

(19) 日本国特許庁(JP)

## (12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5265615号  
(P5265615)

(45) 発行日 平成25年8月14日(2013.8.14)

(24) 登録日 平成25年5月10日(2013.5.10)

(51) Int.Cl.

H02K 1/27 (2006.01)

F 1

H02K 1/27 501A  
H02K 1/27 501M  
H02K 1/27 501K

請求項の数 3 (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願2010-111429 (P2010-111429)  
 (22) 出願日 平成22年5月13日 (2010.5.13)  
 (65) 公開番号 特開2011-239650 (P2011-239650A)  
 (43) 公開日 平成23年11月24日 (2011.11.24)  
 審査請求日 平成24年3月28日 (2012.3.28)

特許権者において、権利譲渡・実施許諾の用意がある。

早期審査対象出願

前置審査

(73) 特許権者 306018712  
 西村 正志  
 山口県山口市平井1575番地5  
 (73) 特許権者 510076764  
 西村 宏之  
 山口県山口市平井1575番地5  
 (74) 代理人 100111132  
 弁理士 井上 浩  
 (72) 発明者 西村 正志  
 山口県山口市平井1575番地5  
 審査官 田村 耕作

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】永久磁石埋め込み回転子

## (57) 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

回転磁界を発生する円筒状の固定子の内部に挿設され前記回転磁界と同期して回転する永久磁石埋め込み回転子において、

磁性金属からなる円柱体と、非磁性材から形成されるスペーサとから構成される回転子コアと、

この回転子コアに外挿され、良導電性かつ非磁性の金属である金、銀、銅、アルミニウム又はそれらの中から少なくとも2種選択してなる合金からなる円筒体と、

この円筒体の内周面に一方の磁極が当接し、他方の磁極が前記円柱体に当接するよう前に記回転子コアに埋設される永久磁石と、

前記回転子コアの前記回転中心に嵌入される回転軸と、  
を備え、

前記永久磁石は、前記円筒体の周方向に見てN極とS極が前記内周面に対して交互に当接するよう偶数個配置され、

前記固定子が発生する回転磁界と前記永久磁石が発生する磁界に基づいて前記固定子と前記永久磁石の間に形成される磁束を前記円筒体が横切ることで前記円筒体に誘導電流が発生し、この誘導電流と前記磁束によって発生する力によって前記回転子を前記固定子の回転磁界に同期させることを特徴とする永久磁石埋め込み回転子。

## 【請求項 2】

前記回転軸は、ステンレスによって形成されることを特徴とする請求項1に記載の永久

10

20

磁石埋め込み回転子。

【請求項 3】

隣接する 1 組の前記永久磁石を第 1 の永久磁石とし、この第 1 の永久磁石の前記円柱体側の磁極に対して、逆の磁極を有する端部をそれぞれ近接させて前記回転子コアに埋設される平面視矩形状の第 2 の永久磁石を備えることを特徴とする請求項 1 又は請求項 2 に記載の永久磁石埋め込み回転子。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、モータや発電機等の回転電機に用いられる永久磁石埋め込み回転子に係り、10特に、固定子に電流を流して発生させた回転磁界と、回転子に埋め込まれた永久磁石との相互作用によって回転子を回転させる同期式の回転電動機に用いられる永久磁石埋め込み回転子に関する。

【背景技術】

【0002】

かご型誘導モータは構造が単純で頑丈なため、信頼性が高く、従来、産業界で最も多用されていた。しかし、近年では、高効率で高トルクが得られる永久磁石を使用した同期モータが省エネルギーの観点から注目を浴びている。このような同期モータの一種である同期式の回転電動機は、固定子のコイルに電流を流すことにより回転磁界を発生させ、この回転磁界を回転子の固定磁界に作用させて、回転子を回転させる構造となっている。固定磁界を発生させるために、回転子の外周面に永久磁石が貼り付けられた SPM モータ (Surface Permanent Magnet Motor) や回転子の中に永久磁石を埋め込んだ IPM モータ (Interior Permanent Magnet Motor) がある。こうした同期モータのみならず、同期発電機も含めた同期回転電機全般について、渦電流損失を低減させ、発熱が少なく、回転効率を向上させることが可能な回転子の構造について研究や開発が進められている。そして、それに関して既に幾つかの発明や考案が開示されている。20

【0003】

例えば、特許文献 1 には、「同期電動機のロータ構造」という名称で、渦電流損失を低減させて電動機の出力を向上させることができが可能なロータ（回転子）構造に関する発明が開示されている。30

特許文献 1 に開示された発明は、ロータコアの外周部分に、磁極の極数よりも多いマグネットが互いに絶縁した状態で配置された構造となっている。

渦電流損失はマグネットの寸法に比例することから、このような構造によれば、マグネットに発生する渦電流損失を減少させることができる。これにより、電動機の出力が向上する。

【0004】

特許文献 2 には、「永久磁石型回転電機のロータとその製造方法」という名称で、渦電流損失が極めて小さいシュリンクリングを備えた永久磁石型回転電動機のロータに関する発明が開示されている。40

特許文献 2 に開示された発明であるロータは、中央部が軸方向に傾斜した楔状の回転軸の外周に、同じく傾斜したスペーサ及び永久磁石を配置し、これらの外側に、同じく傾斜した繊維強化プラスチック製のシュリンクリングを外嵌めした構造となっている。

繊維強化プラスチックはステンレスよりも導電率が低いため、このような構造によれば、ステンレス製のシュリンクリングを用いる場合に比べて、渦電流損失を少なくすることができます。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献 1】特開平 11 - 98729 号公報50

【特許文献 2】特開平 10 - 225032 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

しかしながら、上述の従来技術である特許文献 1 に開示された発明においては、マグネットに発生する渦電流損失を低減させることができるもの、ロータコアに対するマグネットの接着面積が小さいため、高速回転時の遠心力によってマグネットが飛散し易いという課題があった。

【0007】

また、特許文献 2 に開示された発明においては、マグネットやスペーサを複雑な形状に加工しなければならないため、製造コストが高くなるという課題があった。 10

【0008】

本発明は、このような従来の事情に対処してなされたものであり、渦電流損失を低減させて回転効率を向上させるとともに、安価に製造することが可能な永久磁石埋め込み回転子を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0009】

上記目的を達成するため、請求項 1 記載の発明は、回転磁界を発生する円筒状の固定子の内部に挿設され回転磁界と同期して回転する永久磁石埋め込み回転子において、磁性金属からなる円柱体と、非磁性材から形成されるスペーサとから構成される回転子コアと、この回転子コアに外挿され、良導電性かつ非磁性の金属である金、銀、銅、アルミニウム又はそれらの中から少なくとも 2 種選択してなる合金からなる円筒体と、この円筒体の内周面に一方の磁極が当接し、他方の磁極が円柱体に当接するように回転子コアに埋設される永久磁石と、回転子コアの回転中心に嵌入される回転軸と、を備え、永久磁石は、円筒体の周方向に見て N 極と S 極が内周面に対して交互に当接するように偶数個配置され、固定子が発生する回転磁界と永久磁石が発生する磁界に基づいて固定子と永久磁石の間に形成される磁束を円筒体が横切ることで円筒体に誘導電流が発生し、この誘導電流と磁束によって発生する力によって回転子を固定子の回転磁界に同期させることを特徴とするものである。 20

このような構造においては、隣接する永久磁石の磁極同士が円柱体を介して磁気的に接続され、両者の間に磁路が形成され易くなる。これにより、漏れ磁束が大幅に減少し、発熱が少なくなる。また、固定子の磁極と永久磁石の磁極の間に形成される磁路が円筒体によって遮断されないため、永久磁石の磁極と固定子の磁極との間に強力な磁路が形成される。さらに、永久磁石埋め込み回転子の回転が、固定子で作られる回転磁界の回転速度よりも遅い場合、固定子と永久磁石の磁極間を通る磁束を非磁性金属の円筒体が横切ることになるため、円筒体にフレミングの法則に基づく力が作用する。これにより、円筒体が回転磁界に引っ張られ、その結果、永久磁石埋め込み回転子全体が回転する。加えて、例えば、円筒体にステンレスを用いる場合などに比べて渦電流損失が少ないという作用を有する。 30

さらに、円柱体に当接する永久磁石の N 極から出た磁束がそのまま S 極に戻るような磁路が形成され難いため、円柱体によって永久磁石の磁極同士が磁気的に接続されるという作用がより有効に發揮される。また、非磁性材のスペーサにより、円筒体に当接する側の永久磁石の磁極同士が近接せず、かつ、磁気的に接続されないという作用を有する。従って、凸極性が増す。 40

【0012】

請求項 2 記載の発明は、請求項 1 に記載の永久磁石埋め込み回転子において、回転軸は、ステンレスによって形成されることを特徴とするものである。

このような構造の永久磁石埋め込み回転子においては、永久磁石の磁極から円柱体を通って回転軸に至る磁路が形成され難いという作用を有する。

【0013】

50

20

40

50

請求項3記載の発明は、請求項1又は請求項2に記載の永久磁石埋め込み回転子において、隣接する1組の永久磁石を第1の永久磁石とし、この第1の永久磁石の円柱体側の磁極に対して、逆の磁極を有する端部をそれぞれ近接させて回転子コアに埋設される平面視矩形状の第2の永久磁石を備えることを特徴とするものである。

このような構造の永久磁石埋め込み回転子においては、第2の永久磁石によって、円柱体に当接する側の第1の永久磁石の磁極間に請求項1記載の発明よりもさらに強力な磁路が形成されるという作用を有する。

#### 【発明の効果】

##### 【0014】

本発明の請求項1記載の永久磁石埋め込み回転子によれば、回転磁界による吸着力を高めて、強い回転トルクを発生させることができる。この場合、固定子と回転子との空隙を大きくとることができ。従って、高速回転や長時間運転によって回転子が熱膨張して空隙が変化した場合でも、回転子と固定子の接触等による故障が発生し難い。また、脱調し難くなるため、回転効率が向上する。そして、回転子が回転磁界に同期しない場合でも、回転トルクを発生させて、回転状態を維持することができる。さらに、製造コストを安くすることができる。加えて、渦電流損失を低減させて発熱を抑えることができる。

10

##### 【0017】

本発明の請求項2記載の永久磁石埋め込み回転子によれば、漏れ磁束を少なくして永久磁石の磁極と固定子の磁極との間に強力な磁路を形成させることにより、回転磁界による吸着力を高めて、強い回転トルクを発生させることができる。

20

##### 【0018】

本発明の請求項3記載の永久磁石埋め込み回転子によれば、請求項1記載の発明よりもコンパクトでありながら高効率で、強い回転トルクを発生させることが可能である。

#### 【図面の簡単な説明】

##### 【0019】

【図1】(a)及び(b)はそれぞれ本発明の実施の形態に係る永久磁石埋め込み回転子の実施例1の外観斜視図及び平面図である。

【図2】(a)及び(b)はそれぞれ実施例1の永久磁石埋め込み回転子とその変形例を示す平面図である。

【図3】(a)は実施例1の永久磁石埋め込み回転子が単体の場合に発生する磁界を模式的に示した平面図であり、(b)は実施例1の永久磁石埋め込み回転子が固定子の内部に配置された状態を示す平面図である。

30

【図4】(a)は実施例1の永久磁石埋め込み回転子の動作を説明するための平面図であり、(b)は同図(a)の部分拡大図である。

【図5】本発明の実施の形態に係る永久磁石埋め込み回転子の実施例2の平面図である。

#### 【発明を実施するための形態】

##### 【0020】

本発明の永久磁石埋め込み回転子は、同期モータと同期発電機のどちらにも共通して使用できるが、以下、回転電動機の種類を特に限定することはせずに、その構造や作用・効果について説明する。

40

#### 【実施例1】

##### 【0021】

実施例1の永久磁石埋め込み回転子について図1乃至図4を用いて説明する(特に、請求項1及び請求項2に対応)。

図1(a)及び図1(b)はそれぞれ本発明の実施の形態に係る永久磁石埋め込み回転子の実施例1の外観斜視図及び平面図である。また、図2(a)及び図2(b)はそれぞれ本実施例の永久磁石埋め込み回転子とその変形例を示す平面図である。なお、図1(b)では、固定子を破線によって模式的に示している。

図1(a)に示すように、本実施例の永久磁石埋め込み回転子(以下、回転子1aといふ。)は、平面視して外周面から回転中心に向かって細長い矩形状に、偶数個の挿入溝3

50

が形成された回転子コア2と、金、銀、銅又はアルミニウムあるいはそれらの中から少なくとも2種選択してなる合金等の良導電性を有する非磁性金属からなり、回転子コア2に外挿される円筒体4と、円筒体4の内周面にN極とS極が交互に当接するように挿入溝3に埋設される永久磁石5a, 5bと、回転子コア2の回転中心に嵌入されるステンレス製の回転軸6とを備えている。また、回転子コア2は、外周面に挿入溝3の一部が形成され、電磁鋼板等の磁性金属からなる円柱体2aと、合成樹脂やアルミニウム又はセラミック等の非磁性材のスペーサ2bとからなる。なお、挿入溝3の深さは永久磁石5a, 5bの長さの半分未満となっている。また、回転子1aは、図1(b)に示すように、円周方向に複数のコイル8を有し、このコイル8への印加電圧を変化させることで回転磁界を発生させる円筒状の固定子7と同軸上に、かつ、内周面7aとの間に所定の空隙9が形成されるように配置されている。10

#### 【0022】

本実施例では、図2(a)に示すように回転子1aが6個の永久磁石5a, 5bを備えた構造となっているが、これに限定されるものではない。すなわち、永久磁石5a, 5bの数を図2(b)に示すように4個としても良い。また、2個や8個とすることもできる。ただし、後述するように、適切な磁気回路を形成するためには、永久磁石5a, 5bの数を少なくとも偶数個とする必要がある。さらに、図1及び図2に示した場合とは異なり、円筒体4の内周面に永久磁石5aのN極と永久磁石5bのS極をそれぞれ当接させた構造としても良い。

#### 【0023】

次に、回転子1aの動作について図3及び図4を用いて説明する。20

図3(a)は回転子1aが単体の場合に発生する磁界を模式的に示した平面図であり、図3(b)は回転子1aが固定子7の内部に配置された状態を示す平面図である。図4(a)は回転子1aの動作を説明するための平面図であり、図4(b)は図4(a)の部分拡大図であり、いずれも固定子7の内部に配置された状態の回転子1aを示している。また、図3(b)と図4(a)と図4(b)では、コイル8の磁極と回転子1a内の永久磁石5a, 5bとが作る磁路を説明するために、便宜上、コイル8をコイル8a, 8bの2種類に区別して図示している。さらに、図1及び図2に示した構成要素については同一の符号を付して、その説明を省略する。

#### 【0024】

既に説明したように、回転子1aでは、磁性金属の円柱体2aの外周面に設けられた挿入溝3に、永久磁石5a, 5bの一端が嵌合設置されている。これにより、永久磁石5a, 5bの磁極同士が円柱体2aを介して磁気的に接続され、両者の間に磁路が形成され易くなる。従って、回転子1aが単体の場合には、図3(a)に示すように、永久磁石5aのN極から出た磁束がスペーサ2bを通って永久磁石5aのS極に戻る磁路Bと、永久磁石5aのN極から出た磁束が永久磁石5bのS極に入る磁路Aと、永久磁石5bのN極から出た磁束が円柱体2aを通って永久磁石5aのS極に入る磁路Dと、永久磁石5bのN極から出た磁束がスペーサ2bを通って永久磁石5bのS極に戻る磁路Cが形成される。なお、永久磁石5a, 5bの間には非磁性材のスペーサ2bが配置されているため、磁路B及び磁路Cは、磁路A及び磁路Dに比べて形成され難くなっている。40

#### 【0025】

回転子1aにおいて固定子7のコイル8a, 8bによって磁界が作られると、図3(b)に示すように、永久磁石5aのN極から出た磁束がコイル8aのS極に入る磁路Eと、コイル8aのN極から出た磁束がコイル8bのS極に入る磁路Fと、コイル8bのN極から出た磁束が永久磁石5bのS極に入る磁路Gが形成される。そして、コイル8a, 8bに交流電流を印加して回転磁界を発生させると、回転子1aは回転磁界に同期して回転する。なお、回転子1aでは、永久磁石5a, 5bとコイル8a, 8bの間にそれぞれ形成される磁路E及び磁路Gを遮断しないように、良導電性を有する非磁性金属で円筒体4を形成するとともに、永久磁石5a, 5bとコイル8a, 8bの間の磁束が弱まらないよう、永久磁石5a, 5bの間に非磁性材のスペーサ2bを配置することで円筒体4側の磁

極同士を近接させない構造となっている。これにより、回転子 1 a の凸極性が増すため、コイル 8 a , 8 b の作る回転磁界による吸着力が強まる。

#### 【0026】

図 4 ( a ) に示すように、固定子 7 によって矢印 I の向きに回転する回転磁界が作られ、その回転速度よりも回転子 1 a の回転が遅い場合、円筒体 4 は、永久磁石 5 a , 5 b とコイル 8 a , 8 b の間の磁束 ( 磁路 E 及び磁路 G ) を矢印 I の逆向きに横切ることになる。この場合、フレミングの右手の法則により、紙面に対して垂直な方向に起電力が発生し、円筒体 4 に誘導電流が流れる。そして、この誘導電流により、円筒体 4 は、フレミングの左手の法則に基づく力を矢印 I の向きに受ける。その結果、回転子 1 a は矢印 I の向きに回転する。このように、回転子 1 a は、固定子 7 のコイル 8 a , 8 b が作る回転磁界に同期しない場合でも、回転磁界に引っ張られて回転する。これにより、回転状態が維持される。また、回転子 1 a では、円筒体 4 にはステンレスではなく、金、銀、銅又はアルミニウムあるいはそれらの中から少なくとも 2 種選択してなる合金等を用いているため、渦電流損失の発生が少ない。なお、永久磁石 5 a , 5 b の磁束密度や円筒体 4 の材質にもよるが、例えば、円筒体 4 が銅の場合には、厚さを 1 mm ~ 5 mm 程度とすると良い。この場合、磁気飽和し難いため、発熱を大幅に抑えることができる。また、本実施例では、回転軸 6 をステンレス製としているため、円柱体 2 a を通って回転軸 6 に至る磁路が形成され難い。これにより、漏れ磁束が減少するため、永久磁石 5 a , 5 b とコイル 8 a , 8 b の間にそれぞれ強力な磁路 E 及び磁路 G が形成される。なお、回転軸 6 には、ステンレス以外の非磁性金属を使用することもできるが、強度及び材料費を考慮すると、金、銀、銅やアルミニウム等よりもステンレスの方が望ましい。10

以上説明したように、回転子 1 a を同期電動機に用いることによれば、渦電流損失を低減させて、発熱を抑えることができる。また、回転磁界による吸着力が高まり、強い回転トルクが発生するため、固定子 7 と回転子 1 a との空隙 9 を大きくとることができます。従って、高速回転や長時間運転によって回転子 1 a が熱膨張して空隙 9 が変化した場合でも、回転子 1 a と固定子 7 の接触等による故障が発生し難い。さらに、脱調を防いで回転効率を高めることができる。また、回転子 1 a が固定子 7 の回転磁界に同期しない場合でも、回転トルクを発生させて、回転状態を維持することができる。加えて、回転子 1 a は構造が簡単であるため、安価に製造することが可能である。20

#### 【実施例 2】

#### 【0027】

実施例 2 の永久磁石埋め込み回転子について図 5 を用いて説明する（特に、請求項 3 に対応）。

図 5 は実施例 2 の永久磁石埋め込み回転子の平面図である。なお、図 1 乃至図 4 で示した構成要素については同一の符号を付して、その説明を省略する。

図 5 に示すように、本実施例の永久磁石埋め込み回転子（以下、回転子 1 b という。）は、実施例 1 の回転子 1 a において、両端にそれぞれ磁極が形成された平面視矩形状の永久磁石 5 c が、永久磁石 5 a , 5 b の円柱体 4 に当接する側の磁極に対して、それぞれ逆の磁極を近接させるとともに、円柱体 4 の外周面に埋め込まれるようにして配設された構造となっている。なお、本実施例では、永久磁石 5 c を円柱体 4 の外周面に埋設しているが、このような構造に限定されるものではなく、例えば、永久磁石 5 c を円柱体 4 の外周面に当接した状態で配設しても良い。40

#### 【0028】

回転子 1 b において固定子 7 のコイル 8 a , 8 b によって磁界が作られると、永久磁石 5 b の N 極から出た磁束が永久磁石 5 c を通った後、永久磁石 5 a の S 極に入る磁路 H が形成される。すなわち、永久磁石 5 c によって、円柱体 2 a 側の永久磁石 5 a , 5 b の磁極間に、実施例 1 の場合の磁路 D よりも強力な磁路 H が形成される。従って、回転子 1 b を同期電動機に用いることによれば、コンパクトでありながら、実施例 1 の場合よりもさらに高効率で、強い回転トルクを発生させることができるものである。

#### 【産業上の利用可能性】

30

40

50

## 【0029】

請求項1乃至請求項3に記載された発明は、同期式の回転電動機の回転子に対して適用可能である。

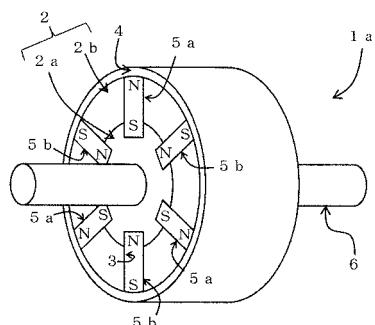
## 【符号の説明】

## 【0030】

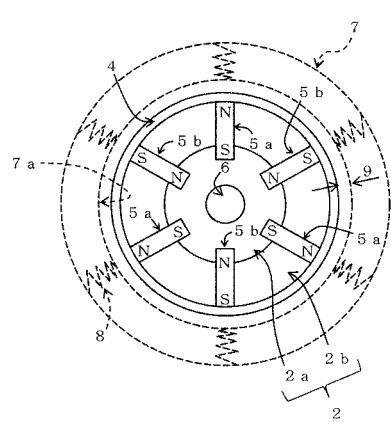
1a, 1b...回転子 2...回転子コア 2a...円柱体 2b...スペーサ 3...挿入溝  
 4...円筒体 5a~5c...永久磁石 6...回転軸 7...固定子 7a...内周面 8...コイル  
 8a, 8b...コイル 9...空隙 A~H...磁路 I...矢印

【図1】

(a)

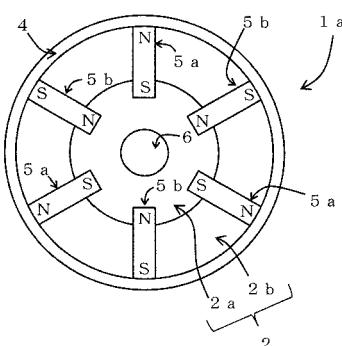


(b)

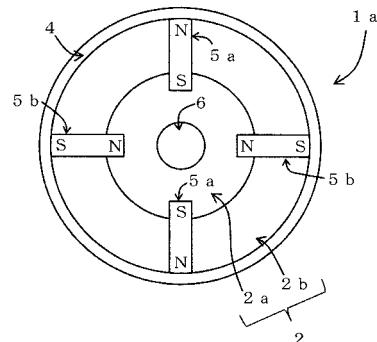


【図2】

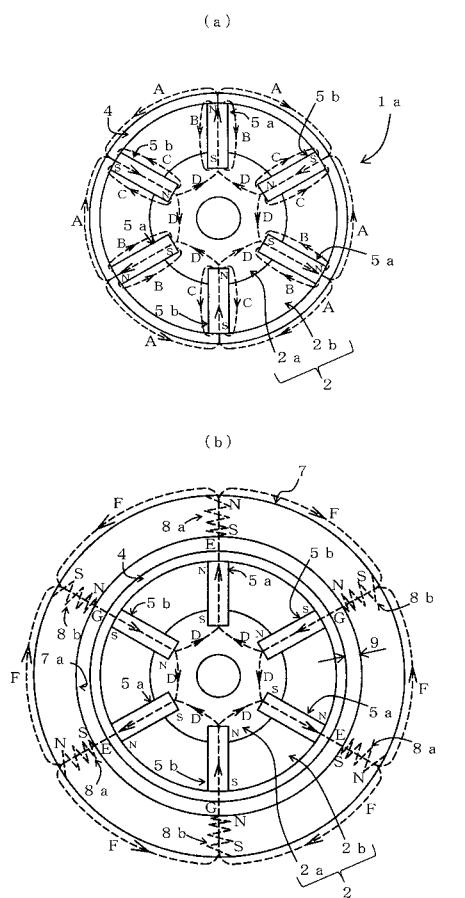
(a)



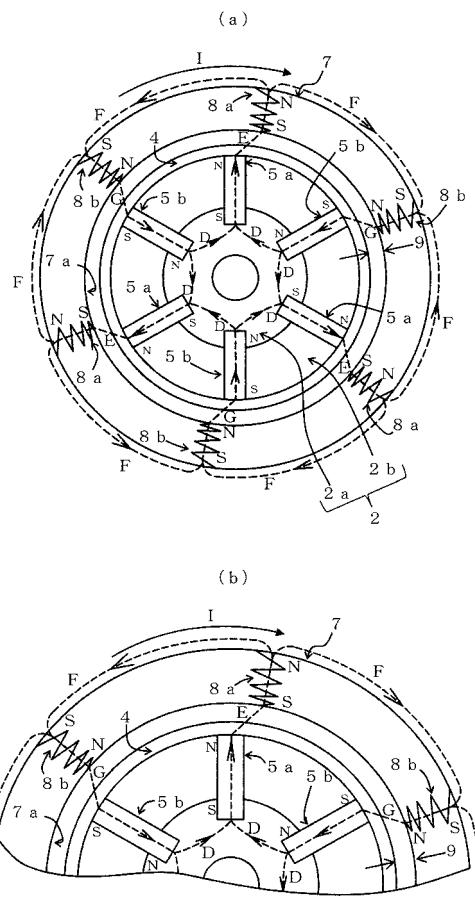
(b)



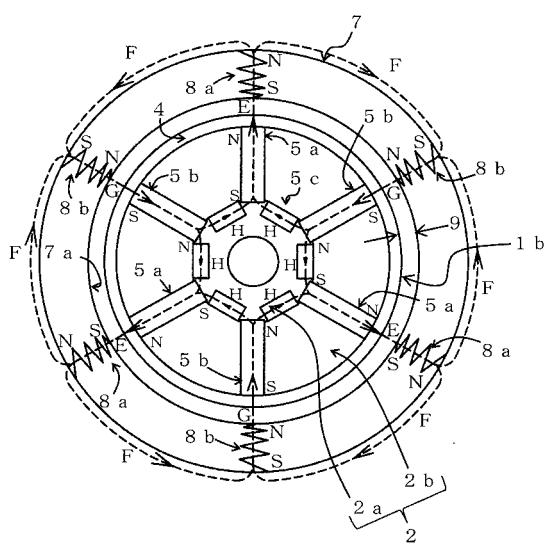
【図3】



【図4】



【図5】



---

フロントページの続き

(56)参考文献 実公昭33-5716(JP, Y1)  
特開昭63-23543(JP, A)  
特開2009-124925(JP, A)  
特開2005-45984(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H 02 K 1 / 27