

(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2012-161227

(P2012-161227A)

(43) 公開日 平成24年8月23日(2012.8.23)

(51) Int.Cl.	F 1	テーマコード (参考)
<b>H02K 1/27 (2006.01)</b>	H02K 1/27 501A	5H622
	H02K 1/27 501K	
	H02K 1/27 501M	

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 14 頁)

(21) 出願番号	特願2011-21411 (P2011-21411)	(71) 出願人	000003207 トヨタ自動車株式会社 愛知県豊田市トヨタ町1番地
(22) 出願日	平成23年2月3日(2011.2.3)	(71) 出願人	000100768 アイシン・エイ・ダブリュ株式会社 愛知県安城市藤井町高根10番地
		(71) 出願人	000004260 株式会社デンソー 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地
		(74) 代理人	110001210 特許業務法人YK I 国際特許事務所
		(72) 発明者	佐野 新也 愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

最終頁に続く

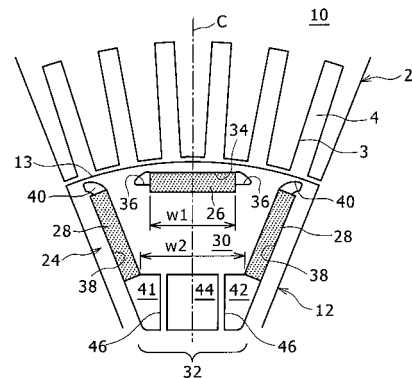
(54) 【発明の名称】 回転電機用回転子

(57) 【要約】

【課題】 少なくとも3つの永久磁石を含んで各磁極が構成される回転電機用回転子において、磁極内における磁気飽和を緩和することによって回転電機のトルク向上を図る。

【解決手段】 回転電機用回転子10には、回転子鉄心12の外周部に複数の磁極24が周方向に間隔を置いて設けられている。各磁極24は、磁極中央に埋設された第1永久磁石26と、第1永久磁石26の周方向両側に埋設され径方向内方へ向かって互いの間隔が狭まるように配置された一対の第2永久磁石28とを含む。そして、第1永久磁石26および一対の第2永久磁石28により形成される磁路領域30において一対の第2永久磁石28間の最も狭い間隔が第1永久磁石26の長手方向幅よりも広く設定されている。

【選択図】 図2



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

回転子鉄心の外周部に複数の磁極を周方向に間隔を置いて設けた回転電機用回転子であって、

前記各磁極は、磁極中央に埋設された第 1 永久磁石と、前記第 1 永久磁石の周方向両側に埋設され径方向内方へ向かって互いの間隔が狭まるように配置された一对の第 2 永久磁石とを含み、前記第 1 永久磁石および前記一对の第 2 永久磁石に囲まれて形成される磁路領域において前記一对の第 2 永久磁石間の最も狭い間隔が前記第 1 永久磁石の長手方向幅よりも広く設定されている、

回転電機用回転子。

10

**【請求項 2】**

請求項 1 に記載の回転電機用回転子において、

前記各磁極は、前記一对の第 2 永久磁石の内周側端部間であって前記磁路領域を挟んで前記第 1 永久磁石に対向する位置に形成された磁束抑制穴をさらに含むことを特徴とする回転電機用回転子。

**【請求項 3】**

請求項 2 に記載の回転電機用回転子において、

前記磁束抑制穴は、前記一对の第 2 永久磁石がそれぞれ挿入されている第 2 磁石挿入穴の内周側端部に連通して形成される 2 つの第 1 の穴と、前記第 1 の穴の間にブリッジ部を介して形成されている第 2 の穴とにより構成され、前記第 1 および第 2 の穴の少なくとも一方は前記回転子鉄心を形成する磁性材料よりも比透磁率が低い空隙または樹脂を含むことを特徴とする回転電機用回転子。

20

**【請求項 4】**

請求項 1 または 2 に記載の回転電機用回転子において、

前記第 1 永久磁石は、互いに近接し且つ外周側へ向かって略 V 字状に広がるように配置された 2 つの永久磁石により構成されることを特徴とする回転電機用回転子。

**【請求項 5】**

請求項 1 ~ 3 のいずれか一項に記載の回転電機用回転子において、

前記一对の第 2 永久磁石は、それぞれ、互いに近接し且つ前記第 1 永久磁石に向かって略 V 字状に広がるように配置された 2 つの永久磁石により構成されることを特徴とする回転電機用回転子。

30

**【請求項 6】**

請求項 1 ~ 4 のいずれか一項に記載の回転電機用回転子において、

前記各磁極は、前記一对の第 2 永久磁石の内周側端部間であって前記第 1 永久磁石に対向する位置に形成された第 1 磁束抑制穴を含み、前記第 1 永久磁石、前記第 2 永久磁石および前記第 1 磁束抑制穴によって第 1 磁路領域が形成されており、

前記各磁極はさらに、前記一对の第 2 永久磁石の周方向両側に埋設され径方向内方へ向かって互いの間隔が狭まるように配置された一对の第 3 永久磁石と、前記一对の第 3 永久磁石の内周側端部間であって前記第 1 磁束抑制穴に対向して形成される第 2 磁束抑制穴とを含み、前記第 2 および第 3 永久磁石ならびに前記第 1 および第 2 磁束抑制穴によって第 2 磁路領域が前記第 1 磁路領域の内周側に形成されており、前記第 2 磁路領域において前記一对の第 3 永久磁石間の最も狭い間隔が、径方向と直交する方向における前記一对の第 2 永久磁石の周方向外側縁部間の幅以上に設定されていることを特徴とする回転電機用回転子。

40

**【発明の詳細な説明】****【技術分野】****【0001】**

本発明は、回転電機用回転子に係り、特に、回転子鉄心の外周部に複数の磁極が周方向に間隔を置いて設けられている回転電機用回転子に関する。

**【背景技術】**

50

## 【0002】

従来、例えば特開2008-306849号公報（以下、特許文献1という）には、内周部にステータコイルが分布巻きされた固定子と、固定子内に回転可能に設けられた永久埋込型の回転子とを備える回転電機が開示されている。上記回転子は、回転シャフトとこれに固定された円筒状のコア体とから構成されている。

## 【0003】

上記コア体は、円環状に打ち抜き加工された磁性鋼板を軸方向に積層してかしめ等により一体に構成されている。そして、コア体の外周部には複数の磁極が円周方向に等間隔で設けられている。図8に、1つの磁極を軸方向端面視状態で拡大して示す。図8では、回転子100のコア体102の外周部に等間隔（すなわち回転シャフトの中心軸を扇形の中心とする45°の角度間隔）で配置されているもののうち1つの磁極104が固定子106の一部とともに示されている。

10

## 【0004】

固定子106の内周には、複数のティース108が円周方向に等間隔で且つ径方向内側へ向かって突設されている。隣り合うティース106間には、それぞれ、ティースと同数のスロット108が内周側と軸方向両端で開口して形成されている。そして、スロット108には、ティース106の周囲に巻回されるステータコイル（不図示）が挿入配置される。これにより、ステータコイルに通電されると、固定子100の内側に回転磁界が形成されることになる。

## 【0005】

回転子100のコア体102に設けられる各磁極104は、3枚の永久磁石112, 114, 116を含んで構成されている。磁極104において周方向中央に配置される永久磁石112は、コア体102の外周面103近傍に埋設されている。永久磁石112は、扁平長方形の端面および断面を有するとともに、コア体102とほぼ同等の軸方向長さ形成されている。そして、永久磁石112は、磁石端面上の長手方向がコア体102の外周面103に略沿って配置されており、長手方向幅Wを有している。

20

## 【0006】

一方、他の2つの永久磁石114, 116は、上記永久磁石112の周方向両側において外周側に向かってV字状に広がるように対称配置されている。逆にいえば、永久磁石114, 116は、内周側へ向かって互いの間の距離または間隔が狭まるように配置されており、最も狭い間隔である永久磁石114, 116の各内周側端部間の間隔が長手方向幅Wよりも狭くなっている。これにより、磁極104では、3つの永久磁石112, 114, 116によって囲まれた略三角状の磁路領域118が形成され、この磁路領域118の周方向両端側が永久磁石112と永久磁石114, 116との間の領域を介してコア体102の外周面103へとつながっている。

30

## 【0007】

上記構成からなる回転子100を備える回転電機では、永久磁石114, 116の周方向端部と回転シャフトの中心とを結ぶ仮想直線と、永久磁石112の周方向中心を通る径方向直線に直交し且つ回転シャフトの中心を通る仮想基準線とによって規定される交差角度を所定角度に設定することによって、回転電機の作動時に発生する特定次数の逆起電圧を低減することができノイズの低減を図れる、と特許文献1には記載されている。

40

## 【先行技術文献】

## 【特許文献】

## 【0008】

【特許文献1】特開2008-306849号公報

## 【発明の概要】

## 【発明が解決しようとする課題】

## 【0009】

上記特許文献1の回転電機において、ステータコイルに電流が流れて回転子100が回転駆動されるとき、回転子100のコア体102の磁極104には図9に示すような磁束

50

の流れが形成される。図9中の(A)は永久磁石114から生じた磁束(以下、磁石磁束という)が磁路領域118を通過して外周側へ流れる様子を模式的に示し、図9中の(B)はステータコイルに流れる電流を直交座標系であるq軸d軸平面上でベクトル展開したときのq軸電流成分によって生じた磁束(以下、q軸電流磁束または励磁電流磁束という)が固定子106のティース108の内周端部からコア体102に流れ込んで磁極104内の磁路領域118を通る様子を模式的に示し、図9中の(C)は上記磁石磁束と上記q軸電流磁束とを合成した磁束の流れを模式的に示している。

#### 【0010】

図9(A)を参照すると、永久磁石114から生じた磁石磁束は、コア本体102の外周面103へと向かう。ここで、永久磁石114から出た磁束のうち一部は永久磁石112を通過して外周面側へと向かうが、コア体102に埋設された永久磁石112は空隙と等価な比透磁率または磁気抵抗を有することから、大部分は磁気抵抗が小さい鋼板部分である磁路領域118の周方向端部領域を通過して外周面側へと流れることになる。また、図9(B)を参照すると、コア体102内の磁極104に流れ込んだq軸電流磁束についても同様に、磁気抵抗が小さい磁路領域118を略円弧状に流れて外周面側へと向かう。

10

#### 【0011】

したがって、上記のように流れる磁石磁束とq軸電流磁束とが重なると、図9(C)に示すように、略三角状に形成される磁路領域118のうちハッチング部分で示す下流側領域120で合成磁束の密度が高くなって磁気飽和が発生しやすくなり、その結果、回転電機におけるトルク低下をつなぐという問題がある。

20

#### 【0012】

なお、図9(A)では永久磁石116から生じる磁束の表示を省略しているが、永久磁石116からの磁束も上記下流側領域120に流れることから、上記のような磁気飽和の可能性がより高くなる。また、磁路領域118における磁束の流れ方向が反転すれば、磁路領域118のうち永久磁石112と永久磁石116との間に位置する領域においても同じように磁気飽和が生じやすい。

#### 【0013】

本発明の目的は、少なくとも3つの永久磁石を含んで各磁極が構成される回転電機用回転子において、磁極内における磁気飽和を抑制することによって回転電機のトルク向上を図れる回転電機用回転子を提供することにある。

30

#### 【課題を解決するための手段】

#### 【0014】

本発明に係る回転電機用回転子は、回転子鉄心の外周部に複数の磁極を周方向に間隔を置いて設けた回転電機用回転子であって、前記各磁極は、磁極中央に埋設された第1永久磁石と、前記第1永久磁石の周方向両側に埋設され径方向内方へ向かって互いの間隔が狭まるように配置された一对の第2永久磁石とを含み、前記第1永久磁石および前記一对の第2永久磁石に囲まれて形成される磁路領域において前記一对の第2永久磁石間の最も狭い間隔が前記第1永久磁石の長手方向幅よりも広く設定されているものである。

#### 【0015】

本発明に係る回転電機用回転子において、前記各磁極は、前記一对の第2永久磁石の内周側端部間であって前記磁路領域を挟んで前記第1永久磁石に対向する位置に形成された磁束抑制穴をさらにも含む。

40

#### 【0016】

また、本発明に係る回転電機用回転子において、前記磁束抑制穴は、前記一对の第2永久磁石がそれぞれ挿入されている第2磁石挿入穴の内周側端部に連通して形成される2つの第1の穴と、前記第1の穴の間にブリッジ部を介して形成されている第2の穴とにより構成され、前記第1および第2の穴の少なくとも一方は前記回転子鉄心を形成する磁性材料よりも比透磁率が低い空隙または樹脂を含んでもよい。

#### 【0017】

また、本発明に係る回転電機用回転子において、前記第1永久磁石は、互いに近接し且

50

つ外周側へ向かって略V字状に広がるように配置された2つの永久磁石により構成されてもよい。

【0018】

また、本発明に係る回転電機用回転子において、前記一对の第2永久磁石は、それぞれ、互いに近接し且つ前記第1永久磁石に向かって略V字状に広がるように配置された2つの永久磁石により構成されてもよい。

【0019】

さらに、本発明に係る回転電機用回転子において、前記各磁極は、前記一对の第2永久磁石の内周側端部間であって前記第1永久磁石に対向する位置に形成された第1磁束抑制穴を含み、前記第1永久磁石、前記第2永久磁石および前記第1磁束抑制穴によって第1磁路領域が形成されており、前記各磁極はさらに、前記一对の第2永久磁石の周方向両側に埋設され径方向内方へ向かって互いの間隔が狭まるように配置された一对の第3永久磁石と、前記一对の第3永久磁石の内周側端部間であって前記第1磁束抑制穴に対向して形成される第2磁束抑制穴とを含み、前記第2および第3永久磁石ならびに前記第1および第2磁束抑制穴によって第2磁路領域が前記第1磁路領域の内周側に形成されており、前記第2磁路領域において前記一对の第3永久磁石間の最も狭い間隔が、径方向と直交する方向における前記一对の第2永久磁石の周方向外側縁部間の幅以上に設定されていてもよい。

【発明の効果】

【0020】

本発明に係る回転電機用回転子によれば、回転子鉄心の外周部に設けられた磁極が、磁極中央に埋設された第1永久磁石と、その周方向両側に埋設され径方向内方へ向かって互いの間隔が狭まるように配置された一对の第2永久磁石とを含み、第1永久磁石および一对の第2永久磁石に囲まれて形成される磁路領域において一对の第2永久磁石間の最も狭い間隔が第1永久磁石の長手方向幅よりも広く設定されていることから、第1永久磁石と第2永久磁石との間に形成される磁路領域を広く確保することができる。これにより、この磁路領域における磁気飽和を緩和することができ、その結果、上記回転子を備えた回転電機のトルク向上を図れる。

【図面の簡単な説明】

【0021】

【図1】本発明の一実施形態である回転電機用回転子（以下、適宜に回転子とだけいう）を備えた回転電機の軸方向断面図である。

【図2】図1に示す回転子の1つの磁極を固定子の一部とともに示す部分拡大図である。

【図3】図2に示す磁極における磁束の流れを模式的に示す図であり、（A）は一方の第2永久磁石から生じた磁石磁束が磁路領域を通過して外周側へ流れる様子を模式的に示し、（B）は固定子から回転子に流れ込んだ励磁電流磁束が磁極内の磁路領域を通過する様子を模式的に示し、（C）は磁石磁束と励磁電流磁束とを合成した磁束の流れを模式的に示す。

【図4】磁極中央の第1永久磁石が複数に分割されている例を示す、図2と同様の図である。

【図5】磁極中央の第1永久磁石の外周側面が湾曲面をなした例を示す、図2と同様の図である。

【図6】一对の第2永久磁石が第1永久磁石に向かって略V字状に配置されている例を示す、図2と同様の図である。

【図7】一对の第3永久磁石と第2磁束抑制穴とによって第1磁路領域の内周側に第2磁路領域が形成されている例を示す、図2と同様の図である。

【図8】1つの磁極に3枚の永久磁石を含む従来例を示す、図2と同様と同様の図である。

【図9】図8に示す磁極における磁束の流れを模式的に示す図であり、（A）は略V字状に配置された一方の永久磁石から生じた磁石磁束が磁路領域を通過して外周側へ流れる様子を模式的に示し、（B）は固定子から回転子に流れ込んだ励磁電流磁束が磁極内の磁路領

10

20

30

40

50

域を通る様子を模式的に示し、(C)は磁石磁束と励磁電流磁束とを合成した磁束の流れを模式的に示す。

【発明を実施するための形態】

【0022】

以下に、本発明に係る実施の形態について添付図面を参照しながら詳細に説明する。この説明において、具体的な形状、材料、数値、方向等は、本発明の理解を容易にするための例示であって、用途、目的、仕様等にあわせて適宜変更することができる。

【0023】

図1は本実施形態の回転子10を備える回転電機1の軸方向断面を示し、図2は回転子10の1つの磁極を固定子2の一部とともに拡大して示す。

10

【0024】

回転電機1は、筒状の固定子2と、固定子2の内部に回転可能に設けられる回転子10とを備える。固定子2の内周には、複数のティース3が円周方向に等間隔で且つ径方向内側へ向かって突設されている。隣り合うティース3間には、それぞれ、ティース3と同数のスロット4が内周側と軸方向両端で開口して形成されている。そして、スロット4には、ティース3の周囲に巻回される固定子コイル5が挿入配置される。これにより、固定子コイル5に通電されると、固定子2の内周側に回転磁界が形成されて、回転子10が回転駆動されることになる。

【0025】

なお、ティース3の周囲に巻回される固定子コイル5は、複数のティース3をまたいでコイルが巻回される分布巻きであってもよいし、または、各ティース3ごとにコイルがそれぞれ巻回される集中巻きであってもよい。

20

【0026】

回転子10は、径方向中心に軸穴11を有する円筒状をなす回転子鉄心12と、回転子鉄心12の軸穴11を貫通して固定されるシャフト14と、矢印Xで示すシャフト14(および回転子鉄心12)の軸方向に関して回転子鉄心12の両側に接して配置されるエンドプレート16と、回転子鉄心12およびエンドプレート16をシャフト14上に固定する固定部材18とを備える。

【0027】

回転子鉄心12は、例えば板厚0.3mmの珪素鋼板等を円環状に打ち抜き加工してそれぞれ形成された多数の電磁鋼板を軸方向に積層して構成されている。回転子鉄心12を構成する各電磁鋼板は、回転子鉄心12を軸方向に複数分割したブロックごとに又は全て一括してカシメ、接着、溶接等の方法によって一体に連結されている。また、回転子鉄心12には、複数の磁極が周方向に均等な間隔で設けられている。各磁極は複数の永久磁石と磁束抑制穴とを含んで構成されるが、その詳細については後述する。

30

【0028】

シャフト14は、丸棒鋼材から形成されており、その外周には径方向外側へ突出するフランジ部15が形成されている。このフランジ部は、回転子10が組み立てられる際にエンドプレート16に当接してシャフト14での回転子鉄心12の軸方向位置を決める当り部として機能する。また、回転子鉄心12は、シャフト14に対して締め込みによって固定されるか、または、軸穴11の縁部に突設したキーをシャフト14上のキー溝に嵌合して取り付けらることによって、シャフト14に対する周方向位置が固定されている。

40

【0029】

エンドプレート16は、回転子鉄心12の軸方向端面とほぼ同じ外形状の円板によって構成される。エンドプレート16は、例えばアルミニウム、銅等の非磁性金属材料により好適に形成されている。ここで非磁性金属材料とするのは、磁極を構成する永久磁石の軸方向端部における磁束の短絡を抑制するためである。ただし、非磁性材料であれば金属材料に限定されるものではなく、樹脂材料で形成されてもよい。

【0030】

回転子鉄心12の軸方向両側に設けられるエンドプレート16には、回転子鉄心12を

50

両側から押え付ける機能、回転子10が組み上がった後に部分的に切削加工を施して回転子10のアンバランスを修正する機能、磁極を構成する永久磁石が回転子鉄心12から軸方向に飛び出すのを防止する機能などがある。

#### 【0031】

なお、本実施形態ではエンドプレート16が回転子鉄心12とほぼ同等の直径を有するものとして説明および図示するが、磁極を構成する永久磁石が回転子鉄心内に樹脂等によって固定される場合等には、エンドプレートを小径化または廃止等してコスト低減を図ってもよい。

#### 【0032】

固定部材18は、円筒状をなすかしめ部20と、かしめ部20の一方端部から径方向外側へ突出する押え部22とを含む。固定部材18は、その押え部22によって回転子鉄心12および2枚のエンドプレート16を上記フランジ部15に向かって押圧した状態で、かしめ部20がシャフト14に対してかしめられることによってシャフト14上に固定される。これにより、回転子鉄心12がエンドプレート16と共にシャフト14に対して固定されることになる。

10

#### 【0033】

次に、図2を参照して、回転子鉄心12の磁極24の構成について説明する。なお、図2は回転子鉄心12の軸方向端面視状態で1つの磁極24を示す図であるが、回転子鉄心12を軸方向に垂直な断面の構成もこれと同様である。また、図2では固定子コイルの図示を省略している。さらに、図2において磁極24の周方向中心線が一点鎖線Cで示されている。

20

#### 【0034】

回転子鉄心12の外周部には、複数の磁極24が周方向に等間隔で設けられている。本実施形態では回転子鉄心12に8つの磁極24が設けられている例を示すので、各磁極24はシャフト14の回転軸位置を中心として周方向に45°ごとに磁極中央が位置するように設けられている。各磁極24は同様に構成されるので、以下においては1つの磁極の構成を記述するものとする。

#### 【0035】

磁極24は、周方向に関して磁極中央に埋設された第1永久磁石26と、第1永久磁石26の周方向両側に埋設され径方向内方または内周側へ向かって互いの間隔が狭まるように配置された一对の第2永久磁石28と、一对の第2永久磁石28の内周側端部間であって磁路領域30を挟んで第1永久磁石26と対向する位置に形成された磁束抑制穴32とを含む。

30

#### 【0036】

第1永久磁石26は、回転子鉄心12の外周面13近傍の内部に埋設されている。第1永久磁石26は、各2つの短辺側面および長辺側面を有する扁平長方形の軸方向端面（および軸方向に直交する断面）を有するとともに、回転子鉄心12と略同一の軸方向長さ形成されている。また、永久磁石26は、磁極中心線Cに対して線対称となる位置であって長辺側面が直交する姿勢で配置されている。ここで第1永久磁石26は、軸方向端面視上でW1の長手方向幅（すなわち長辺側面の長さ）を有している。

40

#### 【0037】

第1永久磁石26は、回転子鉄心12内で軸方向に延伸して形成された磁石挿入穴34に挿入されている。磁石挿入穴34の周方向両側には、ポケット部36がそれぞれ連通して形成されている。ポケット部36を介して注入されるたとえば熱硬化性の樹脂が第1永久磁石26と磁石挿入穴34の内壁面との間に流入して硬化することにより、第1永久磁石26が磁石挿入穴34内に固定されている。

#### 【0038】

ただし、磁石固定用の樹脂注入は何れか一方のポケット部36を介して行えばよく、他方のポケット部36は空隙のままとしてもよい。いずれにしてもポケット部36は、回転子鉄心12を構成する電磁鋼板よりも比透磁率が低い樹脂または空隙を内部に含むことが

50

ら、第1永久磁石26の周方向両端における磁束の短絡を抑制する機能を有する。

【0039】

第2永久磁石28もまた、第1永久磁石26と同様に、各2つの短辺側面および長辺側面を有する扁平長方形の軸方向端面（および軸方向に直交する断面）を有するとともに、回転子鉄心12と略同一の軸方向長さに形成されている。第2永久磁石28は、第1永久磁石26と同一の形状および大きさのものを用いてもよい。このように第1および第2永久磁石26, 28を同一のものとするれば、永久磁石の製造および管理等に要するコストを低減できる利点がある。ただし、第1永久磁石26と第2永久磁石28とが異なる形状または大きさであってもよいことは勿論である。

【0040】

磁極24において一对の第2永久磁石28は、それぞれ、回転子鉄心12内で軸方向に延伸して形成された磁石挿入穴38に挿入されて樹脂により固定されている。これにより、一对の第2永久磁石28は、回転子鉄心12の外周面13へ向かって互いに間隔が広がるように配置されている。逆にいえば、一对の第2永久磁石28は、上記のとおり内周側へ向かって互いの間隔が狭まるように配置されている。また、第2永久磁石28は、長手方向である長辺側面が径方向にほぼ沿って配置されているともいえる。さらに、一对の第2永久磁石28は、磁極中心線Cの周方向両側に線対称の関係に配置されている。そして、一对の第2永久磁石28の内周側端部間の間隔（すなわち磁極中心線Cと直交する方向の距離）W2は、上記第1永久磁石26の長手方向幅W1よりも広く設定されている。換言すれば、第2永久磁石28は、磁極中心線Cに対して第1永久磁石26よりも外側に位置するように配置されている。詳細には、本実施形態によれば、第2永久磁石28の内周側端部が、第1永久磁石26の周方向端部に接するとともに上記磁極中心線Cと平行な接線に対して、周方向外側に位置している。すなわち、磁極中心線Cからの第2永久磁石28の内周側端部までの距離（W2の1/2）が、磁極中心線Cから第1永久磁石26の長手方向端部までの距離（W1の1/2）以上に設定されている。

【0041】

上記磁石挿入穴38の外周側には、ポケット部40が磁石挿入穴38に連通して形成されている。このポケット部40は、第2永久磁石28の短辺側面に沿って軸方向に延伸して形成されている。ポケット部40は、電磁鋼板よりも比透磁率が低い空隙または樹脂を内部に含むことから、第2永久磁石28の外周側端部における磁束の短絡を抑制する機能を有する。第2永久磁石28を固定するための樹脂は、このポケット部40を介して注入されてもよい。

【0042】

上記磁束抑制穴32は、一对の第2永久磁石28の内周側端部間であって内周寄り位置（図2中の下側）に形成されている。また、磁束抑制穴32は、磁路領域30を挟んで第1永久磁石26に対向して配置されている。磁束抑制穴32は、電磁鋼板よりも比透磁率が低い空隙を内部に含むことから、永久磁石26, 28から発生した磁束の流れ、および、固定子2のティース3の内周先端から回転子鉄心12の磁極24の磁路領域30へ進入する磁束の流れを抑制する又は変化させる機能を有する。

【0043】

本実施形態では磁束抑制穴32は、2つの第1の穴41, 42と1つの第2の穴44によって構成されている。第1の穴41, 42は、第2永久磁石28が挿入されている磁石挿入穴38の内周側端部に連通してそれぞれ形成される。第1の穴41, 42は、磁極中心線Cの両側の対称位置に略三角形に形成されている。また、第1の穴41, 42は、第2永久磁石28の内周側の長辺方向端部における磁束の短絡を抑制する機能を有する。なお、第2永久磁石28を固定するための樹脂が第1の穴41, 42を介して磁石挿入穴38に注入されてもよく、この場合、第1の穴も上記樹脂によって充填されてもよい。樹脂もまた、空隙と同様に低い比透磁率を有するので、上記のように磁束流を抑制する機能を果たすことができる。

【0044】



第2の穴44は、第1の穴41、42の間に積層鋼板部分であるブリッジ部46をそれぞれ介して形成されている。また、第2の穴44は、磁極中心線Cが中央を通る対称形状の略矩形状に形成されている。そして、第2の穴44は、周方向に関して一对の第2永久磁石28間の中央に位置にして回転子鉄心12の外周面13に対向している。第2の穴44も同様に、電磁鋼板よりも比透磁率が低い空隙（または樹脂）を内部に含むことから、上記のように磁束流を抑制する機能を果たす。

【0045】

なお、本実施形態では磁束抑制穴32が3つの穴41、42、44によって構成されるものとして説明するが、これに限定されるものではなく、形状および数において種々の変形が可能である。たとえば、磁極中心線Cに沿って1本のブリッジ部があってその両側に形成された2つの穴によって構成されてもよいし、または、ブリッジ部が存在しない1つの穴によって構成されてもよいし、あるいは、4つ以上の穴で構成されてもよい。また、磁束抑制穴32の全ての穴に、たとえば樹脂等の比透磁率が低い材料を充填してもよい。

10

【0046】

磁極24において、第1永久磁石26、第2永久磁石28および磁束抑制穴32によって囲まれた積層鋼板部分が磁路領域30として形成されている。本実施形態では、第2永久磁石28の内周側端部間の間隔W2を第1永久磁石26の長手方向幅W1よりも広く設定していることで、第1永久磁石26および一对の第2永久磁石28によって囲まれた磁路領域30は略台形状をなしている。これにより、第2永久磁石28の内周側端部を互いに近接してV字型に配置した従来例の3枚永久磁石タイプの磁極での磁路領域に比べて各第2永久磁石28と第1永久磁石26との間の鉄心領域が広がっている。また、略台形状の磁路領域30は、周方向両端側で外周側へ延伸して回転子鉄心12の外周面13へとつながっている。

20

【0047】

続いて、上記構成からなる回転子10の磁極24における磁束の流れについて説明する。固定子2の固定子コイル5に電流が流れて回転子10が回転駆動されるとき、回転子10の磁極24には図3に示すような磁束の流れが形成される。

【0048】

図3中の(A)は一方の第2永久磁石28から生じた磁石磁束が磁路領域30を通過して外周側へ流れる様子を模式的に示し、図3中の(B)は固定子コイル5に流れる電流を直交座標系であるq軸d軸平面上でベクトル展開したときのq軸電流成分によって生じたq軸電流磁束が固定子2のティース3の内周先端から回転子鉄心12に流れ込んで磁極24内の磁路領域30を通る様子を模式的に示し、図3中の(C)は上記磁石磁束と上記q軸電流磁束とを合成した磁束の流れを模式的に示している。

30

【0049】

図3(A)を参照すると、一方の第2永久磁石28から生じた磁石磁束は、磁路領域30を通過して回転子鉄心12の外周面13へと向かう。また、図3(B)を参照すると、回転子鉄心12内の磁極24に流れ込んだq軸電流磁束についても同様に、磁気抵抗が小さい磁路領域30を略円弧状に通過して外周面13側へと向かう。したがって、上記のように流れる磁石磁束とq軸電流磁束とが重なると、図3(C)に示すように、略台形状に形成される磁路領域30のうちハッチング部分で示す下流側領域または出口側領域48で合成磁束の密度が比較的高くはなるが、図9(C)に示すハッチング領域120と比較すると磁気飽和が懸念される領域を大幅に縮小することができる。これにより、磁極24の磁石磁束が増加して磁石トルクの向上につながるとともに、q軸インダクタンスLqの増加によりリラクタンストルクも向上する。したがって、回転子10を用いた回転電機1において磁石トルクおよびリラクタンストルクの和である総トルクを効果的に向上させることができる。

40

【0050】

また、本実施形態の回転子10では、磁極24の内周側に設けた磁束抑制穴32は磁束が通るのを抑制するため、第1永久磁石26からの磁束が磁極24の内周方向へ漏れるの

50

を抑制することができるとともに、第2永久磁石28からの磁束が磁路領域30を介して磁極24の外周面13側へ効果的に流れることができる。これにより、磁極24の磁石磁束がさらに増加して磁石トルクの向上につながるとともに、d軸インダクタンス $L_d$ を低下させることができる。したがって、回転子10を用いた回転電機1において磁石トルクおよびリラクタンストルクをより効果的に向上させることができる。

#### 【0051】

そして、本実施形態の回転子10では、磁極24において磁極中央の第1永久磁石26とその周方向両側に一对の第2永久磁石28とを上記のように分散配置したことで、固定子コイル5に発生する逆起電圧を略正弦波状にすることができ、逆起電圧に含まれる特定次数の高調波成分によって生じる鉄損を低減することができる。

10

#### 【0052】

なお、上記においては第1永久磁石28の内周側位置に磁束抑制穴32を設けた好適な実施形態について説明したが、このような磁束抑制穴は本発明における必須の構成要件ではないことから省略されてもよい。

#### 【0053】

次に、図4～7を参照して、上記実施形態の回転子10の変形例について説明する。

#### 【0054】

図4は、磁極24の中央にある第1永久磁石26が複数に分割されている例を示す。この例では、2つに分割された第1永久磁石26a, 26bが磁極中心線Cを挟んだ対象位置で互いに近接して略V字状に外周側へ広がるように配置されている。2つの第1永久磁石26a, 26bの間には、磁束の短絡を抑制するためのポケット部36がそれぞれ設けられている。この場合、2つの第1永久磁石26a, 26bの外周側角部間の距離が第1永久磁石の長手方向幅 $W_1$ に相当する。なお、第1永久磁石26a, 26bの間にある2つの磁束抑制穴32は互いに連通して1つの穴として形成されてもよい。他の構成は、上記回転子10と同様であるため、同一または類似の構成要素に同一または類似の符号を付して説明を省略する。

20

#### 【0055】

図5は、磁極24の中央にある第1永久磁石28cの外周側面が略円弧状の湾曲面をなした例を示す。このように第1永久磁石の端面形状は矩形状でなくてもよく、このことは第2永久磁石についても同様である。他の構成は、上記回転子10と同様である。

30

#### 【0056】

図6は、一对の第2永久磁石が第1永久磁石26に向かって略V字状に配置されている例を示す。この例では、一对の第2永久磁石28は、それぞれ、互いに近接し且つ第1永久磁石26に向かって略V字状に広がるように配置された2つの永久磁石28a, 28bにより構成される。この場合、一对の第2永久磁石28間で最も狭い間隔は、内周側にそれぞれ配置された2つの第2永久磁石28b, 28bの内周側角部間の距離に相当する。他の構成は、上記回転子10と同様である。

#### 【0057】

図7は、1つの磁極24内に複数のq軸磁路領域が形成されている例を示す。この例において磁極24は、一对の第2永久磁石の周方向両側に埋設され径方向内方へ向かって互いの間隔が狭まるように配置された一对の第3永久磁石50と、一对の第3永久磁石50の内周側端部間であって第1磁束抑制穴32に対向して形成される第2磁束抑制穴52とをさらに含む。そして、各一对の第2および第3永久磁石28, 50ならびに第1および第2磁束抑制穴32, 52によって第2磁路領域54が磁路領域30(第1磁路領域)の内周側に形成されている。この場合にも、一对の第3永久磁石50間の最も狭い間隔が、径方向と直交する方向における一对の第2永久磁石28の周方向外側縁部間の幅以上に設定されていることが好ましい。また、この場合には、磁極24の周方向幅の拡大を極力抑えるため、第1永久磁石26、一对の第2永久磁石28および磁束抑制穴32の形状、大きさ、配置等を上記回転子10の場合よりもコンパクトに設計するのが好ましい。他の構成は、上記回転子10と同様である。

40

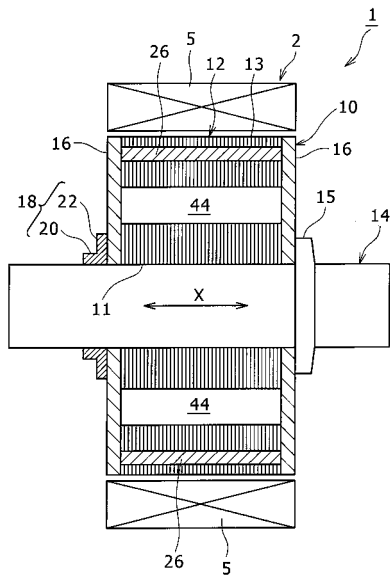
50

【符号の説明】

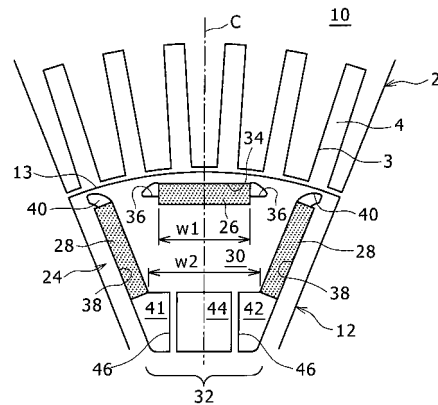
【0058】

1 回転電機、2 固定子、3 ティース、4 スロット、5 固定子コイル、10, 10a, 10b, 10c, 10d 回転電機用回転子、11 軸穴、12 回転子鉄心、13 外周面、14 シャフト、15 フランジ部、16 エンドプレート、18 固定部材、20 かしめ部、22 押え部、24 磁極、26, 26a, 26b 第1永久磁石、28, 28a, 28b, 28c 第2永久磁石、30 (第1)磁路領域、32, 52 磁束抑制穴、34, 38 磁石挿入穴、36, 40 ポケット部、41, 42 第1の穴、44 第2の穴、46 ブリッジ部、48 出口側領域、50 第3永久磁石、54 第2磁路領域、C 磁極中心線、Ld d軸インダクタンス、Lq q軸インダクタンス、W1 長手方向幅、W2 間隔。

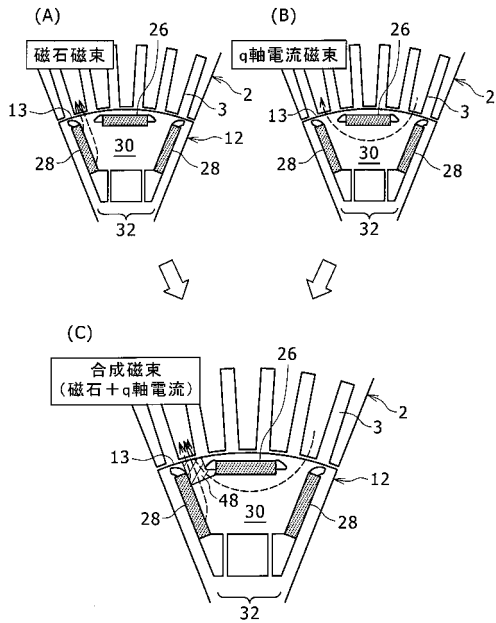
【図1】



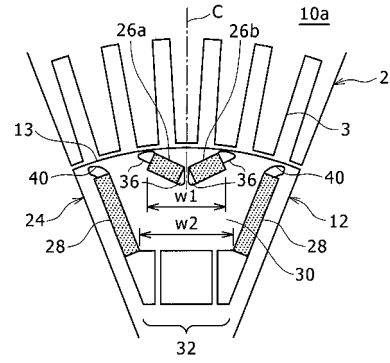
【図2】



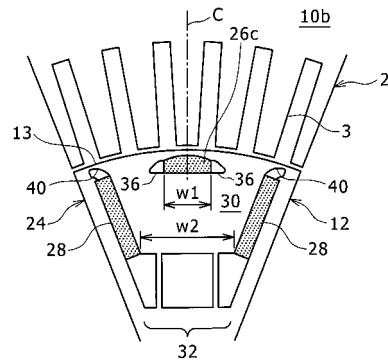
【 図 3 】



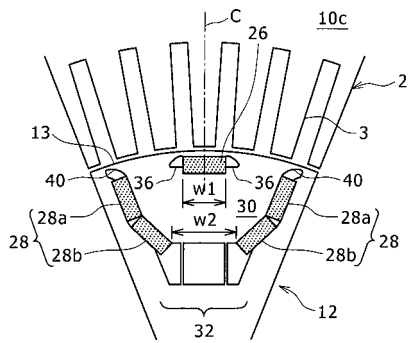
【 図 4 】



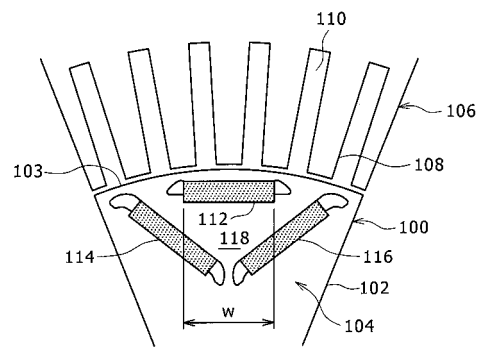
【 図 5 】



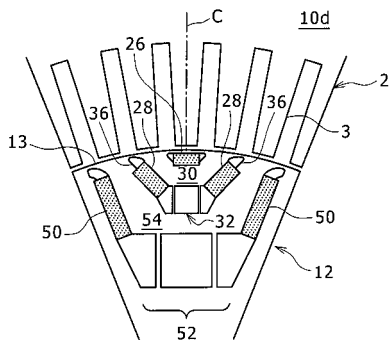
【 図 6 】



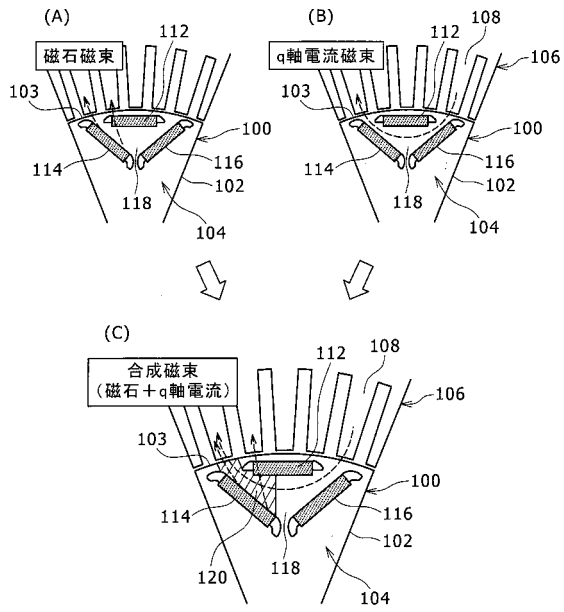
【 図 8 】



【 図 7 】



【 図 9 】



---

フロントページの続き

- (72)発明者 武田 健  
愛知県安城市藤井町高根10番地 アイシン・エイ・ダブリュ株式会社内
- (72)発明者 稲垣 智広  
愛知県安城市藤井町高根10番地 アイシン・エイ・ダブリュ株式会社内
- (72)発明者 大竹 新一  
愛知県安城市藤井町高根10番地 アイシン・エイ・ダブリュ株式会社内
- (72)発明者 宮路 剛  
愛知県安城市藤井町高根10番地 アイシン・エイ・ダブリュ株式会社内
- (72)発明者 渡邊 裕太  
愛知県安城市藤井町高根10番地 アイシン・エイ・ダブリュ株式会社内
- (72)発明者 宇鷹 良介  
愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会社デンソー内
- Fターム(参考) 5H622 AA03 CA02 CA07 CA10 CB05 PP11 PP19