

(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

(43) 国際公開日
2014年2月20日(20.02.2014)



(10) 国際公開番号

WO 2014/027631 A1

- (51) 国際特許分類:
H02K 1/27 (2006.01) H02K 1/22 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2013/071739
- (22) 国際出願日: 2013年8月10日(10.08.2013)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2012-180358 2012年8月16日(16.08.2012) JP
- (71) 出願人: 株式会社ミツバ(MITSUBA CORPORATION) [JP/JP]; 〒3768555 群馬県桐生市広沢町1丁目2681番地 Gunma (JP).
- (72) 発明者: 大久保 雅通(OKUBO Masayuki); 〒3768555 群馬県桐生市広沢町1丁目2681番地 株式会社ミツバ内 Gunma (JP). 渡辺 傑(WATANABE Masaru); 〒3768555 群馬県桐生市広沢町1丁目2681番地 株式会社ミツバ内 Gunma (JP). 池野 弘達(IKENO Hirotatsu); 〒3768555 群馬県桐生市広沢町1丁目2681番地 株式会社ミツバ内 Gunma (JP). 青木 孝将(AOKI Takamasa); 〒3768555 群馬県桐生市広沢町1丁目2681番地 株式会社ミツバ内 Gunma

(JP). 早川 晃(HAYAKAWA Akira); 〒3768555 群馬県桐生市広沢町1丁目2681番地 株式会社ミツバ内 Gunma (JP). 西郡 聡志(NISHIGOORI Satoshi); 〒3768555 群馬県桐生市広沢町1丁目2681番地 株式会社ミツバ内 Gunma (JP).

(74) 代理人: 鷹野 寧(TAKANO Yasushi); 〒1500002 東京都渋谷区渋谷1-12-12 宮益坂東豊エーステート602号 鷹野特許事務所 Tokyo (JP).

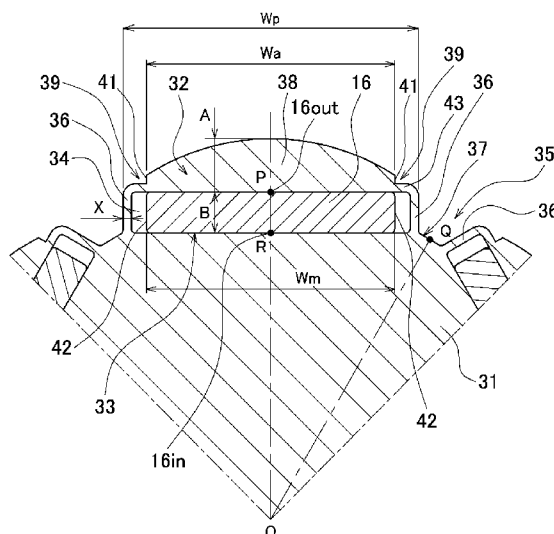
(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, 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, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ

[続葉有]

(54) Title: BRUSHLESS MOTOR AND ROTOR FOR BRUSHLESS MOTOR

(54) 発明の名称: ブラシレスモータ及びブラシレスモータ用ロータ



(57) Abstract: [Problem] To suppress magnetic flux leakage between adjacent magnetic poles in an IPM motor, improve magnetic torque, reduce inductance, and suppress a decrease in rotations when at medium to high loads. [Solution] A brushless motor (1) which is an IPM motor having a magnet (16) housed inside a rotor (3) and affixed therein. A rotor core (15) for forming the rotor (3) has a core body (31) to which a rotor shaft (13) is affixed, and six magnetic-pole sections (32) projecting from the core body (31) in the radial direction. The magnetic-pole sections (32) are provided with a magnet-attachment hole (33) in which the magnet (16) is housed and affixed. Groove-shaped recesses (35) are formed between adjacent magnetic-pole sections (32). Both ends of the magnetic-pole sections (32) in the circumferential direction thereof are provided with notches (39) facing the recesses (35). The recesses (35) are configured from a lateral-wall section (36) for facing the adjacent magnetic-pole sections (32), and a floor-surface section (37) which is the outer-circumferential surface of the core body (31). The plate width (X) of the lateral-wall section (36) falls within a range from substantially identical to the plate width (t) of the core plate to less than 1.2 times the plate width (t).

(57) 要約:

[続葉有]



(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, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

【課題】 I P Mモータにおける隣接磁極間の磁束漏れを抑えマグネットトルクの向上を図ると共に、インダクタンスを低減させ中高負荷時における回転数の低下を抑制する。 【解決手段】 ブラシレスモータ 1 は、ロータ 3 内にマグネット 1 6 を收容固定した I P M型となっている。ロータ 3 を形成するロータコア 1 5 は、ロータシャフト 1 3 に固定されたコアボディ 3 1 と、コアボディ 3 1 から径方向に突設された 6 個の磁極部 3 2 とを有する。磁極部 3 2 には、マグネット 1 6 が收容固定されるマグネット取付孔 3 3 が設けられ、隣接する磁極部 3 2 の間には溝状の凹部 3 5 が形成されている。磁極部 3 2 の周方向両端には、凹部 3 5 に臨んで切欠部 3 9 が設けられている。凹部 3 5 は、隣接する磁極部 3 2 の対向する側壁部 3 6 と、コアボディ 3 1 の外周面である底面部 3 7 から構成される。側壁部 3 6 の板幅 X はコアプレートの板厚 t と略同一～ 1.2 倍未満となっている。

明 細 書

発明の名称： ブラシレスモータ及びブラシレスモータ用ロータ

技術分野

[0001] 本発明は、ブラシレスモータのロータ構造に関し、特に、マグネット埋め込み式のモータ（IPMモータ：Interior Permanent Magnet Motor）のロータコア構造に関する。

背景技術

[0002] 近年、ロータ内部に磁石を埋め込み、マグネットの磁力によるマグネットトルクと、ロータの磁化によるリラクタンストルクの両方によってロータを回転させるマグネット埋め込み式のブラシレスモータ（IPMモータ）の利用が拡大している。IPMモータは、マグネットトルクに加えてリラクタンストルクを活用できるため、高効率で高トルクなモータとして、ハイブリッド自動車やエアコン等への使用が増加している。

[0003] 図10は、IPMモータにて使用されるロータコアの構成を示す説明図である。図10に示すように、ロータコア51は、電磁鋼板にて形成されたコアプレート52を複数枚積層させた構成となっている。各コアプレート52の外周部には、周方向に沿って複数個のスリット孔53が設けられている。コアプレート52は、スリット孔53が重なるように軸方向に積層される。各スリット孔53にはそれぞれマグネット54が収容固定される。スリット孔53に収容されたマグネット54の周方向両端側には、フラックスバリアともなる空隙部55が形成される。隣接するスリット孔53の間には、部材連結部としてブリッジ部56が設けられている。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開2003-37955公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] ところが、図10のようなロータコアを使用するIPMモータでは、マグネット54の磁束がブリッジ部56を介して隣接極に漏れてしまい、マグネットの磁束を有効に利用できないという問題があった。ブリッジ部56を介して隣接極に流れる磁束はモータのトルクには寄与しないため、磁束漏れに伴う有効磁束の減少はトルクアップの妨げとなる。

[0006] また、ブリッジ部56に漏れる磁束の量は、無通電時にはそれほど多くはないが、界磁側に通電すると、界磁側の磁束の影響により、ブリッジ部56に回り込んでしまう磁束量が増加するという現象が生じる。特に高負荷時には、電機子反作用の影響により漏れ磁束も増大し、図6に示すように（一点鎖線）、トルク維持のために電流量が急激に増大してしまうという問題があった。

[0007] さらに、図10のロータコアでは、q軸電流による鎖交磁束の方向に鋼板部位が多く、その方向の磁気抵抗が小さくなるため、q軸インダクタンス L_q が大きくなる。その結果、インダクタンスの平均 $(L_d + L_q) / 2$ が大きくなり、図6に示すように（一点鎖線）、中高負荷時の回転数が低下するという問題もあった。

[0008] 一方、IPMモータにおいても、ロータ回転に伴ってトルクリップルが発生する。これは、ロータの回転と共にリラクタンストルクが変化するためであり、通常のブラシレスモータと同様に、通電時のトルク変動であるトルクリップルもまた課題となっている。特に、IPMモータを電動パワーステアリング装置用のモータとして使用する場合、トルクリップルは、操舵フィーリングの悪化を招来し、運転者に不快感を与えてしまうという問題がある。このため、快適なドライビングという観点からも、IPMモータにおけるトルクリップルの低減が求められていた。

課題を解決するための手段

[0009] 本発明のブラシレスモータは、モータケースと、前記モータケースに固定されたステータと、前記モータケースに回転自在に支持されたロータシャフトと、前記ステータの内側に配置され前記ロータシャフトに固定されたロー

タと、を備えてなるブラシレスモータであって、前記ロータは、磁性材料にて形成されたロータコアと、前記ロータコア内に固定された複数個のマグネットと、を有し、前記ロータコアは、前記ロータシャフトに固定されたコアボディと、前記コアボディから径方向に向かって突設された複数個の磁極部と、隣接する前記磁極部の間に形成され軸方向に延びる溝状の凹部と、を有し、前記磁極部は、前記マグネットが収容固定される前記マグネット取付孔を有し、前記磁極部の周方向両端に、前記凹部に臨んで切欠部を設けたことを特徴とする。

[0010] 前記ブラシレスモータにおいて、前記凹部は、前記磁極部の周方向端部に形成され前記マグネット取付孔の周壁を構成する側壁部と、前記コアボディの外周面にて形成された底面部と、を有しても良い。この場合、前記ロータコアを、磁性材料からなるコアプレートを複数枚積層して形成し、前記側壁部の板幅 X を、前記コアプレートの板厚 t と同じ ~ 1.2 倍未満($1.0 t \leq X < 1.2 t$)としても良い。

[0011] また、前記磁極部の前記マグネット取付孔より外側に形成された外周部の厚さ A を、前記マグネットの厚さ B の $1.0 \sim 1.5$ 倍($1.0 B \leq A < 1.5 B$)としても良い。さらに、前記両切欠部間の周方向の幅 W_a を、前記マグネットの周方向の幅 W_m の 0.87 倍よりも大きく($W_a > 0.87 W_m$)としたり、あるいは、 0.90 倍よりも大きく($W_a > 0.90 W_m$)としたりしても良い。

[0012] さらに、前記底面部と前記ロータコアの中心との距離 $O-Q$ を、前記マグネットの中央部における外周部と前記ロータコアの中心との距離 $O-P$ よりも前記ロータコアの中心 O 側の寸法となるよう設定するとともに、前記マグネットの中央部における内周部と前記ロータコアの中心との距離 $O-R$ よりも中心 O から遠い側となる寸法に設定しても良い。

[0013] 加えて、前記ブラシレスモータは、電動パワーステアリング装置の駆動源として使用しても良い。

[0014] 一方、本発明のブラシレスモータ用ロータは、ブラシレスモータに使用さ

れるロータであって、前記ロータは、磁性材料にて形成されたロータコアと、前記ロータコア内に固定された複数個のマグネットと、を有し、前記ロータコアは、前記ロータシャフトに固定されたコアボディと、前記コアボディから径方向に向かって突設された複数個の磁極部と、隣接する前記磁極部の間に形成され軸方向に延びる溝状の凹部と、を有し、前記磁極部は、前記マグネットが収容固定される前記マグネット取付孔を有し、前記磁極部の周方向両端に、前記凹部に臨んで切欠部を設けたことを特徴とする。

[0015] 前記ブラシレスモータ用ロータにおいて、前記凹部は、前記磁極部の周方向端部に形成され前記マグネット取付孔の周壁を構成する側壁部と、前記コアボディの外周面にて形成された底面部と、を有しても良い。この場合、前記ロータコアを、磁性材料からなるコアプレートを複数枚積層して形成し、前記側壁部の板幅 X を、前記コアプレートの板厚 t と同じ ~ 1.2 倍未満($1.0t \leq X < 1.2t$)としても良い。

[0016] また、前記磁極部の前記マグネット取付孔より外側に形成された外周部の厚さ A を、前記マグネットの厚さ B の $1.0 \sim 1.5$ 倍($1.0B \leq A < 1.5B$)としても良い。さらに、前記両切欠部間の周方向の幅 W_a を、前記マグネットの周方向の幅 W_m の 0.87 倍よりも大きく($W_a > 0.87W_m$)としたり、あるいは、 0.90 倍よりも大きく($W_a > 0.90W_m$)としたりしても良い。

[0017] さらに、前記底面部と前記ロータコアの中心との距離 $O-Q$ を、前記マグネットの中央部における外周部と前記ロータコアの中心との距離 $O-P$ よりも前記ロータコアの中心 O 側の寸法となるよう設定するとともに、前記マグネットの中央部における内周部と前記ロータコアの中心との距離 $O-R$ よりも中心 O から遠い側となる寸法に設定しても良い。

発明の効果

[0018] 本発明のブラシレスモータによれば、ロータを形成するロータコアに、ロータシャフトに固定されたコアボディと、コアボディから径方向に向かって突設された複数個の磁極部と、磁極部の間に形成され軸方向に延びる溝状の

凹部と、を設けたので、従来モータにて漏れ磁束の磁路となっていた極間ブリッジを廃止することができ、他極への磁束漏れを低減させることが可能となる。従って、マグネットの有効磁束を増大させることができ、磁束を有効活用しマグネットトルクの向上を図ることが可能となる。また、極間ブリッジを廃止し、極間に溝状の凹部を設けたので、 q 軸インダクタンスを低減させることも可能となる。これにより、インダクタンス平均を従来モータよりも小さくすることができ、従来モータに比して、中高負荷時における回転数の低下を抑制することが可能となる。

[0019] 本発明のブラシレスモータ用ロータによれば、ロータを形成するロータコアに、ロータシャフトに固定されたコアボディと、コアボディから径方向に向かって突設された複数個の磁極部と、磁極部の間に形成され軸方向に延びる溝状の凹部と、を設けたので、従来モータにて漏れ磁束の磁路となっていた極間ブリッジを廃止することができ、他極への磁束漏れを低減させることが可能となる。従って、マグネットの有効磁束を増大させることができ、磁束を有効活用しマグネットトルクの向上を図ることが可能となる。また、極間ブリッジを廃止し、極間に溝状の凹部を設けたので、 q 軸インダクタンスを低減させることも可能となる。これにより、インダクタンス平均を従来のロータよりも小さくすることができ、従来のロータを使用したモータに比して、中高負荷時における回転数の低下を抑制することが可能となる。

図面の簡単な説明

[0020] [図1]本発明の一実施形態であるブラシレスモータの断面図である。

[図2]図1のA-A線に沿った断面図である。

[図3]凹部の構成を示す説明図である。

[図4]側壁部の厚さとトルクとの関係を示す説明図である。

[図5]SPMモータと、従来のIPMモータ、本発明によるIPMモータの各平均インダクタンスを比較した説明図である。

[図6]トルクと相電流、トルクと回転数の関係を、従来のIPMモータと本発明によるIPMモータにて比較して示した説明図である。

[図7]従来のIPMモータと本発明によるIPMモータの突極比を比較した説明図である。

[図8]切欠部間の幅寸法 W_a とマグネット幅 W_m との比(W_a/W_m)と、トルクとの関係を示す説明図である。

[図9]切欠部間の幅寸法 W_a とマグネット幅 W_m との比(W_a/W_m)と、トルクリップル率との関係を示す説明図である。

[図10]従来のIPMモータにて使用されるロータコアの構成を示す説明図である。

発明を実施するための形態

[0021] 以下、本発明の実施の形態を図面に基づいて詳細に説明する。以下の実施形態の目的はIPMモータにおける隣接磁極間の磁束漏れを抑え、有効磁束を増大させてマグネットトルクの向上を図ることにある。また、本発明の他の目的は、インダクタンスを低減させ、中高負荷時の回転数の低下を抑えることにある。

[0022] 図1は、本発明の一実施形態であるブラシレスモータの断面図、図2は、図1のA-A線に沿った断面図である。図1に示すように、ブラシレスモータ1（以下、モータ1と略記する）は、外側にステータ（固定子）2、内側にロータ（回転子）3を配したインナーロータ型のブラシレスモータとなっている。モータ1は、電動パワーステアリング装置の駆動源として使用される。

[0023] ステータ2は、有底円筒形状のモータケース4（以下、ケース4と略記する）の内側に固定されている。ステータ2は、ステータコア5と、ステータコア5に巻装されたステータコイル6（以下、コイル6と略記する）、及び、ステータコア5に取り付けられコイル6と電氣的に接続されるバスバーユニット（端子ユニット）7とから構成されている。ケース4は、鉄等にて有底円筒状に形成されている。ケース4の開口部には、図示しない固定ネジによって、アルミダイキャスト製のブラケット8が取り付けられる。

[0024] ステータコア5は、電磁鋼板を積層して形成されている。ステータコア5

には、複数個（ここでは9個）のティース9が径方向内側に向かって突設されている。ステータコア5には合成樹脂製のインシュレータ11が取り付けられている。インシュレータ11の外側には、コイル6が巻装されている。ステータコア5の一端側には、バスバーユニット7が取り付けられている。バスバーユニット7は、合成樹脂製の本体部内に銅製のバスバーがインサート成形された構成となっている。

[0025] バスバーユニット7の周囲には、複数個の給電用端子12が径方向に突設されている。バスバーユニット7の取り付けに際し、給電用端子12は、ステータコア5から引き出されたコイル6の端部6aが溶接される。バスバーユニット7では、バスバーはモータ1の相数に対応した個数（ここでは、U相, V相, W相分の3個と各相同士の接続用の1個の計4個）設けられている。各コイル6は、その相に対応した給電用端子12と電氣的に接続される。ステータコア5は、バスバーユニット7を取り付けた後、ケース4内に圧入固定される。

[0026] ステータ2の内側にはロータ3が挿入されている。ロータ3はロータシャフト13を有している。ロータシャフト13は、ベアリング14a, 14bによって回転自在に軸支されている。ベアリング14aは、ケース4の底部中央に固定されている。ベアリング14bは、ブラケット8の中央部に固定されている。ロータシャフト13には、円筒形状のロータコア15（15a～15c）と、回転角度検出手段であるレゾルバ21のロータ（レゾルバロータ）22が取り付けられている。レゾルバ21のステータ（レゾルバステータ）23は、合成樹脂製のレゾルバブラケット24に収容されている。レゾルバブラケット24は、取付ネジ25によってブラケット8の内側に固定される。

[0027] ロータコア15は、コアボディ31と、6個の磁極部32とから構成されている。コアボディ31は、ロータシャフト13に固定されている。磁極部32は、コアボディ31から径方向に向かって突設されている。ロータコア15も、図10のロータコア51と同様に、電磁鋼板からなるコアプレート

を複数枚積層させて形成されている。各磁極部 3 2 には、軸方向に延びるマグネット取付孔 3 3 がそれぞれ 1 個ずつ形成されている。各マグネット取付孔 3 3 内には、直方体状のセグメント型マグネット（永久磁石）1 6（1 6 a～1 6 c）が収容固定される。マグネット取付孔 3 3 にマグネット 1 6 を挿入すると、マグネット 1 6 の周方向両側には、フラックスバリアとして機能する空隙部 3 4 が形成される。

[0028] モータ 1 では、各磁極部 3 2 にマグネット取付孔 3 3 を設けると共に、各マグネット取付孔 3 3 にそれぞれマグネット 1 6 を収容固定する。ロータコア 1 5 の外周部には、周方向に沿って複数個のマグネット 1 6 が等分に配置される。図 1, 2 に示すように、モータ 1 では、マグネット 1 6 a～1 6 c は周方向に沿って 6 個×軸方向に 3 列配置されている。すなわち、モータ 1 は、6 極 9 スロット構成の I P M 型モータとなっている。

[0029] 各磁極部 3 2 の間には、軸方向に延びる溝状の凹部 3 5 が設けられている。モータ 1 では、隣接するマグネット取付孔 3 3 の間に、従来のモータのような略 T 字形のブリッジ部（図 1 0 の符号 5 6）は設けられておらず、マグネット取付孔 3 3 の間は凹部 3 5 になっている。図 3 は、凹部 3 5 の構成を示す説明図である。図 3 に示すように、凹部 3 5 は、磁極部 3 2 の周方向両端部に形成された側壁部 3 6 と、コアボディ 3 1 の外周面を三辺とする台形状に形成されている。

[0030] 側壁部 3 6 は、マグネット取付孔 3 3 における周方向端部の周壁を構成している。凹部 3 5 は、隣接する磁極部 3 2 の対向する側壁部 3 6 と、コアボディ 3 1 の外周面によって形成される底面部 3 7 から構成される。底面部 3 7 とロータコア 1 5 の中心との距離 O-Q は、マグネット 1 6 の中央部における外周部 1 6 out（点 P）とロータコア 1 5 の中心との距離 O-P よりも小さい。すなわち、距離 O-Q は、点 Q が点 P よりもロータコア 1 5 の中心 O 側の寸法となるよう設定されている。また、距離 O-Q は、マグネット 1 6 の中央部における内周部 1 6 in（点 R）とロータコア 1 5 の中心との距離 O-R よりも大きい。すなわち、距離 O-Q は、点 Q が点 R よりも中心 O から

遠い側となる寸法となるよう設定されている（ $O-P > O-Q > O-R$ ：P＝マグネット外周部位置，Q＝底面部位置，R＝マグネット内周部位置）。かかる設定により、ロータコア15は、従来のロータコアに比べ極間の磁路長が長くなり、隣接極間の磁気抵抗が増加する。その結果、他極への磁束漏れが大幅に少なくなり、マグネット16の有効磁束が増大し、マグネットトルクを向上させることが可能となる。発明者らの実験によれば、トルクアップのためには、側壁部36の板幅Xは、コアプレートの板厚tと略同一からその1.2倍未満程度（ $1.0t \leq X < 1.2t$ ）が好ましい（図4参照）。

[0031] このように、モータ1では、従来のモータにて漏れ磁束の磁路となっていた極間ブリッジ（ブリッジ部56）を廃し、各磁極部32を独立させると共に、隣接する磁極部32の間に窪み状の凹部35を設けている。これにより、従来のロータコアに比して極間の磁路長が長くなり、その分、隣接磁極間の磁気抵抗が増加する。その結果、他極への磁束漏れが大幅に少なくなり、マグネット16の有効磁束が増大する。従って、従来のモータよりも磁束を有効活用でき、マグネットトルクを増加させることが可能となる。

[0032] なお、各磁極部32間に凹部35を形成すると、ロータ回転に伴い極性が急変し、コギングが増大する恐れがある。これに対し、モータ1では、側壁部36によって同極に磁束を戻す磁路を形成すると共に、側壁部36と底面部37を介して、隣接極間に少ないながらも漏れ磁束を生じさせている。このため、隣接極間においても極性が徐々に変化する形となり、コギングの増大も抑えられる。

[0033] 一方、モータ1では、磁極部32の外周部38の厚さが、従来のモータに比して薄く形成されている。本実施形態では、外周部38の径方向の寸法A（磁極部32におけるマグネット16の外側寸法）が、マグネット16の厚さBの1.0～1.5倍程度（好ましくは1.3倍程度）になっており、図10のような従来のロータコア51の約0.8倍程度に形成されている。かかる設定により、磁極部32の径方向の鋼板部分が従来よりも小さくなり、その分、磁気抵抗が増加する。また、外周部38の面積が小さいため、マグネット

16の磁束により、外周部38が磁気飽和しやすくなる。従って、外周部38に界磁側からの磁束が通りにくくなり、その影響も受けにくくなる。このため、従来のモータに比して、d軸方向のインダクタンス L_d が低減される。

[0034] さらに、各磁極部32の間には、空隙部となる凹部35が設けられているため、q軸方向の磁気抵抗も増加し、q軸方向のインダクタンス L_q も低減する。その結果、インダクタンス平均 $(L_d + L_q) / 2$ が従来のモータよりも小さくなり（図5参照）、図6に示すように、従来モータに比して中高負荷時の回転数の低下が抑えられる。なお、インダクタンスの平均値は小さくなるが、モータの突極比 (L_q / L_d) は、従来モータと変わらないため、リラクタンストルクはそのまま確保できる（図7参照）。

[0035] さらに、モータ1では、磁極部32の周方向両端に、凹部35に臨む形で一对の切欠部39が設けられている。両切欠部39の間の周方向の幅（切欠部39の周方向両端面41間の距離）は、 W_a となっている（図3参照）。切欠部間の幅 W_a は、マグネット16の周方向の幅 W_m （マグネット16の周方向両端面42間の距離）に対し、 $W_a > 0.87 W_m$ 、好ましくは、 $W_a > 0.9 W_m$ に形成されている。なお、幅 W_a が磁極部32の周方向の幅 W_p よりも小さくなることは言うまでもない。

[0036] 図8は、 W_a と W_m の比 (W_a / W_m) と出力トルクとの関係を示す説明図、図9は、 W_a と W_m の比とトルクリップル率との関係を示す説明図である。発明者らの実験によれば、まず、 W_a / W_m の値とトルクとの関係は、図8に示すように、 $W_a = W_m$ 、つまり、切欠部39の周方向の幅とマグネット16の周方向の幅が等しい設定が最も好ましい。また、 W_a が $0.90 W_m$ の場合は、切欠部39が無い場合と同等のトルクとなる。切欠部39が大きくなり、 W_a が $0.90 W_m$ よりも小さくなるとトルクが低下する傾向がある。従って、トルクという観点からは、 $W_a > 0.90 W_m$ が好ましい。

[0037] 次に、 W_a / W_m とトルクリップル率との関係は、図9に示すように、 $W_a = 0.90 W_m$ の設定が最も好ましい（トルクリップル率5.6%）。トル

クリップル率は、 $W_a = 0.90W$ の場合を極小値として、 0.90 よりも小さくとも、また、大きくとも増加する。 $W_a = 0.87W$ の場合はトルクリップル率が 6.4% となり、切欠部 39 が無い場合（トルクリップル率 6.5% ）と同等となる（若干小さい）。切欠部 39 が大きくなり、 W_a が $0.87W_m$ よりも小さくなると、切欠部無しよりもトルクリップル率が増加する。従って、トルクリップル率という観点からは、 $W_a > 0.87W_m$ が好ましい。

[0038] そこで、図 $8, 9$ の結果から、 W_a, W_m の関係は、 W_a を $0.87W_m$ よりも大きく設定することにより、出力トルクとトルクリップル率をバランス良く向上させることが可能となる。この場合、 $0.87W_m < W_a < 0.90W_m$ の範囲では、トルクを若干犠牲にしつつ、トルクリップル率の低減を優先した設定となる。すなわち、トルクは、切欠部無しの場合よりも若干低くなるが（図 8 において、 0.85 と 0.90 の間）、トルクリップル率は 6.4% 以下に抑えられる。また、 $W_a = 0.90W_m$ の場合は、トルクを切欠部無しの場合と同等に維持しつつ、最もトルクリップル率が低い設定となる（トルクリップル率 5.6% ）。さらに、 $0.90W_m < W_a$ の範囲では、トルクリップル率は極小値よりも大きい（例えば、 $W_a = 0.94W_m$ の場合、トルクリップル率 5.8% ）、トルクは切欠部無しの場合よりも大きくなり、トルクを優先した設定となる。

[0039] このような切欠部 39 を設けると、側壁部 36 と外周部 38 との間に細い回廊部 43 が形成される。このため、外周部 38 から側壁部 36 に至る磁気通路の幅が狭くなり、その分、磁気抵抗が増大し、漏れ磁束が抑えられる。また、切欠部 39 により、外周部 38 と側壁部 36 の接続部が、切欠部の分だけ界磁側（ティース 9 の先端）から離れる。すなわち、前記接続部と界磁側との距離を多く取ることができ、界磁側からの影響も受けにくくなる。従来、通電時は、界磁側の影響により、ブリッジ部の漏れ磁束が大きく増大していた。これに対し、発明者らの実験によれば、切欠部 39 を設けた場合、電機子反作用が低減し、通電時における隣接極への磁束の漏れが、無通電時と同等程度に抑えられた。その結果、図 6 に示すように、従来モータに比し

て高負荷時における電流量の増大が抑えられ、この点においても、磁束の有効活用が図られる。

[0040] 本発明は前記実施例に限定されるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲で種々変更可能であることは言うまでもない。

例えば、前述の実施例では、本発明によるブラシレスモータを電動パワーステアリング装置の駆動源として使用した場合について説明したが、本発明は、他の車載電動装置や、ハイブリッド自動車、電気自動車、エアコン等の電気製品等に広く適用可能である。

符号の説明

- [0041]
- | | |
|---------------|----------|
| 1 | ブラシレスモータ |
| 2 | ステータ |
| 3 | ロータ |
| 4 | モータケース |
| 5 | ステータコア |
| 6 | ステータコイル |
| 6 a | 端部 |
| 7 | バスバーユニット |
| 8 | ブラケット |
| 9 | ティース |
| 1 1 | インシュレータ |
| 1 2 | 給電用端子 |
| 1 3 | ロータシャフト |
| 1 4 a, 1 4 b | ベアリング |
| 1 5 | ロータコア |
| 1 6 | マグネット |
| 1 6 a ~ 1 6 c | マグネット |
| 1 6 in | マグネット内周部 |
| 1 6 out | マグネット外周部 |

2 1	レゾルバ
2 2	レゾルバロータ
2 3	レゾルバステータ
2 4	レゾルバブラケット
2 5	取付ネジ
3 1	コアボディ
3 2	磁極部
3 3	マグネット取付孔
3 4	空隙部
3 5	凹部
3 6	側壁部
3 7	底面部
3 8	外周部
3 9	切欠部
4 1	周方向両端面
4 2	周方向両端面
4 3	回廊部
5 1	ロータコア
5 2	コアプレート
5 3	スリット孔
5 4	マグネット
5 5	空隙部
5 6	ブリッジ部
A	磁極部外周部の径方向寸法
B	マグネット厚さ
X	側壁部板幅
t	コアプレート板厚
O	ロータコア中心

P	マグネット外周部位置
Q	底面部位置
R	マグネット内周部位置
W a	切欠部間の周方向の幅
W m	マグネットの周方向の幅

請求の範囲

- [請求項1] モータケースと、前記モータケースに固定されたステータと、前記モータケースに回転自在に支持されたロータシャフトと、前記ステータの内側に配置され前記ロータシャフトに固定されたロータと、を備えてなるブラシレスモータであって、
- 前記ロータは、磁性材料にて形成されたロータコアと、前記ロータコア内に固定された複数個のマグネットと、を有し、
- 前記ロータコアは、前記ロータシャフトに固定されたコアボディと、前記コアボディから径方向に向かって突設された複数個の磁極部と、隣接する前記磁極部の間に形成され軸方向に延びる溝状の凹部と、を有し、
- 前記磁極部は、前記マグネットが収容固定される前記マグネット取付孔を有し、前記磁極部の周方向両端に、前記凹部に臨んで切欠部を設けたことを特徴とするブラシレスモータ。
- [請求項2] 請求項1記載のブラシレスモータにおいて、前記凹部は、前記磁極部の周方向端部に形成され前記マグネット取付孔の周壁を構成する側壁部と、前記コアボディの外周面にて形成された底面部と、を有することを特徴とするブラシレスモータ。
- [請求項3] 請求項2記載のブラシレスモータにおいて、前記ロータコアは磁性材料からなるコアプレートを複数枚積層して形成され、前記側壁部の板幅 X は、前記コアプレートの板厚 t と同じ ~ 1.2 倍未満である（ $1.0 t \leq X < 1.2 t$ ）ことを特徴とするブラシレスモータ。
- [請求項4] 請求項1～3の何れか1項に記載のブラシレスモータにおいて、前記磁極部の前記マグネット取付孔より外側に形成された外周部の厚さ A が前記マグネットの厚さ B の $1.0 \sim 1.5$ 倍（ $1.0 B \leq A < 1.5 B$ ）であることを特徴とするブラシレスモータ。
- [請求項5] 請求項1記載のブラシレスモータにおいて、前記両切欠部間の周方向の幅 W_a は、前記マグネットの周方向の幅 W_m の 0.87 倍よりも

大きい ($W_a > 0.87 W_m$) ことを特徴とするブラシレスモータ。

[請求項6] 請求項1記載のブラシレスモータにおいて、前記両切欠部間の周方向の幅 W_a は、前記マグネットの周方向の幅 W_m の0.9倍よりも大きい ($W_a > 0.9 W_m$) ことを特徴とするブラシレスモータ。

[請求項7] 請求項2記載のブラシレスモータにおいて、前記底面部と前記ロータコアの中心との距離 $O-Q$ は、前記マグネットの中央部における外周部と前記ロータコアの中心との距離 $O-P$ よりも前記ロータコアの中心 O 側の寸法となるよう設定されるとともに、前記マグネットの中央部における内周部と前記ロータコアの中心との距離 $O-R$ よりも中心 O から遠い側となる寸法となるよう設定されていることを特徴とするブラシレスモータ。

[請求項8] 請求項1～7の何れか1項に記載のブラシレスモータにおいて、前記ブラシレスモータは、電動パワーステアリング装置の駆動源として使用されることを特徴とするブラシレスモータ。

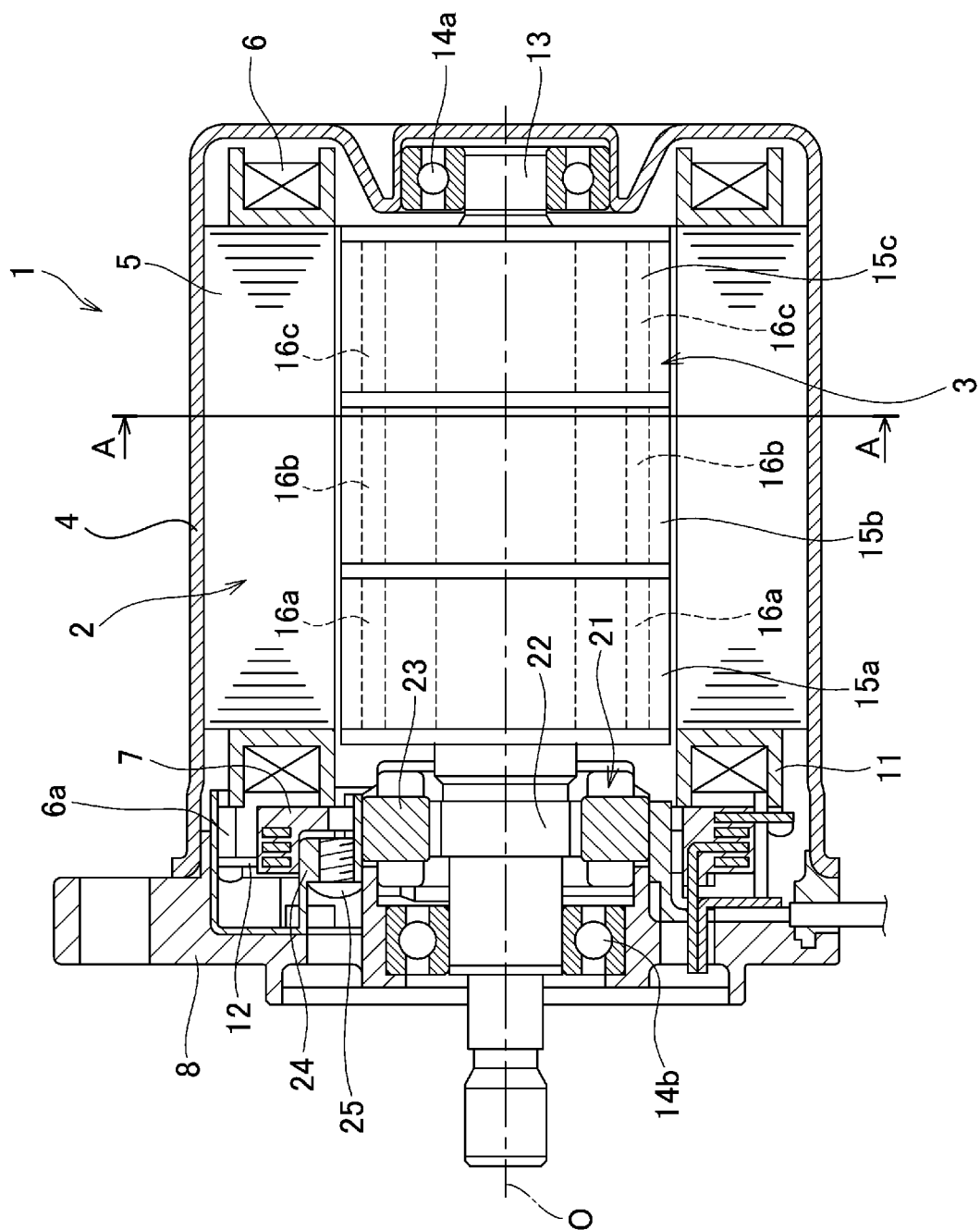
[請求項9] ブラシレスモータに使用されるロータであって、前記ロータは、磁性材料にて形成されたロータコアと、前記ロータコア内に固定された複数個のマグネットと、を有し、前記ロータコアは、前記ロータシャフトに固定されたコアボディと、前記コアボディから径方向に向かって突設された複数個の磁極部と、隣接する前記磁極部の間に形成され軸方向に延びる溝状の凹部と、を有し、

前記磁極部は、前記マグネットが収容固定される前記マグネット取付孔を有し、前記磁極部の周方向両端に、前記凹部に臨んで切欠部を設けたことを特徴とするブラシレスモータ用ロータ。

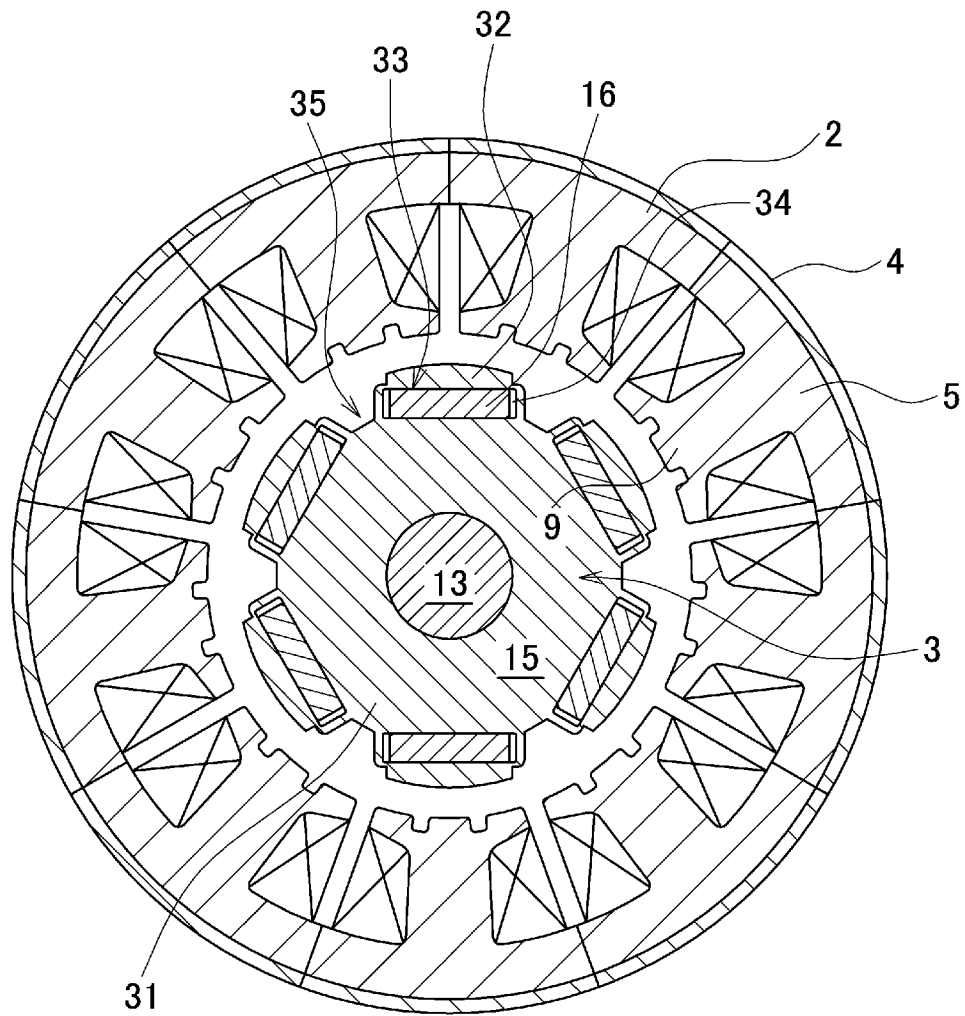
[請求項10] 請求項9記載のブラシレスモータ用ロータにおいて、前記凹部は、前記磁極部の周方向端部に形成され前記マグネット取付孔の周壁を構成する側壁部と、前記コアボディの外周面にて形成された底面部と、を有することを特徴とするブラシレスモータ用ロータ。

- [請求項11] 請求項10記載のブラシレスモータ用ロータにおいて、前記ロータコアは磁性材料からなるコアプレートを複数枚積層して形成され、前記側壁部の板幅 X は、前記コアプレートの板厚 t と同じ ~ 1.2 倍未満である（ $1.0 t \leq X < 1.2 t$ ）ことを特徴とするブラシレスモータ用ロータ。
- [請求項12] 請求項9～11の何れか1項に記載のブラシレスモータ用ロータにおいて、前記磁極部の前記マグネット取付孔より外側に形成された外周部の厚さ A が前記マグネットの厚さ B の $1.0 \sim 1.5$ 倍（ $1.0 B \leq A < 1.5 B$ ）であることを特徴とするブラシレスモータ用ロータ。
- [請求項13] 請求項9記載のブラシレスモータ用ロータにおいて、前記両切欠部間の周方向の幅 W_a は、前記マグネットの周方向の幅 W_m の 0.87 倍よりも大きい（ $W_a > 0.87 W_m$ ）ことを特徴とするブラシレスモータ用ロータ。
- [請求項14] 請求項9記載のブラシレスモータ用ロータにおいて、前記両切欠部間の周方向の幅 W_a は、前記マグネットの周方向の幅 W_m の 0.9 倍よりも大きい（ $W_a > 0.9 W_m$ ）ことを特徴とするブラシレスモータ用ロータ。
- [請求項15] 請求項10記載のブラシレスモータ用ロータにおいて、前記底面部と前記ロータコアの中心との距離 $O-Q$ は、前記マグネットの中央部における外周部と前記ロータコアの中心との距離 $O-P$ よりも前記ロータコアの中心 O 側の寸法となるよう設定されるときともに、前記マグネットの中央部における内周部と前記ロータコアの中心との距離 $O-R$ よりも中心 O から遠い側となる寸法となるよう設定されていることを特徴とするブラシレスモータ用ロータ。

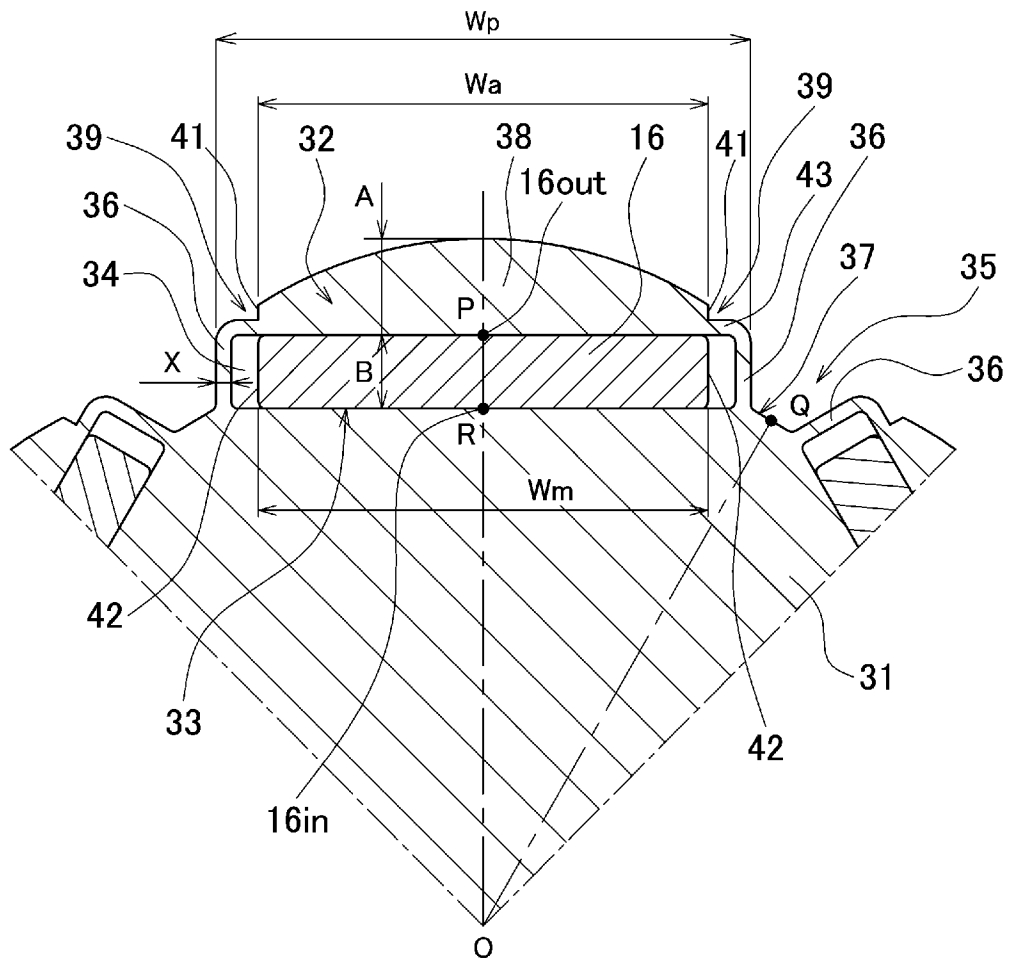
[図1]



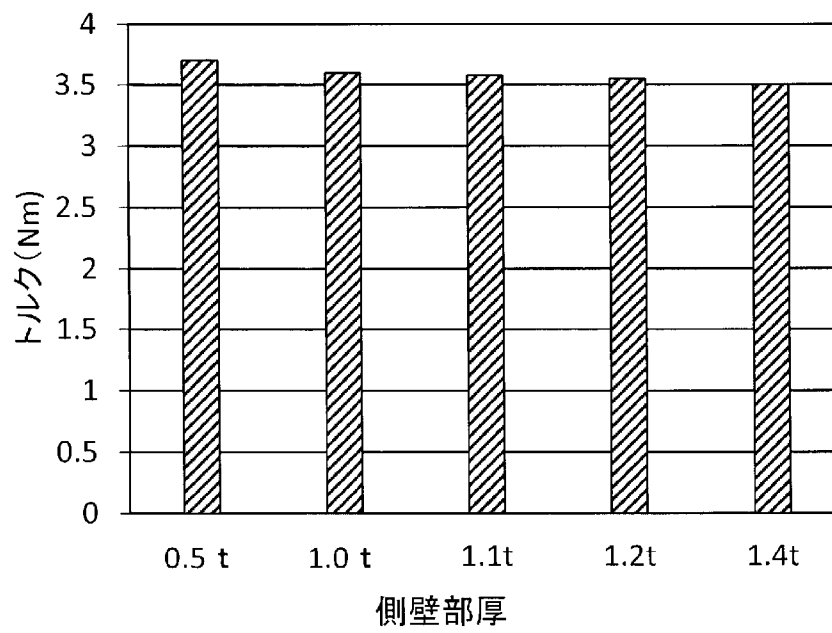
[図2]



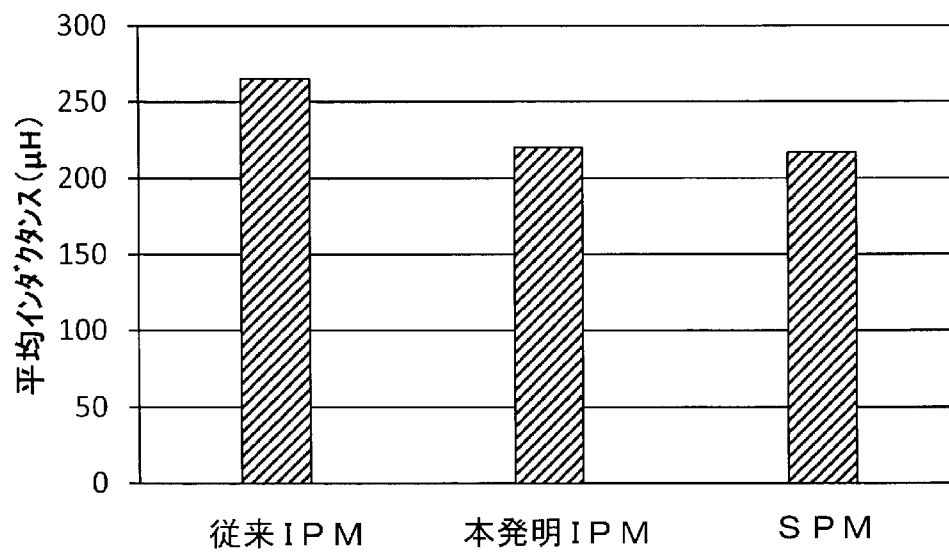
[図3]



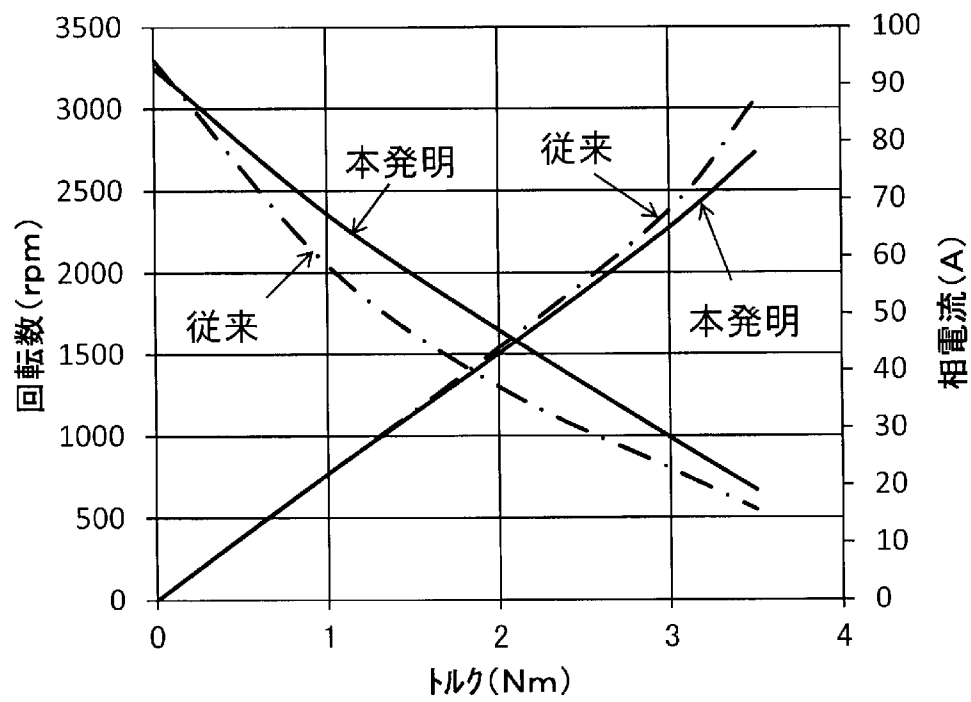
[図4]



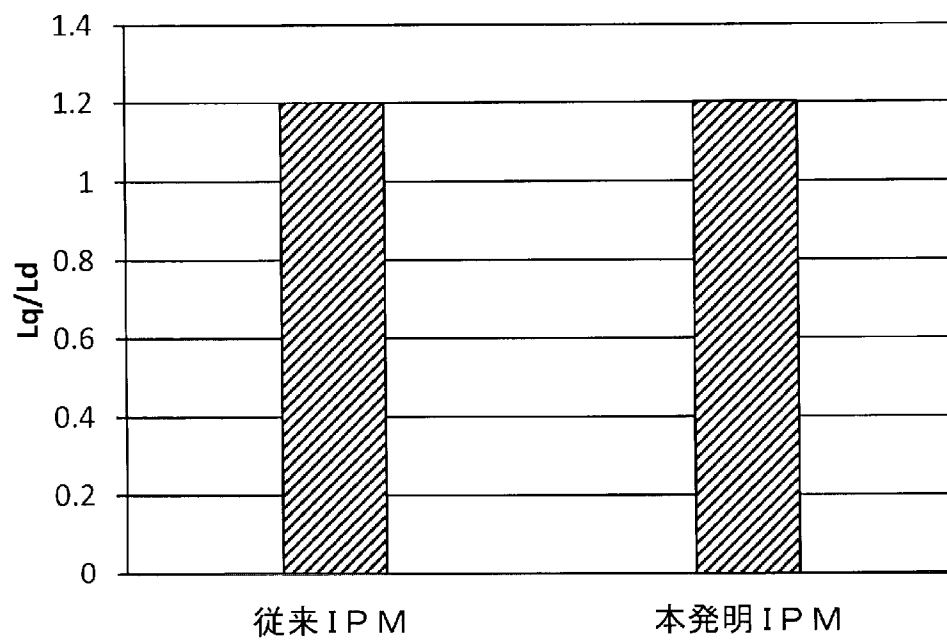
[図5]



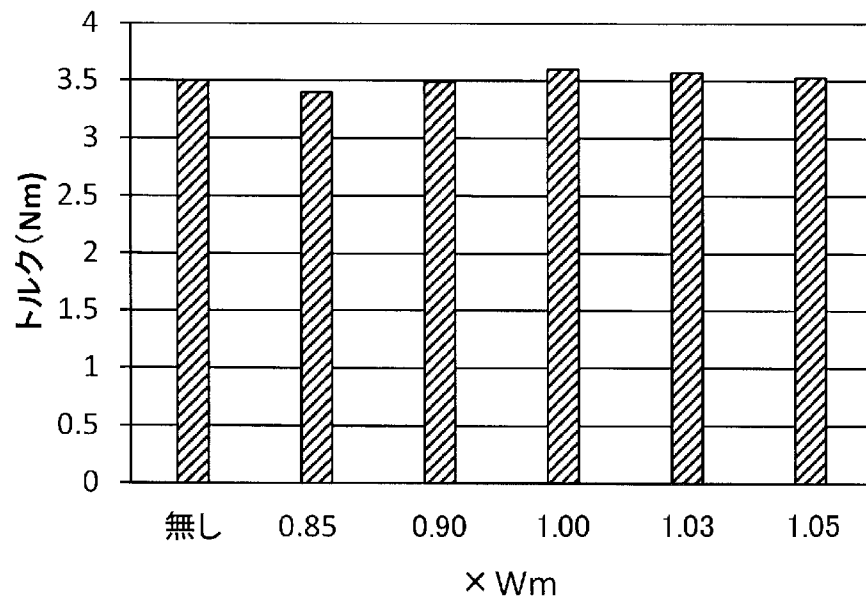
[図6]



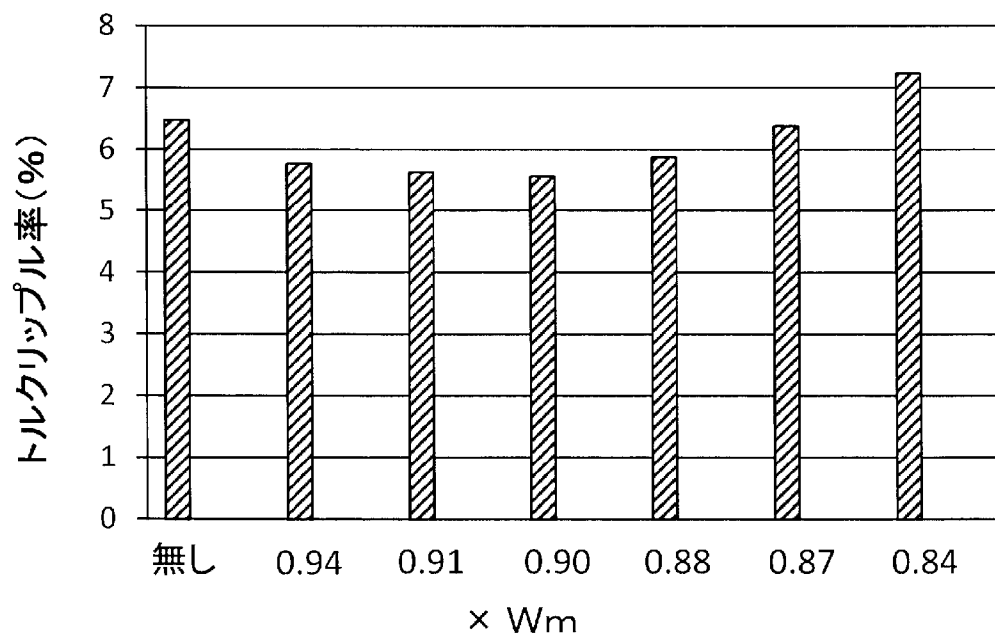
[図7]



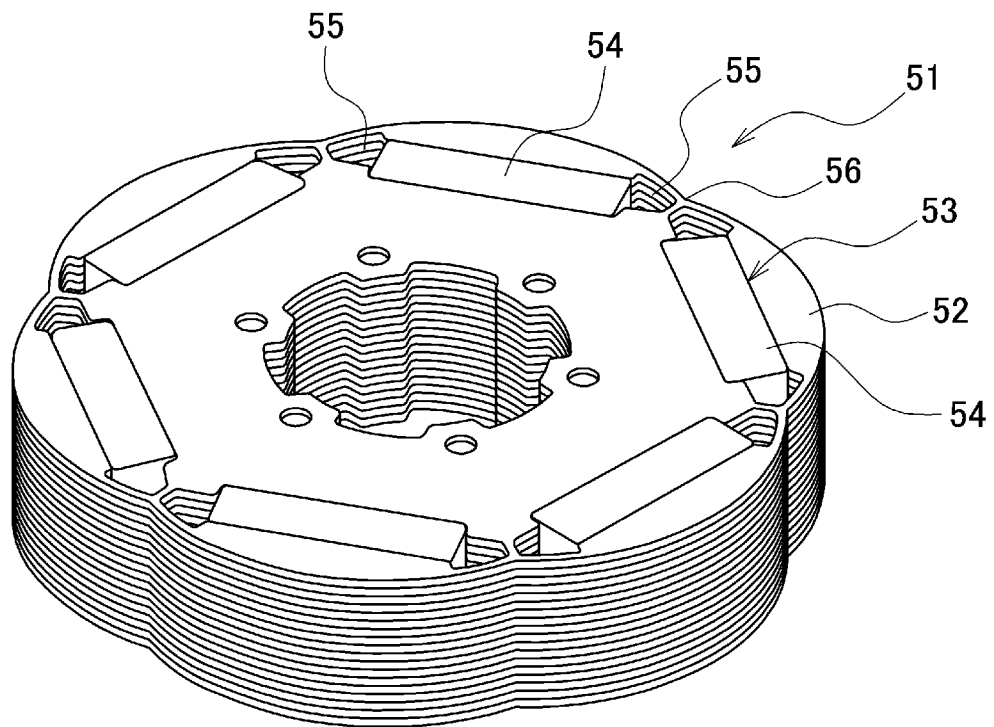
[図8]



[図9]



[図10]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2013/071739

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H02K1/27(2006.01)i, H02K1/22(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, H02K1/22

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 1996-2013
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2013 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2013

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.
X	JP 2005-27422 A (Hitachi, Ltd.), 27 January 2005 (27.01.2005), fig. 1 to 8 (Family: none)	1, 5-6, 9, 13-14 2-4, 7-8, 10-12, 15
Y	JP 2007-295708 A (Nidec Sankyo Corp.), 08 November 2007 (08.11.2007), fig. 1 (Family: none)	2-4, 7-8, 10-12, 15
Y	JP 2002-136011 A (Fujitsu General Ltd.), 10 May 2002 (10.05.2002), paragraph [0026]; fig. 1 to 3 (Family: none)	3-4, 8, 11-12

☒ 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
07 October, 2013 (07.10.13)

Date of mailing of the international search report
22 October, 2013 (22.10.13)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2013/071739

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 11-275784 A (Hitachi, Ltd.), 08 October 1999 (08.10.1999), paragraph [0028]; fig. 3 (Family: none)	4, 8, 12
Y	JP 2005-124281 A (Aichi Elec Co.), 12 May 2005 (12.05.2005), paragraph [0002] (Family: none)	8

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C）） Int.Cl. H02K1/27(2006.01)i, H02K1/22(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（I P C）） Int.Cl. H02K1/27, H02K1/22			
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 1 9 2 2 - 1 9 9 6 年 日本国公開実用新案公報 1 9 7 1 - 2 0 1 3 年 日本国実用新案登録公報 1 9 9 6 - 2 0 1 3 年 日本国登録実用新案公報 1 9 9 4 - 2 0 1 3 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
X	JP 2005-27422 A（株式会社日立製作所）2005.01.27, 図1-8（ファミリーなし）		1, 5-6, 9, 13-14
Y			2-4, 7-8, 10-12, 15
Y	JP 2007-295708 A（日本電産サンキョー株式会社）2007.11.08, 図1（ファミリーなし）		2-4, 7-8, 10-12, 15
☒ 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 0 7 . 1 0 . 2 0 1 3		国際調査報告の発送日 2 2 . 1 0 . 2 0 1 3	
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁（I S A / J P） 郵便番号1 0 0 - 8 9 1 5 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） 森山 拓哉 電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 3 5 8	3 V 3 9 2 4

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリ*	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 2002-136011 A (株式会社富士通ゼネラル) 2002. 05. 10, 段落【0026】、図 1-3 (ファミリーなし)	3-4, 8, 11-12
Y	JP 11-275784 A (株式会社日立製作所) 1999. 10. 08, 段落【0028】、図 3 (ファミリーなし)	4, 8, 12
Y	JP 2005-124281 A (アイチエレクトロニクス株式会社) 2005. 05. 12, 段落【0002】 (ファミリーなし)	8