

(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
2023年8月3日(03.08.2023)



(10) 国際公開番号

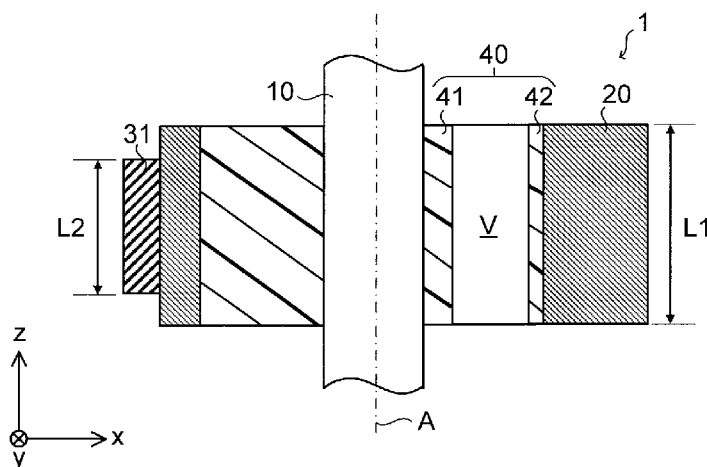
WO 2023/144919 A1

- (51) 国際特許分類:
H02K 1/2733 (2022.01) *H02K 1/2783* (2022.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2022/002861
- (22) 国際出願日: 2022年1月26日(26.01.2022)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (71) 出願人:三菱電機株式会社(MITSUBISHI ELECTRIC CORPORATION) [JP/JP]; 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 渡邊 隆徳 (WATANABE Takanori); 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP). 土田 和慶 (TSUCHIDA Kazuchika); 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP). 下川 貴也(SHIMOKAWA Takaya); 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP). ▲高▼橋 諒伍 (TAKAHASHI Ryogo); 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 山形 洋一, 外 (YAMAGATA Yoichi et al.); 〒1510053 東京都渋谷区代々木2丁目16番2号 甲田ビル4階 特許業務法人 山形・佐藤特許事務所 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, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JO, JP, KE, KG, KH, 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,

(54) Title: ROTOR, ELECTRIC MOTOR, BLOWER, AND AIR-CONDITIONING DEVICE

(54) 発明の名称: 回転子、電動機、送風機及び空気調和装置

[図6]



(57) Abstract: A rotor (1) has a rotary shaft (10), a first resin magnet (20) that is supported by the rotary shaft (10), and a plurality of second resin magnets (31) that have stronger magnetic poles than the first resin magnet (20) and are provided to a first outer circumferential surface (20c) that is the surface of the first resin magnet (20) that faces outward in the radial direction. When L1 is a first length that is the length of the first resin magnet (20) in the axial direction of the rotary shaft (10) and L2 is a second length that is the length of each of the second resin magnets (31) of the plurality of second resin magnets (31) in the axial direction, $L1 > L2$.

WO 2023/144919 A1

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, 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).

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第21条(3))

(57) 要約: 回転子(1)は、回転軸(10)と、回転軸(10)に支持された第1の樹脂磁石(20)と、第1の樹脂磁石(20)の径方向の外向きの面である第1の外周面(20c)に設けられ、第1の樹脂磁石(20)の磁極より強い磁極を有する複数の第2の樹脂磁石(31)とを有する。第1の樹脂磁石(20)の回転軸(10)の軸方向の長さである第1の長さを L_1 、複数の第2の樹脂磁石(31)の各第2の樹脂磁石(31)の軸方向の長さである第2の長さを L_2 としたとき、 $L_1 > L_2$ である。

明 細 書

発明の名称： 回転子、電動機、送風機及び空気調和装置

技術分野

[0001] 本開示は、回転子、電動機、送風機及び空気調和装置に関する。

背景技術

[0002] 電動機の回転子が磁気特性の異なる2種類の永久磁石を有する構成が知られている。例えば、特許文献1から3を参照。

[0003] 特許文献1及び2に記載の回転子は、フェライト樹脂磁石と、フェライト樹脂磁石の外周面に配置された希土類樹脂磁石とを有する。軸方向に見たときの特許文献1及び2の希土類樹脂磁石の形状は、環状である。

[0004] 特許文献3に記載の回転子は、フェライト樹脂磁石と、フェライト樹脂磁石の外周面に並んで配置された複数の希土類樹脂磁石とを有する。そのため、特許文献3の回転子のコストは、特許文献1及び2の回転子のコストより低減される。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：特開2005-151757号公報

特許文献2：特開2011-087393号公報

特許文献3：特開2007-208104号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] しかしながら、特許文献3に記載の回転子では、表面磁束密度の分布が不均一となる。具体的には、特許文献3の回転子において、フェライト樹脂磁石の磁力は希土類樹脂磁石の磁力より弱いため、当該回転子における表面磁束密度の分布は、均一な正弦波の波形とはならない。そのため、固定子鉄心に鎖交する有効磁束に歪みが生じるという課題がある。

[0007] 本開示は、有効磁束の歪みの発生を防止することを目的としている。

課題を解決するための手段

- [0008] 本開示の一態様に係る回転子は、回転軸と、前記回転軸に支持された第1の樹脂磁石と、前記第1の樹脂磁石の径方向の外向きの面である第1の外周面に設けられ、前記第1の樹脂磁石の磁極より強い磁極を有する複数の第2の樹脂磁石とを有し、前記第1の樹脂磁石の前記回転軸の軸方向の長さである第1の長さを L_1 、前記複数の第2の樹脂磁石の各第2の樹脂磁石の前記軸方向の長さである第2の長さを L_2 としたとき、 $L_1 > L_2$ である。
- [0009] 本開示の他の態様に係る電動機は、上述した回転子と、固定子とを有する。
- [0010] 本開示の他の態様に係る送風機は、上述した電動機と、前記電動機によって駆動される羽根車とを有する。
- [0011] 本開示の他の態様に係る空気調和装置は、室内機と、前記室内機に接続された室外機とを有し、前記室内機及び前記室外機のうちの少なくとも一方は、上述した電動機を有する。

発明の効果

- [0012] 本開示によれば、有効磁束の歪みの発生を防止することができる。

図面の簡単な説明

- [0013] [図1]実施の形態1に係る電動機の構成を示す平面図である。
[図2]実施の形態1に係る電動機の構成を示す部分断面図である。
[図3]図1に示される回転子の構成を示す側面図である。
[図4]図1に示される回転子の構成を示す拡大平面図である。
[図5]図4に示されるフェライト樹脂磁石の構成を示す平面図である。
[図6]図4に示される回転子をB6-B6線で切断した断面図である。
[図7] (A)は、比較例1に係る回転子の構成を示す平面図である。(B)は、比較例1に係る回転子の構成を示す側面図である。
[図8] (A)は、比較例2に係る回転子の構成を示す平面図である。(B)は、比較例2に係る回転子の構成を示す側面図である。
[図9]実施の形態1及び比較例1に係る回転子の表面磁束密度の分布、及び比

較例 2 に係る回転子の表面磁束密度の分布を示すグラフである。

[図10]実施の形態 1 に係る回転子の有効鎖交磁束の分布、比較例 1 に係る回転子の有効鎖交磁束の分布及び比較例 2 に係る回転子の有効鎖交磁束の分布を示すグラフである。

[図11]実施の形態 1 に係る回転子及び固定子の構成を示す部分断面図である。

[図12]図 1 1 に示されるフェライト樹脂磁石のオーバハンク比に対する鎖交磁束の増加率を示すグラフである。

[図13]実施の形態 1 に係る回転子の製造工程を示すフローチャートである。

[図14]実施の形態 2 に係る回転子の構成の一部を示す平面図である。

[図15]実施の形態 3 に係る回転子の構成を示す側面図である。

[図16]図 1 5 に示される回転子を B 1 6 - B 1 6 線で切断した断面図である。

[図17]図 1 5 に示される回転子を B 1 7 - B 1 7 線で切断した断面図である。

[図18]図 1 7 に示される回転子を B 1 8 - B 1 8 線で切断した断面図である。

[図19]実施の形態 4 に係る回転子の構成を示す平面図である。

[図20]図 1 9 に示される回転子を B 2 0 - B 2 0 線で切断した断面図である。

[図21]実施の形態 5 に係る回転子の構成を示す平面図である。

[図22]図 2 1 に示される回転子を B 2 2 - B 2 2 線で切断した断面図である。

[図23]実施の形態 5 の変形例に係る回転子の構成を概略的に示す断面図である。

[図24]図 2 3 に示される回転子を B 2 4 - B 2 4 線で切断した断面図である。

[図25]実施の形態 6 に係る送風機の構成を概略的に示す図である。

[図26]実施の形態7に係る空気調和装置の構成を概略的に示す図である。

発明を実施するための形態

[0014] 以下に、本開示の実施の形態に係る回転子、電動機、送風機及び空気調和装置を、図面を参照しながら説明する。以下の実施の形態は、例にすぎず、本開示の範囲内で種々の変更が可能である。

[0015] 図面相互の関係を理解し易くするために、図面の一部には、 x y z 直交座標系が示されている。 z 軸は、回転子の軸線Aに平行な座標軸である。 x 軸は、 z 軸に直交する座標軸である。 y 軸は、 x 軸及び z 軸の両方に直交する座標軸である。

[0016] 《実施の形態1》

〈電動機100の構成〉

図1は、実施の形態1に係る電動機100の構成を示す平面図である。図2は、実施の形態1に係る電動機100の構成を示す部分断面図である。電動機100は、例えば、永久磁石同期電動機である。電動機100は、回転子1と、固定子6とを有する。

[0017] 回転子1は、固定子6の内側に配置されている。すなわち、電動機100は、インナロータ型の電動機である。回転子1と固定子6との間には、エアギャップGが形成されている。エアギャップGは、例えば、0.5mmの空隙である。

[0018] 回転子1は、回転軸としてのシャフト10を有する。シャフト10は、 z 軸方向に延びている。以下の説明では、 z 軸方向を「軸方向」とも呼ぶ。また、シャフト10の軸線Aを中心とする円の円周に沿った方向を「周方向C」、 z 軸方向に直交して軸線Aを通る直線方向を「径方向」と呼ぶ。軸線Aは、回転子1の回転中心軸である。 x y 平面は、回転子1の軸方向に垂直な平面である。なお、回転子1の他の構成については、後述する。

[0019] 固定子6は、固定子鉄心61と、コイル62と、インシュレータ63と、モールド樹脂部64とを有する。

[0020] 図1に示されるように、固定子鉄心61は、軸線Aを中心とする環状のヨ

ーク61aと、ヨーク61aから径方向の内向きに延びる複数のティース61bとを有する。複数のティース61bは、周方向Cに等角度の間隔で配置されている。ティース61bは、エアギャップGを介して回転子1の外周面1cに対向している。図1に示す例では、ティース61bの個数は、12個である。なお、ティース61bの個数は12個に限られず、2個以上の任意の個数であればよい。

[0021] コイル62は、固定子鉄心61に巻き付けられている。インシュレータ63は、固定子鉄心61とコイル62とを絶縁している。モールド樹脂部64は、固定子鉄心61、コイル62及びインシュレータ63を覆っている。なお、固定子6は、モールド樹脂部64を有していなくても実現することができる。

[0022] 図2に示す例では、電動機100は、磁気センサ9aが備えられた回路基板9を更に有する。磁気センサ9aは、回転子1に備えられたセンサマグネット（図示せず）の磁界を検出することで、回転子1の周方向Cにおける位置を検出する。なお、電動機100は、磁気センサ9aを有していなくても実現することができる。

[0023] 〈回転子1の構成〉

次に、回転子1の構成の詳細について説明する。図3は、図1に示される回転子1の構成を示す側面図である。図4は、図1に示される回転子1の構成を示す拡大平面図である。回転子1は、予め定められた偶数個である $2n$ 個（ n は、1以上の自然数）の磁極を有する。実施の形態1では、回転子1は、8個の磁極を有する。

[0024] 回転子1は、シャフト10と、第1の樹脂磁石としてのフェライト樹脂磁石20と、複数の第2の樹脂磁石としての複数の希土類樹脂磁石31と、樹脂部40とを有する。希土類樹脂磁石31の個数は、回転子1の極数と同じである。すなわち、希土類樹脂磁石31の個数は、偶数個の N 個である。なお、フェライト樹脂磁石20は「フェライトボンド磁石」、希土類樹脂磁石31は「希土類ボンド磁石」とも呼ばれる。

[0025] 図4に示す例では、フェライト樹脂磁石20は、樹脂部40を介してシャフト10に支持されている。樹脂部40は、例えば、不飽和ポリエステル樹脂から形成されている。樹脂部40は、内筒部41と、外筒部42と、複数（例えば、4個）のリブ43とを有する。内筒部41は円筒状であり、シャフト10の外周面10aに固定されている。外筒部42は円筒状であり、フェライト樹脂磁石20の内周面20bに固定されている。複数のリブ43は、内筒部41と外筒部42とを接続している。複数のリブ43は、内筒部41の外周面から径方向の外向きに放射状に延びている。周方向Cに隣り合う2つのリブ43の間には空隙Vが形成されている。なお、フェライト樹脂磁石20は、樹脂部40を介さずにシャフト10に直接固定されていてもよい。また、以下の説明では、樹脂部40を、「第1の樹脂部40」とも呼ぶ。

[0026] 〈フェライト樹脂磁石20の構成〉

次に、フェライト樹脂磁石20の構成について説明する。フェライト樹脂磁石20は、フェライト磁石と樹脂とを含む。フェライト樹脂磁石20に含まれる樹脂は、例えば、ナイロン樹脂、PPS (Poly Phenylene Sulfide) 樹脂及びエポキシ樹脂のうちの少なくとも1つ以上である。

[0027] 図5は、図4に示されるフェライト樹脂磁石20の構成を示す平面図である。図5に示されるように、xy平面に平行なフェライト樹脂磁石20の平面形状は、軸線Aを中心とする環状である。第1の外周面としてのフェライト樹脂磁石20の外周面20cは、回転子1の外周面1c（図4参照）の一部を形成する。なお、外周面20cは、フェライト樹脂磁石20の径方向の外向きの面である。

[0028] フェライト樹脂磁石20は、外周面20cに設けられた複数の溝部22を有する。複数の溝部22内には、複数の希土類樹脂磁石31（図4参照）がそれぞれ配置されている。複数の溝部22の個数は、複数の希土類樹脂磁石31の個数及び回転子1の極数と同じである。すなわち、複数の溝部22の個数は、偶数個のN個（例えば、8個）である。複数の溝部22は、周方向

Cに予め定められた間隔を開けて配置されている。図5に示す例では、複数の溝部22は、周方向Cに等間隔に並ぶように設けられている。溝部22は、z軸方向に長い長溝である。

[0029] 溝部22は、底面22aと、側面22b、22cとを有する。底面22aは、溝部22のうちの径方向の外向きの面である。側面22b、22cは、底面22aの幅方向の両側の端部から径方向の外向きに延びている。図5に示す例では、側面22b、22cは、溝部22の幅が広がるように径方向の外向きに延びている。側面22b、22cは、フェライト樹脂磁石20と希土類樹脂磁石31との境界部（以下、「磁石境界部」とも呼ぶ。）である。

[0030] フェライト樹脂磁石20は、極異方性の配向を持つように磁化されている。これにより、周方向Cに隣り合う2個の溝部22には、互いに極性が異なる磁極が形成されている。図5において、フェライト樹脂磁石20における周方向Cに隣り合う磁極（すなわち、N極とS極）との間に形成される磁力線を、磁力線Mとする。磁力線Mは、フェライト樹脂磁石20の隣り合う磁極によって形成される配向磁界の方向を示している。

[0031] 図5において、N極の溝部22を22n、S極の溝部22を22sと表記する。実施の形態1では、周方向Cにおいて、N極の溝部22nとS極の溝部22sとが交互に配置されている。S極の溝部22sの径方向の外側から流れ込んだ磁束（図示せず）は、当該溝部22sと周方向Cに隣り合うN極の溝部22nに進む。よって、回転子1（図3参照）は、フェライト樹脂磁石20より径方向の内側に磁路を構成する回転子鉄心を必要としない。これにより、回転子1における部品点数を削減することができ、且つ回転子1を軽量化することができる。

[0032] フェライト樹脂磁石20において、周方向Cに隣り合うN極の溝部22nとS極の溝部22sとの間の部分は、回転子1の極間部23を構成する。

[0033] 〈希土類樹脂磁石31の構成〉

次に、図3及び4を用いて、希土類樹脂磁石31の構成について説明する。希土類樹脂磁石31は、回転子1の極中心部を構成する。

- [0034] 希土類樹脂磁石31は、希土類磁石と樹脂とを含む。希土類磁石は、例えば、ネオジウム(Nd)、鉄(Fe)及びホウ素(B)を含むネオジウム磁石、又はサマリウム(Sm)、Fe及び窒素(N)を含むサマリウム鉄窒素磁石などである。希土類樹脂磁石31に含まれる樹脂は、例えば、フェライト樹脂磁石20に含まれる樹脂と同じである。すなわち、希土類樹脂磁石31に含まれる樹脂は、例えば、ナイロン樹脂、PPS樹脂及びエポキシ樹脂のうちの少なくとも1つ以上である。
- [0035] 希土類樹脂磁石31の磁極の強さ(すなわち、磁気量)は、フェライト樹脂磁石20の磁極の強さより大きい。言い換えれば、希土類樹脂磁石31の磁力は、フェライト樹脂磁石20の磁力より大きい。また、希土類樹脂磁石31の線膨張係数は、フェライト樹脂磁石20の線膨張係数と異なる。このように、希土類樹脂磁石31は、フェライト樹脂磁石20と異なる材料から形成されている。
- [0036] 複数の希土類樹脂磁石31は、周方向Cに間隔を開けて配置されている。図4に示す例では、複数の希土類樹脂磁石31は、周方向Cに等間隔に並ぶように設けられている。第2の外周面としての希土類樹脂磁石31の外周面31cは、回転子1の外周面1cの一部を形成している。
- [0037] 複数の希土類樹脂磁石31はそれぞれ、極異方性の配向を持つように磁化されている。周方向Cに隣り合う複数の希土類樹脂磁石31は、互いに極性が異なる磁極を有する。フェライト樹脂磁石20と複数の希土類樹脂磁石31とによって、シャフト10に支持される回転子本体50を構成する。これにより、回転子がフェライト樹脂磁石のみを有する構成と比較して、電動機100の高出力化及び高効率化を実現することができる。また、回転子がフェライト樹脂磁石のみを有する構成では、所望の出力を得るために大型化する必要があるが、回転子1が複数の希土類樹脂磁石31を有することで、回転子1の小型化を実現することができる。
- [0038] 複数の希土類樹脂磁石31は、フェライト樹脂磁石20の複数の溝部22にそれぞれ接合されている。実施の形態1では、フェライト樹脂磁石20及

び希土類樹脂磁石 31 が一体成形（以下、「2色成形」とも呼ぶ。）されることによって、希土類樹脂磁石 31 がフェライト樹脂磁石 20 の溝部 22 に接合されている。また、複数の希土類樹脂磁石 31 は、複数の溝部 22 にそれぞれ充填されている。

[0039] 以下の説明において、フェライト樹脂磁石 20 及び希土類樹脂磁石 31 が一体成形されるとは、予め製造されたフェライト樹脂磁石 20 を金型に配置した状態で希土類樹脂磁石 31 を成形することである。これにより、複数の希土類樹脂磁石 31 を金型に配置した状態でフェライト樹脂磁石 20 を成形する製造工程と比較して、実施の形態 1 では、複数の希土類樹脂磁石 31 を 1 個ずつ金型に配置する作業が不要となる。そのため、回転子本体 50 の生産性を向上させることができる。

[0040] 〈有効磁束の歪みの発生の防止〉

図 6 は、図 4 に示される回転子 1 を B6 - B6 線で切断した断面図である。図 6 において、フェライト樹脂磁石 20 の z 軸方向の長さ（「第 1 の長さ」とも呼ぶ。）を L1、希土類樹脂磁石 31 の z 軸方向の長さ（「第 2 の長さ」とも呼ぶ。）を L2 とする。軸長 L1 は、軸長 L2 より長い。すなわち、軸長 L1 と軸長 L2 との関係は、以下の式（1）で表される。

$$L1 > L2 \quad (1)$$

[0041] ここで、上述した通り、フェライト樹脂磁石 20 は回転子 1 の極間部 23 を構成し、希土類樹脂磁石 31 は回転子 1 の極中心部を構成する。軸長 L1 及び軸長 L2 が式（1）を満たすことにより、回転子 1 の極間部 23 から固定子鉄心 61 に鎖交する有効磁束（以下、「有効鎖交磁束」とも呼ぶ。）の磁束量が増加するため、有効磁束の歪みの発生を防止することができる。

[0042] 〈比較例との対比〉

次に、軸長 L1 が軸長 L2 より長いことによる効果について、比較例 1 及び 2 に係る回転子 101a、101b と対比しながら説明する。図 7（A）は、比較例 1 に係る回転子 101a の構成を示す平面図である。図 7（B）は、比較例 1 に係る回転子 101a の構成を示す側面図である。回転子 10

1 aは、フェライト樹脂磁石120 aのz軸方向の軸長と希土類樹脂磁石130 aのz軸方向の軸長とが同じである点で、実施の形態1に係る回転子1と相違する。

[0043] 図8(A)は、比較例2に係る回転子101 bの構成を示す平面図である。図8(B)は、比較例2に係る回転子101 bの構成を示す側面図である。回転子101 bでは、環状のフェライト樹脂磁石120 bの外周面120 cに、環状の希土類樹脂磁石130 bが配置されている。言い換えれば、回転子101 bは、回転子101 bの外周面101 dの全てが、希土類樹脂磁石130 bによって形成されている点で、実施の形態1に係る回転子1及び比較例1に係る回転子101 aと相違する。また、回転子101 bは、フェライト樹脂磁石120 bのz軸方向の軸長と希土類樹脂磁石130 bのz軸方向の軸長とが同じである点でも、実施の形態1に係る回転子1と相違する。

[0044] 図9は、実施の形態1及び比較例1に係る回転子1、101 aの表面磁束密度の分布、及び比較例2に係る回転子101 bの表面磁束密度の分布を示すグラフである。図9において、横軸は、回転子1、101 a、101 bのそれぞれの外周面1c、101 c、101 dにおける周方向Cの位置[単位：度]を示し、縦軸は表面磁束密度[単位：a. u]を示す。また、図9において、実線で示されるグラフは、実施の形態1及び比較例1に係る回転子1、101 aの表面磁束密度の分布の波形を示し、破線で示されるグラフは比較例2に係る回転子101 bの表面磁束密度の分布の波形を示す。

[0045] 比較例2に係る回転子101 bの表面磁束密度の分布の波形は、正弦波の波形である。言い換えれば、比較例2に係る回転子101 bでは、周方向Cにおいて、表面磁束密度の変化は均一である。一方、実線のグラフで示される実施の形態1及び比較例1の表面磁束密度の分布の波形は、破線のグラフで示される比較例2の表面磁束密度の分布の波形と比べて、なだらかではない。言い換えれば、回転子1、101 aでは、表面磁束密度の変化は均一ではない。具体的には、実線のグラフで示される波形のうち回転子1、101

aの極間部に対応する部分において歪みが生じている。

[0046] 図10は、実施の形態1に係る回転子1の有効鎖交磁束の分布、比較例1に係る回転子101aの有効鎖交磁束の分布及び比較例2に係る回転子101bの有効鎖交磁束の分布を示すグラフである。図10において、横軸は、回転子1、101a、101bのそれぞれの外周面1c、101c、101dにおける周方向Cの位置[単位：度]を示し、縦軸は有効鎖交磁束[単位：Wb]を示す。また、図10において、実線は、実施の形態1に係る回転子1の有効鎖交磁束の分布の波形W21を示す。更に、図10において、一点鎖線は比較例1に係る回転子101aの有効鎖交磁束の分布の波形W22を示し、破線は比較例2に係る回転子101bの有効鎖交磁束の分布の波形W23を示す。

[0047] 波形W23は、正弦波の波形である。言い換えれば、比較例2に係る回転子101bでは、周方向Cにおいて、表面磁束密度の変化は均一である。一方、波形W22は、波形W23と比べて、なだらかではない。言い換えれば、回転子101bでは、表面磁束密度の変化は均一ではない。具体的には、波形W22のうち回転子1の極間部23において歪みが生じている。表面磁束密度の分布が波形W22によって表された場合、固定子鉄心61（図3参照）に鎖交する有効鎖交磁束に歪みが発生するという課題がある。

[0048] 一方、波形W21は、波形W22より正弦波に近似した形状を有する。これは、実施の形態1では、フェライト樹脂磁石20の軸長L1が希土類樹脂磁石31の軸長L2より長いためである。これにより、回転子1の極間部23（図5参照）を構成するフェライト樹脂磁石20から固定子鉄心61（図3参照）に流れる有効鎖交磁束の磁束量が増加する。よって、回転子1の極間部23において、固定子鉄心61に鎖交する有効鎖交磁束の歪みの発生を抑制することができる。したがって、電動機100における振動及び騒音の発生の原因となる誘起電圧の歪み及びコギングトルクの発生が抑制される。

[0049] 次に、フェライト樹脂磁石20の磁力[単位：T]を B_r1 、希土類樹脂磁石31の磁力[単位：T]を B_r2 としたとき、実施の形態1では、軸長

L 1 と磁力 B r 1 との積は、軸長 L 2 と磁力 B r 2 との積より大きい。言い換えれば、軸長 L 1、磁力 B r 1、軸長 L 2 及び磁力 B r 2 の関係は、以下の式 (2) で表される。

$$L 1 \cdot B r 1 > L 2 \cdot B r 2 \quad (2)$$

[0050] 式 (2) を変形すると、以下の式 (3) が導き出される。

$$L 1 > L 2 \cdot B r 2 / B r 1 \quad (3)$$

このように、フェライト樹脂磁石 20 の軸長 L 1 は、フェライト樹脂磁石 20 の磁力 B r 1 に対する希土類樹脂磁石 31 の磁力 B r 2 の比 B r 2 / B r 1 に比例する。よって、フェライト樹脂磁石 20 の軸長 L 1 を、比 B r 2 / B r 1 に応じて長くすることで、回転子 1 の極間部 23 から固定子鉄心 61 に鎖交する有効磁束の磁束量を増加させることができる。よって、回転子 1 の極間部 23 における有効磁束の歪みの発生を一層抑制することができる。

[0051] 〈回転子 1 のコスト〉

次に、実施の形態 1 に係る回転子 1 のコストについて、比較例 2 に係る回転子 101b と対比しながら説明する。上述した通り、比較例 2 に係る回転子 101b では、回転子 101b の外周面 101d の全てが、希土類樹脂磁石 130b によって構成されている。

[0052] これに対し、上述した図 4 に示されるように、回転子 1 の外周面 1c は、フェライト樹脂磁石 20 の外周面 20c 及び複数の希土類樹脂磁石 31 の外周面 31c によって形成されている。これにより、回転子 1 では、回転子 101b と比べて、希土類樹脂磁石 31 の使用量を削減することができる。具体的には、回転子 1 では、回転子 101b と比べて、希土類樹脂磁石 31 の使用量を約 20% 削減することができる。

[0053] また、希土類樹脂磁石 31 は、フェライト樹脂磁石 20 より高価である。例えば、希土類樹脂磁石 31 の材料単価は、フェライト樹脂磁石 20 の材料単価の 10 倍以上である。そのため、回転子 1 の外周面 1c が、フェライト樹脂磁石 20 の外周面 20c 及び複数の希土類樹脂磁石 31 の外周面 31c

によって構成されていることで、希土類樹脂磁石 31 の使用量を削減することができ、回転子 1 のコストを低減することができる。

[0054] 〈フェライト樹脂磁石 20 の軸長と固定子鉄心 61 の軸長との関係〉

次に、図 11 及び 12 を用いて、フェライト樹脂磁石 20 の軸長と固定子鉄心 61 の軸長との関係について説明する。図 11 は、実施の形態 1 に係る回転子 1 及び固定子 6 の構成を示す部分断面図である。図 11 において、固定子鉄心 61 の軸長を L_3 としたとき、フェライト樹脂磁石 20 の軸長 L_1 は、固定子鉄心 61 の軸長 L_3 より長い。これにより、フェライト樹脂磁石 20 から固定子鉄心 61 に鎖交する有効磁束の増加させることができる。言い換えれば、フェライト樹脂磁石 20 は、固定子鉄心 61 と径方向に対向していない部分（以下、「オーバハング部」とも呼ぶ。）24 から固定子鉄心 61 に鎖交する有効磁束の磁束量を増加させることができる。

[0055] 一方、固定子鉄心 61 の軸長 L_3 に対して、フェライト樹脂磁石 20 の軸長 L_1 を大きくしすぎると、フェライト樹脂磁石 20 の使用量が増加する。また、発明者の鋭意研究の結果、固定子鉄心 61 の軸長 L_3 に対するフェライト樹脂磁石 20 の軸長 L_1 が長くなりすぎると、すなわち、オーバハング部 24 の長さが長くなりすぎると、固定子鉄心 61 に鎖交する鎖交磁束の磁束量の増加率が低下することが分かった。

[0056] 図 12 は、比 L_1 / L_3 と鎖交磁束の増加率との関係を示すグラフである。図 12 において、横軸は、比 L_1 / L_3 を示し、縦軸は、フェライト樹脂磁石 20 から固定子鉄心 61 に鎖交する鎖交磁束の増加率 [単位：%] を示す。図 12 に示されるように、比 L_1 / L_3 が 1.5 以上である場合、比 L_1 / L_3 が 1.5 未満である場合と比較して、鎖交磁束の増加率が低下することが分かった。よって、比 L_1 / L_3 は、1.5 未満であることが好ましい。すなわち、フェライト樹脂磁石 20 の軸長 L_1 と固定子鉄心 61 の軸長 L_3 との関係は、以下の式 (4) を満たすことが好ましい。これにより、フェライト樹脂磁石 20 の使用量を抑えつつ、鎖交磁束の磁束量を増加させることができる。

$$L1 < 1.5 \cdot L3 \quad (4)$$

[0057] また、図12に示す例では、比 $L1/L3$ が1.3以上である場合、比 $L1/L3$ が1.3未満である場合と比較して、鎖交磁束の増加率が低下する。よって、比 $L1/L3$ は、1.3未満であることが更に好ましい。すなわち、フェライト樹脂磁石20の軸長 $L1$ と固定子鉄心61の軸長 $L3$ との関係は、以下の式(5)を満たすことが好ましい。これにより、フェライト樹脂磁石20の使用量を一層抑えつつ、鎖交磁束の磁束量を一層増加させることができる。

$$L1 \leq 1.3 \cdot L3 \quad (5)$$

[0058] 〈回転子1の製造方法〉

次に、図13を用いて回転子1の製造方法について説明する。図13は、回転子1の製造工程を示すフローチャートである。回転子1の製造工程では、フェライト樹脂磁石20を成形するための第1の金型、希土類樹脂磁石31を成形するための第2の金型、配向用の磁石及び着磁器が用いられる。

[0059] ステップST1では、フェライト樹脂磁石20を成形するための第1の金型の内部に、フェライト樹脂磁石20の原料を充填する。フェライト樹脂磁石20は、例えば、射出成形により成形される。なお、フェライト樹脂磁石20は、射出成形に限らず押圧成形などの他の成形方法によって成形されてもよい。

[0060] ステップST2では、フェライト樹脂磁石20を配向しつつ、予め決められた形状を有するフェライト樹脂磁石20を成形する。ステップST2では、例えば、配向用の磁石を用いて、第1の金型の内部に極異方性を有する磁場を発生させた状態で、フェライト樹脂磁石20の原料を配向しつつ、フェライト樹脂磁石20を成形する。これにより、極異方性を有するフェライト樹脂磁石20が成形される。

[0061] ステップST3では、成形されたフェライト樹脂磁石20を冷却する。

[0062] ステップST4では、フェライト樹脂磁石20を第1の金型から取り出す。

- [0063] ステップS T 5では、取り出されたフェライト樹脂磁石20を脱磁する。
- [0064] ステップS T 6では、希土類樹脂磁石31を射出成形するための第2の金型の内部に、フェライト樹脂磁石20を配置する。
- [0065] ステップS T 7では、第2の金型に配置されたフェライト樹脂磁石20の溝部22に、希土類樹脂磁石31の原料を充填する。希土類樹脂磁石31は、例えば、射出成形により成形される。なお、希土類樹脂磁石31は、射出成形に限らず押圧成形などの他の成形方法によって成形されてもよい。
- [0066] ステップS T 8では、希土類樹脂磁石31の原料を配向しつつ、予め決められた形状を有する希土類樹脂磁石31を成形する。ステップS T 8では、例えば、配向用の磁石を用いて、第2の金型の内部に極異方性を有する磁場を発生させた状態で、希土類樹脂磁石31の原料を配向しつつ、希土類樹脂磁石31を成形する。これにより、フェライト樹脂磁石20及び複数の希土類樹脂磁石31が一体成形された回転子本体50が形成される。
- [0067] ステップS T 9では、ステップS T 8において形成された回転子本体50を冷却する。
- [0068] ステップS T 10では、第2の金型から冷却された回転子本体50を取り出す。
- [0069] ステップS T 11では、ステップS T 10において取り出された回転子本体50を脱磁する。
- [0070] ステップS T 12では、回転子本体50をシャフト10に連結する。実施の形態1では、回転子本体50及びシャフト10が樹脂部40を介して一体化されることで、回転子本体50がシャフト10に連結される。
- [0071] ステップS T 13では、例えば、着磁器を用いて回転子本体50を着磁する。
- [0072] 〈実施の形態1の効果〉
- 以上に説明した実施の形態1によれば、回転子1は、フェライト樹脂磁石20と、フェライト樹脂磁石20の外周面20cに設けられた複数の溝部22に配置された複数の希土類樹脂磁石31とを有する。これにより、回転子

1の外周面1cは、フェライト樹脂磁石20の外周面20cと複数の希土類樹脂磁石31の外周面31cとによって構成される。よって、回転子101bの外周面101dの全てが希土類樹脂磁石131bによって構成される比較例2に係る回転子101bと比べて、希土類樹脂磁石31の使用量が低減される。したがって、回転子1のコストを比較例2に係る回転子101bのコストと比較して低減することができる。

[0073] また、実施の形態1によれば、フェライト樹脂磁石20の軸長L1は、希土類樹脂磁石31の軸長L2より長い。これにより、回転子1の極間部23を構成するフェライト樹脂磁石20から固定子鉄心61に鎖交する鎖交磁束の磁束量が増加する。よって、回転子1の表面磁束密度の分布の波形W1が正弦波の波形W3に近づくため、極間部23における有効磁束の歪みの発生を抑制できる。

[0074] また、実施の形態1によれば、フェライト樹脂磁石20の軸長L1は、上述した式(3)を満たす。これにより、フェライト樹脂磁石20の軸長L1を、フェライト樹脂磁石20の磁力 B_r1 に対する希土類樹脂磁石31の磁力 B_r2 の比 B_r2/B_r1 に応じて長くすることができる。これにより、回転子1の極間部23から固定子鉄心61に鎖交する鎖交磁束の磁束量を一層増加させることができる。よって、極間部23における有効磁束の歪みの発生を一層抑制できる。

[0075] また、実施の形態1によれば、フェライト樹脂磁石20の軸長L1は、固定子鉄心61の軸長L3の1.5倍未満である。仮に、フェライト樹脂磁石20の軸長L1を固定子鉄心61の軸長L3より長くした場合、フェライト樹脂磁石20のうち固定子鉄心61と径方向に対向していない部分であるオーバハング部の磁束が、固定子鉄心61に鎖交する。そのため、鎖交磁束の磁束量を増加させることができる。一方、軸長L1が軸長L3の1.5倍を超えると、フェライト樹脂磁石20から固定子鉄心61に鎖交する鎖交磁束の増加率が低下することが、発明者の鋭意研究の結果、判明した。よって、軸長L1が軸長L3の1.5倍未満であることによって、フェライト樹脂磁

石 2 0 の使用量を抑えつつ、鎖交磁束の磁束量を増加させることで有効磁束の歪みの発生を抑制できる。

[0076] また、実施の形態 1 によれば、フェライト樹脂磁石 2 0 の軸長 L 1 は、固定子鉄心 6 1 の軸長 L 3 の 1. 3 倍未満である。これにより、回転子 1 におけるフェライト樹脂磁石 2 0 の使用量を一層抑えつつ、鎖交磁束の磁束量を一層増加させることができる。

[0077] また、実施の形態 1 によれば、電動機 1 0 0 は、回転子 1 と、固定子 6 とを有する。上述した通り、回転子 1 は、有効磁束の歪みの発生を抑制することができる。よって、電動機 1 0 0 が当該回転子 1 を有することにより、電動機 1 0 0 における出力の低下を抑制することができる。また、誘起電圧の歪み及びコギングトルクが発生し難くなるため、電動機 1 0 0 における振動及び騒音を低減することができる。

[0078] 《実施の形態 2》

図 1 4 は、実施の形態 2 に係る回転子 2 の構成の一部を示す平面図である。図 1 4 において、図 4 に示される構成要素と同一又は対応する構成要素には、図 4 に示される符号と同じ符号が付される。実施の形態 2 に係る回転子 2 は、フェライト樹脂磁石 2 2 0 及び希土類樹脂磁石 2 3 1 の形状の点で、実施の形態 1 に係る回転子 1 と相違する。これ以外の点については、実施の形態 2 に係る回転子 2 は、実施の形態 1 に係る回転子 1 と同じである。そのため、以下の説明では、図 1 及び 3 を参照する。

[0079] 図 1 4 に示されるように、回転子 2 は、シャフト 1 0 (図 3 参照) と、フェライト樹脂磁石 2 2 0 と、希土類樹脂磁石 2 3 1 とを有する。

[0080] フェライト樹脂磁石 2 2 0 は、円筒状の磁石本体部 2 2 1 と、複数の溝部 2 2 2 とを有する。磁石本体部 2 2 1 は、フェライト樹脂磁石 2 2 0 のうちシャフト 1 0 に支持される部分である。磁石本体部 2 2 1 の外周面 2 2 1 c に、複数の溝部 2 2 2 が形成されている。外周面 2 2 1 c は、フェライト樹脂磁石 2 2 0 の径方向の外向きの面である。

[0081] 図 1 4 において、軸線 A と磁石本体部 2 2 1 の外周面 2 2 1 c 上の点 P 1

との間の第1の距離を距離R1、軸線Aと希土類樹脂磁石231の外周面231c上の点P2との間の第2の距離を距離R2とする。距離R1は、フェライト樹脂磁石220の外周面221cと軸線Aとの間の最大距離であり、距離R2は、希土類樹脂磁石231の外周面231cと軸線Aとの間の最大距離である。実施の形態2では、距離R1は、距離R2より長い。すなわち、距離R1と距離R2との関係は、以下の式(6)で表される。

$$R1 > R2 \quad (6)$$

[0082] 距離R1及び距離R2が式(6)を満たすことにより、フェライト樹脂磁石220の外周面221cと固定子鉄心61(図1参照)との間のエアギャップG(図1参照)を狭くすることができる。これにより、固定子鉄心61に鎖交する有効磁束の磁束量が増加する。よって、回転子2の極間部における有効磁束の歪みを低減することができる。

[0083] また、フェライト樹脂磁石220の溝部222は、底面222aと、第1の側面222bと、第2の側面222cとを有する。第1の側面222b及び第2の側面222cは、底面222aの幅方向の両端から径方向の外向きに延びている。図14に示す例では、第1の側面222b及び第2の側面222cは、溝部222の幅が狭まるように、底面222aの幅方向の両端から径方向の外向きに延びている。これにより、溝部222に配置される希土類樹脂磁石231が、温度変化による膨張若しくは収縮による界面剥離、又は回転子2に作用する遠心力によって、脱落することを防止できる。

[0084] 〈実施の形態2の効果〉

以上に説明した実施の形態2によれば、フェライト樹脂磁石220の外周面221c上の点P1とシャフト10の軸線Aとの間の距離R1が、希土類樹脂磁石231の外周面231c上の点P2と軸線Aとの間の距離R2より長い。これにより、フェライト樹脂磁石220と固定子6との間のエアギャップGが狭くなるため、固定子鉄心61に鎖交する有効磁束の磁束量が増加する。よって、回転子2の極間部における有効磁束の歪みを低減することができる。

[0085] また、実施の形態2によれば、溝部の第1の側面222b及び第2の側面222cは、溝部222の幅が狭まるように、底面222aの幅方向の両端から径方向の外向きに延びている。これにより、希土類樹脂磁石231が、温度変化による膨張若しくは収縮による界面剥離又は回転子2に作用する遠心力によって、脱落することを防止できる。

[0086] 《実施の形態3》

図15は、実施の形態3に係る回転子3の構成を示す側面図である。図16は、図15に示される回転子3をB16-B16線で切断した断面図である。図17は、図15に示される回転子3をB17-B17線で切断した断面図である。図15から17において、図3及び4に示される構成要素と同一又は対応する構成要素には、図3及び4に示される符号と同じ符号が付される。実施の形態3に係る回転子3は、フェライト樹脂磁石320の形状及び希土類樹脂磁石331の形状の点で、実施の形態1に係る回転子1と相違する。これ以外の点については、実施の形態3に係る回転子3は、実施の形態1に係る回転子1と同じである。

[0087] 図15から17に示されるように、回転子3は、シャフト10と、フェライト樹脂磁石320と、複数の希土類樹脂磁石331とを有する。

[0088] フェライト樹脂磁石320は、外周面320cに設けられた複数の溝部322を有する。複数の溝部322には、複数の希土類樹脂磁石331が配置されている。複数の溝部322の各溝部322は、希土類樹脂磁石331が配置される第1の部分322aと、第1の部分322aよりz軸方向の端面320e側に配置された第2の部分322bとを有する。

[0089] 図16及び17に示されるように、希土類樹脂磁石331は、柱部71と、第1の張り出し部72と、第2の張り出し部73とを有する。

[0090] 柱部71は、z軸方向に延びている。柱部71は、フェライト樹脂磁石320の溝部322に配置されている。具体的には、柱部71は、溝部322の第1の部分322aに配置されている。図16に示す例では、z軸方向に見たときの柱部71の形状は、例えば、扇形状である。xy平面において、

柱部 7 1 の内周面及び外周面は、同心円状に形成されている。言い換えれば、 $x y$ 平面における柱部 7 1 の厚みは、周方向 C において一定である。

[0091] 図 1 8 は、図 1 7 に示される回転子 3 を B 1 8 - B 1 8 線で切断した断面図である。図 1 7 及び 1 8 に示されるように、第 1 の張り出し部 7 2 は、柱部 7 1 の $+z$ 軸側の端部 7 1 a から径方向の内向きに延びている。第 2 の張り出し部 7 3 は、柱部 7 1 の $-z$ 軸側の端部 7 1 b から径方向の内向きに延びている。図 1 7 に示す例では、第 1 の張り出し部 7 2 及び第 2 の張り出し部 7 3 におけるそれぞれの周方向 C の幅は、径方向内側に向かうほど狭くなっている。

[0092] このように、実施の形態 3 では、希土類樹脂磁石 3 3 1 は、柱部 7 1 の $+z$ 軸側の端部 7 1 a から径方向の内向きに延びる第 1 の張り出し部 7 2 と、柱部 7 1 の $-z$ 軸側の端部 7 1 b から径方向の内向きに延びる第 2 の張り出し部 7 3 とを有する。そのため、図 1 8 において、フェライト樹脂磁石 3 2 0 の外周面 3 2 0 c における z 軸方向の中央部と軸線 A とを結ぶ距離（第 3 の距離）を $R 3$ 、外周面 3 2 0 c における z 軸方向の端部と軸線 A とを結ぶ距離（第 4 の距離）を $R 4$ としたとき、距離 $R 3$ は、距離 $R 4$ より長い。すなわち、距離 $R 3$ と距離 $R 4$ との関係は、以下の式 (7) で表される。

$$R 3 > R 4 \quad (7)$$

[0093] 距離 $R 3$ が距離 $R 4$ より長いことは、言い換えれば、フェライト樹脂磁石 3 2 0 において、溝部 3 2 2 の第 2 の部分 3 2 2 b の深さが、溝部 3 2 2 の第 1 の部分 3 2 2 a の深さより深いことである。

[0094] ここで、上述した実施の形態 1 に係る回転子 1 では、フェライト樹脂磁石 2 0 及び希土類樹脂磁石 3 1 を 2 色成形した場合、温度変化による膨張若しくは収縮又は回転子 1 に作用する遠心力によって、希土類樹脂磁石 3 1 のうちフェライト樹脂磁石 2 0 と接する径方向内向きの面（以下、「界面」とも呼ぶ。）がフェライト樹脂磁石 2 0 の溝部 2 2 から脱落するおそれがある。

[0095] 一方、実施の形態 3 では、フェライト樹脂磁石 3 2 0 の外周面 3 2 0 c における z 軸方向の中央部と軸線 A とを結ぶ距離 $R 3$ が、外周面 3 2 0 c にお

けるz軸方向の端部と軸線Aとを結ぶ距離R4より長い。これにより、図17及び18に示される第1の張り出し部72及び第2の張り出し部73を、希土類樹脂磁石331に形成することができる。言い換えれば、希土類樹脂磁石331のz軸方向の端部において、希土類樹脂磁石331とフェライト樹脂磁石320との接合面積が増加する。よって、温度変化による膨張若しくは収縮又は回転子3に作用する遠心力によって、希土類樹脂磁石331の界面が剥離し難くなる。したがって、希土類樹脂磁石331がフェライト樹脂磁石320の溝部322から脱落し難くなる。

[0096] 図17に示す例では、z軸方向に見たときの第1の張り出し部72及び第2の張り出し部73のそれぞれの形状は、例えば、略三角形である。なお、第1の張り出し部72の形状及び第2の張り出し部73のそれぞれの形状は、略三角形に限らず、他の形状であってもよい。また、希土類樹脂磁石331は、第1の張り出し部72及び第2の張り出し部73のいずれか一方の張り出し部のみを有していてもよい。

[0097] 〈実施の形態3の効果〉

以上に説明した実施の形態3によれば、フェライト樹脂磁石320の外周面320cにおけるz軸方向の中央部と軸線Aとの間の距離R3は、外周面320cにおけるz軸方向の端部と軸線Aとの間の距離R4より長い。これにより、図17及び18に示される第1の張り出し部72及び第2の張り出し部73を、希土類樹脂磁石331に形成することができる。よって、希土類樹脂磁石331とフェライト樹脂磁石320との接合面積が増加するため、温度変化による膨張若しくは収縮又は回転子3に作用する遠心力によって、希土類樹脂磁石331がフェライト樹脂磁石320の溝部322から脱落することを防止できる。したがって、温度変化及び遠心力に対する信頼性の高い回転子3を提供することができる。

[0098] 《実施の形態4》

図19は、実施の形態4に係る回転子4の構成を示す平面図である。図20は、図19に示される回転子4をB20-B20線で切断した断面図であ

る。図19及び20において、図3及び4に示される構成要素と同一又は対応する構成要素には、図3及び4に示される符号と同じ符号が付される。実施の形態4に係る回転子4は、フェライト樹脂磁石420の形状の点で、実施の形態1に係る回転子1と相違する。これ以外の点については、実施の形態4に係る回転子4は、実施の形態1に係る回転子1と同じである。そのため、以下の説明では、図5を参照する。

[0099] 図19及び20に示されるように、回転子4は、シャフト10と、フェライト樹脂磁石420と、複数の希土類樹脂磁石31と、樹脂部406とを有する。

[0100] 図20において、フェライト樹脂磁石420の内周面420bにおけるz軸方向の中央部420gと軸線Aとの間の距離（第5の距離）をR5、内周面420bにおけるz軸方向の端部420hと軸線Aとの間の距離（第6の距離）をR6とする。実施の形態4では、距離R5は、距離R6より長い。すなわち、距離R5及び距離R6は、以下の式（8）で表される。

$$R5 > R6 \quad (8)$$

[0101] ここで、上述した図7（A）及び（B）に示される比較例のフェライト樹脂磁石120aの径方向の幅は、極異方性配向の磁路を形成するため及び希土類樹脂磁石31を支持するために必要な厚みを有する必要がある。フェライト樹脂磁石420の軸長が希土類樹脂磁石31の軸長より長い場合、フェライト樹脂磁石420のうちの希土類樹脂磁石31に接していない部分（すなわち、z軸方向の端部）では、希土類樹脂磁石31を支持する必要がある。そのため、フェライト樹脂磁石420のz軸方向の端部のうち回転子4の極間部23（図5参照）を構成する部分は、磁路を形成するための最低限の幅wを有していればよい。これにより、フェライト樹脂磁石420の使用量を抑制することができる。なお、図20において、軸線Aからフェライト樹脂磁石420の外周面20cまでの距離をR0としたとき、幅wは、距離R0から距離R5を差し引いた値である。

[0102] 〈実施の形態4の効果〉

以上に説明した実施の形態4によれば、フェライト樹脂磁石420の内周面420bにおけるz軸方向の中央部420gと軸線Aとの間の距離R5は、内周面420bにおけるz軸方向の端部420hと軸線Aとの間の距離R6より短い。フェライト樹脂磁石420の軸長L1が希土類樹脂磁石31の軸長L2より長い場合、フェライト樹脂磁石420のうちの希土類樹脂磁石31に接していない部分（すなわち、z軸方向の端部）では、希土類樹脂磁石31を支持する必要がないため、極間部23（図5参照）に磁路を形成するための厚みwを有していればよい。これにより、フェライト樹脂磁石420の使用量を抑制することができる。

[0103] 《実施の形態5》

図21は、実施の形態5に係る回転子5の構成を示す平面図である。図22は、図21に示される回転子5をB22-B22線で切断した断面図である。図21及び22において、図4及び6に示される構成要素と同一又は対応する構成要素には、図4及び6に示される符号と同じ符号が付されている。実施の形態5に係る回転子5は、第2の樹脂部81、82を更に有する点で、実施の形態1から4のいずれかに係る回転子1~4と相違する。これ以外の点については、実施の形態5に係る回転子5は、実施の形態1から4のいずれかに係る回転子1~4と同じである。

[0104] 図21及び22に示されるように、回転子5は、シャフト10と、フェライト樹脂磁石20と、複数の希土類樹脂磁石31と、第1の樹脂部40と、第2の樹脂部81、82とを有する。第2の樹脂部81、82はそれぞれ、軸線Aを中心とする環状の部材である。第2の樹脂部81、82は、例えば、不飽和ポリエステル樹脂などの樹脂材料から形成されている。

[0105] 第2の樹脂部81、82は、フェライト樹脂磁石20及び希土類樹脂磁石31に固定されている。第2の樹脂部81、82は、フェライト樹脂磁石20及び希土類樹脂磁石31のそれぞれのz軸方向の端部を覆っている。具体的には、第2の樹脂部81は、フェライト樹脂磁石20の+z軸方向を向く端面20e及び希土類樹脂磁石31の+z軸方向を向く端面31eに固定さ

れている。第2の樹脂部82は、フェライト樹脂磁石20の-z軸方向を向く端面20f及び希土類樹脂磁石31の-z軸方向を向く端面31fに固定されている。

[0106] このように、第2の樹脂部81、82は、フェライト樹脂磁石20及び希土類樹脂磁石31のそれぞれのz軸方向の端部に接続されている。これにより、希土類樹脂磁石31が第2の樹脂部81、82を介してフェライト樹脂磁石20に連結される。よって、回転中に作用する遠心力による希土類樹脂磁石31の脱落を一層防止することができる。また、温度変化による希土類樹脂磁石31の剥離を一層防止することができる。なお、回転子5は、複数の第2の樹脂部81、82のうちの少なくとも一方を有していればよい。

[0107] 〈実施の形態5の効果〉

以上に説明した実施の形態5によれば、回転子5は、フェライト樹脂磁石20及び希土類樹脂磁石31のそれぞれのz軸方向の端部に接続された第2の樹脂部81、82を更に有する。これにより、希土類樹脂磁石31が第2の樹脂部81、82を介してフェライト樹脂磁石20に連結される。よって、回転中に作用する遠心力による希土類樹脂磁石31の脱落を一層防止することができる。また、温度変化による希土類樹脂磁石31の剥離を一層防止することができる。よって、信頼性の高い回転子5を提供することができる。

[0108] 《実施の形態5の変形例》

図23は、実施の形態5の変形例に係る回転子5Aの構成を示す平面図である。図24は、図23に示される回転子5AをB24-B24線で切断した断面図である。実施の形態5の変形例に係る回転子5Aは、第2の樹脂部81A、82Aが第1の樹脂部540と一体化されている点で、実施の形態5に係る回転子5と相違する。これ以外の点については、実施の形態5の変形例に係る回転子5Aは、実施の形態5に係る回転子5と同じである。

[0109] 図23及び24に示されるように、回転子5Aは、シャフト10と、フェライト樹脂磁石20と、複数の希土類樹脂磁石31と、第1の樹脂部540

と、第2の樹脂部81A、82Aとを有する。

[0110] 樹脂部540は、内筒部41と、内筒部41と第2の樹脂部81A、82Aとを繋ぐ複数のリブ43とを有する。第2の樹脂部81A、82Aは、フェライト樹脂磁石20及び希土類樹脂磁石31のそれぞれのz軸方向の端部に接続されている。

[0111] 第2の樹脂部81A、82Aは、樹脂部540と一体に形成されている。言い換えれば、第2の樹脂部81A、82Aは、樹脂部540と繋がっている。そのため、実施の形態5の変形例では、シャフト10、フェライト樹脂磁石20及び希土類樹脂磁石31は、第1の樹脂部540及び第2の樹脂部81A、82Aを介して連結されている。これにより、第2の樹脂部81A、82Aの強度が高められるため、希土類樹脂磁石31の脱落を一層防止することができる。また、シャフト10とフェライト樹脂磁石20とを樹脂部540を介して一体成形する際に、第2の樹脂部81A、82Aも同時に成形することができる。よって、回転子5Aの製造工程を簡易化することができる。

[0112] 〈実施の形態5の変形例の効果〉

以上に説明した実施の形態5の変形例に係る回転子5Aによれば、第2の樹脂部81A、82Aは、第1の樹脂部540と一体に形成されている。これにより、第2の樹脂部81A、82Aの強度が高められるため、希土類樹脂磁石31の脱落を一層防止することができる。よって、信頼性の高い回転子5Aを提供することができる。また、シャフト10とフェライト樹脂磁石20とを樹脂部540を介して一体成形する際に、第2の樹脂部81A、82Aも同時に成形することができる。よって、回転子5Aの製造工程を簡易化することができる。

[0113] 《実施の形態6》

次に、実施の形態6に係る送風機600の構成について説明する。図25は、実施の形態6に係る送風機600の構成を概略的に示す図である。

[0114] 図25に示されるように、送風機600は、電動機100と、電動機100

0によって駆動される羽根車としてのファン601とを有する。ファン601は、電動機100のシャフト10（例えば、図1参照）に取り付けられている。電動機100のシャフト10が回転すると、ファン601が回転して気流が生成される。送風機600は、例えば、後述する図26に示される空気調和装置700の室外機720の室外送風機として用いられる。この場合、ファン601は、例えば、プロペラファンである。

[0115] 〈実施の形態6の効果〉

以上に説明した実施の形態6によれば、送風機600は、実施の形態1に係る電動機100を有する。上述した通り、電動機100では出力の低下が抑制されているため、送風機600においても、出力の低下を抑制することができる。また、電動機100における振動及び騒音が低減されるため、送風機600の振動及び騒音を低減することができる。

[0116] 《実施の形態7》

次に、実施の形態1に係る電動機100を有する空気調和装置700の構成について説明する。図26は、実施の形態7に係る空気調和装置700の構成を概略的に示す図である。

[0117] 図26に示されるように、空気調和装置700は、室内機710と、室外機720と、冷媒配管730とを有する。室内機710及び室外機720は、冷媒配管730によって接続されることで、冷媒が循環する冷媒回路を構成する。空気調和装置700は、例えば、室内機710から冷たい空気を送風する冷房運転又は温かい空気を送風する暖房運転等の運転を行うことができる。

[0118] 室内機710は、室内送風機711と、室内送風機711を収容するハウジング712とを有する。室内送風機711は、電動機711aと、電動機711aによって駆動されるファン711bとを有する。ファン711bは、電動機711aのシャフトに取り付けられている。電動機711aのシャフトが回転することで、ファン711bが回転して気流が生成される。ファン711bは、例えば、クロスフローファンである。

[0119] 室外機720は、室外送風機としての送風機600と、圧縮機721と、送風機600及び圧縮機721を収容するハウジング722とを有する。圧縮機721は、冷媒を圧縮する圧縮機構部721aと、圧縮機構部721aを駆動する電動機721bとを有する。圧縮機構部721aと電動機721bとは、シャフト721cによって互いに連結されている。なお、圧縮機721の電動機721bには、実施の形態1に係る電動機100が用いられてもよい。

[0120] 例えば、空気調和装置700の冷房運転時に、圧縮機721で圧縮された冷媒が凝縮器（図示せず）で凝縮する際に放出された熱が、送風機600の送風によって室外に放出される。室外機720は、冷媒の流れ方向を切り替える四方弁（図示せず）を更に有する。室外機720の四方弁は、圧縮機721から送り出された高温高圧の冷媒ガスを、冷房運転時には室外機720の熱交換器に流し、暖房運転時には室内機710の熱交換器に流す。なお、実施の形態6に係る送風機600は、室外機720の室外送風機に限らず、上述した室内送風機711として用いられてもよい。また、実施の形態1に係る電動機100は、空気調和装置700に限らず、他の電気機器に備えられていてもよい。

[0121] 〈実施の形態7の効果〉

以上に説明した実施の形態7によれば、空気調和装置700の室外機720は、実施の形態1に係る電動機100を有する。上述した通り、電動機100では出力の低下が抑制されているため、空気調和装置700においても、出力の低下を抑制することができる。また、電動機100における振動及び騒音が低減されるため、空気調和装置700の静音化を実現することができる。

符号の説明

[0122] 1～5、5A 回転子、 1c、20c、31c、221c、231c、320c 外周面、 6 固定子、 10、721c シャフト、 20、220、320、420 フェライト樹脂磁石、 20b、420b 内周

面、 20 e、20 f、31 e、31 f 端面、 22、222、322
溝部、 31、231、331 希土類樹脂磁石、 40、540 樹脂部
(第1の樹脂部)、 61 固定子鉄心、 71 柱部、 71 a、71 b
柱部の端部、 72 第1の張り出し部、 73 第2の張り出し部、
81、82、81 A、82 A 第2の樹脂部、 100、711 a、721
b 電動機、 322 a 第1の部分、 322 b 第2の部分、 420
g 内周面の軸方向の中央部、 420 h 内周面の軸方向の端部、 60
0 送風機、 601 ファン、 700 空気調和装置、 710 室内
機、 720 室外機、 A 軸線、 L1~L3 軸長、 R1~R6
距離。

請求の範囲

- [請求項1] 回転軸と、
前記回転軸に支持された第1の樹脂磁石と、
前記第1の樹脂磁石の径方向の外向きの面である第1の外周面に設けられ、前記第1の樹脂磁石の磁極より強い磁極を有する複数の第2の樹脂磁石と
を有し、
前記第1の樹脂磁石の前記回転軸の軸方向の長さである第1の長さを L_1 、前記複数の第2の樹脂磁石の各第2の樹脂磁石の前記軸方向の長さである第2の長さを L_2 としたとき、
 $L_1 > L_2$
である、
回転子。
- [請求項2] 前記第1の樹脂磁石の磁極の強さを B_{r1} 、前記第2の樹脂磁石の磁極の強さを B_{r2} としたとき、
 $L_1 \cdot B_{r1} > L_2 \cdot B_{r2}$
である、
請求項1に記載の回転子。
- [請求項3] 前記第1の外周面と前記回転軸との間の最大距離である第1の距離は、前記第2の樹脂磁石の前記径方向の外向きの面である第2の外周面と前記回転軸との間の最大距離である第2の距離より長い、
請求項1又は2に記載の回転子。
- [請求項4] 前記第1の外周面における前記軸方向の中央部と前記回転軸との間の距離である第3の距離は、前記第1の外周面における前記軸方向の端部と前記回転軸との間の距離である第4の距離より長い、
請求項1から3のいずれか1項に記載の回転子。
- [請求項5] 前記第1の樹脂磁石は、前記第1の外周面に前記回転軸を中心とする周方向に等間隔に並ぶように設けられた複数の溝部を有し、

前記複数の第2の樹脂磁石は、前記複数の溝部にそれぞれ配置されている、

請求項1から4のいずれか1項に記載の回転子。

[請求項6] 前記複数の溝部の各溝部は、前記第2の樹脂磁石が配置された第1の部分と、前記第1の部分より前記第1の樹脂磁石の前記軸方向の端面側に配置された第2の部分とを有し、

前記第2の部分における深さは、前記第1の部分における深さより深い、

請求項5に記載の回転子。

[請求項7] 前記第2の樹脂磁石は、前記軸方向に長い柱部と、前記柱部の前記軸方向の端部から前記径方向の内向きに延びる張り出し部とを有し、

前記第1の樹脂磁石は、前記張り出し部と接合している、

請求項1から6のいずれか1項に記載の回転子。

[請求項8] 前記第1の樹脂磁石の前記径方向の内向きの面である内周面における前記軸方向の中央部と前記回転軸との間の距離である第5の距離は、前記内周面における前記軸方向の端部と前記回転軸との間の距離である第6の距離より短い、

請求項1から7のいずれか1項に記載の回転子。

[請求項9] 前記回転軸と前記第1の樹脂磁石とを連結する第1の樹脂部を更に有する、

請求項1から8のいずれか1項に記載の回転子。

[請求項10] 前記第1の樹脂磁石及び前記第2の樹脂磁石のそれぞれの前記軸方向の端部に接続された第2の樹脂部を更に有する、

請求項9に記載の回転子。

[請求項11] 前記第2の樹脂部は、前記第1の樹脂部と一体に形成されている、
請求項10に記載の回転子。

[請求項12] 前記第1の樹脂磁石は、フェライト樹脂磁石であり、
前記第2の樹脂磁石は、希土類樹脂磁石である、

請求項 1 から 1 1 のいずれか 1 項に記載の回転子。

[請求項13]

前記回転子は、偶数個の磁極を有する回転子であって、
前記第 1 の樹脂磁石及び前記第 2 の樹脂磁石はそれぞれ、極異方性を有する、

請求項 1 から 1 2 のいずれか 1 項に記載の回転子。

[請求項14]

請求項 1 から 1 3 のいずれか 1 項に記載の前記回転子と、
固定子と
を有する、
電動機。

[請求項15]

前記固定子は、固定子鉄心を有し、
前記固定子鉄心の前記軸方向の長さである第 3 の長さを L_3 としたとき、

$$L_1 < L_3 \cdot 1.5$$

である、

請求項 1 4 に記載の電動機。

[請求項16]

前記固定子は、固定子鉄心を有し、
前記固定子鉄心の前記軸方向の長さである第 3 の長さを L_3 としたとき、

$$L_1 < L_3 \cdot 1.3$$

である、

請求項 1 4 に記載の電動機。

[請求項17]

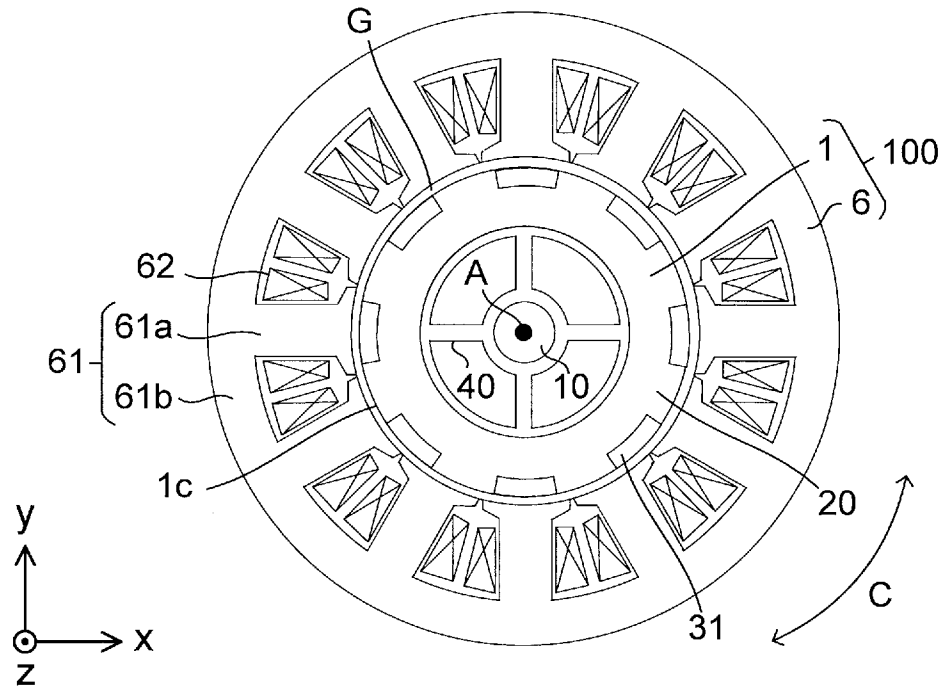
請求項 1 4 から 1 6 のいずれか 1 項に記載の電動機と、
前記電動機によって駆動される羽根車と
を有する、
送風機。

[請求項18]

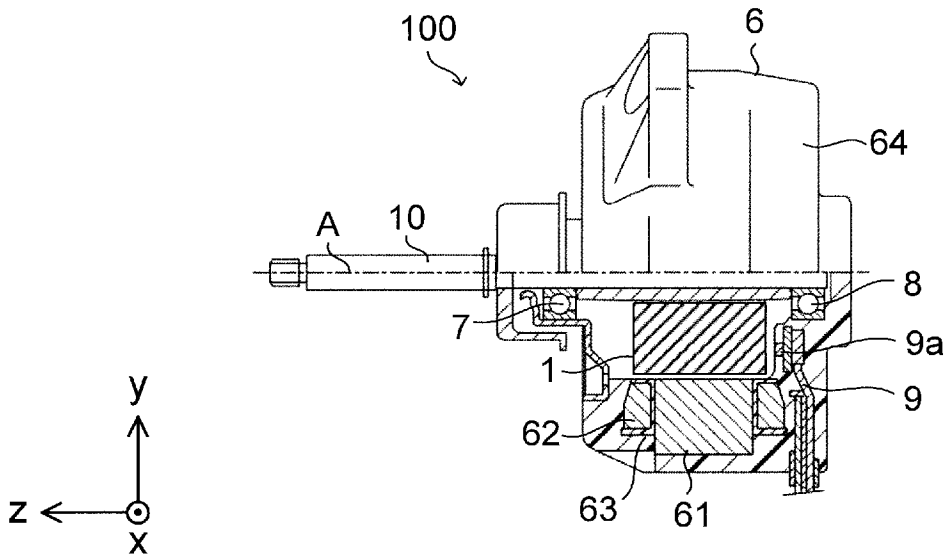
室内機と、
前記室内機に接続された室外機と
を有し、

前記室内機及び前記室外機のうちの少なくとも一方は、請求項 1 4 から 1 6 のいずれか 1 項に記載の電動機を有する、
空気調和装置。

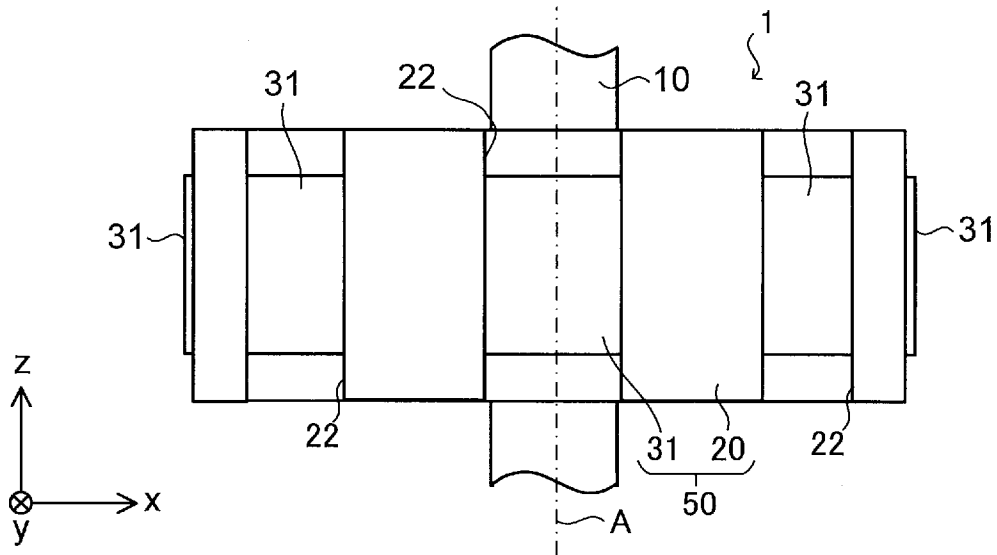
[図1]



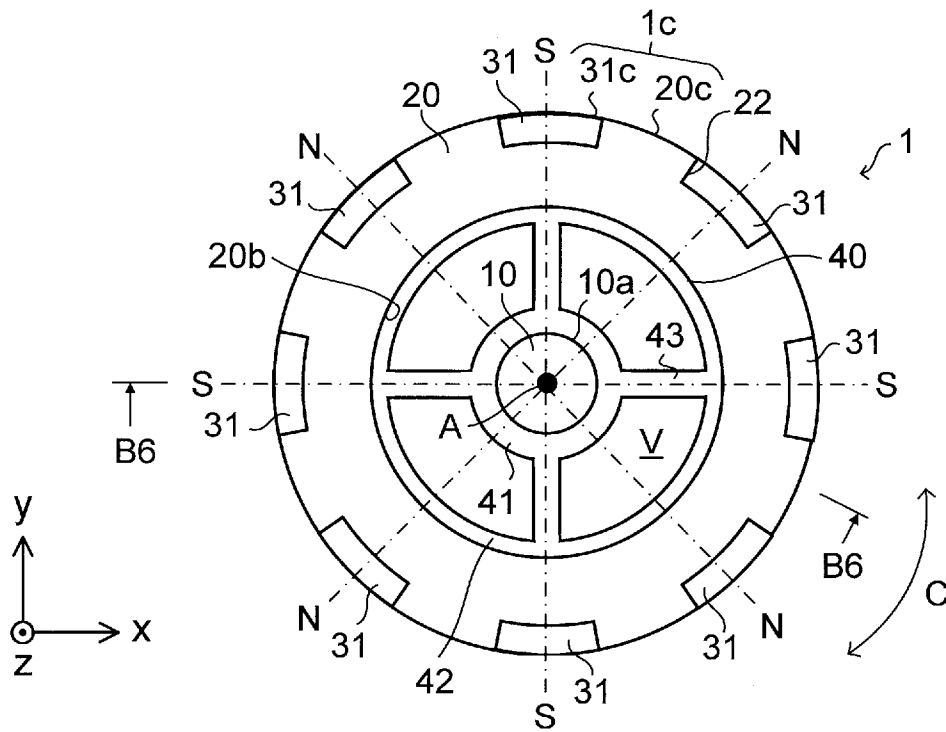
[図2]



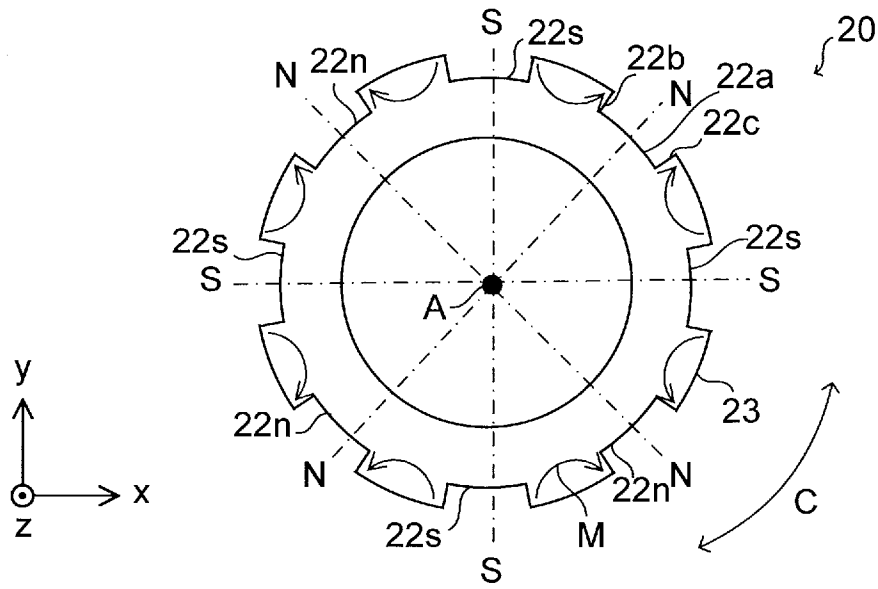
[図3]



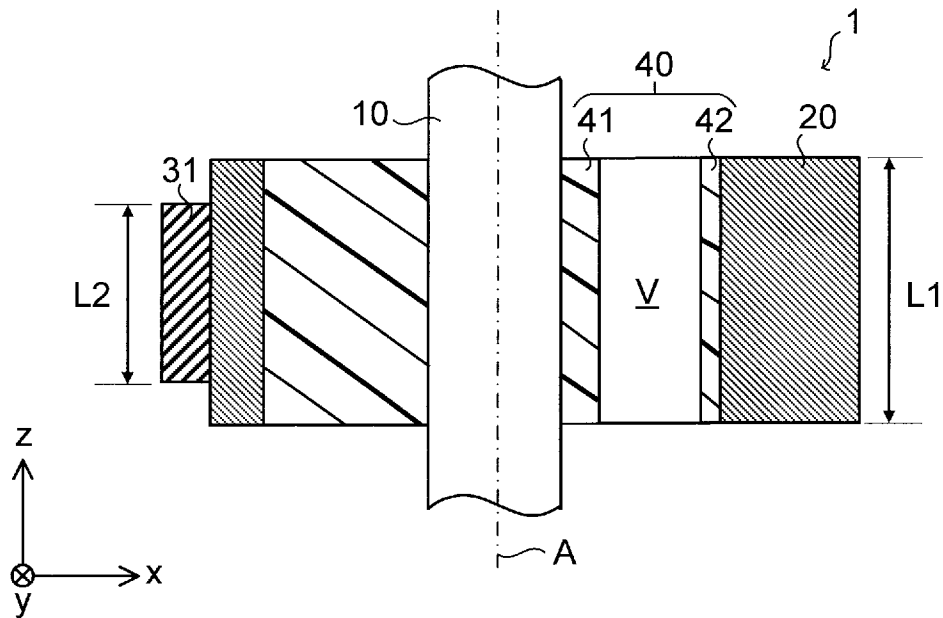
[図4]



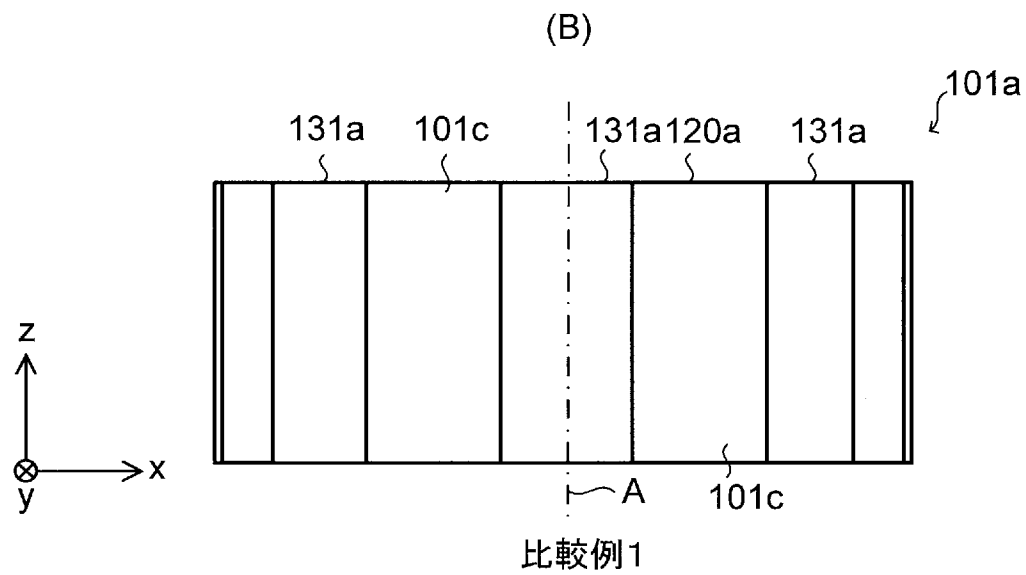
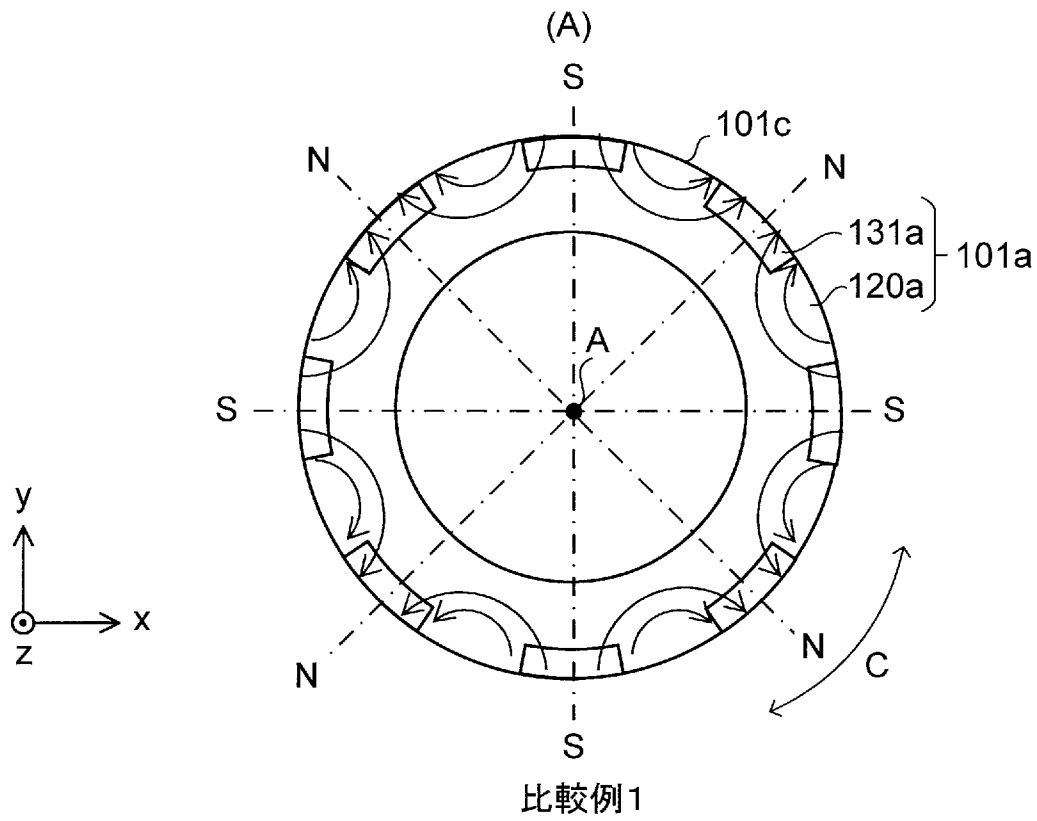
[図5]



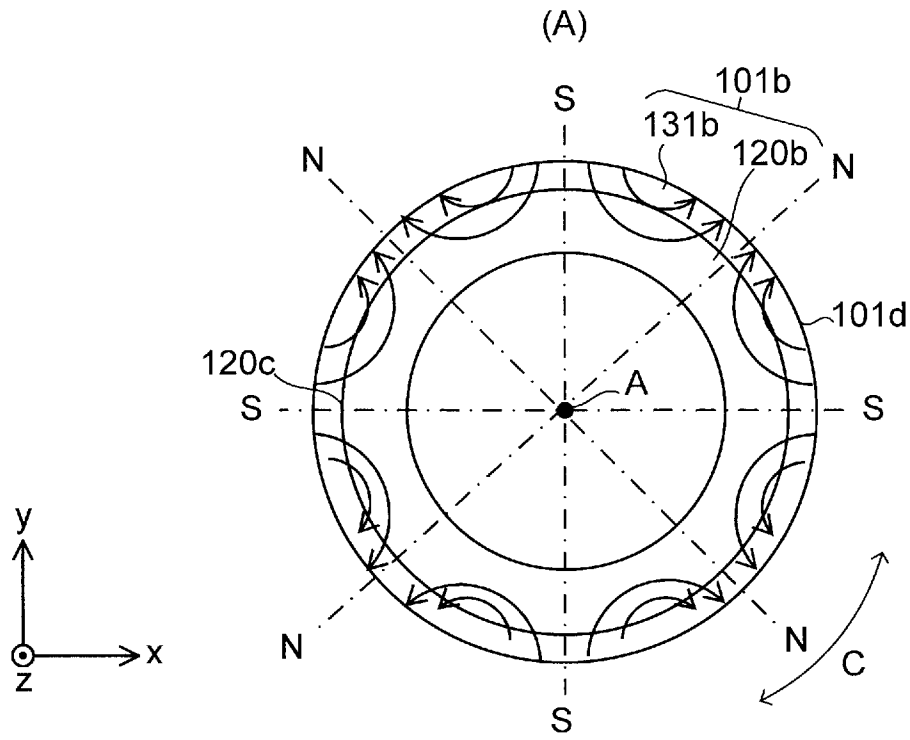
[図6]



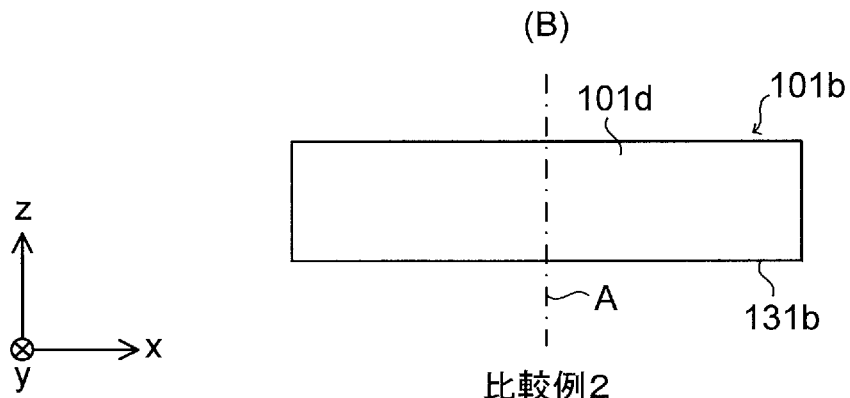
[図7]



[圖8]

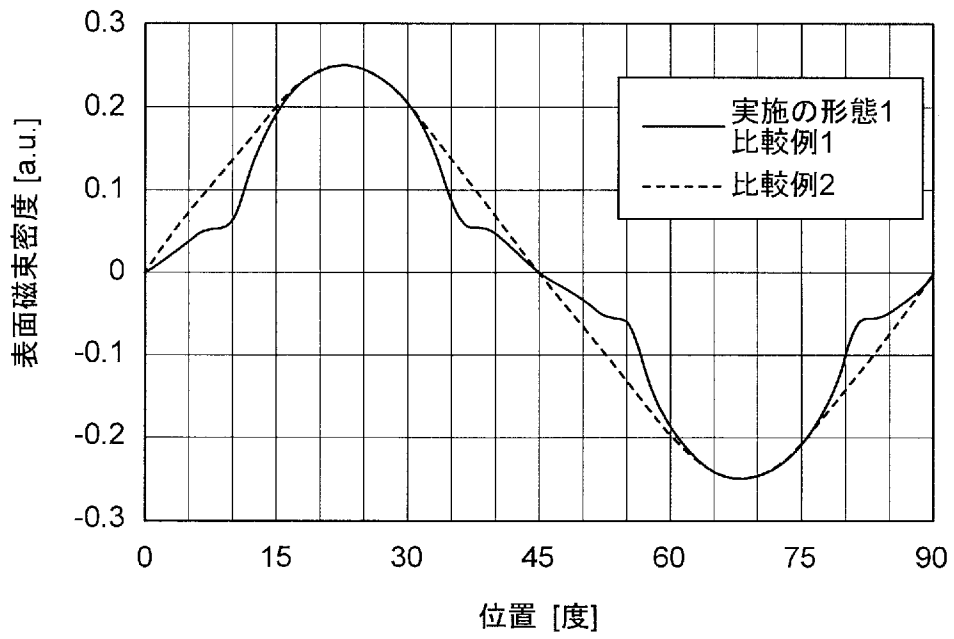


比較例2

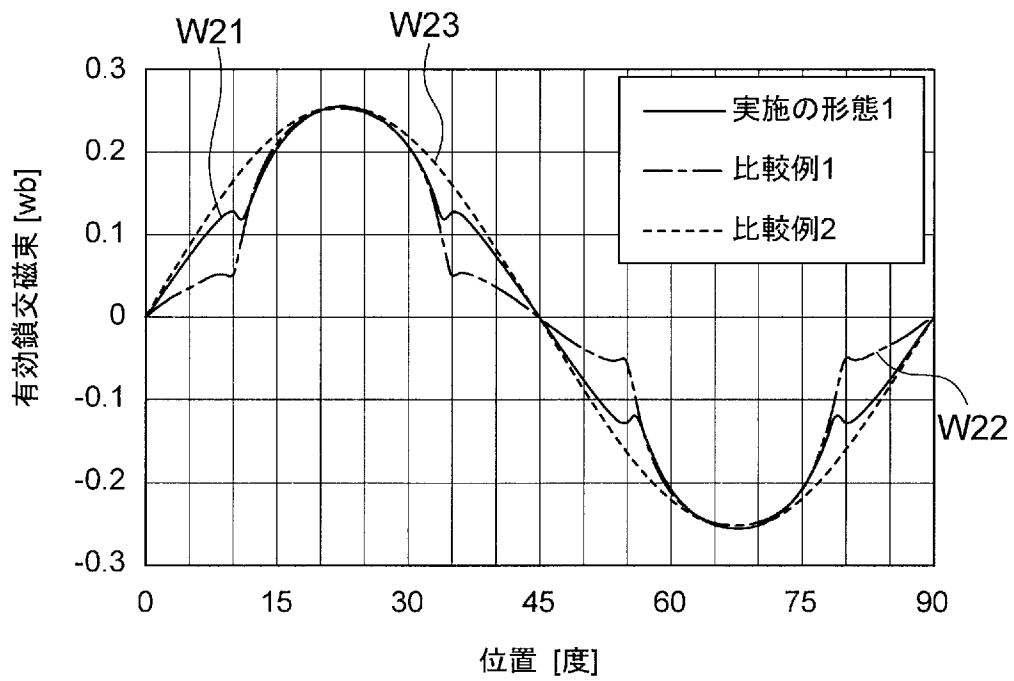


比較例2

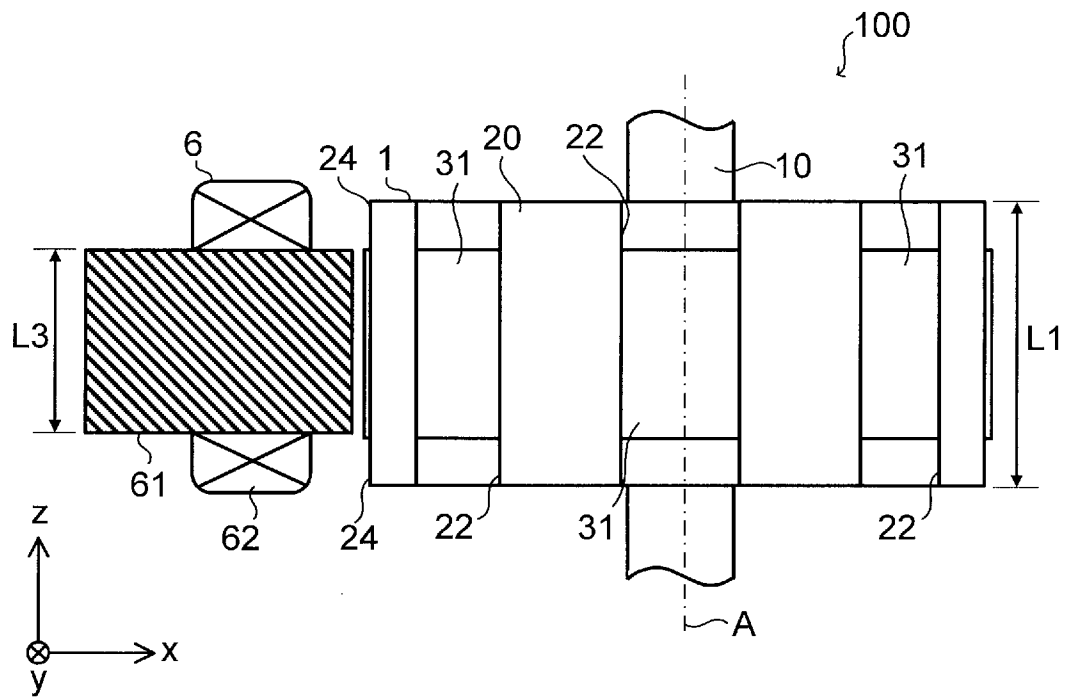
[図9]



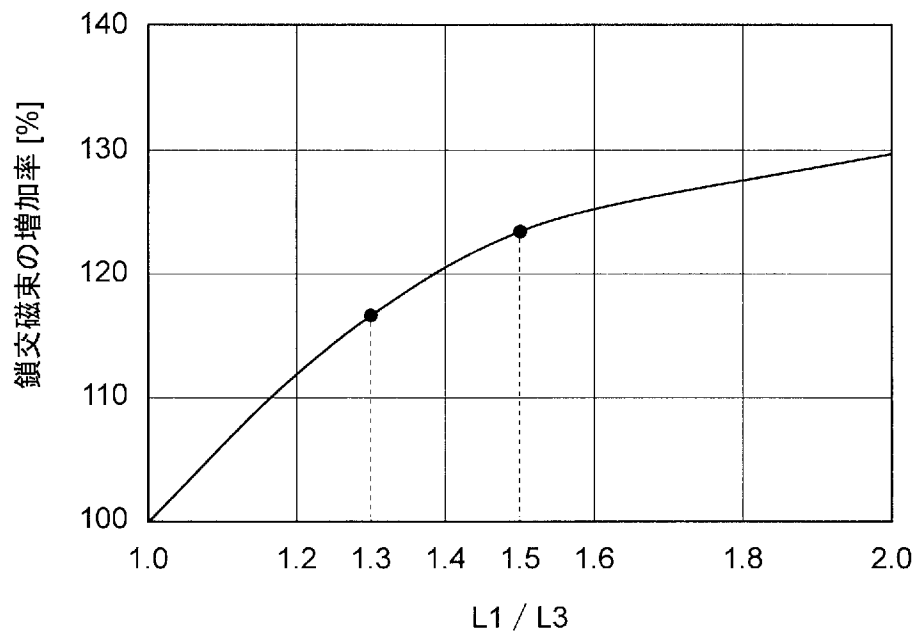
[図10]



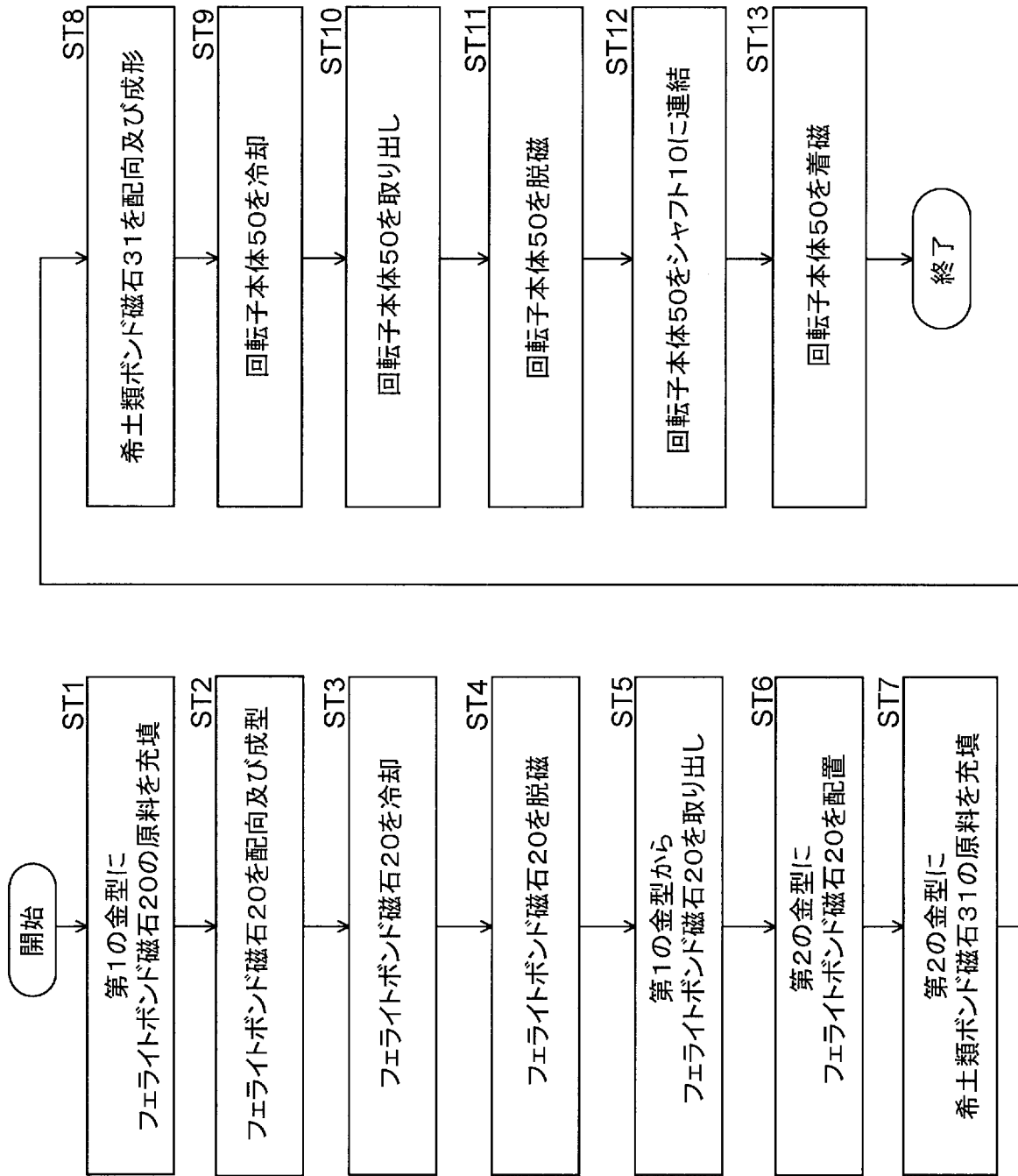
[図11]



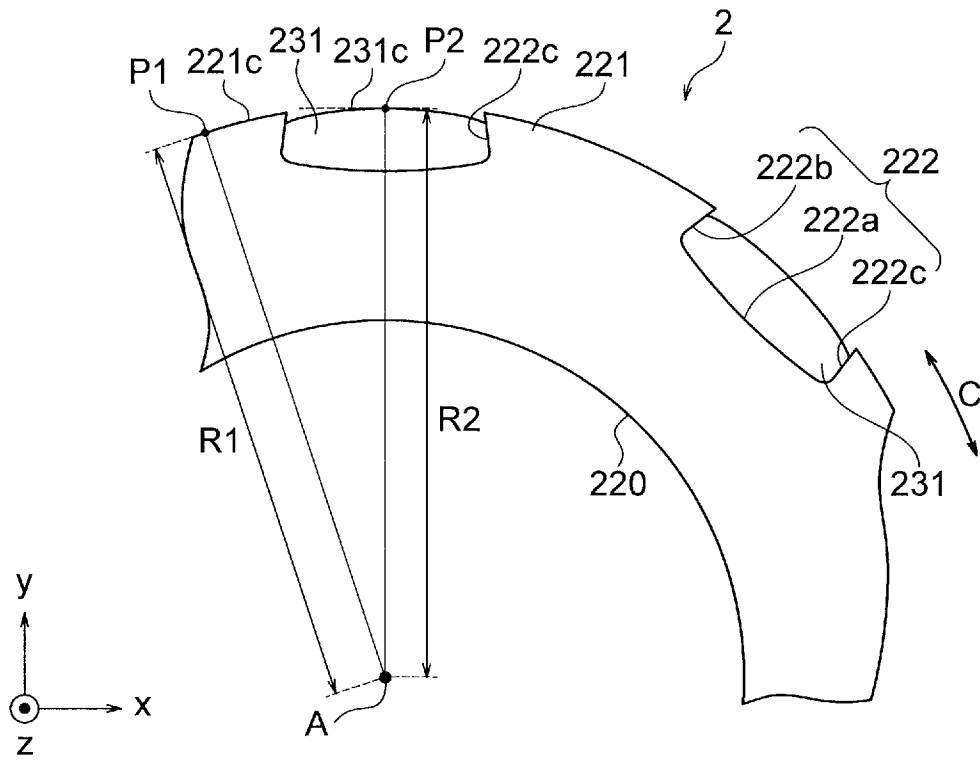
[図12]



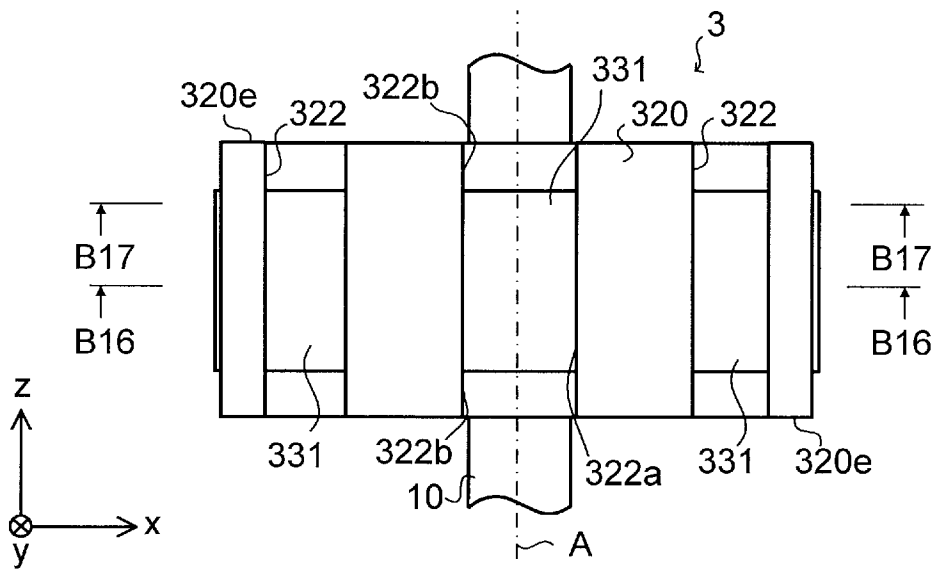
[図13]



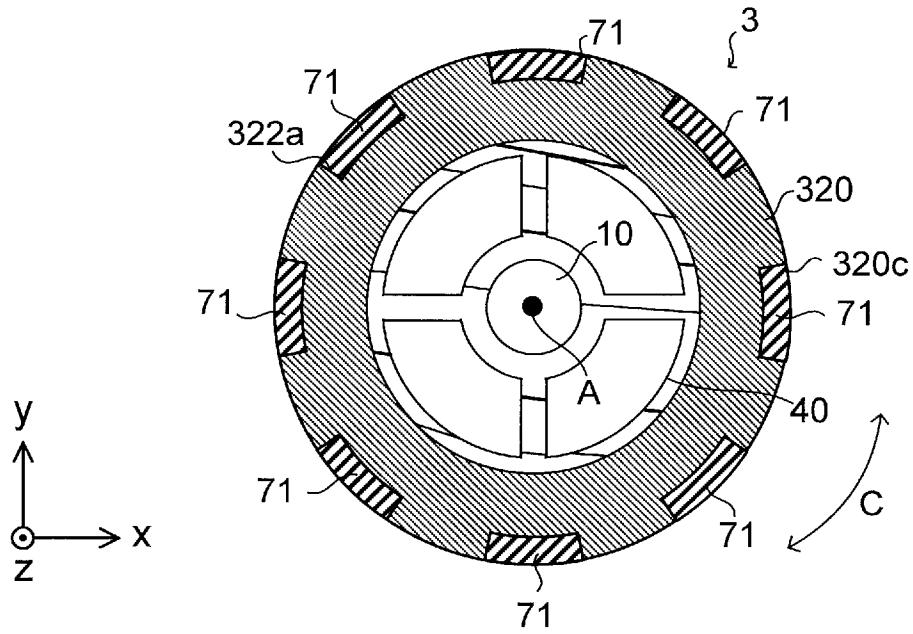
[図14]



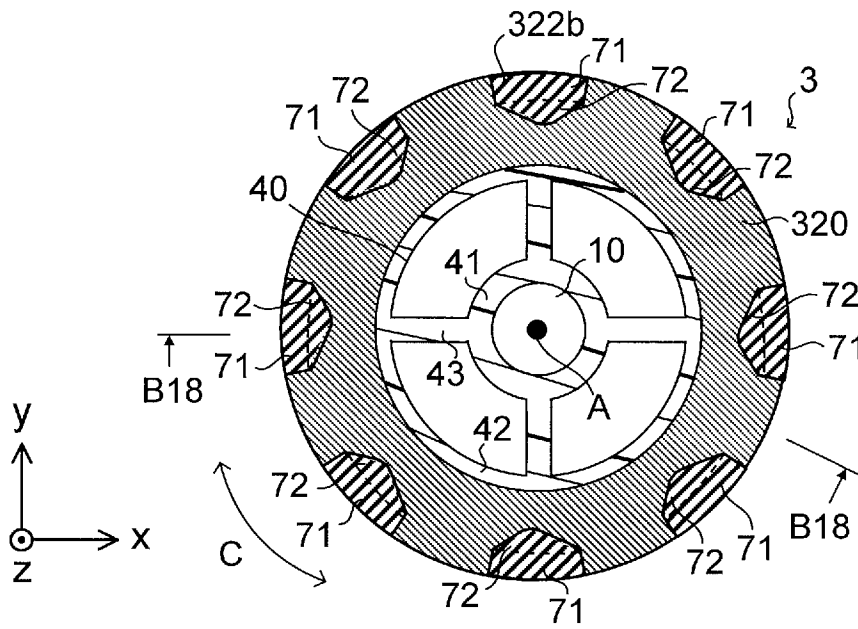
[図15]



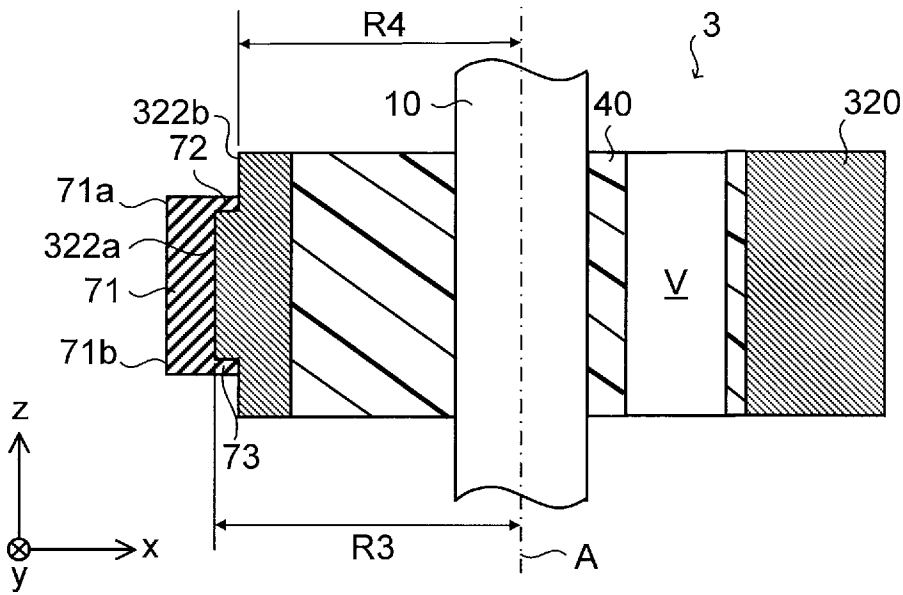
[図16]



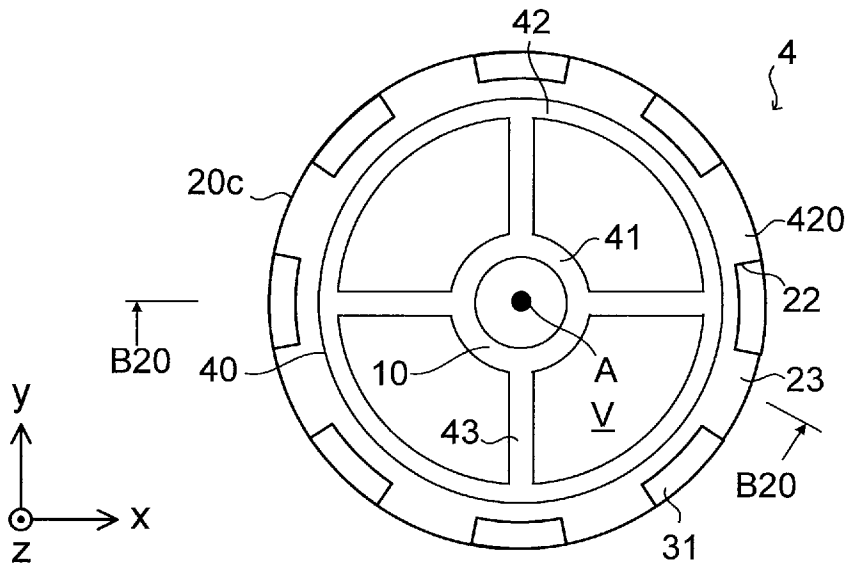
[図17]



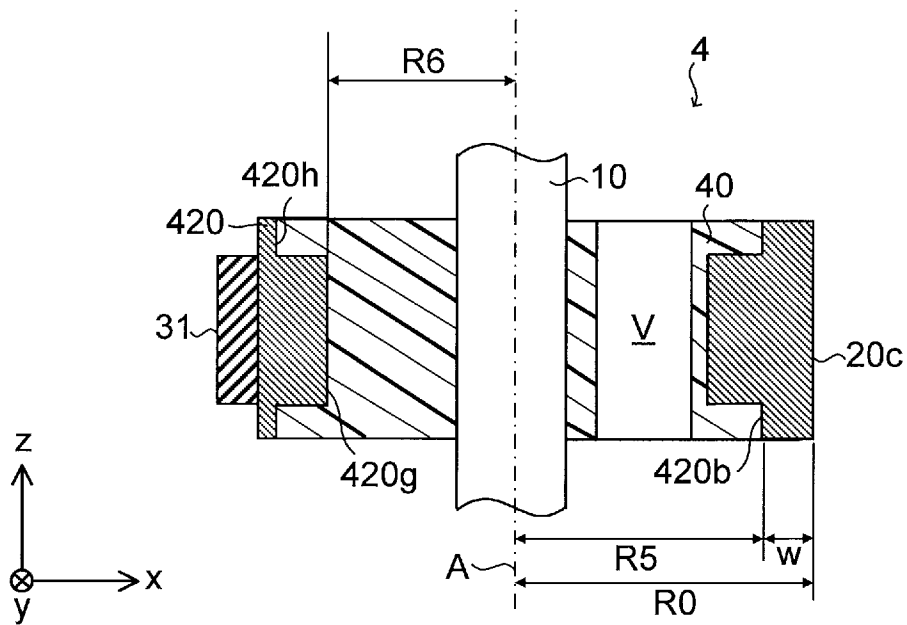
[図18]



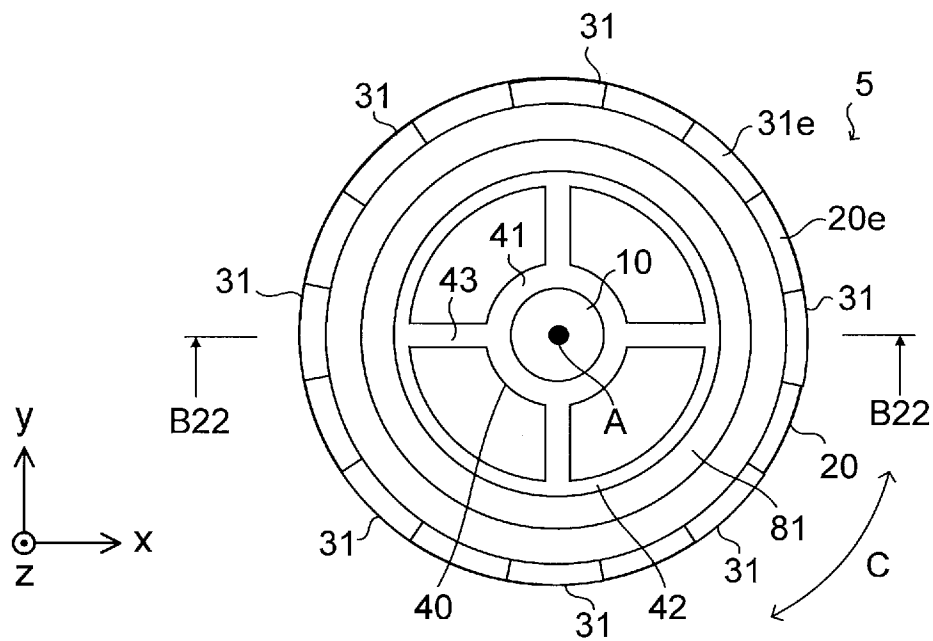
[図19]



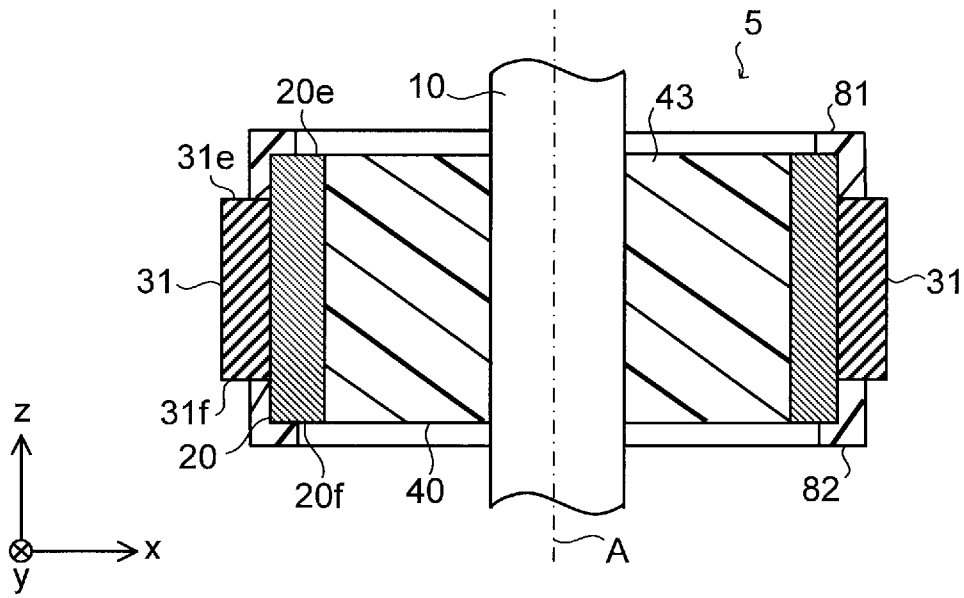
[図20]



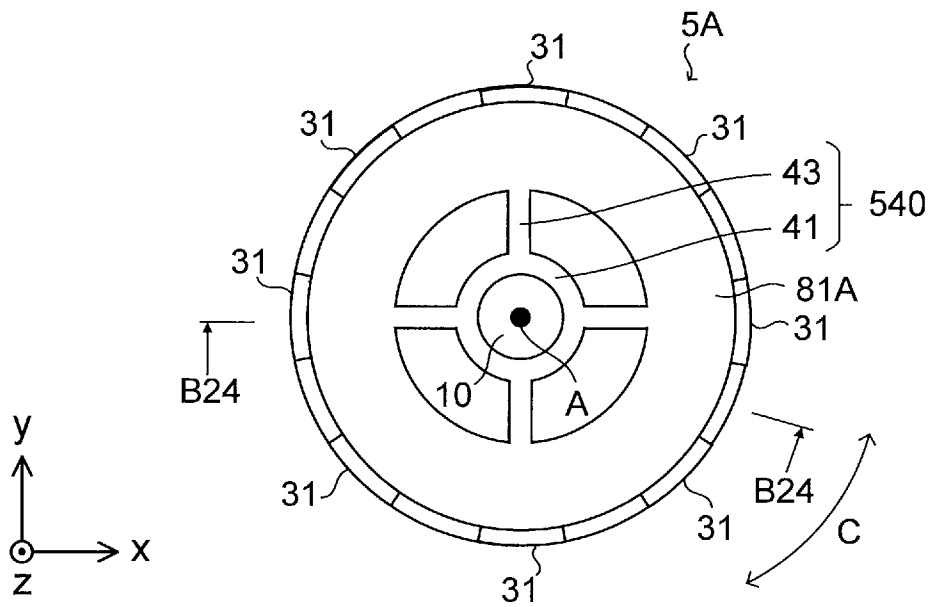
[図21]



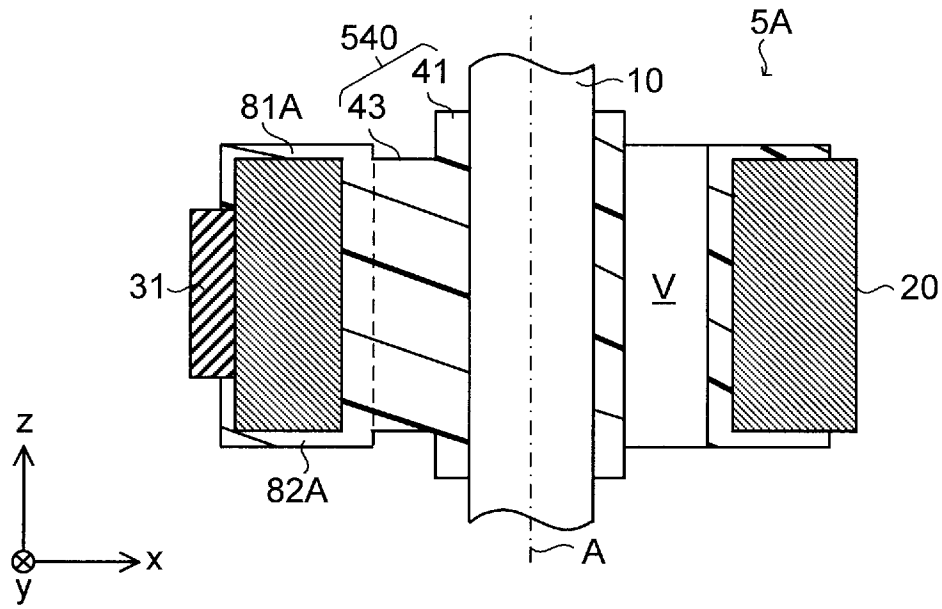
[図22]



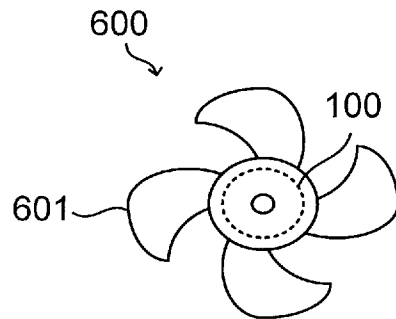
[図23]



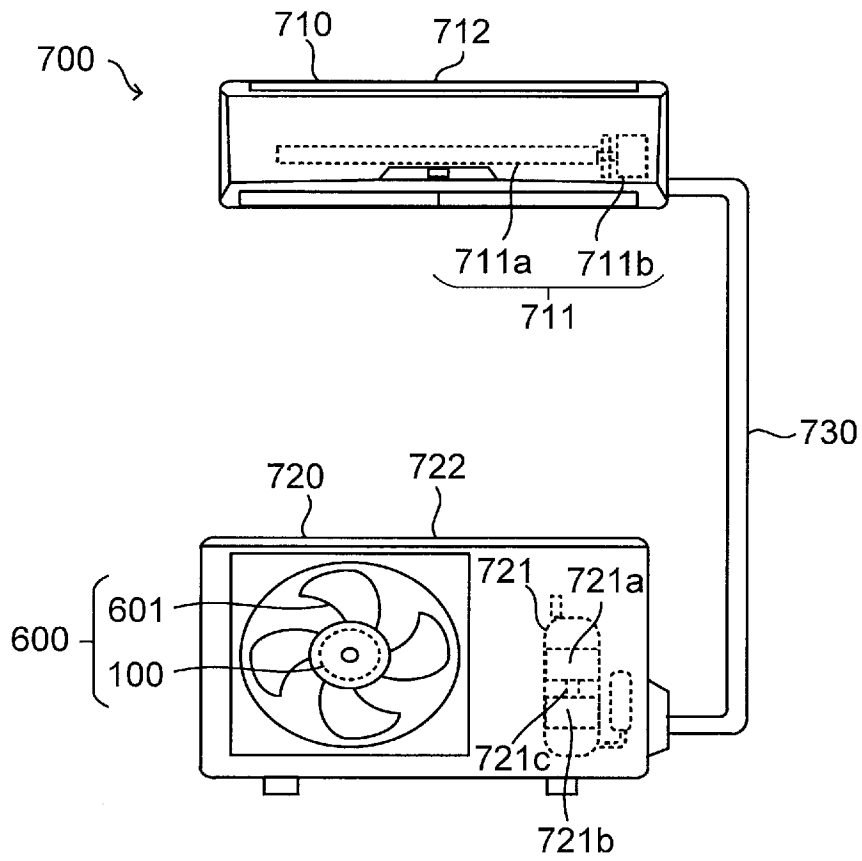
[図24]



[図25]



[図26]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2022/002861

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER		
H02K 1/2733 (2022.01)i; H02K 1/2783 (2022.01)i FI: H02K1/2733; H02K1/2783		
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) H02K1/2733; H02K1/2783		
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 1971-2022 Registered utility model specifications of Japan 1996-2022 Published registered utility model applications of Japan 1994-2022		
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	WO 2021/192236 A1 (MITSUBISHI ELECTRIC CORP.) 30 September 2021 (2021-09-30) paragraphs [0009]-[0169], fig. 1-36	1- 3, 5-18
Y		3-18
Y	JP 2018-74765 A (PANASONIC INTELLECTUAL PROPERTY MANAGEMENT CO., LTD.) 10 May 2018 (2018-05-10) fig. 6	3-18
Y	JP 2016-219607 A (NAKAGAWA ELECTRIC IND. CO., LTD.) 22 December 2016 (2016-12-22) paragraphs [0012]-[0020], fig. 1-9	4-18
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> 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 11 April 2022		Date of mailing of the international search report 26 April 2022
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/JP2022/002861

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
WO	2021/192236	A1	30 September 2021	(Family: none)	
JP	2018-74765	A	10 May 2018	CN 108023418	A
JP	2016-219607	A	22 December 2016	(Family: none)	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） H02K 1/2733(2022.01)i; H02K 1/2783(2022.01)i FI: H02K1/2733; H02K1/2783		
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）） H02K1/2733; H02K1/2783 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 - 2022年 日本国実用新案登録公報 1996 - 2022年 日本国登録実用新案公報 1994 - 2022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	WO 2021/192236 A1（三菱電機株式会社）30.09.2021（2021 - 09 - 30） 段落0009-0169, 図1-36	1- 3, 5-18
Y		3-18
Y	JP 2018-74765 A（パナソニックIPマネジメント株式会社）10.05.2018（2018 - 05 - 10） 図6	3-18
Y	JP 2016-219607 A（中川電化産業株式会社）22.12.2016（2016 - 12 - 22） 段落0012-0020, 図1-9	4-18
<input type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input checked="" type="checkbox"/> 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 11.04.2022	国際調査報告の発送日 26.04.2022	
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/JP2022/002861

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
WO 2021/192236 A1	30.09.2021	(ファミリーなし)	
JP 2018-74765 A	10.05.2018	CN 108023418 A	
JP 2016-219607 A	22.12.2016	(ファミリーなし)	