

(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 6 月 1 日(01.06.2017)

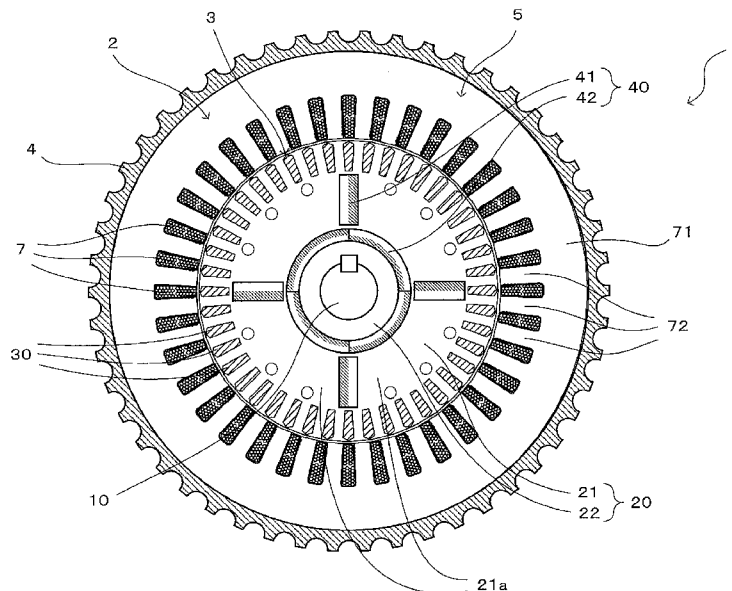


(10) 国際公開番号  
**WO 2017/090159 A1**

- (51) 国際特許分類:  
*H02K 1/27* (2006.01) *H02K 21/46* (2006.01)  
*H02K 17/26* (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2015/083258
- (22) 国際出願日: 2015 年 11 月 26 日(26.11.2015)
- (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: 株式会社安川電機(KABUSHIKI KAISHA YASKAWA DENKI) [JP/JP]; 〒8060004 福岡県北九州市八幡西区黒崎城石 2 番 1 号 Fukuoka (JP).
- (72) 発明者: 野中 剛(NONAKA Tuyoshi); 〒8060004 福岡県北九州市八幡西区黒崎城石 2 番 1 号 株式会社安川電機内 Fukuoka (JP). 平山 雅之(HIRAYAMA Masayuki); 〒8060004 福岡県北九州市八幡西区黒崎城石 2 番 1 号 株式会社安川電機内 Fukuoka (JP).
- (74) 代理人: 益田 博文, 外(MASUDA Hirofumi et al.); 〒1100015 東京都台東区東上野 1-7-1 3 東上野上村ビル 2 階 Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, 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).
- 添付公開書類:  
— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

(54) Title: ROTARY ELECTRIC MACHINE

(54) 発明の名称: 回転電機



(57) Abstract: [Problem] To increase driving torque during synchronous operation, and to increase starting torque. [Solution] A rotary electric machine 1 is configured to have a rotor 3 and a stator 2 provided with stator winding wires 7, wherein: the rotor 3 has a rotor iron core 20, multiple permanent magnets 40 disposed on the rotor iron core 20, and multiple secondary conductors 30 which are disposed radially outside the plurality of permanent magnets 40 of the rotor iron core 20 and through which an induced current flows as a result of slipping with respect to a rotating magnetic field of the stator 2; and field magnetic fluxes that are generated by the plurality of permanent magnets 40 and that are interlinked with the stator winding wires 7 change.

(57) 要約:

[続葉有]

WO 2017/090159 A1



---

【課題】 起動トルク及び同期運転時の駆動トルクを増大する。 【解決手段】 固定子巻線 7 を備えた固定子 2 と回転子 3 とを有する回転電機 1 であって、回転子 3 は、回転子鉄心 20 と、回転子鉄心 20 に配置された複数の永久磁石 40 と、回転子鉄心 20 の複数の永久磁石 40 よりも径方向外側に配置され、固定子 2 の回転磁界とのすべりにより誘導電流が流れる複数の二次導体 30 と、を有し、複数の永久磁石 40 による固定子巻線 7 に鎖交する界磁磁束が変化するように構成される。

## 明 細 書

**発明の名称：** 回転電機

**技術分野**

[0001] 開示の実施形態は、回転電機に関する。

**背景技術**

[0002] 特許文献 1 には、回転子鉄心に 2 次導体と永久磁石を備えた電動機が記載されている。

**先行技術文献**

**特許文献**

[0003] 特許文献 1：特開平 6－284660 号公報

**発明の概要**

**発明が解決しようとする課題**

[0004] 上記従来技術のように誘導型と同期型の両方の構成を備えた回転電機においては、二次導体での誘導電流の磁束と永久磁石の磁束が相互に影響し合うことにより、起動トルク及び同期運転時の駆動トルクが不足するという課題があった。

[0005] 本発明はこのような問題点に鑑みてなされたものであり、起動トルク及び同期運転時の駆動トルクを増大することが可能な回転電機を提供することを目的とする。

**課題を解決するための手段**

[0006] 上記課題を解決するため、本発明の一の観点によれば、巻線を備えた固定子と回転子とを有する回転電機であって、前記回転子は、回転子鉄心と、前記回転子鉄心に配置された複数の永久磁石と、前記回転子鉄心の前記複数の永久磁石よりも径方向外側に配置され、前記固定子の回転磁界とのすべりにより誘導電流が流れる複数の二次導体と、を有し、前記複数の永久磁石による前記巻線に鎖交する界磁磁束が変化するように構成される回転電機が適用される。

[0007] また、本発明の別の観点によれば、巻線を備えた固定子と回転子とを有する回転電機であって、前記回転子は、回転子鉄心と、前記回転子鉄心に配置された複数の永久磁石と、前記回転子鉄心の前記複数の永久磁石よりも径方向外側に配置され、前記固定子の回転磁界とのすべりにより誘導電流が流れる複数の二次導体と、前記複数の永久磁石による前記巻線に鎖交する界磁磁束を変化させる手段と、を有する回転電機が適用される。

### 発明の効果

[0008] 本発明によれば、騒音振動の抑制と、起動トルク及び同期運転時の駆動トルクの増大が可能となる。

### 図面の簡単な説明

[0009] [図1]第1実施形態の回転電機の構成の一例を表す軸方向断面図である。

[図2]図1中の矢視Ⅰ－Ⅰ断面で見た軸直交断面図である。

[図3]図2中の回転子を拡大した図である。

[図4]負荷トルクが小さい場合の回転子における磁束経路の一例を示す図である。

[図5]負荷トルクが中程度の場合の回転子における磁束経路の一例を示す図である。

[図6]負荷トルクが大きい場合の回転子における磁束経路の一例を示す図である。

[図7]図1中の矢視Ⅴ－Ⅴ断面で見た低速運転時の相対角度規制機構の構成の一例を表す径方向断面図である。

[図8]高速運転時の相対角度規制機構の構成の一例を表す径方向断面図である。

[図9]回転電機を作動させた際の回転速度に対する駆動トルクの変化の一例を表す図である。

[図10]磁極部周囲における各部の配置関係と寸法設定の詳細の一例を示す図である。

[図11]その他のスロットコンビネーションの一例を示す図である。

[図12]第2実施形態の回転電機全体の構成の一例を表す軸直交断面図である。

[図13]図12中の回転子を拡大した図である。

[図14]低速度運転時の回転子における磁束経路の一例を示す図である。

[図15]高速度運転時の回転子における磁束経路の一例を示す図である。

### 発明を実施するための形態

[0010] 以下、実施形態について図面を参照しつつ説明する。

[0011] <1. 第1実施形態>

まず、第1実施形態について説明する。

[0012] (1-1. 回転電機における固定子と回転子の構成)

まず、図1～図3を参照しつつ、本実施形態に係る回転電機の固定子と回転子の構成の一例について説明する。図1は本実施形態の回転電機の軸方向断面の一例を示しており、図2は図1中の矢視Ⅰ-Ⅰ断面で見た回転電機の軸直交断面の一例を示しており、図3は図2中の回転子だけを拡大して示している。

[0013] これら図1～図3に示すように、本実施形態の回転電機1は、略円筒状の固定子2と、シャフト10を備えた回転子3とを有する。

[0014] 回転電機1は、固定子2の内部に回転子3が配置された、いわゆるインナーロータ型のモータである。なお、回転電機1は発電機として使用されてもよい。回転電機1は、回転子3の回転子鉄心20に二次導体30と永久磁石40を備えており、誘導型と同期型の両方の構成を備えたSIM (Synchronous Induction Motor) である。さらに、本実施形態の回転電機1は、界磁磁束を変化させる可変界磁型の構成も備えている。

[0015] 固定子2は、略円筒状のフレーム4の内周に固定されている。フレーム4の負荷側(図1中右側)には、負荷側ブラケット11が設けられている。フレーム4の反負荷側(図1中左側)には、反負荷側ブラケット13が設けられている。これら負荷側ブラケット11と反負荷側ブラケット13は、図示

しないボルトによりフレーム 4 に固定されている。また、固定子 2 は、固定子鉄心 5 と固定子巻線 7 とを有する。

[0016] なお、本明細書において「負荷側」とは回転電機 1 に対して負荷が取り付けられる方向、すなわちこの例ではシャフト 10 が突出する方向（図 1 中右側）を指し、「反負荷側」とは負荷側の反対方向（図 1 中左側）を指す。

[0017] 固定子鉄心 5 は、フレーム 4 の内周に固定された略円筒形状のヨーク部 71 と、ヨーク部 71 から内周側に突出した複数（図示の例では 36 個）のティース部 72 とを備える。

[0018] 固定子巻線 7（巻線の一例）は、周方向に隣り合う 2 つのティース部 72 の間のスロットに装着されている。この固定子巻線 7 に対して例えば 3 相交流電力を外部から給電することで、固定子鉄心 5 には軸心 A X 周りに磁極が回転する回転磁界が発生する。

[0019] 回転子 3 は、固定子 2 の内周面と径方向に磁気的空隙を介して対向するように、固定子 2 の内部に配置されている。この回転子 3 は、略円筒状の第 1 回転子鉄心 21 と、第 1 回転子鉄心 21 の径方向内側に第 1 回転子鉄心 21 に対し同軸で相対回転可能に配置された第 2 回転子鉄心 22 と、第 2 回転子鉄心 22 の径方向内側に同軸となるよう固定されたシャフト 10 とを備えている。シャフト 10 は、負荷側ブラケット 11 及び反負荷側ブラケット 13 にそれぞれ設置された軸受 14 により軸心 A X 周りに回転自在に支持されている。また回転子 3 は、複数の二次導体 30（図示の例では 44 個）と、複数（図示の例では 8 個）の永久磁石 40 とを備える。他にも、回転子 3 は相対角度規制機構 50 を備えているが、この相対角度規制機構 50 の構成と機能については後に詳述する。

[0020] なお、上記「同軸」は厳密な意味ではなく、設計上、製造上の公差、誤差等が許容される。すなわち、「実質的に同軸」という意味である。また、本明細書において「軸方向」は上記軸心 A X の方向であり、「径方向」は軸心 A X を中心とする半径方向であり、「周方向」は軸心 A X を中心とする周方向、言い換えるとシャフト 10 の回転方向である。

[0021] 回転子鉄心20は、軸方向長さが固定子鉄心5とほぼ等しくなるように形成されている。また、第1回転子鉄心21は、固定子2に対し軸心AX周りに回転可能であると共に、シャフト10、第2回転子鉄心22、及び後述の複数の第2永久磁石42に対し軸心AX周りに相対回転可能である。ただし、後述する相対角度規制機構50の機能により、第2回転子鉄心22に対する第1回転子鉄心21の相対回転が許容される回転速度域と回転角度範囲が規制されている。

[0022] 回転子3が備えるこの例の8個の永久磁石40のうちの4個は、第1回転子鉄心21の内部に配置された第1永久磁石41であり、第1回転子鉄心21の回転と共に回転する。すなわち、回転子3は、複数の第1永久磁石41が第1回転子鉄心21に埋め込まれた、いわゆるIPM（Internal Permanent Magnet）型の同期モータに用いる回転子としての構成を備えている。また、4個の第1永久磁石41は、具体的には、回転方向に隣り合う第1永久磁石41の同じ磁極同士（N極同士又はS極同士）が互いに回転方向に対向するように、第1回転子鉄心21の内部に軸心AXを中心とした放射状に配置されている。

[0023] また、第1回転子鉄心21の内部において、4個の第1永久磁石41で回転方向に区画された4箇所の各領域が、磁極部21aを構成する。

[0024] 第2回転子鉄心22は、シャフト10と共に回転する。第1回転子鉄心21の内周面と径方向に対向する第2回転子鉄心22の外周表面には、第1回転子鉄心21に構成された複数の磁極部21aと同数、つまりこの例では4個の第2永久磁石42が設けられている。これら第2永久磁石42は、それぞれ径方向に向かう極性が回転方向に沿って交互に異なる（N極→S極→N極→S極→・・・となる）ように、等間隔で設置されている。なお、第2永久磁石42を複数個設ける以外にも、1つの円筒形状の第2永久磁石に対して回転方向で異なる極性（磁極）を持たせるよう着磁させた構成とすることも可能である（図示省略）。

[0025] 複数の二次導体30は、それぞれ非磁性かつ導電性を有する材料（例えば

アルミニウム)で構成された棒状部材であり、第1回転子鉄心21の内部において上記第1永久磁石41よりも径方向外周側で周方向に等間隔で配置されている。この例では、各二次導体30は軸直交断面で見て径方向に長い略五角形に形成されており、それぞれの負荷側及び反負荷側の端部同士が円環状の側板51, 52(後に詳述)を介して連結されている。具体的には、各二次導体30の負荷側(図1中右側)の端部同士が第1負荷側側板51を介して連結され、相互に電氣的に導通している。また、各二次導体30の反負荷側(図1中左側)の端部同士が第1反負荷側側板52を介して連結され、相互に電氣的に導通している。すなわち、回転子3は、全体がかご形状の二次導体30を有する、いわゆるかご型の誘導電動機に用いる回転子としての構成を備えている。

[0026] なお、本明細書における「等間隔」は厳密な意味ではなく、設計上、製造上の公差、誤差等が許容される。すなわち、「実質的に等間隔」という意味である。

[0027] (1-2. SIMモータの特徴)

ここで、汎用モータなどの一般的な回転電機における作動原理の種類としては、主に誘導電流の磁束を利用した誘導型と、永久磁石の磁束を利用した同期型がある。

[0028] 誘導型の場合は、固定子2の回転磁界とのすべりにより回転子3の二次導体30に誘導電流が流れ、その誘導電流により生じる磁束と上記回転磁界との間で駆動トルク(以下、誘導トルクという)が得られる。このような誘導型の回転電機においては、インバータなどの高価な駆動制御装置を用いずとも商用交流電力を直接給電するだけで停止時からの自起動が可能であり、滑らかな加速性能が得られる。しかしその一方で、上記のすべりに起因して安定動作時の駆動トルクが小さく効率が低い。

[0029] また同期型の場合は、固定子2の回転磁界と回転子3に設けた永久磁石40からの界磁磁束との間で駆動トルク(以下、磁石トルクという)が得られる。このような同期型の回転電機においては、安定動作時に高い駆動トルク

と高い効率が得られる一方、インバータなどの高価な駆動制御装置がなければ停止時からの自起動ができない。この同期型の回転電機が駆動制御装置によらず所定周波数に固定された交流電力で同期運転を開始するためには、別途の手段により回転子3を一定以上の慣性速度で回転させて固定子2の回転磁界との同期を得る必要がある。

[0030] 近年では、回転子鉄心20に二次導体30と永久磁石40を備えた、つまり誘導型と同期型の両方の構成を備えたSIMが提案されている。このSIMは、回転子3が二次導体30を備えていることで、誘導型と同様に商用交流電力を直接給電するだけで停止時からの自起動が可能となる。また、SIMは、回転子3が永久磁石を備えていることで、回転子3を一定以上の慣性速度で回転させた際に回転磁界と同期させた同期駆動が可能となる。

[0031] しかしながら、永久磁石40の磁束が二次導体30における誘導電流とその磁束の発生に影響を与えるため、誘導型としての起動トルク（誘導トルク）が低下するとともに起動加速中において騒音と振動が発生する場合がある。また、この問題を回避するために永久磁石40の着磁強度を弱めると、同期駆動した際の駆動トルク（磁石トルク）が低下してしまう。つまり、二次導体30での誘導電流の磁束と永久磁石40の磁束が相互に影響し合うため、SIMにおける誘導型と同期型の利点を両立することが難しいという課題があった。

[0032] これに対し本実施形態では、SIM構成の回転子3が、複数の永久磁石40による固定子2の固定子巻線7に鎖交する界磁磁束（言い換えると、永久磁石40から生じる磁束のうち回転子3の外周側に放出される分の磁束）が変化するように構成されている。これにより、起動時（誘導運転時）の起動トルク（誘導トルク）に対する永久磁石40の磁束の影響を抑制できるとともに、同期運転時における永久磁石40の磁束による駆動トルク（磁石トルク）を増大させることが可能となる。この詳細について、以下に順次説明する。

[0033] （1－3．負荷トルクの大小に応じて界磁磁束と磁石トルクが変化する

原理)

図4～図6を参照しつつ、負荷トルクの大小に応じて界磁磁束が変化する原理の一例について説明する。図4は、負荷トルクが小さい状態を示している。この状態では、第1回転子鉄心21は、第2回転子鉄心22に対し、互いに極性が異なる磁極部21aと第2永久磁石42とが径方向に正対する角度位置で、それらの磁気吸引力によって保持されている。この状態では、磁極部21a（第1永久磁石41）の磁束のほとんどはそれより径方向内側に位置する第2永久磁石42に短絡するため、回転子3の外周側へ放出される分の磁束、つまり固定子2の固定子巻線7に鎖交する界磁磁束は最小となる。このため、固定子2に回転磁界を発生させても回転子3には磁石トルクがほとんど生じない。

[0034] またこの際には、第1永久磁石41と第2永久磁石42の磁束のほとんどが二次導体30より径方向内側の流通経路で循環するため、二次導体30に流れる誘導電流とその磁束に対する影響が最も抑制される。このため、固定子2に回転磁界を発生させた場合には、当該回転磁界と回転子3の間のすべりによる誘導トルクが最も効果的に発生する。

[0035] なお、本明細書においては、第1回転子鉄心21と第2回転子鉄心22とが上記図4に示した相対角度の配置状態、すなわち互いに極性が異なる磁極部21aと第2永久磁石42とが径方向に正対する状態における界磁磁束の状態を、界磁磁束が「最小」であるという。

[0036] 図5は、負荷トルクが増大する途中の状態を示している。第1回転子鉄心21は、負荷トルクが増大に応じて、第2回転子鉄心22との相対角度が磁気吸引力に抗して増大する（図5に示す例では時計回り方向に略45°）。この状態では、磁極部21aと第2永久磁石42との極性が一致する部分が増え、第1永久磁石41から第2永久磁石42へ短絡する磁束が少なくなる。このため、第2永久磁石42により磁極部21aの極性が強められるようになるので、回転子3の外周側へ放出される分の界磁磁束が増大する。このため、固定子2に回転磁界を発生させた場合には、上記図4の状態と比較し

て磁石トルクが増大する。

[0037] 図6は、負荷トルクがさらに増大した状態を示している。この状態では、第1回転子鉄心21と第2回転子鉄心22とが磁気吸引力に抗して相対角度をさらに増大し、磁極部21aと第2永久磁石42との極性が一致する角度位置となっている。磁極部21aから第2永久磁石42へ短絡する磁束がほとんどなくなり、磁極部21aの磁束は第2永久磁石42によりさらに強められるので、回転子3の外周側へ放出される分の界磁磁束は最大となる。このため、固定子2に回転磁界を発生させた場合には、磁石トルクが最も効果的に発生する。

[0038] なお、本明細書においては、第1回転子鉄心21と第2回転子鉄心22とが上記図6に示した相対角度の配置状態、すなわち磁極部21aと第2永久磁石42との極性が一致する状態における界磁磁束の状態を、界磁磁束が「最大」であるという。

[0039] (1-4. 相対角度規制機構の構成と機能)

回転電機1は、上述した第1回転子鉄心21と第2回転子鉄心22との相対角度の変動範囲を、上記図4～図6に示したような第2永久磁石42の磁極ピッチ（この例では略90°）以下の角度範囲に規制する相対角度規制機構50を備えている。また、この相対角度規制機構50は、回転子3の回転速度に応じて誘導トルクと磁石トルクを切り替える機能も有している。

[0040] 図7は、上記図1中の矢視V11-V11断面で見た相対角度規制機構50の軸直交断面の一例を示している。図1と図7において、第1回転子鉄心21の負荷側の端部及び反負荷側の端部には、それぞれ円環状の第1負荷側側板51及び第1反負荷側側板52が、シャフト10と同軸となるように装着されている。なお、これら第1負荷側側板51（第1プレートの一例）及び第1反負荷側側板52（第1プレートの一例）は、ボルト55の貫通によって第1回転子鉄心21に固定されている。また、第2回転子鉄心22の負荷側の端部及び反負荷側の端部には、それぞれ円環状の第2負荷側側板53（第2プレートの一例）及び第2反負荷側側板54（第2プレートの一例）

が、シャフト 10 と同軸となるように装着されている。なお、これら第 2 負荷側側板 53 及び第 2 反負荷側側板 54 は、それぞれ負荷側ブラケット 11 及び反負荷側ブラケット 13 に支持された軸受 14 の内輪に接触して軸方向に支持され、またそれぞれキー 15 によりシャフト 10 に対して相対回転不能に固定されている。これにより、第 1 負荷側側板 51 及び第 1 反負荷側側板 52 は、第 1 回転子鉄心 21 の回転と共に回転すると共に、シャフト 10、第 2 回転子鉄心 22、第 2 負荷側側板 53、及び第 2 反負荷側側板 54 に対し軸心 A-X 周りに相対回転可能である。

[0041] 図 7 に示すように、径方向で対向している第 1 負荷側側板 51 の内周面と第 2 負荷側側板 53 の外周面とは、所定の距離 D で離間している。第 1 負荷側側板 51 の内周面には、径方向内側に向けて突出した複数（この例では 4 つ）の第 1 突起部 56 が回転方向に等間隔な配置で設けられている。各第 1 突起部 56 の内周側先端は、第 2 負荷側側板 53 の外周面に対し狭い隙間を介して径方向に対向している。また第 2 負荷側側板 53 の外周面には、径方向外側に向けて突出した複数（この例では 4 つ）の第 2 突起部 57 が回転方向に等間隔な配置で設けられている。各第 2 突起部 57 の外周側先端は、第 1 負荷側側板 51 の内周面に対し相対回転可能に接触している。

[0042] この例では、第 1 突起部 56 と第 2 突起部 57 がそれぞれ同数ずつ回転方向で同じ角度間隔（略 90° 間隔）で設けられており、互いに径方向で重複する配置関係にある。つまり、第 1 突起部 56 と第 2 突起部 57 が同じ径方向位置で回転方向に交互に配置されている。このため、各第 1 突起部 56 は、それぞれの回転方向両側に位置する 2 つの第 2 突起部 57 と周方向で接触可能であり、その間に相対回転する角度範囲で第 2 負荷側側板 53 に対する第 1 負荷側側板 51 の相対角度の変動範囲が規制される。すなわち、これら第 1 負荷側側板 51 と第 2 負荷側側板 53 が相対角度規制機構 50 を構成し、第 1 回転子鉄心 21 と第 2 回転子鉄心 22 との相対角度の変動範囲を規制する。

[0043] このような第 1 回転子鉄心 21 と第 2 回転子鉄心 22 との相対角度の変動

範囲は、第1突起部56と第2突起部57の個数や配置角度間隔、及びそれぞれの回転方向の厚み寸法の設定で調整できる。この相対角度の変動範囲を上記の磁極部21aや第2永久磁石42の磁極ピッチ以下に調整し回転方向の位相を合わせることで、上記図4～図6に示した界磁磁束と磁石トルクの変化が可能になる。

[0044] また本実施形態では、各第1突起部56の内部にそれぞれ可動堰部58を備えている。この可動堰部58は、全体が永久磁石（第3永久磁石の一例）で構成され、第1突起部56の内部で径方向に移動可能に設けられている。回転子3が所定の回転速度より低い低速回転時には、可動堰部58がそれ自体の磁気吸引力によって第1突起部56の内周側先端から突出し第2負荷側側板53の外周面に接触する。また、回転子3が所定の回転速度より高い高速回転時には、可動堰部58がそれ自体の遠心力によって第1突起部56の内部に引き込まれ第2負荷側側板53の外周面から離間する。

[0045] また図7に示すように、回転方向で隣り合う2つの第2突起部57の間で第1負荷側側板51の内周面と第2負荷側側板53の外周面の間には閉ざされた空間のチャンバ59が形成されている。なお上記図1に示すように、このチャンバ59は、第1負荷側側板51と第2負荷側側板53の間に挟まれて軸方向にも閉ざされている。本実施形態では4つのチャンバ59が設けられており、各第1突起部56が各チャンバ59内を回転方向に移動可能となっている。各チャンバ59には例えばグリス60などの潤滑性のある非圧縮性流体が満たされており、各第1突起部56がチャンバ59内を移動する際には当該第1突起部56の内周側先端と第2負荷側側板53の外周面との間の隙間がオリフィスとなって当該第1突起部56の回転方向両側の空間どうしの中でグリス60が流通する。

[0046] なお、本明細書でいう「非圧縮性流体」とは、外部から力が作用しても流体の体積がほぼ変化せず密度がほぼ一定であり、圧縮や膨張の影響を実質的に無視できる流体のことをいう。

[0047] そして、図7に示すように、上記可動堰部58が第2負荷側側板53の外

周面に接触している状態では、チャンバ５９が周方向に区画されてグリス６０の流通が遮断されるため、チャンバ５９内において第１突起部５６が回転方向に移動できなくなる。つまり、回転子３が所定の回転速度より低い低速回転時には、第１回転子鉄心２１が第２回転子鉄心２２に対して相対回転できずに保持される。

[0048] また、図８に示すように上記可動堰部５８が第２負荷側側板５３の外周面から離間している状態では、第１突起部５６の回転方向両側の空間どうしの間でグリス６０が流通するため、チャンバ５９内における第１突起部５６の回転方向の移動が許容される。つまり、回転子３が所定の回転速度より高い高速回転時には、第２回転子鉄心２２に対する第１回転子鉄心２１の相対回転が許容される。このような相対回転の固定と許容を切り替える回転子３の回転速度は、可動堰部５８を構成する永久磁石の着磁強度と重量の設定等により調整できる。

[0049] そして本実施形態では、回転子３の停止時において、上記図４に示す第１回転子鉄心２１と第２回転子鉄心２２の相対角度の配置関係と、上記図７に示す第１負荷側側板５１と第２負荷側側板５３の相対角度の配置関係を両立するよう相対角度規制機構５０の回転方向の位相が設定されている。そして回転子３が所定回転速度より高い高速回転時には、相対角度規制機構５０が上記図８に示すように、第２負荷側側板５３に対する第１負荷側側板５１の時計回り方向の相対回転を許容する。この際には、相対角度規制機構５０が、上記図４→図５→図６の順での第２回転子鉄心２２に対する第１回転子鉄心２１の時計回り方向の相対回転を許容する。

[0050] なお、以上では、負荷側において相対角度規制機構５０を構成する第１負荷側側板５１及び第２負荷側側板５３について説明したが、反負荷側において相対角度規制機構５０を構成する第１反負荷側側板５２及び第２反負荷側側板５４についても、上記と同等の構成であるため、説明を省略する。

[0051] (１－５．回転速度に対する駆動トルクの変化)

図９は、本実施形態の回転電機１を作動させた際の回転速度（回転数）に

対する駆動トルクの変化の一例を示している。図9を参照して回転電機1の作動工程を説明する。

[0052] まず回転子3の停止時（回転速度＝0）には、上述したように相対角度規制機構50によって、第1回転子鉄心21が第2回転子鉄心22に対し上記図4に示した相対角度の配置状態で固定され、磁極部21a及び第2永久磁石42から回転子3の外周側へ放出される分の界磁磁束が最小となる。このため、固定子2に回転磁界を発生させても回転子3には磁石トルクがほとんど発生せず、その代わりに誘導トルクが最も効果的に発生する。つまり停止時には当該回転電機1がほぼ誘導型電動機として機能し、周波数が固定された商用交流電力を直接給電するだけで誘導トルクのみによる大きな起動トルクが得られる。この起動トルクが負荷トルク（特に図示せず）より十分大きい場合には、円滑な自起動が可能となる。

[0053] なお、上記界磁磁束が「最小」の状態とは、第1回転子鉄心21と第2回転子鉄心22とが上記図4に示した相対角度の配置状態、すなわち互いに極性が異なる磁極部21aと第2永久磁石42とが径方向に正対する状態における、界磁磁束の状態をいう。

[0054] そして起動後においても、回転電機1は誘導型電動機としての機能を維持したまま回転速度を増速し、特定回転速度（図9に示す例では例えば約 $1200\text{ min}^{-1}$ ）で最も大きい停動トルクを得た後に誘導トルクが0となる同期速度（図9に示す例では例えば約 $1800\text{ min}^{-1}$ ）まで増速する。この増速中の間には、永久磁石40の磁束が誘導運転に対してほとんど影響を与えないため、騒音と振動を抑えた円滑な加速が可能となる。そして通常の誘導型電動機と同様に、停動トルク回転速度から同期速度回転速度までの間の安定速度領域内で誘導トルクと負荷トルクとの釣り合いにより回転速度が安定する。

[0055] ここで本実施形態の回転電機1では、この安定速度領域内に第1回転子鉄心21と第2回転子鉄心22の間の相対回転の固定と許容を切り替える回転速度（図9に示す例では例えば約 $1720\text{ min}^{-1}$ ）を設定する。負荷トル

クが小さく、回転子 3 の回転速度が上記の切り替え回転速度 ( $1720 \text{ min}^{-1}$ ) を超えた際には、可動堰部 58 が第 2 負荷側側板 53 の外周面から離間してチャンバ 59 内のグリス 60 の流通を許容し、第 1 回転子鉄心 21 と第 2 回転子鉄心 22 の間の相対回転が許容される。

[0056] この時点では、回転子 3 が同期速度近くの十分な慣性速度で回転し、誘導トルクが十分に低くなっていると同時に、上記図 4～図 6 の工程を経て負荷トルクにより磁石トルクが増大するため、磁石トルクによる同期運転への移行が円滑に行われる。そして同期速度での同期運転時には、固定子 2 の回転磁界と回転子 3 とのすべりがなくなるため誘導トルクがほとんど発生せず、その代わりに磁石トルクが最も効果的に発生して高い駆動トルクと高い効率で駆動が可能となる。

[0057] また同期運転時に外部からの電力の給電を停止した際には、駆動トルクが発生しない惰性運転となり、回転子 3 は負荷トルクに対して無負荷状態となる。このため、上記の切り替え回転速度 (図 9 に示す例の  $1720 \text{ min}^{-1}$ ) まで減速する間に、磁極部 21a と第 2 永久磁石 42 の間の斥力及び吸引力によって、上記図 6→図 5→図 4 の工程順で第 1 回転子鉄心 21 が第 2 回転子鉄心 22 に対して反時計回り方向に相対回転する。そして、上記の切り替え回転速度 (図 9 に示す例の  $1720 \text{ min}^{-1}$ ) 以下では、上記図 4 の相対角度の配置関係で固定されたまま減速、停止する。

[0058] なお、本実施形態における第 1 永久磁石 41 を備えた第 1 回転子鉄心 21 と、第 1 回転子鉄心 21 の径方向内側に配置され第 1 回転子鉄心 21 と相対回転可能な、第 2 永久磁石 42 を備えた第 2 回転子鉄心 22 とが、複数の永久磁石による巻線に鎖交する界磁磁束を変化させる手段の一例に相当する。

[0059] (1-6. 各部の配置関係と寸法設定の詳細)

図 10 は、回転子 3 における 1 つの磁極部 21a とその周辺を拡大して示している。図 10 に示すように、複数の二次導体 30 が第 1 永久磁石 41 の径方向外側で回転方向に等間隔で配置されている。本実施形態では、これらのうち各第 1 永久磁石 41 に最も近い二次導体 30 は、当該第 1 永久磁石 4

1 と周方向中心が略一致するように配置されている。このように第 1 永久磁石 4 1 と周方向で重複する配置の非磁性体の二次導体 3 0 は、当該第 1 永久磁石 4 1 の外周側端部における磁極部 2 1 a 間の磁束の短絡を防ぐいわゆるフラックスバリアとして機能する。一方で、誘導運転時において当該二次導体 3 0 の周囲にも誘導電流による磁束の流通経路を確保するために、第 1 永久磁石 4 1 と二次導体 3 0 は径方向で完全に接触させず、ある程度の隙間を介して離間させるように配置されている。

[0060] また、同期運転時において各磁極部 2 1 a から固定子 2 へ向けて放出される界磁磁束に対し、その間に配置されている全ての二次導体 3 0 がフラックスバリアとして上記放出を遮ることがないように、二次導体 3 0 の間隔寸法 W を適切に設定する必要がある。このためには、1 つの磁極部 2 1 a から放出し得る最大の界磁磁束量に対し、当該磁極部 2 1 a の内周角範囲に存在する二次導体 3 0 の間の周方向間隔で通過可能な磁束量がより大きくなるよう寸法設定すればよい。

[0061] ここで、1 つの磁極部 2 1 a で発生し得る最大磁束総量は、当該磁極部 2 1 a を囲む 2 つの第 1 永久磁石 4 1 それぞれの径方向寸法  $M_r$  と、1 つの第 2 永久磁石 4 2 の周方向寸法  $M_c$  の合計寸法  $(2 M_r + M_c)$  に比例する。また、1 つの磁極部 2 1 a に対応して二次導体 3 0 間の周方向隙間が N 箇所（この例では 1 1 箇所）存在するとした場合、それら周方向隙間の離間距離 W の合計寸法  $(N \times W)$  が界磁磁束の通過幅寸法となる。そして回転子鉄心 2 0 に用いられる一般的な電磁鋼板の飽和磁束密度（約 1.7）を考慮して、

$$N \times W > 0.5 \times (2 \times M_r + M_c)$$

の関係を満たすよう二次導体 3 0 間の離間距離 W を設定するのが好ましい。

[0062] また一方で、起動時の誘導トルクを十分確保するには二次導体 3 0 の周方向幅を十分に確保する必要がある、すなわち二次導体 3 0 の周方向隙間の離間距離 W の合計寸法  $(N \times W)$  の上限として、

$$0.8 \times (2 \times M_r + M_c) > N \times W$$

の関係を満たすよう二次導体 30 間の離間距離  $W$  を設定するのが好ましい。

[0063] (1-7. 第 1 実施形態による効果)

以上説明した本実施形態の回転電機 1 では、誘導型と同期型の両方の構成を備える回転子 3 が、複数の永久磁石 40 による固定子 2 の固定子巻線 7 に鎖交する界磁磁束が変化するように構成される。これにより、起動時における誘導トルクの発生に対する永久磁石 40 の磁束の影響が抑制されるとともに、同期運転時における磁石トルクの駆動トルクを増大させることが可能となる。そして、一度同期運転が開始されると回転磁界に対する回転子 3 のすべりがなくなるため、磁石トルクに対する誘導トルクの影響が低減される。この結果、S I Mにおいて騒音振動の抑制と、起動トルク及び同期運転時の駆動トルクが増大が可能となり、誘導型と同期型の利点を両立することが可能となる。

[0064] また、本実施形態では特に、回転子 3 が、回転数に応じて複数の永久磁石 40 の配置（第 1 永久磁石 41 と第 2 永久磁石 42 との相対配置）を変更するように構成されている。これにより、電氣的な制御によらず比較的単純な機械的構造によって回転子 3 における界磁磁束の変化が実現可能となる。

[0065] また、本実施形態では特に、回転子 3 が、停止時では界磁磁束を最小とし、所定回転速度（上記図 9 に示す例での  $1720 \text{ min}^{-1}$ ）より高い高速回転時では停止時よりも界磁磁束を増加させるように構成される。これにより、回転子 3 の停止時には永久磁石 40 の磁束による誘導トルクへの影響を最小とし、起動トルクとしての誘導トルクを最大に得ることができる。また、回転子 3 が所定回転速度より高い高速回転時には、停止時よりも磁石トルクを増大させて同期運転時の駆動トルクを増大できる。そして、回転子 3 がこの所定回転速度より高い十分な慣性速度を得た際には、負荷トルクの大きさによらず固定子 2 の回転磁界と同期して同期運転を開始できる。この同期運転の際には、固定子 2 の回転磁界と回転子 3 の間ですべりがなくなるため、誘導トルクはほとんど発生せずに回転子 3 がほぼ磁石トルクだけで駆動される。

[0066] また、本実施形態では特に、第1回転子鉄心21と、第1回転子鉄心21の径方向内側に配置され第1回転子鉄心21と相対回転可能な第2回転子鉄心22と、同じ磁極が周方向に対向するように第1回転子鉄心21の内部に放射状に配置された複数の第1永久磁石41と、複数の第1永久磁石41により第1回転子鉄心21に構成される複数の磁極部21aと同数の磁極を備え、磁極が周方向に沿って交互に異なるように第2回転子鉄心22の外周に配置された少なくとも1つの第2永久磁石42と、を有する。このような構成により、上記図4～図6に示したように各永久磁石40の磁束の流通経路が変更され、負荷トルクの大小に応じた界磁磁束と磁石トルクの変化が可能になる。

[0067] また、本実施形態では特に、複数の二次導体30は、非磁性体で構成され、第1永久磁石41と周方向で重複する位置に配置された二次導体30を含んでいる。これにより、第1永久磁石41と周方向で重複する非磁性体の二次導体30は、当該第1永久磁石41の外周側端部における磁極部21a間の磁束の短絡を防ぐいわゆるフラックスバリアとして機能する。

[0068] また、本実施形態では特に、複数の二次導体30は、第1回転子鉄心21において周方向に等間隔で配置され、1つの磁極部21aに対応する複数の二次導体30の間の周方向の離間距離の合計( $N \times W$ )は、1つの磁極部21aを囲む2つの第1永久磁石41それぞれの径方向寸法 $M_r$ と1つの第2永久磁石42の周方向寸法 $M_c$ の合計( $2M_r + M_c$ )の半分より大きく設定されている。これにより、回転子鉄心20に用いられる一般的な電磁鋼板の飽和磁束密度(約1.7)を考慮して、複数の二次導体30の間における磁束飽和を回避でき、第1永久磁石41と第2永久磁石42の磁束を界磁磁束として有効利用できる。

[0069] また、本実施形態では特に、回転子3は、第1回転子鉄心21と第2回転子鉄心22との相対角度の変動範囲を、第2永久磁石42の磁極ピッチ以下の角度範囲に規制する相対角度規制機構50を有する。これにより、回転子3の負荷トルクが増大し続けても、各磁極部21aのそれぞれにおいて同じ

極性の第2永久磁石42が同じ周方向位置に保持される。この状態では、永久磁石40の界磁磁束の量が最大となり、つまり磁石トルクが最大となる。

[0070] また、本実施形態では特に、相対角度規制機構50は、第1回転子鉄心21の軸方向の少なくとも一方側端部に固定された第1負荷側側板51と、第1負荷側側板51において径方向内側に向けて突出した少なくとも1つの第1突起部56と、第2回転子鉄心22の軸方向の少なくとも一方側端部に固定された第2負荷側側板53と、第2負荷側側板53において径方向外側に向けて突出し、第1突起部56と周方向で接触可能な少なくとも1つの第2突起部57と、を有する。この構成により、相対角度規制機構50は、比較的単純な機械的構造で第1回転子鉄心21と第2回転子鉄心22との相対角度の変動範囲を規制できる。

[0071] また、本実施形態では特に、相対角度規制機構50は、第1負荷側側板51の内周面と、第2負荷側側板53の外周面との間に形成され、内部に非圧縮性流体を満たしたチャンバ59と、第1突起部56の内部で径方向に移動することでチャンバ59を周方向に区画可能な可動堰部58と、を有する。これにより、可動堰部58がチャンバ59を周方向に区画した際には、相対角度規制機構50が回転子3の負荷トルクによらず第1回転子鉄心21と第2回転子鉄心22との相対角度を変動しないように保持する。また、可動堰部58がチャンバ59内のグリス60を周方向で流通（開口）させた際には、相対角度規制機構50が回転子3の負荷トルクによる第1回転子鉄心21と第2回転子鉄心22との相対角度の変動を許容する。また本実施形態では、第1突起部56の内周側先端と第2負荷側側板53の外周面との間の狭い隙間がオリフィスとなって当該第1突起部56の回転方向両側の空間どうしの中でグリス60を流通させる。これにより、第1回転子鉄心21と第2回転子鉄心22が相対回転可能となっている際に負荷トルクに大きな変動が生じた場合でも、チャンバ全体がダンパとして機能し負荷トルクの変動による衝撃を吸収できる。

[0072] また、本実施形態では特に、可動堰部58は、永久磁石で構成され、回転

子 3 が所定回転速度より低い低速回転時では、第 2 負荷側側板 5 3 の外周面に接触してチャンバ 5 9 を周方向に区画する。また、回転子 3 が所定回転速度より高い高速回転時では、第 2 負荷側側板 5 3 の外周面から離間してチャンバ 5 9 を周方向に連通させる。これにより、回転子 3 が所定回転速度より低い低速回転時では、可動堰部 5 8 がその磁気吸引力で第 2 プレーットの外周面に接触し、チャンバ 5 9 を周方向に区画する。この状態では、相対角度規制機構 5 0 が回転子 3 の負荷トルクによらず第 1 回転子鉄心 2 1 と第 2 回転子鉄心 2 2 との相対角度を変動しないように保持する。つまり、回転子 3 が停止時を含む低速回転時であれば負荷トルクによらず、起動トルクとしての誘導トルクを最大に確保できる。

[0073] また、回転子 3 が所定回転速度より高い高速回転時では、可動堰部 5 8 がその遠心力により第 2 プレーットの外周面から離間し、チャンバ 5 9 を周方向で流通させる。この状態では、相対角度規制機構 5 0 が回転子 3 の負荷トルクによる第 1 回転子鉄心 2 1 と第 2 回転子鉄心 2 2 との相対角度の変動を許容する。つまり、回転子 3 が高速回転時であって負荷トルクが高い場合には、低負荷トルク時よりも磁石トルクを増大させて同期運転時の駆動トルクが増大する。

[0074] (1-8. 第 1 実施形態の変形例)

上記第 1 実施形態の例では、回転電機 1 は、固定子 2 側で固定子巻線 7 が収容されるスロットを 36 個備え、回転子 3 側で磁極部 2 1 a を 4 箇所、二次導体 3 0 を 44 個備えていた。つまり、誘導型として見れば 44 P 36 S のスロットコンビネーション構成となり、同期型として見れば 4 P 36 S のスロットコンビネーション構成となっている。

[0075] その他のスロットコンビネーションの一例を図 11 に示す。図 11 に示す回転子 3 A では、二次導体 3 0 の設置数が 28 個であり、誘導型で見て 28 P 36 S のコンビネーションスロット構成となっている（同期型では 4 P 36 S のまま）。これらのスロットコンビネーション構成に共通している点は、二次導体 3 0 の数とスロットの数を相違させている点である。これにより

、回転電機 1 の設計の自由度を向上できる。例えば図 1 1 に示す回転子 3 A のように、二次導体 3 0 の数をスロット数よりも少なくすることで、二次導体 3 0 の周方向の離間距離を大きくできるので、界磁磁束を増大した状態において、磁束が第 1 回転子鉄心 2 1 内の磁極間で短絡することを容易に防止できる。

[0076] < 2. 第 2 実施形態 >

次に、第 2 実施形態について説明する。なお、第 2 実施形態では、主として上記第 1 実施形態と異なる部分について説明する。また、上記第 1 実施形態と実質的に同一の機能を有する構成要素は、原則として同一の符号で表し、これらの構成要素についての重複説明は、適宜省略する。

[0077] ( 2 - 1. 回転電機の構成 )

まず、図 1 2、図 1 3 を参照しつつ、本実施形態の回転電機 1 A の構成の一例について説明する。図 1 2 は、上記図 2 に対応する本実施形態の回転電機 1 A の軸直交断面の一例を示しており、図 1 3 は図 1 2 中の回転子 3 B だけを拡大して示している。なお、図 1 2、図 1 3 中に示す回転電機 1 A の各構成の状態は、回転速度が小さい場合に対応する。

[0078] まず図 1 2 において、固定子 2 の構成は上記第 1 実施形態と同一であり、回転子 3 B の構成が上記第 1 実施形態と相違している。図 1 3 に示すように、本実施形態における回転子 3 B は、略円筒状の回転子鉄心 2 3 と、回転子鉄心 2 3 の中心に同軸となるよう固定されたシャフト 1 0 A と、複数の二次導体 3 0 ( 図示の例では 4 4 個 ) と、複数 ( 図示の例では 8 個 ) の永久磁石 4 0 とを備える。なお、特に図示しないが、本実施形態では回転子 3 B は極数に対応した相対角度規制機構 5 0 を備えていることは第 1 実施形態と同様である。

[0079] 本実施形態では、シャフト 1 0 A は上記第 1 実施形態のシャフト 1 0 よりも大きな外径で形成された非磁性体の軸体であり、回転子鉄心 2 3 はこのシャフト 1 0 A と共に回転する。回転子 3 B が備える複数の永久磁石 4 0 のうちの 4 個は、回転子鉄心 2 3 の内部に放射状に固定配置された第 4 永久磁石

44である。その他の4個の永久磁石40は、周方向において各第4永久磁石44の間に放射状に配置され、第4永久磁石44よりも径方向内側に移動可能に配置された第5永久磁石45である。本実施形態では、第4永久磁石44と第5永久磁石45のそれぞれの径方向長さが略同じであり、周方向に隣り合う第4永久磁石44と第5永久磁石45とは、同じ磁極が周方向に対向するように配置されている。第5永久磁石45は、そのほぼ全体がシャフト10Aの内部に入り込む内周側位置から、第4永久磁石44と同じ径方向位置まで移動可能であり、それぞれコイルバネ16（弾性部材の一例）によって径方向内側に向けて押圧されている。

[0080] (2-2. 回転速度に応じて界磁磁束と磁石トルクが変化する原理)

図14、図15を参照しつつ、回転速度に応じて界磁磁束が変化する原理の一例について説明する。図14は、停止時を含めて回転速度が小さい状態を示している。この低速運転状態では、第4永久磁石44との間の斥力とコイルバネ16による押圧力によって第5永久磁石45が第4永久磁石44よりも径方向内側の位置（シャフト10Aの内部）に保持される。この状態では、第5永久磁石45の磁束は非磁性体のシャフト10Aの内部で循環し、第4永久磁石44のほとんどの磁束が周方向に沿った経路を介して隣り合う第4永久磁石44の間で循環し、これら永久磁石40から発生する界磁磁束の量が最小となる。これにより、回転子3Bの停止時には起動トルクとしての誘導トルクが最大に得られる。

[0081] なお、上記界磁磁束が「最小」の状態とは、第4永久磁石44と第5永久磁石45とが上記図14に示した配置状態、すなわち第5永久磁石45が径方向内側に移動して周方向に隣り合う第4永久磁石同士の間を実質的に位置しない状態における、界磁磁束の状態をいう。

[0082] そして回転子3Bの回転速度が所定速度を超えた高速運転時には、図15に示すように、第5永久磁石45がそれ自体に負荷される遠心力によって第4永久磁石44との斥力とコイルバネ16の押圧力に抗して外周側へ移動する。その結果、第5永久磁石45は第4永久磁石44と径方向で重複する位

置に位置することになる。この配置変更過程では、上記停止時の場合と比較して各永久磁石 4 0 の磁束の流通経路が変更され、第 4、第 5 永久磁石 4 4, 4 5 からの界磁磁束の量が増大する。つまり、周方向に隣り合う第 4 永久磁石 4 4 と第 5 永久磁石 4 5 の間の領域が磁極部 2 3 a として構成され、各磁極部 2 3 a から回転子 3 B の外周側に放出する界磁磁束が増大する。これにより、回転子 3 B の高速回転時には、停止時よりも磁石トルクを増大させて同期運転時の駆動トルクが増大する。

[0083] 第 5 永久磁石 4 5 が外周側へ移動し始める上記の所定速度は、コイルバネ 1 6 の弾性係数や第 5 永久磁石 4 5 自体の質量（遠心力）及び第 4、第 5 永久磁石 4 4, 4 5 の磁化強度（斥力）等により調整できる。そしてこの所定速度を、上記図 9 に示した誘導運転の安定速度領域内に設定することで、上記第 1 実施形態と同様に誘導運転と同期運転の円滑な切り替えが可能となる。

[0084] (2-3. 第 2 実施形態による効果)

以上説明した本実施形態の回転電機 1 A では、回転子鉄心 2 3 に放射状に固定配置された複数の第 4 永久磁石 4 4 と、周方向において複数の第 4 永久磁石 4 4 の間に放射状に配置され、第 4 永久磁石 4 4 よりも径方向内側に移動可能に配置された複数の第 5 永久磁石 4 5 と、を有する。また、第 4 永久磁石 4 4 と第 5 永久磁石 4 5 とは、同じ磁極が周方向に対向するように配置されている。このような構成により、上記図 1 4、図 1 5 に示したように各永久磁石 4 0 の磁束の流通経路が変更され、回転速度に応じた界磁磁束と磁石トルクの変化が可能になる。

[0085] また、本実施形態では特に、複数の第 5 永久磁石 4 5 は、回転子 3 B が所定回転速度（例えば図 9 における  $1720 \text{ min}^{-1}$ ）より低い低速回転時には複数の第 4 永久磁石 4 4 よりも径方向内側に位置する。そして、回転子 3 B が上記所定回転速度より高い高速回転時には、複数の第 5 永久磁石 4 5 が複数の第 4 永久磁石 4 4 と径方向で重複する位置に位置する。これにより、上記所定回転速度を基準として磁束の通過経路とトルク種類の変更が可能と

なり、同期運転を円滑に開始できる。

[0086] また、本実施形態では特に、回転子 3 B は、複数の第 5 永久磁石 4 5 をそれぞれ径方向内側に押圧する複数のコイルバネ 1 6 を有する。この構成において、コイルバネ 1 6 の弾性係数を調整することで、回転速度に応じた第 5 永久磁石 4 5 の径方向位置の調整が可能となる。これにより、回転速度に応じた磁石トルクの調整が可能となり、誘導トルクと磁石トルクとの切り替えを行う所定回転速度の調整も当該回転電機 1 A の製造時で可能となる。なお、この所定回転速度の調整は、他にも設計段階での第 5 永久磁石 4 5 の質量（遠心力）と第 4、第 5 永久磁石 4 4, 4 5 の磁化強度（斥力）等によっても調整可能である。

[0087] なお、以上の説明において、外観上の寸法や大きさ、形状、位置等が「同じ」「等しい」等の記載がある場合は、当該記載は厳密な意味ではない。すなわち、それら「同じ」「等しい」とは、設計上、製造上の公差、誤差が許容され、「実質的に同じ」「実質的に等しい」という意味である。

[0088] また、以上既に述べた以外にも、上記各実施形態や各変形例による手法を適宜組み合わせて利用してもよい。その他、一々例示はしないが、上記各実施形態や各変形例は、その趣旨を逸脱しない範囲内において、種々の変更が加えられて実施されるものである。

## 符号の説明

|        |             |                               |
|--------|-------------|-------------------------------|
| [0089] | 1, 1 A      | 回転電機                          |
|        | 2           | 固定子                           |
|        | 3, 3 A, 3 B | 回転子                           |
|        | 5           | 固定子鉄心                         |
|        | 7           | 固定子巻線（巻線の一例）                  |
|        | 10, 10 A    | シャフト                          |
|        | 16          | コイルバネ（弾性部材の一例）                |
|        | 20          | 回転子鉄心（第 1 回転子鉄心、第 2 回転子鉄心の一例） |

|       |                                              |
|-------|----------------------------------------------|
| 2 1   | 第 1 回転子鉄心                                    |
| 2 1 a | 磁極部                                          |
| 2 2   | 第 2 回転子鉄心                                    |
| 2 3   | 回転子鉄心                                        |
| 2 3 a | 磁極部                                          |
| 3 0   | 二次導体                                         |
| 4 0   | 永久磁石（第 1 永久磁石、第 2 永久磁石、第 4 永久磁石、第 5 永久磁石の一例） |
| 4 1   | 第 1 永久磁石                                     |
| 4 2   | 第 2 永久磁石                                     |
| 4 4   | 第 4 永久磁石                                     |
| 4 5   | 第 5 永久磁石                                     |
| 5 0   | 相対角度規制機構                                     |
| 5 1   | 第 1 負荷側側板（第 1 プレートの一例）                       |
| 5 2   | 第 1 反負荷側側板（第 1 プレートの一部の一例）                   |
| 5 3   | 第 2 負荷側側板（第 2 プレートの一部の一例）                    |
| 5 4   | 第 2 反負荷側側板（第 2 プレートの一部の一例）                   |
| 5 6   | 第 1 突起部                                      |
| 5 7   | 第 2 突起部                                      |
| 5 8   | 可動堰部                                         |
| 5 9   | チャンバ                                         |
| 6 0   | グリス（非圧縮性流体の一例）                               |

## 請求の範囲

- [請求項1] 巻線を備えた固定子と回転子とを有する回転電機であって、  
前記回転子は、  
回転子鉄心と、  
前記回転子鉄心に配置された複数の永久磁石と、  
前記回転子鉄心の前記複数の永久磁石よりも径方向外側に配置され、  
前記固定子の回転磁界とのすべりにより誘導電流が流れる複数の二次導体と、を有し、  
前記複数の永久磁石による前記巻線に鎖交する界磁磁束が変化するように構成される  
ことを特徴とする回転電機。
- [請求項2] 前記回転子は、  
回転数に応じて前記複数の永久磁石の配置を変更するように構成される  
ことを特徴とする請求項1記載の回転電機。
- [請求項3] 前記回転子は、  
停止時では前記界磁磁束を最小とし、所定回転数より高い高速回転時では前記停止時よりも前記界磁磁束を増加させるように構成される  
ことを特徴とする請求項1又は2に記載の回転電機。
- [請求項4] 前記回転子鉄心は、  
第1回転子鉄心と、  
前記第1回転子鉄心の前記径方向内側に配置され、前記第1回転子鉄心と相対回転可能な第2回転子鉄心と、を有し、  
前記複数の永久磁石は、  
同じ磁極が周方向に対向するように前記第1回転子鉄心の内部に放射状に配置された複数の第1永久磁石と、  
前記複数の第1永久磁石により前記第1回転子鉄心に構成される複数の磁極部と同数の磁極を備え、前記磁極が前記周方向に沿って交互

に異なるように前記第2回転子鉄心の外周に配置された少なくとも1つの第2永久磁石と、を有する

ことを特徴とする請求項1乃至3のいずれか1項に記載の回転電機。

[請求項5]

前記複数の二次導体は、

非磁性体で構成され、

前記第1永久磁石と前記周方向で重複する位置に配置された前記二次導体を含む

ことを特徴とする請求項4記載の回転電機。

[請求項6]

前記複数の二次導体は、

前記第1回転子鉄心において前記周方向に等間隔で配置され、

1つの前記磁極部に対応する複数の前記二次導体の間の前記周方向の離間距離の合計は、前記1つの磁極部を囲む2つの第1永久磁石のそれぞれの径方向寸法と1つの第2永久磁石の周方向寸法の合計の半分より大きくなるように設定されている

ことを特徴とする請求項4又は5記載の回転電機。

[請求項7]

前記回転子は、

前記第1回転子鉄心と前記第2回転子鉄心との相対角度の変動範囲を、前記第2永久磁石の磁極ピッチ以下の角度範囲に規制する相対角度規制機構を有する

ことを特徴とする請求項4乃至6のいずれか1項に記載の回転電機。

[請求項8]

前記相対角度規制機構は、

前記第1回転子鉄心の軸方向の少なくとも一方側端部に固定された第1プレートと、

前記第1プレートにおいて径方向内側に向けて突出した少なくとも1つの第1突起部と、

前記第2回転子鉄心の軸方向の少なくとも前記一方側端部に固定された第2プレートと、

前記第2プレートにおいて径方向外側に向けて突出し、前記第1突

起部と前記周方向で接触可能な少なくとも1つの第2突起部と、  
を有することを特徴とする請求項7記載の回転電機。

[請求項9] 前記相対角度規制機構は、  
前記第1プレートの内周面と、前記第2プレートの外周面との間に  
形成され、内部に非圧縮性流体を満たしたチャンバと、  
前記第1突起部の内部で径方向に移動することで前記チャンバを前  
記周方向に区画可能な可動堰部と、  
を有することを特徴とする請求項8記載の回転電機。

[請求項10] 前記可動堰部は、  
第3永久磁石で構成され、  
前記回転子が所定回転数より低い低速回転時では前記第2プレート  
の外周面に接触して前記チャンバを前記周方向に区画し、  
前記回転子が前記所定回転数より高い高速回転時では前記第2プレ  
ートの外周面から離間して前記チャンバを前記周方向に連通させる  
ことを特徴とする請求項9記載の回転電機。

[請求項11] 前記複数の永久磁石は、  
前記回転子鉄心に放射状に固定配置された複数の第4永久磁石と、  
周方向において前記複数の第4永久磁石の間に放射状に配置され、  
前記第4永久磁石よりも径方向内側に移動可能に配置された複数の第  
5永久磁石と、を有し、  
前記第4永久磁石と前記第5永久磁石とは、同じ磁極が前記周方向  
に対向するように配置されている  
ことを特徴とする請求項1乃至3のいずれか1項に記載の回転電機。

[請求項12] 前記複数の第5永久磁石は、  
前記回転子が所定回転数より低い低速回転時では前記複数の第4永  
久磁石よりも径方向内側に位置し、  
前記回転子が前記所定回転数より高い高速回転時では前記複数の第  
4永久磁石と径方向で重複する位置に位置する

ことを特徴とする請求項 1 1 記載の回転電機。

[請求項13]

前記回転子は、

前記複数の第 5 永久磁石をそれぞれ前記径方向内側に向けて押圧する複数の弾性部材を有する

ことを特徴とする請求項 1 1 又は 1 2 記載の回転電機。

[請求項14]

前記複数の二次導体は、

非磁性体で構成され、

前記第 4 永久磁石と前記周方向で重複する位置に配置された前記二次導体を含む

ことを特徴とする請求項 1 1 乃至 1 3 のいずれか 1 項に記載の回転電機。

[請求項15]

前記固定子は、

前記巻線が収容される複数のスロットを備えた固定子鉄心を有し、

前記複数の二次導体の数は、

前記スロットの数と異なる

ことを特徴とする請求項 1 乃至 1 4 のいずれか 1 項に記載の回転電機。

[請求項16]

巻線を備えた固定子と回転子とを有する回転電機であって、

前記回転子は、

回転子鉄心と、

前記回転子鉄心に配置された複数の永久磁石と、

前記回転子鉄心の前記複数の永久磁石よりも径方向外側に配置され、前記固定子の回転磁界とのすべりにより誘導電流が流れる複数の二次導体と、を有し、

前記複数の永久磁石による前記巻線に鎖交する界磁磁束が変化するように構成されており、

前記回転子鉄心は、

第 1 回転子鉄心と、

前記第 1 回転子鉄心の前記径方向内側に配置され、前記第 1 回転子鉄心と相対回転可能な第 2 回転子鉄心と、を有し、

前記複数の永久磁石は、

同じ磁極が周方向に対向するように前記第 1 回転子鉄心の内部に放射状に配置された複数の第 1 永久磁石と、

前記複数の第 1 永久磁石により前記第 1 回転子鉄心に構成される複数の磁極部と同数の磁極を備え、前記磁極が前記周方向に沿って交互に異なるように前記第 2 回転子鉄心の外周に配置された少なくとも 1 つの第 2 永久磁石と、を有し、

前記複数の二次導体は、

前記第 1 回転子鉄心において前記周方向に等間隔で配置され、

1 つの前記磁極部に対応する複数の前記二次導体の間の前記周方向の離間距離の合計は、前記 1 つの磁極部を囲む 2 つの第 1 永久磁石のそれぞれの径方向寸法と 1 つの第 2 永久磁石の周方向寸法の合計の半分より大きくなるように設定されている

ことを特徴とする回転電機。

[請求項17]

巻線を備えた固定子と回転子とを有する回転電機であって、

前記回転子は、

回転子鉄心と、

前記回転子鉄心に配置された複数の永久磁石と、

前記回転子鉄心の前記複数の永久磁石よりも径方向外側に配置され、前記固定子の回転磁界とのすべりにより誘導電流が流れる複数の二次導体と、を有し、

前記複数の永久磁石による前記巻線に鎖交する界磁磁束が変化するように構成されており、

前記複数の永久磁石は、

前記回転子鉄心に放射状に固定配置された複数の第 4 永久磁石と、

周方向において前記複数の第 4 永久磁石の間に放射状に配置され、

前記第4永久磁石よりも径方向内側に移動可能に配置された複数の第5永久磁石と、を有し、

前記第4永久磁石と前記第5永久磁石とは、同じ磁極が前記周方向に対向するように配置されており、

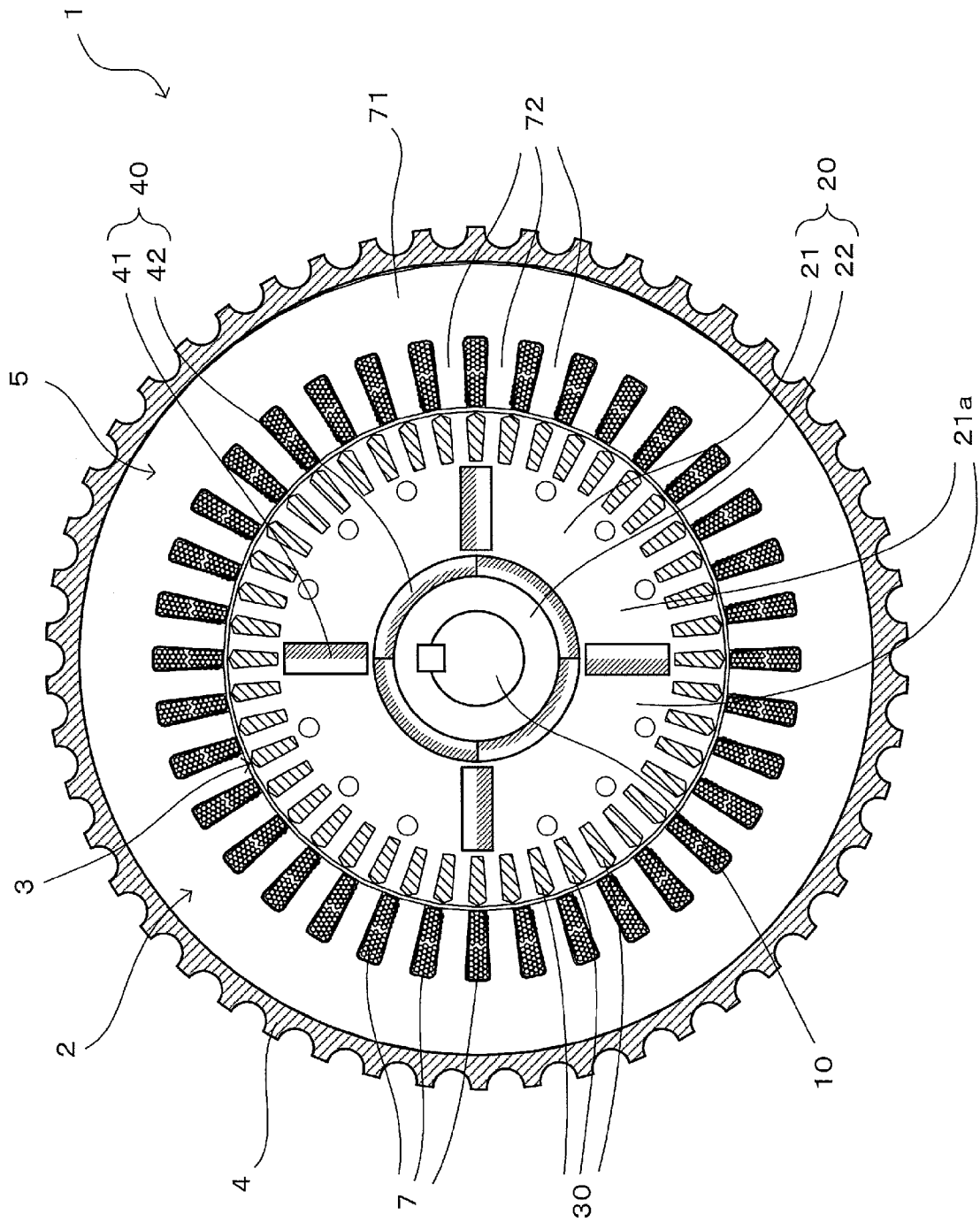
前記複数の第5永久磁石は、

前記回転子が所定回転数より低い低速回転時では前記複数の第4永久磁石よりも径方向内側に位置し、

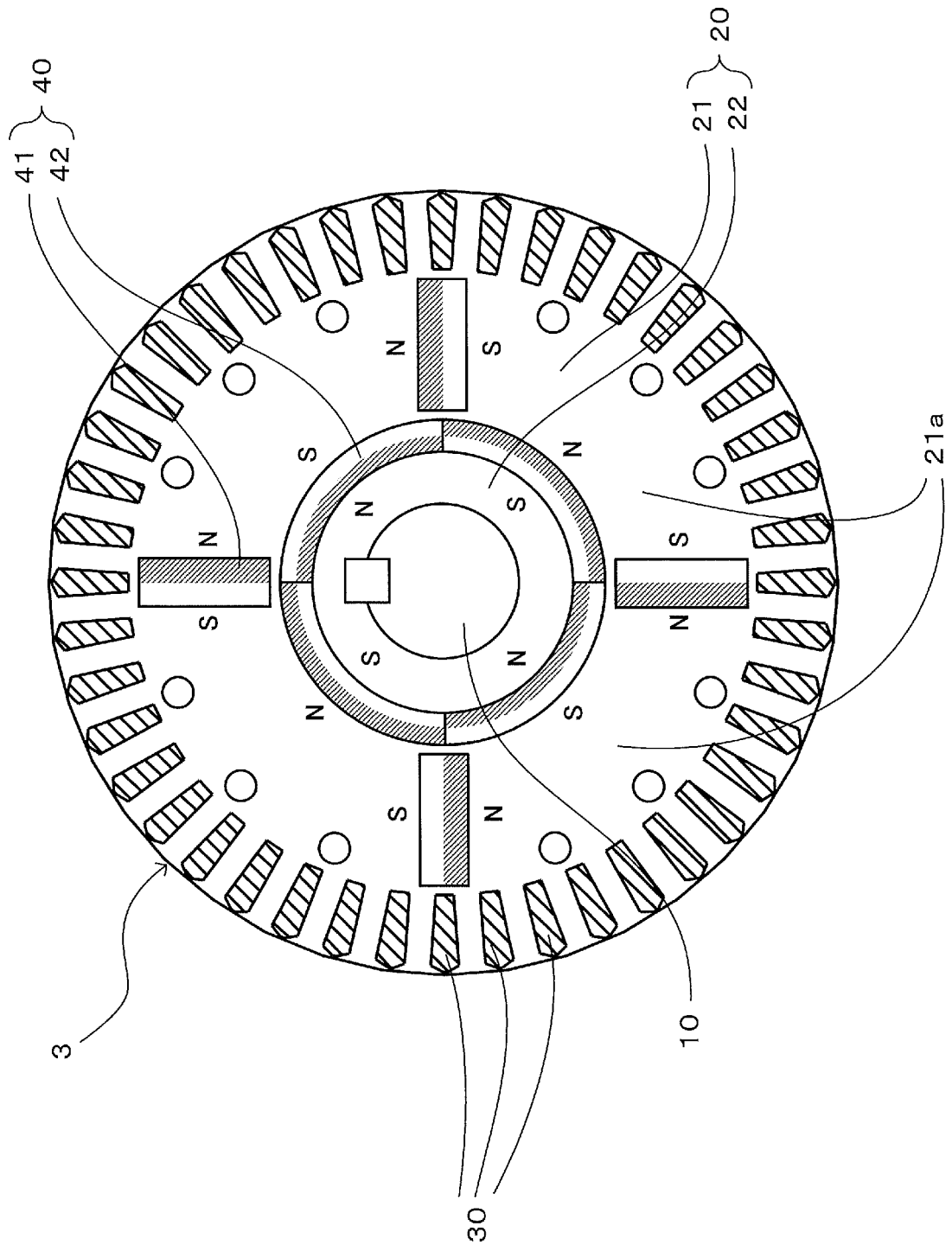
前記回転子が前記所定回転数より高い高速回転時では前記複数の第4永久磁石と径方向で重複する位置に位置することを特徴とする回転電機。



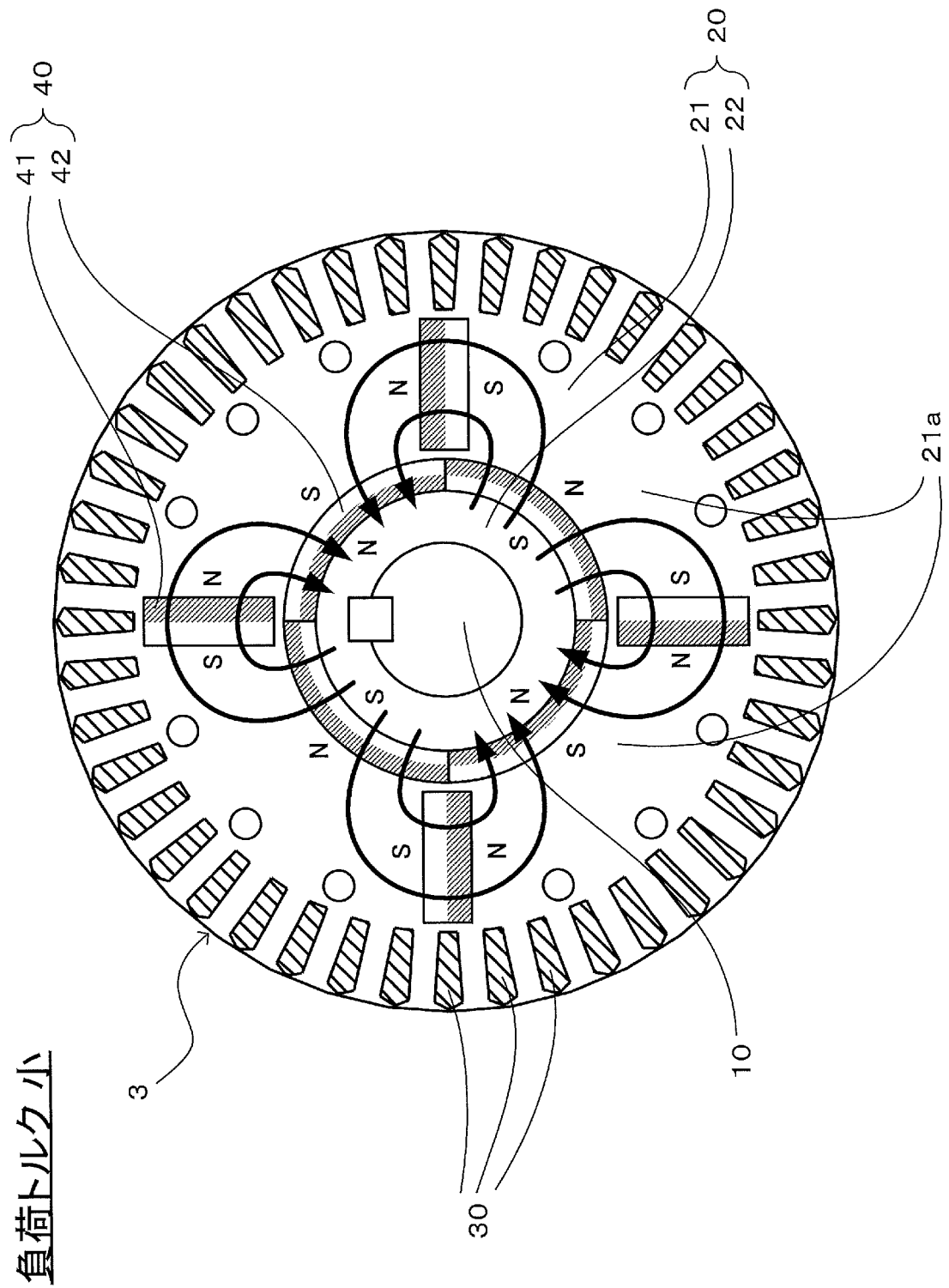
[図2]



[図3]



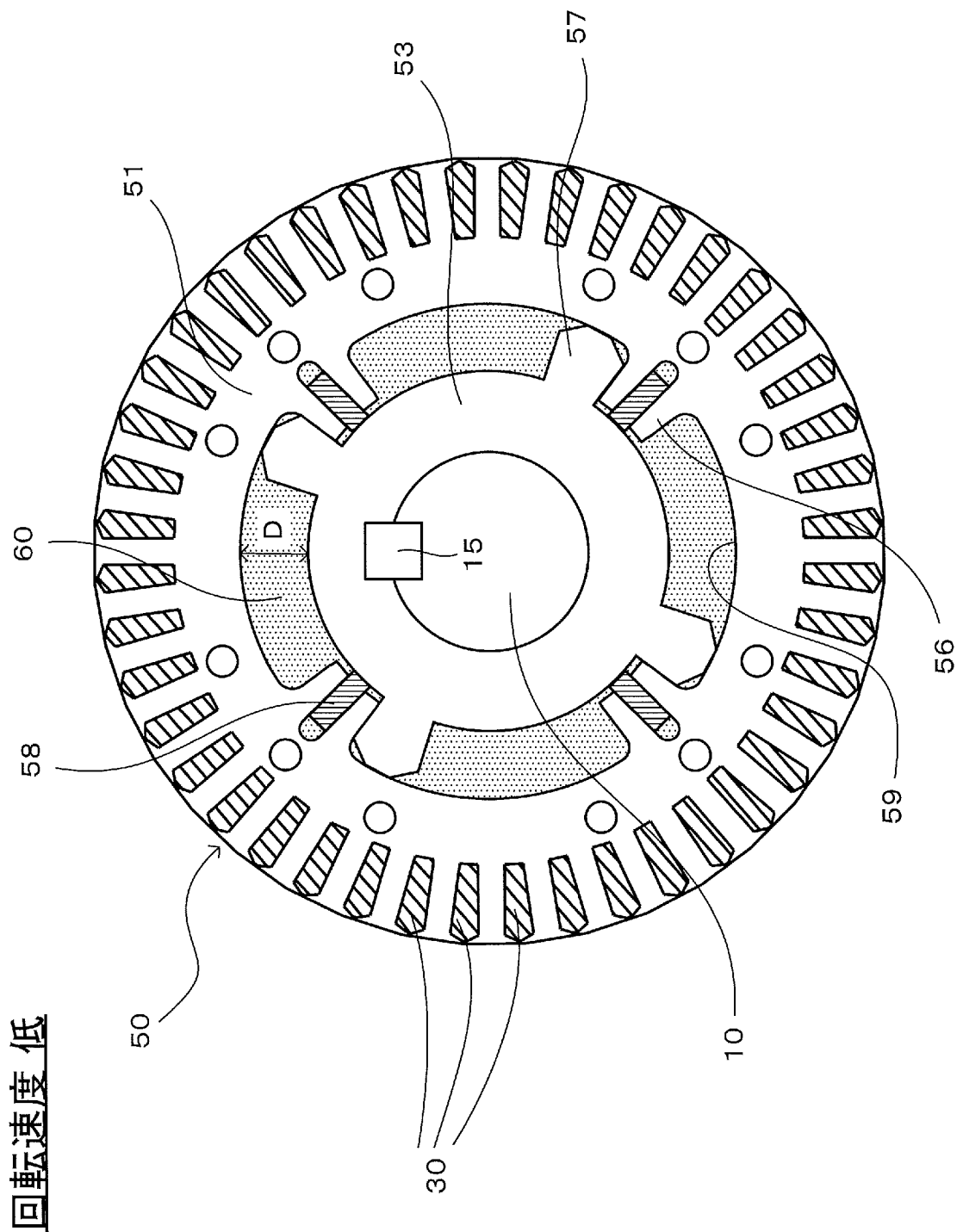
[図4]



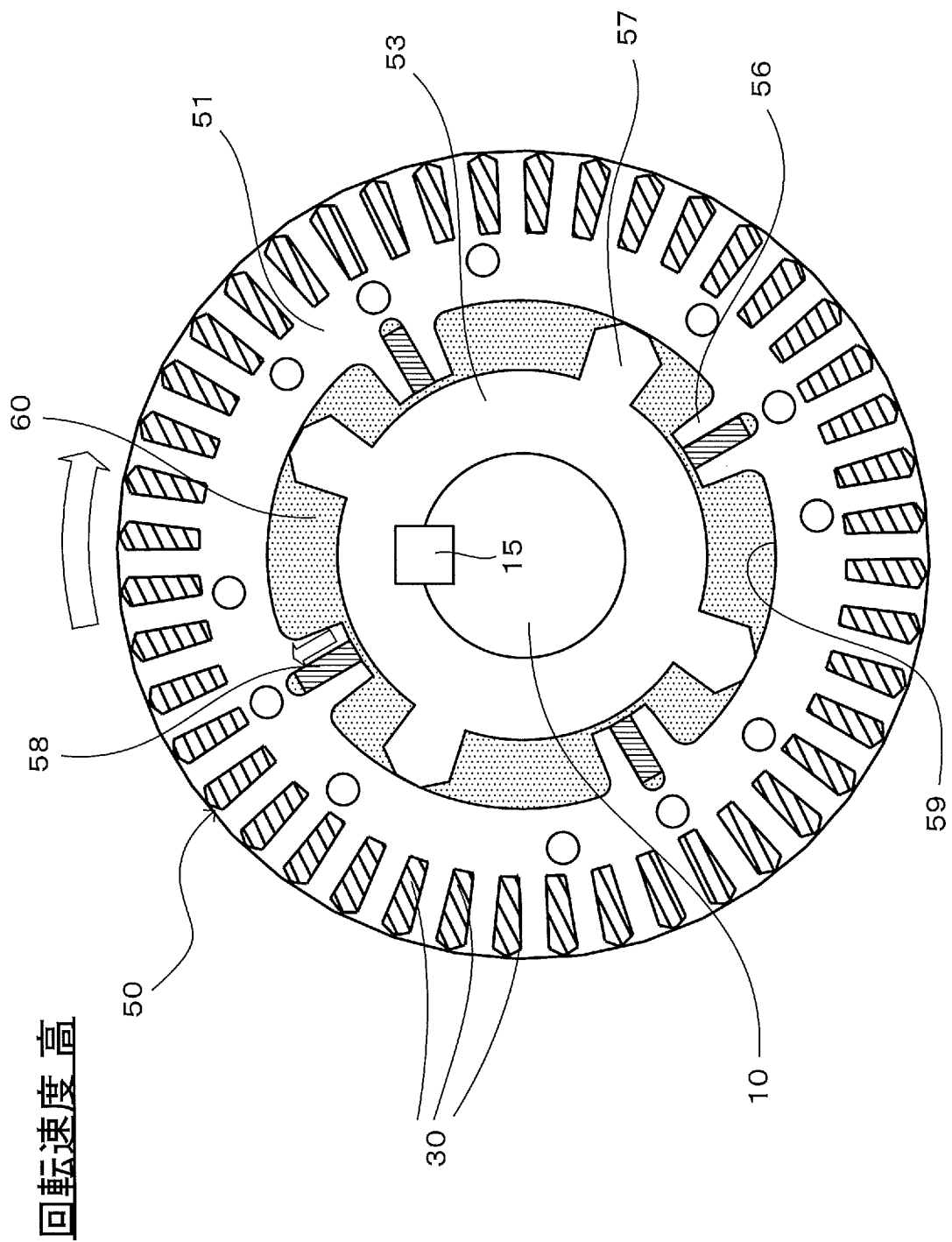




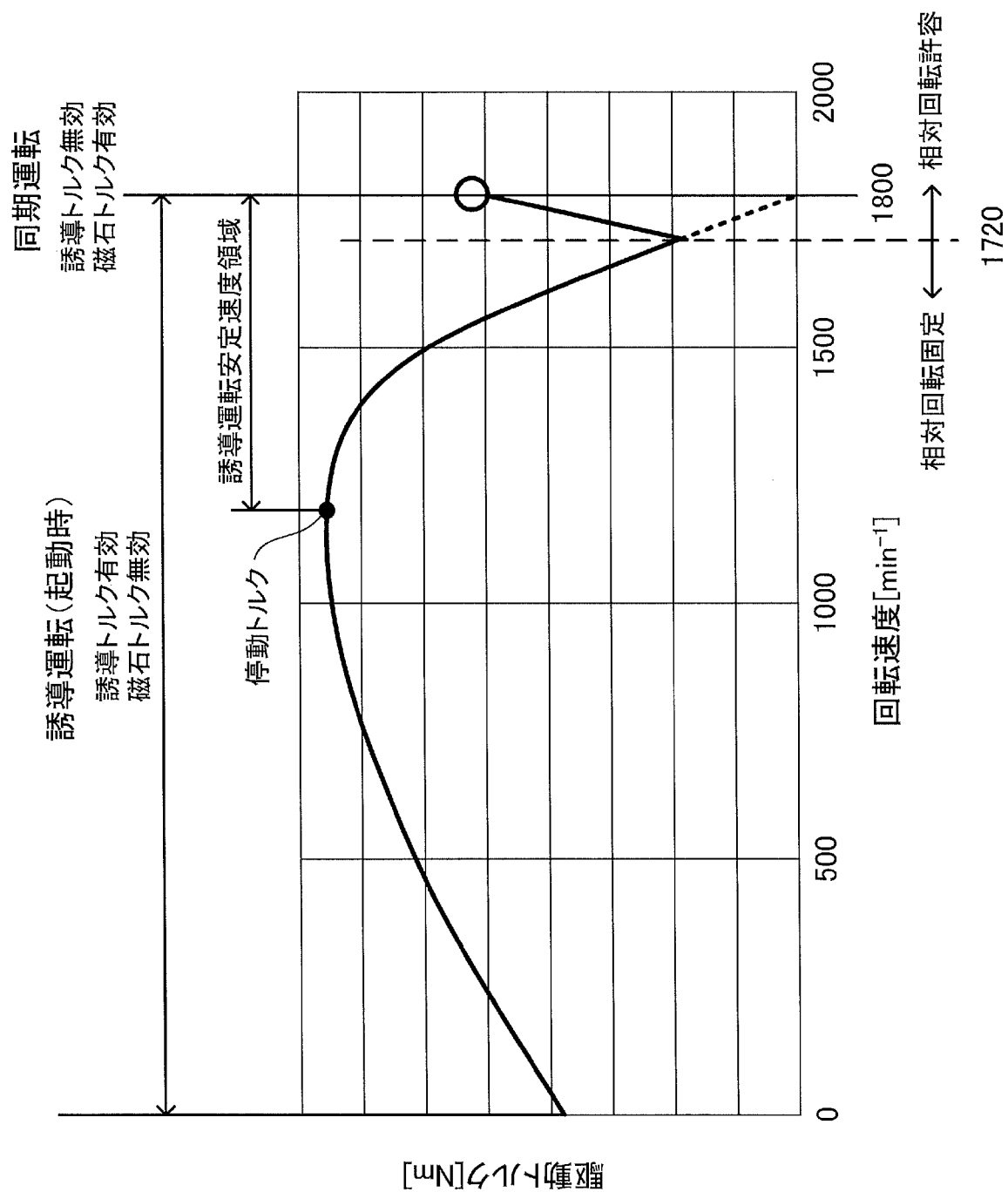
[図7]



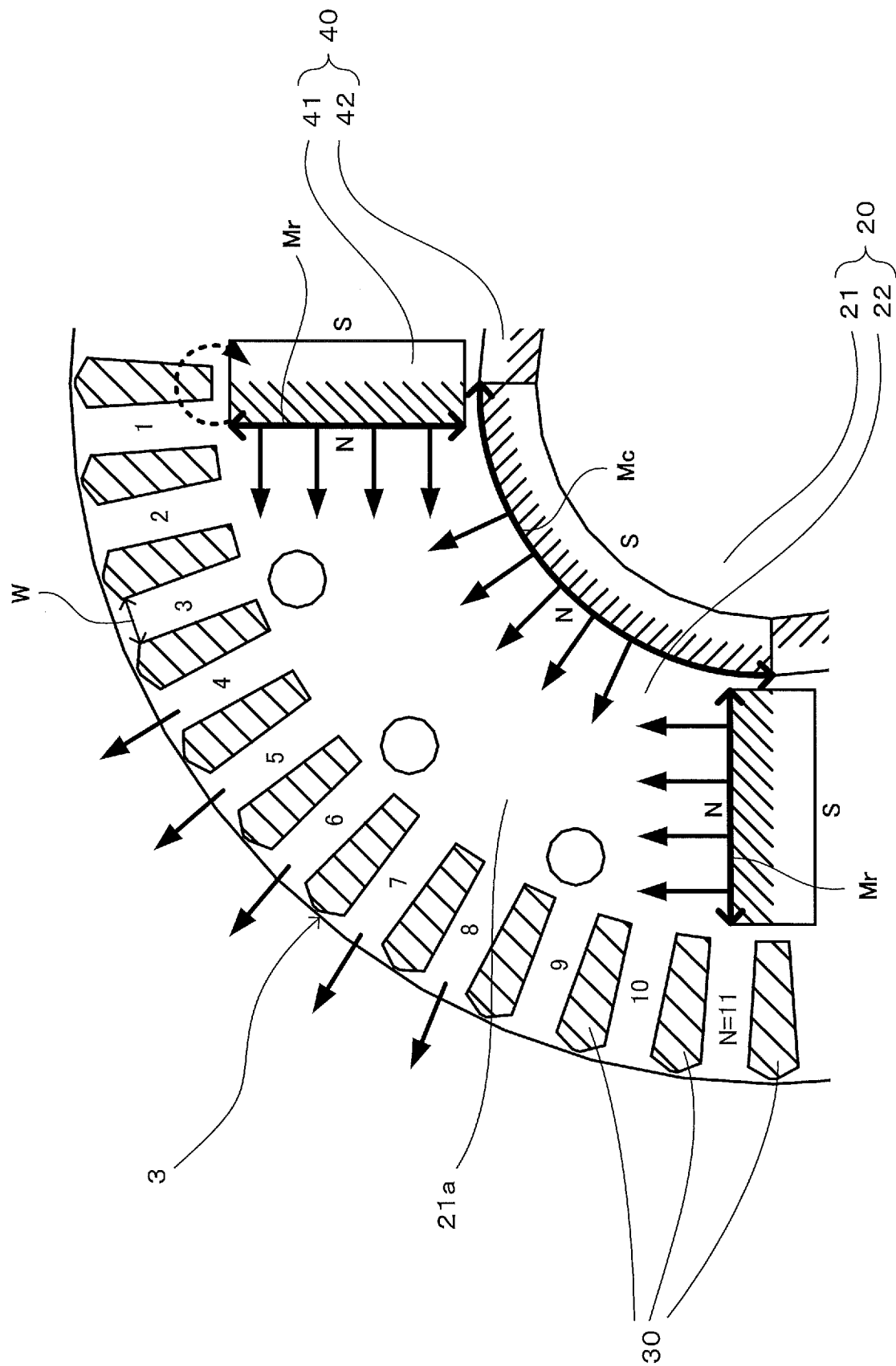
[図8]



[図9]

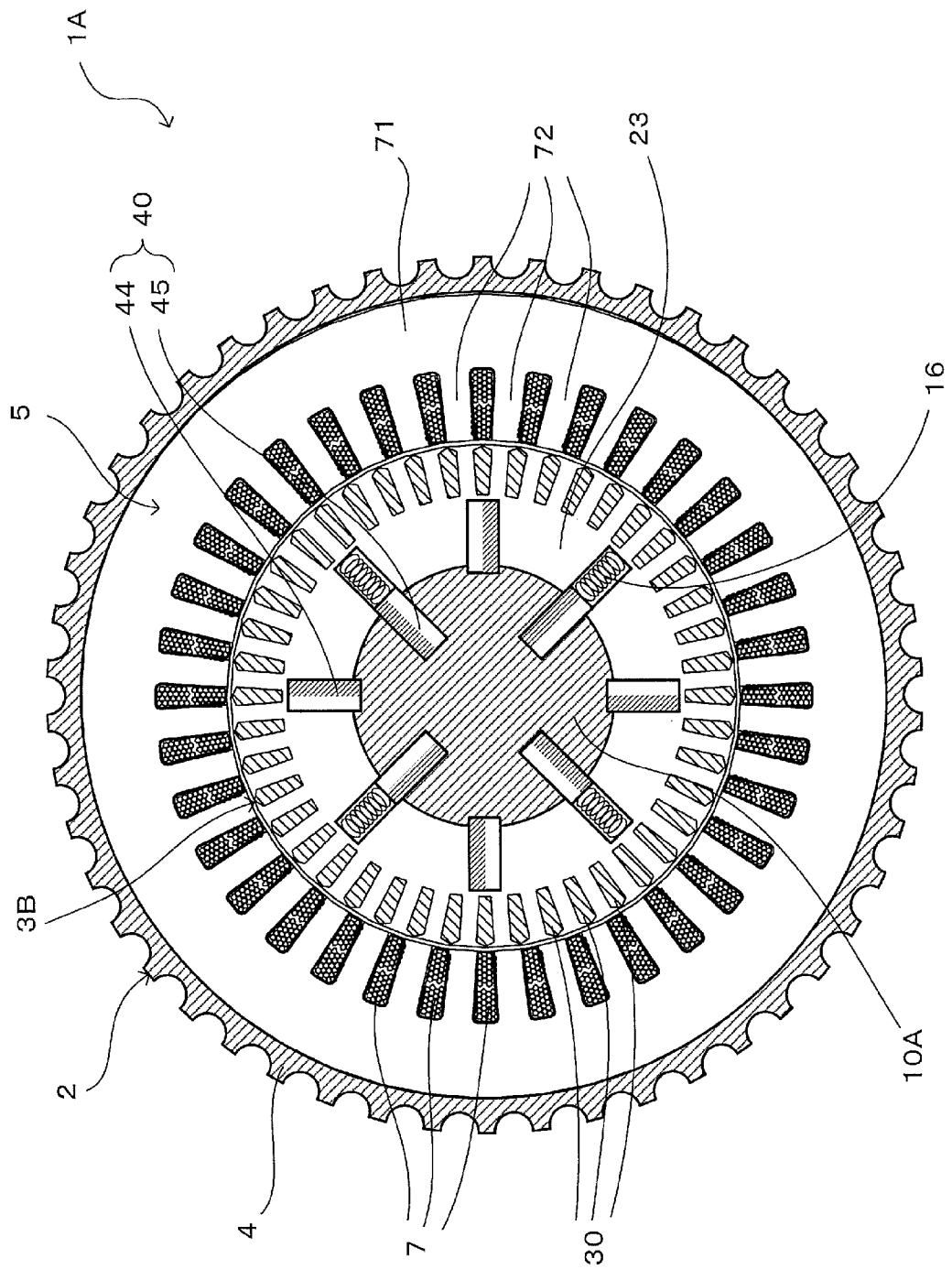


[図10]



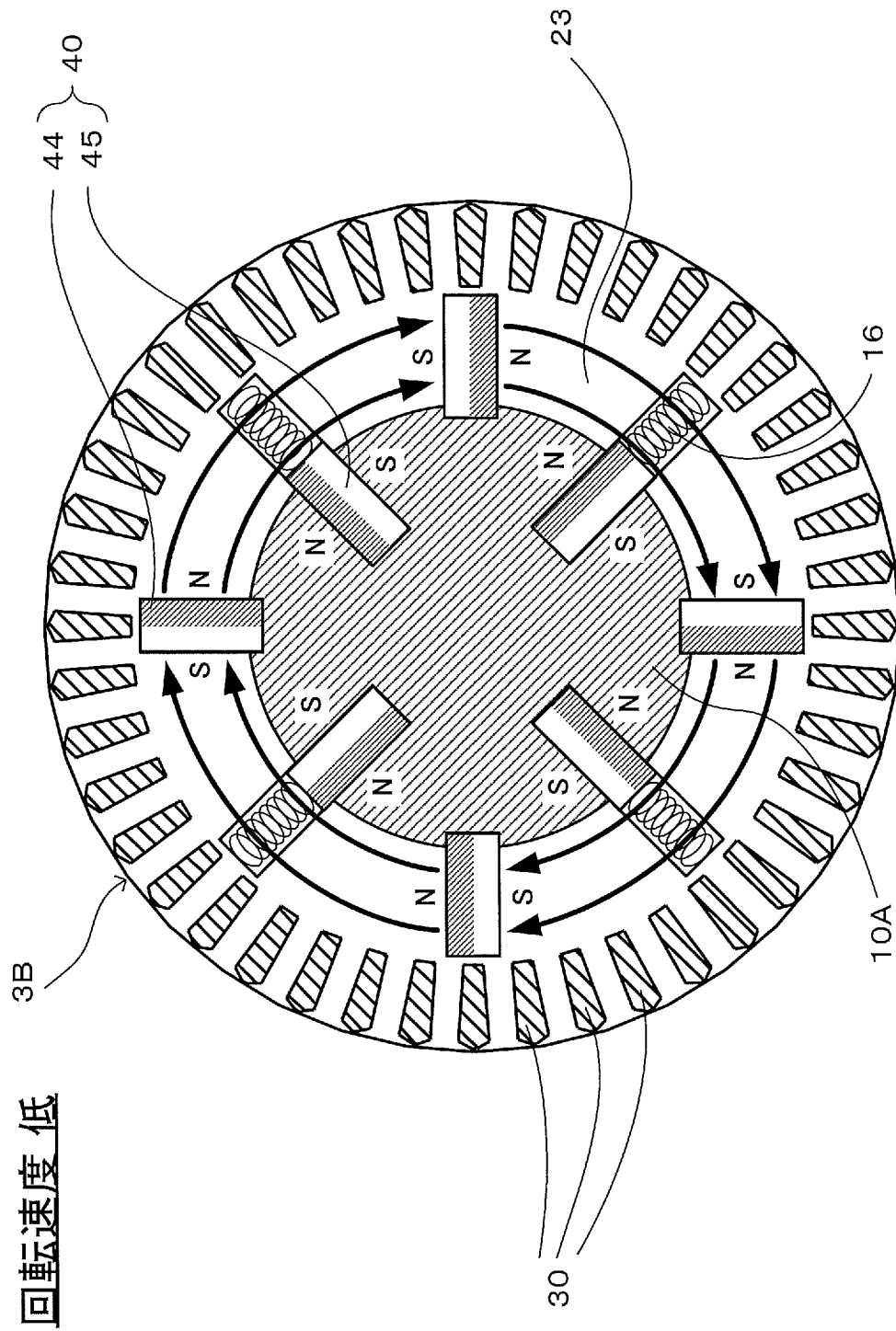


[図12]

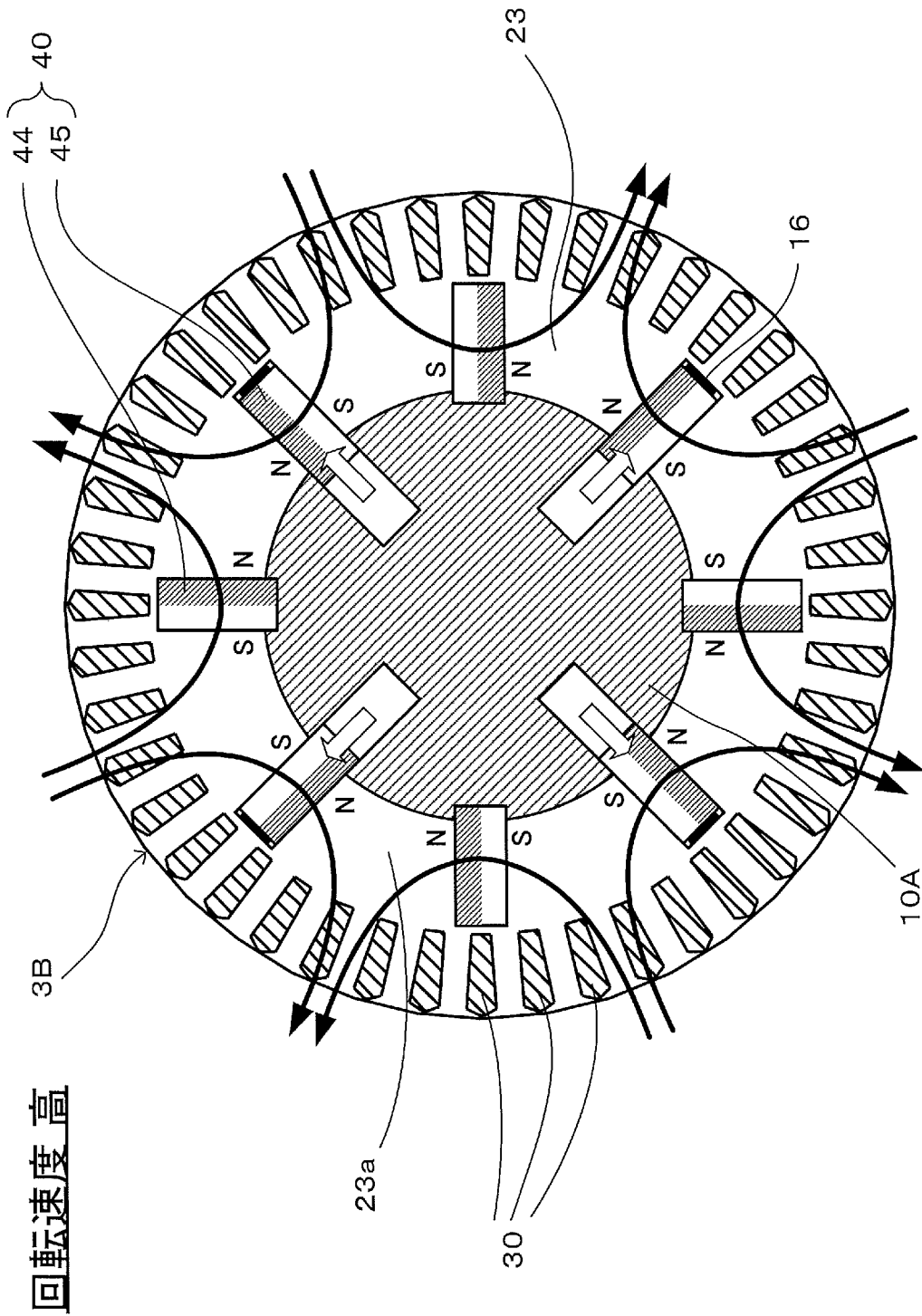




[図14]



[図15]



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2015/083258

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H02K1/27(2006.01)i, H02K17/26(2006.01)i, H02K21/46(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, H02K17/26, H02K21/46

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<br>Y    | JP 2013-509856 A (FINKLE, Louis),<br>14 March 2013 (14.03.2013),<br>paragraphs [0070] to [0073], [0080] to [0083];<br>fig. 1 to 5, 10A to 11B<br>& US 2011/0101814 A1<br>paragraphs [0070] to [0073], [0080] to [0083];<br>fig. 1 to 5, 10A to 11B<br>& WO 2011/053473 A2 & EP 2494684 A2<br>& CN 102055292 A & TW 201119188 A1<br>& CA 2779229 A1 & RU 2012122011 A | 1-3, 15<br>4-10, 16   |
| X<br>Y    | JP 9-65591 A (Toyota Motor Corp.),<br>07 March 1997 (07.03.1997),<br>paragraphs [0014] to [0022]; fig. 1 to 2<br>(Family: none)                                                                                                                                                                                                                                      | 1-3, 15<br>11-14, 17  |

☒ 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  
12 February 2016 (12.02.16)

Date of mailing of the international search report  
23 February 2016 (23.02.16)

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/JP2015/083258

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages                                                                                      | Relevant to claim No. |
|-----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| Y         | JP 2004-72978 A (Equos Research Co., Ltd.),<br>04 March 2004 (04.03.2004),<br>paragraphs [0027] to [0055], [0075] to [0084];<br>fig. 1 to 6, 11 to 12<br>(Family: none) | 4-10,16               |
| Y         | JP 55-133654 A (Shinko Electric Co., Ltd.),<br>17 October 1980 (17.10.1980),<br>fig. 1<br>(Family: none)                                                                | 5-10,14,16            |
| Y         | JP 54-148214 A (Hitachi, Ltd.),<br>20 November 1979 (20.11.1979),<br>fig. 1<br>(Family: none)                                                                           | 5-10,14,16            |
| Y         | JP 2008-72849 A (Mitsubishi Electric Corp.),<br>27 March 2008 (27.03.2008),<br>paragraphs [0010] to [0034]; fig. 1 to 12<br>(Family: none)                              | 11-14,17              |

## 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, H02K17/26(2006.01)i, H02K21/46(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, H02K17/26, H02K21/46

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<br>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<br>請求項の番号      |
|-----------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|
| X<br>Y          | JP 2013-509856 A（フィンクル ルイ）<br>2013.03.14, 段落[0070]-[0073], [0080]-[0083], 図 1-5, 10A-11B<br>& US 2011/0101814 A1, 段落[0070]-[0073], [0080]-[0083], 図<br>1-5, 10A-11B<br>& WO 2011/053473 A2 & EP 2494684 A2 & CN 102055292 A<br>& TW 201119188 A1 & CA 2779229 A1 & RU 2012122011 A | 1-3, 15<br>4-10, 16 |

☒ 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                                | 「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     |
| 「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                        | 「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                     |
| 「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） | 「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 |
| 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献                                     | 「&」 同一パテントファミリー文献                                                   |
| 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願                                  |                                                                     |

国際調査を完了した日

12.02.2016

国際調査報告の発送日

23.02.2016

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）

森山 拓哉

3 V

3924

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<br>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<br>請求項の番号 |
| X                     | JP 9-65591 A (トヨタ自動車株式会社)                                                                                 | 1-3, 15        |
| Y                     | 1997. 03. 07, 段落[0014]-[0022], 図 1-2<br>(ファミリーなし)                                                         | 11-14, 17      |
| Y                     | JP 2004-72978 A (株式会社エクス・リサーチ)<br>2004. 03. 04, 段落[0027]-[0055], [0075]-[0084], 図 1-6, 11-12<br>(ファミリーなし) | 4-10, 16       |
| Y                     | JP 55-133654 A (神鋼電機株式会社)<br>1980. 10. 17, 第 1 図<br>(ファミリーなし)                                             | 5-10, 14, 16   |
| Y                     | JP 54-148214 A (株式会社日立製作所)<br>1979. 11. 20, 第 1 図<br>(ファミリーなし)                                            | 5-10, 14, 16   |
| Y                     | JP 2008-72849 A (三菱電機株式会社)<br>2008. 03. 27, 段落[0010]-[0034], 図 1-12<br>(ファミリーなし)                          | 11-14, 17      |