

(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
2017 年 5 月 4 日(04.05.2017)



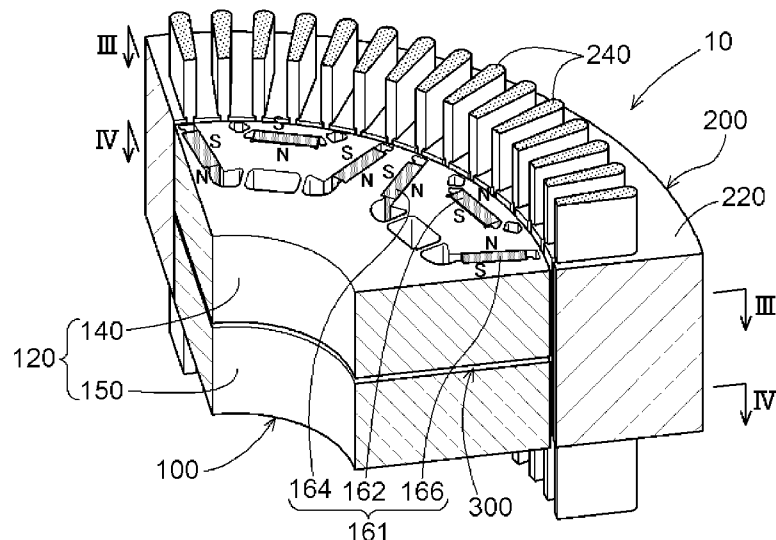
(10) 国際公開番号
WO 2017/073418 A1

- (51) 国際特許分類:
H02K 1/27 (2006.01) *H02K 21/16* (2006.01)
H02K 16/02 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2016/080894
- (22) 国際出願日: 2016 年 10 月 19 日(19.10.2016)
- (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 2015-213295 2015 年 10 月 29 日(29.10.2015) JP
- (71) 出願人: アイシン精機株式会社(AISIN SEIKI KABUSHIKI KAISHA) [JP/JP]; 〒4488650 愛知県刈谷市朝日町二丁目一番地 Aichi (JP).
- (72) 発明者: 柴森賢子(SHIBAMORI Masako); 〒4488650 愛知県刈谷市朝日町二丁目一番地 アイシン精機株式会社内 Aichi (JP). 馬暁鷗(MA Gyoo); 〒4488650 愛知県刈谷市朝日町二丁目一番地 アイシン精機株式会社内 Aichi (JP). 佐久間昌史(SAKUMA Masafumi); 〒4488650 愛知県刈谷市朝日町二丁目一番地 アイシン精機株式会社内 Aichi (JP).
- (74) 代理人: 特許業務法人 R & C (R&C IP LAW FIRM); 〒5300005 大阪府大阪市北区中之島三丁目 3 番 3 号 Osaka (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, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, KE, KG, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, 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, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, 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, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[続葉有]

(54) Title: PERMANENT MAGNET MOTOR

(54) 発明の名称: 永久磁石型モータ



(57) Abstract: In order to minimize a reduction in drive torque in a permanent magnet motor having a skew structure, this permanent magnet motor is equipped with a rotor having: a rotor core formed by laminating multiple electromagnetic steel plates; and magnets housed in storage holes formed in the interior of the rotor core. The rotor core has a skew structure containing a first core and a second core, which are shifted with respect to each other in the circumferential direction with respect to the axis of the rotor. Among the magnets, first magnets are housed in the storage holes of the first core, and second magnets are housed in the storage holes of the second core. The first magnets and the second magnets oppose one another in the axial direction, with a first gap therebetween.

(57) 要約: スキュー構造を有する永久磁石型モータにおける駆動トルクの低下を抑制する。永久磁石型モータは、複数の電磁鋼板を積層して構成されたロータコア、及び、該ロータコアの内部に形成された収容孔に収容された磁石を有するロータ、を備え、ロータコアは、ロータの軸心に対して互いに周方向にずれた第1コアと第2コアとを含むスキュー構造を有しており、第1コアの収容孔には磁石のうち第1磁石が収容され、第2コアの収容孔には磁石のうち第2磁石が収容されており、第1磁石と第2磁石とは軸心の方



WO 2017/073418 A1

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

明 細 書

発明の名称：永久磁石型モータ

技術分野

[0001] 本発明は、永久磁石型モータに関する。

背景技術

[0002] 永久磁石を用いたモータ（例えば、IPMモータ）においては、ロータに挿入された磁石とステータのスロットとの間の吸引反発力により、モータの駆動回転時にトルクリップルが発生することが知られている。このトルクリップルを低減するための方法の一つとして、ロータにスキュー構造（以下、単にスキューとも称する）を採用することが提案されている。

[0003] 特許文献1には、スキューを有する永久磁石型モータのロータに埋め込まれている永久磁石に隣接して形成されている磁束短絡防止用の空隙を、永久磁石の端面の内縁部よりも内方に延在させると共に周方向の幅を広くする発明が開示されている。空隙の周方向の幅を広くすることで、ロータを軸方向で複数に分割してスキューを設けたときに、スキュー角度を大きくすることができ、ロータの分割数を少なくすることができる。

[0004] 特許文献2においては、多段ロータスキュー構造における段間の短絡磁束の発生に伴うトルク低下を抑制して、トルクリップルを低減できる永久磁石型モータが開示されている。該永久磁石型モータ用ロータは、複数磁極の永久磁石を組み込んだロータコアを軸方向に多段に有し、各段のロータコアを互いに回転方向にずらして一体形成したスキューを有する。各段のロータコアは、周方向で隣接する永久磁石の磁極間に、この磁極間における短絡磁束を遮断するためのフラックスバリア部を有する。スキュー角度は、隣接する段のロータコア間においては、隣接する永久磁石の磁極のフラックスバリア部同士の間で少なくとも一部が重なり合うような設定されている。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：特開平5－236687号公報

特許文献2：特開2014－150626号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] スキュー構造を有すると、ロータに埋め込まれた磁石が周方向でずれるので、磁極の位置がずれた磁石の磁極間で磁束の短絡が発生する。短絡磁束が発生すると、トルクの発生に寄与する磁束が減少し、トルクリップルは低減されるものの、駆動トルク自体が小さくなってしまう。特許文献1、特許文献2に開示された永久磁石モータの構造においては、ロータに埋め込まれた磁石は周方向が長手方向になるように配置されているため、スキューによる磁極のずれ量が小さく、駆動トルクの減少の程度は小さかった。しかし、径方向が長手方向になるように磁石が埋め込まれた場合には、スキューによる磁極のずれ量が大きくなるので、短絡する磁束の割合が高くなり、駆動トルクは大きく低下していた。

[0007] このように、スキュー構造を有する永久磁石型モータにおいては、駆動トルクの低下を抑制するために更なる改善の余地があった。

課題を解決するための手段

[0008] 本発明に係る永久磁石型モータの1つの実施形態は、複数の電磁鋼板を積層して構成されたロータコア、及び、該ロータコアの内部に形成された収容孔に収容された磁石を有するロータ、を備え、前記ロータコアは、前記ロータの軸心に対して互いに周方向にずれた第1コアと第2コアとを含むスキュー構造を有しており、前記第1コアの前記収容孔には前記磁石のうち第1磁石が収容され、前記第2コアの前記収容孔には前記磁石のうち第2磁石が収容されており、前記第1磁石と前記第2磁石とは前記軸心の方向で第1間隙を有して対向している。

[0009] 永久磁石型モータにスキュー構造を設けると、第1磁石と第2磁石とはスキュー構造を有するものとなるので、第1磁石と第2磁石との磁極面のずれにより発生した磁束による不可逆減磁が生じる。不可逆減磁が生じると、第

1 磁石及び第2磁石で発生する磁束が低下し、永久磁石型モータで発生する駆動トルクが低下する。そこで、第1磁石と第2磁石とが軸心の方で第1間隙を有して対向するように永久磁石型モータを構成すると、スキュー構造の採用によるトルクリップルを低減することができると共に、不可逆減磁を低減させて、駆動トルクの低減を抑制することができる。

[0010] 永久磁石型モータの1つの実施形態は、前記ロータの外周に前記軸心と同軸心且つ径方向に第2間隙を有して配設されたステータをさらに備え、前記第1磁石のN極及びS極のいずれか一方の磁極と前記第2磁石の他方の磁極との前記第1間隙における最短距離である最小磁極間距離は前記第2間隙の距離よりも大きい。

[0011] このような構成を有することにより、第1磁石と第2磁石とで発生する磁束は第1間隙よりも磁気抵抗の低い第2間隙からステータに多く流れ、第1間隙に流れる磁束は少なくなる。これにより、第1磁石と第2磁石とで発生する磁束を優先的にステータに流し、駆動トルクの低減を抑制することができる。

[0012] 永久磁石型モータの1つの実施形態は、前記第1コアと前記第2コアとの間の前記第1間隙に挿入された板状部材をさらに備え、前記第1磁石と前記第2磁石とはいずれも前記板状部材に当接している。

[0013] このような構成を有することにより、ロータ全体を一体化して強度を高めることができると共に、不可逆減磁を低減させて、駆動トルクの低減を抑制することができる。

[0014] 永久磁石型モータの1つの実施形態において、前記板状部材は非磁性体からなる。

[0015] 板状部材が非磁性体であると、板状部材の磁気抵抗が磁性体よりも高いので、第1磁石と第2磁石の間に挿入するだけで、不可逆減磁を低減する効果が得られる。

[0016] 永久磁石型モータの1つの実施形態において、前記板状部材は、前記軸心の方向に沿って見たときに、少なくとも前記第1磁石と前記第2磁石とが重

なっている箇所である減磁部にフラックスバリアを有する磁性体からなる。

[0017] 板状部材が磁性体であって第1磁石と第2磁石との間に磁性体が存在すると、板状部材が非磁性体の場合と比較して磁気抵抗が低いので、第1磁石と第2磁石との間の短絡磁束が増加し、不可逆減磁が発生しやすい。そこで、第1磁石と第2磁石とが重なっている箇所にフラックスバリアを設けることにより、板状部材が磁性体であっても、第1磁石と第2磁石との間の短絡磁束は増加せず、不可逆減磁を低減する効果が得られる。

[0018] 永久磁石型モータの1つの実施形態において、前記板状部材は、前記減磁部に加えて、前記減磁部よりも径方向内側にもフラックスバリアを有する。

[0019] このような構成であれば、第1磁石と第2磁石との間の減磁だけでなく、同一コア内での隣接する磁石間で発生する磁束を低減することができるので、第1磁石と第2磁石とで発生する磁束をステータに流し、駆動トルクの低減を抑制することができる。

[0020] 永久磁石型モータの1つの実施形態において、前記板状部材は、前記軸心の方向に沿って見たときに、前記ロータコアと同じ形状を有しており、前記板状部材の周方向のずれ角度は、前記第1コアと前記第2コアとのずれ角度であるスキュー角度よりも小さい。

[0021] このような構成であれば、板状部材がロータコアと同形状であるため、板状部材を別途製造する必要がなく、管理する部品点数を減らして永久磁石型モータの製造コストを低減することができる。また、不可逆減磁を低減しつつ、第1磁石と第2磁石とで発生する磁束を優先的に流し、駆動トルクの低減を抑制することができる。さらに、第1磁石と第2磁石を挿入すると板状部材に突き当たるので、第1磁石と第2磁石の軸心方向の位置決めを容易にすることができる。

図面の簡単な説明

[0022] [図1]第1実施形態に係るIPMモータの構造を表す平面図である。

[図2]IPMモータの部分拡大斜視図である。

[図3]図2のIII-III線断面図である。

[図4]図2のIV-IV線断面図である。

[図5]図3のV-V線断面図である。

[図6]上段磁石と下段磁石の軸方向に沿う距離に対する減磁率の変化を表すグラフである。

[図7]上段磁石と下段磁石の軸方向に沿う距離に対するトルク改善率の変化を表すグラフである。

[図8]第2実施形態に係るIPMモータにおける第1磁性体の位置と構造を表す断面図である。

[図9]図8のIX-IX線断面図である。

[図10]第3実施形態に係るIPMモータにおける第2磁性体の位置と構造を表す断面図である。

[図11]第3実施形態の変形例に係るIPMモータにおける第3磁性体の位置と構造を表す断面図である。

[図12]第4実施形態に係るIPMモータにおける非磁性体の位置と構造を表す断面図である。

[図13]各実施形態に係るIPMモータの減磁率を比較したグラフである。

[図14]各実施形態に係るIPMモータのトルク改善率を比較したグラフである。

発明を実施するための形態

[0023] 以下、本発明の実施形態について、図面を用いて詳細に説明する。

[0024] 1. 第1実施形態

図1は、本発明の第1実施形態に係る永久磁石埋め込み型（IPM）モータ10の回転軸心に沿う方向から見た平面図である。図1に示すように、IPMモータ10は、ロータ100と、ロータ100の軸心Xと同軸心で径方向外側に空隙Z（図3参照）を有して配置されたステータ200とを有する。なお、IPMモータ10は永久磁石型モータの一例であり、空隙Zは第2間隙の一例である。

[0025] ステータ200は、ステータコア220とステータコア220のスロット

２２２に巻回されたコイル２４０とを有する。ステータコア２２０は、電磁鋼板を積層して形成されており、円筒形状を有している。

[0026] ロータ１００は電磁鋼板を積層して形成された円柱形状のロータコア１２０と、ロータコア１２０の中央に形成された貫通孔に挿通され固定されたシャフト１１０と、ロータコア１２０の内部に收容された直方体形状の永久磁石（以下、単に磁石とも称する）１６０とを有する。磁石１６０は直方体形状のうち面積が最大の面が磁極（Ｎ極、Ｓ極）となるように着磁されている（図２参照）。以下、磁石１６０の面のうち、磁極を有する面を磁極面と称する。

[0027] 本実施形態では、ロータ１００の極数は８極であり、１極につき６個の磁石１６０（第１上段磁石１６２、第２上段磁石１６４、第３上段磁石１６６、第１下段磁石１７２、第２下段磁石１７４、第３下段磁石１７６）が使用されている。第１上段磁石１６２はロータコア１２０の收容孔１２２に、第２上段磁石１６４は收容孔１２４に、第３上段磁石１６６は收容孔１２６に、それぞれ接着等の方法により固定されている（図３参照）。第１下段磁石１７２、第２下段磁石１７４、第３下段磁石１７６については後述する。

[0028] 図３に示すように、ロータコア１２０の收容孔１２２の長手方向の端部から連続してフラックスバリア１３２が形成されている。また、同様に、收容孔１２４、１２６の長手方向の端部から連続してフラックスバリア１３４、１３６が形成されている。

[0029] フラックスバリア１３２は、第１上段磁石１６２が收容される收容孔１２２の長手方向の両端から連続して径方向外側に向かって延在した空隙であり、收容孔１２２と合わせた孔全体では径方向外側が開いたＵ字形状を有している。それぞれのフラックスバリア１３２は強度確保のためにブリッジにより２つの部分に分けられているが、必要な強度が確保できればブリッジは必ずしも必要ではない。フラックスバリア１３２の延在方向に直交する方向（ブリッジの延在方向）の幅は、收容孔１２２との境界近傍では第１上段磁石１６２の短手方向の幅よりも短く、それ以外の箇所では第１上段磁石１６２

の短手方向の幅と同等である。

[0030] フラックスバリア 1 3 4 は、第 2 上段磁石 1 6 4 と第 3 上段磁石 1 6 6 とがそれぞれ収容される収容孔 1 2 4、1 2 6 の長手方向の径方向外側の端部から連続してさらに径方向外側に向かって延在した空隙である。フラックスバリア 1 3 4 の延在方向に直交する方向の幅は、収容孔 1 2 4、1 2 6 との境界近傍では第 2 上段磁石 1 6 4、第 3 上段磁石 1 6 6 の短手方向の幅よりも短く、それ以外の箇所では第 2 上段磁石 1 6 4、第 3 上段磁石 1 6 6 の短手方向の幅と同等である。

[0031] フラックスバリア 1 3 6 は、第 2 上段磁石 1 6 4 と第 3 上段磁石 1 6 6 とがそれぞれ収容される収容孔 1 2 4、1 2 6 の長手方向の径方向内側の端部から連続して周方向に沿って延在した空隙であり、収容孔 1 2 4、1 2 6 より径方向内側にあつて、収容孔 1 2 4、1 2 6 をつなぐように形成されている。フラックスバリア 1 3 4、1 3 6 と収容孔 1 2 4、1 2 6 と合わせた孔全体では径方向外側が開いた U 字形状を有している。フラックスバリア 1 3 6 は強度確保のために 2 つのブリッジにより 3 つの部分に分けられているが、必要な強度が確保できればブリッジは必ずしも必要ではない。フラックスバリア 1 3 6 の、収容孔 1 2 4、1 2 6 との境界近傍での延在方向に直交する方向の幅は第 2 上段磁石 1 6 4、第 3 上段磁石 1 6 6 の短手方向の幅よりも短い。フラックスバリア 1 3 6 のうち周方向に沿って延在する部分の延在方向に直交する方向（ブリッジの延在方向）の幅は、第 2 上段磁石 1 6 4、第 3 上段磁石 1 6 6 の短手方向の幅よりも長くなっている。

[0032] このように、ロータコア 1 2 0 がフラックスバリア 1 3 2、1 3 4、1 3 6 を有することで、第 1 上段磁石 1 6 2、第 2 上段磁石 1 6 4、第 3 上段磁石 1 6 6 の隣接する磁石間での磁束の短絡を防ぎ、I PM モータ 1 0 の駆動トルクの低下を抑制している。

[0033] I PM モータ 1 0 は同期モータの一種であり、ステータ 2 0 0 のコイル 2 4 0 に交流電流を印加して発生させた回転磁界にロータ 1 0 0 の磁石 1 6 0 が吸引され、回転磁界の回転速度に同期してロータ 1 0 0 が回転する。この

とき、回転磁界はステータ 200 のスロット 222 の間にあるティース 224 に集中し、磁石 160 はティース 224 に吸引される。ティース 224 は周方向に等間隔を有して形成されているので、ティース 224 に対向している箇所と対向していない箇所とによりロータ 100 に発生する駆動トルクが異なり、これに起因してトルクリップルが発生する。

[0034] トルクリップルを低減するために、本実施形態ではロータ 100 はスキュー構造（以下、単にスキューとも称する）を有している。すなわち、図 2 ～ 図 4 に示すように、ロータコア 120 を軸心 X に沿う方向で上段コア 140 と下段コア 150 とに分けて、上段コア 140 に対して下段コア 150 を周方向に沿って時計方向にステータコア 220 のスロット 222 の 2 分の 1 スロットに相当する角度（図 3、図 4 の L1 と図 4 の L2 のなす角度）だけずらしている。以下、上段コア 140 と下段コア 150 のずれ角度をスキュー角度と称する。

[0035] ロータコア 120 にスキューを設けることにより、磁石 160 のうち、上段コア 140 の収容孔 122、124、126 に収容された上段磁石 161（第 1 上段磁石 162、第 2 上段磁石 164、第 3 上段磁石 166 の総称）と下段コア 150 の収容孔 122、124、126 に収容された下段磁石 171（第 1 下段磁石 172、第 2 下段磁石 174、第 3 下段磁石 176 の総称）とは、周方向にスキュー角度だけずれる。第 1 上段磁石 162 と第 1 下段磁石 172 とは磁極面が周方向に沿っているので、スキューによる磁極面のずれ量（磁極面に垂直な方向へのずれ量）は小さいが、第 2 上段磁石 164 と第 2 下段磁石 174、第 3 上段磁石 166 と第 3 下段磁石 176 は、磁極面が径方向に沿っているので、スキューによる磁極面のずれ量が大きくなる。以下、磁石 160 は、第 1 上段磁石 162、第 2 上段磁石 164、第 3 上段磁石 166、第 1 下段磁石 172、第 2 下段磁石 174、第 3 下段磁石 176 を総称するときにも用いる。

[0036] 磁極面がずれると、軸心 X に沿う方向から見たときに、上段磁石 161 と下段磁石 171 とが重なる部分において、上段磁石 161 の一方の磁極（例

例えばN極)と下段磁石171の他方の磁極(例えばS極)とを短絡する磁路ができる。この磁路を通る磁束(以下、短絡磁束180とも称する)の磁束線の方向は上段磁石161、下段磁石171の内部を通る磁束線の方向と反対方向であり、この短絡磁束180により上段磁石161、下段磁石171には不可逆減磁(以下、単に減磁とも称する)が発生する。上段磁石161、下段磁石171に減磁が発生すると、上段磁石161、下段磁石171で発生する磁束が低下し、IPMモータ10で発生する駆動トルクが低下する。

[0037] 減磁の度合いである減磁率は、磁極面のずれ量やスキュー角度が大きいほど大きくなる。すなわち、第1上段磁石162と第1下段磁石172との間の減磁率よりも、第2上段磁石164と第2下段磁石174との間、第3上段磁石166と第3下段磁石176との間の減磁率の方が大きい。また、減磁率は、上段磁石161と下段磁石171との間の軸方向に沿う距離が短いほど大きくなる(図6参照)。

[0038] 短絡磁束180を小さくするためには、スキュー角度を小さくすればいいが、それではトルクリップルの低減が達成できない。そのため、本実施形態においては、図5に示すように、上段コア140と下段コア150との間、すなわち、スキュー角度を有する上段磁石161と下段磁石171とを軸心Xに沿う方向に離間させて空隙300(空気層)を設けることにより、短絡磁束180の低減を図っている。図5に示すように、紙面に垂直な方向に延びる第3上段磁石166のN極と第3下段磁石176のS極との間に短絡磁束180が発生する。以下、短絡磁束180が発生する磁極面間の最短距離を最小磁極間距離(図5においてはYの距離)と称する。最小磁極間距離は図3に示す空隙Zの距離よりも大きくなるように構成されている。また、このとき、第2上段磁石164と第2下段磁石174との最小磁極間距離もYの距離に等しい。なお、空隙300は第1間隙の一例である。

[0039] 上段磁石161と下段磁石171との間に空隙300があると、短絡磁束180はロータコア120や磁石160よりも磁気抵抗が高い空気中を通る

こととなり、磁石１６０で発生する磁束のうち短絡磁束１８０となる磁束は減少し、トルク発生に寄与する磁束が多くなる。図６、図７に示すように、空隙３００の大きさである「磁石間の軸方向距離」が大きくなると、減磁率が小さくなると共に、トルク改善率が大きくなっていることから空隙３００を設けることにより短絡磁束１８０が減少することが理解される。さらに、最小磁極間距離（図５におけるＹの距離）を空隙Ｚの距離よりも大きくしているので、上段磁石１６１で発生する磁束は空隙Ｚ、すなわちステータ２００に多く流れて、駆動トルクの低減を抑制することができる。

[0040] このように、空隙３００を設けることにより、上段コア１４０と下段コア１５０との間にスキューを設けてトルクリップルを低減しつつ、上段磁石１６１と下段磁石１７１との間の減磁を抑制して、駆動トルクの低減を抑制することができる。また、図２に示すように、本実施形態においては、上段コア１４０、空隙３００、下段コア１５０の合計の軸方向に沿う厚みがステータコア２２０の厚みに等しくなっている。すなわち、空隙３００を設けた状態で、ロータコア１２０の外周面は全体としてステータコア２２０の内周面に対向している。

[0041] ２．第２実施形態

以下、本発明の第２実施形態に係るＩＰＭモータ２０について図面に基いて詳細に説明する。本実施形態の説明においては、第１実施形態と同じ構成の箇所には同じ符号を付し、同様の構成に関する説明は省略する。

[0042] ＩＰＭモータ２０は、ＩＰＭモータ１０が有していた空隙３００の箇所に、第１磁性体３２０が挿入されている点が第１実施形態と異なり、他の構成は第１実施形態と同じである。第１磁性体３２０は板状部材の一例であり、第１磁性体３２０の厚みは第１間隙の一例である。

[0043] 第１磁性体３２０はロータコア１２０を構成する電磁鋼板を１枚又は複数枚積層して構成されている。第１磁性体３２０は上段コア１４０の下面と下段コア１５０の上面とに当接しており、上段コア１４０と下段コア１５０との間に軸方向の空隙（空気層）はない。図８は、収容孔１２２、１２４、１

26、フラックスバリア132、134、136により、上段コア140、下段コア150、第1磁性体320のスキューの度合いを示している。図8において収容孔122、124、126、フラックスバリア132、134、136により形成されている2つのU字形状の孔のうち、実線により示されているのが第1磁性体320であり、二点鎖線で示されており且つ第1磁性体320よりも反時計方向にずれているのが上段コア140、時計方向にずれているのが下段コア150である。

[0044] 第1実施形態と同様、上段コア140に対して下段コア150はスキュー角度だけ時計方向にずれており、第1磁性体320は上段コア140に対してスキュー角度の半分の角度、すなわち、周方向にステータコア220のスロット222の4分の1スロットに相当する角度（図8のL1とL3のなす角度）だけずれている。

[0045] 上述したように、第1磁性体320はロータコア120を構成する電磁鋼板を1枚又は複数枚積層して構成されている。そのため、第1磁性体320として専用の形状を製造する必要がないので、管理する部品点数を減らしてIPMモータ20の製造コストを低減することができる。また、第1磁性体320は上段コア140の下面と下段コア150の上面とに当接しているので、ロータコア120として一体化しており、空隙300を有する第1実施形態のロータコア120と比較してロータコア120全体の強度を高めることができる。

[0046] 図8には理解促進のため磁石160は表示されていないが、実際には上段コア140には3個の上段磁石161、下段コア150には3個の下段磁石171が挿入されている。

第1磁性体320には何も挿入されていない。この状態で軸心Xに沿う方向から見ると、上段コア140に収容された第2上段磁石164、第3上段磁石166、下段コア150に収容された第2下段磁石174、第3下段磁石176はそれぞれ重なっており、この重なり領域R（以下単に領域Rとも称する）にハッチングを施している。なお、重なり領域Rは減磁部の一例であ

る。

[0047] この領域Rでは上段の磁石と下段の磁石との間で磁極面のずれが発生しており、短絡磁束180が発生し減磁が発生している。図8よりこの領域Rは第1磁性体320の收容孔124、126と重なっている。すなわち、第2上段磁石164と第2下段磁石174との間の領域R、及び、第3上段磁石166と第3下段磁石176との間の領域Rには空気層が存在している。そのため、磁石160で発生した磁束の大部分は短絡磁束180とならず磁気抵抗の小さい上段コア140、下段コア150、第1磁性体320を通してステータ200に流れる。従って、本実施形態のIPMモータ20は、図13、図14に示すように、上段磁石161と下段磁石171との間に空隙がない場合と比較して、減磁率が大きく低下すると共に、トルク改善率も向上している。

[0048] このように、第1磁性体320においては、收容孔122とフラックスバリア132とからなるU字形状の孔全体、及び、收容孔124、126とフラックスバリア134、136とからなるU字形状の孔全体がそれぞれフラックスバリアとして機能する。

[0049] 図13は、上段コア140と下段コア150との間（上段磁石161と下段磁石171との間）の空隙を無くしたとき、空隙300にしたとき（第1実施形態）、非磁性体380を挿入したとき（後述する第4実施形態）、第1磁性体320を挿入したとき（第2実施形態）、第2磁性体340を挿入したとき（後述する第3実施形態）、第3磁性体360を挿入したとき（後述する第3実施形態の変形例）の減磁率の比較を表すグラフである。図13に示すように、減磁率は空隙を無くしたときが最も大きく、空隙300と非磁性体380、第1磁性体320、第2磁性体340、第3磁性体360の順で減磁率が低下する。

[0050] 図14は、上段コア140と下段コア150との間に空隙300を設けたとき、非磁性体380を挿入したとき、第1磁性体320を挿入したとき、第2磁性体340を挿入したとき、第3磁性体360を挿入したときに、空

隙を無くしたときのトルク改善率をゼロとしたときの、他のトルク改善率の度合いの比較を表すグラフである。図14によると、空隙を無くしたときに対して、空隙300と非磁性体380、第1磁性体320、第2磁性体340、第3磁性体360の順でトルク改善率が向上している。非磁性体380、第2磁性体340、第3磁性体360の構造等の詳細については後述する。

[0051] また、本実施形態では、図9に示すように、上段磁石161、下段磁石171を上段コア140、下段コア150の収容孔122、124、126に挿入したときに、その一部が第1磁性体320に当接する。これにより、上段磁石161、下段磁石171の軸方向の位置を容易に決めることができる。

[0052] 本実施形態においても、上段コア140、第1磁性体320、下段コア150の合計の軸方向に沿う厚みは、ステータコア220の厚みに等しくなっている。

[0053] 3. 第3実施形態

以下、本発明の第3実施形態に係るIPMモータ30について図面に基づいて詳細に説明する。本実施形態の説明においては、第1実施形態、第2実施形態と同じ構成の箇所には同じ符号を付し、同様の構成に関する説明は省略する。

[0054] IPMモータ30は、IPMモータ20が有していた第1磁性体320の代わりに第2磁性体340が挿入されている点が第2実施形態と異なり、他の構成は第2実施形態と同じである。第2磁性体340は板状部材の一例であり、第2磁性体340の厚みは第1間隙の一例である。

[0055] 第2磁性体340は電磁鋼板を1枚又は複数枚積層して構成されている。図10に示すように、第2磁性体340は第1磁性体320と比較してフラックスバリアの面積が大きいことが特徴である。具体的には、第2磁性体340のフラックスバリア137は、第1磁性体320が有していた収容孔122とフラックスバリア132とがつながって形成されていた孔よりも一回

り大きなU字形状の孔を有している。フラックスバリア137の延在方向に直交する方向の幅は一定である。また、第2磁性体340は、第1磁性体320が有していた隣接する極の収容孔124、126、フラックスバリア134、136が全てつながって1つの大きな孔となったフラックスバリア138を有している。

[0056] その結果、IPMモータ30を軸心Xに沿って見たときに、第1上段磁石162、第1下段磁石172はフラックスバリア137内に存在するように構成され、第2上段磁石164、第3上段磁石166、第2下段磁石174、第3下段磁石176の全てはフラックスバリア138内に存在するように構成されている。

[0057] 本実施形態においても、上段コア140と下段コア150とはスキュー角度だけ時計方向にずれており、短絡磁束180が発生し減磁が発生している。しかし、フラックスバリア138により、第2上段磁石164と第2下段磁石174との間、及び、第3上段磁石166と第3下段磁石176との間には空気層が存在している。そのため、磁石160で発生した磁束の大部分は短絡磁束180とならず磁気抵抗の小さい上段コア140、下段コア150、第2磁性体340を通してステータ200に流れる。従って、本実施形態のIPMモータ30は、図13に示すように、減磁率については上段磁石161と下段磁石171との間に空隙がない場合と比較して大きく改善されており、第2実施形態（第1磁性体320）と同程度である。また、図14に示すように、トルク改善率は、第2実施形態に対して、さらに向上している。

[0058] 本実施形態においては、上段コア140、第2磁性体340、下段コア150の合計の軸方向に沿う厚みは、ステータコア220の厚みに等しくなっている。

[0059] 4. 第3実施形態の変形例

第3実施形態の変形例に係るIPMモータ30は、第3実施形態の第2磁性体340に存在していた径方向最外側で周方向に沿って延在する箇所（図

１１の一点鎖線で囲まれた箇所）にあった円弧状の電磁鋼板を取り除いた第３磁性体３６０を用いている点で第３実施形態と異なる。第３磁性体３６０を用いると、磁石１６０で発生した磁束の大部分は短絡磁束１８０とならず磁気抵抗の小さい上段コア１４０、下段コア１５０、第３磁性体３６０を通してステータ２００に流れる。さらに第３実施形態で円弧状の電磁鋼板があった箇所を通過していた磁束についてもステータ２００に流れて駆動トルクに寄与する。従って、本実施形態のＩＰＭモータ３０は、図１３に示すように、減磁率については第３実施形態（第２磁性体３４０）に対してさらに改善されている。また、図１４に示すように、トルク改善率も、第３実施形態と比較して、さらに向上している。なお、第３磁性体３６０は板状部材の一例であり、第３磁性体３６０の厚みは第１間隙の一例である

[0060] 本実施形態においては、上段コア１４０、第３磁性体３６０、下段コア１５０の合計の軸方向に沿う厚みは、ステータコア２２０の厚みに等しくなっている。

[0061] ５．第４実施形態

以下、本発明の第４実施形態に係るＩＰＭモータ４０について図面に基づいて詳細に説明する。本実施形態の説明においては、第１実施形態～第３実施形態と同じ構成の箇所には同じ符号を付し、同様の構成に関する説明は省略する。

[0062] 図１２に示すように、第４実施形態に係るＩＰＭモータ４０は、第１磁性体３２０等の代わりに樹脂等からなる円板状の非磁性体３８０を挿入している点が上述した各実施形態と異なり、他の構成は同じである。非磁性体３８０の磁気抵抗は磁性体よりも高く空気と同程度であるため、非磁性体３８０にフラックスバリアを設ける必要はない。なお、非磁性体３８０は板状部材の一例であり、非磁性体３８０の厚みは第１間隙の一例である。

[0063] 非磁性体３８０を用いると、磁石１６０で発生した磁束のうち短絡磁束１８０となるものが少ない。従って、本実施形態のＩＰＭモータ４０は、図１３に示すように、減磁率については上段磁石１６１と下段磁石１７１との間

に空隙がない場合と比較して大きく改善され、第1実施形態（空隙300）と同程度である。そして、トルク改善率も、図14に示すように、第1実施形態と同程度に改善されており、第2実施形態、第3実施形態よりは改善の程度が低い。これは、非磁性体380は、第2、第3実施形態と比較して、磁石160で発生した磁束の一部が短絡磁束180にはならないものの非磁性体380に流れ、上段コア140、下段コア150からステータ200に磁束を十分に流せなかったためと考えられる。

[0064] 上記の各実施形態、変形例において、スキュー角度はステータコア220のロット222の2分の1ロットに相当する角度であるとして説明したが、これに限られるものではない。トルクリップルだけでなくコギングトルクや騒音等、IPMモータ10の仕様に応じて最適なスキュー角度を設定することができる。

[0065] また、上記の各実施形態、変形例においては、スキューのためのロータ100の分割数は2だったがそれに限られるものではない。ロータ100の分割数を3以上にしてIPMモータを構成してもよい。

[0066] 上記の各実施形態、変形例の構造は可能な限り組み合わせることができる。

産業上の利用可能性

[0067] 本発明は、永久磁石型モータに利用することが可能である。

符号の説明

[0068] 10、20、30、40 IPMモータ（永久磁石型モータ）
100 ロータ
120 ロータコア
122、124、126 収容孔
132、134、136、137、138 フラックスバリア
140 上段コア（第1コア）
150 下段コア（第2コア）
160 永久磁石（磁石）

1 6 1	上段磁石（第 1 磁石）
1 7 1	下段磁石（第 2 磁石）
2 0 0	ステータ
3 0 0	空隙（第 1 間隙）
3 2 0	第 1 磁性体（板状部材、第 1 間隙）
3 4 0	第 2 磁性体（板状部材、第 1 間隙）
3 6 0	第 3 磁性体（板状部材、第 1 間隙）
3 8 0	非磁性体（板状部材、第 1 間隙）
R	重なり領域（減磁部）
X	軸心
Y	最小磁極間距離
Z	空隙（第 2 間隙）

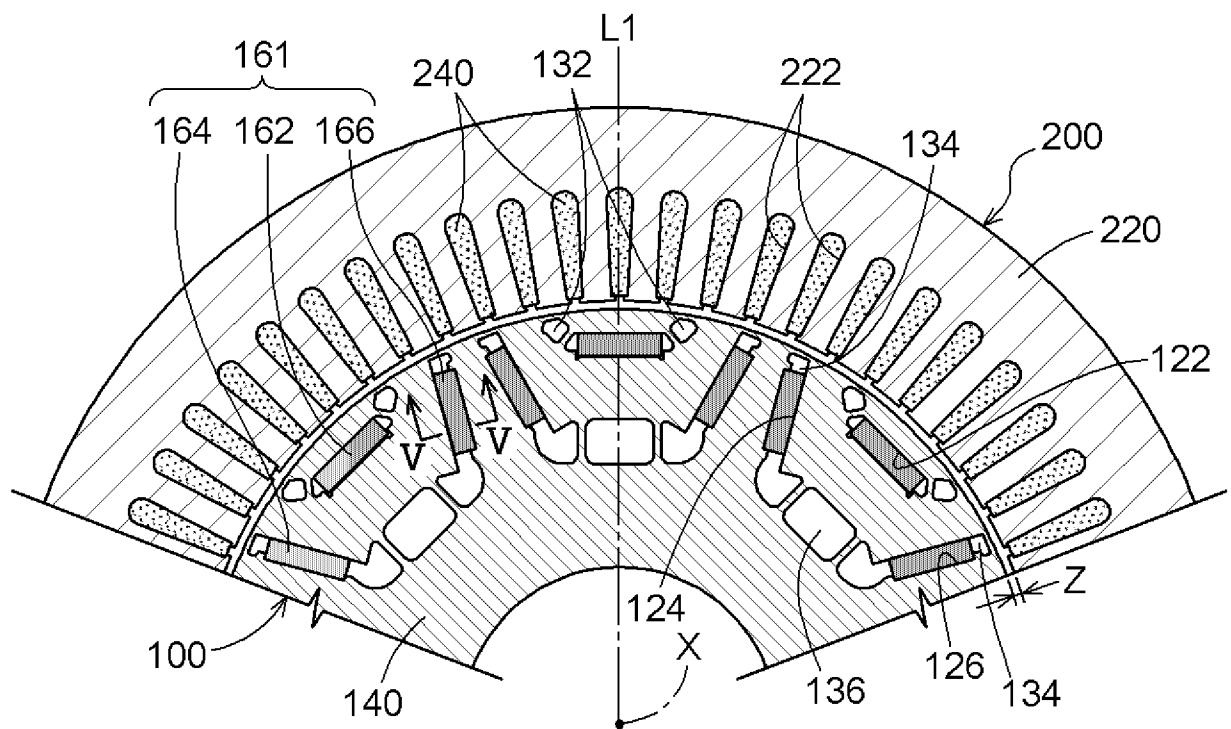
請求の範囲

- [請求項1] 複数の電磁鋼板を積層して構成されたロータコア、及び、該ロータコアの内部に形成された収容孔に収容された磁石を有するロータ、を備え、
- 前記ロータコアは、前記ロータの軸心に対して互いに周方向にずれた第1コアと第2コアとを含むスキュー構造を有しており、
- 前記第1コアの前記収容孔には前記磁石のうち第1磁石が収容され、前記第2コアの前記収容孔には前記磁石のうち第2磁石が収容されており、
- 前記第1磁石と前記第2磁石とは前記軸心の方で第1間隙を有して対向している永久磁石型モータ。
- [請求項2] 前記ロータの外周に前記軸心と同軸心且つ径方向に第2間隙を有して配設されたステータをさらに備え、
- 前記第1磁石のN極及びS極のいずれか一方の磁極と前記第2磁石の他方の磁極との前記第1間隙における最短距離である最小磁極間距離は前記第2間隙の距離よりも大きい、請求項1に記載の永久磁石型モータ。
- [請求項3] 前記第1コアと前記第2コアとの間の前記第1間隙に挿入された板状部材をさらに備え、
- 前記第1磁石と前記第2磁石とはいずれも前記板状部材に当接している、請求項1又は2に記載の永久磁石型モータ。
- [請求項4] 前記板状部材は非磁性体からなる、請求項3に記載の永久磁石型モータ。
- [請求項5] 前記板状部材は、前記軸心の方に沿って見たときに、少なくとも前記第1磁石と前記第2磁石とが重なっている箇所である減磁部にフラックスバリアを有する磁性体からなる、請求項3に記載の永久磁石型モータ。
- [請求項6] 前記板状部材は、前記減磁部に加えて、前記減磁部よりも径方向内

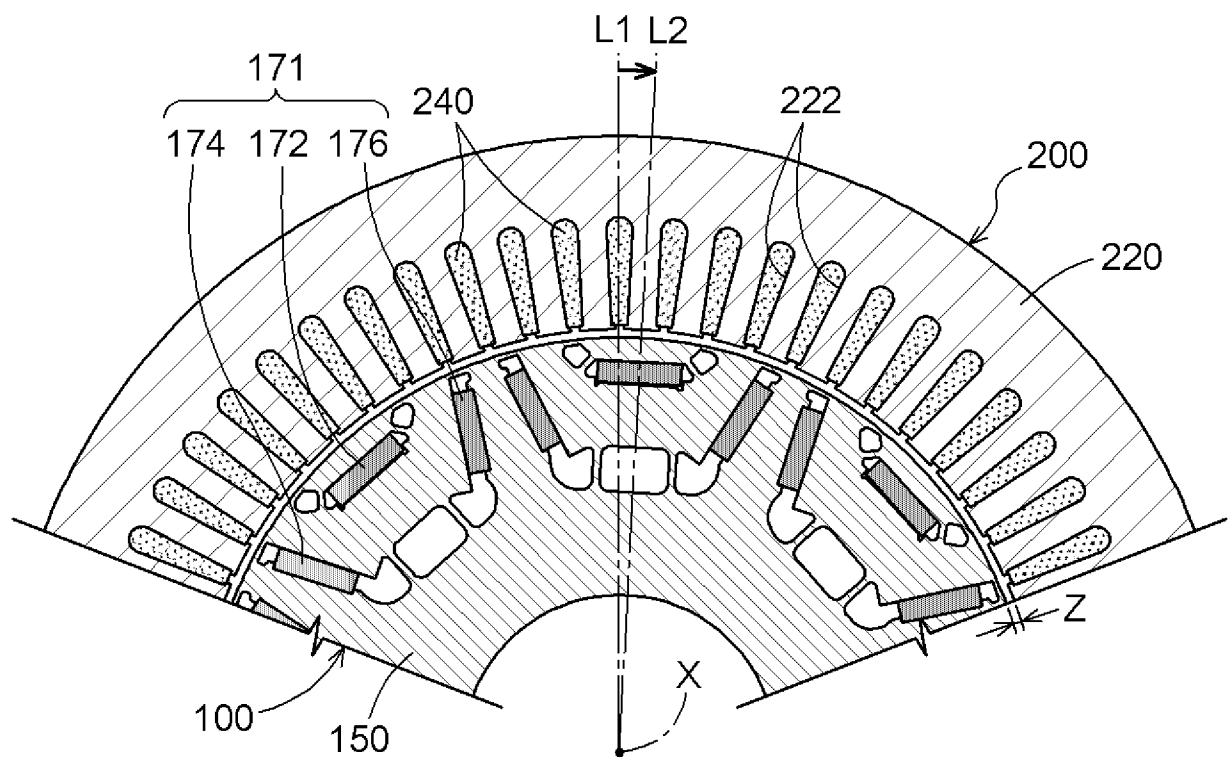
側にもフラックスバリアを有する、請求項 5 に記載の永久磁石型モータ。

[請求項 7] 前記板状部材は、前記軸心の方向に沿って見たときに、前記ロータコアと同じ形状を有しており、前記板状部材の周方向のずれ角度は、前記第 1 コアと前記第 2 コアとのずれ角度であるスキュー角度よりも小さい、請求項 5 又は 6 に記載の永久磁石型モータ。

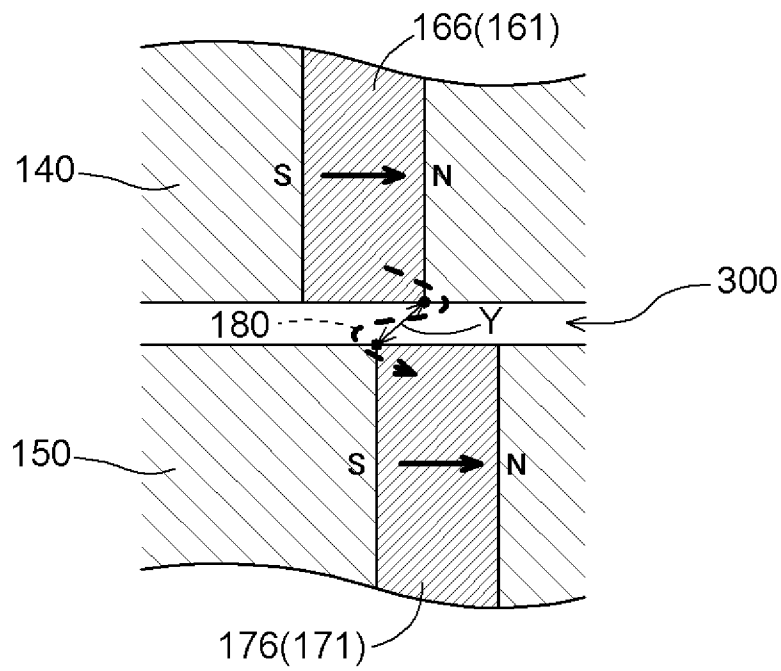
[図3]



[図4]



[図5]



[図6]

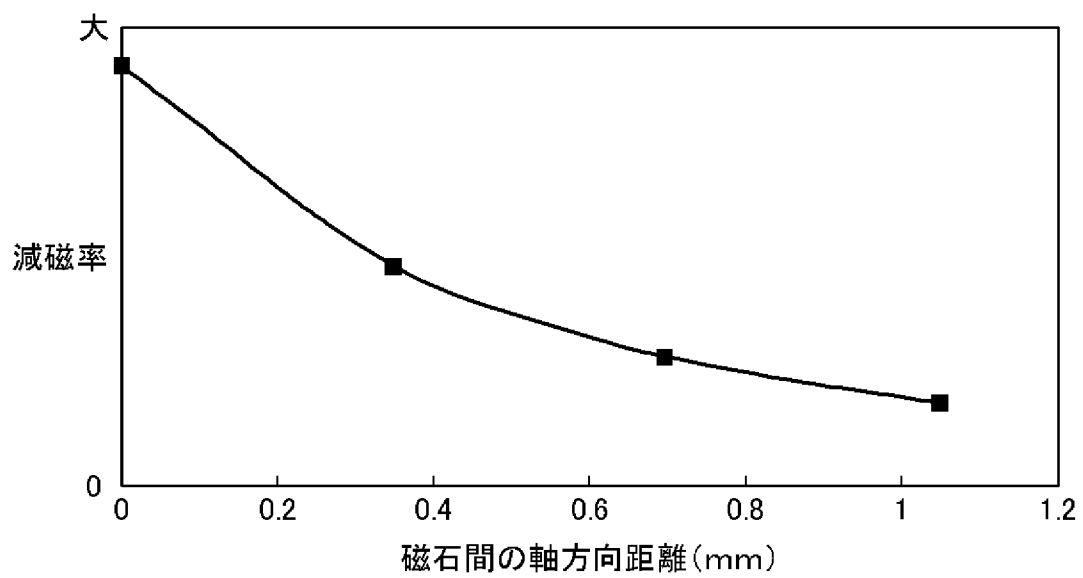
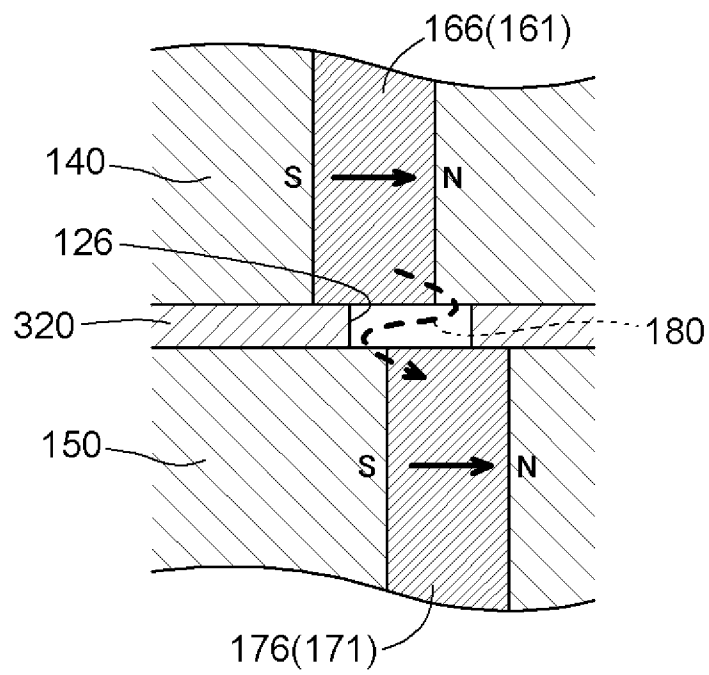


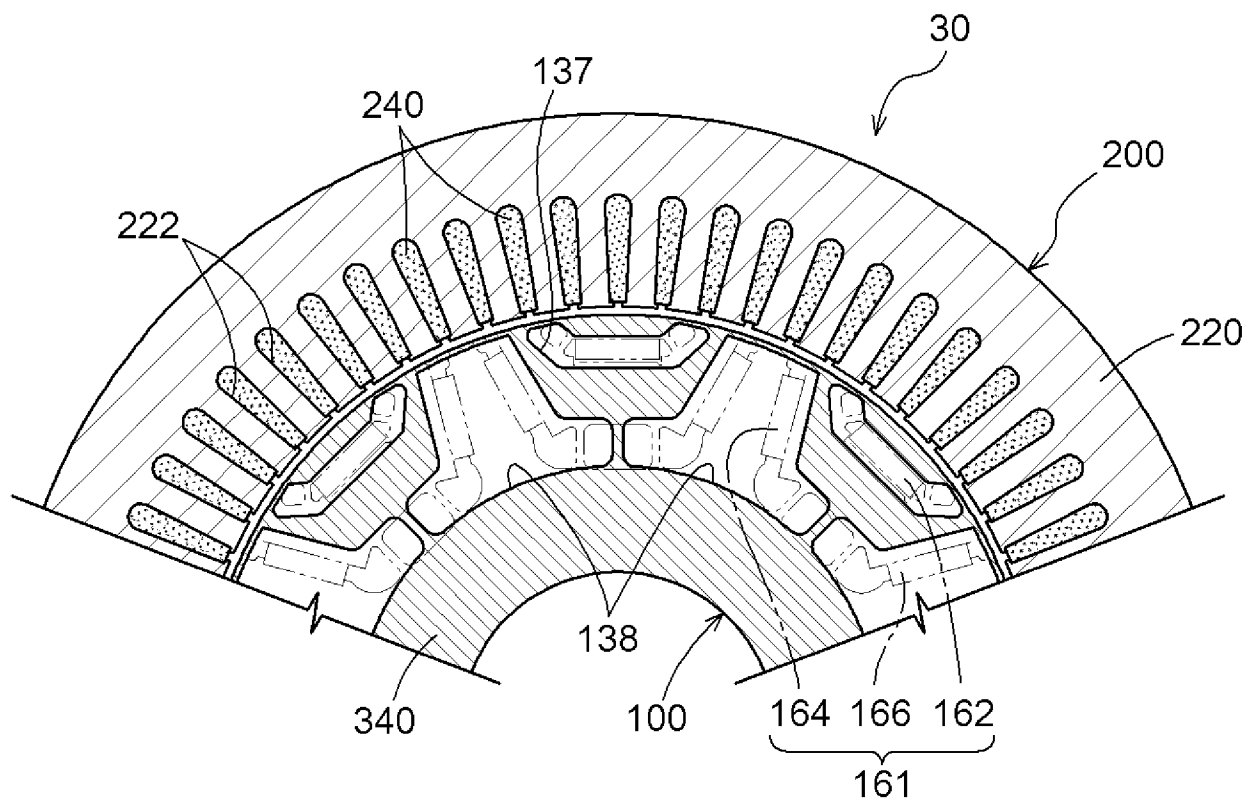
Figure 10 is a line graph showing the relationship between the axial distance between magnets (mm) on the x-axis and the torque improvement rate on the y-axis. The x-axis ranges from 0 to 1.2 mm with major ticks every 0.2 mm. The y-axis has a '0' at the origin and a '大' (Large) at the top. A smooth curve starts at (0,0) and rises, passing through approximately (0.35, 45%), (0.7, 75%), and (1.05, 85%).

磁石間の軸方向距離 (mm)	トルク改善率 (%)
0	0
0.35	45
0.7	75
1.05	85

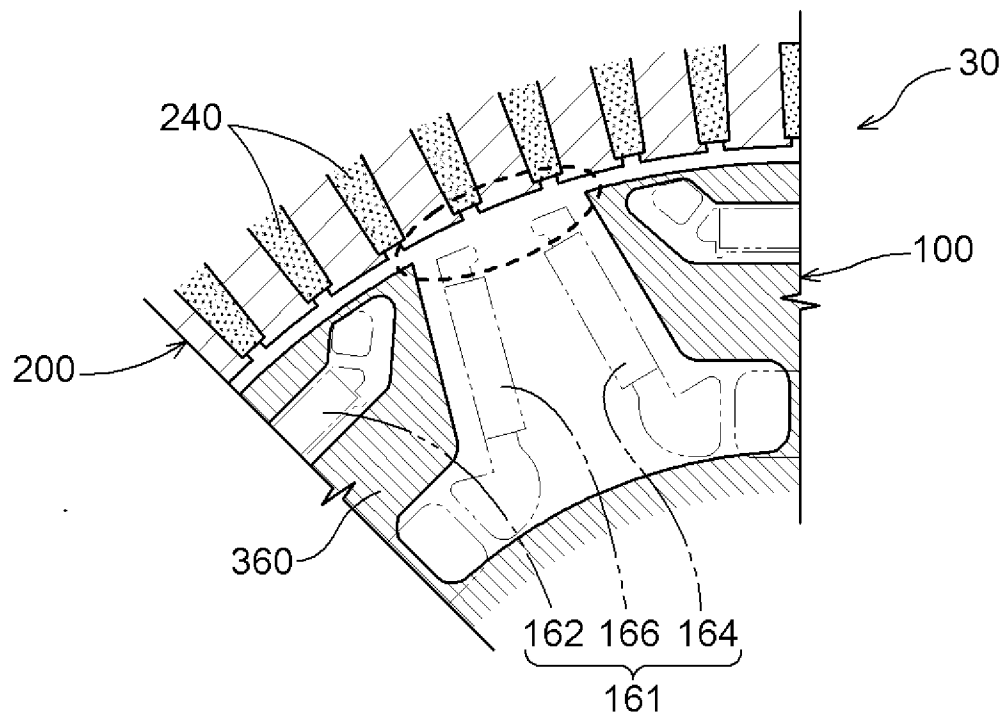
[図9]



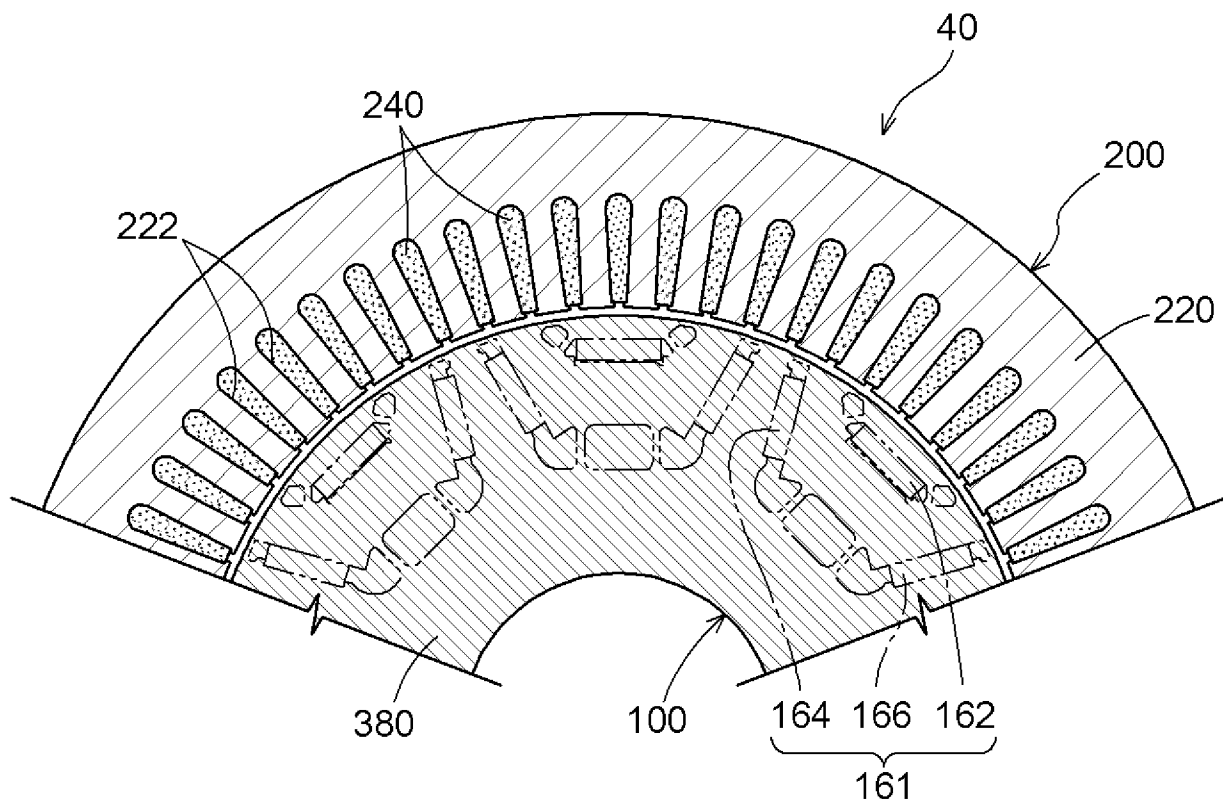
[図10]



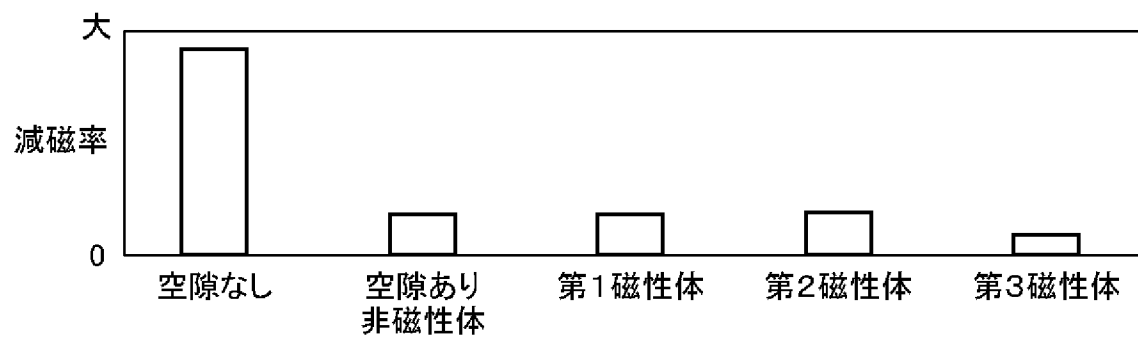
[図11]



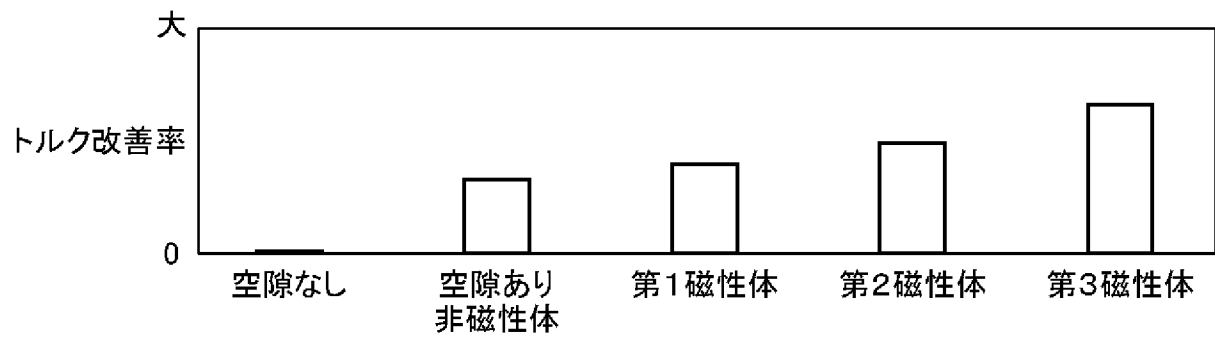
[図12]



[図13]



[図14]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2016/080894

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H02K1/27(2006.01)i, H02K16/02(2006.01)i, H02K21/16(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, H02K16/02, H02K21/16

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	1996-2016
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2016	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2016

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 A	JP 2015-177706 A (Nissan Motor Co., Ltd.), 05 October 2015 (05.10.2015), claims 4 to 5; paragraphs [0039] to [0052]; fig. 3 to 7 (Family: none)	1-6 7
X A	JP 2014-138433 A (NIDEC Corp.), 28 July 2014 (28.07.2014), claim 1; fig. 1 to 6 & WO 2014/112021 A1 claim 1; fig. 1 to 6 & US 2016/0020653 A1 & CN 103929032 A	1-4 5-7

☒ 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
16 December 2016 (16.12.16)

Date of mailing of the international search report
27 December 2016 (27.12.16)

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2016/080894

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X A	JP 2009-136040 A (Toshiba Corp.), 18 June 2009 (18.06.2009), claims 4 to 8; paragraphs [0046] to [0071]; fig. 5 to 10 & US 2010/0301697 A1 claims 7 to 11; paragraphs [0067] to [0081]; fig. 5 to 10 & WO 2009/069575 A1 & EP 2216883 A1 & CN 101855808 A	1-4 5-7
X A	WO 2013/020846 A2 (SIEMENS AG), 14 February 2013 (14.02.2013), fig. 5 to 8; description, page 12, line 3 to page 13, line 8 & DE 102011080671 A1	1-4 5-7
X A	WO 2007/107136 A1 (TEMIC AUTOMOTIVE ELECTRIC MOTORS GMBH), 27 September 2007 (27.09.2007), fig. 1 to 3; description, page 5, line 19 to page 7, line 24 & DE 102006052772 A1	1-4 5-7

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, H02K16/02(2006.01)i, H02K21/16(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, H02K16/02, H02K21/16

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	1971-2016年
日本国実用新案登録公報	1996-2016年
日本国登録実用新案公報	1994-2016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 A	JP 2015-177706 A（日産自動車株式会社）2015.10.05, 請求項4-5, 段落[0039]-[0052], 図3-7（ファミリーなし）	1-6 7
X A	JP 2014-138433 A（日本電産株式会社）2014.07.28, 請求項1, 図1-6 & WO 2014/112021 A1, 請求項1, 図1-6 & US 2016/0020653 A1 & CN 103929032 A	1-4 5-7

☒ 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

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

16.12.2016

国際調査報告の発送日

27.12.2016

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（ISA/J P）

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）

マキロイ 寛済

3V

4031

電話番号 03-3581-1101 内線 3357

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
X A	JP 2009-136040 A (株式会社東芝) 2009.06.18, 請求項4-8, 段落 [0046] - [0071], 図5-10 & US 2010/0301697 A1, 請求項7-11, 段落 [0067] - [0081], 図5-10 & WO 2009/069575 A1 & EP 2216883 A1 & CN 101855808 A	1-4 5-7
X A	WO 2013/020846 A2 (SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT) 2013.02.14, 第5-8図, 明細書第12頁第3行-第13頁第8行 & DE 102011080671 A1	1-4 5-7
X A	WO 2007/107136 A1 (TEMIC AUTOMOTIVE ELECTRIC MOTORS GMBH) 2007.09.27, 第1-3図, 明細書第5頁第19行-第7頁第24行 & DE 102006052772 A1	1-4 5-7