

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6121002号
(P6121002)

(45) 発行日 平成29年4月26日 (2017. 4. 26)

(24) 登録日 平成29年4月7日 (2017. 4. 7)

(51) Int. Cl.

F I

H O 2 K 1/27 (2006. 01)

H O 2 K 1/27 5 O 1 H

H O 2 K 1/22 (2006. 01)

H O 2 K 1/22 Z

請求項の数 9 (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願2015-561134 (P2015-561134)
 (86) (22) 出願日 平成26年2月10日 (2014. 2. 10)
 (86) 国際出願番号 PCT/JP2014/053017
 (87) 国際公開番号 W02015/118682
 (87) 国際公開日 平成27年8月13日 (2015. 8. 13)
 審査請求日 平成28年1月25日 (2016. 1. 25)

(73) 特許権者 000006013
 三菱電機株式会社
 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号
 (74) 代理人 100110423
 弁理士 曾我 道治
 (74) 代理人 100111648
 弁理士 梶並 順
 (74) 代理人 100122437
 弁理士 大宅 一宏
 (74) 代理人 100147566
 弁理士 上田 俊一
 (74) 代理人 100161171
 弁理士 吉田 潤一郎
 (74) 代理人 100161115
 弁理士 飯野 智史

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 回転子

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

複数の磁極を有し且つ2段以上の段スキュー構造を有する回転子であって、
 前記回転子の回転子鉄心は、少なくとも段スキュー境界側に複数の突起を備えとともに、前記複数の磁極の外周に、前記段スキュー境界を覆うように装着された筒状の非磁性リングを備え、
 前記非磁性リングは、複数の内径膨出部を有しており、
 前記複数の磁極のそれぞれと前記複数の突起のそれぞれとが、対応する前記内径膨出部と当接している、
 回転子。

【請求項 2】

前記回転子鉄心の前記突起は、その突起の両隣にある一対の前記磁極に接する共通の接線よりも径方向外側に突出している、
 請求項1の回転子。

【請求項 3】

前記回転子の回転中心から前記突起の最外部までの径方向距離をL1とし、前記回転子の回転中心から前記磁極の最外部までの径方向距離をL2としたとき、

距離L1 距離L2である、

請求項1または2の回転子。

【請求項 4】

10

20

前記突起のそれぞれの長さは、前記磁極の長さと同じである、
請求項 1 ~ 3 の何れか一項の回転子。

【請求項 5】

前記突起は、前記段スキュー境界側にだけ設けられている、
請求項 1 ~ 3 の何れか一項の回転子。

【請求項 6】

前記突起のそれぞれの外周面は、平面視、径方向外側に膨らむ向きに湾曲した円弧状を
なすように形成されている、
請求項 1 ~ 5 の何れか一項の回転子。

【請求項 7】

前記突起を有する回転子鉄心は磁性材料からなり、前記突起は、隣接する一対の前記磁
極と非接触である、
請求項 1 ~ 6 の何れか一項の回転子。

【請求項 8】

前記突起を有する回転子鉄心部分は非磁性材料からなり、前記突起は、隣接する一対の
前記磁極と接触している、
請求項 1 ~ 6 の何れか一項の回転子。

【請求項 9】

前記複数の磁極と、前記複数の突起とは、周方向に等角ピッチで配置されている、
請求項 1 ~ 8 の何れか一項の回転子。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、回転電機の回転子に関するものである。

【背景技術】

【0002】

回転電機の回転子のなかには、回転子の周囲に装着した永久磁石を保持するための非磁
性リングを備えたものがある。

【0003】

例えば、特許文献 1 には、回転子鉄心と、複数の磁石と、非磁性リングとを少なくとも
含む回転子が開示されている。複数の磁石は、回転子鉄心の外周に、周方向に並べて固定
されており、非磁性リングは、それら複数の磁石を外側から囲むように設けられている。

【0004】

また、特許文献 2 には、コギングトルクやトルクリップルを低減させるために、回転子
を、上下段で周方向に所定角度ずらした段スキューとする構成が開示されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献 1】特開 2009 - 106065 号公報

【特許文献 2】特開 2011 - 55706 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

ここで、特許文献 2 に示されているように、回転子を段スキューの構成とする場合にお
いて、特許文献 1 に示された構成のように非磁性リングを永久磁石と接触させると、段ス
キュー境界周辺とその他の部位との間で、非磁性リングの周長差が大きくなり、過大な荷
重が非磁性リングに発生し、非磁性リングの座屈や破損が発生する場合がある。また、こ
れを回避すべく、段スキューの両方にわたって最大径となるように非磁性リングを構成し
て用いると、今度は、非磁性リングと磁石との圧接が不十分となる恐れがある。

【0007】

10

20

30

40

50

本発明は、上記に鑑みてなされたものであり、段スキュー境界周辺で非磁性リングの歪量増加を回避し、座屈や破損を回避することができる、回転電機の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】

【0008】

上述した目的を達成するため、本発明は、複数の磁極を有し且つ２段以上の段スキュー構造を有する回転子であって、前記回転子の回転子鉄心は、少なくとも段スキュー境界側に複数の突起を備えるとともに、前記複数の磁極の外周に、前記段スキュー境界を覆うように装着された筒状の非磁性リングを備え、前記非磁性リングは、複数の内径膨出部を有しており、前記複数の磁極のそれぞれと前記複数の突起のそれぞれとが、対応する前記内径膨出部と当接している。

10

【発明の効果】

【0009】

本発明によれば、段スキュー境界周辺で非磁性リングの歪量増加を回避し、座屈や破損を回避することができる。

【図面の簡単な説明】

【0010】

【図１】本発明の実施の形態１の回転電機の回転子（非磁性リング装着前）の斜視図である。

【図２】本発明の実施の形態１の回転電機の回転子（非磁性リング装着前）の平面図である。

20

【図３】本発明の実施の形態１の回転電機の回転子の斜視図である。

【図４】本発明の実施の形態１の回転電機の回転子の平面図である。

【図５】図４のＶ部の拡大図である。

【図６】段スキュー角５、８、１０°の場合それぞれに関し、各多角形状の非磁性リングに発生する歪量を示すグラフである。

【図７】段スキュー角１０°における、四角形状のコアの斜視図である。

【図８】段スキュー角１０°における、四角形状のコアおよび非磁性リングを示す図である。

【図９】本発明の実施の形態２の回転電機の回転子（非磁性リング装着前）の斜視図である。

30

【図１０】本発明の実施の形態２による回転電機の回転子の平面図である。

【発明を実施するための形態】

【0011】

以下、本発明の実施の形態について添付図面に基づいて説明する。なお、図中、同一符号は同一又は対応部分を示すものとする。

【0012】

実施の形態１．

図１および図２はそれぞれ、非磁性リング装着前の本実施の形態１の回転電機の回転子の斜視図および平面図である。図３は、本実施の形態１の回転電機の回転子の斜視図である。図４は、本実施の形態１の回転電機の回転子の上面図であり、図５は、図４のＶ部の拡大図である。

40

【0013】

図１～図５に示されるように、回転子１は、回転子第１段部２と、回転子第２段部３とを含んでいる。回転子第１段部２と回転子第２段部３とは、回転子軸４の延びる方向に並んでいる。また、回転子第１段部２と回転子第２段部３とは、周方向（回転方向）に関し、段スキュー角１０°だけずれている以外、同様に構成されている。

【0014】

回転子第１段部２は、回転子鉄心２１と、複数の永久磁石（磁極）２２とを備えている。回転子鉄心２１は、周方向に等間隔に配置された複数の突起２１１を備えた複数の電磁

50

鋼板（磁性材料からなる）を積層して構成されている。複数の永久磁石 2 2 は、対応する一対の突起 2 1 1 の間に貼り付けられており、且つ、それら一対の突起 2 1 1 とは非接触に配置されている。

【 0 0 1 5 】

回転子第 2 段部 3 も、回転子第 1 段部 2 と同様に構成されており、回転子鉄心 3 1 と、複数の永久磁石（磁極）3 2 とを備えている。回転子鉄心 3 1 は、周方向に等間隔に配置された複数の突起 3 1 1 を備えた複数の電磁鋼板（磁性材料からなる）を積層して構成されている。複数の永久磁石 3 2 は、対応する一対の突起 3 1 1 の間に貼り付けられており、且つ、それら一対の突起 3 1 1 とは非接触に配置されている。

【 0 0 1 6 】

複数の永久磁石と、複数の突起とは、周方向に等角ピッチで配置されている。本発明の一例である本実施の形態 1 では、段数は 2 であり、磁極数は 8 である場合を例示している。よって、回転子第 1 段部 2 および回転子第 2 段部 3 のそれぞれにおいて、永久磁石 2 2、3 2 および突起 2 1 1、3 1 1 はそれぞれ、8 つ設けられている。

【 0 0 1 7 】

本発明の回転子鉄心は、少なくとも境界 6 側に複数の突起を備えており、一例である本実施の形態 1 では、突起 2 1 1、3 1 1 はそれぞれ、対応する回転子第 1 段部 2 または回転子第 2 段部 3 における回転軸方向の全長にわたって連続して延びている。換言すれば、永久磁石 2 2、3 2 それぞれが、対応する回転子第 1 段部 2 または回転子第 2 段部 3 における回転軸方向の全長にわたって連続して延びており、突起 2 1 1、3 1 1 のそれぞれの長さ（回転軸方向長さ）は、永久磁石 2 2、3 2 の長さ（回転軸方向長さ）と同じである。また、突起 2 1 1、3 1 1 のそれぞれの外周面は、平面視、径方向外側に膨らむ向きに湾曲した円弧状をなすように形成されている。

【 0 0 1 8 】

また、回転子第 1 段部 2 および回転子第 2 段部 3 のそれぞれにおいて、回転子軸 4 の軸心（回転子の回転中心）から回転子鉄心 2 1、3 1 の突起 2 1 1、3 1 1 の最外部までの径方向距離を L_1 とし、突起 2 1 1、3 1 1 の曲率半径を R_1 とし、回転子軸 4 の軸心（回転子の回転中心）から磁極（永久磁石 2 2、3 2）の最外部までの径方向距離を L_2 とし、磁極（永久磁石 2 2、3 2）の曲率半径を R_2 としたとき、距離 L_1 距離 L_2 、且つ、曲率半径 $R_1 =$ 曲率半径 R_2 となるように、関係各部が構成されている。

【 0 0 1 9 】

さらに、回転子 1 は、非磁性リング 5 を含んでいる。非磁性リング 5 は、非磁性材料（例えばステンレス鋼）より形成された、平面視（回転子軸 4 の延びる方向に沿ってみて）、略正 16 角形状をなす筒部材である。

【 0 0 2 0 】

非磁性リング 5 は、回転子第 1 段部 2 および回転子第 2 段部 3 それぞれの 8 個の永久磁石 2 2、3 2 の外周と、回転子第 1 段部 2 および回転子第 2 段部 3 それぞれの 8 個の突起 2 1 1、3 1 1 の外周と、さらに、それら回転子第 1 段部 2 および回転子第 2 段部 3 の境界 6 の外周とを、覆うように装着されている。

【 0 0 2 1 】

非磁性リング 5 は、磁極の数と回転子鉄心の突起の数との和である 16 個の円弧状の内径膨出部 5 1 を備える。これにより、非磁性リング 5 の外形（外径）は、これらの複数の内径膨出部 5 1 を緩やかな稜線として結んだような略正 16 角形のループ状の輪郭を有している。

【 0 0 2 2 】

非磁性リング 5 は、その内径膨出部 5 1 の内周面（内径側の面）が複数個の磁極（永久磁石 2 2、3 2）のそれぞれと回転子鉄心の複数の突起のそれぞれの外周面と接触し、それぞれの磁極に対して径方向内側に向かう付勢力を与えている。

【 0 0 2 3 】

また、複数の磁極と回転子鉄心の複数の突起との全てに接する仮想外接円の周長を L_3

10

20

30

40

50

とし、非磁性リング5の内周長を L_4 としたとき、仮想外接円の周長 $L_3 >$ 非磁性リングの内周長 L_4 となるように、非磁性リング5が構成されている。

【0024】

また、回転子鉄心の突起は、その突起の両隣にある一対の磁極に接する共通の接線Cよりも径方向外側に突出している。

【0025】

ここで、磁極、回転子鉄心の突起、非磁性リングの構成を一般化して説明すると、回転電機の回転子の極数、つまり磁極の数を n とすれば、回転子鉄心の突起の数は n 、非磁性リングは正 $2n$ 角形状（正 m 角形状）に形成され、磁極と回転子鉄心の突起とは等ピッチで配置される。平面的にみて、回転子軸4の軸心を通り磁極の中央部を通る径方向の線と、回転子軸4の軸心を通り突起の中央部を通る径方向の線との、なす角度 θ は、

$$\theta = 360^\circ / 2n \cdots (1)$$

となる。

【0026】

次に、段スキュー角度に対する非磁性リングの角数と歪量との関係を、図6および図7を用いながら説明する。

【0027】

図6は、段スキュー角5、8、 10° の場合に、各多角形状の非磁性リングに発生する歪量を示したグラフである。ここで、非磁性リングの歪量 γ は、図7および図8に模式的にあらわしているように、段スキュー境界以外での回転子鉄心の周長を L_5 とし、段スキュー境界6での周長を L_6 とした場合、次の式(2)であらわされる。

$$\gamma = (L_6 - L_5) / L_5 \times 100 \cdots (2)$$

また周長 L_5 、 L_6 はそれぞれ、 m 角形において、対角線の長さの半分の a とし、対角線のなす角度を θ_m とし、段スキュー角 θ' とした場合、次の式(3)、式(4)であらわされる。

$$L_5 = m \times a \times \{2 \times (1 - \cos \theta_m)\}^{(1/2)} \cdots (3)$$

$$L_6 = m \times a \times \{2 \times (1 - \cos \theta')\}^{(1/2)} + m \times a \times \{2 \times (1 - \cos (\theta_m - \theta'))\}^{(1/2)} \cdots (4)$$

【0028】

そして、上記の式(2)を、式(3)および式(4)を用いてあらわすと、次の式(5)のように示すことができる。

$$\gamma = \{ (1 - \cos \theta')^{(1/2)} + (1 - \cos (\theta_m - \theta'))^{(1/2)} \} / \{ (1 - \cos \theta_m)^{(1/2)} \} \cdots (5)$$

【0029】

図7および図8は、回転子鉄心が正方形で段スキュー角 20° の場合の例であり、すなわち $m = 4$ 、 $\theta_m = 90^\circ$ 、 $\theta' = 10^\circ$ とした場合の説明図である。図6から、非磁性リングに発生する歪量は、角数が減るほど増加し、また、段スキュー角が大きくなるほど増加することが分かる。図7および図8の構成であれば、非磁性リングに発生する歪量は3.2%程度となる。

【0030】

図1～図5に示す構成の場合には、段スキュー角 10° 、非磁性リングの変形形状16角形であったので、すなわち、 $m = 16$ 、 $\theta_m = 22.5^\circ$ 、 $\theta' = 10^\circ$ の例であり、非磁性リングに発生する歪量は0.5%程度となる。これに対し、同じ段スキュー角 10° であって、回転子鉄心に突起が無くつまり非磁性リングの変形形状8角形の場合の構成では、すなわち、 $m = 8$ 、 $\theta_m = 45^\circ$ 、 $\theta' = 10^\circ$ の構成では、非磁性リングに発生する歪量は1.4%程度である。よって、回転子鉄心に突起を有する本実施の形態1では、回転子鉄心に突起が無い場合に比べて、非磁性リングに発生する歪量を、60%程度も低減することができる。

【0031】

以上に説明したように、本実施の形態1においては、回転子鉄心の磁石間に突起を設け

10

20

30

40

50

て、これに非磁性リングを配置して磁石と回転子鉄心の突起との両方で、非磁性リングと当接させるようにしたので、非磁性リングとの当接箇所をより多点にし、非磁性リングをより角数の多い多角形に変形させることができる。そして、このように非磁性リングをより角数の多い多角形に変形させることで、部品点数の増加や磁石と固定子の距離拡大を伴わずに、段スキューに伴う段スキュー境界付近での非磁性リングの歪量増加を回避し、座屈や破損を回避することができる。

【 0 0 3 2 】

実施の形態 2 .

次に、図 9 および図 10 に基づいて、本発明の実施の形態 2 ついて説明する。図 9 は、本発明の実施の形態 2 の回転電機 10 の回転子（非磁性リング装着前）の斜視図である。図 10 は、本発明の実施の形態 2 による回転電機 10 の回転子の平面図である。なお、本実施の形態 2 は、以下に説明する部分を除いては、上記実施の形態 1 と同様であるものとする。

【 0 0 3 3 】

本実施の形態 2 では、突起を、回転子の回転軸方向にわたって部分的（少なくとも境界側）に設けることを特徴とする。図 9 ~ 図 10 には、そのような本実施の形態 2 の特徴の一例を示している。本実施の形態 2 の回転子 7 は、実施の形態 1 と同様、回転子第 1 段部 8 と、回転子第 2 段部 9 とを含んでいる。回転子第 1 段部 8 と回転子第 2 段部 9 とは、回転子軸 4 の延びる方向に並んでいる。また、回転子第 1 段部 8 と回転子第 2 段部 9 とは、周方向（回転方向）に関し、段スキュー角 10° だけずれている以外、同様に構成されている。

【 0 0 3 4 】

回転子第 1 段部 8 は、回転子鉄心と、複数の永久磁石 8 2 2 とを備えているが、回転子第 1 段部 8 の回転子鉄心は、突起を備えていない電磁鋼板（磁性材料からなる）により形成された回転子鉄心部分 8 3 と、突起 8 1 1 を備えた非磁性材料により形成された回転子鉄心部分 8 1 とで構成されている。

【 0 0 3 5 】

同様に、回転子第 2 段部 9 も、回転子鉄心と、複数の永久磁石 8 2 2 とを備え、回転子第 2 段部 9 の回転子鉄心も、突起を備えていない電磁鋼板（磁性材料からなる）により形成された回転子鉄心部分 8 3 と、突起 8 1 1 を備えた非磁性材料により形成された回転子鉄心部分 8 1 とで構成されている。

【 0 0 3 6 】

回転子第 1 段部 8 の回転子鉄心部分 8 1 と、回転子第 2 段部 9 の回転子鉄心部分 8 1 とは、回転子第 1 段部 8 および回転子第 2 段部 9 の境界 10 側の領域に位置している。すなわち、回転子第 1 段部 8 の突起 8 1 1 と、回転子第 2 段部 9 の突起 8 1 1 とは、回転子第 1 段部 8 および回転子第 2 段部 9 の境界 10 側だけに設けられている。

【 0 0 3 7 】

また、回転子第 1 段部 8 の永久磁石 8 2 2 は、その側面が、突起 8 1 1 の側面と接触しており、回転子第 2 段部 9 の永久磁石 8 3 2 も、その側面が、突起 8 1 1 の側面と接触している。

【 0 0 3 8 】

かかる実施の形態 2 による回転電機 10 の回転子によれば、実施の形態 1 と同様の理由で段スキュー境界周辺において非磁性リングに発生する歪量を低減できるとともに、永久磁石を回転子鉄心の突起と接触させることで永久磁石の周方向の位置を確実に規制することができ、突起を備えた回転子鉄心部分を非磁性材料にすることで、永久磁石から磁束が漏れることによるトルク低下を回避することができる。

【 0 0 3 9 】

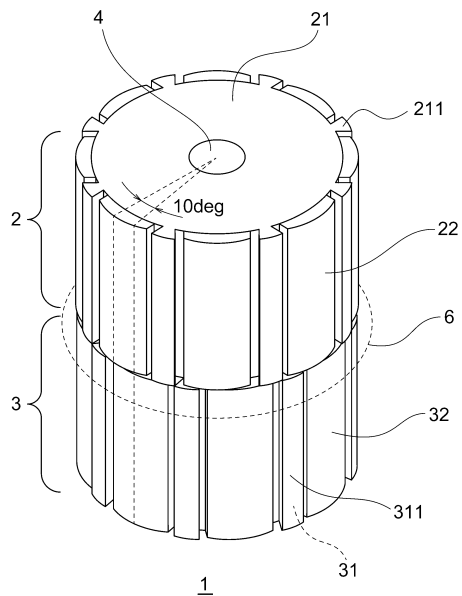
以上、好ましい実施の形態を参照して本発明の内容を具体的に説明したが、本発明の基本的技術思想及び教示に基づいて、当業者であれば、種々の改変態様を採り得ることは自明である。

【 符号の説明 】

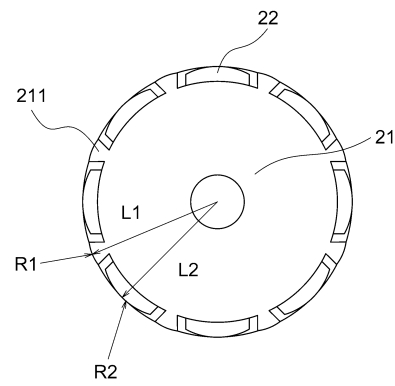
【 0 0 4 0 】

1、7 回転子、5 非磁性リング、6、10 境界、21、31 回転子鉄心、22、32、822、832 永久磁石（磁極）、211、311、811 突起、51 内径膨出部、81 回転子鉄心部分。

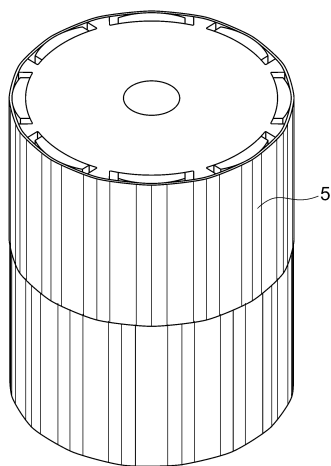
【 図 1 】



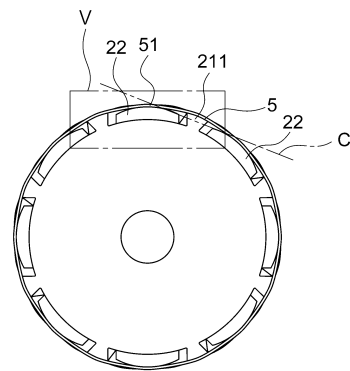
【 図 2 】



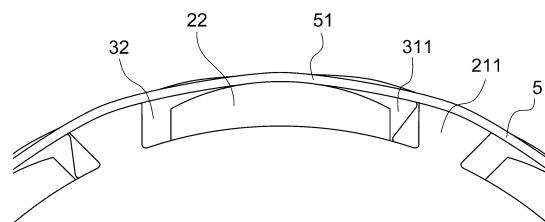
【図 3】



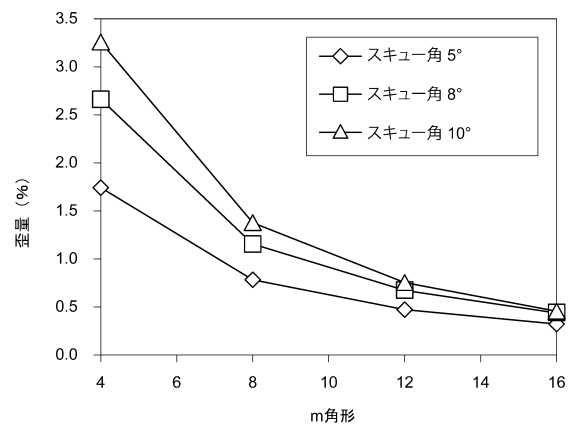
【図 4】



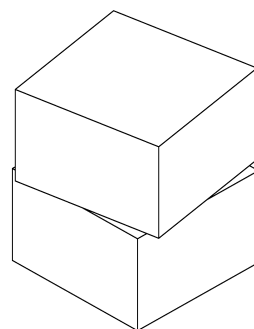
【図 5】



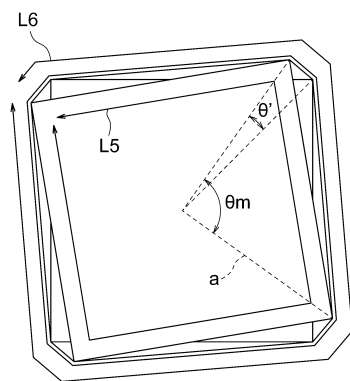
【図 6】



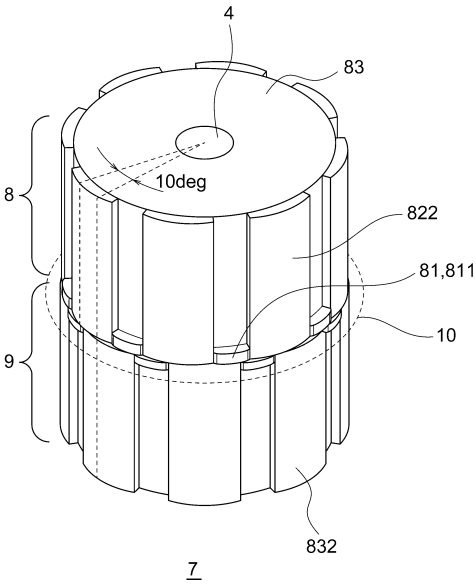
【図 7】



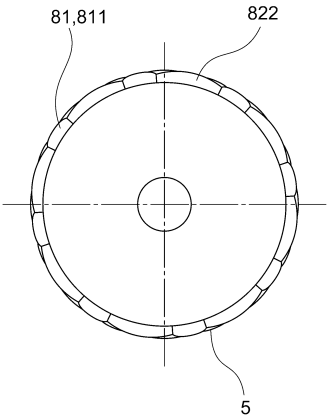
【図 8】



【図 9】



【図 10】



フロントページの続き

- (74)代理人 100117776
弁理士 武井 義一
- (72)発明者 有働 豊秋
東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内
- (72)発明者 阿久津 悟
東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内
- (72)発明者 堀 秀輔
東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内
- (72)発明者 市川 崇敬
東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内
- (72)発明者 滝澤 勇二
東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内

審査官 森山 拓哉

- (56)参考文献 国際公開第2011/155042(WO, A1)
特開平09-009539(JP, A)
米国特許出願公開第2007/0138891(US, A1)
特開2009-254103(JP, A)
特開2009-106065(JP, A)
特開2013-188075(JP, A)
特開2009-044797(JP, A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H02K 1/27