

(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
2025年1月16日(16.01.2025)



(10) 国際公開番号

WO 2025/013545 A1

(51) 国際特許分類:
H02K 1/276 (2022.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2024/022163

(22) 国際出願日: 2024年6月19日(19.06.2024)

(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 2023-114637 2023年7月12日(12.07.2023) JP

(71) 出願人: 株式会社日立製作所(HITACHI, LTD.)
[JP/JP]; 〒1008280 東京都千代田区丸の内
一丁目6番6号 Tokyo (JP).

(72) 発明者: 高橋 暁史 (TAKAHASHI Akeshi);
〒1008280 東京都千代田区丸の内一丁目6
番6号 株式会社日立製作所内 Tokyo (JP).
杉本 慎治 (SUGIMOTO Shinji); 〒1008280 東
京都千代田区丸の内一丁目6番6号 株式
会社日立製作所内 Tokyo (JP).

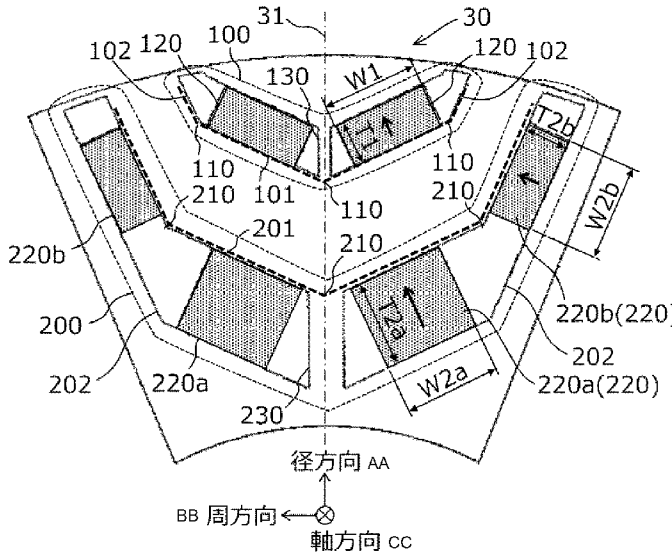
(74) 代理人: 弁理士法人開知 (KAICHI IP);
〒1030022 東京都中央区日本橋室町四丁
目3番16号 Tokyo (JP).

(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, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC,
EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR,

(54) Title: ROTARY ELECTRICAL MACHINE

(54) 発明の名称: 回転電機

[図2]



AA Radial direction
BB Circumferential
direction
CC Axial direction

(57) Abstract: A rotary electrical machine according to the present invention comprises a stator and a rotor that is disposed concentrically inward of the stator with a gap therebetween, wherein when viewed in the axial direction of the rotary electrical machine, the rotor has a plurality of magnetic poles aligned in the circumferential direction, the magnetic poles have a first slot provided on the outer circumferential side in the radial direction and a second slot provided on the inner circumferential side in the radial direction, a first facing part among edges of the first slot which faces the second slot has

[続葉有]

HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, 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, 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))

three or more obtuse bending points while a second facing part among edges of the second slot which faces the first slot has obtuse bending points such that the number of the obtuse bending points is equal to or larger than the number of the bending points of the first facing part, a first magnet inserted in the first slot and a second magnet inserted in the second slot are disposed such that the distance from the gap increases as proximity to the magnetic pole center line increases, and the width of the second magnet in the magnetization direction decreases as distance from the magnetic pole center line increases.

(57) 要約: 回転電機は、ステータと、ステータの内側にギャップを介して同心配置されるロータと、を備え、回転電機の軸方向視において、ロータは、周方向に並ぶ複数の磁極を有し、磁極は、径方向外周側に設けられた第一スロットと、径方向内周側に設けられた第二スロットを有し、第一スロットの辺のうち、第二スロットと対向する第一対向部は、鈍角の屈曲点を3つ以上有するとともに、第二スロットの辺のうち、第一スロットと対向する第二対向部は、第一対向部の屈曲点と同数以上の鈍角の屈曲点を有し、第一スロットに挿入される第一磁石および第二スロットに挿入される第二磁石は、磁極中心線に近づくほどギャップからの距離が遠くなるように配置され、第二磁石は、磁極中心線からの距離が遠くなるほど第二磁石の磁化方向幅が小さくなる。

明 細 書

発明の名称： 回転電機

技術分野

[0001] 本発明は鉄道車両、自動車、トラック、バス、建設機械などに搭載される回転電機に関わる。

背景技術

[0002] モータ（回転電機）を小型・軽量にしながら、高出力・高効率化を図るため、トルクを増加可能な構造が考案されている。特許文献1には、径方向外周側に配置される外側磁石と径方向内周側に配置される内側磁石とによって、2層構造の磁極が形成された回転電機が開示されている。特許文献1に記載の回転電機では、外側磁石と内側磁石と間のコア部の磁化作用を活用することで、磁石トルクに加えてリラクタンストルクの増大を図っている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特許第7107243号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 磁石の磁化方向と反対向きの磁界を減磁磁界と呼び、磁化の強さ（以下、保持力）よりも大きな減磁磁界が印加されると、磁石は減磁して本来の磁力を失う。一般的なモータでは、このような減磁磁界に対しても十分な耐力（以下、減磁耐力）を有するように、磁石の保持力や磁化方向幅が設計されている。しかし、モータ駆動中において、モータ巻線の経年劣化等に伴う絶縁性能の低下や、電気配線の断線、インバータ回路の故障などが原因となり突発的な短絡（以下、突発短絡）が引き起こされると、磁石磁束が発生する逆起電力によって短絡電流が発生し、これが甚大な減磁磁界を発生する。従来の2層構造では、このような減磁磁界に対して十分な減磁耐力を確保することが困難であった。

[0005] 本発明の目的は、高出力・高効率を維持しながら、突発短絡に対しても十分な減磁耐力を有する信頼性の高い回転電機を提供することにある。

課題を解決するための手段

[0006] 上記目的を達成するために、本発明には様々な実施形態を含むが、その一例をあげると、本発明の回転電機は、円筒形のステータと、前記ステータの内側にギャップを介して同心配置されるロータと、を備えた回転電機であって、前記回転電機の軸方向視において、前記ロータは、周方向に並ぶ複数の磁極を有し、前記磁極は、径方向外周側に設けられた第一スロットと、径方向内周側に設けられた第二スロットを有し、前記第一スロットと前記第二スロットは、それぞれ磁極中心線に対して線対称に配置され、前記第一スロットの辺のうち、前記第二スロットと対向する第一対向部は、鈍角の屈曲点を3つ以上有するとともに、前記第二スロットの辺のうち、前記第一スロットと対向する第二対向部は、前記第一対向部の前記屈曲点と同数以上の鈍角の屈曲点を有し、前記第一スロットに挿入される第一磁石および前記第二スロットに挿入される第二磁石は、前記磁極中心線に近づくほど前記ギャップからの距離が遠くなるように配置され、前記第二磁石は、前記磁極中心線からの距離が遠くなるほど前記第二磁石の磁化方向幅が小さくなる。

発明の効果

[0007] 本発明によれば、高出力・高効率を維持しながら、突発短絡に対しても十分な減磁耐力を有する信頼性の高い回転電機を提供できる。

[0008] 上記した以外の課題、構成及び効果は、以下の実施形態の説明により明らかにされる。

図面の簡単な説明

[0009] [図1]図1は、本発明の第1の実施例における回転電機（モータ）の全体構造の説明図である。

[図2]図2は、本発明の第1の実施例における磁極構造の説明図である。

[図3A]図3Aは、本発明の第2の実施例における磁極構造の説明図である。

[図3B]図3Bは、図3Aの磁石挿入孔102、202の拡大図であり、各磁

石の寸法を示す。

[図4]図4は、本発明の第2の実施例における磁石構成の変形例の説明図である。

[図5]図5は、本実施形態の比較例における磁極構造の説明図である。

[図6A]図6Aは、モータ駆動中における電圧・電流ベクトル図である。

[図6B]図6Bは、突発短絡時における電圧・電流ベクトル図である。

[図7A]図7Aは、本実施形態の比較例における磁極構造を示す図であって、第二磁石220aと第二磁石220bの磁化方向幅が等しい場合の磁路について示す。

[図7B]図7Bは、本実施形態の比較例における磁極構造を示す図であって、第二磁石220aの磁化方向幅が第二磁石220bの磁化方向幅よりも大きい場合の磁路について示す。

発明を実施するための形態

[0010] 以下、本発明の実施例について図面を参照して説明する。以下の説明では、同一の構成要素には同一の記号を付してある。それらの名称および機能は同じであり、重複説明は避ける。また、以下の説明では自動車、トラック、バスなど可変速駆動の永久磁石同期モータを対象としているが、本発明の効果はこれに限定されるものではなく、一定速を含む永久磁石同期機全般に適用可能である。

実施例 1

[0011] 以下、図1乃至2を用いて、本発明の第1の実施例について説明する。図1は本発明の第1の実施例における回転電機（モータ）の全体構造の説明図である。図2は本発明の第1の実施例における磁極構造の説明図である。

[0012] 図1に示すように、回転電機1は、円筒形のステータ10と、ステータ10の内側にギャップ21を介して同心配置されるロータ20とを備える。以下の説明では、回転電機1のロータ20の回転中心軸に平行な方向を「軸方向」と記し、回転電機1のロータ20の回転中心軸に直交するロータ20の直径方向を「径方向」と記し、回転電機1のロータ20の回転中心軸を中心

とする円周方向を「周方向」と記す。図１および図２は、回転電機１を軸方向から見た図である。以下、回転電機１の軸方向視において、各構成の形状、配置、大きさ等について、詳しく説明する。図示するように、ロータ２０は、周方向に並ぶ複数の磁極３０を有する。

[0013] 図２に示すように、磁極３０は、径方向外周側に設けられた単一の第一スロット１００と、径方向内周側に設けられた単一の第二スロット２００を有する。第一スロット１００は、直方体形状の第一磁石１２０が挿入される磁石スロットである。第二スロット２００は、直方体形状の第二磁石２２０が挿入される磁石スロットである。第一スロット１００と第二スロット２００は、それぞれ磁極中心線（ｄ軸）３１に対して線対称に配置される。第一スロット１００に挿入される一对の第一磁石１２０は、磁極中心線３１に対して線対称に配置される。同様に、第二スロット２００に挿入される二対の第二磁石２２０は、磁極中心線３１に対して線対称に配置される。磁極中心線３１は、回転中心軸から径方向に延在し、かつ、磁極３０の中心を通過する線である。

[0014] 本実施例において、第一スロット１００と第二スロット２００は、それぞれ磁極中心線３１の位置にリブ１３０、２３０を有する。換言すれば、第一スロット１００は、一对の磁石挿入孔（以下、第一磁石挿入孔）１０２を有し、第二スロット２００は、一对の磁石挿入孔（以下、第二磁石挿入孔）２０２を有する。第一磁石挿入孔１０２には、一つの第一磁石１２０が挿入され、第二磁石挿入孔２０２には、二つの第二磁石２２０が挿入されている。一对の第一磁石挿入孔１０２は、磁極中心線３１に対して所定の傾斜角度だけ傾いて配置されている。第一スロット１００は、磁極中心線３１を対称軸とする線対称形状であり、径方向外側に向かって開いたＶ字状を呈する。同様に、一对の第二磁石挿入孔２０２は、磁極中心線３１に対して所定の傾斜角度だけ傾いて配置されている。第二スロット２００は、磁極中心線３１を対称軸とする線対称形状であり、径方向外側に向かって開いたＶ字状を呈する。

- [0015] リブ130、230は、遠心荷重による第一スロット100と第二スロット200の変形を回避する目的で設けられる。なお、リブ130、230は、必ずしもこの位置に設ける必要は無く、スロット内部の別の場所に設けてもよい。また、回転電機1の仕様によっては、リブ130、230を設けなくてもよい。
- [0016] 回転電機1の軸方向視において、第一スロット100は、複数の辺を有している。第一スロット100を構成する複数の辺のうち、第二スロット200と対向する複数の辺（以下、対向辺とも記す）によって第一対向部101（図中、破線部参照）が形成される。第一対向部101は、鈍角の屈曲点110を3つ有する。なお、磁極中心線31上の屈曲点110は、リブ130を省略した場合の第一対向部101の図示下側の端点に相当する。換言すれば、磁極中心線31上の屈曲点110は、右側の第一磁石挿入孔102の左側の対向辺と、左側の第一磁石挿入孔102の右側の対向辺との交差点に相当する。
- [0017] 同様に、回転電機1の軸方向視において、第二スロット200は、複数の辺を有する。第二スロット200を構成する複数の辺のうち、第一スロット100と対向する複数の辺（以下、対向辺とも記す）によって第二対向部201（図中、破線部参照）が形成される。第二対向部201は、第一対向部101の屈曲点110と同数（3つ）の鈍角の屈曲点210を有する。なお、磁極中心線31上の屈曲点210は、リブ230を省略した場合の第二対向部201の図示下側の端点に相当する。換言すれば、磁極中心線31上の屈曲点210は、右側の第二磁石挿入孔202の左側の対向辺と、左側の第二磁石挿入孔202の右側の対向辺との交差点に相当する。
- [0018] 第一スロット100に挿入される第一磁石120と、第二スロット200に挿入される第二磁石220は、ともに矢印（→）の向きに磁化され、磁極30はN極を構成する。なお、第一磁石120と第二磁石220の磁化方向は、周方向に並ぶ磁極毎に反転している。つまり、図2に示す磁極30に隣接する磁極30はS極を構成する。

[0019] 第二スロット200に挿入されている二対の第二磁石220のうち、磁極中心線31の近くに配置される一対の第二磁石220を第二磁石220aと記し、第二磁石220aよりも磁極中心線31から離れた位置に配置される一対の第二磁石220を第二磁石220bと記す。第二磁石220bと磁極中心線31との成す角度は、第二磁石220aと磁極中心線31との成す角度よりも小さい。なお、第二磁石220と磁極中心線31との成す角度とは、第二磁石220の磁化方向と直交する方向と、磁極中心線31との交差角のうち、径方向外側に形成される角度（小さい方の角度）のことを指す。

[0020] 以下では本発明の実施形態に係る回転電機1の構造とすることにより得られる作用効果を、本実施形態の比較例との比較を通して説明する。

[0021] 図5は本実施形態の比較例における磁極構造の説明図である。図5に示すように、比較例の磁極30は、径方向外周側に設けられた第一スロット100と、径方向内周側に設けられた第二スロット200を有する2層構造である。第一スロット100は、鈍角の屈曲点110を2つしか有していない。これに伴い、第一磁石120は磁極中心線（d軸）31に対して直交して配置される。

[0022] 第二スロット200は、鈍角の屈曲点210を3つ有している。第二スロット200は、磁極中心線31の近くに配置される一対の第二磁石220aと、第二磁石220aよりも磁極中心線31から離れた位置に配置される一対の第二磁石220bとを有する。第二磁石220bと磁極中心線31との成す角度は、第二磁石220aと磁極中心線31との成す角度よりも小さい。

[0023] 磁石の磁化方向と反対向きの磁界は、減磁磁界と呼ばれる。磁石の保持力よりも大きな減磁磁界が印加されると、磁石は減磁して本来の磁力を失う。一般的なモータでは、このような減磁磁界に対しても十分な減磁耐力を有するように、磁石の保持力や磁化方向幅が設計されている。図6Aはモータ駆動中における電圧・電流ベクトル図であり、図6Bは突発短絡時における電圧・電流ベクトル図である。簡単のため、モータ巻線抵抗に対応する電圧降

下分の記載は省略している。一般に、モータの磁極中心線を d 軸と呼び、これに対して電気角で 90° 進んだ軸を q 軸と呼ぶ。

[0024] 図 6 A に示すように、磁石磁束が発生する逆起電力 E_0 は q 軸上に発生し、モータ電流が発生する磁束に起因した電圧降下分 ($\omega L I$) とバランスするように、モータの印加電圧 V の大きさと位相が制御される。このような状態であればモータが減磁することは無い。

[0025] しかしながら、モータ駆動中において、モータ巻線の経年劣化等に伴う絶縁性能の低下や、電気配線の断線、インバータ回路の故障などが原因となり突発短絡が引き起こされると、印加電圧 V がゼロになる。このため、図 6 B に示すように逆起電力 E_0 とバランスする電圧降下分 ($\omega L I$) を発生するように、負の d 軸方向に短絡電流 I が発生し、これが甚大な減磁磁界を発生する。

[0026] このとき、図 5 に示すように、ギャップ 2 1 における減磁磁界の空間分布は、d 軸（磁極中心線 3 1）にピークを有する正弦波状になる。したがって、減磁磁界 5 0 A ~ 5 0 D のうち、最も強い減磁磁界は 5 0 A であり、5 0 B、5 0 C、5 0 D の順に弱くなる。比較例の構造では、磁極中心線 3 1 の近傍の甚大な減磁磁界 5 0 A、5 0 B にさらされる第一磁石 1 2 0、第二磁石 2 2 0 a と、磁極中心線 3 1 から離れた小さな減磁磁界 5 0 C、5 0 D にさらされる第二磁石 2 2 0 b は、いずれも同程度の磁化方向幅（厚み）で構成されている。このため、突発短絡時に発生する減磁磁界に対して、十分な減磁耐力を確保することが困難である。また、第一磁石 1 2 0 は磁極中心線 3 1 に対して直交して配置されている。つまり、周方向において、ギャップ 2 1 から第一磁石 1 2 0 までの距離がほぼ同等になる。このため、磁極中心線 3 1 の近傍に発生する最も強い減磁磁界 5 0 A に対して、十分な減磁耐力を確保することが困難である。

[0027] このように、磁極中心線 3 1 の近く配置される磁石ほど、強い減磁磁界にさらされる。ここで、磁石の厚みを厚くする、あるいは、磁石の磁化方向に直交する方向の幅を狭くすることにより、磁石の磁気抵抗を増加させ、減磁

磁界により磁石に入ってくる逆向きの磁束の量を減らすことができる。

[0028] そこで本実施形態では図2に示すように、第二磁石220の磁化方向幅（厚み）を、磁極中心線31からの距離が遠くなるほど、小さくなるように構成する。すなわち、磁極中心線31に近い位置に配置される第二磁石220aの磁化方向幅 T_{2a} と、第二磁石220aよりも磁極中心線31から遠い位置に配置される第二磁石220bの磁化方向幅 T_{2b} とを、 $T_{2a} > T_{2b}$ の関係にする。これによって、第二磁石220aの磁気抵抗を向上できるので、甚大な減磁磁界50A、50Bに対しても減磁耐力を向上できる。

[0029] 加えて、回転電機1の軸方向視において、第一磁石120の磁化方向幅 T_1 と、第二磁石220のうち最も小さな磁化方向幅（すなわち、第二磁石220bの磁化方向幅） T_{2b} とは、 $T_1 > T_{2b}$ の関係を有する構成としてもよい。第一磁石120の厚みを第二磁石220bよりも厚くして第一磁石120の磁気抵抗をより高めることで、減磁磁界50A、50Bに対する減磁耐力をさらに向上することができる。また、回転電機1の軸方向視において、第一磁石120の磁化方向に対して直交方向の磁石幅 W_1 と、第二磁石220のうち磁化方向幅が最も小さな磁石（すなわち、第二磁石220b）の磁化方向に対して直交方向の磁石幅 W_{2b} とが、 $W_1 < W_{2b}$ の関係を有する構成としてもよい。第一磁石120の磁石幅 W_1 を小さくして第一磁石120の磁気抵抗をより高めることで、減磁磁界50A、50Bに対する減磁耐力をさらに向上することができる。なお、磁化方向幅 T_1 、 T_{2b} 及び磁石幅 W_1 、 W_{2b} は、 $T_1 > T_{2b}$ かつ $W_1 < W_{2b}$ の関係を有する構成としてもよい。これによって、第一磁石120の磁気抵抗を向上できるので、甚大な減磁磁界50A、50Bに対しても減磁耐力を向上できる。

[0030] さらに、第一スロット100の第一対向部101は鈍角の屈曲点110を3つ有し、第二スロット200の第二対向部201も鈍角の屈曲点210を3つ有している。これによって、第一磁石120および第二磁石220は、磁極中心線31に近づくほどギャップ21からの距離が遠くなるように配置できる。また、第二磁石220bの磁化方向幅 T_{2b} よりも、第二磁石22

0 a の磁化方向幅 T_{2a} を大きくするためのスペースを確保できる。これにより、第二磁石 220 a の磁化方向幅（厚み） T_{2a} を大きくして、減磁磁界 50 A が通過する一層目及び二層目の磁石の全体の厚さ（ $T_1 + T_{2a}$ ）を十分に確保することができる。このため、磁極中心線 31 の近傍に発生する最も強い減磁磁界 50 A に対して、第一磁石 120、第二磁石 220 a の減磁耐力を向上できる。

[0031] 図 7 A および図 7 B を用いて、仮に第二スロット 200 の第二対向部 201 の屈曲点 210 が 3 つ未満である場合に生じる問題点について説明する。図 7 A は、本実施形態の比較例における磁極構造を示す図であって、第二磁石 220 a と第二磁石 220 b の磁化方向幅が等しい場合の磁路について示す。図 7 B は、本実施形態の比較例における磁極構造を示す図であって、第二磁石 220 a の磁化方向幅が第二磁石 220 b の磁化方向幅よりも大きい場合の磁路について示す。

[0032] 図 7 A に示すように、仮に第二スロット 200 の第二対向部 201 の屈曲点 210 が 3 つ未満（図 7 A では 2 つ）の場合、第二磁石 220 a の磁化方向幅を大きくすると、図 7 B に示すような構成となる。このような構成では、q 軸磁束 51 の通路として確保していた磁路幅 L_1 よりも小さな磁路幅 L_2 が生じてしまう。すなわち、リラクタンストルクを発生するために必要な q 軸磁束 51 が減少してしまうため、十分なトルクを発生できなくなる。したがって、比較例では、図 7 B のような構成にはできず、図 7 A の構成となるため、磁極中心線 31 の近傍に発生する最も強い減磁磁界 50 A に対して、第二磁石 220 a の磁化方向幅を大きくすることによる減磁耐力の向上を図ることができない。

[0033] 以上、第 1 の実施例では、第一スロット 100 の辺のうち、第二スロット 200 と対向する第一対向部 101 が、鈍角の屈曲点 110 を 3 つ有するとともに、第二スロット 200 の辺のうち、第一スロット 100 と対向する第二対向部 201 は、第一対向部 101 の屈曲点 110 と同数の鈍角の屈曲点 210 を有する。また、第二磁石 220 は、磁極中心線 31 からの距離が遠

くなるほど第二磁石220の磁化方向幅が小さくなるように構成されている。これにより、高出力・高効率を維持しながら、突発短絡に対しても十分な減磁耐力を有する信頼性の高い回転電機（モータ）1を提供することができる。

- [0034] なお、上記の構成の別の形態として、磁石の磁化方向幅 T と、磁化方向に対して直交方向の磁石幅 W の比（ T/W ）をアスペクト比 R と定義し、第二磁石220aのアスペクト比 R_{2a} （ $=T_{2a}/W_{2a}$ ）を、第二磁石220bのアスペクト比 R_{2b} （ $=T_{2b}/W_{2b}$ ）よりも大きくする構成としても良い。例えば、第二磁石220aの磁石幅 W_{2a} を第二磁石220bの磁石幅 W_{2b} よりも小さくすることにより、 $R_{2a} > R_{2b}$ を満足する構成とすることができる。この場合、第二磁石220aの磁化方向幅 T_{2a} と第二磁石220bの磁化方向幅 T_{2b} の関係は、 $T_{2a} \leq T_{2b}$ であってもよい。加えて、第一磁石120のアスペクト比 R_1 （ $=T_1/W_1$ ）を、第二磁石220bのアスペクト比 R_{2b} よりも大きくする構成としても良い。例えば、第一磁石120の磁石幅 W_1 を第二磁石220bの磁石幅 W_{2b} よりも小さくすることにより、 $R_1 > R_{2b}$ を満足する構成とすることができる。この場合、第一磁石120の磁化方向幅 T_1 と第二磁石220bの磁化方向幅 T_{2b} の関係は、 $T_1 \leq T_{2b}$ であってもよい。

実施例 2

- [0035] 図3A乃至3Bを用いて本発明の第2の実施例について説明する。図3Aは本発明の第2の実施例における磁極構造の説明図であり、図2との違いは磁石挿入孔の形状と磁石の配置である。図3Bは、図3Aの磁石挿入孔102、202の拡大図であり、各磁石の寸法を示す。
- [0036] 図5に示したように、第二スロット200の方が、第一スロット100よりも周方向に亘る幅が広く、減磁磁界の位置依存性が大きい。そこで、第1の実施例では、減磁磁界50A、50Bに対する減磁耐力を向上させる方法として、図2に示したように、磁極中心線31に近くなるほど、第二スロット200に挿入される第二磁石220の磁化方向幅を大きくする例について

説明した。これに対して、第2の実施例では、第二磁石220だけでなく、磁極中心線31に近くなるほど、第一スロット100に挿入される第一磁石120の磁化方向幅を大きくすることで、さらなる減磁耐力の向上を図っている。以下、第2の実施例について、詳しく説明する。

[0037] 図3Aおよび図3Bに示すように、回転電機1の軸方向視において、第一スロット100に挿入される第一磁石120は、磁極中心線31からの距離が遠くなるほど第一磁石120の磁化方向幅が小さくなるように構成されている。すなわち、磁極中心線31に近い位置に配置される第一磁石120aの磁化方向幅 $T1a$ は、第一磁石120aよりも磁極中心線31から遠い位置に配置される第一磁石120bの磁化方向幅 $T1b$ よりも大きくなるよう構成されている（ $T1a > T1b$ ）。

[0038] また、第二スロット200に挿入される第二磁石220は、磁極中心線31からの距離が遠くなるほど第二磁石220の磁化方向幅が小さくなるように構成されている。図示する例では、第二磁石挿入孔202に3つの第二磁石220が挿入されている。以下、磁極中心線31に近い順に、第二磁石220に符号a、b、cをつけて記す。

[0039] 第二磁石220bの磁化方向幅 $T2b$ は、第二磁石220cの磁化方向幅 $T2c$ よりも大きくなるよう構成されている（ $T2b > T2c$ ）。さらに、第二磁石220aの磁化方向幅 $T2a$ は、第二磁石220bの磁化方向幅 $T2b$ と同等以上になるように構成されている（ $T2a \geq T2b$ ）。これによって、第一磁石120a、第二磁石220a、220bの磁気抵抗を向上できるので、甚大な減磁磁界50A、50B（図5参照）に対して減磁耐力を向上できる。

[0040] 加えて、第一スロット100の第一対向部101は、鈍角の屈曲点110を7つ有する。同様に、第二スロット200の第二対向部201は、第一対向部の屈曲点110と同数（7つ）の鈍角の屈曲点210を有する。これによって、第一磁石120bの磁化方向幅 $T1b$ よりも、第一磁石120aの磁化方向幅 $T1a$ を大きくするためのスペースを確保できる。同様に、第二

磁石 220c、220b、220a の順に磁化方向幅を大きくするためのスペースを確保できる。さらに、第一スロット 100 の屈曲点 110、および第二スロット 200 の屈曲点 210 の数を増やすことによって、第一磁石 120 および第二磁石 220 の磁化方向幅を、磁極中心線 31 からの距離に応じて木目細かく設定できる。このため、過不足なく減磁耐力を向上できる。

[0041] なお、上記の構成の別の形態として、第二磁石 220a、220b、220c のアスペクト比 $R2a (=T2a/W2a)$ 、 $R2b (=T2b/W2b)$ 、 $R2c (=T2c/W2c)$ の関係が、 $R2a \geq R2b > R2c$ となるように構成しても良い。加えて、第一磁石 120a、120b と第二磁石 220c のアスペクト比 $R1a (=T1a/W1a)$ 、 $R1b (=T1b/W1b)$ 、 $R2c$ の関係が、 $R1a > R1b \geq R2c$ となるように構成してもよい。

[0042] 次のような変形例も本発明の範囲内であり、変形例に示す構成と上述の実施形態で説明した構成を組み合わせたり、上述の異なる実施形態で説明した構成同士を組み合わせたり、以下の異なる変形例で説明する構成同士を組み合わせることも可能である。

[0043] <変形例 1>

ところで、磁化方向幅が異なる磁石を複数使用すると、磁石コストが増大する。そこで、例えば、図 4 に示すように基本となる直方体形状の単位磁石 40 を径方向および周方向に組み合わせて磁石を構成する。これにより、磁石コストの増大を回避できる。図 4 は、上述した第 2 の実施例における磁石構成の変形例の説明図である。本変形例の第一スロット 100 および第二スロット 200 の形状は、第 2 の実施例（図 3 A 参照）と同じである。本変形例では、回転電機 1 の軸方向視において、第一磁石 120 と第二磁石 220 が、それぞれ基本となる形状を備えた 2 つ以上の単位磁石 40 からなる点が、第 2 の実施例と異なっている。

[0044] 本変形例では、第一磁石 120a は、磁化方向に積層された 3 個の単位磁石 40 からなる。また、第一磁石 120b は、磁化方向に積層された 2 個の

単位磁石 40 からなる。第二磁石 220a は、磁化方向に積層された 3 個の単位磁石 40 が、磁化方向と直交する方向に 2 列配置されてなる。同様に、第二磁石 220b は、磁化方向に積層された 3 個の単位磁石 40 が、磁化方向と直交する方向に 2 列配置されてなる。第二磁石 220c は、磁化方向に積層された 2 個の単位磁石 40 からなる。

[0045] 第一磁石 120a の磁化方向幅 $T1a$ は、単位磁石 40 の磁化方向幅（厚み） t の 3 倍に相当する寸法である（ $T1a = 3 \times t$ ）。第一磁石 120b および第二磁石 220c の磁化方向幅 $T1b$ 、 $T2c$ は、単位磁石 40 の磁化方向幅（厚み） t の 2 倍に相当する寸法である（ $T1b = T2c = 2 \times t$ ）。第二磁石 220a、220b の磁化方向幅 $T2a$ 、 $T2b$ は、単位磁石 40 の磁化方向幅（厚み）の 3 倍に相当する寸法である（ $T2a = T2b = 3 \times t$ ）。このように、本変形例では、回転電機 1 の軸方向視において、第一磁石 120 と第二磁石 220 の磁化方向幅は、第一スロット 100 と第二スロット 200 に挿入される単位磁石 40 の個数によって決まる。

[0046] 第二磁石 220a および第二磁石 220b の磁化方向に直交する方向の磁石幅 $W2a$ 、 $W2b$ は単位磁石 40 の磁化方向に直交する方向の磁石幅 w の 2 倍に相当する寸法である（ $W2a = W2b = 2 \times w$ ）。このように、本変形例では、回転電機 1 の軸方向視において、第一磁石 120、第二磁石 220 の磁化方向に対して直交方向の磁石幅は、第一スロット 100 と第二スロット 200 に挿入される単位磁石 40 の個数によって決まる。

[0047] また、本変形例では、回転電機 1 の軸方向視において、単位磁石 40 の寸法（磁化方向幅および磁化方向に直交する磁石幅）は、磁極 30 に含まれる単位磁石 40 の個数が最小となるように決定される。

[0048] このような構成とすることで、使用する磁石を共通化しつつ、適正な部品点数および管理コストを維持することが可能となる。したがって、本変形例によれば、高出力・高効率を維持しながら、突発短絡に対しても十分な減磁耐力を有する信頼性の高い回転電機（モータ）1 を低コストで提供できる。

[0049] なお、図 4 に示す例では、単位磁石 40 の寸法が、磁極 30 に含まれる単

単位磁石 40 の個数が最小となるように決定される例について説明したが、単位磁石 40 の寸法の決定方法はこれに限定されない。例えば、図 4 に示す例に対して、単位磁石 40 の磁化方向幅（厚み）を半分にしてもよいし、単位磁石 40 の磁化方向に直交する磁石幅を半分にしてもよい。しかしながら、この場合、単位磁石 40 の個数が多くなるため、上述したように、単位磁石 40 の寸法は、磁極 30 に含まれる単位磁石 40 の個数が最小となるように決定することが好ましい。

[0050] 単位磁石 40、第一磁石 120、および第二磁石 220 の形状、大きさ、配置関係は、種々の態様とすることができる。図示しないが、例えば、第一磁石 120 b および第二磁石 220 c をそれぞれ 1 つの単位磁石 40 で構成し、第一磁石 120 a、第二磁石 220 a、および第二磁石 220 b をそれぞれ 2 つ以上の単位磁石 40 で構成してもよい。つまり、第一磁石 120 と第二磁石 220 は、それぞれ基本となる形状を備えた 1 つ以上の単位磁石 40 により構成することができる。

[0051] <変形例 2>

磁極 30 を構成する第一磁石 120 および第二磁石 220 の個数は、上述した例とする場合に限定されない。また、第一対向部 101 および第二対向部 201 の屈曲点 110、210 の数も上述した例に限定されない。少なくとも、第一対向部 101 が鈍角の屈曲点 110 を 3 つ以上有し、第二対向部 201 が第一対向部 101 の屈曲点 110 と同数以上の鈍角の屈曲点 210 を有していればよい。

[0052] 以上、本発明の実施形態について説明したが、上記実施形態は本発明の適用例の一部を示したに過ぎず、本発明の技術的範囲を上記実施形態の具体的構成に限定する趣旨ではない。

符号の説明

[0053] 1 : 回転電機

10 : ステータ

20 : ロータ

- 2 1 : ギャップ
- 3 0 : 磁極
- 3 1 : 磁極中心線 (d 軸)
- 4 0 : 単位磁石
- 5 0 : 減磁磁界
- 1 0 0 : 第一スロット
- 1 0 1 : 第一対向部
- 1 0 2 : 第一磁石挿入孔
- 1 1 0 : 第一対向部の鈍角の屈曲点
- 1 2 0 : 第一磁石
- 1 3 0 : 第一スロットのリブ
- 2 0 0 : 第二スロット
- 2 0 1 : 第二対向部
- 2 0 2 : 第二磁石挿入孔
- 2 1 0 : 第二対向部の鈍角の屈曲点
- 2 2 0 : 第二磁石
- 2 3 0 : 第二スロットのリブ

請求の範囲

- [請求項1] 円筒形のステータと、前記ステータの内側にギャップを介して同心配置されるロータと、を備えた回転電機であって、
前記回転電機の軸方向視において、
前記ロータは、周方向に並ぶ複数の磁極を有し、前記磁極は、径方向外周側に設けられた第一スロットと、径方向内周側に設けられた第二スロットを有し、前記第一スロットと前記第二スロットは、それぞれ磁極中心線に対して線対称に配置され、
前記第一スロットの辺のうち、前記第二スロットと対向する第一対向部は、鈍角の屈曲点を3つ以上有するとともに、前記第二スロットの辺のうち、前記第一スロットと対向する第二対向部は、前記第一対向部の前記屈曲点と同数以上の鈍角の屈曲点を有し、
前記第一スロットに挿入される第一磁石および前記第二スロットに挿入される第二磁石は、前記磁極中心線に近づくほど前記ギャップからの距離が遠くなるように配置され、
前記第二磁石は、前記磁極中心線からの距離が遠くなるほど前記第二磁石の磁化方向幅が小さくなること、を特徴とする回転電機。
- [請求項2] 前記回転電機の軸方向視において、前記第一磁石の磁化方向幅 T_1 と、前記第二磁石の最も小さな磁化方向幅 T_2 とが、 $T_1 > T_2$ の関係を有すること、を特徴とする請求項1に記載の回転電機。
- [請求項3] 前記回転電機の軸方向視において、前記第一磁石の磁化方向に対して直交方向の磁石幅 W_1 と、前記第二磁石のうち磁化方向幅が最も小さな磁石の磁化方向に対して直交方向の磁石幅 W_2 とが、 $W_1 < W_2$ の関係を有すること、を特徴とする請求項1に記載の回転電機。
- [請求項4] 前記回転電機の軸方向視において、前記第一磁石は、前記磁極中心線からの距離が遠くなるほど前記第一磁石の磁化方向幅が小さくなること、を特徴とする請求項1に記載の回転電機。
- [請求項5] 前記回転電機の軸方向視において、前記第一磁石と前記第二磁石は

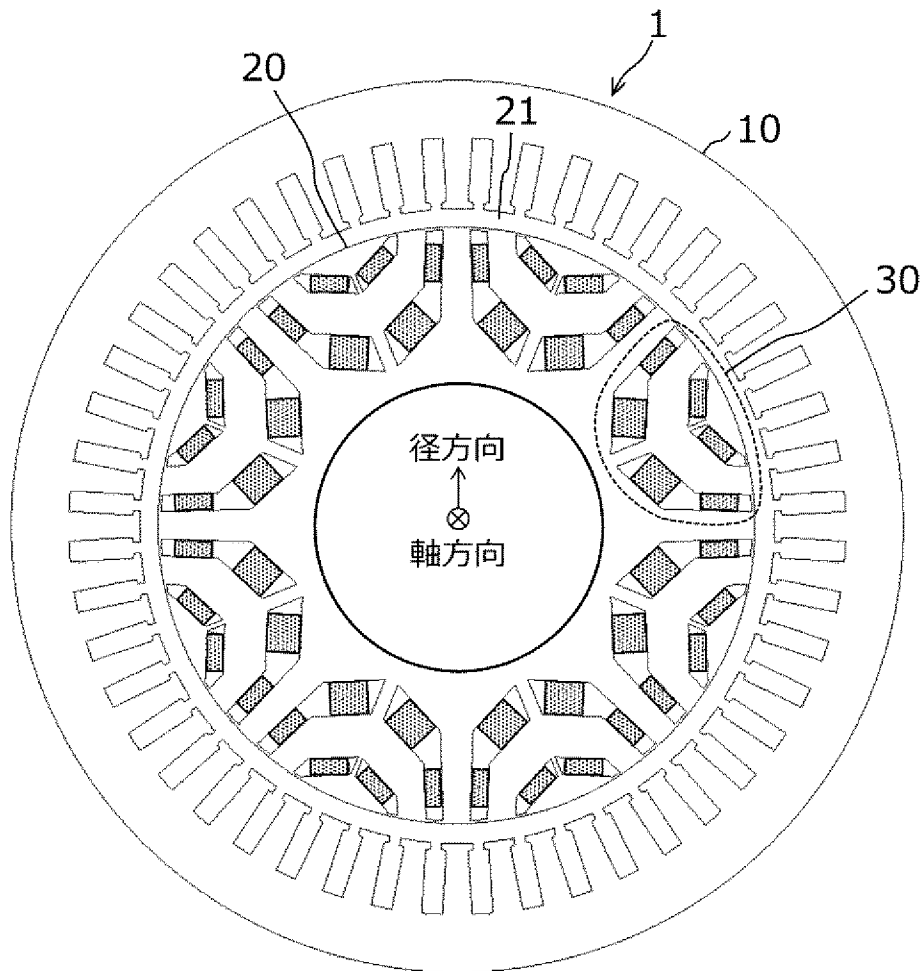
、それぞれ基本となる形状を備えた1つ以上の単位磁石からなること
、を特徴とする請求項1に記載の回転電機。

[請求項6] 前記回転電機の軸方向視において、前記第一磁石と前記第二磁石の磁化方向幅は、前記第一スロットと前記第二スロットに挿入される前記単位磁石の個数によって決まること、を特徴とする請求項5に記載の回転電機。

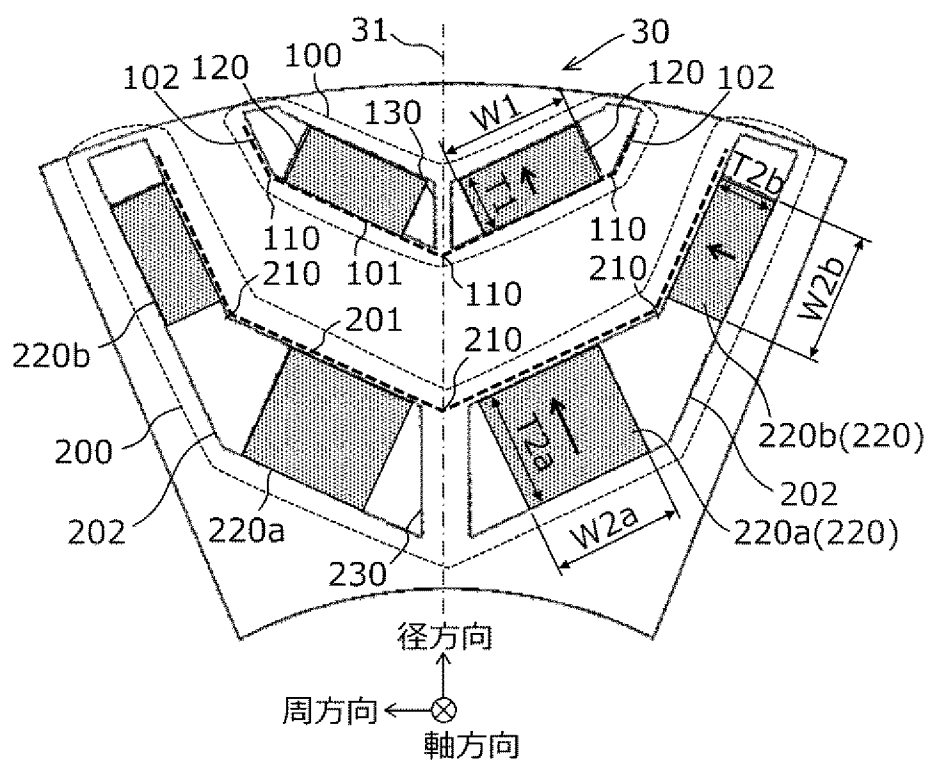
[請求項7] 前記回転電機の軸方向視において、前記第一磁石、前記第二磁石の磁化方向に対して直交方向の磁石幅は、前記第一スロットと前記第二スロットに挿入される前記単位磁石の個数によって決まること、を特徴とする請求項5に記載の回転電機。

[請求項8] 前記回転電機の軸方向視において、前記単位磁石の寸法は、前記磁極に含まれる前記単位磁石の個数が最小となるように決定されること、を特徴とする請求項5に記載の回転電機。

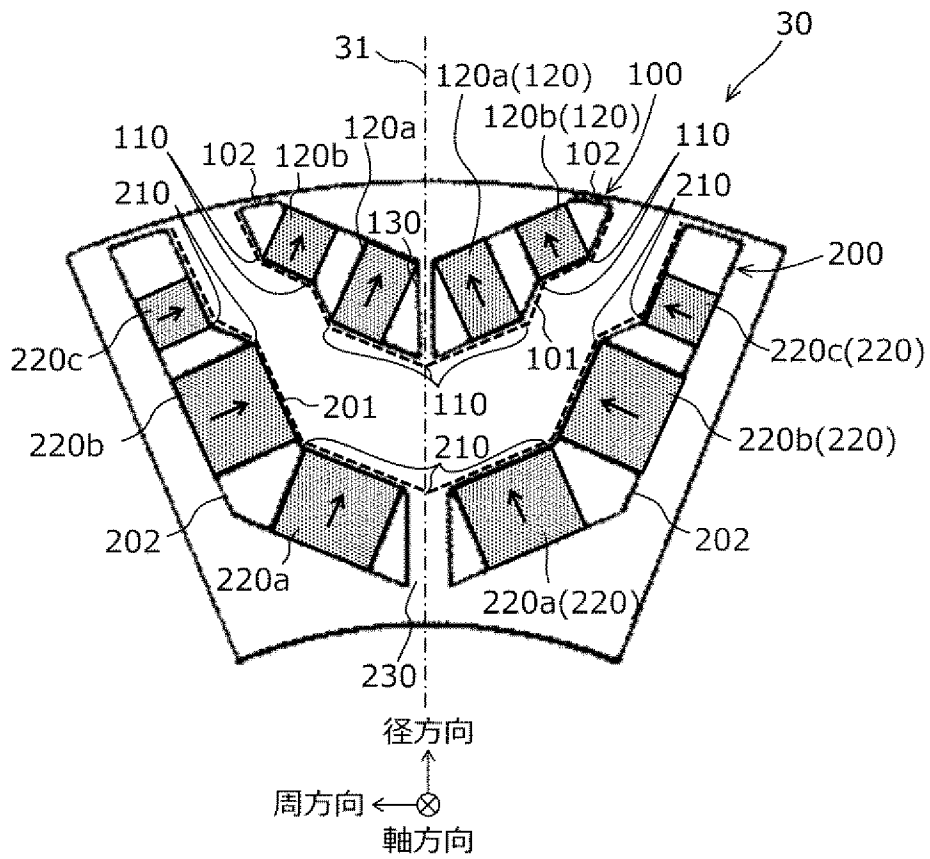
[図1]



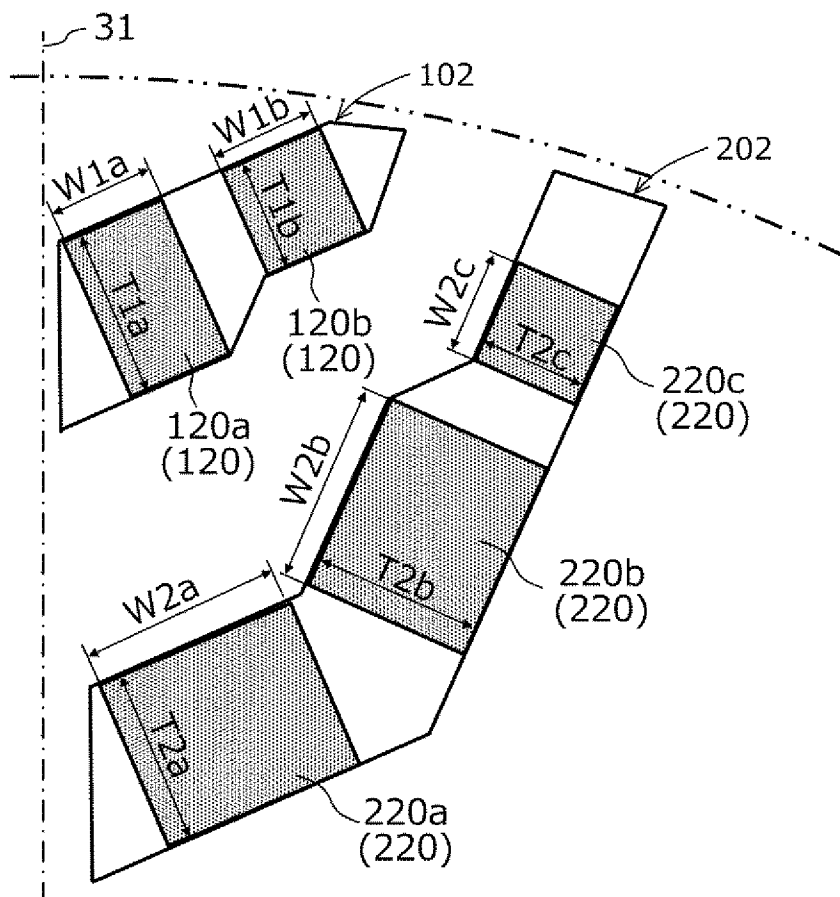
[図2]



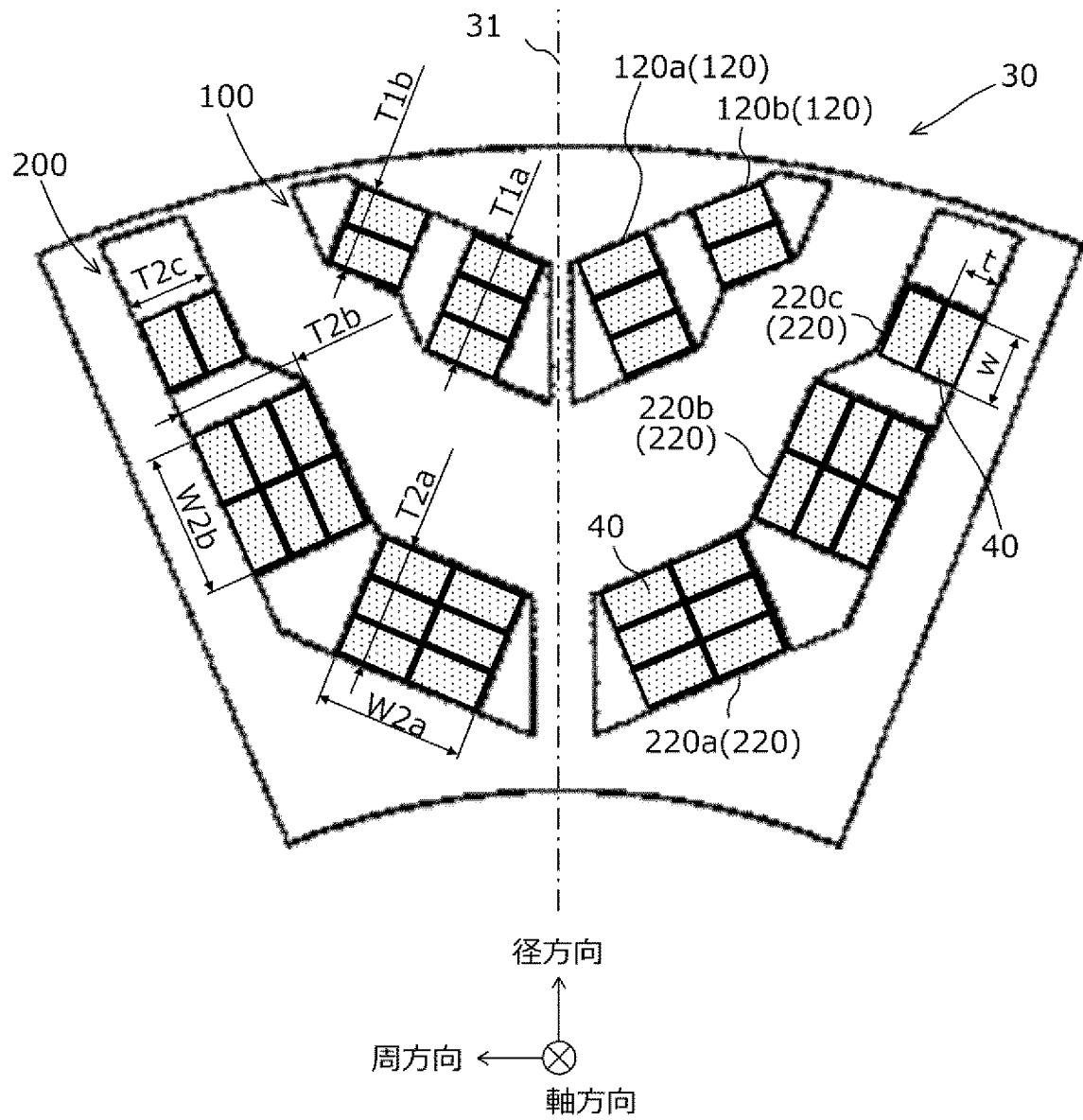
[図3A]



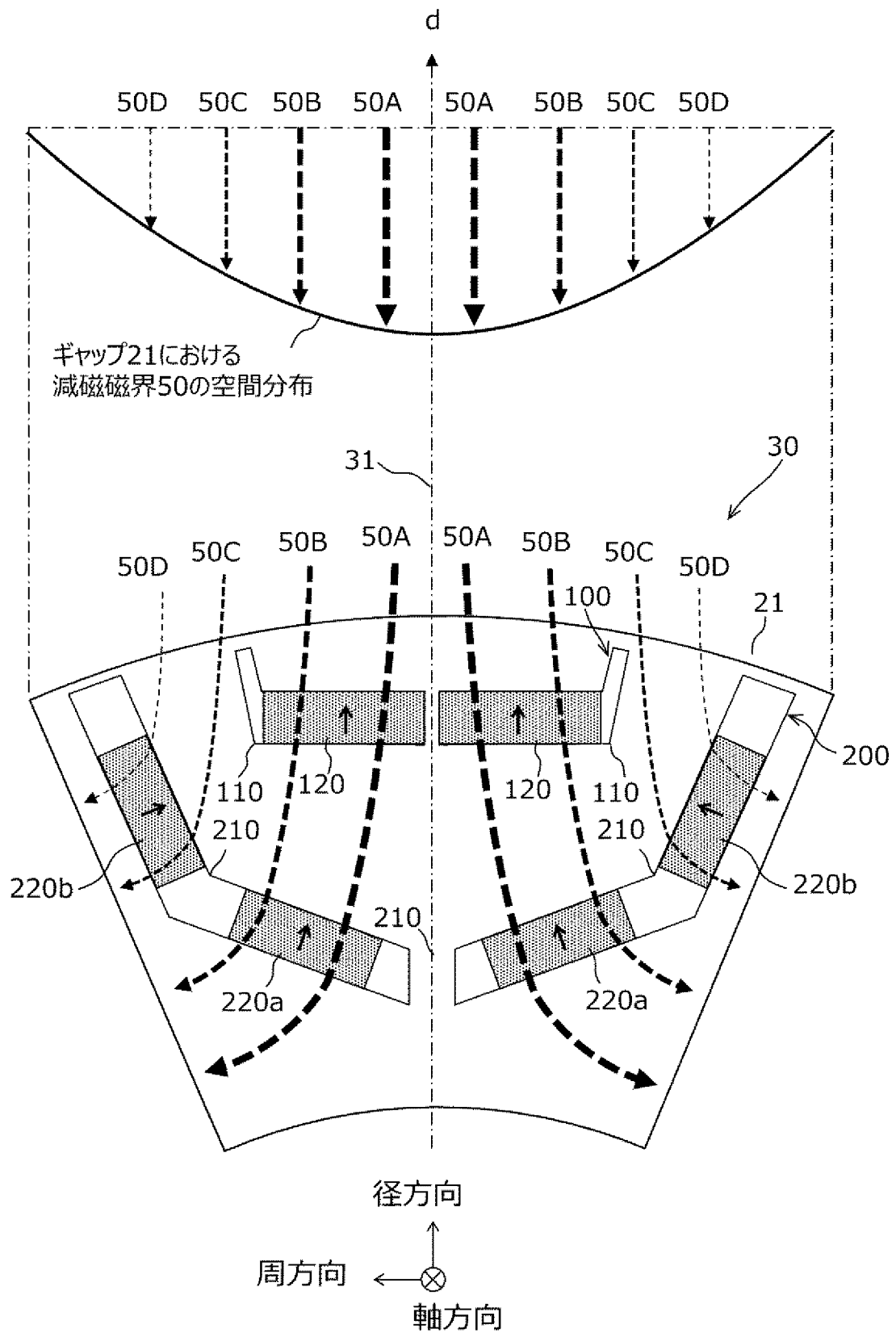
[図3B]



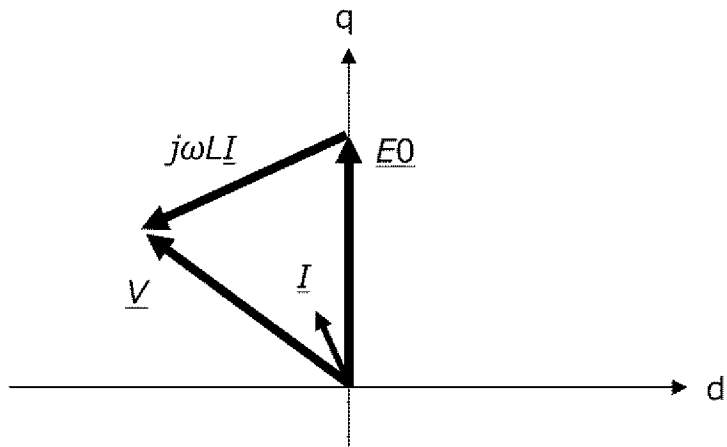
[図4]



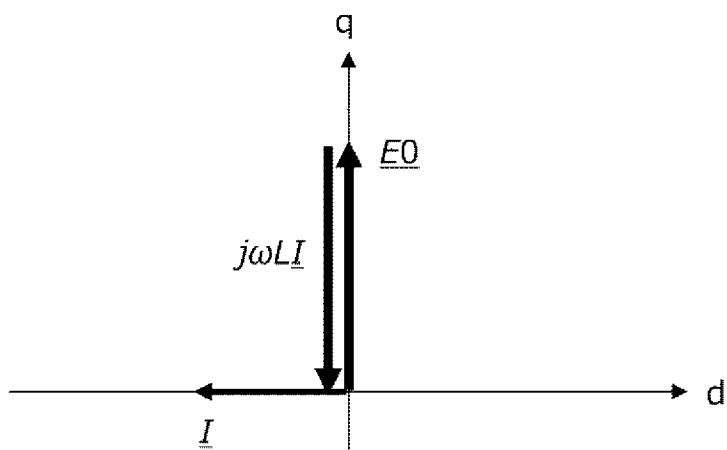
[図5]



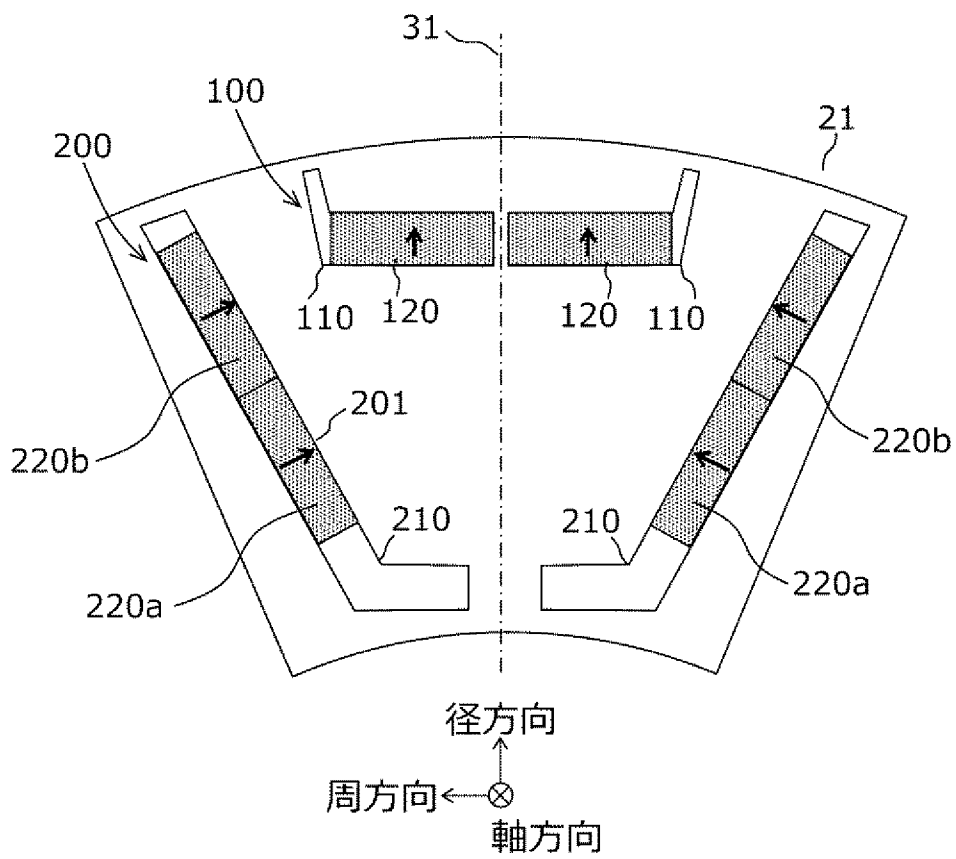
[図6A]



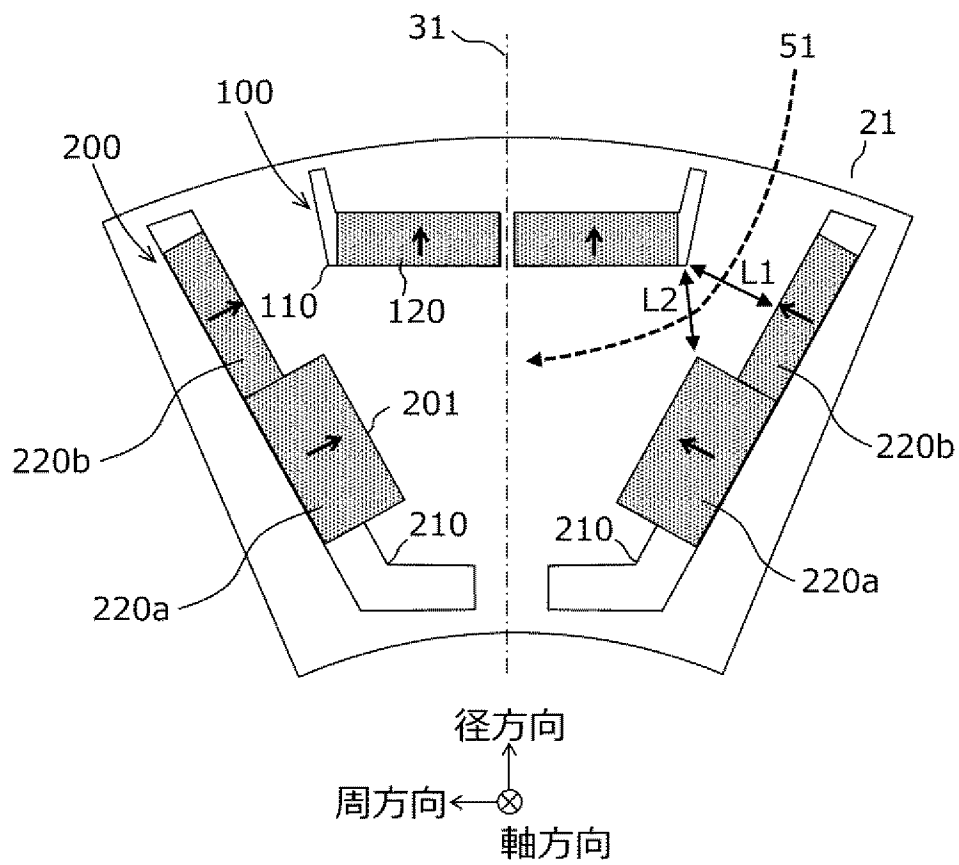
[図6B]



[図7A]



[図7B]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2024/022163

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER H02K 1/276 (2022.01)i FI: H02K1/276 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 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 1971-2024 Registered utility model specifications of Japan 1996-2024 Published registered utility model applications of Japan 1994-2024 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 2023-98697 A (AICHI STEEL CORPORATION) 10 July 2023 (2023-07-10) paragraphs [0021], [0022], [0028], [0033], fig. 4	1-8
Y	JP 2021-97550 A (MEIDENSHA CORPORATION) 24 June 2021 (2021-06-24) fig. 5	1-8
Y	WO 2020/057847 A1 (ROBERT BOSCH GMBH) 26 March 2020 (2020-03-26) fig. 1	1-8
Y	WO 2018/210577 A1 (ROBERT BOSCH GMBH) 22 November 2018 (2018-11-22) page 2, lines 33-37, fig. 1	1-8
Y	CN 112510870 A (GREE ELECTRIC APPLIANCES, INC. OF ZHUHAI) 16 March 2021 (2021-03-16) fig. 1	3
Y	JP 2000-228838 A (TOYOTA MOTOR CORPORATION) 15 August 2000 (2000-08-15) paragraphs [0014]-[0031], fig. 1-6	5-8
☒ 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 “D” document cited by the applicant in the international application “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 30 August 2024		Date of mailing of the international search report 10 September 2024
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.

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2005-354899 A (MITSUBISHI ELECTRIC CORPORATION) 22 December 2005 (2005-12-22) paragraphs [0029]-[0062], fig. 1-9	5-8
A	JP 2015-6124 A (TOSHIBA CORPORATION) 08 January 2015 (2015-01-08) paragraph [0040], fig. 2	1-8

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2024/022163

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP	2023-98697	A	10 July 2023	(Family: none)	
JP	2021-97550	A	24 June 2021	(Family: none)	
WO	2020/057847	A1	26 March 2020	DE 102018215864 A1	
WO	2018/210577	A1	22 November 2018	CN 207021786 U	
CN	112510870	A	16 March 2021	(Family: none)	
JP	2000-228838	A	15 August 2000	US 6359359 B1 column 3, line 11 to column 5, line 29, fig. 1-6	
JP	2005-354899	A	22 December 2005	(Family: none)	
JP	2015-6124	A	08 January 2015	CN 104184296 A	

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

FI: H02K1/276

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

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 - 2024年

日本国実用新案登録公報

1996 - 2024年

日本国登録実用新案公報

1994 - 2024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 2023-98697 A（愛知製鋼株式会社）10.07.2023（2023 - 07 - 10） 段落0021-0022, 0028, 0033, 図4	1-8
Y	JP 2021-97550 A（株式会社明電舎）24.06.2021（2021 - 06 - 24） 図5	1-8
Y	WO 2020/057847 A1（ROBERT BOSCH GMBH）26.03.2020（2020 - 03 - 26） 図1	1-8
Y	WO 2018/210577 A1（ROBERT BOSCH GMBH）22.11.2018（2018 - 11 - 22） 第2ページ第33-37行, 図1	1-8
Y	CN 112510870 A（GREE ELECTRIC APPLIANCES, INC. OF ZHUHAI）16.03.2021（2021 - 03 - 16） 図1	3
Y	JP 2000-228838 A（トヨタ自動車株式会社）15.08.2000（2000 - 08 - 15） 段落0014-0031, 図1-6	5-8

☒ 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

“D” 国際出願で出願人が先行技術文献として記載した文献

“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

30.08.2024

国際調査報告の発送日

10.09.2024

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）

松永 謙一 3V 2925

電話番号 03-3581-1101 内線 3357

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 2005-354899 A (三菱電機株式会社) 22.12.2005 (2005 - 12 - 22) 段落0029-0062, 図1-9	5-8
A	JP 2015-6124 A (株式会社東芝) 08.01.2015 (2015 - 01 - 08) 段落0040, 図2	1-8

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/JP2024/022163

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP	2023-98697	A	10.07.2023	(ファミリーなし)	
JP	2021-97550	A	24.06.2021	(ファミリーなし)	
WO	2020/057847	A1	26.03.2020	DE 102018215864	A1
WO	2018/210577	A1	22.11.2018	CN 207021786	U
CN	112510870	A	16.03.2021	(ファミリーなし)	
JP	2000-228838	A	15.08.2000	US 6359359	B1
				第3欄第11行-第5欄第29行, 図1-6	
JP	2005-354899	A	22.12.2005	(ファミリーなし)	
JP	2015-6124	A	08.01.2015	CN 104184296	A