

(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
2024年4月11日(11.04.2024)



(10) 国際公開番号

WO 2024/075469 A1

(51) 国際特許分類:
H02K 1/276 (2022.01) H02K 21/14 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2023/032944

(22) 国際出願日: 2023年9月11日(11.09.2023)

(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 2022-160465 2022年10月4日(04.10.2022) JP

(71) 出願人: パナソニック I P マネジメント株式会社(PANASONIC INTELLECTUAL PROPERTY MANAGEMENT CO., LTD.) [JP/JP]; 〒5710057 大阪府門真市元町 2 2 番 6 号 Osaka (JP).

(72) 発明者: 橋詰 尚大(HASHIZUME Naohiro).

(74) 代理人: 鎌田 健司, 外(KAMATA Kenji et al.); 〒5710057 大阪府門真市元町 2 2 番 6

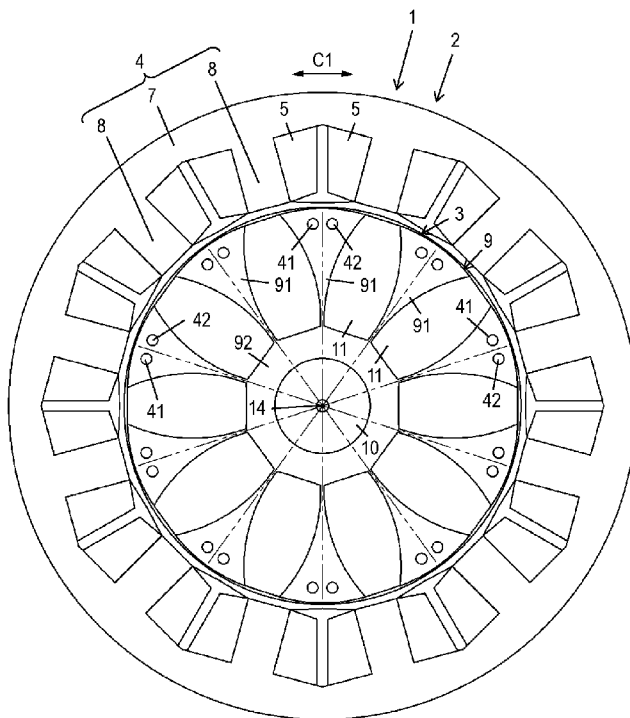
号 パナソニック I P マネジメント株式会社内 Osaka (JP).

(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, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, 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, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, 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, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG,

(54) Title: ROTOR AND MOTOR

(54) 発明の名称: 回転子及び電動機



(57) Abstract: Provided are a rotor and a motor which are capable of reducing torque ripples while maintaining an average torque. In this rotor (3), a first circumferential end surface (23) and a second circumferential end surface (24) of each of a plurality of permanent magnets (11) protrude in the circumferential direction from a virtual plane (32) which connects the circumferential edge of an inner end surface (26) and the circumferential edge of an outer end surface (25). The first circumferential end surface (23) and the second circumferential end surface (24) are magnetic pole surfaces, and magnetic pole surfaces of the same pole of two permanent magnets (11), which are adjacent to each other in a circumferential direction (C1) among the plurality of permanent magnets (11), are disposed to face each other in the circumferential direction (C1). The circumferential length (L1) of the outer end surface (25) is shorter than the circumferential length (L2) of the inner end surface (26). In a rotor core (9), a plurality of holes (41), (42) are provided between the permanent magnets which are adjacent to each other in the circumferential direction (C1) of the plurality of permanent magnets (11).



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, ME, 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：

一 国際調査報告 (条約第21条(3))

(57) 要約：平均トルクを維持しつつトルクリップルを低減可能な回転子及び電動機を提供する。回転子(3)において、複数の永久磁石(11)の第1周方向端面(23)及び第2周方向端面(24)は、内側端面(26)の周方向縁と外側端面(25)の周方向縁をそれぞれ結ぶ仮想平面(32)より周方向に突出している。第1周方向端面(23)及び第2周方向端面(24)が磁極面であり、複数の永久磁石(11)のうち周方向(C1)に隣接する2個の永久磁石(11)の同極の磁極面同士が周方向(C1)に対向して配置されている。外側端面(25)の周方向長さ(L1)は、内側端面(26)の周方向長さ(L2)より短い。回転子鉄心(9)には、複数の永久磁石(11)の周方向(C1)に隣接する永久磁石間に複数の穴(41)、(42)が設けられている。

明 細 書

発明の名称： 回転子及び電動機

技術分野

[0001] 本開示は、回転子及び電動機に関し、特に、複数の永久磁石を備える回転子、及び回転子を備える電動機に関する。

背景技術

[0002] 特許文献 1 には、回転子鉄心と、回転子鉄心の内部に埋め込まれた複数の永久磁石とを有する回転子が開示されている。永久磁石の一对の周方向端面の一方又は他方は、その端面の内端と外端を結ぶ平面よりも周方向に突出している。また、回転子鉄心において、永久磁石同士の間には軸方向に貫通する 1 個の大きな貫通孔が設けられている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：日本国特許第 6 0 8 3 5 2 3 号公報

発明の概要

[0004] 特許文献 1 に記載の回転子では、永久磁石の一对の周方向端面の一方又は両方がその端面の内端と外端を結ぶ平面よりも周方向に突出しているので、永久磁石の体積が増加している。したがって、回転子における磁束密度が高くなり、その結果、電動機の平均トルクが大きくなる。しかし、特許文献 1 では、振動や騒音の原因となるトルクリップルの解消については着目も提案もされていない。

[0005] 本開示は上記の点に鑑みてなされたものであり、平均トルクを維持しつつトルクリップルを低減可能な回転子及び電動機を提供することを目的とする。

[0006] 本開示の一態様に係る回転子は、回転子鉄心と、複数の永久磁石と、回転軸と、を備えている。前記回転子鉄心は、周方向に並んだ複数の磁石配置穴を有する。前記複数の永久磁石は、前記複数の磁石配置穴にそれぞれ配置さ

れている。前記回転軸は、前記回転子鉄心に固定され、軸心を回転中心とする。前記複数の永久磁石の各々は、内側端面と、外側端面と、一对の側面とを有している。前記内側端面は、前記回転軸の前記軸心に面する。前記外側端面は、前記回転軸の前記軸心とは反対向きに面する。前記一对の側面は、前記内側端面の周方向縁と前記外側端面の周方向縁をそれぞれ結ぶ仮想平面より周方向に突出している。前記一对の側面が磁極面であり、前記複数の永久磁石のうち周方向に隣接する2個の永久磁石の同極の磁極面同士が周方向に対向して配置されている。前記外側端面の周方向長さは、前記内側端面の周方向長さより短い。前記回転子鉄心には、前記複数の永久磁石の周方向間に複数の穴が設けられている。

[0007] 本開示の一態様に係る電動機は、前記回転子と固定子とを備えている。

[0008] 本開示の一態様に係る回転子及び電動機によれば、平均トルクを維持しつつトルクリップルを低減できる。

図面の簡単な説明

[0009] [図1]図1は、第1実施形態に係る電動機の平面図である。

[図2]図2は、第1実施形態の電動機の回転子の部分拡大平面図である。

[図3]図3は、第1実施形態の回転子の永久磁石の斜視図である。

[図4]図4は、第1実施形態の電動機における磁束分布を示す模式図である。

[図5]図5は、第1実施形態の電動機における磁束分布を示す部分拡大模式図である。

[図6]図6は、第2実施形態に係る電動機の回転子の部分拡大平面図である。

[図7]図7は、第3実施形態に係る電動機の回転子の部分拡大平面図である。

発明を実施するための形態

[0010] (実施形態)

以下、本開示の実施形態に係る回転子及び電動機について図面を参照して詳細に説明する。ただし、下記の実施形態において説明する各図は模式的な図であり、各構成要素の大きさ及び厚さのそれぞれの比が必ずしも実際の寸法比を反映しているとは限らない。なお、以下の実施形態で説明する構成は

本開示の一例に過ぎない。本開示は、以下の実施形態に限定されず、本開示の効果を奏することができれば、設計等に応じて種々の変更が可能である。

[0011] (第1実施形態)

(1) 電動機の概要

図1～図3を用いて、本開示の第1実施形態に係る電動機1を説明する。電動機1は、インナーロータタイプのモータである。図1は、第1実施形態に係る電動機1の平面図である。図2は、第1実施形態に係る電動機1の回転子3の部分拡大平面図である。図3は、第1実施形態に係る回転子3の永久磁石11の斜視図である。

[0012] 図1に示すように、電動機1は、固定子2と、回転子3とを有している。なお、これ以降の説明において、回転軸10（後述）の軸心14（後述）が延びる方向を軸心方向とし、回転子3の周方向を周方向C1と表現する。また、軸心方向から見る場合を、「平面視において」と表現する。また、電動機1における所定の位置から軸心へ向かう方向を「径方向内側」と表現する。電動機1における所定の位置からみて軸心とは逆へ向かう方向を「径方向外側」と表現する。

[0013] 固定子2は、固定子鉄心4と、複数（図1では12個）のコイル5と、を有するステータである。固定子鉄心4は、複数の電磁鋼板が厚さ方向に積層された積層コアである。固定子鉄心4は、円環状のコアバック7と、複数（図1では12個）のティース8とを有しており、全体として略円筒柱状に形成されている。複数のティース8は、コアバック7の内周面に周方向C1に沿って一定間隔で配置されており、径方向内側に延びている。複数のコイル5は、それぞれ複数のティース8に対応し、各コイル5は、対応するティース8に導体が巻かれることによって形成されている。

[0014] 回転子3は、回転子鉄心の内部に永久磁石が埋め込まれたIPM (Interior Permanent Magnet) タイプのロータである。さらに具体的には、回転子3は、磁石の一对の磁極面がそれぞれ周方向を向くように配置された、いわゆるスポーク型のロータ構造を有している。回転

子 3 は、固定子 2 の径方向内側に配置され、回転子鉄心 9 と、回転軸 10 と、複数（図 1 では 10 個）の永久磁石 11 とを備えている。永久磁石 11 は、回転子 3 の駆動力となる磁束を発生する部材であり、磁極の方向が回転子鉄心 9 の周方向 C 1 に沿うように着磁されている。

[0015] 電動機 1 は、以下のように動作する。電源接続部を通じて、互いに電気角で 120° の位相差を有する 3 相の電流がそれぞれ複数のコイル 5 に供給されて固定子 2 が励磁され、回転磁界が発生する。この回転磁界と、回転子 3 に設けられた永久磁石 11 が発生する磁界とが相互作用して、回転子 3 に回転トルクが発生し、その結果、回転子 3 が軸心 14 回りに回転する。

[0016] (2) 回転子

回転子 3 の構成及び機能を説明する。

[0017] (2-1) 回転子鉄心

回転子鉄心 9 は、複数の電磁鋼板が厚さ方向に積層された積層コアである。複数の電磁鋼板の積層方向は、軸心に沿う方向（以下、軸心方向という）である。回転子鉄心 9 は、円形の軸孔 12 を有しており、円筒形状に形成されている。回転子鉄心 9 の中心には、回転子鉄心 9 を軸心方向に貫通し、両端面でそれぞれ開口する軸孔 12 が形成されている。回転子鉄心 9 は、複数（図 1 では 10 個）の OUTER 部 91 と、INNER 部 92 とを有している。複数の OUTER 部 91 は、周方向 C 1 に沿って並んでおり、周方向 C 1 において隣接する OUTER 部 91 間に磁石配置穴 13 を形成している。INNER 部 92 は、複数の OUTER 部 91 の径方向内側端すなわち複数の OUTER 部 91 のそれぞれにおける軸心 14 に最も近い部分を連結する環状部分である。上記の構成により、周方向 C 1 に並んだ複数の磁石配置穴 13 が形成されている。この実施形態では、磁石配置穴 13 は、その径方向外側が開口している。また、磁石配置穴 13 は軸心方向に貫通しているが、軸心方向に底部を有していてもよい。

[0018] (2-2) 回転軸

回転軸 10 は、円柱状の部材であり、回転中心となる軸心 14 を有してい

る。回転軸 10 は、回転子鉄心 9 の軸孔 12 に挿入され、固定されている。

[0019] (2-3) 永久磁石

複数の永久磁石 11 は、各々、回転子鉄心 9 の複数の磁石配置穴 13 のうちの対応する磁石配置穴 13 に挿入され接着剤等を用いて固定されている。永久磁石 11 は、フェライト焼結磁石が用いられる。永久磁石 11 は、サマリウム・コバルト系の永久磁石、ネオジム磁石等であってもよい。

[0020] 永久磁石 11 は、磁石配置穴 13 と略同じ形状及び寸法である。したがって、以下、永久磁石 11 の形状を詳細に説明し、磁石配置穴 13 の形状の説明は省略される。

[0021] 永久磁石 11 は、概ね直方体形状であり、平面視において径方向に長いスポーク形状であり（つまり、永久磁石 11 の長手方向は回転子 3 の径方向に沿っており）、周方向 C1 に沿って並んでいる。

[0022] 永久磁石 11 の磁化方向は、回転子 3 の周方向 C1 と平行であり、つまり周方向 C1 に隣り合う 2 個の永久磁石 11 は、周方向 C1 において互いに向き合う 2 つの磁極面が同極となるように着磁されている。なお、2 個の永久磁石 11 の間には、図 2 に示すように、軸心 14 から径方向外側に延びる仮想線である磁極中心線 31 が存在しており、2 個の永久磁石 11 は、平面視において、磁極中心線 31 に対して線対称に配置されている。

[0023] 図 2 及び図 3 に示すように、永久磁石 11 は、上面 21 と、下面 22 と、第 1 周方向端面 23（側面）と、第 2 周方向端面 24（側面）と、外側端面 25（径方向外側端面）と、内側端面 26（径方向内側端面）と、を有している。平面視において、第 1 周方向端面 23 及び第 2 周方向端面 24 は径方向に延びており、外側端面 25 及び内側端面 26 は周方向 C1 に延びている。第 1 周方向端面 23 及び第 2 周方向端面 24 の長さは、外側端面 25 及び内側端面 26 の長さの 2 倍以上、20 倍以下である。これにより、回転子鉄心 9 の領域を有効に利用することができる。

[0024] 上面 21 及び下面 22 は、平面であり、平面視において同形である。

[0025] 第 1 周方向端面 23 及び第 2 周方向端面 24 は、周方向 C1 に向く側面で

あり、磁極面でもある。

[0026] 第1周方向端面23は、その内端と外端とを繋ぐ仮想平面32よりも周方向C1に突出している突出面である。第2周方向端面24は、その内端と外端とを繋ぐ仮想平面32よりも周方向C1に突出している突出面である。上記構造によって、永久磁石11の磁極面の有効面積が大きくなることで、磁束量は大きくなり、したがって電動機1の平均トルクが高くなる。

[0027] 第1周方向端面23は、第1曲面23Aと、第1平面23Bとを有している。第1曲面23Aは、径方向外側から径方向内側に向かって延びている。第1曲面23Aは、周方向C1に凸となる滑らかな曲面であり、平面視において曲線となっている。第1平面23Bは、第1曲面23Aの径方向内側に配置されている。第1平面23Bは、平面であり、平面視において直線となっている。第1平面23Bは、平面視において、磁極中心線31に対して平行である。上記の構成により、永久磁石11の径方向内側部分すなわち永久磁石11の中央より軸心14に近い部分の周方向幅を広く確保できる。なお、第1平面23Bの径方向長さは、第1周方向端面23全体の径方向長さの50%以下である。

[0028] 第2周方向端面24は、第2曲面24Aと、第2平面24Bとを有している。第2曲面24Aは、径方向外側から径方向内側に向かって延びている。第2曲面24Aは、周方向C1に凸となる滑らかな曲面であり、平面視において曲線となっている。第2平面24Bは、第2曲面24Aの径方向内側に配置されている。第2平面24Bは、平面であり、平面視において直線となっている。第2平面24Bは、平面視において、磁極中心線31に対して平行である。上記の構成により、永久磁石11の径方向内側部分の周方向幅を広く確保できる。なお、第2平面24Bの径方向長さは、第2周方向端面24全体の径方向長さの50%以下である。

[0029] 外側端面25は、平面であり、永久磁石11の径方向外側にある。外側端面25は、平面視において概ね周方向C1に沿って延びている。

[0030] 内側端面26は、平面であり、永久磁石11の径方向内側にある。内側端

面 2 6 は、平面視において概ね周方向 C 1 に沿って延びている。

[0031] 外側端面 2 5 の周方向長さ L 1 は、内側端面 2 6 の周方向長さ L 2 より短い。具体的には、外側端面 2 5 の周方向長さ L 1 は、内側端面 2 6 の周方向長さ L 2 の 6 0 ～ 8 0 % の範囲にある。上記の構成により、径方向外側になればなるほど、第 1 周方向端面 2 3 及び第 2 周方向端面 2 4 の法線が、より径方向外側を向く。その結果、第 1 周方向端面 2 3 の第 1 曲面 2 3 A 及び第 2 周方向端面 2 4 の第 2 曲面 2 4 A から出る磁束が、径方向外側つまり固定子 2 側を向きやすい。したがって、電動機 1 のトルクをより向上させることができる。

[0032] (2-4) 穴

回転子鉄心 9 には、複数の永久磁石 1 1 において周方向 C 1 に隣接する 2 つの永久磁石 1 1 間に 2 個の穴 4 1、4 2 が設けられている。2 個の穴 4 1、4 2 の各々は、回転軸 1 0 の軸心方向に沿って延びる貫通孔である。2 個の穴 4 1、4 2 は、回転子鉄心 9 の外周部に設けられている。穴 4 1、4 2 は、周方向 C 1 に沿って並んでいる。穴 4 1、4 2 は、例えば磁石配置穴 1 3 に比べれば大幅に小さい。例えば、2 個の穴 4 1、4 2 の合計面積は、1 つの磁石配置穴 1 3 の面積の 2 0 % 以下である。2 個の穴 4 1、4 2 は、磁極中心線 3 1 に対して対称に設けられている。この実施形態では、穴 4 1、4 2 は、各々、平面視において円形である。

[0033] 図 4 及び図 5 を用いて、回転子 3 における磁束分布を示す。図 4 は、第 1 実施形態の電動機 1 における磁束分布を示す模式図である。図 5 は、第 1 実施形態の電動機 1 における磁束分布を示す部分拡大模式図である。磁力線 M は、永久磁石 1 1 から出て、永久磁石 1 1 の径方向外側に延びている。そして、磁力線 M は、周りより磁気抵抗が大きな穴 4 1、4 2 を回避するように分かれて延びている。つまり、磁力線 M は、穴 4 1、4 2 の間、永久磁石 1 1 と穴 4 1 との間、永久磁石 1 1 と穴 4 2 との間の 3 か所に分かれて各々を通り道としている。

[0034] 上記のように、穴 4 1、4 2 を回転子鉄心 9 の 2 つの永久磁石 1 1 間に設

けることで、隣接する永久磁石 1 1 間に磁束の通り道を複数確保でき、そのため、トルクリップルを低減できる。さらに、磁束の通り道である 3 箇所（穴 4 1、4 2 の間、永久磁石 1 1 と穴 4 1 との間、永久磁石 1 1 と穴 4 2 との間）同士で磁束密度の差が少なくなると、トルクリップルが低減される。

[0035] 特に、2 個の穴 4 1、4 2 によって形成される磁束の通り道が磁極中心線 3 1 に対して対称になっているので、トルクリップルがさらに低減される。

[0036] 2 個の穴 4 1、4 2 をさらに詳細に説明する。

[0037] 2 個の穴 4 1、4 2 は、永久磁石 1 1 とこの永久磁石 1 1 に最も近い穴との間の無負荷時の磁束密度に対して、2 個の穴 4 1、4 2 同士の間の無負荷時の磁束密度が $\pm 40\%$ 以下の大きさとなる位置に、設けられている。したがって、複数の磁束の通り道における磁束密度の差が少なくなり、そのためトルクリップルが低減される。なお、永久磁石 1 1 と穴 4 1 または穴 4 2 との間の距離の $\pm 85\%$ が、穴 4 1、4 2 間の距離としてもよい。

[0038] 2 個の穴 4 1、4 2 は、回転子鉄心 9 の外周部すなわち回転子鉄心 9 内において軸心 1 4 からみて回転子鉄心 9 の中央より遠い領域に設けられている。このように、複数の穴 4 1、4 2 が軸心 1 4 から離れた位置に設けられているので、固定子 2 近傍での磁束の流れを調整でき、そのためトルクリップルを低減できる。特に、この実施形態では、2 個の穴 4 1、4 2 は、回転子鉄心 9 の外周縁近傍に配置されているので、上記効果が高い。

[0039] 本実施形態では複数の穴 4 1、4 2 が軸心方向に貫通しているので、周りに比べて磁気抵抗を異ならせる効果が高くなり、その結果、トルクリップルを低減するのに貢献する。

[0040] （変形例）

上述の実施形態は、本開示の様々な実施形態の一つに過ぎない。上述の実施形態は、本開示の目的を達成できれば、設計等に応じて種々の変更が可能である。以下、上述の実施形態の変形例を列挙する。以下に説明する変形例は、適宜組み合わせて適用可能である。

[0041] （1）電動機の変形例

回転子鉄心は、粉状の磁性体を加圧成形してなる圧粉材を主な構成要素とする圧粉コアであってもよい。

[0042] (2) 磁石配置穴の変形例

磁石配置穴及び永久磁石の形状、数、位置は限定されない。

[0043] 永久磁石の側面は、曲面のみから構成されていてもよい。

[0044] 永久磁石の一对の側面は互いに異なる形状でもよい。

[0045] 全ての永久磁石が同じ形状あるいは大きさでなくてもよい。

[0046] (3) 磁石の変形例

磁石は、硬磁性材料の磁石粉末を樹脂やゴム等の結合剤と混合・混練し、成形するボンド磁石であってもよいし、磁石粉末を高温で焼き固めた焼結磁石であってもよい。

[0047] (第2実施形態)

図6を用いて、第2実施形態に係る電動機1を説明する。図6は、第2実施形態に係る電動機1の回転子3の部分拡大平面図である。なお、第2実施形態に係る電動機1の基本構成及び動作は第1実施形態に係る電動機1と同様であるので、以下異なる点を中心に説明する。

[0048] 回転子鉄心9の OUTER 部 91 には、複数の永久磁石 11 において周方向 C1 に隣接する 2 つの永久磁石 11 間に 2 個の穴 41 A、42 A が設けられている。2 個の穴 41 A、42 A の各々は、回転軸 10 の軸心方向に沿って延びる貫通孔である。2 個の穴 41 A、42 A は、回転子鉄心 9 の外周部に設けられている。穴 41 A、42 A は、周方向 C1 に沿って並んでいる。穴 41 A、42 A は、例えば磁石配置穴 13 に比べれば大幅に小さい。2 個の穴 41 A、42 A は、磁極中心線 31 に対して対称に設けられている。穴 41 A、42 A は、各々、平面視において楕円形である。具体的には、穴 41 A、42 A の長軸は概ね径方向に沿っており、短軸は概ね周方向 C1 に沿っている。

[0049] 上記のように、穴 41 A、42 A を回転子鉄心 9 の永久磁石 11 間に設けることで、その部分の磁気抵抗が大となり、磁束の通り道を複数確保でき、

そのため、トルクリップルを低減できる。さらに、磁束の通り道である3箇所（穴41A、42Aの間、永久磁石11と穴41Aとの間、永久磁石11と穴42Aとの間）同士で磁束密度の差が少なくなると、トルクリップルが低減される。

[0050] 2個の穴41A、42Aをさらに詳細に説明する。

[0051] 2個の穴41A、42Aは、永久磁石11とこの永久磁石11に最も近い穴との間の無負荷時の磁束密度に対して、2個の穴41A、42A同士の間の無負荷時の磁束密度が±40%以下の大きさとなる位置に、設けられている。したがって、複数の磁束の通り道における磁束密度の差が少なくなり、そのためトルクリップルが低減される。

[0052] 2個の穴41A、42Aは、回転子鉄心9の外周部すなわち回転子鉄心9内において軸心14からみて回転子鉄心9の中央より遠い領域に設けられている。このように、複数の穴41A、42Aが軸心14から離れた位置に設けられているので、固定子2近傍での磁束の流れを調整でき、そのためトルクリップルを低減できる。特に、この実施形態では、2個の穴41A、42Aは、回転子鉄心9の外周縁近傍に配置されているので、上記効果が高い。

[0053] （第3実施形態）

図7を用いて、第3実施形態に係る電動機1を説明する。図7は、第3実施形態に係る電動機1の回転子3の部分拡大平面図である。なお、第3実施形態に係る電動機1の基本構成及び動作は第1実施形態に係る電動機1と同様であるので、以下、異なる点を中心に説明する。

[0054] 回転子鉄心9のアウター部91には、複数の永久磁石11において周方向C1に隣接する2つの永久磁石11間に、4個の穴41B、42B、43B、44Bが設けられている。4個の穴41B、42B、43B、44Bは、回転軸10の軸心方向に沿って延びる貫通孔である。4個の穴41B、42B、43B、44Bは、回転子鉄心9の外周部に設けられている。穴41B、42B、43B、44Bの各々は、周方向C1に沿って並んでいる。穴41B、42Bは、例えば磁石配置穴13に比べれば大幅に小さい。穴41B

及び穴 4 2 B の組と、穴 4 3 B 及び穴 4 4 B の組は、磁極中心線 3 1 に対して対称に設けられている。穴 4 1 B、4 2 B、4 3 B、4 4 B は、各々、平面視において円形である。

[0055] 上記のように、穴 4 1 B、4 2 B、4 3 B、4 4 B を回転子鉄心 9 の永久磁石 1 1 間に設けることで、その部分の磁気抵抗が大となり、磁束の通り道を複数確保でき、そのため、トルクリップルを低減できる。さらに、磁束の通り道である 5 箇所において磁束密度の差が少なくなると、トルクリップルが低減されやすい。

[0056] 4 個の穴 4 1 B、4 2 B、4 3 B、4 4 B をさらに詳細に説明する。

[0057] 4 個の穴 4 1 B、4 2 B、4 3 B、4 4 B は、永久磁石 1 1 とこの永久磁石 1 1 に最も近い穴との間の無負荷時の磁束密度に対して、4 個の穴 4 1 B、4 2 B、4 3 B、4 4 B 同士の間での無負荷時の磁束密度が $\pm 40\%$ 以下の大きさとなる位置に、設けられている。したがって、したがって、複数の磁束の通り道における磁束密度の差が少なくなり、そのためトルクリップルが低減される。

[0058] 4 個の穴 4 1 B、4 2 B、4 3 B、4 4 B は、回転子鉄心 9 の外周部すなわち回転子鉄心 9 内において軸心 1 4 からみて回転子鉄心 9 の中央より遠い領域に設けられている。このように、複数の穴 4 1 B、4 2 B、4 3 B、4 4 B が軸心 1 4 から離れた位置に設けられているので、固定子 2 近傍での磁束の流れを調整でき、そのためトルクリップルを低減できる。特に、この実施形態では、4 個の穴 4 1 B、4 2 B、4 3 B、4 4 B は、回転子鉄心 9 の外周縁近傍に配置されているので、上記効果が高い。

[0059] (穴の変形例)

穴の数は 3 個でもよく、5 個以上でもよい。

[0060] 穴は、回転子鉄心 9 を貫通していなくてよい。

[0061] 穴の形状は、上記第 1 ～ 3 実施形態に限定されない。例えば、穴は、多角形であってもよいし、曲線と直線の組み合わせによって得られる形状であってもよい。

[0062] 複数の穴は、周方向に並べられているのが好ましいが、径方向の異なる位置に設けられていてもよい。

[0063] 複数の穴は、全て同じ形状や大きさでなくてもよく、異なる形状や大きさのものを含んでいてもよい。

[0064] (態様)

本明細書には、以下の態様が開示されている。

[0065] 第1の態様に係る回転子(3)は、回転子鉄心(9)と、複数の永久磁石(11)と、回転軸とを備えている。回転子鉄心(9)は、周方向(C1)に並んだ複数の磁石配置穴(13)を有する。複数の永久磁石(11)は、前記複数の磁石配置穴(13)にそれぞれ配置されている。回転軸は、回転子鉄心(9)に固定され、軸心(14)を回転中心とする。複数の永久磁石(11)の各々は、内側端面(26)と、外側端面(25)と、一对の側面(23、24)とを有している。内側端面(26)は、回転軸(10)の軸心(14)と一致する直線を法線とする平面において回転軸(10)の軸心(14)に面する。外側端面(25)は、回転軸(10)の軸心(14)と一致する直線を法線とする平面において回転軸(10)の軸心(14)とは反対向きに面する。一对の側面(23、24)は、内側端面(26)の周方向縁と外側端面(25)の周方向縁をそれぞれ結ぶ仮想平面(32)より周方向に突出している。一对の側面(23、24)が磁極面であり、複数の永久磁石(11)のうち周方向(C1)に隣接する2個の永久磁石(11)の同極の磁極面同士が周方向(C1)に対向して配置されている。外側端面(25)の周方向長さ(L1)は、内側端面(26)の周方向長さ(L2)より短い。回転子鉄心(9)には、複数の永久磁石(11)の周方向(C1)に隣接する永久磁石間に複数の穴(41、42、41A、42A、41B、42B、43B、44B)が設けられている。

[0066] この態様によれば、一对の側面(23、24)が周方向外側に突出しているので、永久磁石(11)の磁極面の有効面積が大きくなることで、磁束量は大きくなり、したがって電動機(1)の平均トルクが高くなる。さらに、

径方向外側になればなるほど、一对の側面（２３、２４）の法線が、より径方向外側を向く。その結果、一对の側面（２３、２４）の軸心（１４）と反対側の部分から出る磁束が、軸心（１４）側と反対側を向きやすい。したがって、電動機（１）のトルクをより向上させることができる。さらに、複数の穴（４１、４２、４１Ａ、４２Ａ、４１Ｂ、４２Ｂ、４３Ｂ、４４Ｂ）が設けられることで、磁束の流れる個所を調整できる。以上の結果、平均トルクを維持しつつトルクリップルを低減できる。

[0067] 第２の態様に係る回転子（３）では、第１の態様において、複数の穴（４１、４２、４１Ａ、４２Ａ、４１Ｂ、４２Ｂ、４３Ｂ、４４Ｂ）は、複数の永久磁石（１１）の周方向に隣接する永久磁石間の磁極中心線（３１）に対して対称に設けられている。

[0068] この態様によれば、複数の穴（４１、４２、４１Ａ、４２Ａ、４１Ｂ、４２Ｂ、４３Ｂ、４４Ｂ）によって形成される磁束の通り道が磁極中心線（３１）に対して対称になるので、トルクリップルを低減できる。

[0069] 第３の態様に係る回転子（３）では、第１又は第２の態様において、複数の穴（４１、４２、４１Ａ、４２Ａ、４１Ｂ、４２Ｂ、４３Ｂ、４４Ｂ）は、複数の永久磁石（１１）のうち１個の永久磁石（１１）と当該永久磁石（１１）に最も近い穴との間の無負荷時の磁束密度に対して、複数の穴（４１、４２、４１Ａ、４２Ａ、４１Ｂ、４２Ｂ、４３Ｂ、４４Ｂ）同士の間が無負荷時の磁束密度が±４０％以下の大きさとなる位置に、設けられている。

[0070] この態様によれば、複数の穴（４１、４２、４１Ａ、４２Ａ、４１Ｂ、４２Ｂ、４３Ｂ、４４Ｂ）によって形成される磁束の通り道における磁束密度の差が小さくなるので、トルクリップルを低減できる。

[0071] 第４の態様に係る回転子（３）では、第１～第３の態様のいずれかにおいて、複数の穴（４１、４２、４１Ａ、４２Ａ、４１Ｂ、４２Ｂ、４３Ｂ、４４Ｂ）は、回転子鉄心（９）内において軸心（１４）からみて回転子鉄心（９）の中央より遠い領域設けられている。

[0072] この態様によれば、複数の穴（４１、４２、４１Ａ、４２Ａ、４１Ｂ、４

2 B、4 3 B、4 4 B) が軸心から離れた位置に設けられているので、固定子 (2) 近傍での磁束の流れを調整でき、そのためトルクリップルを低減できる。

[0073] 第5の態様に係る回転子 (3) では、第1～第4の態様のいずれかにおいて、複数の穴 (4 1、4 2、4 1 A、4 2 A、4 1 B、4 2 B、4 3 B、4 4 B) は、回転軸 (1 0) の軸心方向に沿って延びる貫通孔である。

[0074] この態様によれば、複数の穴 (4 1、4 2、4 1 A、4 2 A、4 1 B、4 2 B、4 3 B、4 4 B) が軸方向に貫通しているので、周りに比べて磁気抵抗を異ならせる効果が高くなり、その結果、トルクリップルを低減できる。

[0075] 第6の態様に係る回転子 (3) では、第1～第5の態様のいずれかにおいて、一对の側面 (2 3、2 4) の各々は、曲面、又は曲面と平面の組み合わせを有している。

[0076] この態様によれば、一对の側面の形状を調整することによって、永久磁石 (1 1) の体積や側面の向きを適切に設定でき、その結果、平均トルクを維持しつつトルクリップルを低減できる。

[0077] 第7の態様に係る回転子 (3) では、第6の態様において、一对の側面 (2 3、2 4) の各々は、周方向外側に凸となる曲面 (2 3 A、2 4 A) と、曲面 (2 3 A、2 4 A) の軸心 (1 4) 側に配置された平面 (2 3 B、2 4 B) とを有している。

[0078] この態様によれば、一对の側面 (2 3、2 4) の各々が平面 (2 3 B、2 4 B) を有しているので、側面 (2 3、2 4) の軸心 (1 4) 側の部分同士を互いに周方向 (C 1) に近接させることができ、その結果、永久磁石 (1 1) の体積を増加できる。

[0079] 第8の態様に係る回転子 (3) では、第7の態様において、平面 (2 3 B、2 4 B) は、回転軸 (1 0) の軸心方向に沿って見た場合に、複数の永久磁石 (1 1) 同士の間磁極中心線 (3 1) に対して平行である。

[0080] この態様によれば、一对の側面 (2 3、2 4) の平面 (2 3 B、2 4 B) が磁極中心線 (3 1) に対して平行であるので、側面 (2 3、2 4) の軸心

(14) 側の部分同士を互いに周方向(C1)に近接させることができ、その結果、永久磁石(11)の体積を増加できる。

[0081] 第9の態様に係る電動機(1)は、第1～第8の態様のいずれかに係る回転子(3)と、固定子(2)と、を備えている。

[0082] この態様によれば、平均トルクを維持しつつトルクリップルを低減できる。

産業上の利用可能性

[0083] 本開示の回転子及び電動機によれば、平均トルクを維持しつつトルクリップルを低減できる。そのため、本開示の回転子及び電動機は、産業上有用である。

符号の説明

[0084] 1 : 電動機
2 : 固定子
3 : 回転子
9 : 回転子鉄心
10 : 回転軸
11 : 永久磁石
13 : 磁石配置穴
14 : 軸心
23 : 第1周方向端面(側面)
23A : 第1曲面
23B : 第1平面
24 : 第2周方向端面(側面)
24A : 第2曲面
24B : 第2平面
25 : 外側端面
26 : 内側端面
31 : 磁極中心線

3 2 : 仮想平面

4 1、4 1 A、4 1 B、4 2、4 2 A、4 2 B、4 3 B、4 4 B : 穴

C 1 : 周方向

請求の範囲

- [請求項1] 周方向に並んだ複数の磁石配置穴を有する回転子鉄心と、
前記複数の磁石配置穴にそれぞれ配置された複数の永久磁石と、
前記回転子鉄心に固定され、軸心を回転中心とする回転軸と、を備え、
前記複数の永久磁石の各々は、
前記回転軸の前記軸心に面する内側端面と、
前記回転軸の前記軸心と反対向きに面する外側端面と、
前記内側端面の周方向縁と前記外側端面の周方向縁をそれぞれ結び仮想平面より周方向に突出している一対の側面と、を有し、
前記一対の側面が磁極面であり、前記複数の永久磁石のうち周方向に隣接する2個の永久磁石の同極の磁極面同士が周方向に対向して配置され、
前記外側端面の周方向長さは、前記内側端面の周方向長さより短く、
前記回転子鉄心には、前記複数の永久磁石の周方向に隣接する永久磁石間に複数の穴が設けられている、
回転子。
- [請求項2] 前記複数の穴は、前記周方向に隣接する永久磁石の間の磁極中心線に対して対称に設けられている、
請求項1に記載の回転子。
- [請求項3] 前記複数の穴は、前記周方向に隣接する永久磁石のうち1個の永久磁石と前記1個の永久磁石に最も近い前記穴との間の無負荷時の磁束密度に対して、前記複数の穴同士の間での無負荷時の磁束密度が±40%以下の大きさとなる位置に、設けられている、
請求項1又は2に記載の回転子。
- [請求項4] 前記複数の穴は、前記回転子鉄心内において前記軸心からみて前記回転子鉄心の中央より遠い位置に設けられている、

請求項 1 又は 2 に記載の回転子。

[請求項5] 前記複数の穴は、前記回転軸の軸心方向に沿って延びる貫通孔である、

請求項 1 又は 2 に記載の回転子。

[請求項6] 前記一对の側面の各々は、曲面、又は曲面と平面の組み合わせを有している、

請求項 1 又は 2 に記載の回転子。

[請求項7] 前記一对の側面の各々は、周方向に凸となる曲面と、前記曲面の前記軸心側に配置された平面とを有している、

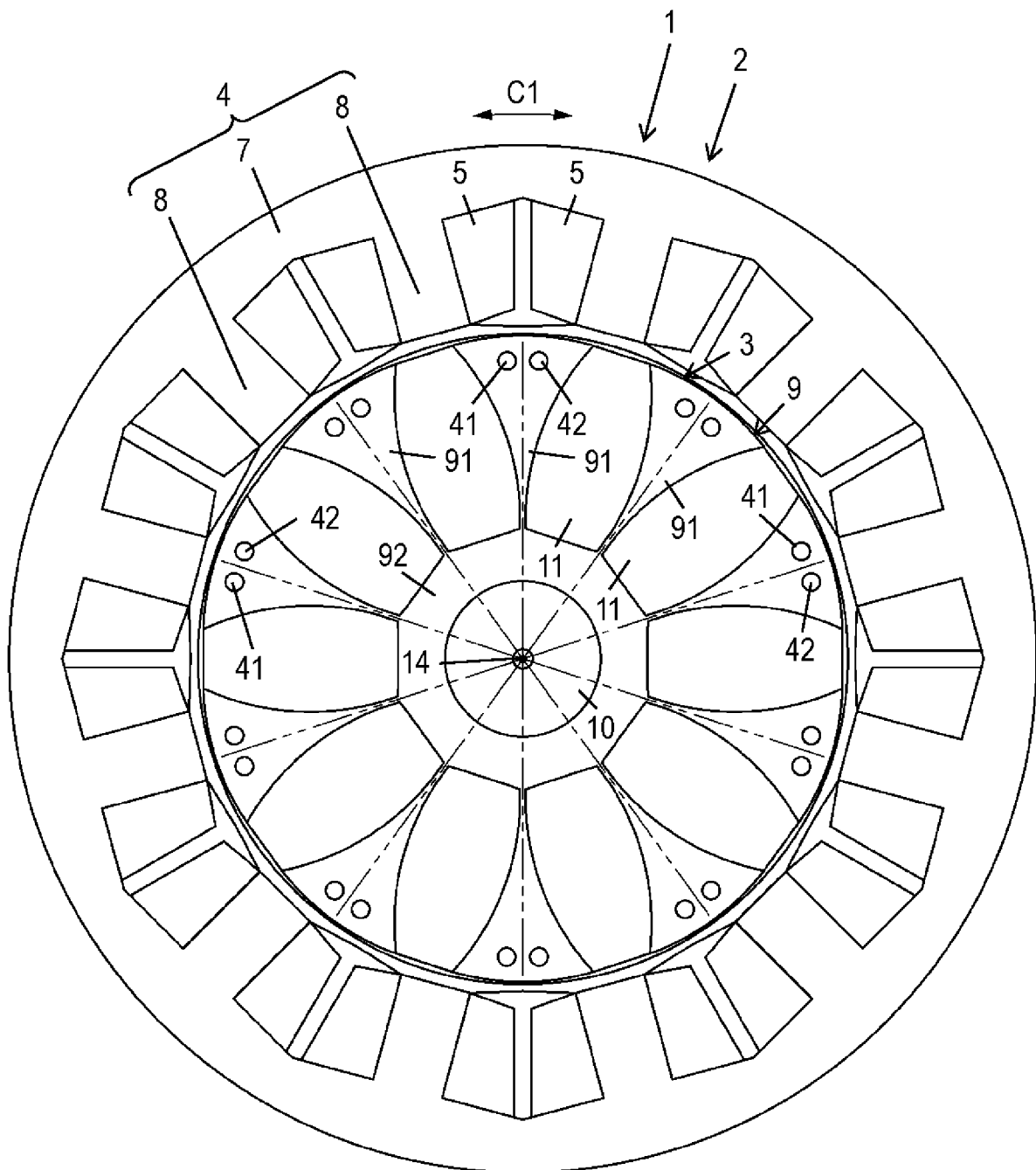
請求項 6 に記載の回転子。

[請求項8] 前記平面は、前記回転軸の軸心方向に沿って見た場合に、前記周方向に隣接する永久磁石の間の磁極中心線に対して平行である、

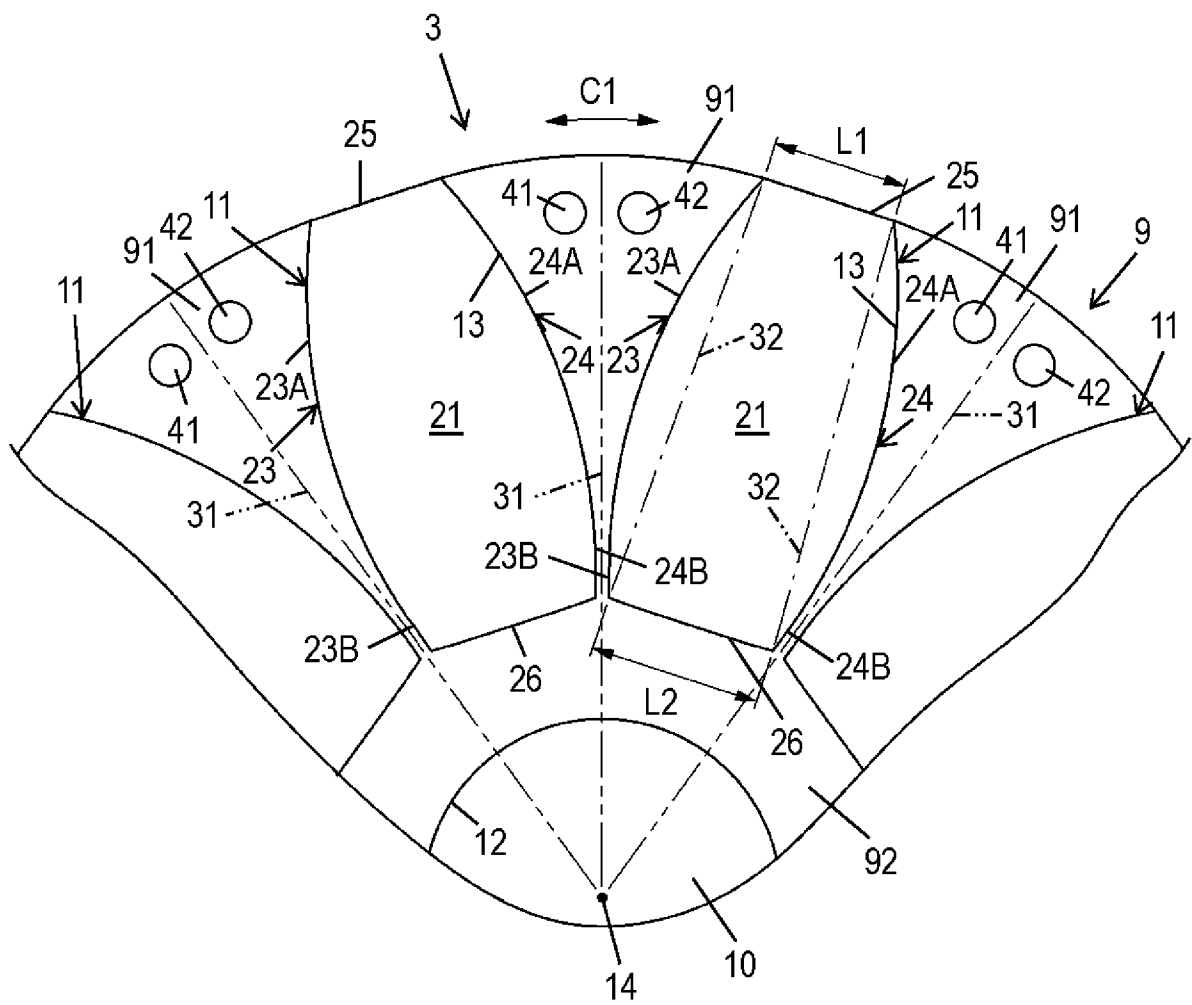
請求項 7 に記載の回転子。

[請求項9] 請求項 1 ～ 8 のいずれか 1 項に記載の回転子と、
固定子と、
を備えた、
電動機。

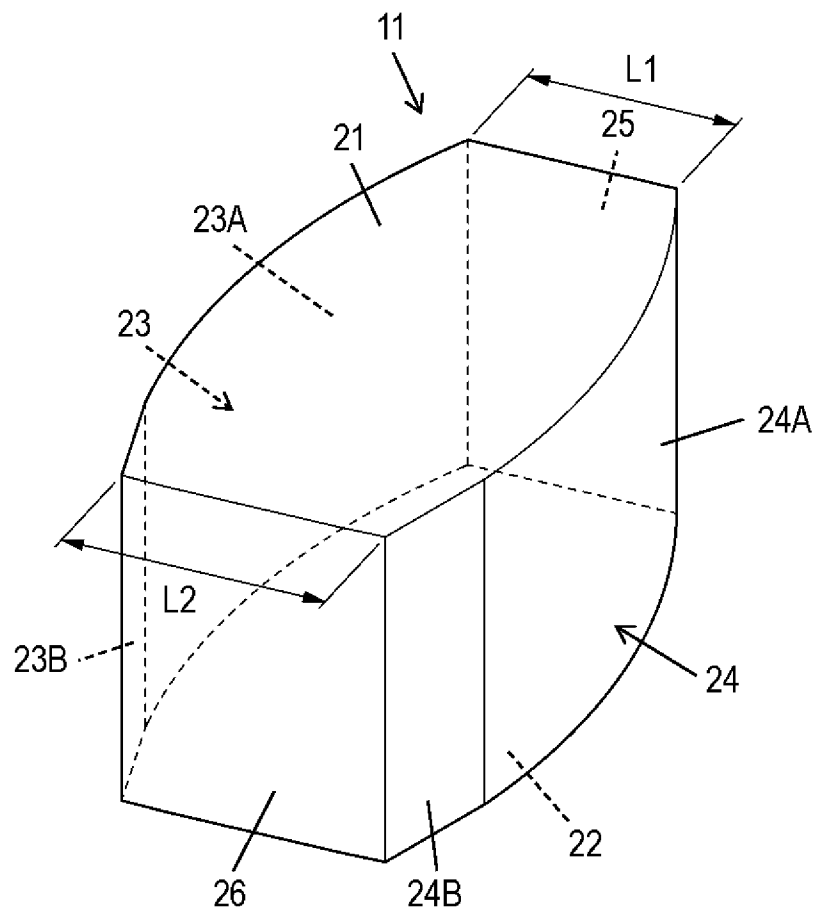
[図1]



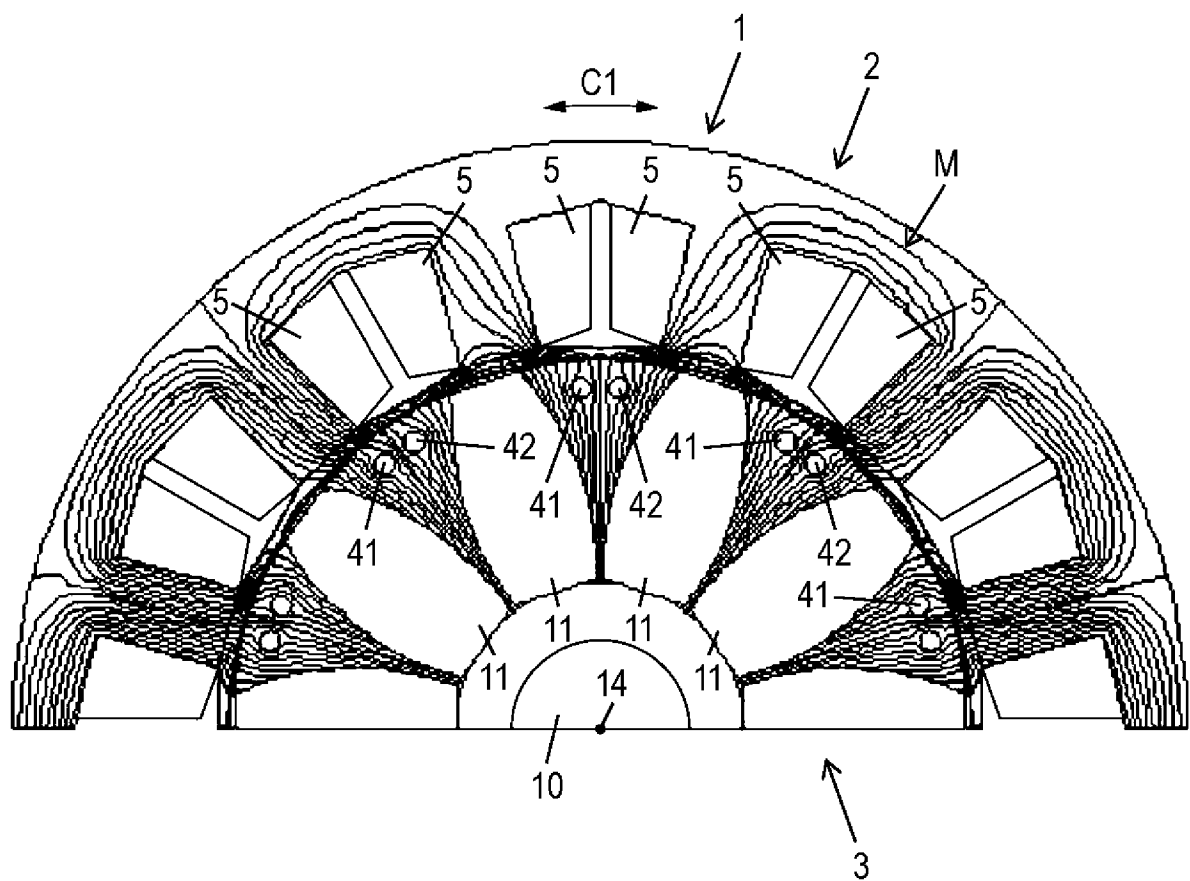
[図2]



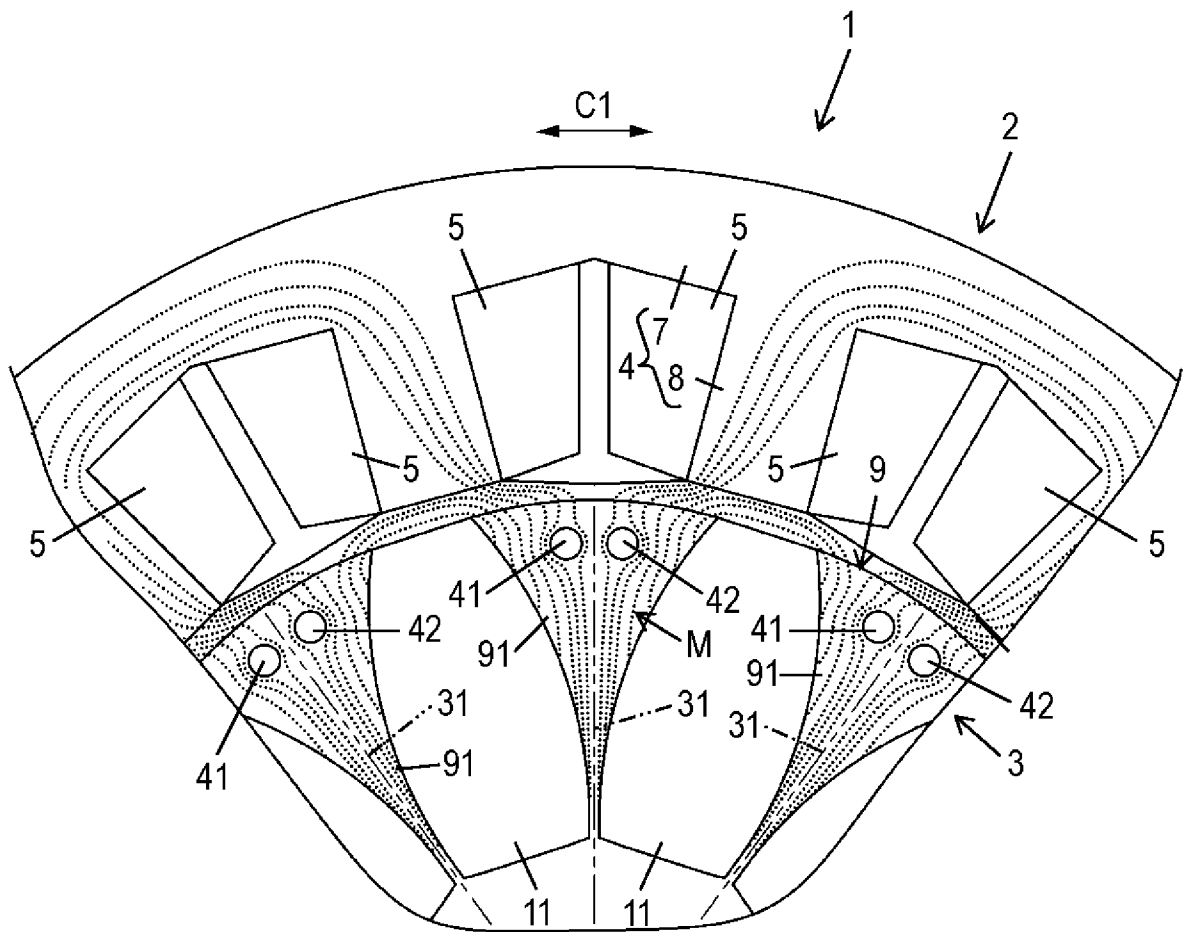
[図3]



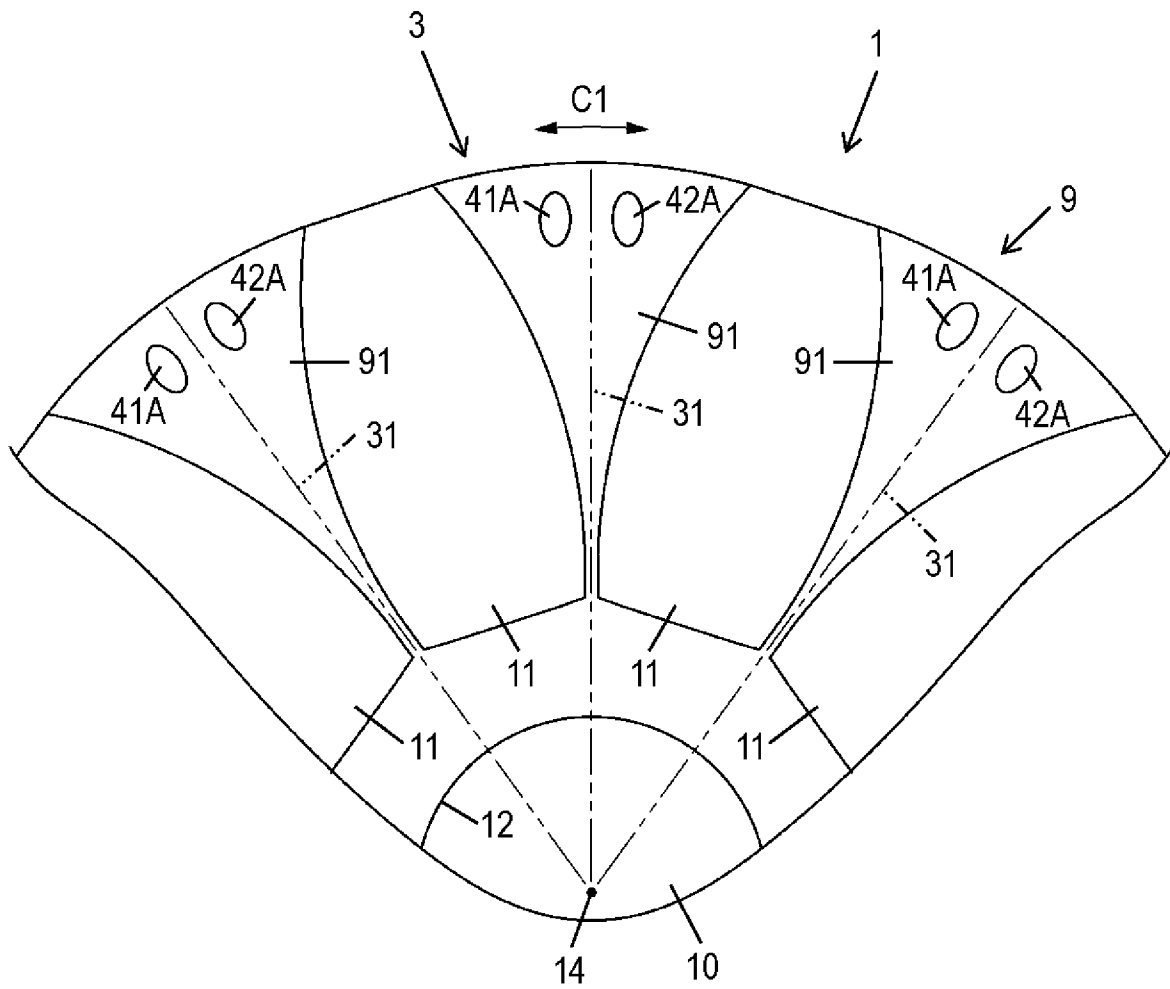
[図4]



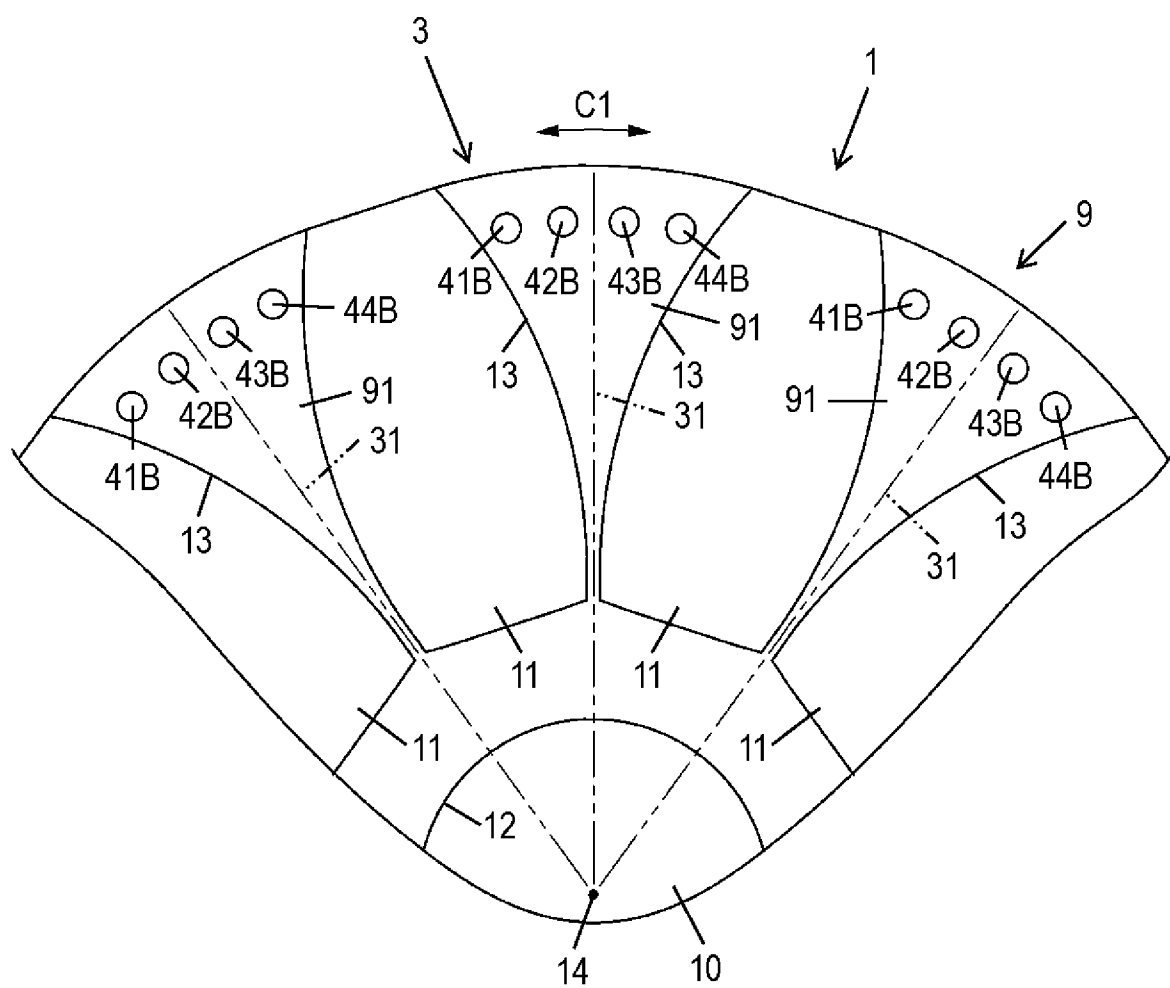
[図5]



[図6]



[図7]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2023/032944

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**H02K 1/276**(2022.01)i; **H02K 21/14**(2006.01)i

FI: H02K1/276; H02K21/14 M

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)

H02K1/276; H02K21/14

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

Published examined utility model applications of Japan 1922-1996

Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2023

Registered utility model specifications of Japan 1996-2023

Published registered utility model applications of Japan 1994-2023

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 2021-197749 A (UNIV AKITA PREFECTURAL) 27 December 2021 (2021-12-27) paragraphs [0032]-[0062], fig. 1-14	1-9
Y	WO 2020/196382 A1 (DAIKIN INDUSTRIES, LTD.) 01 October 2020 (2020-10-01) paragraph [0029], fig. 1, 13-16	1-9
Y	JP 2021-184700 A (DENSO CORP.) 02 December 2021 (2021-12-02) fig. 14	6-9



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

27 September 2023

Date of mailing of the international search report

10 October 2023

Name and mailing address of the ISA/JP

Japan Patent Office (ISA/JP)

3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915

Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/JP2023/032944

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP	2021-197749	A	27 December 2021	(Family: none)	
WO	2020/196382	A1	01 October 2020	(Family: none)	
JP	2021-184700	A	02 December 2021	US 2020/0244121	A1
fig. 14					

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） H02K 1/276(2022.01)i; H02K 21/14(2006.01)i FI: H02K1/276; H02K21/14 M		
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）） H02K1/276; H02K21/14 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 1971-2023年 日本国実用新案登録公報 1996-2023年 日本国登録実用新案公報 1994-2023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 2021-197749 A（公立大学法人秋田県立大学）27.12.2021（2021-12-27） 段落0032-0062，図1-14	1-9
Y	WO 2020/196382 A1（ダイキン工業株式会社）01.10.2020（2020-10-01） 段落0029，図1，13-16	1-9
Y	JP 2021-184700 A（株式会社デンソー）02.12.2021（2021-12-02） 図14	6-9
☐ 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、一般的技术水準を示すもの “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抵触するものではなく、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 27.09.2023	国際調査報告の発送日 10.10.2023	
名称及びあて先 日本国特許庁(ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	権限のある職員（特許庁審査官） 三島木 英宏 3V 3018 電話番号 03-3581-1101 内線 3357	

国際調査報告
パテントファミリーに関する情報

国際出願番号

PCT/JP2023/032944

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP	2021-197749	A	27.12.2021	(ファミリーなし)	
WO	2020/196382	A1	01.10.2020	(ファミリーなし)	
JP	2021-184700	A	02.12.2021	US 2020/0244121	A1
図 1 4					