

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4492681号  
(P4492681)

(45) 発行日 平成22年6月30日(2010.6.30)

(24) 登録日 平成22年4月16日(2010.4.16)

(51) Int.Cl.	F I
<b>HO2K 1/27 (2006.01)</b>	HO2K 1/27 501A
	HO2K 1/27 501C
	HO2K 1/27 501K
	HO2K 1/27 502A
	HO2K 1/27 502C

請求項の数 4 (全 19 頁)

(21) 出願番号	特願2007-297866 (P2007-297866)	(73) 特許権者	000004260
(22) 出願日	平成19年11月16日(2007.11.16)		株式会社デンソー
(65) 公開番号	特開2009-124899 (P2009-124899A)		愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地
(43) 公開日	平成21年6月4日(2009.6.4)	(74) 代理人	100081776
審査請求日	平成21年5月18日(2009.5.18)		弁理士 大川 宏
		(72) 発明者	七條 彰哉
			愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会 社デンソー内
		(72) 発明者	草瀬 新
			愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会 社デンソー内
		(72) 発明者	水間 裕也
			愛知県名古屋市中区金山1丁目12番14 号金山総合ビル3F 株式会社エクシード 内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 同期機

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

リラクタンストルクを発生するための磁気突極部と、磁石トルクを発生するための永久磁石によりロータ周面に形成される磁石磁極とを有してステータに対面して回転するロータを備える同期機において、

前記磁気突極部の周方向中心位置を基準とする前記永久磁石の実質的周方向中心位置を電気角  $\theta/2$  から所定の角度  $\alpha$  だけずらせることにより、磁石トルクの高調波成分とリラクタンストルクとの和の振幅最大値を、前記磁気突極部の周方向中心位置を基準とする前記永久磁石の実質的周方向中心位置が電気角  $\theta/2$  である場合よりも変更し、

前記ロータは、前記ステータに同一向きに磁石磁束を与える向きに磁化された2つの前記永久磁石を前記磁気突極部毎に有し、

更に、前記ロータは、回転軸に固定された略円筒状のヨーク部と、前記ヨーク部の周面から電気角  $\theta$  ごとに径方向ステータ向きに突出する磁気突極部とを有する軟磁性のロータコアと、互いに周方向に隣接する一対の前記磁気突極部の間に位置して前記ステータに対面して周方向に延在する軟磁性のセグメントと、前記一対の磁気突極部のうちの回転方向前方側の前記磁気突極部の先端と前記セグメントの周方向前端との間に挟設される前側永久磁石と、前記一対の磁気突極部のうちの回転方向後方側の前記磁気突極部の先端と前記セグメントの周方向後端との間に挟設される後側永久磁石と、互いに周方向に隣接する前記一対の磁気突極部の基端部間に位置して周方向に延在する前記ヨーク部の周面を前記セグメントから所定の径方向幅だけ隔離するセグメント・ヨーク部間非磁性部とを有し、

10

20

前記セグメントは、周方向両側の前記前側永久磁石と前記後側永久磁石とから同一向きに磁化され、前記セグメントの周方向中心位置よりも、前記永久磁石のロータ周面上の1磁極分の磁石磁束の磁氣的な周方向中心位置が回転前方にシフトされていることを特徴とする同期機。

【請求項2】

前記前側永久磁石は、前記後側永久磁石よりも周方向に傾いていることを特徴とする請求項1に記載の同期機。

【請求項3】

前記前側永久磁石は、前記後側永久磁石よりも大型であることを特徴とする請求項1に記載の同期機。

10

【請求項4】

前記セグメントのステータ対向面における前記一对の前記磁気突極部の周方向中心位置よりも回転方向後方側に位置して形成された凹溝を有することを特徴とする請求項1～3のいずれか1項に記載の同期機。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、同期機に関し、特に磁石トルクとリラクタンストルクとを発生する同期機の改良に関する。

【背景技術】

20

【0002】

磁石トルク $T_m$ とリラクタンストルク $T_r$ とを発生する同期機（以下、リラクタンストルク併用磁石式同期機とも言う）が知られている。埋め込み磁石型同期機（IPM）は、最も良く知られているリラクタンストルク併用磁石式同期機である。

【0003】

リラクタンストルク $T_r$ は、 $q$ 軸インダクタンス $L_q$ と、 $d$ 軸インダクタンス $L_d$ とに差を設けることにより実現される。永久磁石の磁気抵抗が高いため $q$ 軸インダクタンス $L_q$ を $d$ 軸インダクタンス $L_d$ より大きくすることが一般的であるが、 $d$ 軸インダクタンス $L_d$ を $q$ 軸インダクタンス $L_q$ より大きくしてもよい。

【0004】

30

$q$ 軸インダクタンス $L_q$ を $d$ 軸インダクタンス $L_d$ より大きくする通常構造において、 $q$ 軸インダクタンス $L_q$ の増大のために磁気突極部が $q$ 軸位置に設けられ、永久磁石が $d$ 軸位置に設けられるのが通常である。

【0005】

磁気突極部は、ロータを構成する軟磁性体の外周面を電気角ごと径方向外側へ空間的に突出させる構造により実現できる他、軟磁性の円筒状ステータ内部にフラックスバリアを設けることによっても実現される。下記の特許文献1～4は、リラクタンストルク併用磁石式同期機の例を記載している。リラクタンストルク併用磁石式同期機は、マグネットトルク $T_m$ に加えてリラクタンストルク $T_r$ を発生できるので体格重量当たりのトルク、出力が大きいという利点を有することが広く知られている。

40

【特許文献1】特開2000-60038

【特許文献2】特開2001-339922

【特許文献3】特開2002-44920

【特許文献4】特開2003-324875

【発明の開示】

【0006】

（発明の目的）

しかしながら、リラクタンストルク併用磁石式同期機においてトルク向上を図ろうとすると、高価な希土類磁石の使用量が増大するという問題があった。

【0007】

50

本発明は上記問題点に鑑みなされたものであり、磁石使用量の増大を抑止しつつ、トルク増大が可能な同期機を提供することをその目的としている。

【0008】

(発明の要約)

上記課題を解決する本発明の同期機は、リラクタンストルクを発生するための磁気突極部と、磁石トルクを発生するための永久磁石によりロータ周面に形成される磁石磁極とを有してステータに対面して回転するロータを備える同期機において、前記ロータは、前記ステータに同一向きの磁石磁束を与える向きに磁化された2つの前記永久磁石を前記磁気突極部毎に有し、更に、前記ロータは、回転軸に固定された略円筒状のヨーク部と、前記ヨーク部の周面から電気角  $\theta$  ごとに径方向ステータ向きに突出する磁気突極部とを有する軟磁性のロータコアと、互いに周方向に隣接する一対の前記磁気突極部の間に位置して前記ステータに対面して周方向に延在する軟磁性のセグメントと、前記一対の磁気突極部のうちの回転方向前方側の前記磁気突極部の先端と前記セグメントの周方向前端との間に挟設される前側永久磁石と、前記一対の磁気突極部のうちの回転方向後方側の前記磁気突極部の先端と前記セグメントの周方向後端との間に挟設される後側永久磁石と、互いに周方向に隣接する前記一対の磁気突極部の基端部間に位置して周方向に延在する前記ヨーク部の周面を前記セグメントから所定の径方向幅だけ隔離するセグメント・ヨーク部間非磁性部とを有し、前記セグメントは、周方向両側の前記前側永久磁石と前記後側永久磁石とから同一向きに磁化され、前記セグメントの周方向中心位置よりも、前記永久磁石のロータ周面上の1磁極分の磁石磁束の磁氣的な周方向中心位置が回転前方にシフトされていることを特徴としている。

【0009】

このようにすれば、上記した磁石トルクの空間波形(周方向波形)の台形化による3次高調波成分の増大を容易に行うことができるとともに、磁石量を減らすことができる。また、磁石トルクの磁石トルクの空間波形(周方向波形)の台形化による3次高調波成分の増大を容易に行うことができるとともに、磁石量を減らすことができる。

【0010】

以下、更に詳しく説明する。磁石磁極により生じるマグネットトルク(磁石トルクとも言う)  $T_m$  の大きさは、ステータ電流又はそれにより形成される回転磁界(電流磁界とも言う)のベクトルと磁石磁極部の周方向中心との間の位相角  $\alpha$  が  $-\pi$  から  $+\pi$  まで変化する間にマグネットトルク波形として知られている波形で1サイクル変化する。同様に、主として磁気突極部の低磁気抵抗(大インダクタンス)により生じるリラクタンストルク  $T_r$  の大きさは、ステータ電流又はそれにより形成される回転磁界(電流磁界とも言う)のベクトルと磁気突極部の周方向中心との間の位相角  $\beta$  が  $-\pi$  から  $+\pi$  まで変化する間にリラクタンストルク波形として知られている波形で2サイクル変化する。

【0011】

従来のIPMでは、磁気突極部の周方向中心位置は通常q軸に配置され、磁石磁極の周方向中心位置はq軸に対して  $\pi/2$  離れたd軸に通常配置される。このため、磁石トルク  $T_m$  とリラクタンストルク  $T_r$  とを合成した合成トルク波形は図1に示すようになる。図1において、100は合成トルク波形、101は磁石トルク  $T_m$  の基本波の波形、102はリラクタンストルクの基本波の波形である。以下、磁石トルク  $T_m$  の基本波の周波数を1次、リラクタンストルクの基本波の周波数を2次とする。

【0012】

リラクタンストルク  $T_r$  が、主として磁気突極部の小さい磁気抵抗に起因することを考慮すると、ステータ電流ベクトルに対する磁気突極部の周方向中心位置の位相角を変化させることにより、図1において、リラクタンストルク波形は図1において、左右にシフトされることがわかる。このことは、リラクタンストルク波形を磁石トルク波形に対して図1の左右方向にシフトさせることにより、リラクタンストルクと磁石トルクとの合成波形を変更できることを意味する。つまり、磁石磁極の周方向中心位置に対する磁気突極部の周方向中心位置を周方向にシフトすることにより、合成トルク波形を変更できることを意

10

20

30

40

50

味する。明らかに、このシフトは、合成トルクが増大する向きに行われることが好適である。ただし、どの程度シフトすれば、合成トルクが増大するかを調べることは容易ではない。実験的に求めることは多大な負担を招く。

【0013】

本発明者が発見した合成トルク増大を図るための第1の方法は、図1から、リラクタンストルクの基本波(2次)波形102のピークと、磁石トルク $T_m$ の基本波(1次)波形101のピークとを近付ければ、合成トルクを増大させることができることがわかり、このためには、図1において波形102を左に電気角45度程度シフトすればよいことがわかる。

【0014】

本発明者が発見した合成トルク増大を図る第2の方法は、リラクタンストルクの基本波(2次)波形102に対して磁石トルク $T_m$ の3次高調波成分103のピークをなるべく近づけることである。これら二つの波形は図1からわかるように、電気角15度程度しか位相が異ならないので、磁石磁極と磁気突極部との間の位相角をわずかに変更するだけで、リラクタンストルクの基本波(2次)波形102のピークと磁石トルク $T_m$ の3次高調波成分103のピークとを略一致させることができる。この第2方法による位相シフトは、上記第1の方法による位相シフトによりも得られる合成トルク増大量は小さい。しかし、磁石磁極と磁気突極部との間の位相角の変更にはロータ構造の改変を伴う。位相シフト量が小さい第2の方法は、このロータ構造の改変負担が軽減されるという利点をもつ。

【0015】

このような磁気突極部の周方向中心位置と磁石磁極の実質的な周方向中心位置との間の位相角を $\theta/2$ からシフトするという技術思想及びそれにより得られる合成トルクの変更、増大という効果は従来まったく知られていなかったものである。なお、この明細書で言う磁石磁極の実質的な周方向中心位置とは、ロータ周面上の1磁極分の磁石磁束の磁気的な周方向中心位置を言うものとする。

【0016】

なお、各低磁気抵抗部の周方向中心は、それぞれ最も近接する磁石磁極部の周方向中心に対して周方向一方側(好適には合成トルク増大側へ)電気角5~25°の範囲で変位している。これにより、ロータ構造の改変負担を軽減しつつ同一仕様の従来のPMシンクロナスマータに比べて合成トルクを増大できる。

【0017】

また、ロータがステータに与える磁石磁束の周方向分布波形は、端部が周方向中央部よりも大きい台形波形とされる。このようにすると、図1に示す磁石トルクの3次高調波成分104の振幅を増大できるため、上記した位相シフトによるトルク変更又はトルク増大の効果を一層向上することができる。

【0021】

また、前記セグメントのステータ対向面における前記一对の前記磁気突極部の周方向中心位置よりも周方向後方側に位置して形成された凹溝を有する。このようにすれば、簡素な形状、工程にて磁石トルクの空間波形(周方向波形)の台形化を実現することができる。

【0022】

また、前側永久磁石及び後側永久磁石の間のセグメントは、周方向後部よりも周方向前部が強く磁石磁束をステータに与える。これにより、磁石磁極の実質的な周方向中心位置を容易に磁気突極部側へシフトすることができる。これは、磁気突極部を相対的に磁石磁極の実質的な周方向中心位置へシフトすることと同義である。

【0023】

また、前側永久磁石は、後側永久磁石よりもセグメントに多くの磁束を与える。これにより、磁石磁極の実質的な周方向中心位置を容易に磁気突極部側へシフトすることができる。これは、磁気突極部を相対的に磁石磁極の実質的な周方向中心位置へシフトすることと同義である。

10

20

30

40

50

## 【0024】

また、径方向を基準とする前側永久磁石の磁極面の角度は、径方向を基準とする前記後側永久磁石の磁極面の角度よりも大きい。これにより、磁石磁極の実質的周方向中心位置を容易に磁気突極部側へシフトすることができる。これは、磁気突極部を相対的に磁石磁極の実質的周方向中心位置へシフトすることと同義である。

## 【0025】

また、ロータコアは、セグメント・ヨーク部間非磁性部に配置されてセグメントとヨーク部とを結合するスポーク部を有する。これにより、セグメントの耐遠心力強度を向上することができる。

## 【0026】

また、一つの前記セグメントは、周方向に所定間隔を隔てて設けられた複数のスポーク部によりヨーク部に支持されている。これにより、セグメントの耐遠心力強度を向上することができるうえ、セグメントの耐振性、耐ねじれ性も向上することができる。

## 【0027】

また、一対のスポーク部の間の周方向幅は、径方向外側にて小さくなっている。これにより、トルクリップルなどに対するセグメントの耐振性、耐ねじれ性も向上することができる。

## 【0028】

また、アウターロータ構造を有する。アウターロータ構造では、セグメントの耐遠心強度をほとんど考慮する必要がないため、高速回転性能の大幅な向上が可能となる。

## 【0029】

また、前記セグメントの回転方向後端は、前記磁気突極部から切り離されている。これにより、後方側の磁束漏れを減らすことができる。

## 【発明を実施するための最良の形態】

## 【0030】

## (実施形態1)

本発明の好適な実施形態1の原理を図面を参照して説明する。以下の実施形態では、多極表面磁石インナーロータの1極あたりの部分モデルにて説明しているが、ロータ磁極数や公知の種々のロータ形式の変更は適宜可能である。

## 【0031】

## (全体構造)

図2は、この実施形態の同期機のロータの模式径方向部分断面図である。

## 【0032】

1はロータ、2は回転軸、3はステータである。ステータ3は、スロット及びティースが内周面に形成されたステータコアと、スロットに巻装されたステータコイルとからなるが、このステータの構造は周知のものであるため、これ以上の説明は省略する。

## 【0033】

## (ロータ構造)

ロータ1は、軟磁性のロータコア10と、前側永久磁石11と、後側永久磁石12と、軟磁性のセグメント13とからなる。

## 【0034】

ロータコア10は、回転軸2に固定された略円筒状で軟磁性のヨーク部14と、ヨーク部14の外周面から径方向ステータ向きに突出する磁気突極部15と、ロータコア10のヨーク部14の外周面とセグメント13とを接続する2本のスポーク部16とを電気角ごとに有している。また、ロータコア10は、セグメント13の前端及び後端を磁気突極部15の先端部の側端面に連結する接続部17を有している。セグメント13、ヨーク部14、スポーク部16及びセグメント13は、たとえば所定形状に打ち抜かれた電磁鋼板を積層することにより、一体に形成されている。

## 【0035】

セグメント13は、互いに電気角離れた2つの磁気突極部15、15の間に位置して

10

20

30

40

50

ステータ 3 の内周面に小さいギャップを挟んで対面している。セグメント 1 3 の周方向中央部付近には、凹溝 1 9 が軸方向に形成されている。

【 0 0 3 6 】

前側永久磁石 1 1 は、接続部 1 7 の径方向内側に位置して、セグメント 1 3 の回転方向前端とそれに対面する磁気突極部 1 5 の側端面との間に挟設されている。

【 0 0 3 7 】

後側永久磁石 1 2 は、接続部 1 7 の径方向内側に位置して、セグメント 1 3 の回転方向後端とそれに対面する磁気突極部 1 5 の側端面との間に挟設されている。

【 0 0 3 8 】

ヨーク部 1 4、2つの磁気突極部 1 5、セグメント 1 3、永久磁石 1 1、1 2 とに区画された空間は、本発明で言うセグメント・ヨーク部間非磁性部 1 8 をなす。セグメント・ヨーク部間非磁性部 1 8 は、樹脂や非磁性金属を充填してもよい。したがって、セグメント・ヨーク部間非磁性部 1 8 は、互いに周方向に隣接する一对の磁気突極部 1 5、1 5 の基端部間に位置して周方向に延在するヨーク部 1 4 の外周面とセグメント 1 3 との間に所定の径方向幅を確保している。

【 0 0 3 9 】

セグメント 1 3 に接するその両側の前側永久磁石 1 1 と後側永久磁石 1 2 は、互いに同一極性の磁極面となっている。前側永久磁石 1 1 は、後側永久磁石 1 2 よりも大型に形成され、後側永久磁石 1 2 よりもセグメント 1 3 に多くの磁石磁束を与える。更に、セグメント 1 3 に接する前側永久磁石 1 1 の磁極面 1 1 A は、セグメント 1 3 に接する後側永久磁石 1 2 の磁極面 1 2 A よりも大面積に形成され、かつ、磁極面 1 1 A は径方向を基準として磁極面 1 2 A よりも大角度に配置されている。これにより、ステータ 3 に面するセグメント 1 3 の外周面部のうち周方向前方側が、周方向後方側よりも強く磁化されている。つまり、セグメント 1 3 の周方向前部は、その周方向後部よりも多くの磁石磁束をステータ 3 に与える。

【 0 0 4 0 】

スポーク部 1 6 は、軟磁性でもよく、非磁性でもよく、積層電磁鋼板によりヨーク部 1 4 及びセグメント 1 3 と一体に形成してもよく、あるいは、両端が互いに別体に形成されたヨーク部 1 4 及びセグメント 1 3 に個別に嵌合する別部材としてもよい。これら一对のスポーク部 1 6、1 6 の間の周方向幅は、径方向外側にて小さくなっている。

【 0 0 4 1 】

このモータは、通常の磁石同期機と同じく、ステータコイルに回転ベクトル電流を通电することにより、その回転角速度に同期して回転する。

【 0 0 4 2 】

(ロータ構造の特徴説明)

図 2 に示すこのロータの特徴について以下に具体的に説明する。

【 0 0 4 3 】

第 1 の特徴は、2つの磁気突極部 1 5、1 5 の間に軟磁性のセグメント 1 3 をステータ 3 と磁束授受可能に配置し、更にセグメント 1 3 の前後に永久磁石 1 1、1 2 を配置した点にある。このようにすると、磁気突極部 1 5、1 5 の間のセグメント 1 3 の外周面がステータ 3 に与える磁石磁界の周方向分布(空間波形)を台形化するため、多くの 3 次高調波成分を含むことができる。また、永久磁石 1 1、1 2 がロータ 1 の比較的外周面近傍に配置されるため、従来の埋め込み磁石型ロータに比べて必要な磁石磁束量を確保するために必要な磁石量を減らすことができる。

【 0 0 4 4 】

第 2 の特徴は、セグメント 1 3 のステータ対向面で一对の前記磁気突極部の周方向中央部付近に凹溝 1 9 を設けた点にある。これにより、セグメント 1 3 の周方向中心位置(従来の IPM の d 軸に相当する)付近の磁石磁束が減少するため、磁石磁束の空間分布が更に台形化し、多くの 3 次高調波成分を含むことができる。つまり、セグメント 1 3 がステータ 3 に与える磁石磁束量は永久磁石 1 1、1 2 によりある程度決定されるが、セグメント

10

20

30

40

50

13はそれを周方向前後に振り分けて、磁石磁束の周方向分布（空間分布）を台形化する。これは、磁石磁束の空間高調波成分、特に3次高調波成分を増大させることを意味する。

【0045】

第3の特徴は、前側永久磁石11は、後側永久磁石12よりも寝ている点にある。これにより、セグメント13の周方向前側部分が前側永久磁石11から受ける磁石磁束は、セグメント13の周方向後側部分が後側永久磁石12から受け取る磁石磁束よりも、ステータ3側に多く向かう。これにより、磁石磁束の実質的な周方向中心位置が、セグメント13の周方向中心位置よりも前方にシフトされる。

【0046】

第4の特徴は、前側永久磁石11が後側永久磁石12よりも大型とされ、前側永久磁石11が後側永久磁石12よりも多くの磁石磁束をセグメント13に与える点にある。これにより、磁石磁束の実質的な周方向中心位置が、セグメント13の周方向中心位置よりも前方にシフトされる。

【0047】

上記の結果として、図2のロータ1の外周面の磁石磁束分布は、本来のd軸位置よりも前方に所定角度だけシフトした位置を実質的な周方向中心位置として、その前後に台形状に分布することになる。なお、ここで言う本来のd軸位置とは、従来の永久磁石及び磁気突極部をもつIPMと同様に、磁気突極部15の周方向中心位置に相当するq軸に対して周方向に電気角 $\theta$ /2だけずれた位置を言う。

【0048】

（効果）

このようにすれば、リラクタンストルクの主として発生要因である磁気突極部15の周方向中心位置に比べて、磁石トルクを発生するための磁石磁束の実質的な周方向中心位置を本来のd軸位置から前方にシフトしているために、リラクタンストルクの基本波（2次）波形（空間波形）のピークに対して磁石トルクの3次高調波成分（空間波形）のピークを近接乃至一致させることができ、これにより、少ない磁石トルクの位相角シフトにより合成トルクの増大を図ることができる。これは、上記位相角シフトのためのロータの構造変更を簡素化できることを意味する。

【0049】

好適には、図1において、リラクタンストルクの基本波（2次）波形102のピークと、磁石トルクの基本波（1次）波形101のピークとを近接乃至一致させるために、空間周波数におけるリラクタンストルクの基本波（2次）波形102に対して、空間周波数における磁石トルクの3次波形101を電気角で5～25度程度、更に好適には電気角15度程度シフトされる。

【0050】

（スポーク部16）

図2に示すロータ構造では、1つのセグメント13は、互いに周方向へ所定間隔離れた一对のスポーク部16と一对の接続部17とによりヨーク部14及び磁気突極部15に機械的に支持されている。つまり、セグメント13の一对の接続部17の間の部分は、複数のスポーク部16により周方向に分散して支持される。これにより、ロータ回転時に、セグメント13が接続部17やスポーク部16にねじれ力（径方向断面上での）を与えるのを抑制することができ、更に、セグメント13の耐振性も向上することができる。また、一对のスポーク部16の間の周方向幅は、径方向外側にて小さくなっている。これにより、セグメント13の周方向へののがたを減らし、耐振剛性を更に強化することができる。

【0051】

（変形態様1）

図3を参照して変形態様1を説明する。

【0052】

この態様は、前側永久磁石11のうち、接続部17に面する外周端部の端面11Aを面

10

20

30

40

50

取りしたものである。20は前側永久磁石11の端面11Aと接続部17との間に設けられた漏れ磁束低減用のエアギャップである。前側永久磁石11側には、多くの磁石磁束をセグメント13からステータ3に送り出すべく、このフラックスバリアとしてのエアギャップ20を設けている。

【0053】

(変形態様2)

図4を参照して変形態様2を説明する。

【0054】

この態様は、後側永久磁石12のうち、接続部17に面する外周端部の端面12Aを面取りしたものである。後側永久磁石12には、前側永久磁石11に隣接して設けたフラックスバリアとしてのエアギャップ20を配置しない。これは、後側永久磁石12側は、それほどステータ3に磁石磁束を供給しなくてよいためである。このため、後ろ側の接続部17は、後側永久磁石12の外周端部の端面12Aを面取りした分だけ厚く形成することができ、セグメント13の支持を強化することができる。

10

【0055】

(変形態様3)

図5を参照して変形態様3を説明する。

【0056】

この態様は、図2に示すロータ1の両端面に非磁性のディスク21を密着させたものである。ディスク21の外径は、ロータコア10の外径にほぼ等しくされている。このようにすれば、永久磁石11, 12の軸方向固定が出来る上、ヨーク部間非磁性部に冷却媒体等が滞留しロータのアンバランス量が大きくなることを防止することができる。

20

【0057】

(シミュレーション結果)

図2に示すロータ構造において、永久磁石11, 12の大きさを種々変更したロータサンプルについて、そのシミュレーション結果を図6に示す。ただし、各ロータサンプルの残留磁束密度は一定とした。図7～図10に各ロータサンプルの模式断面図を示す。ロータサンプル1は磁石量を従来品に比べて33%としたものであり、ロータサンプル2は磁石量を従来品に比べて50%としたものであり、ロータサンプル3は磁石量を従来品に比べて100%としたものである。なお、従来品であるロータサンプル4は、図10に示すように、一对の磁気突極部の間においてヨーク部とセグメントとの間のフラックスバリアに永久磁石を配置した例である。

30

【0058】

なお、シミュレーション結果によれば、ロータサンプル3とロータサンプル4(従来品)とは、ほぼ等しいトルクリップルを有していた。

【0059】

(更なる考察)

上記説明したこの実施形態では、永久磁石11, 12を従来のIPMに比べてロータの径方向外側に配置し、かつ、周方向において磁気突極部に隣接して配置している。この磁石配置は、ステータに与えられる磁石磁束の空間的3次成分のみならず、空間的1次成分を増大することがわかった。これは、磁石磁束の漏れ成分の低減及び磁石磁束が流れる磁気回路の磁路長の短縮によるものと推定される。

40

【0060】

(実施例2)

実施例2を図11に示す。

【0061】

この実施形態のロータ2は、アウターロータ構造をもつ。この場合には、セグメント・ヨーク部間非磁性部180に非磁性部材たとえば樹脂を配置することにより、セグメント13や永久磁石11, 12を支持することができ、耐遠心力性能を大幅に向上することができる。

50

## 【 0 0 6 2 】

( 実施例 3 )

実施例 3 を図 1 2 から図 1 5 に示す。

## 【 0 0 6 3 】

この実施形態では、セグメント 1 3 の回転方向後端を磁気突極部 1 5 の先端部の側端面に連結するための接続部を廃止し、セグメント 1 3 の回転方向後端を磁気突極部 1 5 の先端部の側端面から切り離している。

## 【 0 0 6 4 】

これにより、回転時に発生する力によりセグメント 1 3 の前端側と後端側とが逆方向に引っ張られてセグメント 1 3 に引っ張り応力が発生するのを防止することができる。これにより接続部の径方向幅を小さくすることが可能となる。さらに、セグメント 1 3 の後端側の接続部を省略するため、この部位における磁束漏れ減らすことができる。

10

## 【 0 0 6 5 】

また、この実施形態の永久磁石 1 1、1 2 は図 1 3、図 1 4 に示すように径方向外側にいくにつれて周方向幅が大きくなっている。これにより磁束密度が高い磁極外側に近接する磁石の永久減磁を防止することができるとともに、同一体積のまま磁石面積を大きくすることができ磁石トルクを大きくすることができる。

## 【 0 0 6 6 】

なお、図 1 4、図 1 5 に示す 1 0 0 は、永久磁石 1 2 の遠心方向への逸脱を防止するための非磁性の磁石飛散防止プレートである。このロータの斜視図を図 1 5 に示す。

20

## 【 図面の簡単な説明 】

## 【 0 0 6 7 】

【 図 1 】 図 1 のロータ構造を用いた場合の磁石トルク及びリラクタンストルクの空間波形を示す特性図である。

【 図 2 】 実施形態 1 のインナーロータ型同期機の模式径方向部分断面図である。

【 図 3 】 図 2 の前側永久磁石近傍の拡大模式部分断面図である。

【 図 4 】 図 2 の後側永久磁石近傍の拡大模式部分断面図である。

【 図 5 】 ロータの変形態様を示す模式斜視図である。

【 図 6 】 磁石量を種々変更した場合のシミュレーションによる合成最大トルクの変化を示す図である。

30

【 図 7 】 ロータサンプル 1 を示す模式部分断面図である。

【 図 8 】 ロータサンプル 2 を示す模式部分断面図である。

【 図 9 】 ロータサンプル 3 を示す模式部分断面図である。

【 図 1 0 】 ロータサンプル 4 を示す模式部分断面図である。

【 図 1 1 】 実施形態 2 のアウターロータ型同期機の模式径方向部分断面図である。

【 図 1 2 】 実施形態 3 のインナーロータ型同期機の模式径方向部分断面図である。

【 図 1 3 】 図 1 2 の前側永久磁石近傍の拡大模式部分断面図である。

【 図 1 4 】 図 1 2 の後側永久磁石近傍の拡大模式部分断面図である。

【 図 1 5 】 実施形態 3 のロータの模式斜視図である。

## 【 符号の説明 】

40

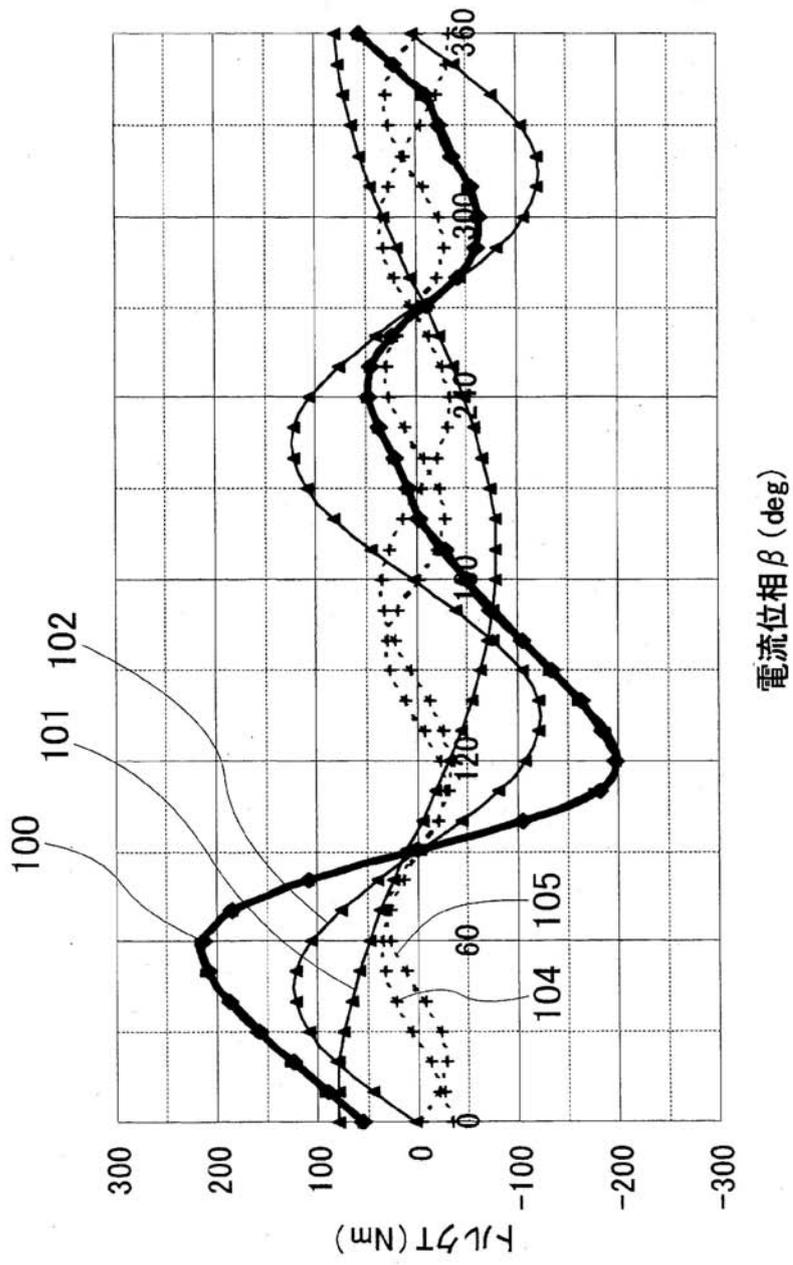
## 【 0 0 6 8 】

- |       |        |
|-------|--------|
| 1     | ロータ    |
| 2     | 回転軸    |
| 3     | ステータ   |
| 1 0   | ロータコア  |
| 1 1 A | 磁極面    |
| 1 1   | 前側永久磁石 |
| 1 2 A | 磁極面    |
| 1 2   | 後側永久磁石 |
| 1 3   | セグメント  |

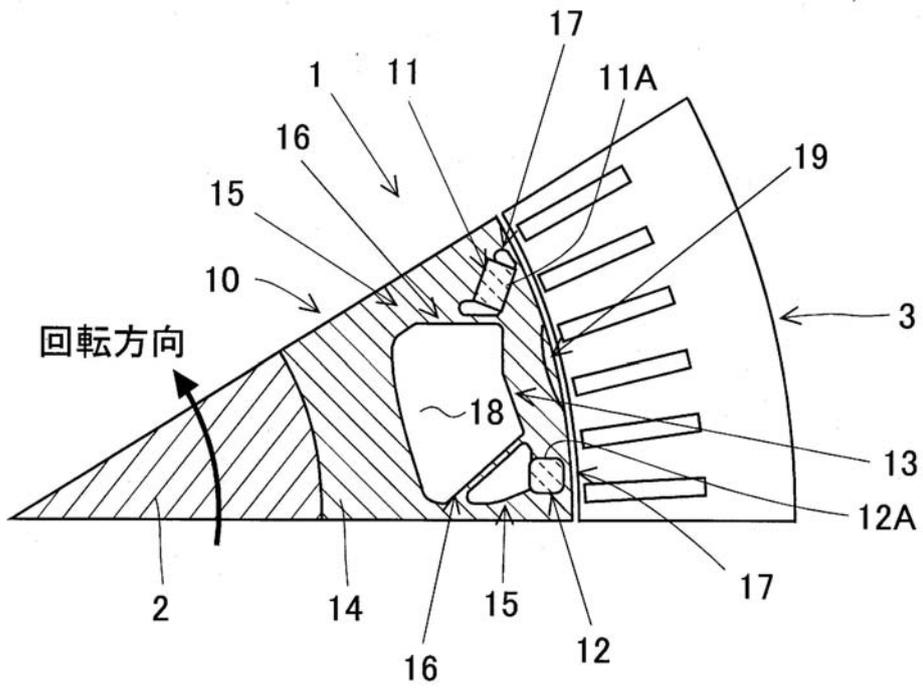
50

- 1 4 ヨーク部
- 1 5 磁気突極部
- 1 6 スポーク部
- 1 7 接続部
- 1 8 ヨーク部間非磁性部
- 1 9 凹溝
- 1 0 0 磁石飛散防止プレート

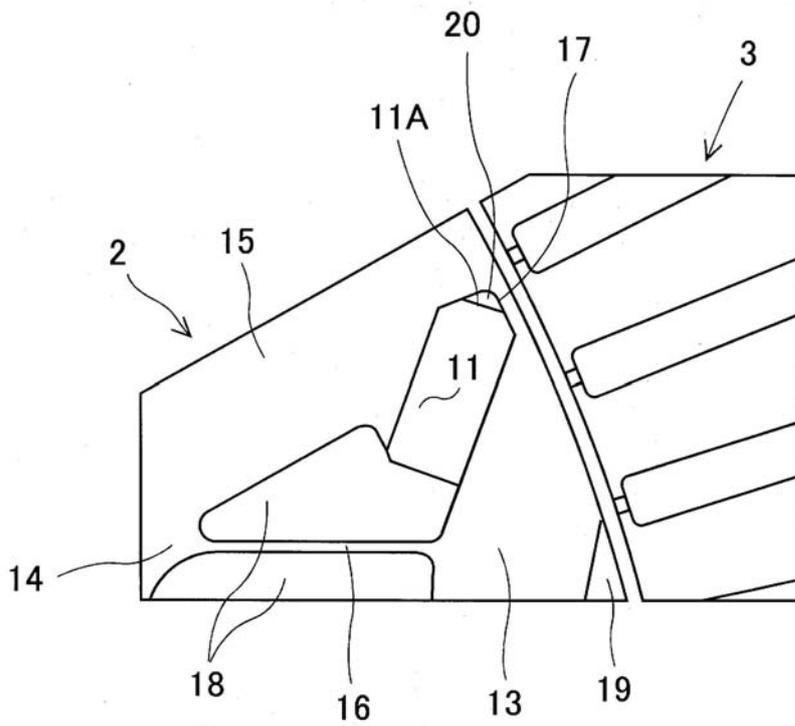
【図1】



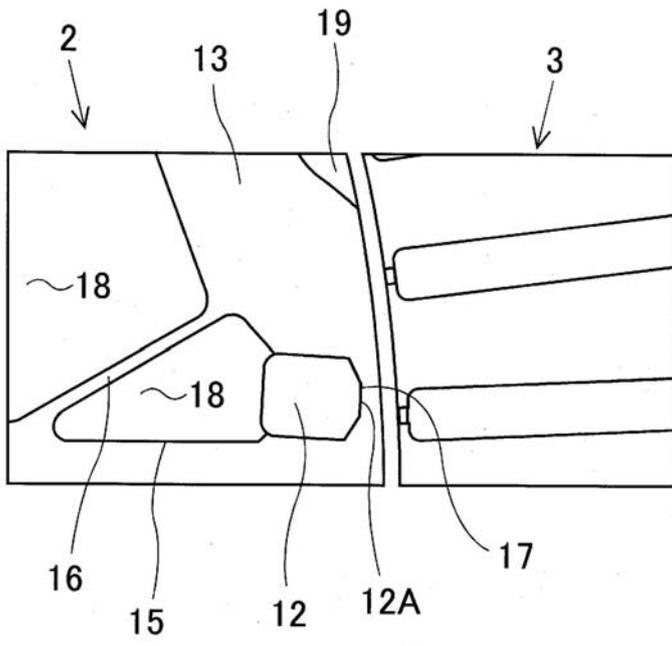
【図2】



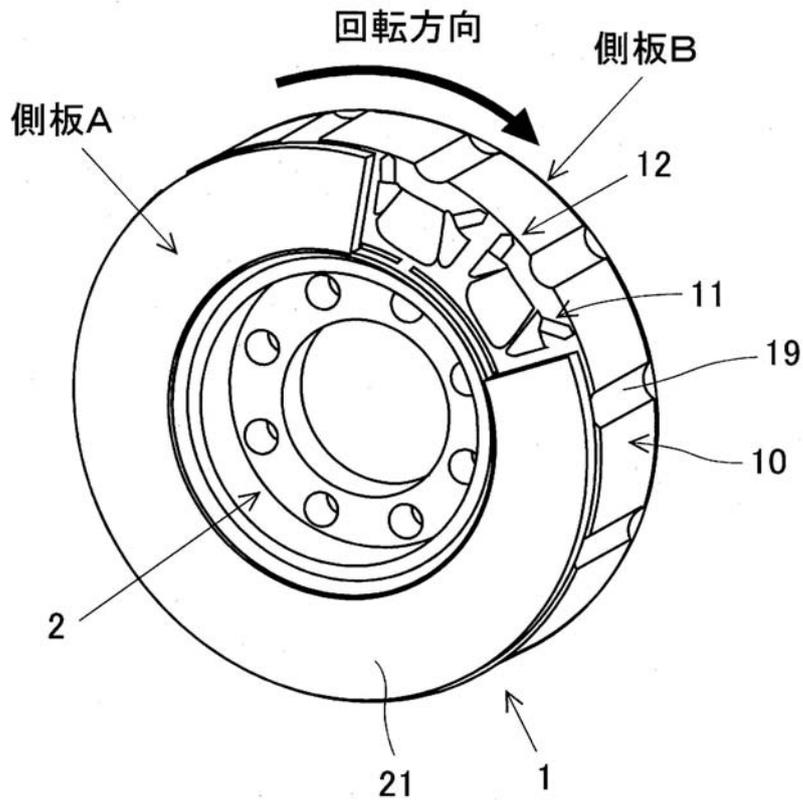
【図3】



【図4】

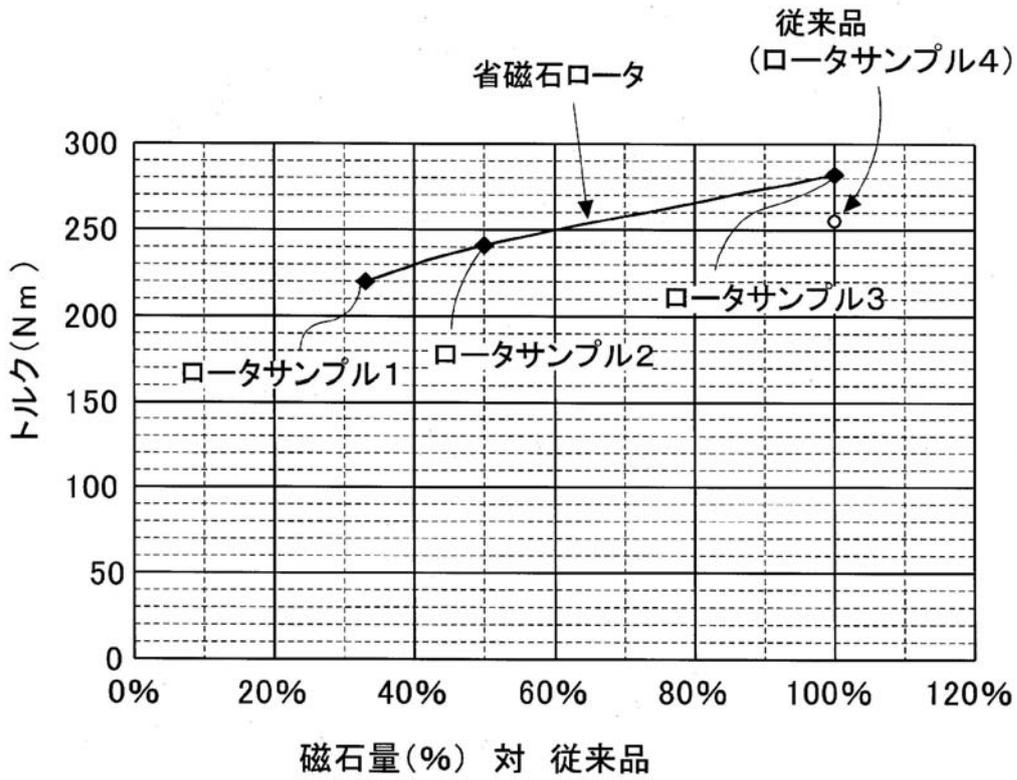


【図5】

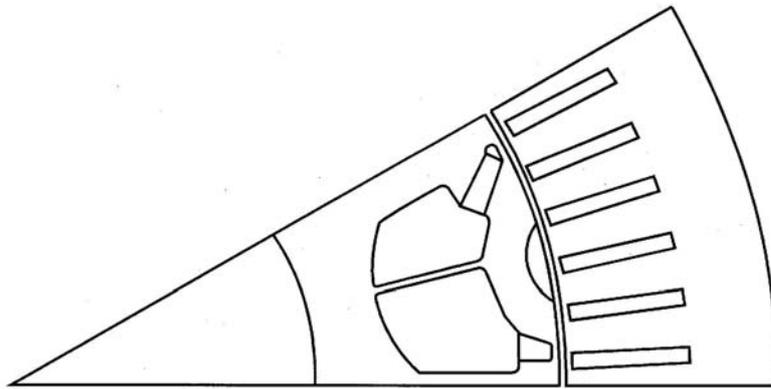


【図6】

磁石量とトルクの関係図

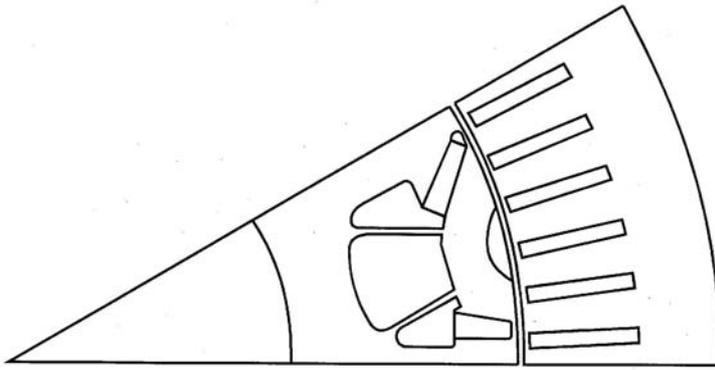


【図7】



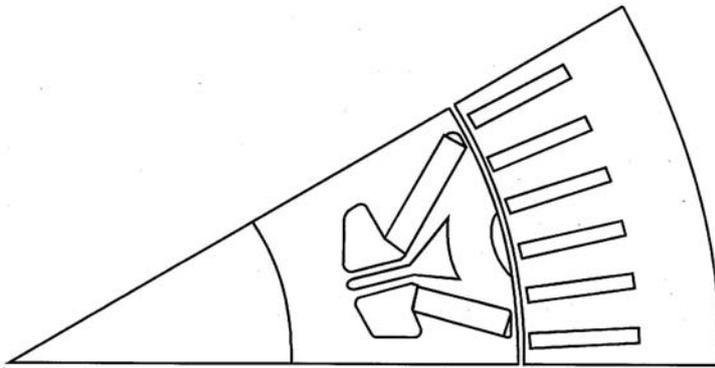
磁石量33%  
ロータサンプル1

【図8】



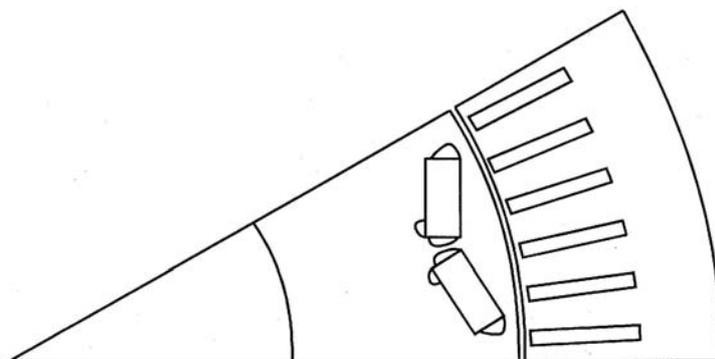
磁石量50%  
ロータサンプル2

【図9】



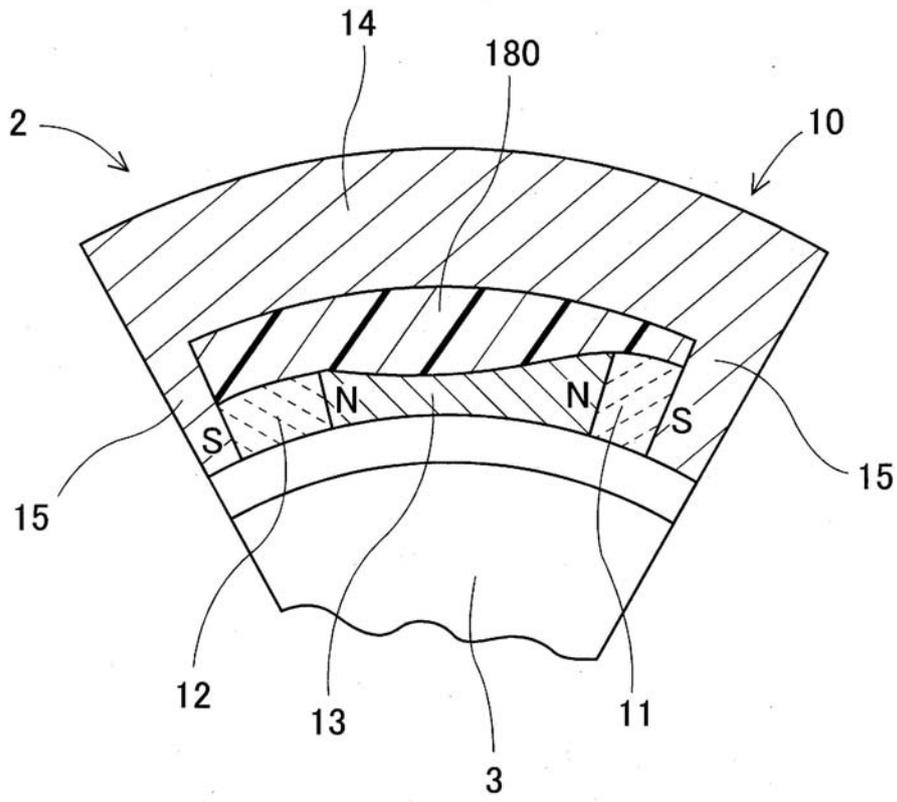
磁石量100%  
ロータサンプル3

【図10】

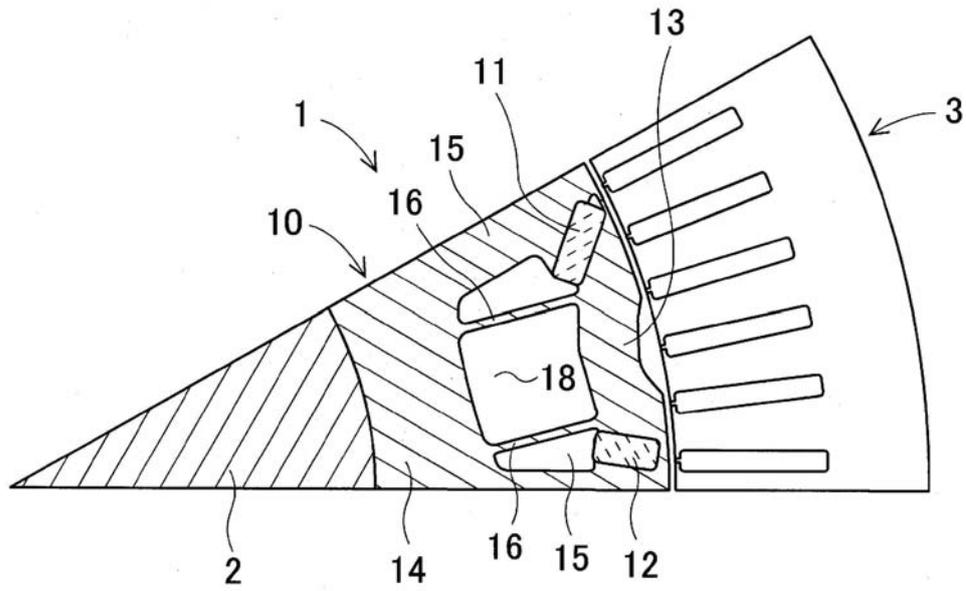


従来品  
(磁石量100%)  
ロータサンプル4

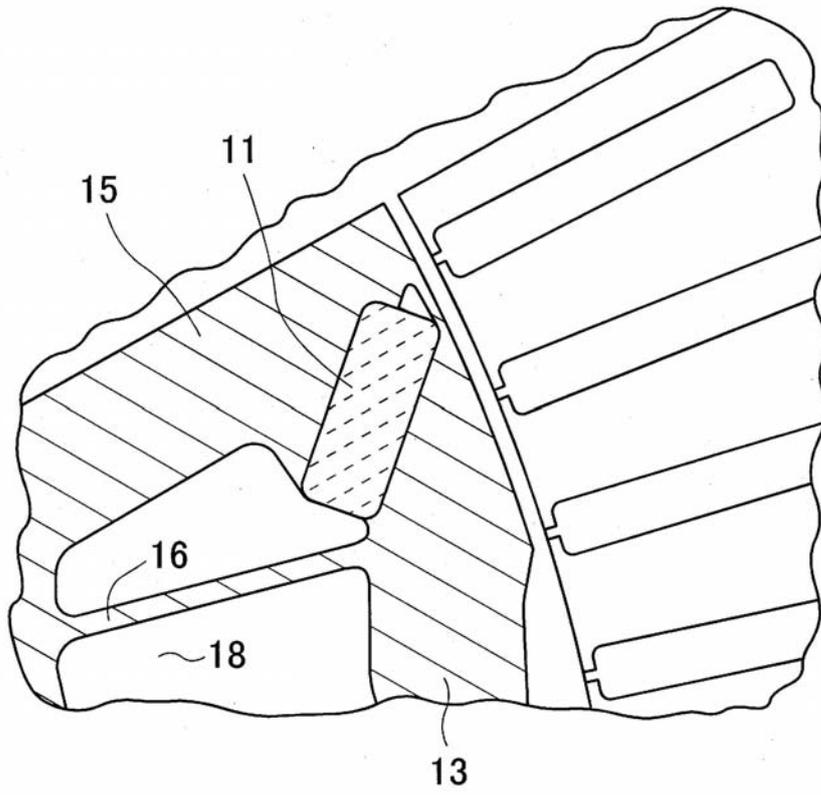
【図11】



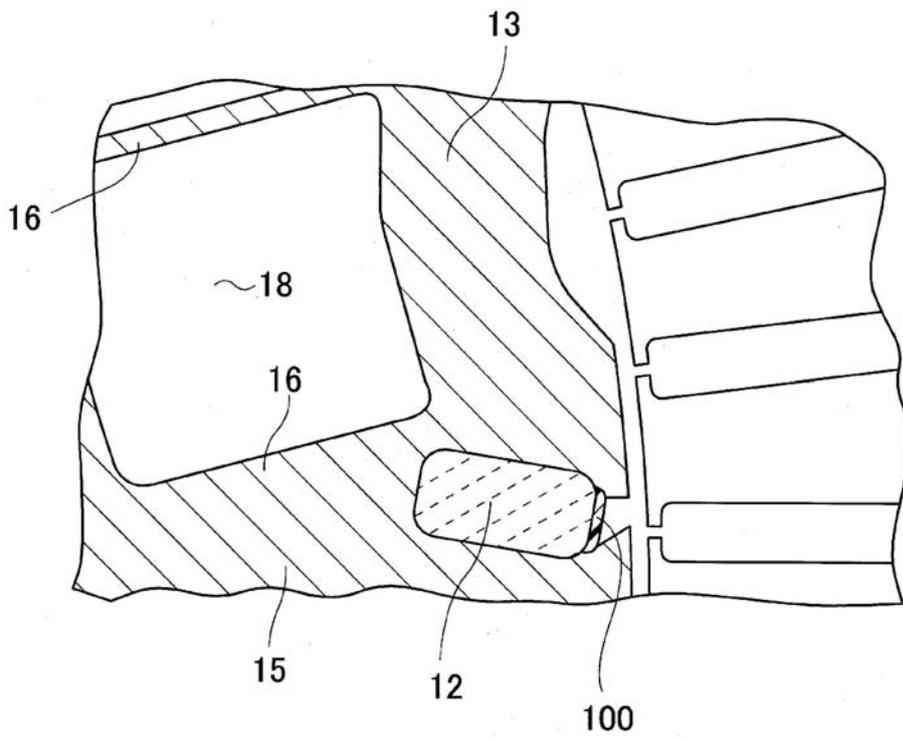
【図12】



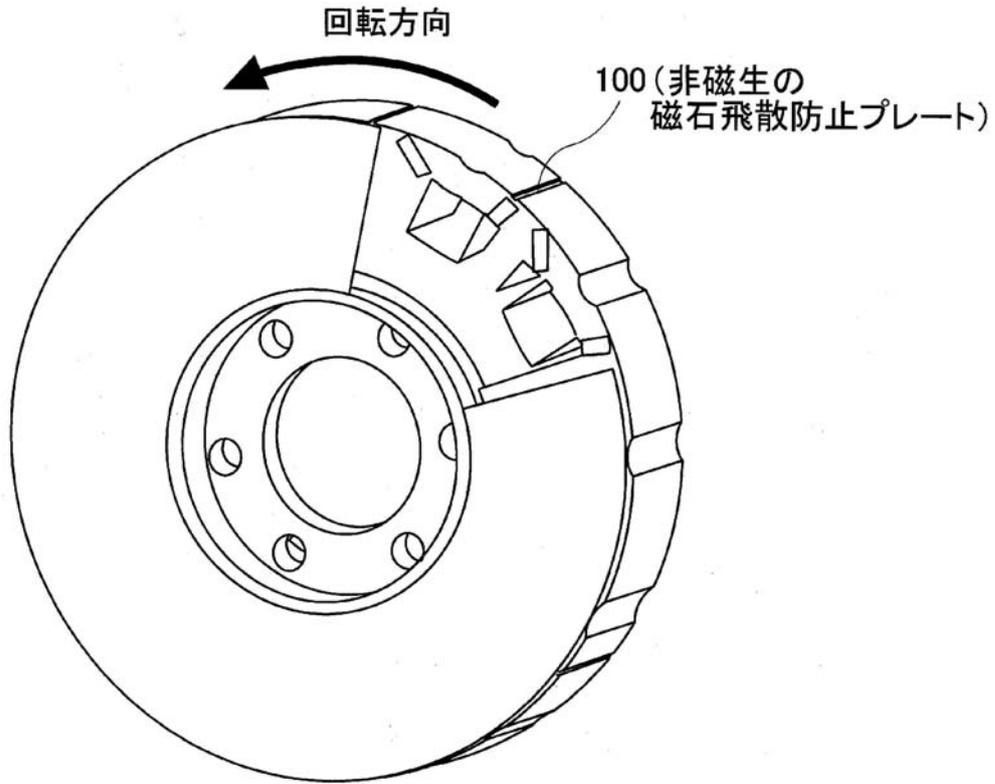
【図13】



【図14】



【図15】



---

フロントページの続き

(72)発明者 伊藤 智

東京都港区赤坂 8 - 5 - 2 6 赤坂DSビル8階 株式会社メイテック内

審査官 三島木 英宏

(56)参考文献 特開平11-206046(JP,A)  
特開2006-304546(JP,A)  
特開2002-044889(JP,A)  
特開平11-136912(JP,A)  
特開2003-199273(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H02K 1/27