

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4844570号  
(P4844570)

(45) 発行日 平成23年12月28日(2011.12.28)

(24) 登録日 平成23年10月21日(2011.10.21)

(51) Int.Cl.		F I			
<b>HO2K 1/27</b>	<b>(2006.01)</b>	HO2K	1/27	5O1K	
<b>HO2K 21/14</b>	<b>(2006.01)</b>	HO2K	1/27	5O1M	
		HO2K	21/14	M	

請求項の数 3 (全 10 頁)

(21) 出願番号	特願2008-7040 (P2008-7040)	(73) 特許権者	000006013
(22) 出願日	平成20年1月16日 (2008.1.16)		三菱電機株式会社
(62) 分割の表示	特願2005-34335 (P2005-34335) の分割		東京都千代田区丸の内二丁目7番3号
原出願日	平成17年2月10日 (2005.2.10)	(74) 代理人	100113077
(65) 公開番号	特開2008-104353 (P2008-104353A)		弁理士 高橋 省吾
(43) 公開日	平成20年5月1日 (2008.5.1)	(74) 代理人	100112210
審査請求日	平成20年1月16日 (2008.1.16)		弁理士 稲葉 忠彦
		(74) 代理人	100108431
			弁理士 村上 加奈子
		(74) 代理人	100128060
			弁理士 中鶴 一隆
		(72) 発明者	馬場 和彦
			東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三 菱電機株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 永久磁石型モータ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

積層鉄心からなり、周方向に配置されたスロットと、隣接するスロットの間に形成されたティースと、前記スロットに收容されたコイルとからなる固定子と、前記ティースの内周部に空隙を介して対向し、N極とS極が交互に着磁された永久磁石を配置した回転子からなる永久磁石型モータにおいて、前記回転子の回転子鉄心内部に設けた磁石挿入孔と、前記磁石挿入孔内の挿入される永久磁石の両端部より回転子鉄心端部の周方向へ前記永久磁石と略同じ半径方向幅で回転子鉄心外周部に沿って滑らかに湾曲して延びた空間部とを備え、前記磁石挿入孔内の空間部と回転子鉄心外周部の間に設けた外周ブリッジ部の寸法を回転子の磁極中心に向かうにつれて滑らかに大きくなるように構成したことを特徴とする永久磁石型モータ。

【請求項2】

前記回転子鉄心の外周ブリッジ部に面した磁石挿入孔の領域を非磁性部とし、前記非磁性部以外の領域に永久磁石を配置したことを特徴とする請求項1記載の永久磁石型モータ。

【請求項3】

前記磁石挿入孔を前記回転子の回転子鉄心内部に1極あたりに複数並べて多層構造としたことを特徴とする請求項1または請求項2記載の永久磁石型モータ。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

この発明は、永久磁石を回転子内部に配置した永久磁石型モータの回転子の構造に関し、特に高効率に適した回転子に関するものである。

【背景技術】

【0002】

従来の永久磁石付ロータは、高透磁率材からなるロータ本体に、ロータ半径方向に1極当たり2層以上に間隔を置いて配設された複数組の永久磁石を埋設して、層関係にある永久磁石の間隔を、ロータの回転方向の少なくとも前進側に位置する端部側の間隔が他の部分の間隔に対し幅広になるようにしている。

【0003】

そして、このように永久磁石の間隔を幅広に設けているので、ステータに流す電流を、

10

。

【0004】

また、別の従来の電動機のロータは、d軸とq軸のなす角度が電気角で90°未満となるように永久磁石をq軸に近付けて配置し、さらに永久磁石とフラックスバリアとを対にして、1対の永久磁石とフラックスバリアをロータコアの中心に向かって八の字形状に配置する構成としている。

【0005】

そして、マグネットトルクの最大となる電流位相がリラクタンストルクの最大となる電流位相の方にずれて、マグネットトルクの最大点とリラクタンストルクの最大点とが近付くため合計トルクが向上するものである（例えば、特許文献2参照。）。

20

【0006】

また、さらに別の従来の永久磁石形同期回転電機のロータは、薄肉の円盤状の電磁鋼板を積層したロータコアの内部に界磁となる永久磁石を埋設し、ロータコアの各極間に、洩れ磁束防止用の抜き穴を設け、この抜き穴間に長方形の永久磁石挿入穴を円周方向に対し所定の傾斜角で斜めに施し、これに着磁した永久磁石を挿入した構成で、総磁束量が増し、電流の位相制御を行うことでリラクタンストルクを増大できるとともに、リラクタンスに方向性が生じ、回転方向が決まっている場合は、起動・変速が楽になるものである（例えば、特許文献3参照。）。

30

【0007】

【特許文献1】特開平8-336246号公報（第3-4頁、第1図）

【特許文献2】特開2000-287393号公報（第3-4頁、第1-2図）

【特許文献3】特開平8-33246号公報（第3頁、第1図）

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

上述のように構成された従来のモータは、共にマグネットトルクのピークとリラクタンストルクのピークの位相差を近づける効果はあるものの、コストと性能効率の両立という点では、十分な構造とは言えなかった。例えば、従来の永久磁石付ロータは、磁石挿入孔内の全領域に永久磁石を配置しているため、高効率にはなるがコストが高くなっていた。また、他の従来の電動機ロータでは、フラックスバリアの断面積を大きく構成する必要がある都合上、永久磁石を小さくせざるを得ず、マグネットトルクの低下を招き、十分な性能効率が得られなかった。また、さらに別の従来の永久磁石形同期回転電機ロータでも同様に、永久磁石量の不足から高トルク化、高効率化に不向きな構造であった。

40

【0009】

そして、永久磁石型モータの主要材料である電磁鋼板、巻線、永久磁石のうち、永久磁石が最も高価であり、一般的に永久磁石型モータに占める永久磁石のコストは、30~50%と大きな比率を占めている。そのため、低コストで高効率を両立した磁石型モータを得るためには、永久磁石の使用量を極力削減しつつ、高トルクを生み出す構造が求められ

50

る。

【0010】

この発明は、上記のような課題を解決するためになされたもので、モータのコストの大半を占める永久磁石のコストを極力抑えつつ、高効率な永久磁石型モータを得ることを目的としている。

【課題を解決するための手段】

【0011】

この発明に係る永久磁石型モータは、積層鉄心からなり、周方向に配置されたスロットと、隣接するスロットの間に形成されたティースと、前記スロットに收容されたコイルとからなる固定子と、前記ティースの内周部に空隙を介して対向し、N極とS極が交互に着磁された永久磁石を配置した回転子からなる永久磁石型モータにおいて、前記回転子の回転子鉄心内部に設けた磁石挿入孔と、前記磁石挿入孔内の挿入される永久磁石の両端部より回転子鉄心端部の周方向へ前記永久磁石と略同じ半径方向幅で回転子鉄心外周部に沿って滑らかに湾曲して延びた空間部とを備え、前記磁石挿入孔内の空間部と回転子鉄心外周部の間に設けた外周ブリッジ部の寸法を回転子の磁極中心に向かうにつれて滑らかに大きくなるように構成したものである。

【発明の効果】

【0012】

この発明に係る永久磁石型モータは、積層鉄心からなり、周方向に配置されたスロットと、隣接するスロットの間に形成されたティースと、前記スロットに收容されたコイルとからなる固定子と、前記ティースの内周部に空隙を介して対向し、N極とS極が交互に着磁された永久磁石を配置した回転子からなる永久磁石型モータにおいて、前記回転子の回転子鉄心内部に設けた磁石挿入孔と、前記磁石挿入孔内の挿入される永久磁石の両端部より回転子鉄心端部の周方向へ前記永久磁石と略同じ半径方向幅で回転子鉄心外周部に沿って滑らかに湾曲して延びた空間部とを備え、前記磁石挿入孔内の空間部と回転子鉄心外周部の間に設けた外周ブリッジ部の寸法を回転子の磁極中心に向かうにつれて滑らかに大きくなるように構成したので、磁束の変化を滑らかにすることにより、鉄損を抑制することが可能であり、鉄損を抑制した分を永久磁石の使用量の削減に振り向けることで、コストを抑制した高効率な永久磁石型モータを得ることができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0013】

実施の形態1.

図1はこの発明の実施の形態1による永久磁石型モータの断面図である。図において、1は周方向に配置された内周面に軸方向に延びる9個のスロット2が設けられている円筒状の固定子鉄心であり、厚み0.35~0.5mm程度の薄い電磁鋼板を一枚一枚打ち抜いて所定の枚数を積層することで構成されている。そして、隣接するスロット2の間にはティース部3が形成されている。このティース部3は、外径側から内径側にかけて略並行の形状を有しており、内径側の先端部になるにつれ、その両サイドが周方向に広がる傘状の構造となっている。

【0014】

また、隣接するティース部3の先端部の間には、0.5~4mm程度のスロットオープニングを設けることで、固定子5および回転子から発する磁束が隣接するティース部3間同士でショートして出力の低下を招くのを防止している。4はティース部3に銅線を直接巻き付けた集中巻のコイルであり、3相Y結線、または3相結線が施されている。5は固定子鉄心1及びコイル4を有する固定子である。

【0015】

固定子5の軸線上に配置され、固定子5に対して回転可能な回転子軸6に固定されている回転子9と、前記固定子5との間には、0.3mm~1mm程度の空隙10が設けられ、回転子軸6を中心に回転可能な構成となっている。回転子鉄心7は、固定子と同様に電磁鋼板を一枚一枚打ち抜いて積層した構成で、リベット11などで固定することで電磁鋼板が

10

20

30

40

50

ばらばらにならないよう保持されている。

【 0 0 1 6 】

回転子鉄心 7 の内部には、磁石挿入孔 1 5 が配置されている。磁石挿入孔 1 5 は、同一極内に並列に 2 個設けられ 2 層構造に形成され、回転子鉄心 7 の外周側に設けた磁石挿入孔 1 5 a とこの磁石挿入孔 1 5 a の内周部に設けた長さが異なる磁石挿入孔 1 5 b によって構成している。図 1 では、外周側に設けた磁石挿入孔 1 5 a より内周部に設けた磁石挿入孔 1 5 b の方が長い挿入孔として設けられている。それぞれの磁石挿入孔 1 5 a、1 5 b の内部には、平板形状のネオジウム、鉄、ボロンを主成分とする焼結希土類永久磁石 8 a、8 b が埋め込まれた構造となっている。

【 0 0 1 7 】

また、この回転子軸 6 を中心として半径方向に 2 層構造に形成した磁石挿入孔 1 5 の内、回転子鉄心 7 の外周側に設けた磁石挿入孔 1 5 a に埋め込む永久磁石 8 a の周方向長さを前記磁石挿入孔 1 5 a の周方向長さに対して  $2/3$  以下に小さくなるようにするとともに、前記永久磁石 8 a を磁石挿入孔 1 5 a の回転子回転方向側に偏らせて配置されている。そして、回転子の周方向に隣接する磁石挿入孔 1 5 の間には極間ブリッジ部 1 2 が設けられ、磁石挿入孔 1 5 a の両端部と回転子鉄心外周部の間に設けられた外周ブリッジ部 1 3 と結合されて一体構造をなしている。

【 0 0 1 8 】

以上のように回転子鉄心 7 の外周側に埋め込んだ永久磁石 8 a の周方向長さを設けられた磁石挿入孔 1 5 a より小さくなるように構成するとともに、永久磁石を回転子の回転方向側に偏らせて配置することにより、図 2 に示すように、マグネットトルク（図中の点線表示）のピークとリラクタンストルク（図中の一点鎖線表示）のピークの位相を電気角で  $35$  度前後にまで近づけることができ、マグネットトルクとリラクタンストルクの和である合成トルク（図中の実線表示）を向上し、高効率でコストを抑えた永久磁石型モータを実現することができる。

【 0 0 1 9 】

なお、固定子巻線が集中巻の場合を例に述べたが、固定子巻線を分布巻としても同様な効果が得られる。また、永久磁石 8 の材質として焼結希土類磁石を例に述べたが、その他に如何なる永久磁石であっても同様な効果が得られる。また、永久磁石の配向方向については、如何なる配向方向であっても効果は得られるが、特に、配向方向を回転方向側に傾けることにより、マグネットトルクのピークの位相を進み位相側へシフトさせる効果があり、更なる高効率となる効果が得られる。

【 0 0 2 0 】

また、上述の 2 層構造に形成した磁石挿入孔と外周側の永久磁石 8 a を回転方向側に偏らせて配置するとともに、回転子鉄心内部に設けた磁石挿入孔 1 5 a、1 5 b の形状として、図 3 に示すように内周部に設けた磁石挿入孔 1 5 b の反回転方向側の端部だけを回転子鉄心の外周側に屈曲させた非対称形状の構造や、図 4 に示すように外周側に設けた磁石挿入孔 1 5 a と内周部に設けた磁石挿入孔 1 5 b の間隔を回転方向側に広くした非対称形状の構造や、さらには、図 5 に示すように磁石挿入孔 1 5 の形状を軸中心に向けて凸形状となるへの字の非対称形状とすること、つまり磁極の中心がその極の寸法中心（図 5 中の  $1/2 * A$  のライン）よりも回転方向にずれていることで、リラクタンストルクのピークの位相を遅れ位相側へシフトさせる効果があり、マグネットトルクのピークとリラクタンストルクのピークの位相差を  $25$  度前後にまで近づけることができ、より一層高効率な永久磁石型モータを得ることができる。

【 0 0 2 1 】

さらには、図 6 で示すように、回転子鉄心 7 の外周側に設けた磁石挿入孔 1 5 a に埋め込んだ永久磁石 8 a を回転方向側の第 1 永久磁石 8 a 1 と反回転方向側の第 2 永久磁石 8 a 2 に分割して配置し、回転方向側に配置した第 1 永久磁石 8 a 1 の残留磁束密度に対し、反回転方向側に配置した第 2 永久磁石 8 a 2 の残留磁束密度を小さくなるように構成することで、マグネットトルクを向上でき、モータの高トルク化、及び高効率化を実現でき

10

20

30

40

50

るとともに、反回転方向側に残留磁束密度の小さい比較的安価な第2永久磁石8a2を使用することでコストアップを抑制することができる。

#### 【0022】

実施の形態2.

図7は本発明の実施の形態2における永久磁石型モータの回転子の断面図を、図8に図7の回転子極間部の部分拡大図を示す。ここで、固定子側は実施の形態1で説明した固定子と同じため、その説明は省略し、以下回転子の構成について説明する。

図中、7は回転子鉄心であり、回転子鉄心7の内部には、磁石挿入孔15が配置され、N極とS極が交互に着磁された永久磁石8が埋め込まれた構成となっている。隣接する磁石挿入孔15の間には極間ブリッジ部12が設けられ、磁石挿入孔15の両端部に設けられた外周ブリッジ部13と結合されて一体構造をなしている。

#### 【0023】

また、磁石挿入孔15の両端部形状はその内部に挿入される永久磁石の端部より回転子鉄心外周部に沿って滑らかに湾曲した湾曲空間部14を有しており、前記磁石挿入孔15の両端部の湾曲空間部14と回転子鉄心外周部の間に設けた外周ブリッジ部13の寸法を回転子の磁極中心に向かうにつれ滑らかに大きくなるように構成されている。本例の要部拡大図を示す図8では、磁石挿入孔の最端部に対向する外周ブリッジ部13の寸法をW1、前記湾曲空間部終点に対向する外周ブリッジ部13の寸法をW2とした場合、 $W1 = 0.5\text{ mm}$ に対し、 $W2 = 2\text{ mm}$ となるように構成されている。

#### 【0024】

以上のように、永久磁石型モータの回転子を構成することで、磁束の変化を正弦波状に滑らかにすることができ、鉄損を抑制することが可能である。また、鉄損を抑制した分を永久磁石の使用量削減に振り向けることができ、モーターコストを極力抑制しつつ、高効率な永久磁石型モータを得ることができる。

#### 【0025】

なお、図7、8では湾曲空間部14を除く磁石挿入孔の断面形状を長方形として構成したが、この形状に限るものではなく、例えば、図9で示すような回転子の軸側に凸となる円弧形状や、図10で示すような回転子の軸側に凸となるV字形状など、どのような形状であっても同様な効果を得ることができる。また、この実施例では固定子巻線が集中巻の場合を例に述べたが、固定子巻線を分布巻としても同様な効果が得られる。また、永久磁石8として、希土類磁石を例に述べたが、その他かに如何なる永久磁石であっても同様な効果が得られる。また、永久磁石の配向方向についても、平行配向やラジアル配向など、如何なる配向であっても同様な効果が得られることは言うまでもない。

#### 【0026】

実施の形態3.

図11は本発明の実施の形態3における永久磁石型モータの回転子の断面図である。回転子鉄心7の内部に配設された磁石挿入孔15は、同一極内に並列に2個設けられ2層構造に形成され、回転子鉄心外周側に設けた磁石挿入孔15aと、この磁石挿入孔15aの内周部に設けた磁石挿入孔15bによって構成されている。それぞれの磁石挿入孔15a、15bの内部には、N極とS極とが交互になるように着磁されたネオジウム、鉄、ポロンを主成分とする平板状の焼結希土類永久磁石8a、8bが埋め込まれた構成となっている。

#### 【0027】

そして、隣接する磁石挿入孔15a、15bの間には極間ブリッジ部12が設けられ、磁石挿入孔15aの両端部と回転子鉄心外周部の間に設けられた外周ブリッジ部13と結合されて一体構造をなしている。また、磁石挿入孔15a、15bの内、回転子鉄心7の外周部とN極とS極の極間部に隣接する磁石挿入孔15aの両端部形状は回転子鉄心外周部に沿って滑らかに湾曲した湾曲空間部14を有しており、前記磁石挿入孔15両端部の湾曲空間部14と回転子鉄心外周部の間に設けた外周ブリッジ部13の寸法を回転子の磁極中心に向かうにつれ滑らかに大きくなるように構成されている。具体的には、磁石挿入

孔の最端部に対向する外周ブリッジ部 13 の寸法を W1、前記湾曲部終点に対向する外周ブリッジ部 13 の寸法を W2 とした場合、W1 に対し W2 の寸法を 1.5 倍以上となるように構成されている。

【0028】

以上のように永久磁石型モータの回転子を構成することで、磁束の変化を滑らかにすることができ、鉄損を抑制できるとともに、マグネットトルクとリラクタンストルクの位相を近づけることにより、合成トルクを向上し、高効率な永久磁石型モータを実現できる。

【0029】

なお、本実施の形態では、上記湾曲空間部 14 を除く磁石挿入孔の断面形状を長方形になるように構成したが、この形状に限るものではなく、図 12 で示すように回転子の軸側に凸となる円弧状の磁石挿入孔 15b の両端に湾曲空間部を設けた形状や、図 13 で示すように回転子の軸側に凸となる V 字形状の磁石挿入孔 15b の両端に湾曲空間部を設けた形状や、また図示しないが、円弧状と長方形形状の組合せ、V 字形状と長方形形状の組合せ、非対称形状との組合せなど、どのような形状であっても同様な効果を得ることができる。

10

【0030】

また、本実施例では固定子巻線が集中巻の場合を例に説明したが、固定子巻線を分布巻としても同様な効果が得られる。また、永久磁石 8 として、希土類磁石を例に説明したが、その他に如何なる永久磁石であっても同様な効果が得られる。また、永久磁石の配向方向についても、平行配向、ラジアル配向など、如何なる配向方向であっても同様な効果が

20

【図面の簡単な説明】

【0031】

【図 1】本発明の実施の形態 1 に係る永久磁石型モータの断面図である。

【図 2】本発明の実施の形態 1 に係る永久磁石型モータの位相角に対するトルク特性図である。

【図 3】本発明の実施の形態 1 に係る回転子の断面図である。

【図 4】本発明の実施の形態 1 に係る回転子の断面図である。

【図 5】本発明の実施の形態 1 に係る回転子の断面図である。

【図 6】本発明の実施の形態 1 に係る回転子の断面図である。

30

【図 7】本発明の実施の形態 2 に係る永久磁石型モータの回転子の断面図である。

【図 8】図 7 の回転子断面の要部拡大図である。

【図 9】本発明の実施の形態 2 に係る他の回転子の断面図である。

【図 10】本発明の実施の形態 2 に係るさらに他の回転子の断面図である。

【図 11】本発明の実施の形態 3 に係る永久磁石型モータの回転子の断面図である。

【図 12】本発明の実施の形態 3 に係る他の回転子の断面図である。

【図 13】本発明の実施の形態 3 に係るさらに他の回転子の断面図である。

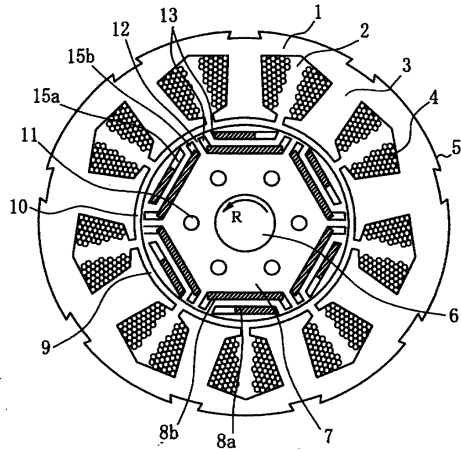
【符号の説明】

【0032】

1 固定子鉄心、 2 スロット、 3 ティース、 4 コイル、 5 固定子、  
6 回転子軸、 7 回転子鉄心、 8 永久磁石、 9 回転子、 10 空隙、 1  
1 リベット、 12 極間ブリッジ部、 13 外周ブリッジ部、 14 湾曲空間部、  
15 磁石挿入孔。

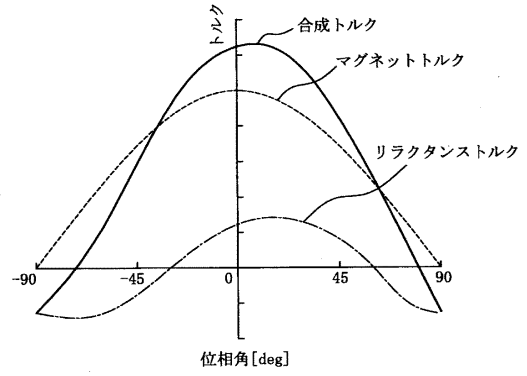
40

【図1】

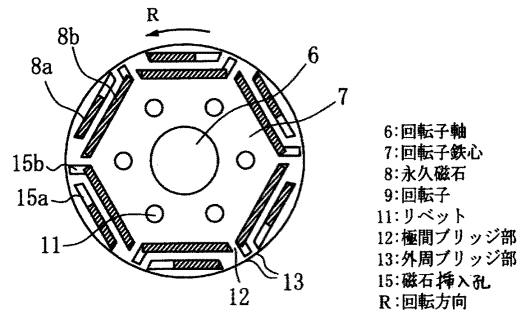


- 1: 固定子鉄心
- 2: スロット
- 3: テール
- 4: コイル
- 5: 固定子
- 6: 回転子軸
- 7: 回転子鉄心
- 8: 永久磁石
- 9: 回転子
- 10: 空隙
- 11: リベット
- 12: 極間ブリッジ部
- 13: 外周ブリッジ部
- 15: 磁石挿入孔
- R: 回転方向

【図2】

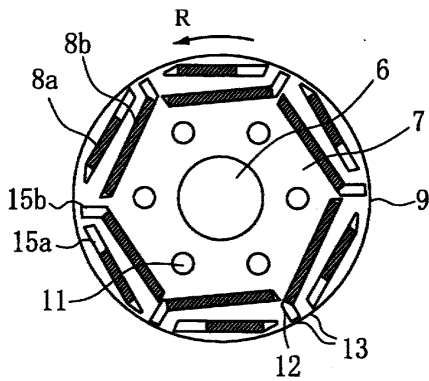


【図3】

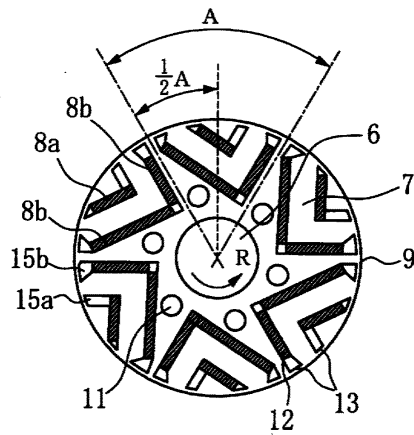


- 6: 回転子軸
- 7: 回転子鉄心
- 8: 永久磁石
- 9: 回転子
- 11: リベット
- 12: 極間ブリッジ部
- 13: 外周ブリッジ部
- 15: 磁石挿入孔
- R: 回転方向

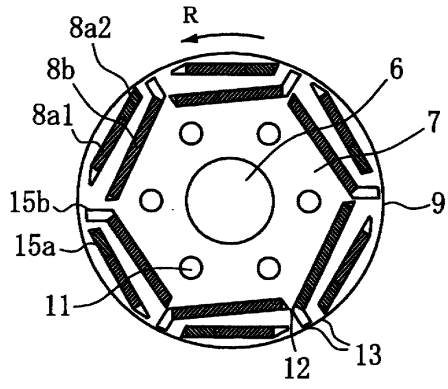
【図4】



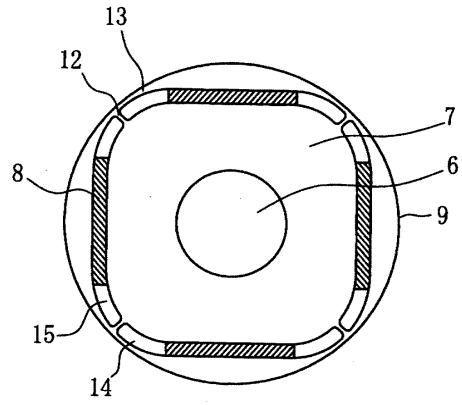
【図5】



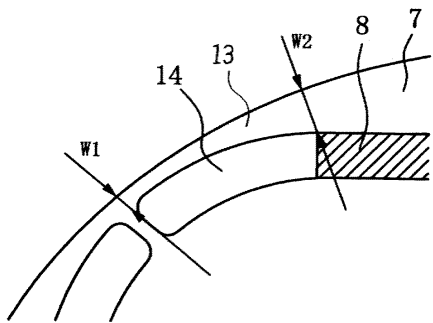
【図6】



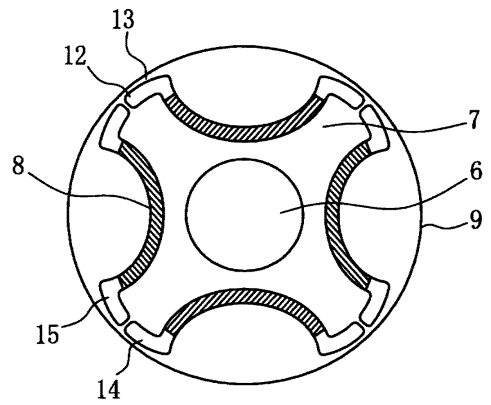
【図7】



【図8】

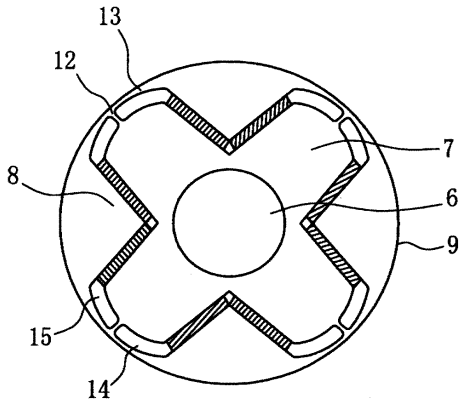


【図9】

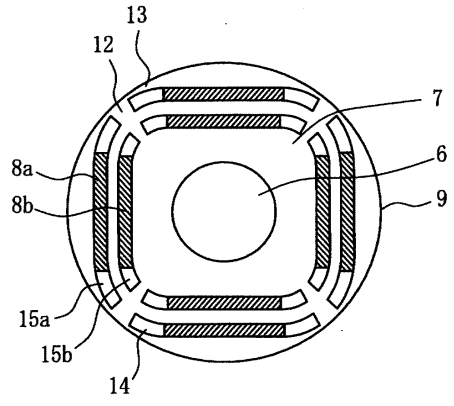




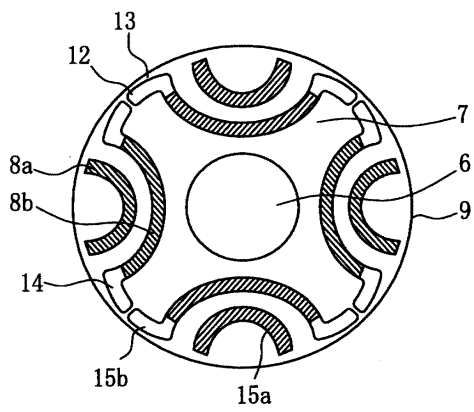
【図10】



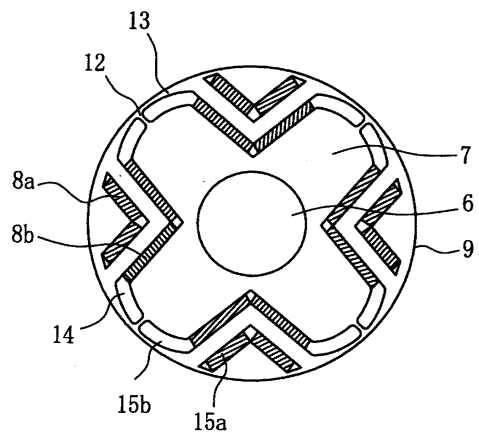
【図11】



【図12】



【図13】



---

フロントページの続き

- (72)発明者 吉野 勇人  
東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三菱電機株式会社内
- (72)発明者 滝田 芳雄  
東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三菱電機株式会社内

審査官 三島木 英宏

- (56)参考文献 特開2000-217287(JP,A)  
国際公開第02/078151(WO,A1)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
- |      |       |
|------|-------|
| H02K | 1/27  |
| H02K | 21/14 |