

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(10) 国際公開番号

WO 2012/011191 A1

(43) 国際公開日

2012年1月26日(26.01.2012)

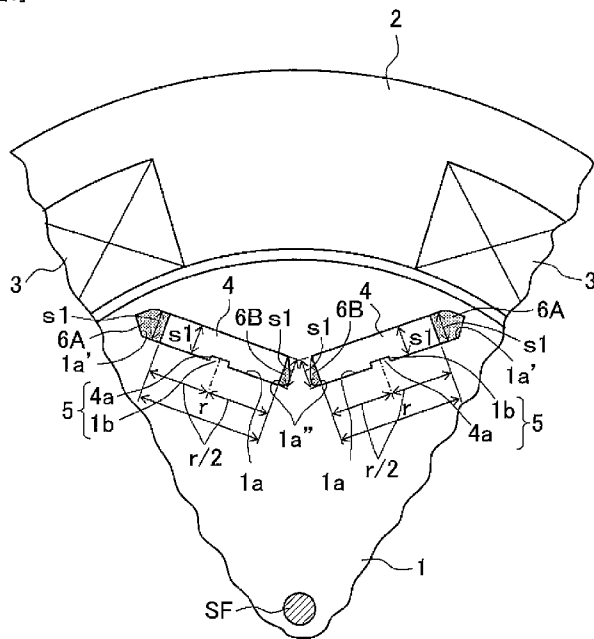
PCT

- (51) 国際特許分類:
H02K 1/27 (2006.01)
 - (21) 国際出願番号: PCT/JP2010/062457
 - (22) 国際出願日: 2010年7月23日(23.07.2010)
 - (25) 国際出願の言語: 日本語
 - (26) 国際公開の言語: 日本語
 - (71) 出願人(米国を除く全ての指定国について): トヨタ自動車株式会社 (TOYOTA JIDOSHA KABUSHIKI KAISHA) [JP/JP]; 〒4718571 愛知県豊田市トヨタ町1番地 Aichi (JP).
 - (72) 発明者; および
 - (75) 発明者/出願人(米国についてのみ): 小暮智也 (KOGURE Tomonari) [JP/JP]; 〒4718571 愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内 Aichi (JP). 栗原弘子 (KURIHARA Hiroko) [JP/JP]; 〒4718571 愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内 Aichi (JP).
 - (74) 代理人: 平木祐輔, 外(HIRAKI Yusuke et al.); 〒1050001 東京都港区虎ノ門4丁目3番20号 神谷町MTビル19階 Tokyo (JP).
 - (81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
 - (84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).
- 添付公開書類:
— 国際調査報告(条約第21条(3))

(54) Title: ROTOR AND IPM MOTOR

(54) 発明の名称: ロータとIPMモータ

[図1]



(57) Abstract: Disclosed are a rotor and an IPM motor that can resolve the occurrence of magnetic flux being concentrated in a corner angle region on the stator side of a magnet, reducing a demagnetizing field resulting in a decrease in requested coercive force, as well as decreasing cost by reducing the amount of dysprosium or the like that is used. Of the slots opened in the rotor core of a rotor that configures the motor, a protrusion or a recessed groove is formed at the slot surface that is on the center side of the rotor core and/or the slot surface on the stator side that faces said slot surface. A magnet recessed groove or protrusion that engages the protrusion or recessed groove of the slot surface is formed on a magnet that is housed in the slot. The recessed groove or protrusion of each of the slot and magnet are caused to engage each other, forming an engaged section, and the magnet is positioned and affixed within the rotor by this engaged section. A flux barrier provided with the thickness of the magnet is formed between the slot surface and the flank surface of said magnet.

(57) 要約: 磁石のステータ側の隅角領域に磁束が集中することが解消され、反磁界の低減とこれによる要求保磁力の低減、およびジスプロシウム等の使用量の低減による製造コストの削減を図ることのできるロータとIPMモータを提供する。モータを構成するロー

タのロータコアに開設されたスロットのうち、ロータコア中央側のスロット面もしくはこのスロット面に対向するステータ側のスロット面の少なくともいずれか一方に突起もしくは凹溝が形成され、スロットに收容される磁石にスロット面の突起もしくは凹溝と係合する磁石の凹溝もしくは突起が形成されており、スロットと磁石がそれぞれの凹溝と突起を係合させて係合部を形成し、この係合部にて磁石がロータ内で位置決め固定され、磁石の側方面とスロット面の間に該磁石の厚みを備えたフラックスバリアが形成されている。

WO 2012/011191 A1

明 細 書

発明の名称：ロータとIPMモータ

技術分野

[0001] 本発明は、モータを構成するロータとこのロータを具備するIPMモータに関するものである。

背景技術

[0002] 永久磁石をロータ内部に埋め込んでなる磁石埋め込み型モータ（以下、IPMモータという）は、コイルと永久磁石の吸引力／反発力に起因するマグネットトルクに加えてリラクタンストルクを得ることができるため、永久磁石をロータ外周面に貼着してなる表面磁石型モータ（SPMモータ）に比して高トルクかつ高効率である。したがって、このIPMモータは、高出力性能が要求されるハイブリット車、電気自動車の駆動用モータ等に使用されている。なお、この永久磁石としては、希土類磁石やフェライト磁石、アルニコ磁石等の焼結磁石が一般に用いられている。

[0003] 上記するIPMモータでは、ロータコアに形成されたスロットへの永久磁石のスムーズな挿入とスロットエッジにて永久磁石が損傷するのを回避するために、スロットの寸法を永久磁石のそれよりも横長で大寸法となるように設定しておき、非磁性素材の樹脂を磁石の側方面とスロット面で画成された空間に充填し、硬化させて永久磁石を固定する方法が一般に用いられている。

[0004] このように磁石がスロット内に固定された態様を図8を参照して説明する。

[0005] 図8aは、従来のIPMモータを構成するコイルCをティースTの周りに具備するステータSと、ステータSの内側に回転自在に配されて所望基数の永久磁石PMを埋設するロータRの一部を示したものである。

[0006] ロータRを構成するロータコアには、永久磁石PMが收容され、かつその側方に永久磁石PMを固定するための非磁性の樹脂F1、F2が充填される

ロータスロットRSが開設されており、図示例は2つの永久磁石PMが略Vの字状に配されて1つの磁極を形成する形態である。

- [0007] ところで、この樹脂F1、F2は、永久磁石PMをその側方からロータスロットRS内で固定するものであることは勿論のこと、これ以外にも永久磁石PMからの漏れ磁束を抑制するためのフラックスバリアの役割も担っており、永久磁石PMからの磁束の漏れMJを抑制するための形状として、たとえば図8a、bで示すような樹脂F1、F2の形状形態が適用されている。
- [0008] ここで、ステータ側からロータ内に配設された永久磁石PMへ入ってくる磁束Jの流れに関し、この磁束Jが透磁率の高いロータコアを通過しようとする傾向にあることは理解に易いが、このために、ステータ側から入ってくる磁束Jが永久磁石PMのステータ側の隅角領域に集中し易くなる。
- [0009] このことを図8bを参照して説明する。永久磁石PMの側方の樹脂F1、F2が永久磁石PMと接する箇所の厚みは、永久磁石PMの厚み t_1 よりも小さな厚み t_1' 、 t_1'' となっている。すなわち、厚み t_1 よりも小さな厚み t_1' 、 t_1'' の樹脂F1、F2用の寸法形状でこの領域のスロットが開設されていることにより、永久磁石PMは、その側方のエッジK1、K2で位置決めすることが可能となる。
- [0010] 仮に樹脂F1、F2における永久磁石PMと接する箇所の厚みが永久磁石PMの厚み以上となっていると、永久磁石PMのスロット内の位置決めをおこなうことができず、モータの磁気特性に影響を及ぼしかねない。
- [0011] このように、永久磁石PMはその側方のエッジK1、K2で精緻な位置決めが保証されているが、このような形状寸法の樹脂F1、F2が永久磁石PMの側方に形成されていることで、それぞれの樹脂F1、F2内には、永久磁石PMの厚み t_1 よりも格段に小さな厚み t_2 、 t_3 を有する箇所が存在することになる。
- [0012] そして、既述するようにステータからの磁束Jは透磁率の高いロータコアを通過しようとする傾向にあることから、厚み t_1 の永久磁石PMを通過するよりもより最短ルートで透磁率の高いロータコアへ到達可能な樹脂F1、

F 2内の厚み t_2 , t_3 のルートを通すようにする。そして、これらのルートを通すようにする際にこの磁束 J が集中して永久磁石 PM のステータ側の隅角領域を通すために、これが永久磁石 PM のステータ側の隅角領域に作用する反磁界を高めてしまうことに繋がるのである。

[0013] なお、反磁界とは、磁石の内部を N 極から S 極に向かう方向に流れる内部磁界と上記するステータ側から入ってくる外部磁界の和で構成されるが、主としてこの外部磁界によって反磁界の大きさや向きが決定されると言ってもよい。

[0014] この反磁界に抗して所望の保磁力を担保するためには、磁石の特にステータ側の隅角領域の保磁力を高めておく必要がある。

[0015] そして、この永久磁石の保磁力を向上させるための方策として、保磁力性能の高い金属である、 Dy （ジスプロシウム）や Tb （テルビウム）などで永久磁石を構成する合金組成の一部を置換して金属化合物の異方性磁界を増大させ、これによって保磁力増大を図ることが一般におこなわれている。しかし、ジスプロシウムやテルビウムの使用量が希土類元素の自然存在比を大きく超過していることに加えて、商業的に開発されている鉱床の推定埋蔵量は極めて少なく、さらには、鉱床存在地域も世界的に偏在していることから、元素戦略の必要性が認識されるに至っている。

[0016] 仮に磁石の部位ごとに異なる要求保磁力に応じた含浸量の上記ジスプロシウム等を具備する保磁力分布磁石を製造した場合であっても、反磁界が高くなってしまえば、これに抗し得る保磁力を磁石に付与するためにその部位に対してはジスプロシウム等の使用量を多くせざるを得ず、結果として、効果的なジスプロシウム等の使用量の低減には至らない。

[0017] このような現状を踏まえ、本発明はロータに開設されるスロットとこのスロット内に固定される磁石に関し、双方の形状や構造に改良を加えることで、磁石に生じ得る反磁界を低減し、もって磁石に要求される保磁力の低減を図ることで磁石の保磁力性能を高めるための高価なレアメタルの使用量を低減することのできるロータの発案に至ったものである。

[0018] ここで、従来の公開技術として、スロットの角部に平面視L型のフラックスバリアを形成したロータが特許文献1に開示されている。

[0019] このロータは、スロットの角部に平面視L型のフラックスバリアを設けたことでモータのコギングトルクを低減できるというものであるが、このL型のフラックスバリアも永久磁石の厚みよりも小さな厚みであることから、図8bで示すようなステータ側からの磁束がこのフラックスバリアを通過しようとして永久磁石のステータ側の隅角領域を通過し易いことに代わりはない。したがって、永久磁石のステータ側の隅角領域に生じ得る反磁界は依然として高いものであり、この反磁界に抗し得る保磁力を保證するために使用されるジスプロシウム等の使用量の低減を図ることは難しい。

先行技術文献

特許文献

[0020] 特許文献1：特開2000-278896号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0021] 本発明は上記する問題に鑑みてなされたものであり、ロータのスロット内に收容された磁石における磁束の集中を解消もしくは緩和でき、もって生じ得る反磁界を抑制することで要求される保磁力を低減させ、保磁力向上のために使用されるレアメタルの使用量を低減して磁石の製造コストの削減とロータおよびモータの製造コストの削減を図ることのできるロータと、このロータを具備するIPMモータ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

[0022] 前記目的を達成すべく、本発明によるロータは、モータを構成するロータのロータコアに開設されたスロットのうち、ロータコア中央側のスロット面もしくはこのスロット面に対向するステータ側のスロット面の少なくともいずれか一方に突起もしくは凹溝が形成され、前記スロットに收容される磁石に前記スロット面の突起もしくは凹溝と係合する磁石の凹溝もしくは突起が

形成されており、スロットと磁石がそれぞれの凹溝と突起を係合させて係合部を形成し、この係合部にて磁石がロータ内で位置決め固定され、磁石の側方面とスロット面の間に該磁石の厚みを備えたフラックスバリアが形成されているものである。

[0023] 本発明のロータは、磁極を形成する永久磁石等の磁石が挿入されるスロットを構成するスロット面のうち、ロータコア中央側のスロット面もしくはこのスロット面に対向するステータ側のスロット面の少なくともいずれか一方に突起もしくは凹溝が形成され、このスロット内に挿入される磁石のうち、スロットに形成された突起もしくは凹溝に対応する位置にこれらのいずれかと係合する凹溝もしくは突起が形成され、双方の凹溝と突起が係合されて係合部を形成しているものである。

[0024] このように、磁石とスロットが係合部で係合される構成としたことで、磁石の側方面とスロット面の間に該磁石の厚みを備えたフラックスバリアを形成することができる。これは、図8bで示すように、磁石に比して厚みの小さなフラックスバリア（樹脂F1、F2）を磁石側方に設けることで磁石の位置決め用のエッジK1、K2を形成していた従来のロータと異なり、このエッジを無くして磁石と同じ厚みをフラックスバリアの一部が具備することで、このフラックスバリアを通過しようとするステータ側からの磁束の流れを解消し、もって磁石のステータ側の隅角領域にこの磁束が集中するのを解消もしくは緩和することに繋がる。

[0025] 磁石のステータ側の隅角領域にステータ側からの磁束が集中するのが緩和されることで、この領域の反磁界も低減でき、必要保磁力を低減させることができる。

[0026] なお、磁石とスロットの双方に形成される凹溝と突起は、平面視で矩形や正方形のほか、半楕円形、半円形などの滑らかな輪郭を有する形態などがあり、特に半楕円形等の滑らかな曲面からなる（したがって隅角を具備しない）凹溝および突起とすることで、双方を係合させながらスロット内に磁石を挿入する際に突起が破損するのを回避できる。

- [0027] また、フラックスバリアは、透磁率の低い樹脂や空気などから形成することができる。
- [0028] たとえばフラックスバリアが空気から形成される場合であっても、磁石はスロットに対して係合部を介して不動姿勢で位置決め固定されていることから、磁石がスロット内をスライドしたり、スロットから抜け落ちるといった問題も生じ得ない。
- [0029] さらに、スロットに挿入される磁石として焼結磁石を挙げることができ、この焼結磁石として、希土類磁石やフェライト磁石、アルニコ磁石等を包含する永久磁石を挙げることができる。この希土類磁石としては、ネオジムに鉄とボロンを加えた3成分系のネオジム磁石、サマリウムとコバルトとの2成分系の合金からなるサマリウムコバルト磁石、サマリウム鉄窒素磁石、プラセオジウム磁石などを挙げることができる。中でも、高出力が要求されるハイブリッド車等の駆動用モータへこの焼結磁石を適用するに際しては、フェライト磁石やアルニコ磁石に比して最大エネルギー積 $(BH)_{max}$ が高い希土類磁石が好ましい。
- [0030] この磁石に対して、部位ごとに要求される保磁力を具備するように使用量が調整されたジスプロシウム等が粒界拡散等によって含浸されて保磁力分布磁石が形成され、これがスロット内に挿入固定される。
- [0031] また、ロータに形成される磁極の形態として、2つの前記スロットが略Vの字配置で離間してロータコアに開設され、双方のスロットに前記磁石が位置決め固定され、フラックスバリアが形成されて1つの磁極を成している形態を挙げることができる。
- [0032] このVの字配置の2つの磁石から1つの磁極が形成されることで、ステータ側から入ってきた磁束をロータ内でVの字の磁石線形に沿ってスムーズに流しながらより多くのリラクタンストルクを得ることができ、トルク性能に優れたモータを形成することができる。
- [0033] Vの字配置の2つの磁石ともに、それらに固有のスロットとの間で係合部を介してスロット内における位置決め固定がなされ、それらの両側に磁石の

厚みを備えたフラックスバリアを有している。

[0034] このフラックスバリアに関し、たとえばその一部の厚みを上記するように磁石と同じ厚みとすることに加えて、その幅、すなわち、磁石に接する箇所からロータコアまでのフラックスバリアの幅を磁石の厚み以上に設定しておくことで、磁石のステータ側の隅角領域のうち、Vの字の外側の隅角領域におけるステータからの磁束の集中をより効果的に緩和できることが本発明者等によって特定されている。

[0035] また、略Vの字配置の2つの前記磁石はともに、それぞれの前記係合部が該磁石の中心位置よりも他方の磁石側に形成されているのが望ましい。

[0036] 本発明者等によれば、略Vの字配置の2つの磁石においては、そのステータ側でVの字外側の隅角領域に最大反磁界が生じ易いことが特定されている。

[0037] そこで、一方の磁石の係合部をその中心位置よりも他方の磁石側（Vの字内側）に形成しておくことで、ステータ側でVの字外側の隅角領域の磁界分布を変化させ、反磁界の最大値を効果的に低減するとともに、反磁界の最大値を与える磁石部位を変化させることができる。

[0038] さらに、本発明は前記ロータとステータからなるIPMモータにも及ぶものである。

[0039] 本発明によるロータとこれを具備するIPMモータは、ロータ内に配設される磁石の特に隅角領域にステータから入ってくる磁束が集中せず、したがって、この外部磁界に起因する磁石内の反磁界（の最大値）が低減される。そのため、要求される保磁力の最大値を低減できることからジスプロシウム等の使用量を低減することができ、ロータおよびモータの製造コストの削減を図ることを可能とする。

発明の効果

[0040] 以上の説明から理解できるように、本発明のロータとこれを具備するIPMモータによれば、ロータに開設されたスロットとこれに挿入される磁石が双方の対応位置に形成された凹溝および突起からなる係合部を介して位置決

め固定され、さらに、磁石の側方面とスロット面の間に形成されたフラックスバリアの一部が磁石の厚みを備えていることにより、磁石のステータ側の隅角領域に磁束が集中することが解消され、反磁界の低減とこれによる要求保磁力の低減、およびジスプロシウム等の使用量の低減による製造コストの削減を図ることができる。

図面の簡単な説明

[0041] [図1]本発明のIPMモータを構成するロータおよびステータの一部を模擬した模式図である。

[図2] (a)、(b)ともに、ロータに開設されるスロットとこれに挿入される磁石の他の実施の形態を示した平面図である。

[図3] (a)、(b)、(c)ともに、ロータに開設されるスロットとこれに挿入される磁石のさらに他の実施の形態を示した平面図である。

[図4]磁場解析によって磁石内の反磁界を求めた結果を示す図であって、(a)は磁石およびスロットの比較例モデルを示す図であり、(b)はその磁場解析による反磁界のコンター図である。

[図5]磁場解析によって磁石内の反磁界を求めた結果を示す図であって、(a)は磁石およびスロットの実施例1モデルを示す図であり、(b)はその磁場解析による反磁界のコンター図である。

[図6]磁場解析によって磁石内の反磁界を求めた結果を示す図であって、(a)は磁石およびスロットの実施例2モデルを示す図であり、(b)はその磁場解析による反磁界のコンター図である。

[図7]磁場解析によって磁石内の反磁界を求めた結果を示す図であって、(a)は磁石およびスロットの実施例3モデルを示す図であり、(b)はその磁場解析による反磁界のコンター図である。

[図8] (a)は従来のIPMモータを構成するステータとロータの一部を示した模式図であり、(b)は(a)のb部を拡大した図であってステータからの磁束が磁石のステータ側の隅角領域に集中している状態を説明した図である。

符号の説明

[0042] 1…ロータ、1 a…スロット、1 a'、1 a''…磁石側方のスロット、1 b、1 b'…突起、1 c…凹溝、2…ステータ、3…コイル、4、4 A、4 B、4 C、4 D、4 E…磁石（永久磁石）、4 a、4 a'…凹溝、4 b…突起、5、5 A、5 B…係合部、6 A、6 B…フラックスバリア（樹脂）

発明を実施するための形態

[0043] 以下、図面を参照して本発明の実施の形態を説明する。なお、図示例は2つの磁石が略Vの字状に配置されて1つの磁極を形成するものであるが、ロータの径方向に直交するように1つの磁石が配置されて1つの磁極を形成する形態であってもよい。

[0044] 図1は、本発明のIPMモータを構成するロータおよびステータの一部を模擬した模式図である。

[0045] 電磁鋼板等の積層体からなるステータ2は、環状のヨークとこのヨークから径方向内側に突出するティースとから構成され、このティースの周りに不図示の絶縁ボビンを介してコイル3が形成され、ステータ2の内側には、同様に電磁鋼板等の積層体からなるロータ1がシャフトSFを中心に回転自在に配設されてIPMモータが構成される。

[0046] ロータ1には、2つの永久磁石4、4が平面視で略Vの字状に配置されて1つの磁極を形成するように、対応するスロット1 a内に各永久磁石4が收容されている。

[0047] ここで、スロット1 aのうち、ロータコア中央側のスロット面には突起1 bが設けてあり、永久磁石4のうち、スロット1 a内に收容された際にこの突起1 bに対応する位置には突起1 bと嵌め合いされる凹溝4 aが刻設されており、突起1 bに凹溝4 aを嵌め合いしながら永久磁石4をスロット1 a内に挿入することによって永久磁石4がスロット1 a内に收容される。そして、永久磁石4が完全にスロット1 a内に收容された姿勢において、凹溝4 aと突起1 bが相互に係合してなる係合部5が形成され、永久磁石4はこの係合部5によってスロット1 a内での位置決め固定が保証される。

- [0048] 図1で示す凹溝4 aは、平面視矩形に形成されており、かつ、永久磁石4の長手方向の長さrの中心位置に設けてある。
- [0049] さらに、それぞれの永久磁石4のうち、Vの字外側とVの字内側の側方面とスロット面との間の空間である磁石側方のスロット1 a'、1 a''には、低透磁率の樹脂が充填されてなるフラックスバリア6 A、6 Bが形成されている。
- [0050] これらフラックスバリア6 A、6 Bは、側方からの漏れ磁束の低減や、永久磁石側方で磁気飽和を生じさせない等の理由から、相互に異なる平面形状を有するものであるが、いずれのフラックスバリア6 A、6 Bも、その一部、より具体的には永久磁石4と接する領域にこの永久磁石4と同じ厚みs 1を有する領域を備えている。
- [0051] 従来のロータを説明する図8 bと対比することで双方の違いが明りょうとなるが、図8 bで示す永久磁石PMの側方のフラックスバリアには、永久磁石PMの厚みt 1と同じ厚みを有する領域が存在しておらず、そのためにステータからの磁束Jが永久磁石PMのステータ側の隅角領域に集中するものであった。
- [0052] これに対して、図1で示すスロットおよび永久磁石においては、磁石側方のスロット1 a'、1 a''が永久磁石4と同じ厚みs 1を有する領域を備えていることで、ステータから入ってくる磁束がフラックスバリア6 A、6 Bを通過しても最短でロータコアに到達することにならず、結果として、フラックスバリア6 A、6 Bと永久磁石4の隅角領域を通過しようとする磁束の集中は解消される。
- [0053] そのため、永久磁石4が保磁力分布磁石である場合に、そのステータ側の隅角領域を過度に高い保磁力領域とする必要がなくなり、従来構造の保磁力分布磁石と比べてジスプロシウム等の使用量を低減することができる。
- [0054] なお、永久磁石4は希土類磁石やフェライト磁石、アルニコ磁石のいずれか一種からなり、この希土類磁石としては、ネオジムに鉄とボロンを加えた3成分系のネオジム磁石、サマリウムとコバルトとの2成分系の合金からな

るサマリウムコバルト磁石、サマリウム鉄窒素磁石、プラセオジウム磁石などのうちのいずれか一種からなる。

[0055] また、フラックスバリアは樹脂以外にも、空気から形成されるものであってもよい。空気からなるフラックスバリアであっても、永久磁石 4 は係合部 5 を介してスロット 1 a に位置決め固定されていることから、スロット内での位置ずれや抜け落ちなどは生じ得ない。

[0056] 図 2, 3 は、ロータに開設されるスロットとこれに挿入される磁石の他の実施の形態を示した平面図である。

[0057] 図 2 a で示す実施の形態は、2つの永久磁石 4 A とともに、それらの中心位置よりも V の字内側に凹溝 4 a を具備し、この凹溝 4 a にスロットの突起 1 b が係合して係合部 5 を形成したものである。

[0058] また、図 2 b で示す実施の形態は、2つの永久磁石 4 B とともに、それらの中心位置よりも V の字外側に凹溝 4 a を具備し、この凹溝 4 a にスロットの突起 1 b が係合して係合部 5 を形成したものである。

[0059] また、図 3 a で示す実施の形態は、2つの永久磁石 4 C とともに、永久磁石 4 C のステータ側に凹溝 4 a を具備し、スロットの突起 1 b がこの凹溝 4 a に係合して係合部 5 を形成したものである。

[0060] また、図 3 b で示す実施の形態は、2つの永久磁石 4 D とともに、それらの中心位置において平面視が略半楕円形で滑らかな曲線からなる凹溝 4 a' を具備し、この凹溝 4 a に相補的形状のスロットの突起 1 b' が係合して係合部 5 A を形成したものである。

[0061] さらに、図 3 c で示す実施の形態は、2つの永久磁石 4 E とともに、それらの中心位置において平面視矩形の突起 4 b を具備し、この突起 4 b にスロットの凹溝 1 c が係合して係合部 5 B を形成したものである。

[0062] このように、永久磁石 4 とスロット 1 a のいずれに凹溝もしくは突起を設けてもよく、また、それらのステータ側の側面もしくはロータコア中央側の側面のいずれに凹溝もしくは突起を設けてもよい。さらに、凹溝等の位置は、永久磁石 4 の中央位置、V の字の外側位置、内側位置のいずれの位置であ

ってもよい。

[0063] [磁場解析とその結果]

本発明者等は、従来構造のVの字配置の永久磁石モデル（比較例）、本発明にかかるVの字配置の永久磁石モデル（実施例1, 2, 3）をコンピュータ内でモデル化し、磁場解析をおこなって各永久磁石モデル内における反磁界を求めてそのコンター図を作成するとともに、各永久磁石モデルにおける最大反磁界の値と、実施例1, 2, 3の比較例に対する反磁界の減少量を求めた。

[0064] 各永久磁石モデルの形状に関し、比較例モデルは、図8bで示すように永久磁石の側方にエッジを有したものでスロットと永久磁石が係合部で係合していないものであり、実施例1, 2, 3の各モデルはいずれも、永久磁石の両側方のフラックスバリアが永久磁石の厚みと同じ厚みを有する領域を備え、永久磁石とスロットがロータコア中央側の係合部を介して係合しているものである。そして、実施例1は係合部が永久磁石の中央位置よりもVの字外側にあるもの、実施例2は係合部が永久磁石の中央位置にあるもの、実施例3は係合部が永久磁石の中央位置よりもVの字内側にあるものである。

[0065] 図4, 5, 6, 7はそれぞれ、比較例、実施例1, 2, 3の各永久磁石モデルを各図aで示し、各図bで解析結果であるその反磁界コンター図を示している。また、同図b中の×印箇所が最大反磁界を与える箇所である。

[0066] なお、磁石モデルに関しては、その平面視における厚みを0.5mm、長さを2.2mmとしている。

[0067] 以下の表1には、比較例および実施例1, 2, 3の最大反磁界の値と実施例1, 2, 3の比較例に対する反磁界の減少量を示している。

[表1]

	比較例	実施例 1	実施例 2	実施例 3
最大反磁界 (kOe)	8.62	7.12	7.12	7.10
反磁界減少量 (kOe)	—	−1.50	−1.50	−1.52

[0068] 表 1 および図 4～7 より、比較例では、永久磁石のステータ側の両隅角領域で反磁界が大きく、特にVの字外側の隅角領域において最大反磁界8.62kOeとなっている。

[0069] これに対して、実施例 1、2 では、最大反磁界の値を7.12kOeまで低減でき、係合部が永久磁石のVの字内側にある実施例 3 では、さらに7.10kOeまで低減できることが実証されている。

[0070] また、比較例と各実施例のコンター図を比較すると、係合部を形成した箇所反磁界が集中する傾向を示している。これは、永久磁石に凹溝を設けたことによってそのステータ側の側面から凹溝までの距離が永久磁石の他の部位の厚みよりも短くなるためにステータからの磁束が集中し易くなり、その結果として反磁界が大きくなったものである。

[0071] このように、永久磁石とロータのスロットに形成された係合部は、反磁界を低減することのみならず、永久磁石内における反磁界分布を変化させるものであり、この反磁界分布に応じた分布保磁力を具備する永久磁石を製造することにより、ジスプロシウム等の使用量を可及的に低減しながら、所望の保磁力性能を備えた永久磁石を得ることができる。

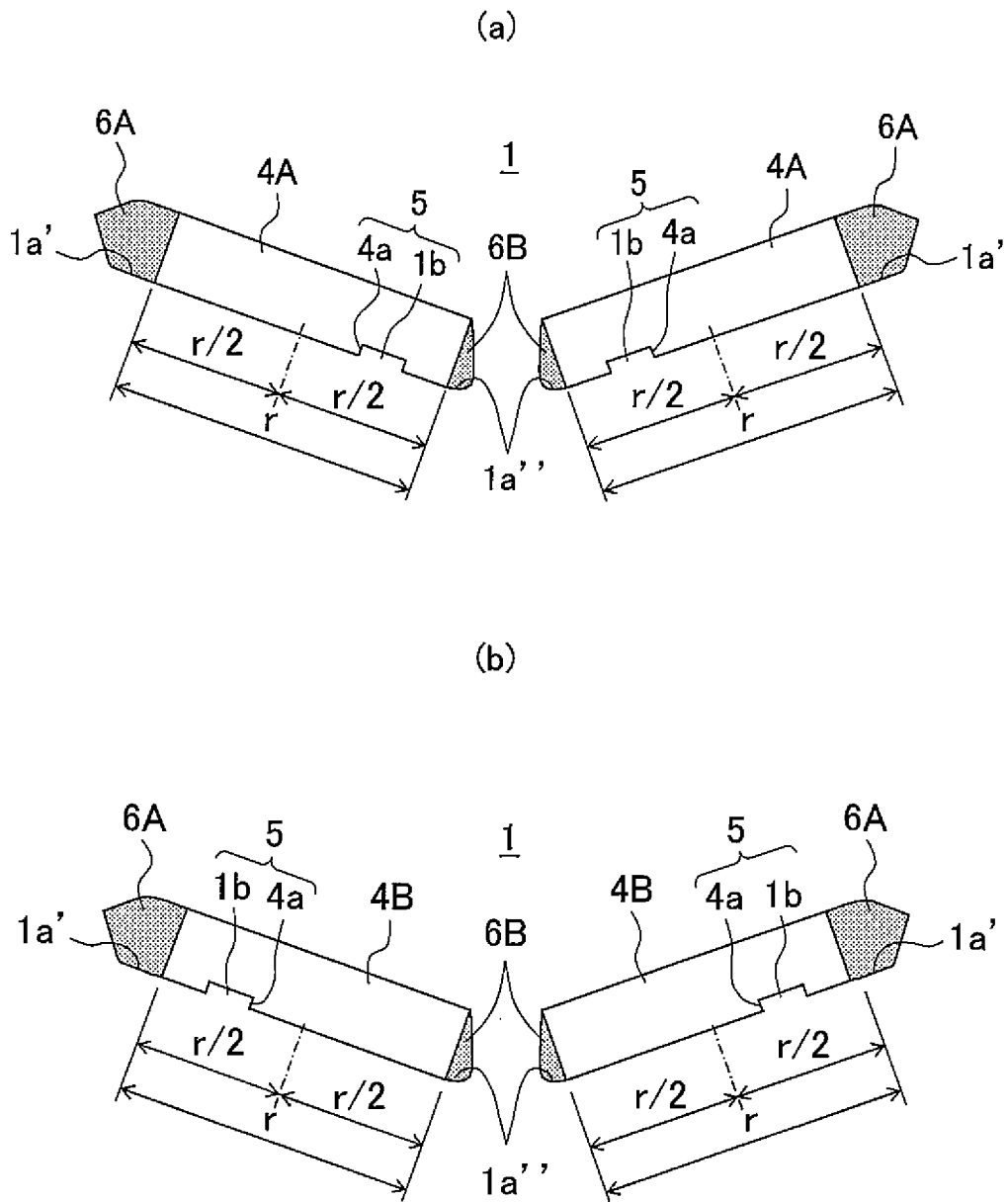
[0072] このことは、永久磁石の性能品質の保証とその製造コストの削減に繋がり、この永久磁石を具備するロータとこのロータを備えたIPMモータの性能品質の保証と製造コストの低減に直結するものである。

[0073] 以上、本発明の実施の形態を図面を用いて詳述してきたが、具体的な構成はこの実施形態に限定されるものではなく、本発明の要旨を逸脱しない範囲における設計変更等があっても、それらは本発明に含まれるものである。

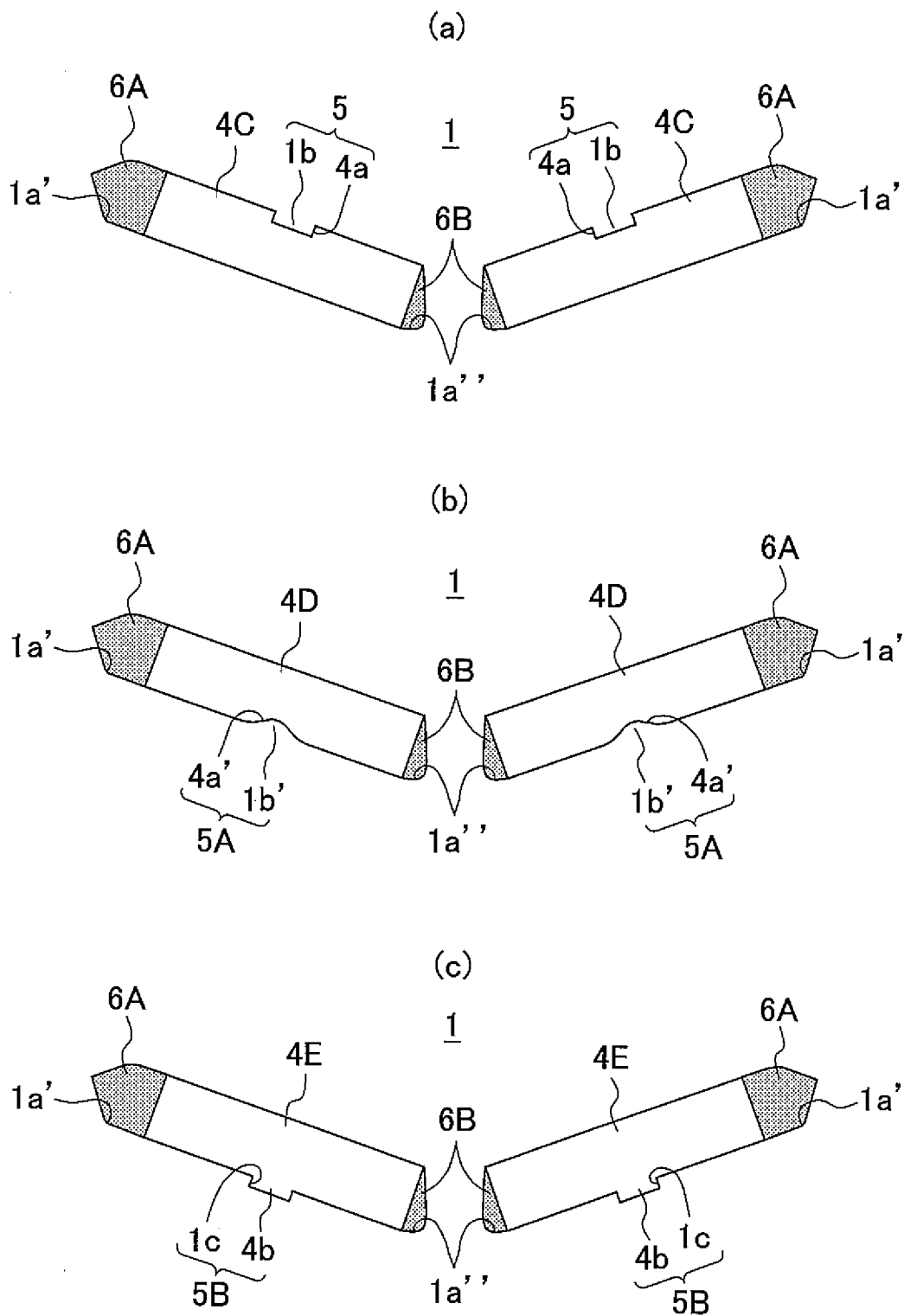
請求の範囲

- [請求項1] モータを構成するロータのロータコアに開設されたスロットのうち、ロータコア中央側のスロット面もしくはこのスロット面に対向するステータ側のスロット面の少なくともいずれか一方に突起もしくは凹溝が形成され、
- 前記スロットに收容される磁石に前記スロット面の突起もしくは凹溝と係合する磁石の凹溝もしくは突起が形成されており、
- スロットと磁石がそれぞれの凹溝と突起を係合させて係合部を形成し、この係合部にて磁石がロータ内で位置決め固定され、
- 磁石の側方面とスロット面の間に該磁石の厚みを備えたフラックスバリアが形成されているロータ。
- [請求項2] 2つの前記スロットが略Vの字配置で離間してロータコアに開設され、双方のスロットに前記磁石が位置決め固定され、フラックスバリアが形成されて1つの磁極を成している請求項1に記載のロータ。
- [請求項3] 略Vの字配置の2つの前記磁石はともに、それぞれの前記係合部が該磁石の中心位置よりも他方の磁石側に形成されている請求項2に記載のロータ。
- [請求項4] 前記フラックスバリアが樹脂もしくは空気のいずれか一方からなる請求項1～3のいずれかに記載のロータ。
- [請求項5] 請求項1～4のいずれかに記載のロータとステータからなるIPMモータ。

[図2]



[図3]

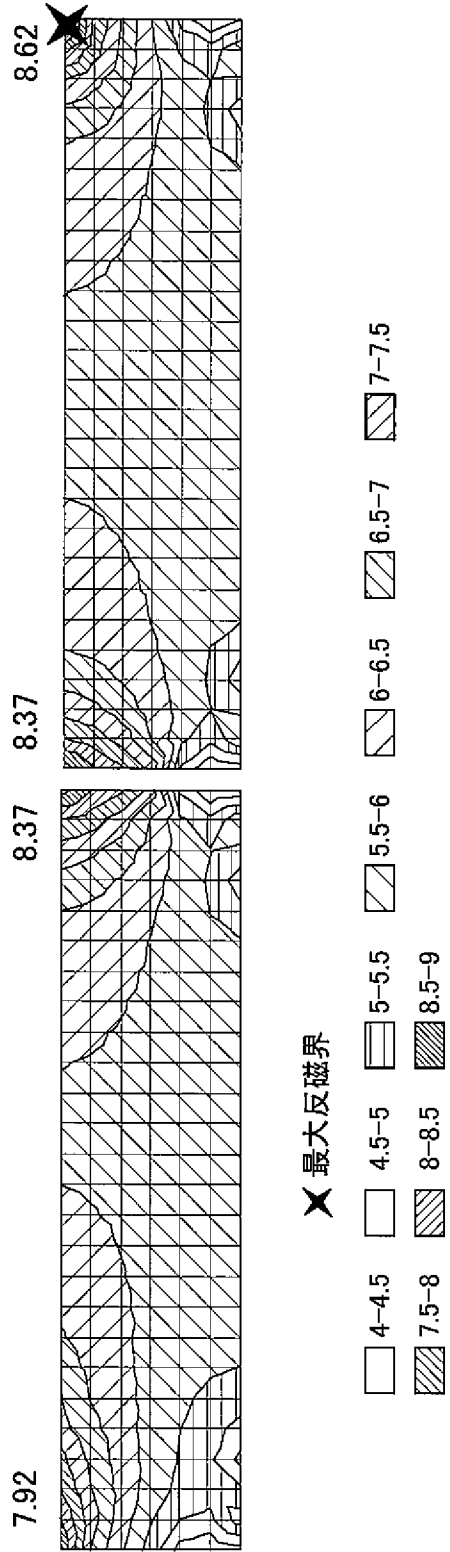


[図4]

(a)



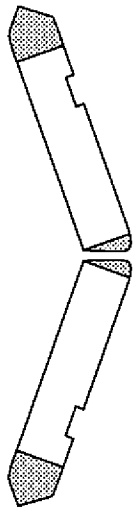
(b)



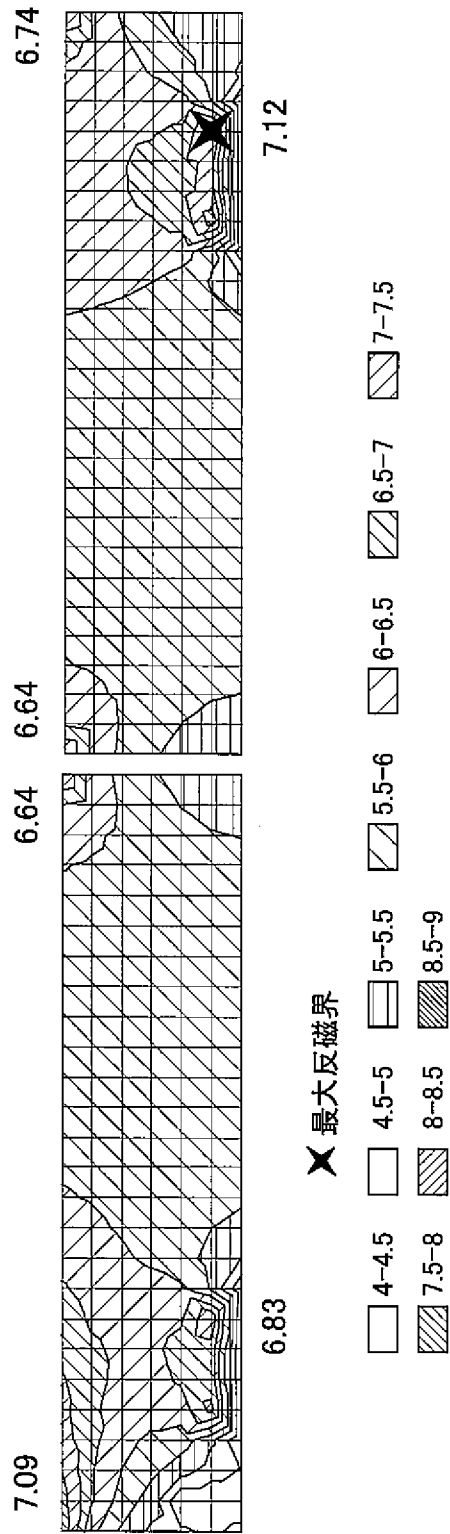
反磁界分布(kOe)

[図5]

(a)



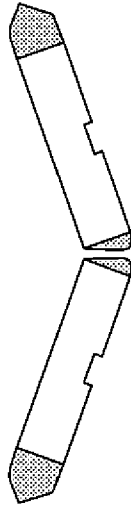
(b)



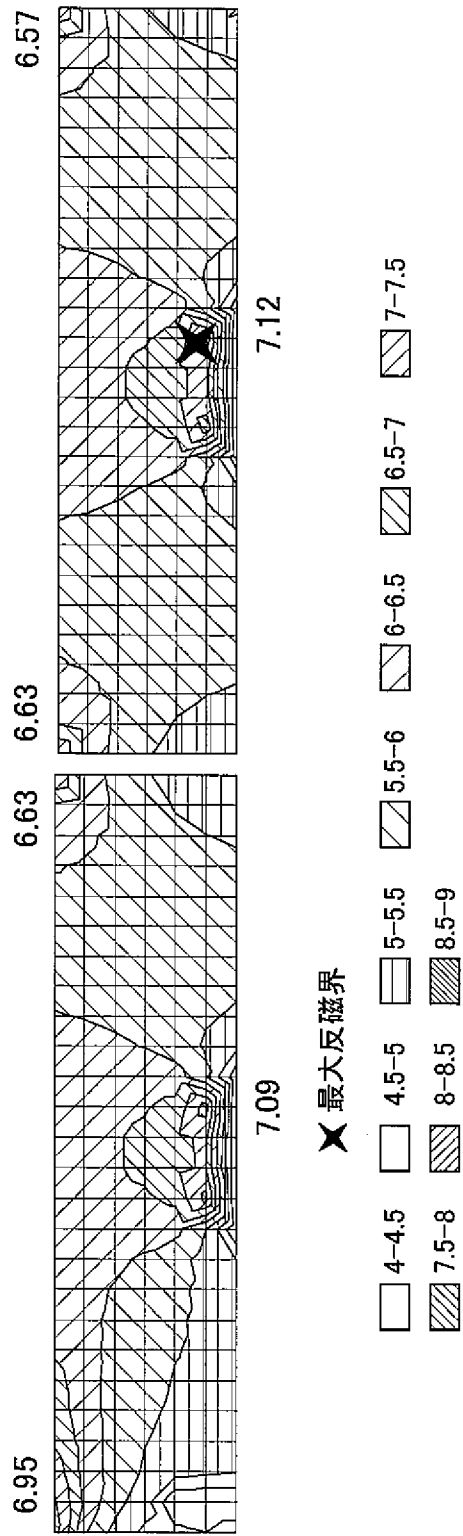
反磁界分布 (kOe)

[図6]

(a)



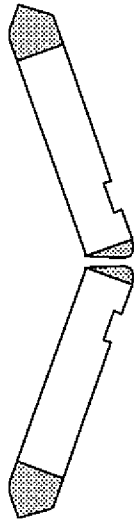
(b)



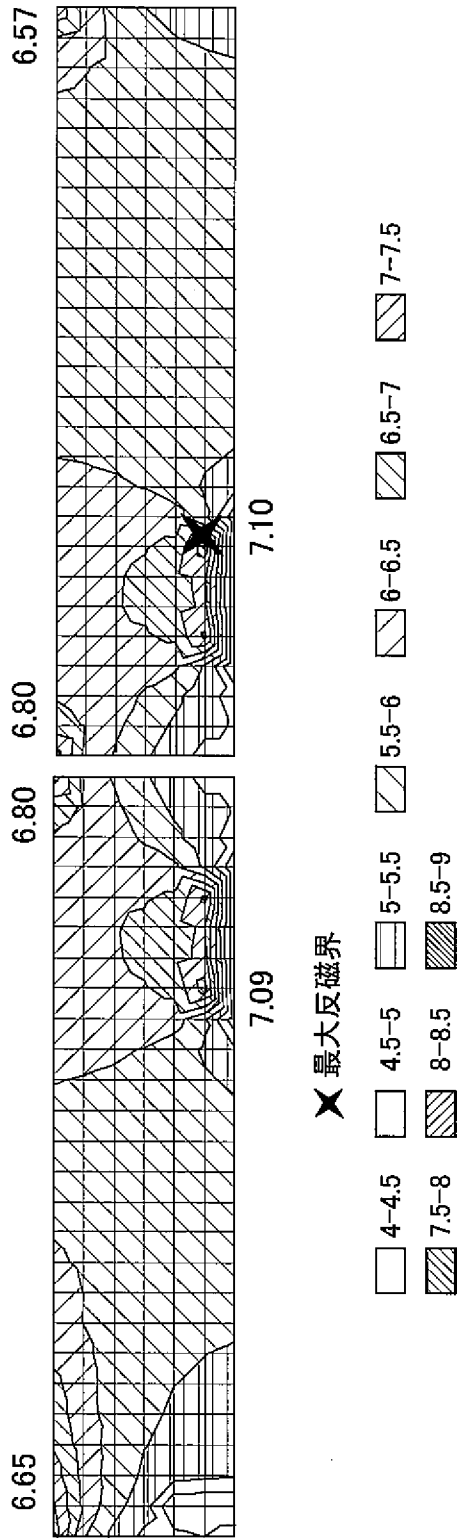
反磁界分布 (kOe)

[図7]

(a)

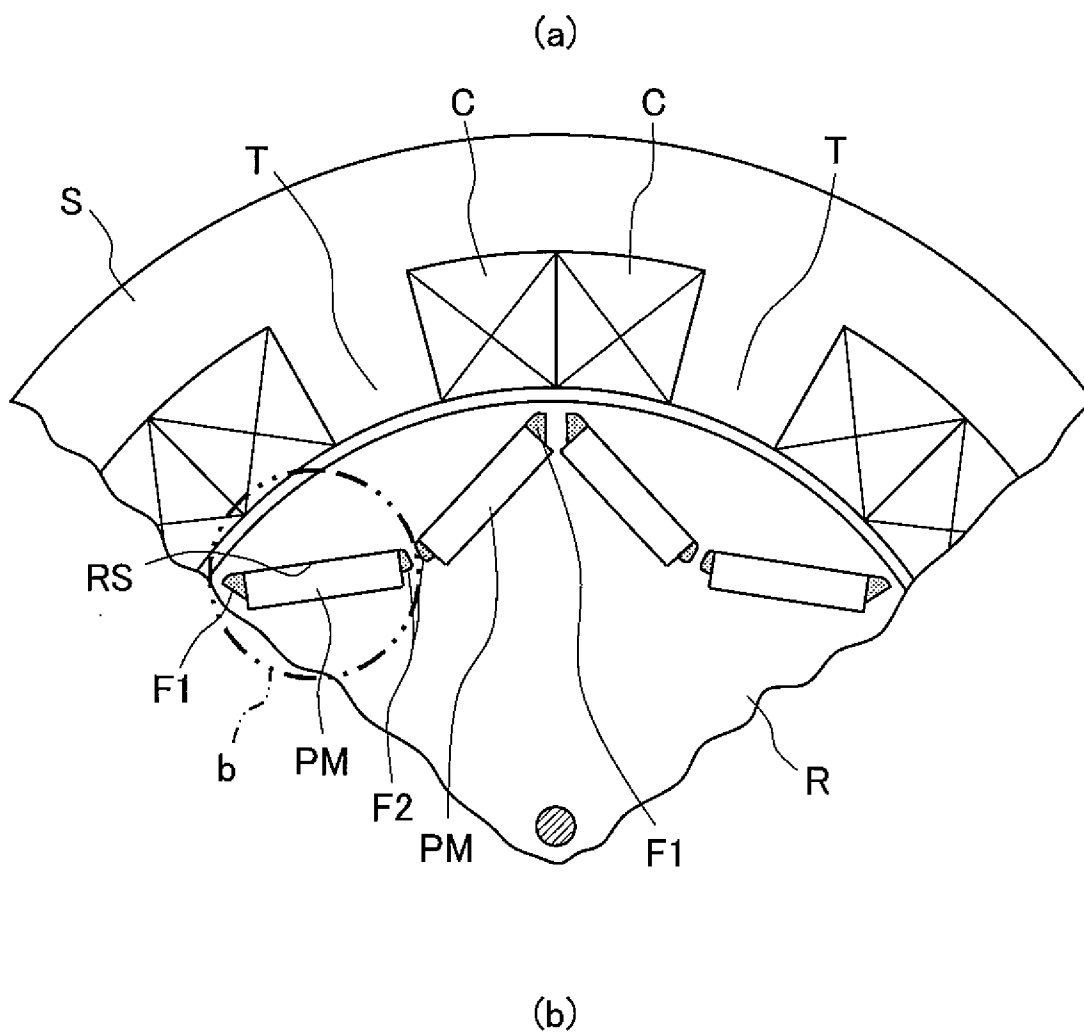


(b)



反磁界分布 (kOe)

[図8]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2010/062457

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H02K1/27(2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H02K1/27

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2010
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2010	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2010

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2007-97290 A (Toshiba Industrial Products Manufacturing Corp.), 12 April 2007 (12.04.2007), all pages (Family: none)	1-5
Y	JP 2007-336671 A (Toshiba Mitsubishi-Electric Industrial Systems Corp.), 27 December 2007 (27.12.2007), paragraphs [0017] to [0019]; fig. 3 (Family: none)	1-5
A	JP 2004-104962 A (Toshiba Industrial Products Manufacturing Corp.), 02 April 2004 (02.04.2004), all pages (Family: none)	1-5

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
05 October, 2010 (05.10.10)

Date of mailing of the international search report
12 October, 2010 (12.10.10)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2010/062457

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2008-283823 A (Toyota Motor Corp.), 20 November 2008 (20.11.2008), all pages & WO 2008/139307 A1 & DE 112008001226 T & CN 101682221 A	1-5

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. H02K1/27(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. H02K1/27

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2010年
日本国実用新案登録公報	1996-2010年
日本国登録実用新案公報	1994-2010年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y	JP 2007-97290 A (東芝産業機器製造株式会社) 2007.04.12, 全頁 (ファミリーなし)	1-5
Y	JP 2007-336671 A (東芝三菱電機産業システム株式会社) 2007.12.27, 段落0017-0019, 第3図 (ファミリーなし)	1-5
A	JP 2004-104962 A (東芝産業機器製造株式会社) 2004.04.02, 全頁 (ファミリーなし)	1-5

C欄の続きにも文献が列挙されている。

パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの
 「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
 「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
 「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
 「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献
 「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
 「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
 「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
 「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

05.10.2010

国際調査報告の発送日

12.10.2010

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)
 郵便番号100-8915
 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

三島木 英宏

電話番号 03-3581-1101 内線 3358

3V

3018

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2008-283823 A (トヨタ自動車株式会社) 2008.11.20, 全頁 & WO 2008/139307 A1 & DE 112008001226 T & CN 101682221 A	1 - 5