他の例を示す平面図である。

【図7】図7は、複数の磁石の他の例を示す平面図である。

【発明を実施するための形態】

【0010】

本明細書では、説明の便宜上、モータの中心軸方向である図1の上下方向をモータの上下方向と定める。上下方向は、重力方向と一致する必要はない。また、中心軸に平行な方向を「軸方向」と呼び、中心軸を中心とする径方向を単に「径方向」と呼び、中心軸を中心とする周方向を単に「周方向」と呼ぶ。

30

【0011】

図1は、本発明の例示的な一の実施形態に係るモータ1を示す縦断面図である。断面の細部における平行斜線を省略している。モータ1は、回転電機である。モータ1はインナロータ型であり、IPM（埋め込み磁石）型モータである。モータ1は、静止部2と、回転部3と、軸受機構4と、を含む。軸受機構4は、モータ1の中心軸J1を中心に回転部3を静止部2に対して回転可能に支持する。

【0012】

静止部2は、回転部3の周りに配置される。静止部2は、ハウジング21と、ステータ22と、を含む。ハウジング21は、有底略円筒状のハウジング部材211と、蓋部材212と、を含む。ハウジング部材211は、円筒部511と、底部512と、を含む。蓋部材212は、略矩形形状であり、円筒部511の上部に取り付けられる。蓋部材212の中央には開口521が設けられる。ステータ22は、ステータコア223と、複数のインシュレータ221と、複数のコイル222と、を含む。ステータコア223の各ティースは、1つのインシュレータ221により覆われる。インシュレータ221は、例えば、絶縁性の樹脂材料から構成される。各インシュレータ221上には、1つのコイル222が設けられる。より詳細には、インシュレータ221を介してティースの周囲に導線が巻き回されることにより、コイル222が構成される。静止部2に外部電源等から電力が供給されることにより、回転部3は、中心軸J1を中心として回転する。なお、インシュレータ221に代えて、絶縁紙等がコイル222とステータコア223との間に配置されても

40

50

よい。

【 0 0 1 3 】

軸受機構 4 は、複数の軸受 4 0 1 により構成される。本実施の形態では軸受 4 0 1 の数は 2 つであり、軸受 4 0 1 はそれぞれ玉軸受である。軸受 4 0 1 は、玉軸受以外の他の構造の軸受であってもよい。一方の軸受 4 0 1 は、開口 5 2 1 において蓋部材 2 1 2 に固定される。他方の軸受 4 0 1 は、底部 5 1 2 に固定される。

【 0 0 1 4 】

回転部 3 は、シャフト 3 1 と、ロータコア 3 2 と、複数の磁石 3 3 と、を含む。シャフト 3 1 は、軸方向に延びる部材であり、中心軸 J 1 に沿うように配置される。この好ましい実施形態において、シャフト 3 1 は、略円柱状である。なお、シャフト 3 1 は、中空部材であってもよい。シャフト 3 1 は、軸受機構 4 により中心軸 J 1 を中心として回転可能に支持される。ロータコア 3 2 は、略円筒状である。ロータコア 3 2 の貫通孔には、シャフト 3 1 が通される。シャフト 3 1 は、ロータコア 3 2 の貫通孔内に、例えば、圧入や接着等により固定される。径方向において、ロータコア 3 2 は、ステータ 2 2 の内側に配置される。ロータコア 3 2 の外周面はステータ 2 2 の内周面に近接する。

【 0 0 1 5 】

図 2 は、ステータコア 2 2 3 と、ロータコア 3 2 と、複数の磁石 3 3 と、を示す平面図である。図 2 では、複数のコイル 2 2 2 の概略形状を二点鎖線にて示している。ステータコア 2 2 3 は、複数のティース 5 3 1 と、コアバック 5 3 2 と、を含む。コアバック 5 3 2 は、中心軸 J 1 を中心とする略環状である。この好ましい実施形態では、ティース 5 3 1 の数は 9 であり、スロットの数は 9 である。各ティース 5 3 1 は、コアバック 5 3 2 からロータコア 3 2 に向かって径方向内方に延びる。ステータコア 2 2 3 は、複数枚の電磁鋼板が軸方向に積層されて構成される積層鋼板である。

【 0 0 1 6 】

図 3 は、ロータコア 3 2 と、複数の磁石 3 3 とを示す平面図である。ロータコア 3 2 は、複数枚の電磁鋼板が軸方向に積層されて構成される積層鋼板である。複数の磁石 3 3 は、周方向に配列される。この好ましい実施形態において、磁石の数は 6 個である。言い換えると、この好ましい実施形態において、モータ 1 のポール数は 6 である。回転部 3 および静止部 2 の極数は様々に変更されてよい。各磁石 3 3 は、1 つの第 1 磁石要素 3 3 1 と、2 つの第 2 磁石要素 3 3 2 とから構成される。もちろん、各磁石 3 3 には、他の補助的な 1 以上の第 3 磁石要素が含まれてもよい。第 1 磁石要素 3 3 1 および第 2 磁石要素 3 3 2 は、それぞれ、永久磁石である。ロータコア 3 2 は、軸方向に延びる複数の保持孔 3 2 1 を有する。複数の保持孔 3 2 1 は、周方向に配列される。各保持孔 3 2 1 は、軸方向から見た場合に径方向に対して略垂直な方向に延びる。複数の磁石 3 3 は、それぞれ複数の保持孔 3 2 1 内に保持される。各保持孔 3 2 1 は、ロータコア 3 2 を軸方向に貫通する。図示は省略されているが、好ましくは、各保持孔 3 2 1 の上下両端には、磁石 3 3 の脱落を防止する部材が取り付けられる。各磁石 3 3 は、軸方向に延び、保持孔 3 2 1 の内部において軸方向におけるほぼ全長に亘って存在する。各磁石 3 3 を構成する第 1 磁石要素 3 3 1 の数は 2 以上でもよく、各磁石 3 3 を構成する第 2 磁石要素 3 3 2 の数は 3 以上でもよい。

【 0 0 1 7 】

各磁石 3 3 の第 1 磁石要素 3 3 1 は、周方向に広がりを持つ板状である。図 3 の例では、第 1 磁石要素 3 3 1 は、その中央を通る径方向に垂直な平板状である。2 つの第 2 磁石要素 3 3 2 は、第 1 磁石要素 3 3 1 の周方向両端部にそれぞれ位置する。各第 2 磁石要素 3 3 2 の周方向の幅は、第 1 磁石要素 3 3 1 の周方向の幅よりも小さい。ここでの周方向の幅とは、中心軸 J 1 から見たときの周方向の角度範囲をいう。第 1 磁石要素 3 3 1 および第 2 磁石要素 3 3 2 の形状は、図 3 に示される形状に限定されない。第 1 磁石要素 3 3 1 の厚さは一定でなくてもよく、例えば、少なくとも一部が湾曲した板状であってもよい。

【 0 0 1 8 】

10

20

30

40

50

図3の例では、第1磁石要素331および2つの第2磁石要素332はほぼ一直線上に並ぶ。2つの第2磁石要素332は、第1磁石要素331の周方向両側にそれぞれ位置すればよく、第1磁石要素331に接しなくてもよい。また、2つの第2磁石要素332は、第1磁石要素331のおよそ周方向両側にそれぞれ位置すればよく、厳密な意味での周方向両側に位置する必要はない。2つの第2磁石要素332の保磁力は、第1磁石要素331の保磁力よりも小さい。好ましくは、第1磁石要素331は、Nd-Fe-B磁石であり、第2磁石要素332は、2-17系Sm-Co磁石である。なお、第1磁石要素331および第2磁石要素332に用いられる磁石の材料は、上述のものに限られず、適宜変更されてもよい。モータ1の静止時または回転中に、d軸電流によるステータ22からの磁界により、各第2磁石要素332の磁束量は変更可能である。

10

#### 【0019】

ここで、磁石33の長手方向における第1磁石要素331の長さを $c$ 、各第2磁石要素332の同方向の長さを $v$ とする。 $v$ が $c$ に比べて小さすぎると、第2磁石要素332の磁束量の可変幅が小さくなる。そのため、磁石33全体の総鎖交磁束の変化量が小さく、高速回転時における効率の向上が困難となる。 $v$ が $c$ に比べて大きすぎると、磁気装荷が少なくなる。その結果、モータ1の銅損が増加するので、特に低速・中速回転時の効率が低下する。以上を考慮し、設計上、比 $v/c$ は0.2以上0.3以下であることが好ましい。

#### 【0020】

ロータコア32は、複数のフラックスバリア322を含む。各フラックスバリア322は各第1磁石要素331の径方向内側に配置される。各フラックスバリア322は空隙であり、ロータコア32を軸方向に貫通する。本実施形態では、各フラックスバリア322内に空気が存在する。なお、各フラックスバリア322の内部に樹脂等が存在してもよい。各フラックスバリア322は、ロータコア32において、他の部分よりも磁気抵抗が大きい領域であればよい。後述する他のフラックスバリアにおいても、同様である。各フラックスバリア322はおよそ周方向に延びる。換言すれば、軸方向から見たときに、各フラックスバリア322は、径方向内側の壁面341と、径方向外側の壁面342とに挟まれる空隙である。図1に示すように各フラックスバリア322は、ロータコア32を貫通する。

20

#### 【0021】

ロータコア32の外周面は、複数の凸部323を有する。各凸部323は、各第1磁石要素331の径方向外側において径方向外方に突出する。各凸部323は、中心軸J1および第1磁石要素331に沿って軸方向に亘って存在する。すなわち、中心軸J1に垂直なロータコア32の断面の形状は、軸方向の各位置において同様である。各凸部323の周方向中央位置は、各第1磁石要素331の周方向中央位置および各フラックスバリア322の周方向中央位置と一致する。凸部323が設けられることにより、静止部2と回転部3との間の磁束密度分布を正弦波に近づけることができ、モータ1の回転時のトルクリップルを低減することができる。凸部323の曲率半径が小さすぎると、エアギャップが大きくなり、ティース531と磁石33との間における漏れ磁束が多くなり、トルク特性が低下する。そのため、中心軸J1に垂直な面内において、凸部323の曲率半径は、好ましくは、ロータコア32の直径の0.3倍以上0.4倍以下である。ロータコア32の直径は、ロータコア32の断面に外接する円の直径を指すものとする。

30

40

#### 【0022】

図4は、1つの磁石33およびその近傍を拡大して示す図である。各フラックスバリア322は、中央部41と、2つの延伸部42と、を含む。中心軸J1に垂直な面内において、中央部41は、第1磁石要素331の中央を通る径方向に垂直な方向に延びる。第1磁石要素331の中央の周方向の位置は、フラックスバリア322および中央部41の中央の周方向の位置とほぼ一致する。2つの延伸部42は、それぞれ、中央部41の両端からロータコア32の外周側に向かって延びる。2つの延伸部42は、ロータコア32の外周側に進むに従って漸次互いに離れる。言い換えると、平面視において、近接する延伸部

50

4 2 と延伸部 4 2 との間の周方向の距離は、中心軸 J 1 側からロータコア 3 2 の外周側に進むに従って徐々に大きくなる。ロータコア 3 2 の強度を確保するため、中央部 4 1 には、補強部 4 1 1 が設けられる。平面視において、補強部 4 1 1 は径方向に伸び、ロータコア 3 2 の中央部 4 1 よりも径方向内側の部位と径方向外側の部位とを繋ぐ。

#### 【0023】

中心軸 J 1 に垂直な面内において、2つの延伸部 4 2 は、第 1 磁石要素 3 3 1 と 2 つの第 2 磁石要素 3 3 2 との 2 つの境界に向かってそれぞれ伸びる。さらに、中心軸 J 1 に垂直な面内における、各第 1 磁石要素 3 3 1 の中央を通る径方向に垂直な方向 4 1 2 において、当該第 1 磁石要素 3 3 1 を含む磁石 3 3 の幅、すなわち、磁石 3 3 の長手方向の長さは、対応するフラックスバリア 3 2 2 の同方向の幅よりも大きい。より好ましくは、各磁石 3 3 の周方向の幅は、各フラックスバリア 3 2 2 の周方向の幅よりも大きい。すなわち、中心軸 J 1 から各フラックスバリア 3 2 2 を見たと仮定した場合に、その両側に 2 つの第 2 磁石要素 3 3 2 の少なくとも一部がはみ出して見える。

10

#### 【0024】

各フラックスバリア 3 2 2 の幅は各磁石 3 3 の幅よりも小さく、かつ、各フラックスバリア 3 2 2 は各磁石 3 3 の径方向内側に存在する。各フラックスバリア 3 2 2 では磁気抵抗が大きいので、静止部 2 からの d 軸電流による磁束を利用して 2 つの第 2 磁石要素 3 3 2 の磁束量、すなわち、着磁量を変更する際に、ステータ 2 2 からの磁束が第 1 磁石要素 3 3 1 を経由して流れることが妨げられる。これにより、第 2 磁石要素 3 3 2 に多くの磁束を導くことができ、効率よく第 2 磁石要素 3 3 2 の磁束量を変更することができる。その結果、低速回転から高速回転まで効率よく行うことができる。第 2 磁石要素 3 3 2 の磁束量を低減した上で（消磁を含む。）、弱め磁束制御が行われてもよい。

20

#### 【0025】

各フラックスバリア 3 2 2 の形状は、好ましくは、中心軸 J 1 に垂直な面内において、径方向内方に向かう凸形状である。これにより、複数の第 2 磁石要素 3 3 2 の磁束量変更時に、第 1 磁石要素 3 3 1 に向かう磁束を効率よく低減し、磁束を第 2 磁石要素 3 3 2 に集中させることができる。その結果、第 2 磁石要素 3 3 2 の増磁および減磁を容易に行うことができ、磁束量の変更に必要な電流を低減することができる。平面視において、各フラックスバリア 3 2 2 の形状は、図 4 に示すものには限定されず、例えば、円弧状、楕円弧状、U 字状等であってもよい。好ましくは、平面視において、各フラックスバリア 3 2 2 の形状は、径方向を向く対称軸を中心として左右対称である。フラックスバリア 3 2 2 の形状とは、フラックスバリア 3 2 2 の外形を指し、より正確には、フラックスバリア 3 2 2 である貫通孔を構成する内側の面の輪郭の形状を指す。

30

#### 【0026】

いずれの形状を有するフラックスバリア 3 2 2 においても、好ましくは、各フラックスバリア 3 2 2 の両端部は、第 1 磁石要素 3 3 1 と 2 つの第 2 磁石要素 3 3 2 との 2 つの境界に向かってそれぞれ伸びる。図 4 の例では、各フラックスバリア 3 2 2 の両端部は、2 つの延伸部 4 2 に含まれる。本実施形態では、中央部 4 1 の端から第 1 磁石要素 3 3 1 と 2 つの第 2 磁石要素 3 3 2 との 2 つの境界に向かう 2 つの方向は、2 つの第 2 磁石要素 3 3 2 とそれぞれ交差するため、実質的に、フラックスバリア 3 2 2 の両端部の延長線上に 2 つの第 2 磁石要素 3 3 2 がそれぞれ位置すると捉えることもできる。

40

#### 【0027】

各フラックスバリア 3 2 2 は、磁石 3 3 よりも径方向内側に存在するため、フラックスバリアを磁石の径方向外側に配置する場合よりも、ロータコアの剛性を保ちつつ、磁束が第 2 磁石要素に流れやすくなる。その結果、フラックスバリアを磁石の径方向外側に配置する場合よりもモータの効率の低下を抑制することができる。

#### 【0028】

図 4 の例では、各フラックスバリア 3 2 2 が中央部 4 1 と 2 つの延伸部 4 2 とにより構成されるため、V 字状のフラックスバリアを設ける場合に比べてフラックスバリア 3 2 2 の径方向の幅を小さく抑えることができる。これにより、各フラックスバリア 3 2 2 を磁

50

石 3 3 の径方向内側に配置する設計が容易となる。

【 0 0 2 9 】

ここで、第 1 磁石要素 3 3 1 の中央を通る径方向に平行な方向を第 1 方向 4 2 1 と呼び、第 1 磁石要素 3 3 1 を含む磁石 3 3 と隣接する磁石 3 3 との間の中央を通る径方向に平行な方向を第 2 方向 4 2 2 と呼ぶ。フラックスバリア 3 2 2 の両端部の延びる方向は、第 1 方向 4 2 1、または、第 2 方向 4 2 2、または、第 1 方向 4 2 1 と第 2 方向 4 2 2 との間の方向であることが好ましい。これにより、各第 2 磁石要素 3 3 2 の磁束量を変更する際に、フラックスバリア 3 2 2 に沿ってステータ 2 2 からの磁束を滑らかに第 2 磁石要素 3 3 2 に向かわせ、第 2 磁石要素 3 3 2 に集中させることができる。その結果、第 2 磁石要素 3 3 2 の増磁および減磁をより容易に行うことができる。

10

【 0 0 3 0 】

一方、各フラックスバリア 3 2 2 の中央部 4 1 は、第 1 磁石要素 3 3 1 からの磁束がロータコア 3 2 の径方向内側へ流れることを妨げる。これにより、磁束をロータコア 3 2 の外部へと大きく導き出すことができ、モータ 1 のトルクおよび効率が向上する。フラックスバリア 3 2 2 により、モータ 1 の効率の低下を抑制しつつ第 2 磁石要素 3 3 2 の磁束量を効率よく変更することができる。

【 0 0 3 1 】

本実施形態では、フラックスバリア 3 2 2 内は空気であり、その透磁率は磁石 3 3 の透磁率に等しい。フラックスバリア 3 2 2 の磁気抵抗が永久磁石の磁気抵抗よりも相対的に小さいと、フラックスバリア 3 2 2 内に磁束が漏れ、トルク特性が低下する。そのため、中心軸 J 1 に垂直な面内において、図 5 中において各フラックスバリア 3 2 2 の中央部 4 1 の径方向幅 W 1 は、各第 1 磁石要素 3 3 1 の中央の同方向の幅 W 2 よりも大きいことが好ましい。他方で、各フラックスバリア 3 2 2 の幅 W 1 が大きすぎると、ロータコア 3 2 の機械的強度を確保することが困難となる。以上のことから、各フラックスバリア 3 2 2 の中央部 4 1 の径方向の幅 W 1 は、各第 1 磁石要素 3 3 1 の中央の同方向の幅 W 2 の 1 . 1 倍以上、1 . 5 倍以下であることが好ましい。

20

【 0 0 3 2 】

また、各第 1 磁石要素 3 3 1 の中央を通る径方向において、ロータコア 3 2 の外周面と第 1 磁石要素 3 3 1 との間の距離を d とする。距離 d はいわゆる磁石 3 3 の埋め込み深さである。埋め込み深さを浅くし、距離 d を小さくした場合、ロータコア 3 2 からの漏れ磁束、すなわち、短絡磁束が少なくなり、トルクの発生に寄与する磁束が多くなる。これにより、トルクの向上や低速および中速領域での効率の向上が実現される。

30

【 0 0 3 3 】

一方、距離 d を小さくしすぎると、q 軸インダクタンスが減少し、回転部 3 における突極比が小さくなる。その結果、リラクタンストルクの減少や弱め磁束効果の減少といったデメリットが生じる。加えて、距離 d を極端に小さくすると、ロータコア 3 2 の外周面と各保持孔 3 2 1 の外縁との間の部位の機械的強度が低下する。モータ 1 は低速回転から高速回転まで利用されるため、ロータコア 3 2 には高速回転のための十分な強度が求められる。距離 d を小さくしすぎないことにより、突極比が小さくならず、高速領域での出力が向上する。以上の条件に鑑み、距離 d は、第 1 磁石要素 3 3 1 の幅 W 2 の 1 . 5 倍以上 2 . 0 倍以下であることが好ましい。この条件は、磁極数には制限されないが、図 3 のように磁極数が 6 の場合に特に適している。

40

【 0 0 3 4 】

ロータコア 3 2 には、複数の側方フラックスバリア 3 5 1 が設けられる。各側方フラックスバリア 3 5 1 は、各磁石 3 3 の周方向両側にそれぞれ位置する空隙である。各側方フラックスバリア 3 5 1 と磁石 3 3 とは、当該磁石 3 3 の周方向両側の面のうち、一方の面のみには接する。換言すれば、各側方フラックスバリア 3 5 1 は、磁石 3 3 の他の面とは接しない。2 つの側方フラックスバリア 3 5 1 が磁石 3 3 の両側面のみには接することにより、第 2 磁石要素 3 3 2 の磁束量変更時に、ステータ 2 2 からの磁束を第 2 磁石要素 3 3 2 に効率よく導くことができる。

50

## 【 0 0 3 5 】

各側方フラックスバリア 3 5 1 とロータコア 3 2 の外周面との間の部位は、中心軸 J 1 に垂直な面内において、周方向に延びる細長いリブ部 3 5 2 である。リブ部 3 5 2 の幅は、平面視において、ほぼ一定である。これにより、磁石 3 3 の漏れ磁束を少なくするとともに、側方フラックスバリア 3 5 1 とロータコア 3 2 の外周面との間の部位の強度を保つことができる。また、第 2 磁石要素 3 3 2 の磁束量変更時に、ステータ 2 2 からの磁束を第 2 磁石要素 3 3 2 に効率よく導くことも実現される。

## 【 0 0 3 6 】

既述のように、ロータコア 3 2 の外周部には複数の凸部 3 2 3 が設けられる。各凸部 3 2 3 により、磁石 3 3 の側方におけるロータコア 3 2 の存在領域が制限され、磁束を効率よく第 2 磁石要素 3 3 2 に導くことができる。特に、凸部 3 2 3 および側方フラックスバリア 3 5 1 の双方を設けることにより、第 2 磁石要素 3 3 2 の磁束量を変更する効率を大きく向上することができる。

10

## 【 0 0 3 7 】

図 5 に示す例では、中心軸 J 1 に垂直な面内において、各側方フラックスバリア 3 5 1 と第 2 磁石要素 3 3 2 との境界の径方向外側の端点 3 6 1 は、第 2 磁石要素 3 3 2 の当該側方フラックスバリア 3 5 1 と接する辺 3 6 2 の端点と一致する。側方フラックスバリア 3 5 1 と第 2 磁石要素 3 3 2 との境界の径方向内側の端点 3 6 3 は、辺 3 6 2 上に位置する。換言すれば、ロータコア 3 2 の一部が第 2 磁石要素 3 3 2 と側方フラックスバリア 3 5 1 との間において径方向外方へと突出する突出部 3 6 4 となっている。これにより、磁石 3 3 の周方向の位置が固定される。

20

## 【 0 0 3 8 】

図 6 は、フラックスバリア 3 2 2 の他の例を示す平面図である。図 6 に示されるように、複数のフラックスバリア 3 2 2 は、それぞれ、複数の磁石 3 3 の径方向内側に位置し、中心軸 J 1 に垂直な面内において、第 1 磁石要素 3 3 1 の中央を通る径方向に垂直な方向に延びる略直線状である。回転部 3 の他の構成要素は図 3 に示された構成と同様であり、詳細な説明は省略する。図 6 のフラックスバリア 3 2 2 も、図 3 に示された構成と同様に、各第 1 磁石要素 3 3 1 の径方向内側に位置する空隙である。また、各フラックスバリア 3 2 2 は、径方向内側の壁面と径方向外側の壁面に挟まれる。この好ましい実施形態において、中心軸 J 1 に垂直な面内において、フラックスバリア 3 2 2 の中央部の径方向の幅は、第 1 磁石要素 3 1 1 の同方向の幅の 1 . 1 倍以上 1 . 5 倍以下である。

30

## 【 0 0 3 9 】

中心軸 J 1 に垂直な面内における、各第 1 磁石要素 3 3 1 の中心を通る径方向に垂直な方向において、各磁石 3 3 の幅、すなわち、各磁石 3 3 の長手方向の幅は、各フラックスバリア 3 2 2 の同方向の幅よりも大きい。より好ましくは、各磁石 3 3 の周方向の幅は、各フラックスバリア 3 2 2 の周方向の幅よりも大きい。これにより、第 2 磁石要素 3 3 2 の磁束量を変更する際に、ステータ 2 2 からの磁束を第 2 磁石要素 3 3 2 に容易に集中させることができ、効率よく第 2 磁石要素 3 3 2 の磁束量を変更することができる。

## 【 0 0 4 0 】

図 7 は、磁石 3 3 の他の例を示す平面図である。図 7 では、2 つの第 2 磁石要素 3 3 2 は第 1 磁石要素 3 3 1 の周方向両側にそれぞれ位置するが、2 つの第 2 磁石要素 3 3 2 の位置は、図 6 と異なる。他の構成要素は、図 6 と同様であり、その説明を省略する。図 7 では、第 1 磁石要素 3 3 1 は、図 6 と同様に径方向に垂直に配置される。2 つの第 2 磁石要素 3 3 2 は、第 1 磁石要素 3 3 1 の両端部から、それぞれ、第 1 磁石要素 3 3 1 の周方向外方かつ径方向外方に向かうように配置される。各磁石 3 3 と各フラックスバリア 3 2 2 との周方向の大きさの関係は、図 6 に示される構成と同様であり、得られる作用効果も同様である。

40

## 【 0 0 4 1 】

モータ 1 は、上述の実施形態または変形例に限られるものではなく、様々な変更が可能である。

50

## 【 0 0 4 2 】

各第 1 磁石要素 3 3 1 は、その中央を通る径方向に対して正確に垂直である必要はない。各第 1 磁石要素 3 3 1 および各 2 つの第 2 磁石要素 3 3 2 の形状および配置は、フラックスバリア 3 2 2 による効果が得られる範囲内で様々に変更されてよい。磁石 3 3 は一繋がりの磁石であってもよい。すなわち、一繋がりの磁石の一部が第 1 磁石要素 3 3 1 であり、他の部位が第 2 磁石要素 3 3 2 であってもよい。

## 【 0 0 4 3 】

平面視において、磁石 3 3 の径方向内側に十分な領域があれば、軸方向から見たときにフラックスバリア 3 2 2 の形状は、V 字状でもよく、特に限定されない。フラックスバリア 3 2 2 には補強部 4 1 1 は設けられなくてもよく、逆に、複数の補強部が設けられてもよい。

10

## 【 0 0 4 4 】

側方フラックスバリア 3 5 1 は、好ましくは、各磁石 3 3 の周方向両側に設けられるが、側方フラックスバリア 3 5 1 は、各磁石 3 3 の周方向一方側のみにも設けられてもよい。側方フラックスバリア 3 5 1 の形状は様々に変形されてよい。ロータコア 3 2 には、さらに他のフラックスバリアが設けられてもよい。

## 【 0 0 4 5 】

ロータコア 3 2 に複数の磁石 3 3 を固定する手法として、様々なものが採用されてよい。例えば、磁石 3 3 はロータコア 3 2 に接着剤にて固定されてもよい。積層鋼板であるロータコア 3 2 の一部が磁石 3 3 の位置を固定してもよい。

20

## 【 0 0 4 6 】

ハウジング 2 1 やステータ 2 2 等の他の構造も様々に変更されてよい。例えば、ハウジング 2 1 は複数（例えば、3 以上）の部材を組み合わせたものであってもよい。

## 【 0 0 4 7 】

上記実施の形態および各変形例における構成は、相互に矛盾しない限り適宜組み合わせられてよい。

## 【 産業上の利用可能性 】

## 【 0 0 4 8 】

本発明に係るモータは、様々な用途の駆動源として利用可能であり、例えば、広範囲での可変速運転が求められる、空調機の室外機用コンプレッサ、洗濯機、EV (Electric Vehicle) 駆動用モータ、HEV (Hybrid Electric Vehicle) 駆動用モータ、電動パワーステアリング等に用いることができる。

30

## 【 符号の説明 】

## 【 0 0 4 9 】

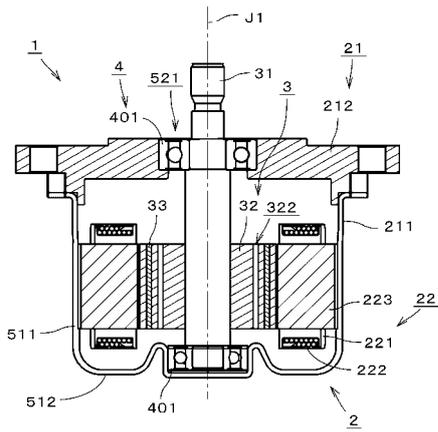
- 1      モータ
- 2      静止部
- 3      回転部
- 4      軸受機構
- 3 2     ロータコア
- 3 3     磁石
- 4 1     中央部
- 4 2     延伸部
- 3 2 1    保持孔
- 3 2 2    フラックスバリア
- 3 2 3    凸部
- 3 3 1    第 1 磁石要素
- 3 3 2    第 2 磁石要素
- 3 5 1    側方フラックスバリア
- 4 2 1    第 1 方向
- 4 2 2    第 2 方向

40

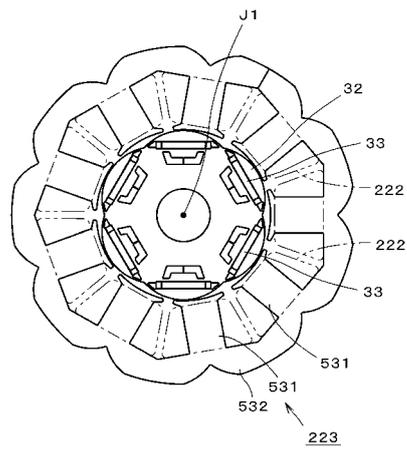
50

J 1 中心軸

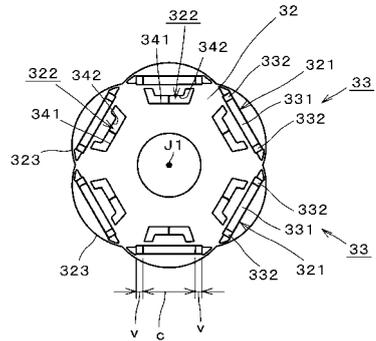
【圖 1】



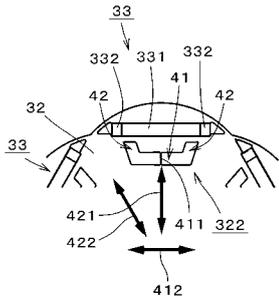
【圖 2】



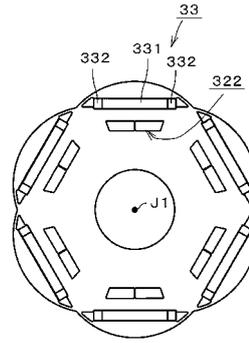
【圖 3】



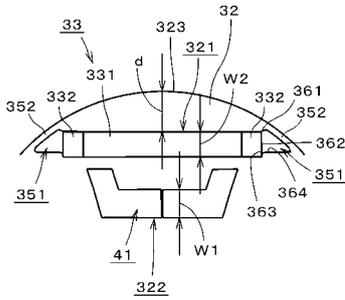
【 図 4 】



【 図 6 】



【 図 5 】



【 図 7 】

