

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5869592号
(P5869592)

(45) 発行日 平成28年2月24日(2016.2.24)

(24) 登録日 平成28年1月15日(2016.1.15)

(51) Int.Cl.	F I
H02K 1/27 (2006.01)	H02K 1/27 501A
H02K 21/14 (2006.01)	H02K 21/14 M
H02K 1/22 (2006.01)	H02K 1/22 A
H02K 15/02 (2006.01)	H02K 15/02 K
H01F 1/032 (2006.01)	H01F 1/02 A

請求項の数 22 (全 15 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号	特願2013-556795 (P2013-556795)	(73) 特許権者	513198906
(86) (22) 出願日	平成24年2月28日(2012.2.28)		ユーキューエム テクノロジーズ インコ
(65) 公表番号	特表2014-511669 (P2014-511669A)		ーポレーテッド
(43) 公表日	平成26年5月15日(2014.5.15)		アメリカ合衆国 コロラド州 80504
(86) 国際出願番号	PCT/US2012/026897		, ロングモント, スペシャルティアー プレ
(87) 国際公開番号	W02012/118787		イス 4120
(87) 国際公開日	平成24年9月7日(2012.9.7)	(74) 代理人	100097320
審査請求日	平成26年3月4日(2014.3.4)		弁理士 宮川 貞二
(31) 優先権主張番号	61/447, 280	(74) 代理人	100100398
(32) 優先日	平成23年2月28日(2011.2.28)		弁理士 柴田 茂夫
(33) 優先権主張国	米国 (US)	(74) 代理人	100131820
			弁理士 金井 俊幸
		(74) 代理人	100155192
			弁理士 金子 美代子

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 低保磁力の磁石を使用可能なブラシレス永久磁石電気機械

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

本質的に円形に形成された回転子と；

前記回転子内に配置される一対の磁石であって、前記一対の磁石の各々には凹部が形成され且つ各磁石の対向する両磁極の間に前記各磁石の輪郭に沿って延在する厚さ方向を有する、一対の磁石と；

前記凹部内に設けられ、前記磁石を前記回転子内に固定するリテーナとを備え；

前記リテーナは、前記磁石の磁極面と面一またはリテーナの全体が前記面一よりも前記凹部の内側に設けられ；

前記一対の磁石は、各々レアアース材料に比べて保磁力が低い、非レアアース材料で構成され；

前記一対の磁石の各々の磁化方向は、前記各磁石の厚さ方向に平行である；

ブラシレス永久磁石電機機械。

【請求項 2】

前記一対の磁石は前記回転子内で相互に隣接して設けられ、相互に近接する前記一対の磁石の一方の側部及び他方の側部が同極性を有し、前記一対の磁石の各々が対向する両極性を有するように設けられ；

前記一対の磁石の各々の磁化方向は、相互に近接する前記側部に向かう方向である；

請求項 1 に記載のブラシレス永久磁石電機機械。

【請求項 3】

10

20

前記レアアース材料に比べて保磁力が低い非レアアース材料は、アルミニウムニッケルコバルト（AlNiCo）及び鉄コバルトタンゲステン（FeCoW）のいずれかである、

請求項 1 又は請求項 2 に記載のブラシレス永久磁石電機機械。

【請求項 4】

前記一對の磁石は、低透磁率で低導電性の材料により包囲されて設けられる、
請求項 1 乃至請求項 3 のいずれか 1 項に記載のブラシレス永久磁石電機機械。

【請求項 5】

前記低透磁率で低導電性の材料は導電性が低く、非磁性体である、
請求項 4 に記載のブラシレス永久磁石電機機械。

10

【請求項 6】

前記低透磁率で低導電性の材料は、樹脂、エポキシ樹脂、ポリマー樹脂、ガラス繊維強化樹脂及び炭素繊維強化樹脂からなる群の中から選択されるいずれか一以上の材料である、

請求項 5 に記載のブラシレス永久磁石電機機械。

【請求項 7】

前記一對の磁石の磁極面は、前記回転子内で軟磁性体により連結された、
請求項 1 乃至請求項 6 のいずれか 1 項に記載のブラシレス永久磁石電機機械。

【請求項 8】

前記軟磁性体は、鉄、ケイ素鋼及びニッケル鉄からなる群の中から選択されるいずれか一以上の材料で構成される、
請求項 7 に記載のブラシレス永久磁石電機機械。

20

【請求項 9】

前記リテーナは非磁性体である、
請求項 1 乃至請求項 8 に記載のブラシレス永久磁石電機機械。

【請求項 10】

前記一對の磁石の一方に設けられた延長部と、前記一對の磁石の他方に設けられた前記延長部を嵌合受容する嵌合受容部とを更に備える、

請求項 1 乃至請求項 9 のいずれか 1 項に記載のブラシレス永久磁石電機機械。

【請求項 11】

前記リテーナは、前記凹部に設けられた複数の保持ロッドであり；
前記保持ロッドに対応して受容する受容部を有するキャップとを更に備え；
前記キャップは前記保持ロッドで保持することにより、前記回転子に固定するように構成された；

30

請求項 1 乃至請求項 10 のいずれか 1 項に記載のブラシレス永久磁石電機機械。

【請求項 12】

前記一對の磁石が界接する、前記回転子が有する前記磁石の界接部位で、前記回転子の直径が不均一に形成された、

請求項 1 乃至請求項 11 のいずれか 1 項に記載のブラシレス永久磁石電機機械。

【請求項 13】

前記一對の磁石の少なくとも一方は、その両磁極の間で連続体として構成された、
請求項 1 乃至請求項 12 のいずれか 1 項に記載のブラシレス永久磁石電機機械。

40

【請求項 14】

前記一對の磁石の少なくとも一方は、少なくとも 2 つの分離された部材に分割されて設けられた、

請求項 1 乃至請求項 13 のいずれか 1 項に記載のブラシレス永久磁石電機機械。

【請求項 15】

本質的に円形に形成された回転子内に一對の磁石を配置するステップと；

前記一對の磁石の各々を、前記磁石の対向する両磁極の間で前記磁石の輪郭に沿って延在する厚さの方向を有し、凹部を有する形状に形成するステップと；

50

前記一对の磁石の各々を、前記凹部を有する形状に形成された一对の磁石の各々の磁化の方向が各磁石の厚さの方向と平行であるように、レアアース材料に比べて保磁力が低い非レアアース材料で形成するステップと；

前記磁石を前記回転子内に固定するリテーナを前記凹部に設けるステップであって、前記磁石の磁極面と面一または前記リテーナの全体が前記面一よりも前記凹部の内側になるように設けるステップとを備える；

ブラシレス永久磁石電機機械の製造方法。

【請求項 16】

前記一对の磁石を前記回転子内で互いに隣接するように配置するステップであって、互いに近接する前記一对の磁石の側部が同じ磁極性を有し、磁化方向が互いに近接する前記磁石の側部へ向かい、前記一对の磁石が対向する両磁極を有するように、前記一对の磁石を配置するステップを備える、

請求項 15 に記載のブラシレス永久磁石電機機械の製造方法。

【請求項 17】

前記レアアース材料に比べて保磁力が低い非レアアース材料は、アルミニウムニッケルコバルト (AlNiCo) 及び鉄コバルトタンゲステン (FeCoW) のいずれかである、

請求項 15 又は請求項 16 に記載のブラシレス永久磁石電機機械の製造方法。

【請求項 18】

前記回転子内の前記一对の磁石を、低透磁率で低導電性の材料で包囲するステップを含む、

請求項 15 乃至請求項 17 のいずれか 1 項に記載のブラシレス永久磁石電機機械の製造方法。

【請求項 19】

前記回転子内の前記一对の磁石の各々の磁極面を軟磁性体で連結するステップを含む、請求項 15 乃至請求項 18 のいずれか 1 項に記載のブラシレス永久磁石電機機械の製造方法。

【請求項 20】

前記リテーナは、前記凹部に設けられた複数の保持ロッドであり、前記保持ロッドに対応する受容部を有するキャップを前記保持ロッドに固定するステップを備える；

請求項 15 乃至請求項 19 のいずれか 1 項に記載のブラシレス永久磁石電機機械の製造方法。

【請求項 21】

前記磁石の各々は、U 字形に形成され、前記凹部は前記 U 字形の内側に形成されている；

請求項 1 乃至請求項 14 のいずれか 1 項に記載のブラシレス永久磁石電機機械。

【請求項 22】

前記磁石の各々は、U 字形に形成され、前記凹部は前記 U 字形の内側に形成されている；

請求項 15 乃至請求項 20 のいずれか 1 項に記載のブラシレス永久磁石電機機械の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

[関連出願の参照]

本願は、2011 年 2 月 28 日に出願された米国特許仮出願第 61 / 447, 280 号の、米国特許法第 119 条に依拠する利益を主張し、当該仮出願の開示内容の全てを本明細書に援用する。

【0002】

本願の開示はブラシレス電機機械（典型的には電動機又は発電機）の構造に関する。より詳細には、本願の開示は、例えばアルミニウムニッケルコバルト (AlNiCo) や鉄

10

20

30

40

50

コバルトタングステン (F e C o W) 等の保磁力が低い磁石を用いることができるようにするブラシレス P M (永久磁石) 電気機械又は P M 同期電気機械の構造に関する。

【背景技術】

【 0 0 0 3 】

誘導電気機械及び巻線界磁電気機械は、レアアース磁石に頼らない高出力駆動技術の二類型である。いずれの技術も、磁界を発生させるために電力を消費するので、永久磁石電気機械の方が好まれるということもあり、今日に至るまで顧みられていない(例えば、トヨタ(登録商標)、ホンダ(登録商標)、GM(登録商標)フォード(登録商標)及びクライスラー(登録商標)が製造するハイブリッド自動車、GM(登録商標)が製造する、走行距離が延長された電気自動車並びに日産(登録商標)が製造する電気自動車の全てが、本願の出願日以前に製造されている)。上記車両に搭載される P M 電気機械(これらの例では永久磁石電動機)は、保磁力が高い (h i g h c o e r c i v i t y) という理由から、レアアース材料を用いている。しかしながらレアアース材料の価格は変動しやすいので、これに代わる材料が望まれている。

10

【発明の概要】

【 0 0 0 4 】

本願に開示する例示の実施の形態は、レアアース材料を用いなくても、レアアース材料を用いる電気機械と特性を同じくする永久磁石電気機械を提供する。例えば、本願に開示する例示の実施の形態は、レアアース材料を用いなくても、高性能を発揮する P M 電気機械の構造を提供する。この例示の永久磁石電気機械の構造は、例えば、A l N i C o 、 F e C o W 等のより低エネルギーの磁石材料を用いることを許容する、回転子(ロータ)の幾何学形状(ジオメトリ)を有する。これらの磁石材料は、レアアース材料の磁石に比べて保磁力が低いことから、現行の電気機械には採用されていない。言い換えれば、これらの磁石材料を高出力の電気機械に用いた場合に減磁をもたらす可能性があるため、現行の電気機械には用いることができない。しかしながら、本願に開示する実施の形態に係る P M 電気機械の構造は、その幾何学的配置が独特であることから複数の磁石の作動磁束の磁束密度を他の公知のどの構造よりも高く維持できる。磁束密度(例えば、残留磁束密度)がピーク値近くになるように作動させることにより、磁石の低保磁力が許容可能となる。

20

【 0 0 0 5 】

本願に開示する例示の実施の形態は、本質的に円形の回転子(ロータ)と、この回転子内に配置される少なくとも一対の磁石(2の倍数個の磁石)とを含むブラシレス永久磁石電気機械を提供する。本明細書で用いる「本質的に円形の」とは、製造の許容差に起因する、回転子の内径又は外径の輪郭に沿う変化(例えば $\pm 5\%$)を意味している。複数の磁石の各々は実質的に U (ユー) 字形を成し、各磁石の対向する N 極と S 極両磁極の間に各磁石の輪郭に沿って延在する厚さの方向を有する。前記磁石は、それぞれレアアース材料よりも保磁力の低い非レアアース材料 (n o n - r a r e e a r t h m a t e r i a l) で構成されている。磁石の各々の磁化の方向は、各磁石の厚さの方向に平行である。

30

【 0 0 0 6 】

本願に開示する例示の実施の形態は、ブラシレス永久磁石電気機械の製造方法を提供する。この例示の方法は、本質的に円形に形成された回転子(ロータ)内に複数の磁石を配置するステップを含む。この例示の方法はまた、複数の磁石の各々を、各磁石の対向する(N極とS極の)磁極の間で各磁石の輪郭 (c o n t o u r) に沿って延在する厚さの方向を有する U 字形に形成するステップを含む。更に、この例示の方法は、一対の磁石の各々を、U字形に形成された一対の磁石の各々の磁化の方向が各磁石の厚さの方向と平行であるように、レアアース材料よりも保磁力が低い非レアアース材料で形成するステップを含む。

40

【 0 0 0 7 】

本願開示の更なる改良点、利点及び特徴を、図面に示す例示の実施の形態を参照しながら、以下に詳細に説明する。

【図面の簡単な説明】

50

【 0 0 0 8 】

【図 1 A】図 1 A は、本願開示による一の例示の実施の形態に従う P M 電気機械の構造の部分断面図である。

【 0 0 0 9 】

【図 1 B】図 1 B は、本願開示による一の例示の実施の形態に従う P M 電気機械の構造の部分断面図である。

【 0 0 1 0 】

【図 2】図 2 は、本願開示による一の例示の実施の形態に従う P M 電気機械の構造の部分断面図である。

【 0 0 1 1 】

【図 3】図 3 は、本願開示による一の例示の実施の形態に従う P M 電気機械構造における一対の磁石を示す部分断面図である。

【 0 0 1 2 】

【図 4】図 4 は、本願開示による一の例示の実施の形態に従う P M 電気機械の構造の一対の磁石を示す部分断面図である。

【 0 0 1 3 】

【図 5 A】図 5 A は、本願開示による例示の実施の形態に従う P M 電気機械の構造の部分断面図である。

【図 5 B】図 5 B は、本願開示による例示の別の実施の形態に従う P M 電気機械の構造の部分断面図である。

【 0 0 1 4 】

【図 6 A】図 6 A は、本願開示による一の例示の実施の形態に従う保持ロッド及びキャップを含む P M 電気機械の構造の部分断面図である。

【図 6 B】図 6 B は、本願開示による一の例示の実施の形態に従う保持ロッドを含む P M 電気機械の構造の部分断面図である。

【図 6 C】図 6 C は、本願開示による一の例示の実施の形態に従うキャップを含む P M 電気機械の構造の部分断面図である。

【 0 0 1 5 】

【図 7 A】図 7 A は、本願開示による一の例示の実施の形態に従う P M 電気機械の構造の部分断面図である。

【図 7 B】図 7 B は、本願開示による一の例示の別の実施の形態に従う P M 電気機械の構造の部分断面図である。

【 0 0 1 6 】

【図 8 A】図 8 A は、モータの軸へ回転子を固定するための例示の形状を示す図である。

【図 8 B】図 8 B は、モータの軸へ回転子を固定するための別の例示の形状を示す図である。

【 0 0 1 7 】

【図 9】図 9 は、本願開示による一の例示の実施の形態に従う P M 電気機械におけるパーミアンス係数 (Permeance coefficient) (導磁率係数) と公知の P M 電気機械におけるパーミアンス係数を示すグラフである。

【 0 0 1 8 】

【図 1 0】図 1 0 は、本願開示による一の例示の実施の形態に従う P M 電気機械における厚さの方向に沿って延在する磁気の方法を示す磁束プロットを示す図である。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 1 9 】

図面において、類似する構成要素又は同様に機能する構成要素には同一の符号を付与する。図面に開示する多様な特徴の図示は、本願開示の特徴をより良く理解できるように、必ずしも実際の寸法比の通りには描かれていない。

【 0 0 2 0 】

図 1 A は、本願開示による一の例示の実施の形態に従う P M モータ装置の部分断面図を

10

20

30

40

50

示す。図1Aは、モータの軸（モータシャフト）上へ回転可能に組み付けられた永久磁石の回転子110（ロータコア）の部分図である。永久磁石の回転子110は本質的に円形に形成される。モータの軸は、回転子110の内周の内側に配置され、固定子は回転子110の外周の周囲に、又は外周面に近接して配置される。モータの軸及び固定子は公知であるのでいずれも図示しない。

【0021】

図1Aに示す部分図に、回転子110に配置された一对の磁石120、130を示す。一の例示の実施の形態では、磁石120、130の複数の対は、回転子110の本質的に円形の全周にわたって（throughout）包摂されるように、回転子（ロータコア）110の全長にわたって延在する。図1Aに示す一の例示の実施の形態では、一对の磁石120、130は、回転子110の円周に沿って互いに隣接して配置される。磁石120、130の各々は、モータの軸の方向を指す半径方向内側の側部（side）140と、固定子の方向を指す半径方向外側の側部（side）150とを有するU字形の形状に形成される。回転子（ロータコア）の磁石120、130の各対は、低透磁率、低電導性の材料160で包囲されている。図1Aに示す例示の実施の形態の構成では、磁石120、130の対は、回転子110の輪郭（contour）に沿って相互に隣接するように設けられ、そこで材料160が磁石120、130の間に配置される。しかしながら、以下の例示の実施の形態に示すように、本願開示は、この構造に限定されるものではない。以下本明細書において、低透磁率（low-permeability）、低導電性（low-conductivity）の材料とは、電気伝導度が低く非磁性体であるすべての材料をいう。このような材料の例には、合成樹脂、エポキシ樹脂、ポリマー樹脂、ガラス繊維強化樹脂、炭素繊維強化樹脂などがあるが、これらの例に限定されるものではない。材料160は非磁性の支持構造を提供するので、磁束の漏れ（flux leakage）を防ぎ、磁石120、130の対の磁化の方向（磁化方向（magnetization direction））のために回転子の磁氣的なバックアイアン（back iron）を設ける必要をなくす。

【0022】

図1Aに示す例示の実施の形態では、磁石120、130の対の極が、相互に隣接する磁石120、130の対のそれぞれの部分で同じになるように、相互に隣接する磁石120、130の対の複数の側部で共通する極を有する。従って、磁石120、130の対は相互に反対に配置された磁極性を有する。例えば、図1Aに示す例示の実施の形態では、左側の磁石120は、U字形に設けられた磁石120の左側にS極を有し、右側にN極を有する。反対に、右側の磁石130は、U字形に設けられた磁石130の右側にS極を有し、左側にN極を有する。本願開示は、図1Aに示す磁極の指定に限定されるものではない。例えば、互いに隣接する対の磁石120の側部と磁石130の側部同士が同じ極性を有するかぎり、磁石120、130の対の磁極性を逆転させてもよい。

【0023】

一对の磁石120、130の各々は、各々の磁石の対向する両極（opposite poles）の間で各々の磁石の輪郭（contour）に沿って延在する厚さの方向を有する。図1Aに示す矢印は、磁石120、130の対の各々の厚さ方向及び磁化の方向を示す。

【0024】

永久磁石（例えば、磁石120、130）は、例えば（AlNiCo）や（FeCoW）等の低保磁力の磁石である。これらの材料は、公知の永久磁石の製造で用いられる材料と対比した場合、非レアアース材料であるものと考えられる。公知の永久磁石技術は、磁石の原料として、例えば、ネオダイミニウム鉄ボロン（NdFeB）やサマリウムコバルト（SmCo）等の磁石用のレアアース材料を用いている。低保磁力の材料を用いることにより、本願開示における各永久磁石（例えば磁石120、130）は、各々の磁石の厚さの厚さ方向と平行である磁化方向を有する。従って、図1Aに示す例示の実施の形態を参照すると、磁石120、130の対の各々の磁化方向は、各矢印で示される方向となる

10

20

30

40

50

。したがって、磁石 1 2 0 の磁化方向は、S 極から N 極に延在する矢印で示される磁石 1 2 0 の厚さ方向と平行である。同様に、磁石 1 3 0 の磁化方向は、S 極から N 極に延在する矢印で示される磁石 1 3 0 の厚さ方向と平行である。

【 0 0 2 5 】

従って、磁石 1 2 0、1 3 0 の磁化方向は、レアアース材料を磁石の原材料として用いる公知の P M 電気機械の磁化方向と異なる。その理由は、レアアースを用いた公知の永久磁石の磁化方向が、当該磁石の厚さ方向に対して垂直（例えば直角）だからである。

【 0 0 2 6 】

図 1 A に示す例示の実施の形態では、一対の磁石 1 2 0、1 3 0 の各々は、連続体及び / 又は接続体の構造として示されているが、本願開示はこれに限られない。例えば、回転子 1 1 0 内の任意の磁石 1 2 0、1 3 0 の対の 1 つ又は 1 つを超える数の磁石を複数の断面部分に分割してもよい。例えば、図 1 B に示すように、磁石 1 2 0、1 3 0 の各々を、3 個の分離された台形部分 (i) 1 2 2、1 3 2、(i i) 1 2 4、1 3 4 及び (i i i) 1 2 6、1 3 6 で構成してもよい。これらは、図 1 A に示した実施の形態と同様に、各磁石の厚さ方向と平行に磁化される。対となった複数の磁石の断面を分割する際には、互に同じ数に分割しなければならないということはない。例えば、磁石 1 2 0 を、（例えば、(i) 部分 1 2 2 及び (i i) 部分 1 2 6 と接合もしくは接続された部分 1 2 4 とからなる）2 分割構造とすることもできる一方、磁石 1 3 0 を、（例えば、(i) 部分 1 3 2、(i i) 部分 1 3 4 及び (i i i) 部分 1 3 6 からなる）3 分割構造としてもよい。更に、対をなす複数の磁石の一方を、図 1 A に示すように連続体及び / 又は接続体としてもよいし、他方の磁石を、図 1 B に示すように、2 つ又は 2 つを超える数の部分に分割して設けるものとしてもよい。重要なことは、各対の 1 つ又は 1 つを超える数の磁石が連続して及び / 又は相互に接続して設けられているか、あるいは複数の個々の部分に分割されて設けられているかにかかわらず、各対の複数の磁石の各々が各磁石の厚さ方向と平行に磁化されていることである。

【 0 0 2 7 】

図 2 は、本願開示による一の例示の実施の形態に従う P M 電気機械の構造の部分断面図を示す。図 2 に示す例示の実施の形態は、図 1 A、B に示す例示の実施の形態の変形例を示す。特に、対をなす U 字形の磁石 2 2 0、2 3 0 の輪郭（外形 (c o n t o u r) ）が、図 1 A に示す対をなす U 字形の永久磁石 1 2 0、1 3 0 の輪郭に比べて、より丸みを帯びるように形成されている。しかしながら、図 2 に示す各永久磁石は、図 1 A 及び図 1 B に示される対応する各永久磁石と同様の効果を奏する。例えば、図 2 に示す一対の磁石 2 2 0、2 3 0 の各々は、例えば、A l N i C o、F e C o W 等の低保磁力の材料を磁石の材料に用い、磁石を U 字形に設ける構成により、各磁石の厚さ方向に平行な磁化方向を有する。

【 0 0 2 8 】

図 3 及び図 4 は、本願開示による複数の例示の実施の形態に従う P M 電気機械の構造が備える磁石の対の部分断面図を示す。図 3 は図 1 A 及び図 1 B に示す例示の実施の形態の変形例を示し、図 4 は図 2 に示す例示の実施の形態の変形例を示す。図 3 に示す例示の実施の形態では、相互に隣接する一対の磁石 3 2 0、3 3 0 の各々の側部の上部では軟磁性体材料 3 7 0 が、低透磁率、低導電性材料 1 6 0 と置き換えられている。磁石 3 2 0、3 3 0 の残りの部分は、例えば、硬質（硬磁性）の非レアアース材料である A l N i C o や F e C o W でできている。図 3 に示す例示の実施の形態では、軟磁性体材料 3 7 0 が、磁石 3 2 0、3 3 0 に一の N 極として作用する。磁石 3 2 0、3 3 0 及び軟磁性体材料 3 7 0 により占有されていない回転子の他の部分のすべては、材料 1 6 0 が充填される。同様に、図 4 に示す例示の実施の形態では、軟磁性体材料 4 7 0 が、硬質（硬磁性）の非レアアース材料を用いて、より丸みを帯びた U 字形に形成された磁石 4 2 0、4 3 0 に一の N 極として作用する。図 3 及び図 4 に示す例示の実施の形態では、軟磁性体材料 3 7 0、4 7 0 は、例えば、鉄、けい素鋼、ニッケル鉄及びそれらの合金等から、作製することができる。図 3 及び図 4 に示す例示の実施の形態では、図示の永久磁石は、前述の例示の実施

の形態に示した永久磁石と同様の効果を奏する。例えば、図 3 に示す対応する一対の磁石 3 2 0、3 3 0 及び図 4 に示す一対の磁石 4 2 0、4 3 0 の各々は、例えば A l N i C o、F e C o W 等の低保磁力の材料を磁石に用い、磁石を U 字形に形成する構成により各磁石の厚さ方向に平行な磁化方向を有する。

【 0 0 2 9 】

図 5 A 及び 5 B は、本願開示による複数の例示の実施の形態に従う P M 電気機械の構造の部分断面図を示す。図 1 A 及び図 1 B に示す例示の実施の形態では、例えば、隣接する磁石 1 2 0、1 3 0 の対は、材料 1 6 0 により離隔されるものと説明したが、本願開示はこれに限定されない。例えば、図 5 A 及び図 5 B に示すように、非磁性のリテーナ（保持部材）5 8 0 を、U 字形に形成された磁石 5 2 0、5 3 0 の対の各々が有する内側の凹部に設けて、磁石 5 2 0、5 3 0 を回転子 5 1 0 の所定の位置に固定することもできる。U 字形に形成された磁石 5 2 0、5 3 0 の対の各々の内側の凹部に設けられるリテーナ 5 8 0 は、例えば、アルミニウム棒、真鍮棒、ステンレス鋼材、チタン、炭素繊維強化樹脂等、の低透磁率を有する非磁性材料であれば、どのようなものでもよい。リテーナ 5 8 0 は非磁性体であるが、必ずしも非電導体である必要はない。従って、リテーナ 5 8 0 は、例えば A l N i C o、F e C o W 等の硬質（硬磁性）の非レアアース材料で作製された磁石 5 2 0、5 3 0 の対を回転子 5 1 0 の内部の所定位置に固定する機能を果たすことができるので、その結果として、複数の磁石 5 2 0、5 3 0 のすべての対を相互に連結して固定しようとする場合は、回転子 5 1 0 内に材料 1 6 0 を用いる必要がなくなる。図 5 A に示されるように、リテーナ 5 8 0 は、回転子 5 1 0 の外周と面一に設けられる必要はない。

【 0 0 3 0 】

図 5 B に示す他の実施の形態では、磁石 5 2 0、5 3 0 の対を相互に連結することができるよう設けられる連結構造を示す。図 5 B に示す例示の実施の形態では、雄雌嵌合用のタブ（突起）5 9 0 を U 字形に形成された磁石の対 5 2 0、5 3 0 に設けることができる。このタブ 5 9 0 で、回転子 5 1 0 内で磁石 5 2 0、5 3 0 を相互に連結固定することができる。タブ 5 9 0 は、リテーナ 5 8 0 と共に、またリテーナ 5 8 0 の代わりに用いることができる。図 5 B に示す例示の実施の形態では、リテーナ 5 8 0 及びタブ 5 9 0 の双方が設けられている。注意すべきは、図 5 A の例示の実施の形態では、リテーナ 5 8 0 は、回転子 5 1 0 の外周と面一には設けられていなかったが、図 5 B に示す例示の実施の形態では、リテーナ 5 8 0 と回転子 5 1 0 の外周とは面一に設けられている。本願開示において、リテーナ 5 8 0 やタブ 5 9 0 は、例示の実施の形態として示された図 5 A や図 5 B に示す態様に限定されない。例えば、雄状突出部材及び対応する雌状受容部材を、相互に磁石の対が連結される任意の態様で作製することができる。図 5 A 及び図 5 B に示す例示の実施の形態では、図示の永久磁石は、前述の例示の実施の形態に示した永久磁石と同様の効果を奏する。例えば、図 5 A 及び図 5 B に示す対応する一対の磁石 5 2 0、5 3 0 の各々は、例えば、A l N i C o、F e C o W 等の低保磁力の材料を磁石の材料に用い、磁石を U 字形に形成する構成により、各磁石の厚さ方向に平行な磁化方向を有する。

【 0 0 3 1 】

図 6 A 乃至図 6 C に示す他の例示の実施の形態では、磁石 6 2 0、6 3 0 の各対の各々を回転子 6 1 0 内の所定の位置に保持するために保持ロッドが用いられる。図 6 A に示すように、U 字形に形成された磁石 6 2 0、6 3 0 の対の各々の凹部の内部に保持ロッド（保持棒）6 5 0 を配設することにより、磁石 6 2 0、6 3 0 が回転子 6 1 0 内の所定の位置に保持される。一の例示の実施の形態では、回転子 6 1 0 内に含まれた U 字形に形成された 1 つ又は 1 つを超える数の磁石 6 2 0、6 3 0 の対に保持ロッド 6 5 0 を設けることができる。図 6 B に示すように、保持ロッド 6 5 0 は、回転子の断面の内側及び / 又は外側の断面の表面から延出する。このため、図 6 C に示す、保持ロッド 6 5 0 に対応する挿入部を有するキャップを、回転子 6 1 0 の前方側及び / 又は後方側で保持ロッド 6 5 0 と連結させるように用いることにより、U 字形に形成された磁石 6 2 0、6 3 0 の対（複数であってもよい）を所定位置に保持することができる。更に、図 6 A 乃至図 6 C の例示の

実施の形態において、図 5 B に示すような特徴を有する磁石の連結構造を用いることができる。図 6 A 乃至図 6 C に示す複数の例示の実施の形態では、図示の永久磁石は、前述の例示の実施の形態に示した永久磁石と同様の効果を奏する。例えば、図 6 A 乃至図 6 C に示す対応する一対の磁石 6 2 0、6 3 0 の各々は、例えば、 AlNiCo 、 FeCoW 等の低保磁力の材料を磁石の材料に用い、磁石を U 字形に形成する構成により、各磁石の厚さ方向に平行な磁化方向を有する。

【0032】

図 7 A 及び図 7 B は、磁石 7 2 0 と磁石 7 3 0 とが界接する境界部位 7 8 0 の位置で、回転子組立体の外側の直径が、この境界部位に隣接する他の部位よりも大きく形成され、全体として、外側の直径が不均一になっている、他の例示の実施の形態を示す。図 7 A では、磁石 7 2 0、7 3 0 の対は物理的に接触するように示す一方で、図 7 B では磁石の 7 2 0、7 3 0 の対は物理的に接触するようには示していない。図 7 A 及び図 7 B に示す外側の直径を不均一にする構造は、前述の複数の例示の実施の形態のいずれにおいても用いることができる。図 7 A 及び図 7 B に示す複数の例示の実施の形態では、図示の永久磁石は、前述の例示の実施の形態に示した永久磁石と同様の効果を奏する。例えば、図 7 A 及び図 7 B に示す対応する一対の磁石 7 2 0、7 3 0 の各々は、例えば、 AlNiCo 、 FeCoW 等の低保磁力の材料を磁石の材料に用い、磁石を U 字形に設ける構成により、各磁石の厚さ方向に平行な磁化方向を有する。

【0033】

図 8 A 及び図 8 B に、モータの軸と係合する回転子 8 1 0 の内側の直径が不均一である他の例示の実施の形態を示す。例えば、図 8 A に示すように、回転子 8 1 0 の内側の表面に複数のタブ（ここでは突起状のへこみ）8 4 0 が形成されており、タブ 8 4 0 がモータの軸の外側の表面に形成された対応する複数の係合突起部を受容することができるように設けられている。一方、図 8 B に示すように、回転子 8 1 0 に複数の突起部 8 5 0 を設けて、突起部 8 5 0 を、モータの軸の表面に形成された対応する受容部に嵌合させることもできる。

【0034】

上記の複数の例示の実施の形態の各々の技術的特徴は、適宜、有利に組み合わせることができる。

【0035】

図 9 は、本願開示による複数の例示の実施の形態に従う PM 電気機械のパーミアンス係数（Permeance Coefficient）と公知の PM 電気機械のパーミアンス係数とを示すグラフである。先に述べたように、上述の複数の例示の実施の形態は、以下の特徴を含むブラシレス電気機械の構造を提供する。

- 厚さを横切るように（垂直方向に）ではなく、輪郭（contour）形状に沿って（接線方向に）磁化された U 字形状に形成された磁石。

- この磁化方向によって、磁束の漏れを防ぎ、回転子の磁氣的なバックアイアンを設ける必要をなくす、非磁性の支持構造。

この構造を開発するに当たり、まず、エアギャップ磁束を高密度に維持することができる永久磁石技術に着目した。その結果、残留誘導磁束密度が高い（図 9 参照）、アルミニウムニッケルコバルト（ AlNiCo ）の化学構造に注目した。 AlNiCo で作製した磁石の磁束密度は 13 キロガウス（1.3 テスラ）を超え、これは、 NdFeB で作製した磁石の磁束密度に匹敵する。一般に、十分な温度耐性を有する NdFeB で作製された磁石の最大の磁束密度は、1.1 乃至 1.2 テスラであって、これは、高い磁束密度を有する AlNiCo で作製された磁石に比べ低い値である。 AlNiCo で作製された磁石が電気推進モータに用いられない理由は、その低保磁力（low coercivity）にある（X 軸方向のパラメータ）。このことは、 AlNiCo で作製された磁石は、磁気回路内に置かれたときや固定子のアーマチャを流れる電流により生成される磁界に露呈されたときに減磁され易いことを意味する。従来の永久磁石モータにおいては、この特定の磁石が減磁された場合、磁束は 20 パーセント未満まで低下し、その結果モータのトル

クが実用不可能な 80 パーセントの低下に至る可能性がある。これに反して、本願開示による例示の PM 電気機械は、図 9 に示す曲線の「膝」部の上側の領域において、残留誘導磁束密度の近くに作動点を維持することができ、磁束が消されることがない。無負荷の条件では、この作動点を示す属性は、パーミアンス係数である。従来の永久磁石モータ（磁石が表面装着されているか、埋め込まれているかにかかわらず）の構造におけるパーミアンス係数は約 2 又は 3 である（図 9 に示す「通常のモータ」の負荷表示線を参照）。本願開示による永久磁石のパーミアンス係数は約 20（図 9 に示す「本願開示」の負荷表示線を参照）である。これが、アプローチの最初の鍵となる。

【0036】

以下、図 10 を参照してパーミアンス係数について説明する。この作動点の変化は、革新的な回転子の形状及び磁石の磁化方向の革新によるものである。接線方向（*tangential direction*）に沿って磁化されるように磁石を湾曲した形状に設けることにより、「磁石の厚さ」が、一方の磁極面から隣接する他方の磁極面に向かって全長に亘って延在することで、この高いパーミアンス係数が得られる。図 10 は、このことを可能ならしめる磁気回路の一例を示す。ANSYS（登録商標）の有限要素法による解析を用いてこの属性を設計及び検証した。ANSYS（登録商標）は電気機械の設計及び解析を行うためのツールであって、磁気回路を正確にシミュレートできることが認められている。この磁束のプロット（表示）は、この磁石の厚さがいかにして一方の磁極から隣の他方の磁極に延在するか及びいかにして代表的な磁気エアギャップと組み合わせられてこの構造に特有の高いパーミアンス係数を実現するかについて示している。本願開示による例示の PM 電気機械構造は非磁性の回転子支持構造（支持機構）を含む。これは、従来のラミネートにとって代わる構造である。非磁性の回転子支持構造は、モータの設計に不利に作用する可能性がある磁束の漏洩を無くすことができ、また、永久磁石を減磁する方向に作用するおそれがあるアーマチャー反作用磁束（固定子磁界強度）を減少させることができる。永久磁石により生成された回転子磁束のすべてが、磁石全体を通過することとなる、つまり一方の磁極から隣の磁極へ流れることとなるが、このことが、非磁性の回転子が有利である理由である。

【0037】

当業者にとっては、上記の実施の形態の永久磁石電気機械や永久磁石同期電気機械の構造を種々の異なった有益な分野に適用することができることを容易に理解できるはずである。例えば、とりわけ、上記した例示の実施の形態は、モータや発電機において利用することができる。

【0038】

本願開示は、図面及び上述の記載の中で詳細に説明しているが、このような図示及び説明は図説ないし例示であって、限定する記載であるものと見るべきではない。本願開示は、開示された複数の実施の形態に限定されない。図面、開示された事項及び添付の請求の範囲の内容を精査することにより、請求の範囲に記載された発明を実施するにあたっては、開示された実施の形態を他の形態に改変可能であることは、当業者にとって理解可能であろう。特許請求の範囲における用語「備える」又は「含む」は、他の構成要素やステップ（工程）を除外するものではなく、また、単数表現の要素は、当該要素が複数存在することを排除するものではない。相互に異なる従属クレームにおいて特定の構成が記載されていることをもって、これらの構成を組み合わせる実益を失わせるものではない。特許請求の範囲で使用されるいずれかの符号は特許請求の範囲を限定するものとは解釈されないものとする。

【0039】

かくして、本発明を、その精神及び本質的特性から逸脱することなく、当業者が他の特定の形態にて具現化できることは明確に理解されるであろう。それゆえ、本明細書に開示する実施の形態は、全ての点で、例示的且つ非限定的であると解釈されねばならない。本発明の範囲は、先の記載ではなく、添付する特許請求の範囲により示され、特許請求の範囲の意味及び範囲並びにそれらの均等物に該当する全ての変形は本発明の権利範囲に包含

10

20

30

40

50

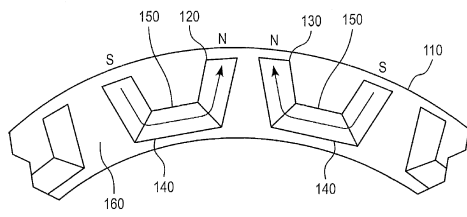
されることが意図されている。

【符号の説明】

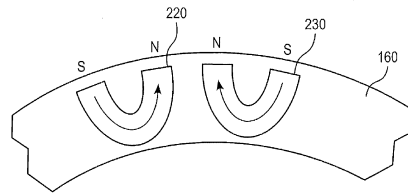
【 0 0 4 0 】

1 1 0	回転子、ロータコア	
1 2 0	磁石、左側の磁石（一对の磁石）	
1 2 2	第 1 の分離された台形部分（左側の磁石）	
1 2 4	第 2 の分離された台形部分（左側の磁石）	
1 2 6	第 3 の分離された台形部分（左側の磁石）	
1 3 0	磁石、右側の磁石（一对の磁石）	
1 3 2	第 1 の分離された台形部分（右側の磁石）	10
1 3 4	第 2 の分離された台形部分（右側の磁石）	
1 3 6	第 3 の分離された台形部分（右側の磁石）	
1 4 0	半径方向内側の側部（磁石）	
1 5 0	半径方向外側の側部（磁石）	
1 6 0	低透磁率、抵電導性の材料	
2 2 0	磁石、左側の磁石（一对の磁石）	
2 3 0	磁石、右側の磁石（一对の磁石）	
3 2 0	磁石、左側の磁石（一对の磁石）	
3 3 0	磁石、右側の磁石（一对の磁石）	
3 7 0	軟磁性体材料	20
4 2 0	磁石、左側の磁石（一对の磁石）	
4 3 0	磁石、右側の磁石（一对の磁石）	
4 7 0	軟磁性体材料	
5 1 0	回転子、ロータコア	
5 2 0	磁石、左側の磁石（一对の磁石）	
5 3 0	磁石、右側の磁石（一对の磁石）	
5 8 0	リテーナ、保持部材	
5 9 0	タブ、突起	
6 1 0	回転子、ロータコア	
6 2 0	磁石、左側の磁石（一对の磁石）	30
6 3 0	磁石、右側の磁石（一对の磁石）	
6 5 0	保持ロッド、保持棒	
7 2 0	磁石、左側の磁石（一对の磁石）	
7 3 0	磁石、右側の磁石（一对の磁石）	
7 8 0	境界部位	
8 1 0	回転子	
8 4 0	係合部	
8 5 0	突起部	

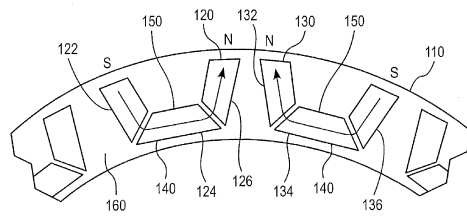
【図 1 A】



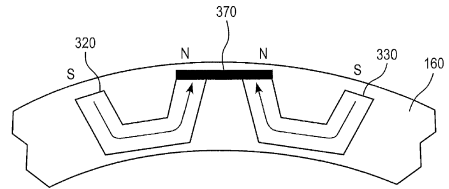
【図 2】



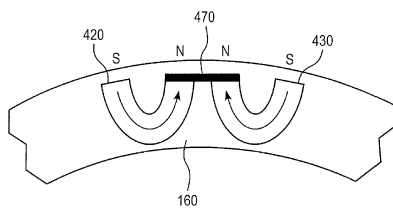
【図 1 B】



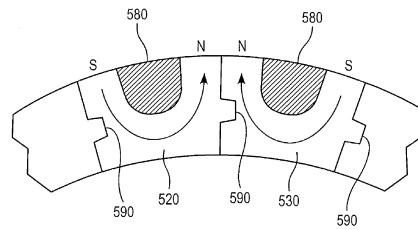
【図 3】



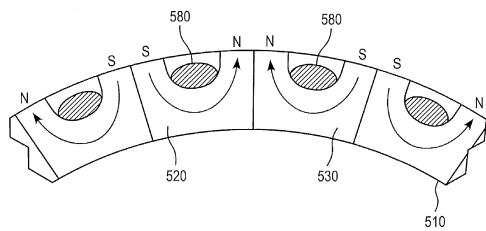
【図 4】



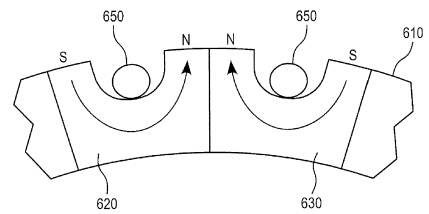
【図 5 B】



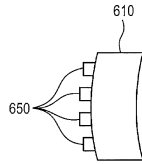
【図 5 A】



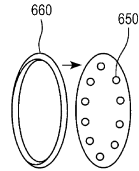
【図 6 A】



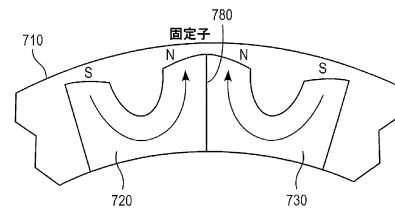
【図 6 B】



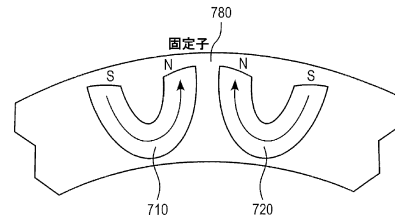
【図 6 C】



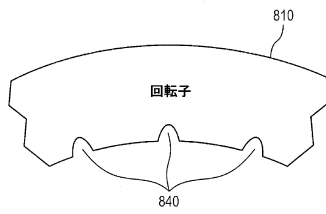
【図 7 A】



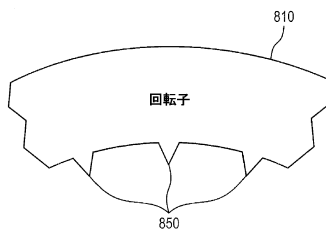
【図 7 B】



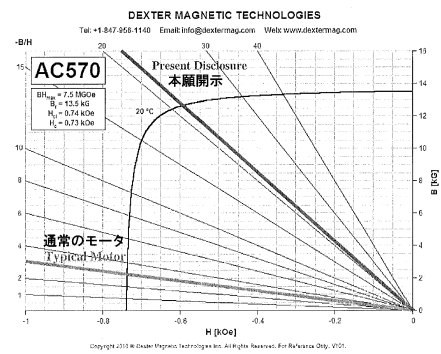
【図 8 A】



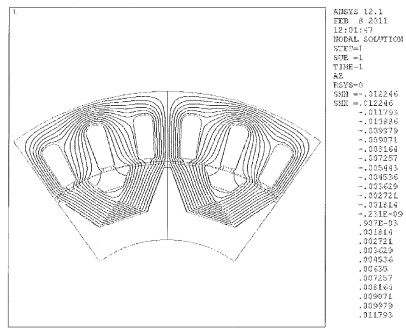
【図 8 B】



【図 9】



【 図 1 0 】



フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I
H 0 2 K 15/03 (2006.01) H 0 2 K 15/03 Z

(72)発明者 ルッツ, ジョン
アメリカ合衆国 コロラド州 8 0 0 2 1, ウェストミンスター, ダブリュ. 1 0 4 番 ウェイ
9 4 0 8

(72)発明者 レイ, ジョシュ
アメリカ合衆国 コロラド州 8 0 5 1 6, エリー, アルパイン ドライブ 2 2 2 8

審査官 森山 拓哉

(56)参考文献 特開 2 0 1 0 - 1 8 3 6 8 5 (J P , A)
実開昭 5 1 - 0 7 9 6 1 3 (J P , U)
特開 2 0 0 6 - 2 8 0 1 9 5 (J P , A)
特開 2 0 0 5 - 3 0 4 2 8 6 (J P , A)
特開 2 0 0 7 - 2 1 5 3 4 2 (J P , A)
特開 2 0 0 4 - 1 2 0 9 1 6 (J P , A)

(58)調査した分野(Int.Cl., D B 名)
H 0 2 K 1 / 2 7
H 0 2 K 1 5 / 0 3