

(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24日(24.08.2023)



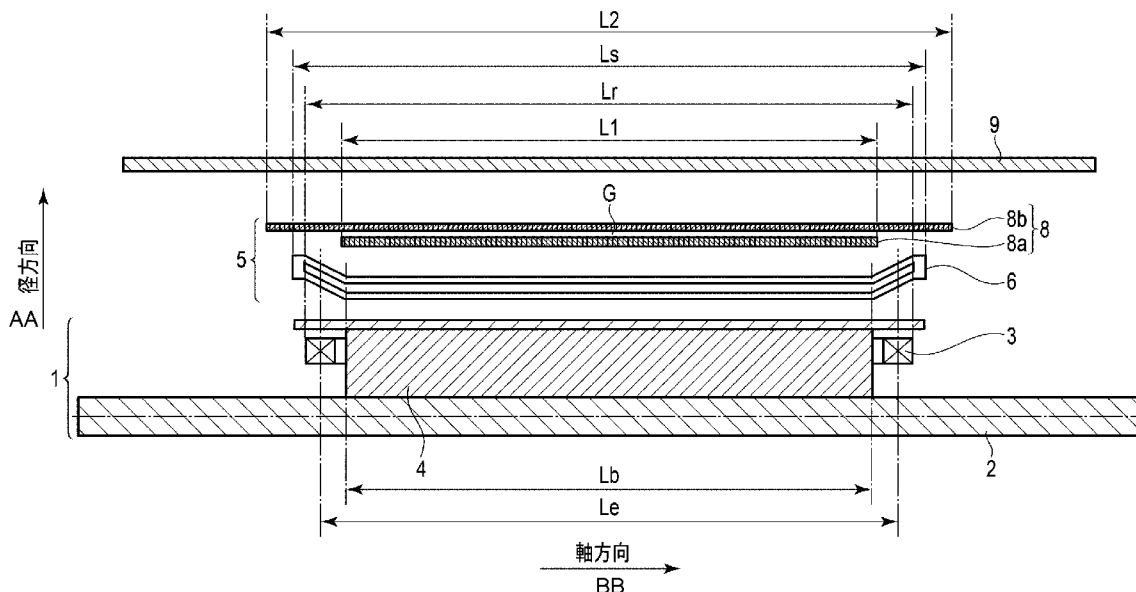
(10) 国際公開番号

WO 2023/157576 A1

- (51) 国際特許分類:
H02K 5/00 (2006.01) *H02K 19/14* (2006.01) **CORPORATION)** [JP/JP]; 〒2120013 神奈川県川崎市幸区堀川町 7 2 番地 3 4 Kanagawa (JP).
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2023/002065 (72) 発明者: 藤田 真史 (FUJITA, Masafumi); 〒2120013 神奈川県川崎市幸区堀川町 7 2 番地 3 4 東芝エネルギーシステムズ株式会社内 Kanagawa (JP). 高橋 則雄 (TAKAHASHI, Norio); 〒2120013 神奈川県川崎市幸区堀川町 7 2 番地 3 4 東芝エネルギーシステムズ株式会社内 Kanagawa (JP). 廣瀬 孝明 (HIROSE, Takaaki); 〒2120013 神奈川県川崎市幸区堀川町 7 2 番地 3 4 東芝エネルギーシステムズ株式会社内 Kanagawa (JP). 上田 隆司 (UEDA, Takashi); 〒2120013 神奈川県川崎市幸区堀川町 7 2 番地 3 4 東芝エネルギーシステムズ株式会社内 Kanagawa (JP). 高橋 智之 (TAKAHASHI,
- (22) 国際出願日: 2023年1月24日(24.01.2023)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2022-021452 2022年2月15日(15.02.2022) JP
- (71) 出願人: 株式会社 東芝 (KABUSHIKI KAISHA TOSHIBA) [JP/JP]; 〒1050023 東京都港区芝浦一丁目1番1号 Tokyo (JP). 東芝エネルギーシステムズ株式会社 (TOSHIBA ENERGY SYSTEMS & SOLUTIONS

(54) Title: ROTATING ELECTRICAL MACHINE

(54) 発明の名称: 回転電機



AA Radial direction
BB Axial direction

(57) Abstract: A rotating electrical machine according to one embodiment is equipped with: a rotor (1) having a field coil part (3) that generates a magnetic field; and a stator (5) provided radially outward from the rotor (1), and having a stator coil (6) that generates a magnetic field that interacts with the magnetic field generated by the field coil part (3). The stator (5) comprises a plurality of magnetic shields (8) provided radially outward from the stator coil (6) and formed from a plurality of cylindrical magnetic bodies that are disposed at a distance from one another in the radial direction.

Tomoyuki); 〒2120013 神奈川県川崎市幸区
堀川町 7 2 番地 3 4 東芝エネルギーシス
テムズ株式会社内 Kanagawa (JP).

(74) 代理人: 弁理士法人 鈴榮特許総合事務所
(SUZUYE & SUZUYE); 〒1050014 東京都港区
芝三丁目 2 3 番 1 号 セレスティン芝三井
ビルディング 1 1 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, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO,
DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,
HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, KE,
KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR,
LS, LU, LY, MA, MD, 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, 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, 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))
- 一 補正された請求の範囲 (条約第19条(1))

(57) 要約: 実施形態による回転電機は、磁界を発生する界磁部 (3) を有する回転子 (1) と、
前記回転子 (1) の外径側に設けられ、前記界磁部 (3) で発生する磁界と相互作用する磁界を
発生する固定子コイル (6) を有する固定子 (5) と、を具備する。前記固定子 (5) は、前記
固定子コイル (6) の外径側に設けられ、それぞれが径方向に離間するように配置される複
数の円筒形状の磁性体から成る複数の磁気シールド (8) を備える。

明 細 書

発明の名称： 回転電機

技術分野

[0001] 本発明の実施形態は、回転電機に関する。

背景技術

[0002] 種々の産業分野において、回転電機は小型化・軽量化が求められている。これに伴い、一層の強磁界化により出力密度を増加することが求められる。強磁界化においては、回転電機の支持固定のために外周部に設置されるフレーム等の構造物、あるいは機外への磁界の漏洩を防ぐための磁気シールドあるいは磁性コアを回転電機の周りに設置することが求められる。

[0003] 図 7 は、従来の回転電機の一部の断面形状（回転軸に垂直な断面の形状）の一例を示す図である。また、図 8 は、同回転電機の一部の断面形状（回転軸に平行な断面の形状）の一例を示す図である。

[0004] 図 7 及び図 8 に示されるように、回転電機は、回転子 1 と、回転子 1 の外径側に離間して設けられる固定子 5 と、固定子 5 の外径側に離間して設けられるフレーム 9 とを備える。回転子 1 は、回転軸 2、回転子コイル（界磁部） 3、および回転子コイル支持部材 4 を含む。固定子 5 は、固定子コイル 6 および磁気シールド 80 を含む。

[0005] 回転子コイル 3 および固定子コイル 6 に起因する磁界は、固定子コイル 6 の外径側にある磁気シールド 80 の方へ向かうが、当該磁気シールド 80 のシールド効果により、当該磁気シールド 80 よりも外側に漏洩する磁界が低減されるようになっている。

[0006] 例えば回転電機を支持するフレーム 9 が導電体で構成される場合は、磁気シールド 80 から漏洩する磁界によって、フレーム 9 に渦電流が流れ、過熱が生ずる。また、フレーム 9 の有無にかかわらず、回転電機の外径側に磁界が漏洩すると、周囲の機器などに動作異常などの影響を及ぼす可能性がある。

[0007] 磁気シールドを構成するシールド構造物は、電磁鋼板をはじめとして、比重が7を超える鉄材で構成されることが多く、回転電機の大型化、重量化を招きやすい。回転電機の小型化・軽量化のためには、シールド構造物の体積もしくは重量を低減させることが望まれる。

発明の概要

[0008] 実施形態による回転電機は、磁界を発生する界磁部を有する回転子と、前記回転子の外径側に設けられ、前記界磁部で発生する磁界と相互作用する磁界を発生する固定子コイルを有する固定子と、を具備する。前記固定子は、前記固定子コイルの外径側に設けられ、それぞれが径方向に離間するように配置される複数の円筒形状の磁性体から成る複数の磁気シールドを備える。

[0009] 本発明によれば、シールド構造物の体積もしくは重量を低減させることが可能になる。

図面の簡単な説明

[0010] [図1]図1は、実施形態に係る回転電機の一部の断面形状（回転軸に垂直な断面の形状）の一例を示す図である。

[図2]図2は、実施形態に係る回転電機の一部の断面形状（回転軸に平行な断面の形状）の一例を示す図である。

[図3]図3は、実施形態と従来例のそれぞれについて、シールド構造物の外径側に漏洩する漏洩磁界の周方向の磁束密度分布を数値解析によって求めた結果を示すグラフである。

[図4]図4は、従来による一重円筒の外径側に漏洩する漏洩磁界の軸方向の磁束密度分布に対し、実施形態による二重円筒の外径側に漏洩する漏洩磁界の軸方向の磁束密度分布を重ねて示す概念図である。

[図5]図5は、磁気シールド8a、8b間に磁気シールド支持部材11が設けられたシールド構造物の断面形状（回転軸に垂直な断面の形状）の一例を示す図である。

[図6]図6は、磁気シールド8aを構成する複数の扇形のユニット8a-1、8a-2、8a-3、・・・を接合することを示す図である。

[図7]図7は、従来の回転電機の一部の断面形状（回転軸に垂直な断面の形状）の一例を示す図である。

[図8]図8は、従来の回転電機の一部の断面形状（回転軸に平行な断面の形状）の一例を示す図である。

実施形態

[0011] 以下、実施の形態について、図面を参照して説明する。

[0012] （全体の構成）

図1は、実施形態に係る回転電機の一部の断面形状（回転軸に垂直な断面の形状）の一例を示す図である。また、図2は、同回転電機の一部の断面形状（回転軸に平行な断面の形状）の一例を示す図である。

[0013] 図1及び図2に示されるように、回転電機は、回転子1と、回転子1の外径側に離間して設けられる固定子5と、固定子5の外径側に離間して設けられるフレーム9とを備える。

[0014] （回転子1の構成）

回転子1は、回転軸2、回転子コイル（界磁部）3、および回転子コイル支持部材4を含む。

[0015] なお、本実施形態では、回転子側の界磁手段（界磁部）として、回転子コイルを採用する場合を例示するが、回転子コイルの代わりに永久磁石を採用してもよい。

[0016] 回転軸2は、回転子1の中心軸として回転する軸である。

[0017] 回転子コイル3は、回転軸2と一緒に回転できるよう回転子コイル支持部材4によって支持される。回転子コイル3は、回転子コイル支持部材4の周りに矩形状に近い形に巻かれており、磁界を発生する界磁部として機能する。

[0018] 回転子コイル支持部材4は、回転軸2に固定されており、回転子コイル3を回転子1の回転による遠心力に対抗できるように安定的に支持する。回転子コイル支持部材4は、例えば磁性体で構成される。この場合、回転子コイル支持部材4は、回転子磁極として機能する。また、回転子コイル支持部材

4は、非磁性の材料（非磁性体）で構成される場合もあり得る。この場合、回転子コイル3が空芯コイルとして機能する。

[0019] 図1の例では、回転子コイル支持部材4が4個で構成され、4つの磁極（2つのN極および2つのS極）を形成する場合が例示されている。但し、この例に限らず、回転子コイル支持部材4の数が4個以外の数（磁極の数が4個以外の数）となるように構成してもよい。

[0020] （固定子5の構成）

固定子5は、固定子コイル6および複数の磁気シールド8を含む。

[0021] 固定子コイル6は、回転子コイル（界磁部）3で発生する磁界と相互作用する磁界を発生する。

[0022] 複数の磁気シールド8は、固定子コイル6の外径側に設けられており、それぞれが径方向に一定距離だけ離間するように配置される複数の円筒形状の磁性体から成るものである。これら複数の磁気シールド8は、それぞれ、複数枚の円環状の電磁鋼板を回転電機の軸方向に積層して構成される。

[0023] 上記複数の磁気シールド8は、内径側に配置される磁気シールド（第1の磁気シールド）8aとこの磁気シールド8aよりも外径側に配置される磁気シールド（第2の磁気シールド）8bとを含む。すなわち、2つの磁気シールド8a、8bは、二重円筒のシールド構造物を形成している。なお、図2には示されていないが、磁気シールド8bの両端部にも、回転子コイル3や固定子コイル6を軸方向の両側から囲うように、軸方向から機外に出ようとする磁界の漏洩を防止する別の磁気シールド（例えば円板形状の磁気シールド）が更に設けられてもよい。

[0024] 磁気シールド8aと磁気シールド8bとの間には、空隙Gが設けられる。空隙Gに加えて、さらに非磁性体が設けられてもよい。空隙Gには冷却ガスなどの冷媒が流れ、磁気シールド8a、8bで発生する発熱が冷却されるように構成される。非磁性体が設けられる場合、当該非磁性体は、磁気シールド8aと磁気シールド8bの双方が均一な間隔を保つように設置され、磁気シールド8a、8bを支持固定する支持部材として機能する。なお、非磁性

体の詳細については後で説明する。

[0025] 図1及び図2の例では、2つの磁気シールドが配置される場合が例示されているが、この例に限らず、3つ以上の磁気シールドが径方向に離間して配置されるように構成されてもよい。すなわち、二重円筒に限らず、3以上の磁気シールドで構成される多重円筒のシールド構造物を形成してもよい。

[0026] (各部の軸方向長さ)

図2中、 L_1 は、磁気シールド8aの軸方向長さを示す。 L_2 は、磁気シールド8bの軸方向長さを示す。 L_r は、回転子コイル3の軸方向長さを示す。 L_s は、固定子コイル6の軸方向長さを示す。 L_b は、回転子コイル3および固定子コイル6のそれぞれの軸方向に直線状に延びる直線部の軸方向長さを示す。 L_e は、固定子コイル6の軸方向に直線状に延びる直線部のコイル部分の両側から延出する2つのコイルエンド部のそれぞれの軸方向中央位置どうしを結ぶ軸方向長さ、もしくは、回転子コイル3の回転方向に延びる2つのコイル部分のそれぞれの軸方向中央位置どうしを結ぶ軸方向長さを示す。

[0027] (回転子コイル3および固定子コイル6の構成)

回転子コイル3および固定子コイル6は、それぞれ、回転軸2の軸方向に直線状に延びる直線部を有する。この直線部の長さは L_b であるものとする。図2の例では、回転子コイル3の直線部の長さと固定子コイル6の直線部の長さとが同等である場合が例示されているが、この例に限らず、双方の長さが異なるように構成されてもよい。

[0028] また、回転子コイル3および固定子コイル6は、それぞれ、上記直線部を有するほか、その軸方向の両外側にそれぞれ存在し別の直線部と接続する端部を有する。当該端部は、固定子コイル6においては、コイルエンド部と呼ばれる部分に相当し、軸方向に延びる直線部のコイル部分から軸方向両側に延出している。また、当該端部は、回転子コイル3においては、軸方向に延びる直線部のコイル部分と回転方向に延びるコイル部分とを連続的に繋ぐコイル部分に相当し、回転子コイル支持部材4から軸方向両側にはみ出した位

置にある。

[0029] (回転子コイル 3 および固定子コイル 6 の作用)

回転する回転子コイル 3 によって発生する磁界は、回転電機が発電機として動作する場合には、固定子 5 側の固定子コイル 6 に電磁誘導によって電力を発生させ、回転電機がモータとして動作する場合には、固定子 5 側の固定子コイル 6 に流れる電流の作る磁界との間の相互作用によってトルクを生じさせ、回転子 1 を回転させる。この際、回転子コイル 3 および固定子コイル 6 に起因する磁界が、固定子コイル 6 の外径側にある複数の磁気シールド 8 の方へ向かうが、当該複数の磁気シールド 8 のシールド効果により、当該複数の磁気シールド 8 よりも外側に漏洩する磁界（漏洩磁界）が低減されるようになっている。

[0030] (周方向の磁束密度分布)

図 3 は、本実施形態と従来例のそれぞれについて、シールド構造物の外径側に漏洩する漏洩磁界の周方向の磁束密度分布を数値解析によって求めた結果を示すグラフである。

[0031] グラフの横軸は、回転軸 2 を中心とする磁気シールドの周方向位置（回転電機の電気角、すなわち回転電機の 1 極分を $0 \sim 180^\circ$ 相当とした際の電気角）を示し、縦軸は、シールド構造物の外径側の空間における径方向磁束密度を示す。なお、磁束密度を調べる位置の空間は非磁性空間とし、磁束密度の比率は磁界の比率と同じとする。

[0032] 従来例においては、図 7 及び図 8 に示される磁気シールド 80 のようにシールド構造物が一重円筒を成しているのに対し、本実施形態においては、図 1 及び図 2 に示される磁気シールド 8a, 8b のようにシールド構造物が二重円筒を成している。

[0033] 図 3 中の符号 B1 は、従来例による一重円筒の磁束密度分布の特性を示し、符号 B2 は、本実施形態による二重円筒の磁束密度分布の特性を示す。ここでは、図 7 に示される従来の磁気シールド 80 の断面積と、図 1 に示される本実施形態の磁気シールド 8a, 8b の総断面積とを同じにすることで、

一重円筒の単位長さ当たりの重量と二重円筒の単位長さ当たりの重量とを同じにしている。また、二重円筒の磁気シールド 8 a, 8 b のそれぞれの径方向の厚みを同じにしている。

[0034] 図 3 のグラフから、本実施形態による二重円筒の特性 B 2 の方が、従来例による一重円筒の特性 B 1 よりも、シールド構造物の外径側に漏洩する漏洩磁界の磁束密度が小さくなっており、高いシールド効果を得られることが分かる。特に電気角で 20° 近傍および 160° 近傍に見られる磁束密度のピークが大きく低減しており、より高いシールド効果を得られることが分かる。それぞれのピークにおける磁束を $\phi 1$, $\phi 2$ とし、それらの磁束線を図 1 中に示す。

[0035] 本実施形態の磁気シールド 8 a, 8 b によって漏洩磁界の低減効果が得られる理由の一つは、磁極から外径側へ向かう磁束が磁気シールド 8 a から空隙 G へ出入りし、空隙 G から磁気シールド 8 b へ出入りする際に、磁束の向きが変えられることにある。例えば磁束 $\phi 1$, $\phi 2$ は、図 1 中に示されるように磁極から弧を描きながら外径側へ向かい、磁気シールド 8 a、空隙 G、磁気シールド 8 b を順に通抜けようとする。しかし、磁気シールド 8 a と空隙 G との間、空隙 G と磁気シールド 8 b との間では、透磁率などの物理特性が異なることから、磁束 $\phi 1$, $\phi 2$ の一部は、その向きが外径方向よりも周方向へ向かうように変えられ、周方向へと進むことになる。その結果、磁気シールド 8 b の外径側に漏洩する磁界の磁束密度が従来例よりも小さくなる。

[0036] 上述のように、二重円筒の単位長さ当たりの重量を一重円筒の単位長さ当たりの重量と同じにした場合は、漏洩磁界が一重円筒よりも小さくなることから、漏洩磁界が同等レベルになるように二重円筒の断面寸法、すなわち単位長さ当たりの重量を定めると、シールド構造物を構成する磁性体の重量を小さくすることができるといえる。

[0037] (軸方向の磁束密度分布)

図 4 は、従来による一重円筒の外径側に漏洩する漏洩磁界の軸方向の磁束

密度分布に対し、本実施形態による二重円筒の外径側に漏洩する漏洩磁界の軸方向の磁束密度分布を重ねて示す概念図である。

[0038] 図4中の符号B3は、従来例による一重円筒の磁束密度分布の特性を示し、符号B4は、本実施形態による二重円筒の磁束密度分布の特性を示す。ここでも、図7に示される従来の磁気シールド80の断面積と、図1に示される本実施形態の磁気シールド8a、8bの総断面積とを同じにすることで、一重円筒の単位長さ当たりの重量と二重円筒の単位長さ当たりの重量とを同じにしている。また、二重円筒の2つの磁気シールドのそれぞれの径方向の厚みを同じにしている。

[0039] 従来例による一重円筒においては、図4中の特性B3に示されるように、漏洩磁界の磁束密度は、固定子5の軸方向中央部で大きく、固定子5の両端部側で小さくなる。そのため、固定子5の軸方向両端部よりも、特に固定子5の軸方向中央部に対応する範囲においてシールド効果を高めることが望ましい。この点で、本実施形態による二重円筒は、図2に示されるように、固定子5の軸方向中央部に対応する範囲に2層の磁気シールドが存在し、固定子5の軸方向両端部に対応する範囲に1層の磁気シールドが存在する構成となっているため、シールド構造物の小型化・軽量化を図りつつ、高いシールド効果を得ることができる。

[0040] 図4から理解できるように、本実施形態による二重円筒の特性B4の方が、従来例による一重円筒の特性B3よりも、シールド構造物の外径側に漏洩する漏洩磁界の磁束密度が小さくなっており、高いシールド効果を得られることが分かる。

[0041] すなわち、図4からも、二重円筒の単位長さ当たりの重量を一重円筒の単位長さ当たりの重量と同じにした場合は、漏洩磁界が一重円筒よりも小さくなることから、漏洩磁界が同等レベルになるように二重円筒の断面寸法、すなわち単位長さ当たりの重量を定めると、シールド構造物を構成する磁性体の重量を小さくできることが分かる。

[0042] (磁気シールド8a、8b間の支持固定)

磁気シールド 8 a, 8 b は、双方が均一な間隔を保つように支持部材などにより支持固定されてもよい。

[0043] 図 5 は、磁気シールド 8 a, 8 b 間に磁気シールド支持部材 11 が設けられたシールド構造物の断面形状（回転軸に垂直な断面の形状）の一例を示す図である。

[0044] 図 5 の例では、磁気シールド 8 a と磁気シールド 8 b との間に、非磁性体としての磁気シールド支持部材 11 が周方向に均等な間隔で複数個配置されている。複数の磁気シールド支持部材 11 の配置により形成される複数の空隙 G には、冷却ガスなどの冷媒が流れ、磁気シールド 8 a, 8 b で発生する発熱が冷却されるようになっている。

[0045] 二重円筒によるシールド効果を得るためには、両円筒間は、非磁性の領域とする必要がある。そのため、図 5 の例では磁気シールド 8 a, 8 b 間に非磁性体が磁気シールド支持部材 11 として配置される構造としている。磁気シールド支持部材 11 は、磁気シールド 8 a と 8 b との接触面積を確保するように配置され、これにより両磁気シールド間で熱伝導が良好に行われ、磁気シールド 8 a, 8 b で発生した発熱の冷却が行われる。

[0046] （磁気シールド 8 a, 8 b の軸方向長さ）

図 2 に示されるように、複数の磁気シールド 8 のうち内径側に配置される磁気シールド 8 a の軸方向長さ L1 は、当該磁気シールド 8 a よりも外径側に配置される磁気シールド 8 b の軸方向長さ L2 よりも短くなるように設定される。この場合、磁気シールド 8 a の軸方向長さ L1 は、回転子コイル 3 および固定子コイル 6 のそれぞれの軸方向に直線状に延びる直線部の軸方向長さ Lb と同等かもしくはそれよりも長くなるように設定される。

[0047] すなわち、磁気シールド 8 a は、固定子コイル 6 や回転子コイル 3 の発生する磁界が強い範囲（両コイルの直線部長さとほぼ同等の長さの範囲）に配置される。この範囲では、磁気シールド 8 a、磁気シールド 8 b の両方が磁界のシールドに寄与し、磁気シールド 8 b のみの一重となる範囲（コイルエンド部に対応する範囲）では、磁気シールド 8 b がより弱い磁界をシールド

することに寄与する。

[0048] (磁気シールド8 a, 8 bの軸方向長さの詳細)

磁気シールド8 a, 8 bの軸方向長さについては、固定子コイル6や回転子コイル3の長さ、周方向への渡り範囲、端部における軸方向との傾きといった幾何形状によって最適となる長さが変わるが、概して、以下に示す軸方向長さを磁気シールド8 a, 8 bに適用することが望ましい。

[0049] すなわち、磁気シールド8 aの軸方向長さ L_1 は、固定子コイル6の軸方向に直線状に延びるコイル部分の両側から延出する2つのコイルエンド部のそれぞれの軸方向中央位置どうしを結ぶ軸方向長さ L_e よりも短く、もしくは、回転子コイル3の回転方向に延びる2つのコイル部分のそれぞれの軸方向中央位置どうしを結ぶ軸方向長さ L_e よりも短く形成されていることが望ましい。このようにすれば、コイルエンド部周辺の作業を行う際の妨げとならず、各コイルで発生する磁界をシールドすることができる。

[0050] また、磁気シールド8 bの軸方向長さ L_2 は、固定子コイル6の軸方向長さ L_s よりも長く、もしくは、回転子コイル3の軸方向長さ L_r よりも長く形成されていることが望ましい。このようにすれば、各コイルの端部で発生する磁界をも含めてシールドすることができ、漏洩磁界を効果的に低減させることができる。

[0051] なお、磁気シールド8を3つ以上にする場合は、磁気シールド8 aと磁気シールド8 bとの間の空間に追加の磁気シールドが設けられてもよい。その場合、追加のシールドの軸方向長さは、内径側の磁気シールド8 aの軸方向長さ L_1 よりも長く、外径側の磁気シールド8 bの軸方向長さ L_2 よりも短くする。すなわち、磁気シールド8を3つ以上にする場合は、各磁気シールドの軸方向長さが、内径側に向かうほど短く、外径側に向かうほど長くなるように構成される。

[0052] このように構成することで、固定子5の軸方向中央部に向かうほど多い層の磁気シールドが存在し、固定子5の軸方向両端部に向かうほど少ない層の磁気シールドが存在する構成となるため、シールド構造物の小型化・軽量化

を図りつつ、高いシールド効果を得ることができる。

[0053] (磁気シールド 8 a, 8 b の周方向の磁気抵抗)

図 1 及び図 2 に示される複数の磁気シールド 8 のうち内径側に配置される磁気シールド 8 a の周方向の磁気抵抗は、当該磁気シールド 8 a よりも外径側に配置される磁気シールド 8 b の周方向の磁気抵抗より小さくなるように設定されてもよい。磁気抵抗は、「磁路の長さ / (透磁率 × 断面積)」で表わされる。

[0054] 内径側の磁気シールド 8 a の周方向の磁気抵抗を小さくするには、例えば、内径側の磁気シールド 8 a の材料の周方向の透磁率が、外径側の磁気シールド 8 b の材料の周方向の透磁率より高くなるようにしてもよい。また、その場合、内径側の磁気シールド 8 a に方向性電磁鋼板が用いられ、外径側の磁気シールド 8 b に無方向性電磁鋼板が用いられるようにしてもよい。

[0055] 方向性電磁鋼板を用いた磁気シールド 8 a においては、方向性電磁鋼板の磁化容易方向（磁気モーメントが向き易い方向）が概ね周方向を向くように配置される。これを実現するには、例えば、図 6 に示すように磁気シールド 8 a を構成する複数の扇形のユニット 8 a-1、8 a-2、8 a-3、・・・を用意した上で、各ユニットを周方向に繋がるように接合する。

[0056] 各ユニットは、それぞれ、複数の方向性電磁鋼板を積層して構成される。これら複数の方向性電磁鋼板は、それぞれ、接合されたときに磁化容易方向が周方向を向くように扇形に切り出したものであってもよい。その上で、各ユニットが周方向に繋がるように接合される。

[0057] このような構成とすることで、より強い磁界が入射する内径側の磁気シールド 8 a は、周方向の磁気抵抗が小さいので、磁束の一部は外径方向よりも周方向へ向かうように向きが変えられ、外径方向へ向かう磁束が減る。一方、外径側の磁気シールド 8 b は、周方向の磁気抵抗は大きい、入射する磁界が弱いので、外径側の磁気シールド単体に必要とされるシールド効果は低くてもよい。一般に、磁気抵抗の大きい材料は、磁気抵抗の小さい材料よりも、入手がしやすく、製造時の材料費を抑えることができる。

[0058] また、内径側の磁気シールド 8 a の周方向の磁気抵抗を小さくするには、例えば、内径側の磁気シールド 8 a の軸方向の占積率が、外径側の磁気シールド 8 b の軸方向の占積率よりも高くなるようにしてもよい。また、その場合、内径側の磁気シールド 8 a に、外径側の磁気シールド 8 b よりも板厚の厚い材料が用いられてもよい。例えば、内径側の磁気シールド 8 a に 0.5 mm 厚の電磁鋼板を用い、外径側の磁気シールド 8 b に 0.35 mm 厚の電磁鋼板を用いてもよい。

[0059] このような構成とすることで、より強い磁界が入射する内径側の磁気シールド 8 a の磁性部分の占積率が高くなり、軸方向の磁気抵抗を小さくすることができるので、全体として、より高いシールド効果を得ることができる。

[0060] ここまでの説明では、磁気シールド 8 a, 8 b の周方向の磁気抵抗が異なるようにする手法を示したが、別の手法として、以下に説明するように磁気シールド 8 a, 8 b の鉄損が異なるようにしてもよい。

[0061] (磁気シールド 8 a, 8 b の鉄損)

内径側の磁気シールド 8 a に、外径側の磁気シールド 8 b よりも単位体積当たりの鉄損が小さい材料が用いられてもよい。また、その場合、内径側の磁気シールド 8 a に、外径側の磁気シールド 8 b よりも板厚の薄い材料が用いられてもよい。また、例えば、内径側の磁気シールド 8 a に、JIS規格50A250の電磁鋼板、外径側の磁気シールド 8 b にJIS規格50A470の電磁鋼板、といったように、内径側の磁気シールド 8 a に、外径側の磁気シールド 8 b よりも高グレードの低損失電磁鋼板を用いてもよい。

[0062] このような構成とすることで、より強い磁界が入射する内径側の磁気シールド 8 a の磁性部分の鉄損の発生を抑制することができ、当該磁気シールドにおける温度上昇や回転電機の効率低下を抑えることができる。

[0063] なお、内径側の磁気シールド 8 a に、外径側の磁気シールド 8 b よりも板厚の薄い材料が用いる手法は、上に述べた、内径側の磁気シールド 8 a に、外径側の磁気シールド 8 b よりも板厚の厚い材料を用いる手法と相反するが、どちらの手法を選択するかは、当該回転電機の用途や使用条件に応じて決

めればよい。例えば、内径側の磁気シールド 8 a の磁気抵抗を下げることでより高いシールド効果を得ることを優先するのか、あるいは、一定のシールド効果を得たうえで磁気シールドにおける温度上昇や回転電機の効率低下を抑えることを優先するのかに応じて決めてもよい。

[0064] このように本実施形態によれば、磁性体から成る円筒形状の磁気シールドを、径方向に離間する複数の磁気シールドとすることで、同じ体積の磁性体を用いた場合の漏洩磁界を小さくすることができる。すなわち、漏洩磁界を同等レベルにすると、磁性体の体積を小さくすることが可能になる。

[0065] 以上詳述したように、実施形態によれば、シールド構造物の体積もしくは重量を低減させることを可能にする回転電機を提供することができる。

[0066] 本発明のいくつかの実施形態を説明したが、これらの実施形態は、例として提示したものであり、発明の範囲を限定することは意図していない。これら新規な実施形態は、その他の様々な形態で実施されることが可能であり、発明の要旨を逸脱しない範囲で、種々の省略、置き換え、変更を行うことができる。これら実施形態やその変形は、発明の範囲や要旨に含まれるとともに、特許請求の範囲に記載された発明とその均等の範囲に含まれる。

請求の範囲

- [請求項1] 磁界を発生する界磁部（3）を有する回転子（1）と、
前記回転子（1）の外径側に設けられ、前記界磁部（3）で発生する磁界と相互作用する磁界を発生する固定子コイル（6）を有する固定子（5）と、
を具備し、前記固定子（5）は、
前記固定子コイル（6）の外径側に設けられ、それぞれが径方向に離間するように配置される複数の円筒形状の磁性体から成る磁気シールド（8）を備える、
回転電機。
- [請求項2] 請求項1に記載の回転電機において、
前記複数の磁気シールド（8）のうち内径側に配置される第1の磁気シールド（8a）の軸方向長さ（L1）は、前記第1の磁気シールド（8a）よりも外径側に配置される第2の磁気シールド（8b）の軸方向長さ（L2）よりも短い、回転電機。
- [請求項3] 請求項2に記載の回転電機において、
前記第1の磁気シールド（8a）の軸方向長さ（L1）は、前記固定子コイル（6）の軸方向に直線状に延びるコイル部分の両側から延出する2つのコイルエンド部のそれぞれの軸方向中央位置どうしを結ぶ軸方向長さよりも短く、もしくは、前記界磁部（3）の回転方向に延びる2つのコイル部分のそれぞれの軸方向中央位置どうしを結ぶ軸方向長さよりも短く形成され、
前記第2の磁気シールド（8b）の軸方向長さ（L2）は、前記固定子コイル（6）の軸方向長さ（Ls）よりも長く、もしくは、前記界磁部（3）の軸方向長さ（Lr）よりも長く形成されている、回転電機。
- [請求項4] 請求項1乃至3のいずれか1項に記載の回転電機において、
前記複数の磁気シールド（8）のうち内径側に配置される第1の磁

気シールド（８ a）の周方向の磁気抵抗は、前記第１の磁気シールド（８ a）よりも外径側に配置される第２の磁気シールド（８ b）の周方向の磁気抵抗より小さい、回転電機。

[請求項5] 請求項４に記載の回転電機において、
前記第１の磁気シールド（８ a）の材料の周方向の透磁率は、前記第２の磁気シールド（８ b）の材料の周方向の透磁率より高い、回転電機。

[請求項6] 請求項４又は５に記載の回転電機において、
前記第１の磁気シールド（８ a）に方向性電磁鋼板が用いられ、前記第２の磁気シールド（８ b）に無方向性電磁鋼板を用いられている、回転電機。

[請求項7] 請求項４に記載の回転電機において、
前記第１の磁気シールド（８ a）の軸方向の占積率は、前記第２の磁気シールド（８ b）の軸方向の占積率よりも高い、回転電機。

[請求項8] 請求項７に記載の回転電機において、
前記第１の磁気シールド（８ a）に、前記第２の磁気シールド（８ b）よりも板厚の厚い材料が用いられている、回転電機。

[請求項9] 請求項１乃至３のいずれか１項に記載の回転電機において、
前記複数の磁気シールド（８）のうち内径側に配置される第１の磁気シールド（８ a）に、前記第１の磁気シールド（８ a）よりも外径側に配置される第２の磁気シールド（８ b）よりも単位体積当たりの鉄損が小さい材料が用いられている、回転電機。

[請求項10] 請求項９に記載の回転電機において、
前記第１の磁気シールド（８ a）に、前記第２の磁気シールド（８ b）よりも板厚の薄い材料が用いられている、回転電機。

補正された請求の範囲

[2023年6月14日(14.06.2023) 国際事務局受理]

[請求項1] (補正後) 磁界を発生する界磁部 (3) を有する回転子 (1) と、

前記回転子 (1) の外径側に設けられ、前記界磁部 (3) で発生する磁界と相互作用する磁界を発生する固定子コイル (6) を有する固定子 (5) と、

を具備し、前記固定子 (5) は、

前記固定子コイル (6) の外径側に設けられ、それぞれが径方向に離間するように配置される複数の円筒形状の磁性体から成る磁気シールド (8) を備え、

前記複数の磁気シールド (8) のうち内径側に配置される第 1 の磁気シールド (8 a) の軸方向長さ (L 1) は、前記第 1 の磁気シールド (8 a) よりも外径側に配置される第 2 の磁気シールド (8 b) の軸方向長さ (L 2) よりも短い、

回転電機。

[請求項2] (削除)

[請求項3] (補正後) 請求項 1 に記載の回転電機において、

前記第 1 の磁気シールド (8 a) の軸方向長さ (L 1) は、前記固定子コイル (6) の軸方向に直線状に延びるコイル部分の両側から延出する 2 つのコイルエンド部のそれぞれの軸方向中央位置どうしを結ぶ軸方向長さよりも短く、もしくは、前記界磁部 (3) の回転方向に延びる 2 つのコイル部分のそれぞれの軸方向中央位置どうしを結ぶ軸方向長さよりも短く形成され、

前記第 2 の磁気シールド (8 b) の軸方向長さ (L 2) は、前記固定子コイル (6) の軸方向長さ (L s) よりも長く、もしくは、前記界磁部 (3) の軸方向長さ (L r) よりも長く形成されている、回転電機。

[請求項4] (補正後) 請求項 1 又は 3 に記載の回転電機において、

前記複数の磁気シールド (8) のうち内径側に配置される第 1 の磁

気シールド（８ a）の周方向の磁気抵抗は、前記第１の磁気シールド（８ a）よりも外径側に配置される第２の磁気シールド（８ b）の周方向の磁気抵抗より小さい、回転電機。

[請求項5] 請求項４に記載の回転電機において、
前記第１の磁気シールド（８ a）の材料の周方向の透磁率は、前記第２の磁気シールド（８ b）の材料の周方向の透磁率より高い、回転電機。

[請求項6] 請求項４又は５に記載の回転電機において、
前記第１の磁気シールド（８ a）に方向性電磁鋼板が用いられ、前記第２の磁気シールド（８ b）に無方向性電磁鋼板を用いられている、回転電機。

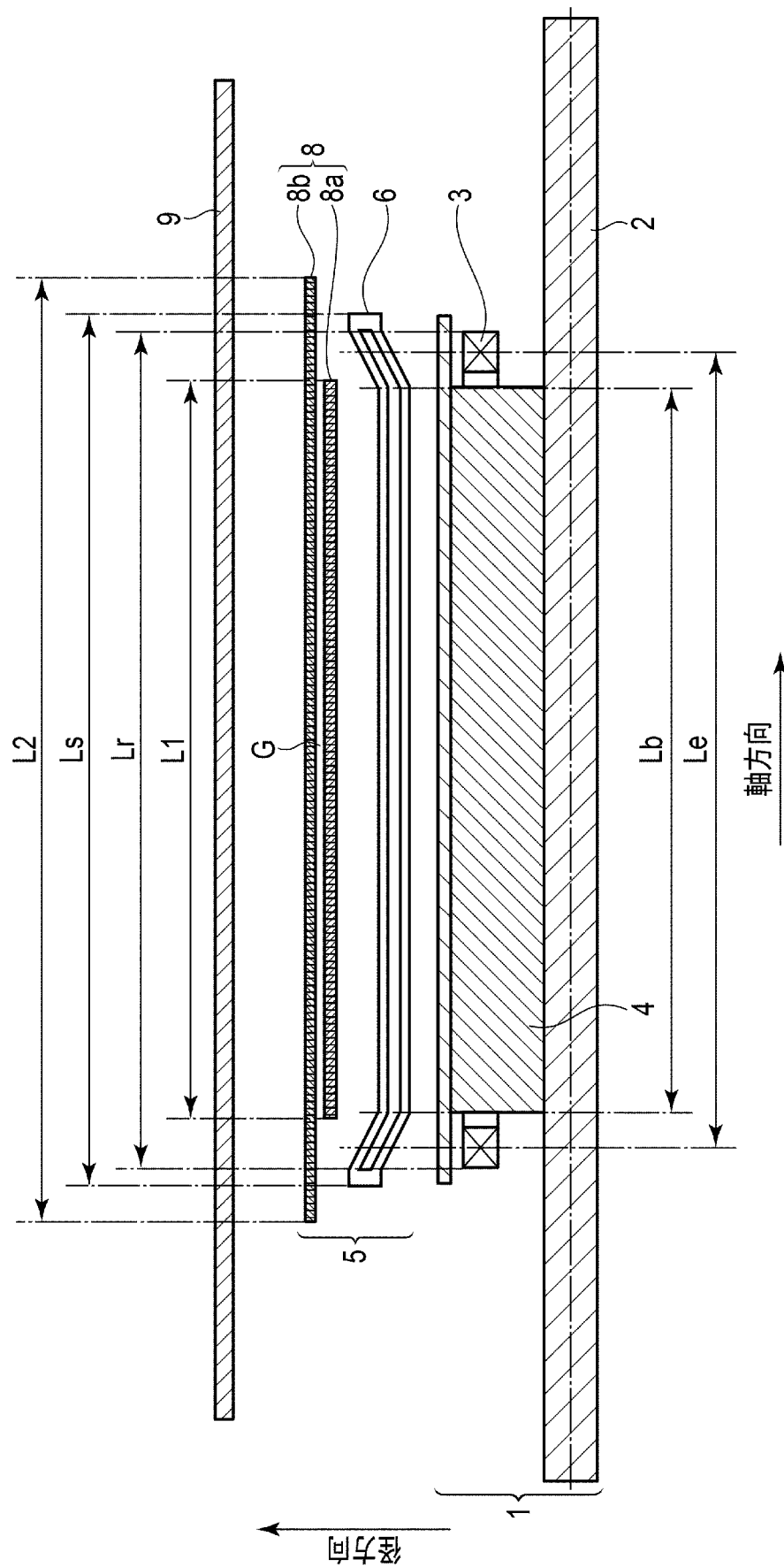
[請求項7] 請求項４に記載の回転電機において、
前記第１の磁気シールド（８ a）の軸方向の占積率は、前記第２の磁気シールド（８ b）の軸方向の占積率よりも高い、回転電機。

[請求項8] 請求項７に記載の回転電機において、
前記第１の磁気シールド（８ a）に、前記第２の磁気シールド（８ b）よりも板厚の厚い材料が用いられている、回転電機。

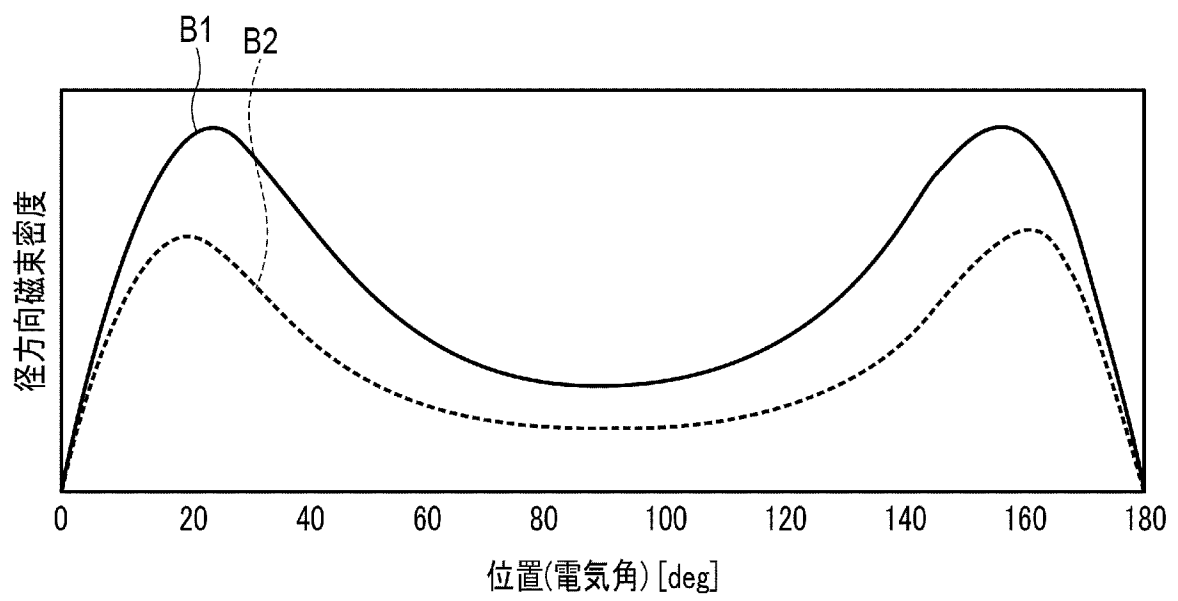
[請求項9]（補正後） 請求項１又は３に記載の回転電機において、
前記複数の磁気シールド（８）のうち内径側に配置される第１の磁気シールド（８ a）に、前記第１の磁気シールド（８ a）よりも外径側に配置される第２の磁気シールド（８ b）よりも単位体積当たりの鉄損が小さい材料が用いられている、回転電機。

[請求項10] 請求項９に記載の回転電機において、
前記第１の磁気シールド（８ a）に、前記第２の磁気シールド（８ b）よりも板厚の薄い材料が用いられている、回転電機。

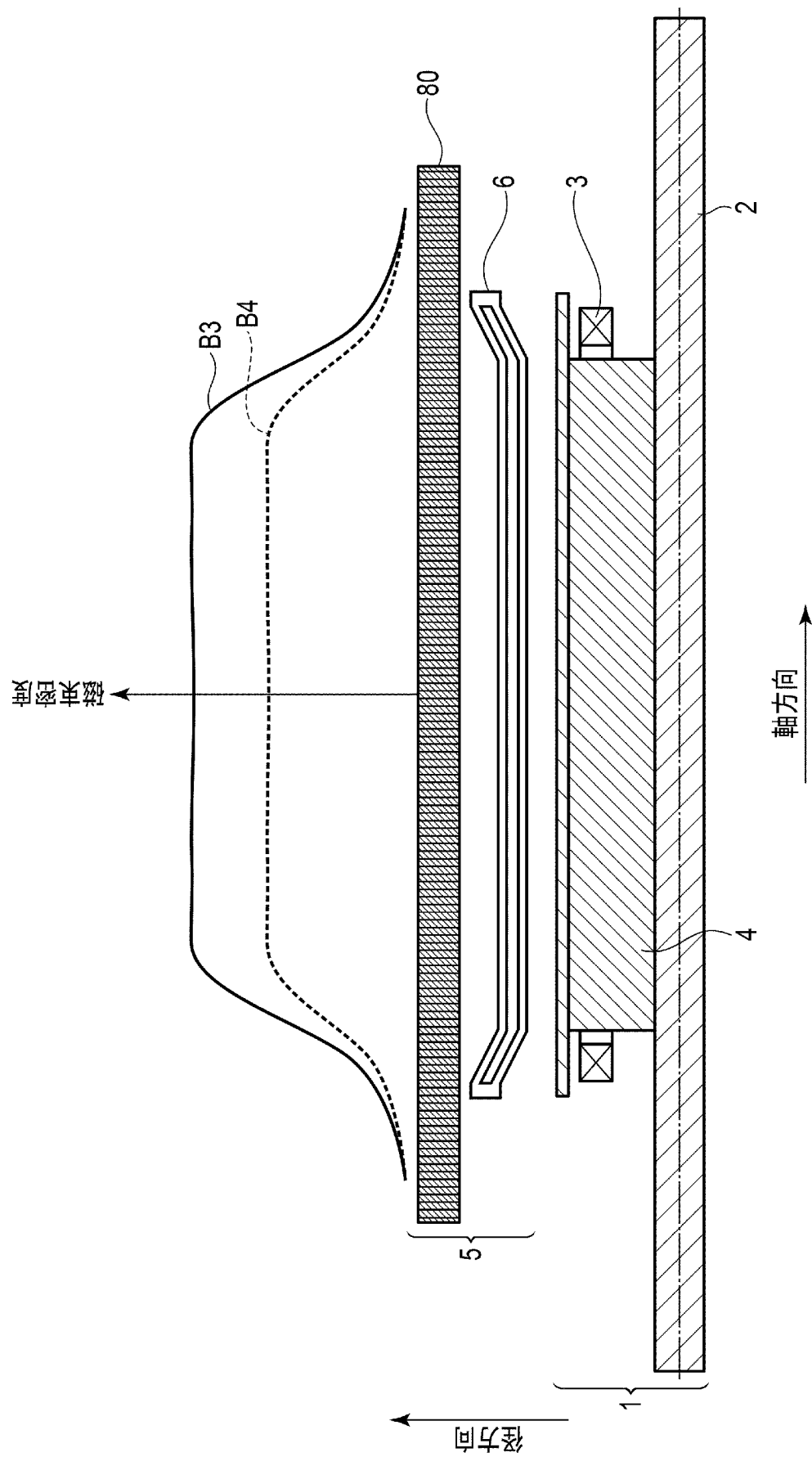
[図2]



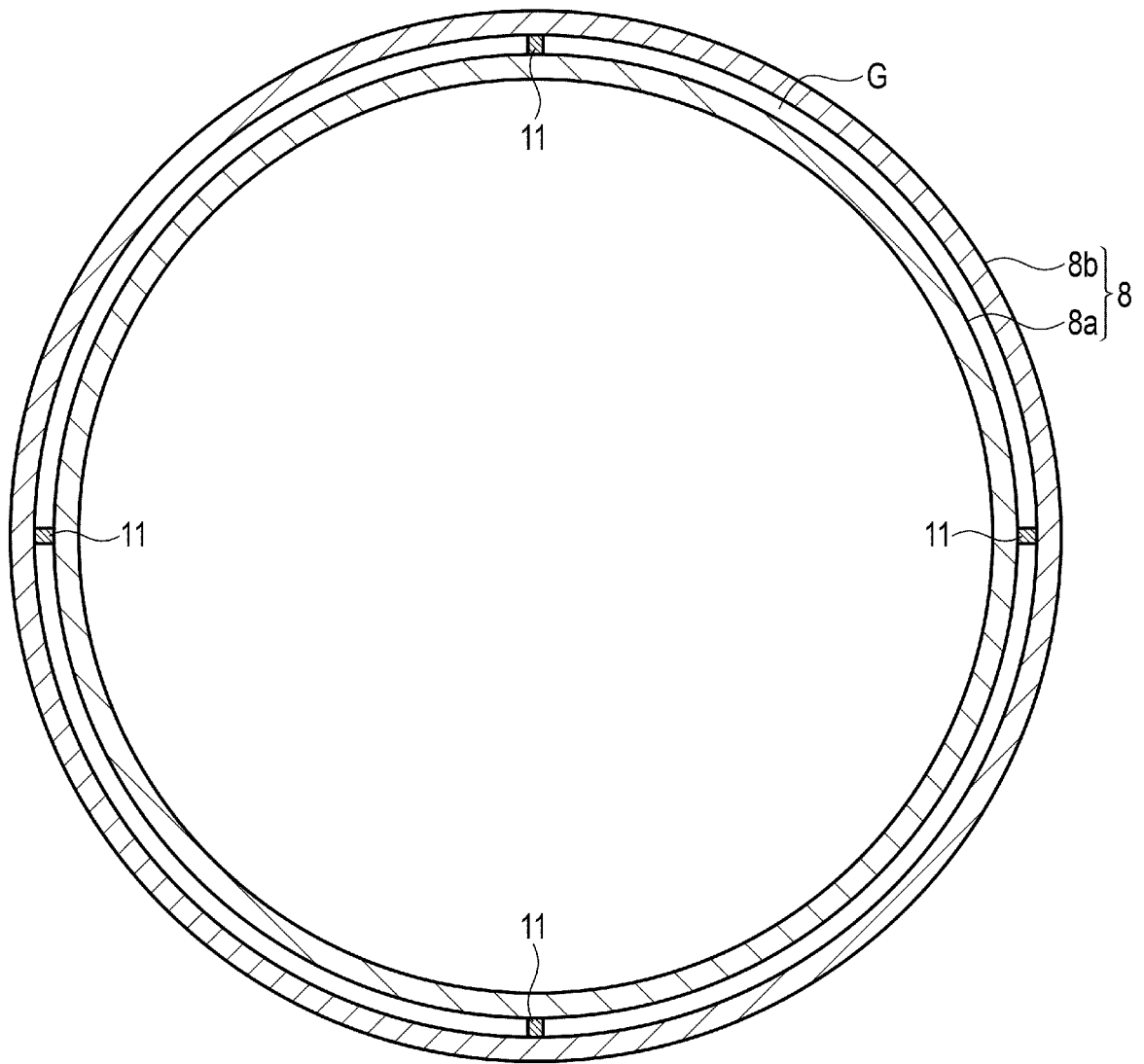
[図3]



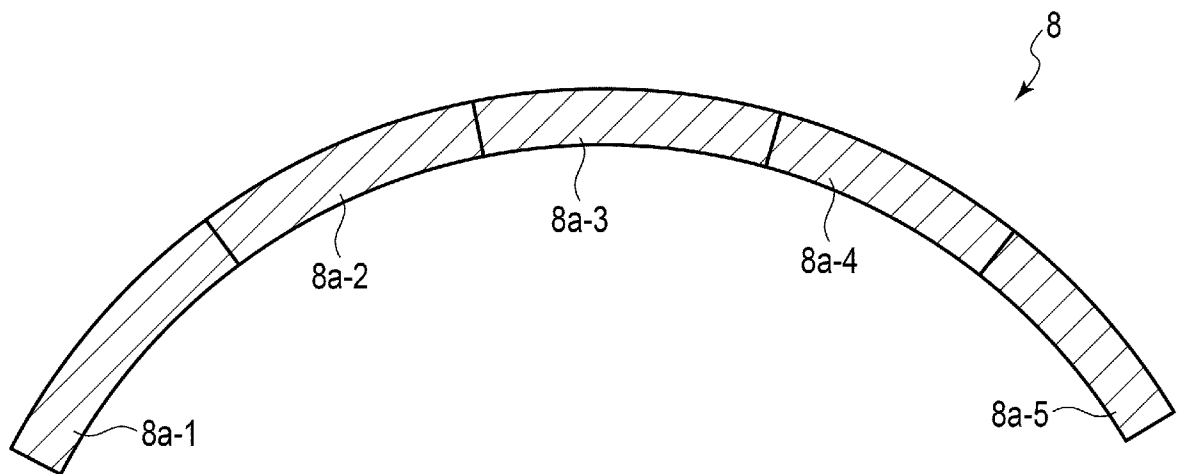
[図4]



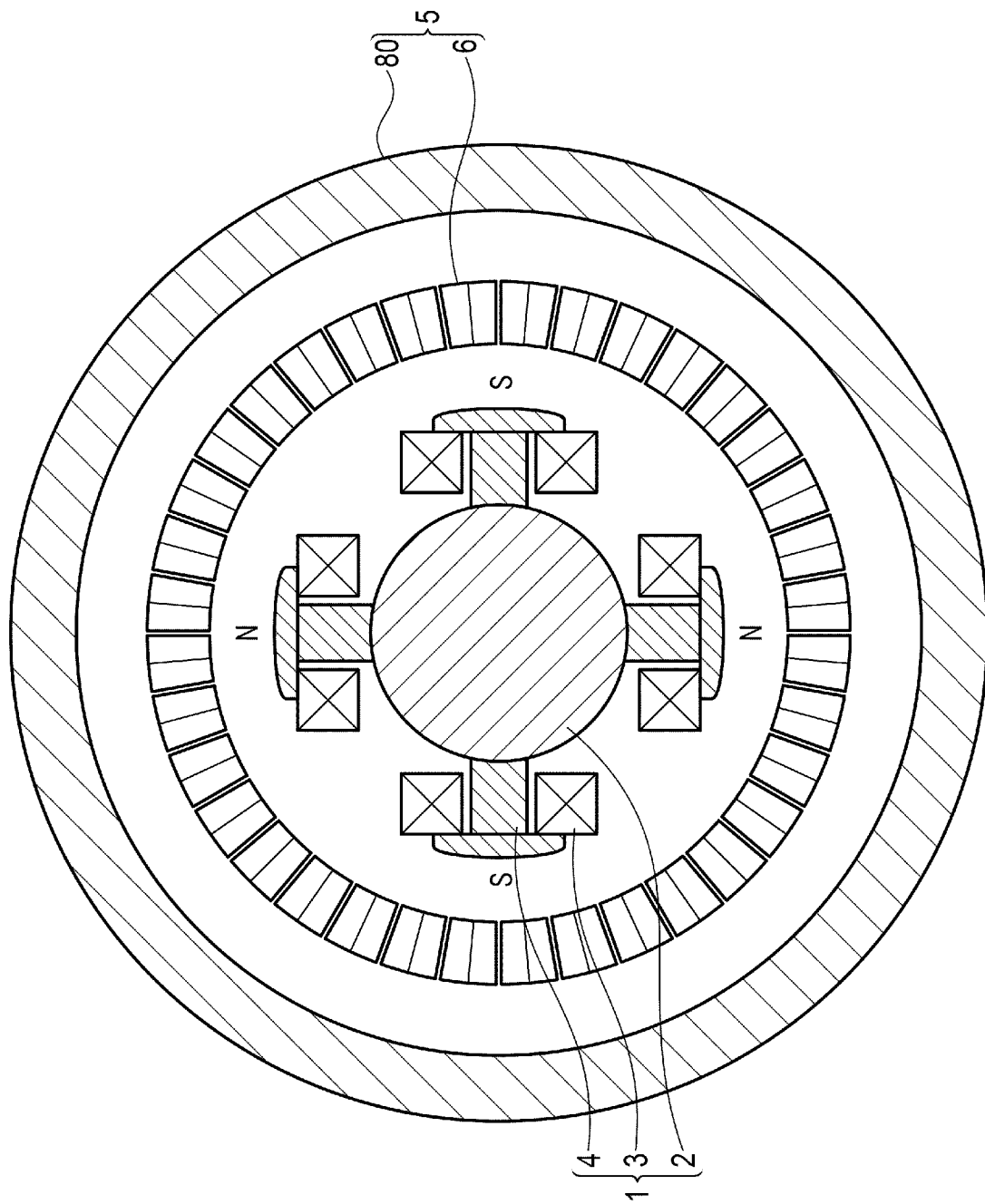
[図5]



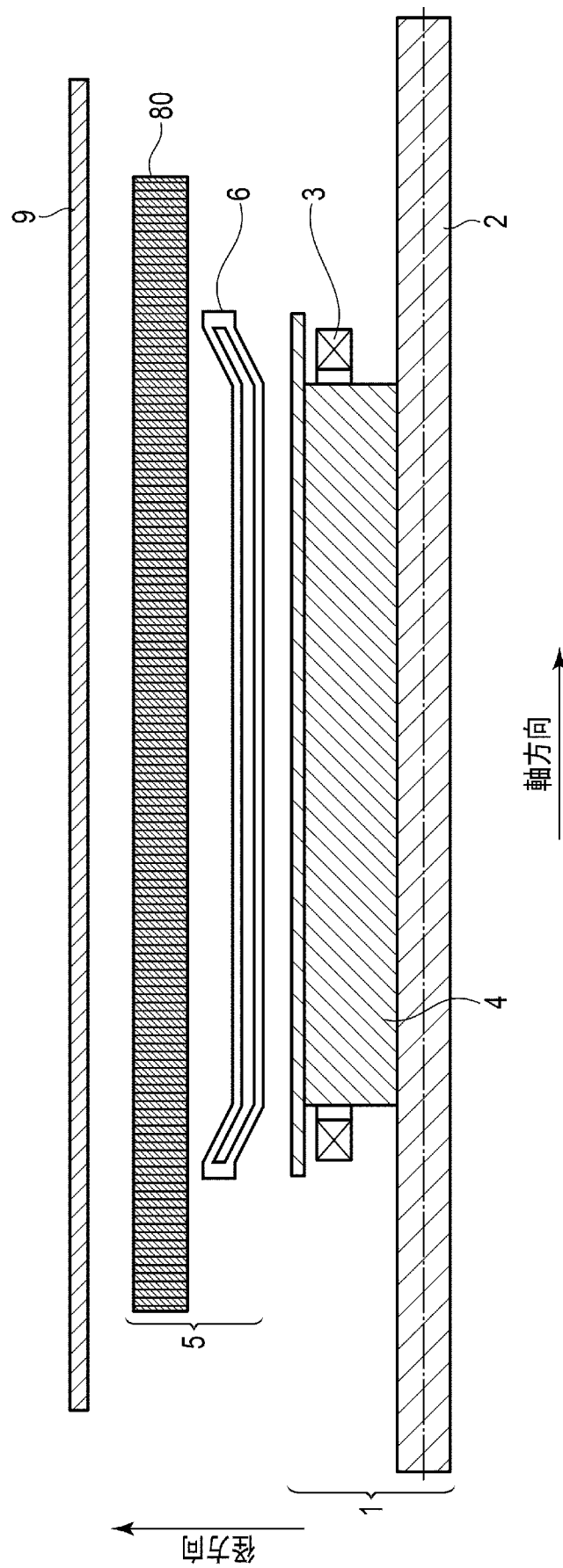
[図6]



[図7]



[図8]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2023/002065

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**H02K 5/00**(2006.01)i; **H02K 19/14**(2006.01)i

FI: H02K5/00 B; H02K19/14 Z

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)

H02K5/00; H02K19/14

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

Published examined utility model applications of Japan 1922-1996
 Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2023
 Registered utility model specifications of Japan 1996-2023
 Published registered utility model applications of Japan 1994-2023

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	CN 210927309 U (SUZHOU ZHONGZE MEDICAL TECHNOLOGY CO., LTD.) 03 July 2020 (2020-07-03) paragraphs [0022]-[0031], fig. 1-2	1-2
Y		4-10
A		3
Y	JP 10-73872 A (NIKON CORP.) 17 March 1998 (1998-03-17) paragraphs [0015]-[0023], fig. 6-7	4-10
X	JP 61-62345 A (MITSUBISHI ELECTRIC CORP.) 31 March 1986 (1986-03-31) page 2, lower left column, line 1 to page 3, upper right column, line 15, fig. 2-3	1-3
A		4-10
A	JP 2011-211882 A (HITACHI, LTD.) 20 October 2011 (2011-10-20) paragraphs [0023]-[0048], fig. 5-8	1-10

☐ 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

28 February 2023

Date of mailing of the international search report

07 March 2023

Name and mailing address of the ISA/JP

Japan Patent Office (ISA/JP)
 3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915
 Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/JP2023/002065

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
CN	210927309	U	03 July 2020	(Family: none)	
JP	10-73872	A	17 March 1998	(Family: none)	
JP	61-62345	A	31 March 1986	(Family: none)	
JP	2011-211882	A	20 October 2011	US 2011/0241455 A1 paragraphs [0065]-[0087], fig. 5-8	
				CN 102208837 A	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） H02K 5/00(2006.01)i; H02K 19/14(2006.01)i FI: H02K5/00 B; H02K19/14 Z		
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）） H02K5/00; H02K19/14		
最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの 日本国実用新案公報 1922-1996年 日本国公開実用新案公報 1971-2023年 日本国実用新案登録公報 1996-2023年 日本国登録実用新案公報 1994-2023年		
国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）		
C. 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
X	CN 210927309 U (SUZHOU ZHONGZE MEDICAL TECHNOLOGY CO. LTD.) 03.07.2020 (2020 - 07 - 03) 段落[0022]-[0031], 図1-2	1-2
Y		4-10
A		3
Y	JP 10-73872 A (株式会社ニコン) 17.03.1998 (1998 - 03 - 17) 段落[0015]-[0023], 図6-7	4-10
X	JP 61-62345 A (三菱電機株式会社) 31.03.1986 (1986 - 03 - 31) 第2ページ左下欄第1行-第3ページ右上欄第15行, 第2-3図	1-3
A		4-10
A	JP 2011-211882 A (株式会社日立製作所) 20.10.2011 (2011 - 10 - 20) 段落[0023]-[0048], 図5-8	1-10
☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。 ☒ パテントファミリーに関する別紙を参照。		
* 引用文献のカテゴリー “A” 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの “E” 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの “L” 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す） “O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 “P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献 “T” 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と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 28.02.2023		国際調査報告の発送日 07.03.2023
名称及びあて先 日本国特許庁(ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号		権限のある職員（特許庁審査官） 柏崎 翔 3V 4788 電話番号 03-3581-1101 内線 3357

国際調査報告
パテントファミリーに関する情報

国際出願番号

PCT/JP2023/002065

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
CN	210927309	U	03.07.2020	(ファミリーなし)	
JP	10-73872	A	17.03.1998	(ファミリーなし)	
JP	61-62345	A	31.03.1986	(ファミリーなし)	
JP	2011-211882	A	20.10.2011	US 2011/0241455 A1	
				段落[0065]-[0087], 図5-8	
				CN 102208837 A	