

(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
2021年7月1日(01.07.2021)



(10) 国際公開番号

WO 2021/131807 A1

(51) 国際特許分類:

F16H 49/00 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2020/046344

(22) 国際出願日: 2020年12月11日(11.12.2020)

(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 2019-232518 2019年12月24日(24.12.2019) JP

(71) 出願人: 三菱重工業株式会社 (MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD.)
[JP/JP]; 〒1008332 東京都千代田区丸の内三丁目2番3号 Tokyo (JP).

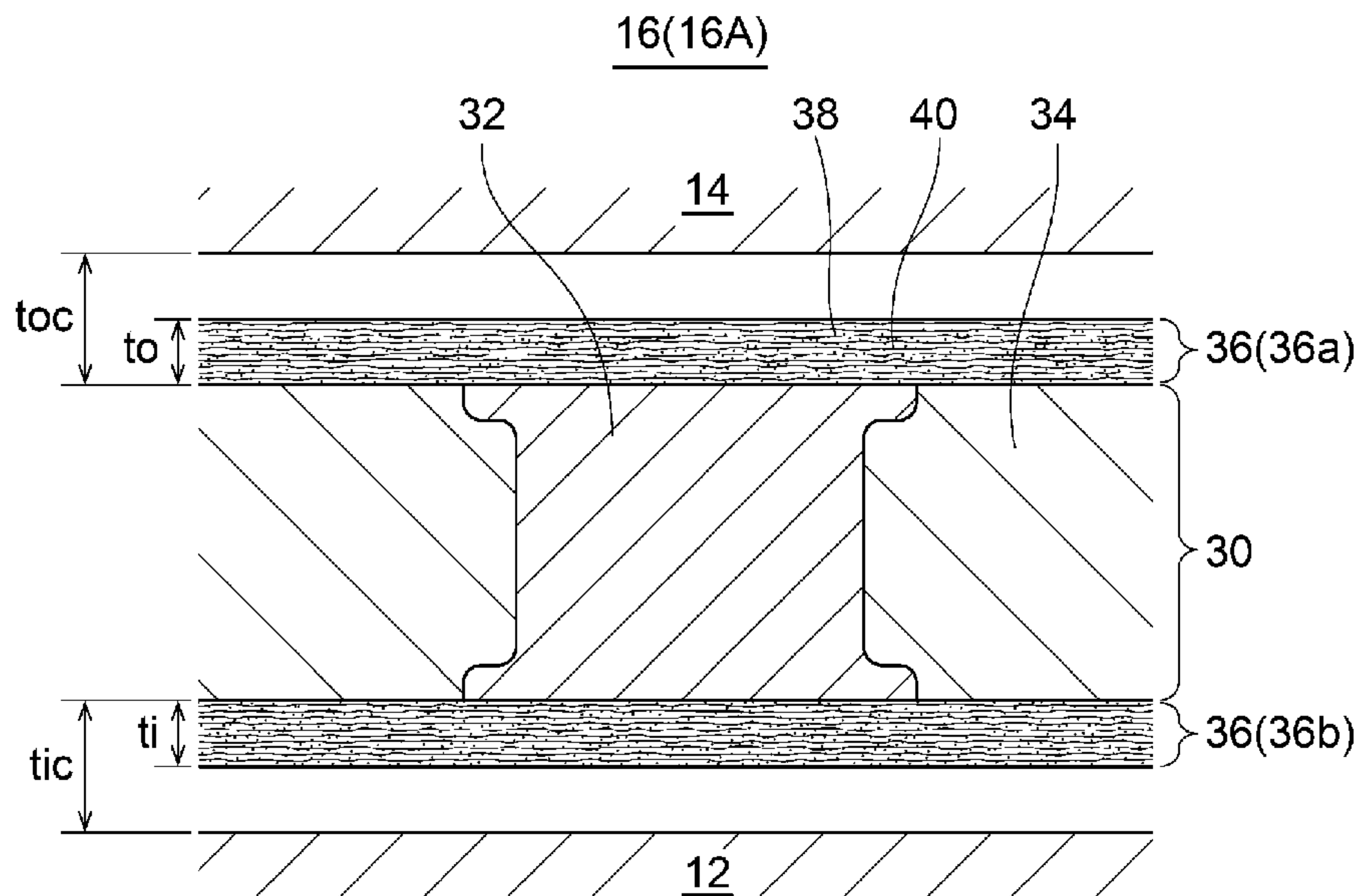
(72) 発明者: 清水 隆之 (SHIMIZU, Takayuki);

〒1008332 東京都千代田区丸の内三丁目2番3号 三菱重工業株式会社内 Tokyo (JP). 佐々木幹人(SASAKI Mikito); 〒1008332 東京都千代田区丸の内三丁目2番3号 三菱重工業株式会社内 Tokyo (JP). 磯部 真一(ISOBE, Shinichi); 〒1008332 東京都千代田区丸の内三丁目2番3号 三菱重工業株式会社内 Tokyo (JP). 梅田 彰彦(UMEDA, Akihiko); 〒1008332 東京都千代田区丸の内三丁目2番3号 三菱重工業株式会社内 Tokyo (JP). 湯下 篤(YUGE, Atsushi); 〒1008332 東京都千代田区丸の内三丁目2番3号 三菱重工業株式会社内 Tokyo (JP).

(74) 代理人: 誠真 I P 特許業務法人 (SEISHIN IP PATENT FIRM, P.C.); 〒1080073 東京都港区

(54) Title: MAGNETIC POLE-PIECE DEVICE AND MAGNETIC GEAR DEVICE

(54) 発明の名称: 磁性極片装置及び磁気歯車装置



(57) Abstract: This magnetic pole-piece device according to an embodiment is arranged between an inner diameter-side magnet field of a magnetic gear and an outer diameter-side magnet field thereof and comprises: an annular member that includes a plurality of magnetic pole-pieces arranged at intervals along the circumferential direction, and a plurality of holding members respectively disposed between the plurality of magnetic pole-pieces; and a cover member that is configured from a composite material obtained by impregnating, with a matrix resin, continuous fiber that extends along the circumferential direction. The cover member is disposed on the outer peripheral surface and/or the inner peripheral surface of the annular member. The relationship $1/6 \cdot tc \leq t \leq 1/2 \cdot tc$ is satisfied when the gap between the annular member and the magnet field is tc and the thickness of the cover member is t .

[続葉有]

三田三丁目13番16号 三田43M
Tビル13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, 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, 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, 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:

一 国際調査報告 (条約第21条(3))

(57) 要約: 一実施形態に係る磁性極片装置は、磁気歯車の内径側磁石界磁と外径側磁石界磁との間に配置される磁性極片装置であって、周方向に間隔を置いて配置される複数の磁性極片、及び前記複数の磁性極片の各々の間に配置される複数の保持部材、を含む環状部材と、周方向に沿って延在する連続繊維をマトリックス樹脂に含浸させてなる複合材料から構成されたカバー部材と、を備え、カバー部材は、環状部材の外周面及び内周面の少なくとも一方に配置され、環状部材と磁石界磁との間の隙間を t_c 、カバー部材の厚みを t としたとき、 $1/6 \cdot t_c \leq t \leq 1/2 \cdot t_c$ の関係を満たす。

明 細 書

発明の名称： 磁性極片装置及び磁気歯車装置

技術分野

[0001] 本開示は、磁性極片装置及び該磁性極片装置を備えた磁気歯車装置に関する。

本願は、2019年12月24日に出願された特願2019-232518号に基づき優先権を主張し、その内容をここに援用する。

背景技術

[0002] 歯車装置の一種として、磁石の吸引力及び反発力を利用し、非接触でトルクや運動を伝達することにより、歯の接触により生じる摩耗、振動、騒音等の問題を回避できるようにした磁気歯車がある。磁気歯車のうち、同心円状に配置された内外2つの磁石回転子と、これら磁石回転子の間に挟まれ、例えばポールピースと呼ばれ、周方向に等間隔に配置された複数の磁性極片で構成される変調磁極と、を備える磁束変調型磁気歯車は、この変調磁極により内外回転子の磁石の磁束が変調され、変調した磁束に内外回転子が夫々同期することで、磁気歯車として動作する。磁束変調型磁気歯車は、内外回転子のすべての磁石が動力伝達に寄与するため、他種の磁気歯車と比べてトルク密度が高いという利点があるとされている。特許文献1及び2には磁束変調型磁気歯車が開示されている。

[0003] 磁束変調型磁気歯車では、内径側回転子の磁石と外径側回転子の磁石とは極対数が異なる。変調磁極（ポールピース）は両者間の磁極数を変調する役割があるが、変調磁極の肉厚を厚くしてしまうと、内外磁石間の距離が大きくなり、トルクの伝達効率が低下してしまうため、変調磁極の肉厚寸法に制約がある。他方、変調磁極は内外回転子の磁石で発生する磁力を受け、この磁力に対して径方向の変形を防ぐため剛性を必要とする。特許文献1では、変調磁極の剛性付与のため、複数の磁性極片間に非磁性の補強部材を設けている。特許文献2では、変調磁極に発生する誘導電流（渦電流）によって損

失が増加し、これによって、トルクの伝達効率が低下するのを抑制するため、変調磁極と変調磁極を支持する端部保持部材との間に絶縁部材を設けて電氣的に絶縁し、誘導電流の発生を抑制するようにしている。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：米国特許第9 4 2 5 6 5 5号明細書

特許文献2：特許第5 2 8 6 3 7 3号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] 上述のように、変調磁極は内外回転子の磁石で発生する磁力を受けるため、剛性が低いと径方向に変形して内外回転子の磁石に干渉してしまうおそれがある。そのため、例えば、変調磁極に弾性率の高い補強部材を設けて剛性を高める必要がある。しかし、補強部材を弾性率の高い金属製とすると、金属の磁性によって変調磁極に渦電流が発生し、これによる損失が増加してトルクの伝達効率が低下させるという問題がある。

[0006] 本開示は、上述する問題点に鑑みてなされたもので、トルクの伝達効率を低下させずに、磁石の磁力に抗して変調磁極の変形を抑制することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0007] 上記目的を達成するため、本開示に係る磁性極片装置は、磁気歯車の内径側磁石界磁と外径側磁石界磁との間に配置される磁性極片装置であって、周方向に間隔を置いて配置される複数の磁性極片、及び前記複数の磁性極片の各々の間に配置される複数の保持部材、を含む環状部材と、前記周方向に沿って延在する連続繊維をマトリックス樹脂に含浸させてなる複合材料から構成されたカバー部材と、を備え、前記カバー部材は、前記環状部材の外周面及び内周面の少なくとも一方に配置され、前記カバー部材が前記環状部材の前記外周面に配置されるとき、前記環状部材の前記外周面と前記外径側磁石

界磁の内周面との間の隙間を t_{oc} 、前記カバー部材の厚みを t_o としたとき、 $1/6 \cdot t_{oc} \leq t_o \leq 1/2 \cdot t_{oc}$ の関係を満たし、前記カバー部材が前記環状部材の前記内周面に配置されるとき、前記環状部材の前記内周面と前記内径側磁石界磁の外周面との間の隙間を t_{ic} 、前記カバー部材の厚みを t_i としたとき、 $1/6 \cdot t_{ic} \leq t_i \leq 1/2 \cdot t_{ic}$ の関係を満たす。

[0008] また、本開示に係る磁気歯車装置は、内径側磁石界磁と、前記内径側磁石界磁に対して外径側に配置される外径側磁石界磁と、前記内径側磁石界磁と前記外径側磁石界磁との間に配置される、上記構成の磁性極片装置と、を備える。

発明の効果

[0009] 本開示に係る磁性極片装置及び磁気歯車装置によれば、上記カバー部材を備え、カバー部材と磁石界磁との隙間及びカバー部材の厚みとが上記関係を有することで、トルクの伝達効率を低下させずに磁性極片装置を構成する環状部材の径方向変位を抑制でき、磁性極片装置が磁石界磁に干渉するのを抑制できる。また、磁性極片装置の耐変位能を向上できるため、磁性極片装置の材料などを含めて設計自由度を広げることができる。

図面の簡単な説明

[0010] [図1]一実施形態に係る磁気歯車の横断面図である。

[図2]図1の一部拡大図である。

[図3]一実施形態に係る磁性極片装置の横断面図である。

[図4]一実施形態に係る磁性極片装置の横断面図である。

[図5]比較例としての環状部材の径方向変形の解析結果を示す表である。

[図6]一実施形態に係る環状部材の径方向変形の解析結果を示す表である。

[図7]図6に示す解析結果のうち半径方向変形量をプロットしたグラフである。

[図8]図6に示す解析結果のうち残存隙間量をプロットしたグラフである。

発明を実施するための形態

[0011] 以下、添付図面を参照して、本開示の幾つかの実施形態について説明する。ただし、これらの実施形態に記載されているか、又は図面に示されている構成部品の寸法、材質、形状及びその相対的配置等は、本開示の範囲をこれに限定する趣旨ではなく、単なる説明例にすぎない。

例えば、「ある方向に」、「ある方向に沿って」、「平行」、「直交」、「中心」、「同心」或いは「同軸」等の相対的或いは絶対的な配置を表す表現は、厳密にそのような配置を表すのみならず、公差、若しくは、同じ機能が得られる程度の角度や距離をもって相対的に変位している状態も表すものとする。

例えば、「同一」、「等しい」及び「均質」等の物事が等しい状態であることを表す表現は、厳密に等しい状態を表すのみならず、公差、若しくは、同じ機能が得られる程度の差が存在している状態も表すものとする。

例えば、四角形状や円筒形状等の形状を表す表現は、幾何学的に厳密な意味での四角形状や円筒形状等の形状を表すのみならず、同じ効果が得られる範囲で、凹凸部や面取り部等を含む形状も表すものとする。

一方、一つの構成要素を「備える」、「具える」、「具備する」、「含む」、又は「有する」という表現は、他の構成要素の存在を除外する排他的な表現ではない。

[0012] (磁気歯車装置の構成)

図1は、一実施形態に係る磁気歯車装置10の断面図であり、図2は図1の一部拡大図である。磁気歯車装置10は、磁束変調型磁気歯車を構成し、内径側磁石界磁12と、内径側磁石界磁12に対して外径側に配置される外径側磁石界磁14と、内径側磁石界磁12と外径側磁石界磁14との間に配置された磁性極片装置16と、を備えている。内径側磁石界磁12、外径側磁石界磁14及び磁性極片装置16は同心状に配置される。内径側磁石界磁12及び外径側磁石界磁14は、複数の磁極対を形成する磁石を含み、両者の磁極対の数が異なっている。磁性極片装置16を備えることで、内径側磁石界磁12及び外径側磁石界磁14の磁束が変調され、変調した磁束に内径

側磁石界磁 1 2 及び外径側磁石界磁 1 4 が夫々同期することで、磁気歯車装置として動作する。

[0013] 一実施形態では、図 1 に示すように、内径側磁石界磁 1 2 は、周方向（図 1 中の矢印 a 方向）に環状に配置された複数の磁極対 1 8 a 及び 1 8 b と、磁極対 1 8 a 及び 1 8 b を支持するための保持部材 2 0 とで構成されている。外径側磁石界磁 1 4 は、周方向に環状に配置された複数の磁極対 2 2 a 及び 2 2 b と、磁極対 2 2 a 及び 2 2 b を支持するための保持部材 2 4 とで構成されている。内径側磁石界磁 1 2 及び外径側磁石界磁 1 4 は磁極対の数が異なる。例えば、図 1 に示す夫々の磁極対の数とは異なるが、外径側磁石界磁 1 4 の磁極対 2 2 a 及び 2 2 b の数が内径側磁石界磁 1 2 の磁極対 1 8 a 及び 1 8 b の数の 3 倍であるとする、外径側磁石界磁 1 4 は内径側磁石界磁 1 2 の 3 倍の速度で回転する。このように、磁極対の数に比例して回転速度を変えることができる。

保持部材 2 0 及び 2 4 は、例えば磁性体で構成することで、バックヨークとしての機能をもたせることもできる。

[0014] 一実施形態では、内径側磁石界磁 1 2 及び外径側磁石界磁 1 4 は永久磁石を備え、永久磁石によって磁極対が形成される。永久磁石によって磁極対を形成することで、巻線などが不要になり、構成を簡素化できる。

[0015] （磁性極片装置の構成）

図 2 に示すように、磁性極片装置 1 6 は、磁気歯車装置 1 0 の内径側磁石界磁 1 2 と外径側磁石界磁 1 4 との間に配置される。磁性極片装置 1 6 は環状部材 3 0 を備え、環状部材 3 0 は、周方向に間隔を置いて配置される複数の磁性極片 3 2 と、各磁性極片 3 2 の間に配置される複数の保持部材 3 4 とを含んで構成されている。環状部材 3 0 の外周面及び内周面の少なくとも一方にカバー部材 3 6（3 6 a、3 6 b）が配置されている。保持部材 3 4 は非磁性体で構成される。保持部材 3 4 は、例えば、樹脂モールド、繊維強化プラスチック（FRP）単体、又は炭素短繊維、ガラス短繊維等を含浸した FRP で構成される。

[0016] 一実施形態では、図2に示すように、外径側磁石界磁14の保持部材24にコイル26が巻きつけられている。このコイル26は、磁極対22a及び22bの外側に巻きつけられるように構成される。

[0017] 図3及び図4は、幾つかの実施形態に係る磁性極片装置16（16A、16B）を示す。磁性極片装置16（16A、16B）において、カバー部材36（36a、36b）は、周方向に沿って延在する連続繊維38をマトリックス樹脂40に含浸させてなる複合材料で構成されている。そして、カバー部材36が環状部材30の外周面に配置され、環状部材30の外周面と外径側磁石界磁14の内周面との間の隙間を t_{oc} 、外周側カバー部材36（36a）の厚みを t_o としたとき、次の関係式（1）を満たす。

$$1/6 \cdot t_{oc} \leq t_o \leq 1/2 \cdot t_{oc} \quad (1)$$

一方、カバー部材36が環状部材30の内周面に配置され、環状部材30の内周面と内径側磁石界磁12の外周面との間の隙間を t_{ic} 、内周側カバー部材36（36b）の厚みを t_i としたとき、次の関係式（2）を満たす。

$$1/6 \cdot t_{ic} \leq t_i \leq 1/2 \cdot t_{ic} \quad (2)$$

[0018] これらの実施形態によれば、上記複合材料で構成されたカバー部材36は径方向の肉厚を薄くすることができるため、カバー部材36の存在によって内径側磁石界磁12及び外径側磁石界磁14間の間隔が大きくなる。従って、トルクの伝達効率の低下をまねかない。また、カバー部材36を備えることで、磁性極片装置16の径方向の剛性を高めることができるため、内径側磁石界磁12及び外径側磁石界磁14による磁界形成下で環状部材30の径方向の変形を抑制できる。従って、磁性極片装置16が内径側磁石界磁12又は外径側磁石界磁14に干渉するのを抑制できると共に、磁性極片装置16の耐変形能が向上することで、環状部材30に用いられる材料の選択その他で磁性極片装置16の設計自由度を広げることができる。さらに、上記関係式（1）又は（2）を満たすことで、後述するように、カバー部材36の半径方向変形量を抑制でき、カバー部材36と外径側磁石界磁14又は

内径側磁石界磁 1 2 との間の隙間を確保できるため、カバー部材 3 6 の径方向の多少の変形を許容しても、カバー部材 3 6 が磁石界磁に干渉するのを抑制できる。

連続繊維 3 8 の材料として、例えば、炭素繊維、ガラス繊維、アラミド繊維等を用いることができる。

[0019] 特許文献 1 では、ポールピース（本実施形態の磁性極片装置 1 6 に相当）の剛性を高めるために、図示（特許文献 1 の図 6 a）のように、複数の支持バー 6 0 0 を含む支持構造 7 0 0 を必要とし、補強部材の構成が複雑化している。これに対し、本実施形態ではカバー部材 3 6 を設けることで磁性極片装置 1 6 の径方向の耐変形能を向上できるため、磁性極片装置 1 6 の構成を簡素化できる。

[0020] 一実施形態では、カバー部材 3 6 は周方向全周に配置される。これによって、磁性極片装置 1 6 の径方向の変形を効果的に抑制できる。他方、カバー部材 3 6 は必ずしも周方向全周に配置されていなくてもよく、周方向の一部領域で省略されてもよい。

[0021] 一実施形態では、図 3 及び図 4 に示すように、少なくとも環状部材 3 0 の外周面にカバー部材 3 6（3 6 a）を配置する。環状部材 3 0 は内周面側より外周面側のほうが径方向の変形量が多いと考えられるため、環状部材 3 0 の外周面にカバー部材 3 6（3 6 a）を配置することで、径方向の変形抑制効果を高めることができる。

[0022] 一実施形態では、図 2 及び図 3 に示すように、環状部材 3 0 の外周面及び内周面の両面にカバー部材 3 6（3 6 a、3 6 b）を配置する。このように、環状部材 3 0 の外周面及び内周面の両面にカバー部材 3 6 を配置することで、環状部材 3 0 の径方向の変形抑制効果をさらに高めることができる。

[0023] 一実施形態では、カバー部材 3 6 は、環状部材 3 0 の外周面及び内周面の少なくとも一方に接着剤を介して貼着される。これによって、環状部材 3 0 及びカバー部材 3 6 間の結合力を高めることができるので、内径側磁石界磁 1 2 及び外径側磁石界磁 1 4 による磁界形成領域で、カバー部材 3 6 が環状

部材 30 から分離して内径側磁石界磁 12 又は外径側磁石界磁 14 に干渉するのを抑制できる。

[0024] 一実施形態では、連続繊維 38 はカバー部材 36 の周方向に対して傾斜する方向に配置してもよい。また、環状部材 30 の内周面に配置されるカバー部材 36 (36b) の連続繊維 38 と環状部材 30 の外周面に配置されるカバー部材 36 (36a) の連続繊維 38 とは、磁性極片装置 16 の周方向又は軸方向に対して互いに逆方向に傾斜するように配置されていてもよい。これによって、周方向以外の異なる方向から加わる力に対しても耐変形能を高めることができる。

[0025] (磁性極片装置の製造方法)

一実施形態に係る磁性極片装置 16 の製造方法は、まず、複数の棒状の磁性極片 32 及び保持部材 34 を交互に並べて円筒形の環状部材 30 を形成する。次に、連続繊維 38 を含む未硬化のマトリックス樹脂シートを接着剤を用いて環状部材 30 の内周面又は外周面に貼着し、その後、マトリックス樹脂シートが貼着された環状部材 30 を焼成炉で加熱して焼成する。なお、環状部材 30 を 2 分割して形成し、これらを別々に焼成炉に投入して焼成してもよい。この方法では、保持部材 34 が未硬化の樹脂モールドで構成されているとき、マトリックス樹脂シートと保持部材 34 とを同時に硬化処理できる利点がある。

[0026] 別な実施形態では、円筒形の環状部材 30 と連続繊維 38 を含む硬化したマトリックス樹脂シートを別々に製造し、その後、該マトリックス樹脂シートを接着剤を用いて環状部材 30 の内周面又は外周面に貼着するようにする。この方法では、マトリックス樹脂シートを単独で焼成するため、大型の焼成炉を必要としない利点がある。

[0027] 本開示に係る磁性極片装置を備える磁気歯車装置は、例えば、電動機や発電機等の動力伝達装置として適用できる。また、本開示に係る磁気歯車を適用した電動機や発電機は、例えば、風力発電機や電気船舶推進装置等に適用できる。

[0028] 図5に示す表1は、比較例として、カバー部材36を備えない磁性極片装置の半径方向の変位を解析した結果を示す。磁石によって磁性極片装置に発生する電磁力を与え、保持部材34として複数の非磁性体を対象とした。なお、磁性極片装置は、磁界形成下で渦電流による熱損が発生するため、保持部材34として樹脂を用いる場合、80℃の温度に耐え得るエポキシ樹脂、ナイロン（登録商標）等の熱硬化性樹脂を対象とした。内径側磁石界磁12又は外径側磁石界磁14と磁性極片装置16との隙間は通常10mm以下であり、図5に示す表1の解析例では、隙間 t_{oc} 又は隙間 t_{ic} は3mm程度（3.2mm）としている。図5に示すように、通常の樹脂の弾性率では、内径側磁石界磁12又は外径側磁石界磁14に干渉してしまう結果となる。保持部材34として短繊維FRPを用いた場合干渉はしないが、半径方向変形量は初期隙間の40%以上変形し、1mmを大きく超えてしまうため、変形量は1mm以下とすることが望ましい。保持部材34としてチタンを用いた場合変形量は小さいが、金属であるため渦電流による損失が大きくなり、トルクの伝達効率が低下するおそれがある。

[0029] 図6に示す表2は、実施形態に係る磁性極片装置16の外周面側又は内周面側の半径方向の変位を解析した結果を示す。図7及び図8は、カバー部材36の厚さを横軸に取り、半径方向変形量又は残存隙間量を縦軸に取って、表1及び表2に示す解析結果をプロットしたグラフである。図7及び図8において、カバー部材36の厚さが「0mm」のときの半径方向変形量及び残存隙間量は、表1に示す解析結果（カバー部材36を備えていない場合）をプロットしている。隙間 t_{oc} 又は隙間 t_{ic} は表1の例と同じ3mm程度（3.2mm）であり、保持部材34は上記比較例と同じ材料を用いている。また、カバー部材36は、周方向に連続した炭素繊維をマトリックス樹脂に含浸させた複合材料で構成されている。図6に示す実施形態では、半径方向変形量は、一部で1mmを超えた例があるが、総じて1mm未満であり、保持部材34が樹脂の場合で変形量が1/5以下となり、短繊維FRPの場合で変形量が1/2前後に低減している。このように、半径方向変形量は、

ほぼ 1 mm 以下の所望の変形量に抑えることができる。

[0030] 図 8 から、カバー部材 36 の厚みが大きいほど、残存隙間量は小さくなる
ことがわかる。即ち、カバー部材 36 の厚みの増加に対して、半径方向変形
量の抑制効果が大きくなることを示している。従って、カバー部材 36
の厚みには上限が存在し、図 8 の例では、カバー部材 36 の厚み t_o が 1.
5 mm（隙間 t_{oc} 又は隙間 t_{ic} の $1/2$ ）以下であることが望ましい。
これは上記関係式（1）及び（2）の右辺が導かれる根拠となる。一方で、
カバー部材 36 の厚みが小さくなると、残存隙間量は増加するが、半径方向
変形量が増加するために、内径側磁石界磁 12 又は外径側磁石界磁 14 の磁
力増加が無視できなくなる。従って、カバー部材 36 の厚みの下限が存在す
る。図 7 から、保持部材 34 に短繊維 FRP を用いた場合、半径方向変形量
を 1 mm 以下にするためには、カバー部材 36 の厚み t_o を 0.5 mm（隙
間 t_{oc} 又は隙間 t_{ic} の $1/6$ ）以上にする必要がある。これは上記関係
式（1）及び（2）の左辺が導かれる根拠となる。

[0031] なお、図 6 の表 2 に示す実施形態では、弾性率が 3 GPa の樹脂をカバ
ー部材 36 とした場合の計算例を含むが、カバー部材 36 として適用される樹
脂の材質に応じて、カバー部材 36 の厚み t_o 又は t_i の最適値は変り得る。
従って、上記関係式（1）又は（2）を満たす範囲で適正值を選定する。
例えば、図 7 において、カバー部材 36 として樹脂を用いたとき、半径方向
変形量を 1 mm 以下に抑えるためには、カバー部材 36 の厚さは 0.75 mm
程度必要となる。即ち、カバー部材 36 の厚み t_o 又は t_i は、隙間 t_{oc}
 t_{ic} 又は t_{ic} の $1/4$ 以上必要となる。

[0032] 上記各実施形態に記載の内容は、例えば以下のように把握される。

[0033] （1）一実施形態に係る磁性極片装置（16）は、磁気歯車（10）の内
径側磁石界磁（12）と外径側磁石界磁（14）との間に配置される磁性極
片装置（16）であって、周方向（図 1 中の矢印 a 方向）に間隔を置いて配
置される複数の磁性極片（32）、及び前記複数の磁性極片（32）の各々
の間に配置される複数の保持部材（34）、を含む環状部材（30）と、前

記周方向に沿って延在する連続繊維（３８）をマトリックス樹脂（４０）に含浸させてなる複合材料から構成されたカバー部材（３６）と、を備え、前記カバー部材（３６）は、前記環状部材（３０）の外周面及び内周面の少なくとも一方に配置され、前記カバー部材（３６）が前記環状部材（３０）の外周面に配置されるとき、前記環状部材（３０）の前記外周面と前記外径側磁石界磁（１４）の内周面との間の隙間を t_{oc} 、前記カバー部材（３６（３６ａ））の厚みを t_o としたとき、 $1/6 \cdot t_{oc} \leq t_o \leq 1/2 \cdot t_{oc}$ の関係を満たし、前記カバー部材（３６）が前記環状部材（３０）の内周面に配置されるとき、前記環状部材（３０）の前記内周面と前記内径側磁石界磁（１２）の外周面との間の隙間を t_{ic} 、前記カバー部材（３６（３６ｂ））の厚みを t_i としたとき、 $1/6 \cdot t_{ic} \leq t_i \leq 1/2 \cdot t_{ic}$ の関係を満たす。

[0034] 本開示に係る磁性極片装置によれば、上記カバー部材の肉厚を小さくできるので、トルクの伝達効率を低下させない。また、カバー部材と磁石界磁との隙間及びカバー部材の厚みとが上記関係を有することで、磁界形成下で環状部材の径方向の変形を抑制でき、カバー部材と外径側磁石界磁又は内径側磁石界磁との間の隙間を確保できるため、カバー部材の径方向の多少の変形を許容しても、カバー部材が磁石界磁に干渉するのを抑制できる。

[0035] （２）別の態様に係る磁性極片装置（１６）は、（１）に記載の磁性極片装置であって、前記カバー部材（３６）は、少なくとも前記環状部材（３０）の前記外周面に配置される。

このような構成によれば、内周面より径方向の変形量が多いと考えられる外周面にカバー部材を配置することで、径方向の変形抑制効果を高めることができる。

[0036] （３）別の態様に係る磁性極片装置（１６（１６Ａ））は、（２）に記載の磁性極片装置であって、前記カバー部材（３６）は、前記環状部材（３０）の前記外周面及び前記内周面の両面に配置される。

このような構成によれば、環状部材の外周面及び内周面の両面にカバー部

材を配置するため、カバー部材の径方向の変形抑制効果をさらに向上できる。

[0037] (4) 別の態様に係る磁性極片装置(16)は、(1)乃至(3)の何れかに記載の磁性極片装置であって、前記カバー部材(36)は、前記環状部材(30)の前記外周面及び前記内周面の少なくとも一方に接着剤を介して貼着される。

このような構成によれば、カバー部材が外周面又は内周面の少なくとも一方に接着剤を介して貼着されるため、環状部材及びカバー部材間の結合力を高めることができる。従って、カバー部材が環状部材から分離して内径側磁石界磁又は外径側磁石界磁に干渉するのを抑制できる。

[0038] (5) 本開示に係る磁気歯車装置(10)は、内径側磁石界磁(12)と、前記内径側磁石界磁(12)に対して外径側に配置される外径側磁石界磁(14)と、前記内径側磁石界磁(12)と前記外径側磁石界磁(14)との間に配置される上記構成の磁性極片装置(16)と、を備える。

[0039] 本開示に係る磁気歯車装置によれば、上記構成の磁性極片装置を備えるため、磁界形成下で環状部材の径方向の変形を抑制でき、これによって、環状部材が内径側磁石界磁又は外径側磁石界磁に干渉するのを抑制できる。また、上記磁性極片装置に設けられるカバー部材は肉厚が小さいので、トルクの伝達効率を低下させない。

産業上の利用可能性

[0040] 本開示に係る磁性極片装置及びこの磁性極片装置を備えた磁気歯車装置は、トルクの伝達効率を低下させずに、磁石の磁力に抗して変調磁極の変形を抑制できる。これによって、磁石界磁への干渉を抑制できると共に、環状部材の設計自由度を広げることができるため、広く回転電機機械に適用できる。

符号の説明

[0041] 10 磁気歯車
12 内径側磁石界磁

1 4 外径側磁石界磁
1 6 (1 6 A、 1 6 B) 磁性極片装置
1 8 a、 1 8 b、 2 2 a、 2 2 b 磁極対
2 0、 2 4、 3 4 保持部材
2 6 コイル
3 0 環状部材
3 2 磁性極片
3 6 (3 6 a、 3 6 b) カバー部材
3 8 連続繊維
4 0 マトリックス樹脂
t o c, t i c 隙間

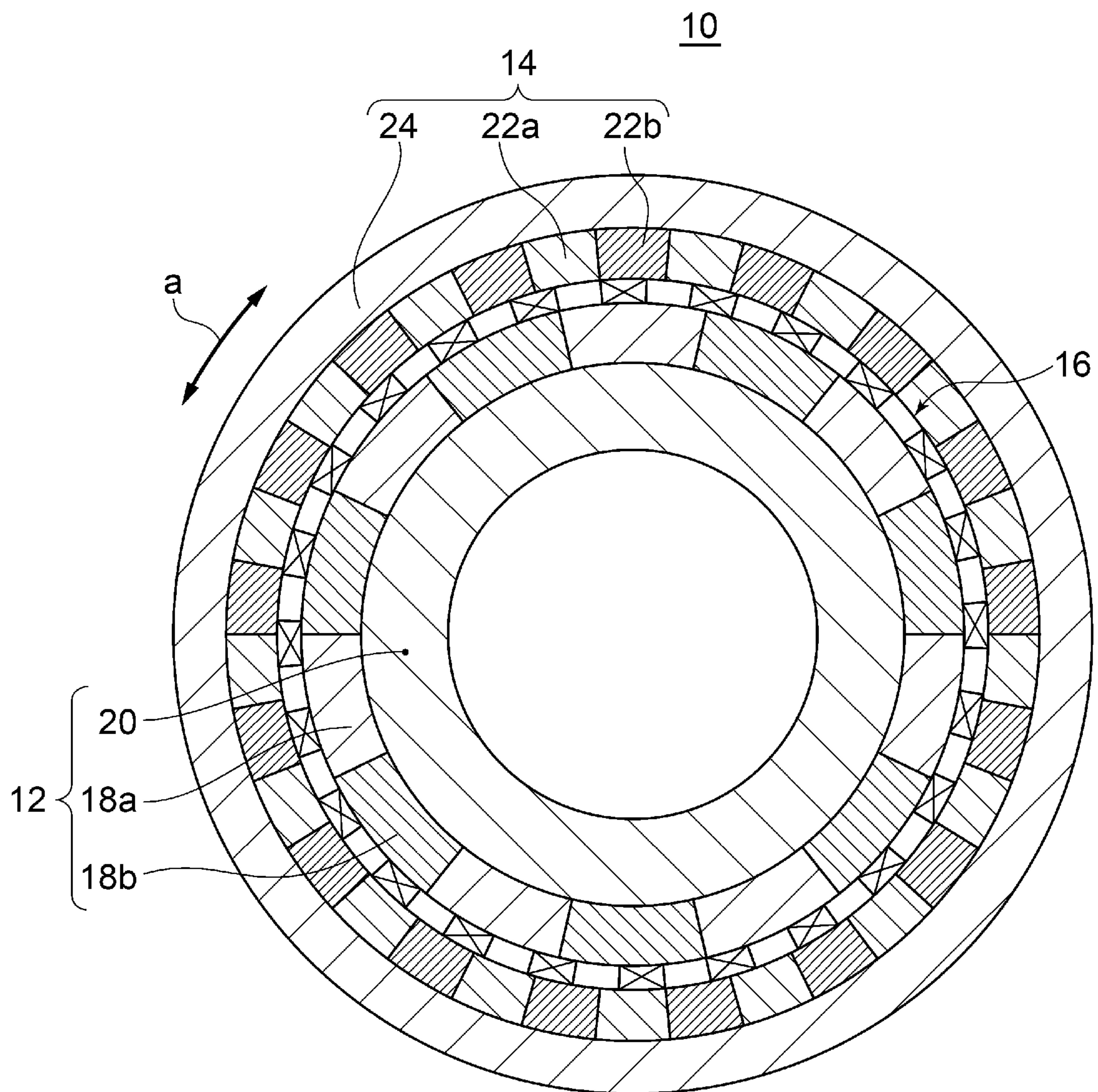
請求の範囲

- [請求項1] 磁気歯車の内径側磁石界磁と外径側磁石界磁との間に配置される磁性極片装置であって、
- 周方向に間隔を置いて配置される複数の磁性極片、及び前記複数の磁性極片の各々の間に配置される複数の保持部材、を含む環状部材と、
- 前記周方向に沿って延在する連続繊維をマトリックス樹脂に含浸させてなる複合材料から構成されたカバー部材と、を備え、
- 前記カバー部材は、前記環状部材の外周面及び内周面の少なくとも一方に配置され、
- 前記カバー部材が前記環状部材の前記外周面に配置されるとき、前記環状部材の前記外周面と前記外径側磁石界磁の内周面との間の隙間を t_{oc} 、前記カバー部材の厚みを t_o としたとき、 $1/6 \cdot t_{oc} \leq t_o \leq 1/2 \cdot t_{oc}$ の関係を満たし、
- 前記カバー部材が前記環状部材の前記内周面に配置されるとき、前記環状部材の前記内周面と前記内径側磁石界磁の外周面との間の隙間を t_{ic} 、前記カバー部材の厚みを t_i としたとき、 $1/6 \cdot t_{ic} \leq t_i \leq 1/2 \cdot t_{ic}$ の関係を満たす
- 磁性極片装置。
- [請求項2] 前記カバー部材は、少なくとも前記環状部材の前記外周面に配置される請求項1に記載の磁性極片装置。
- [請求項3] 前記カバー部材は、前記環状部材の前記外周面及び前記内周面の両面に配置される請求項2に記載の磁性極片装置。
- [請求項4] 前記カバー部材は、前記環状部材の前記外周面及び前記内周面の少なくとも一方に接着剤を介して貼着される請求項1乃至3の何れか1項に記載の磁性極片装置。
- [請求項5] 内径側磁石界磁と、
- 前記内径側磁石界磁に対して外径側に配置される外径側磁石界磁と

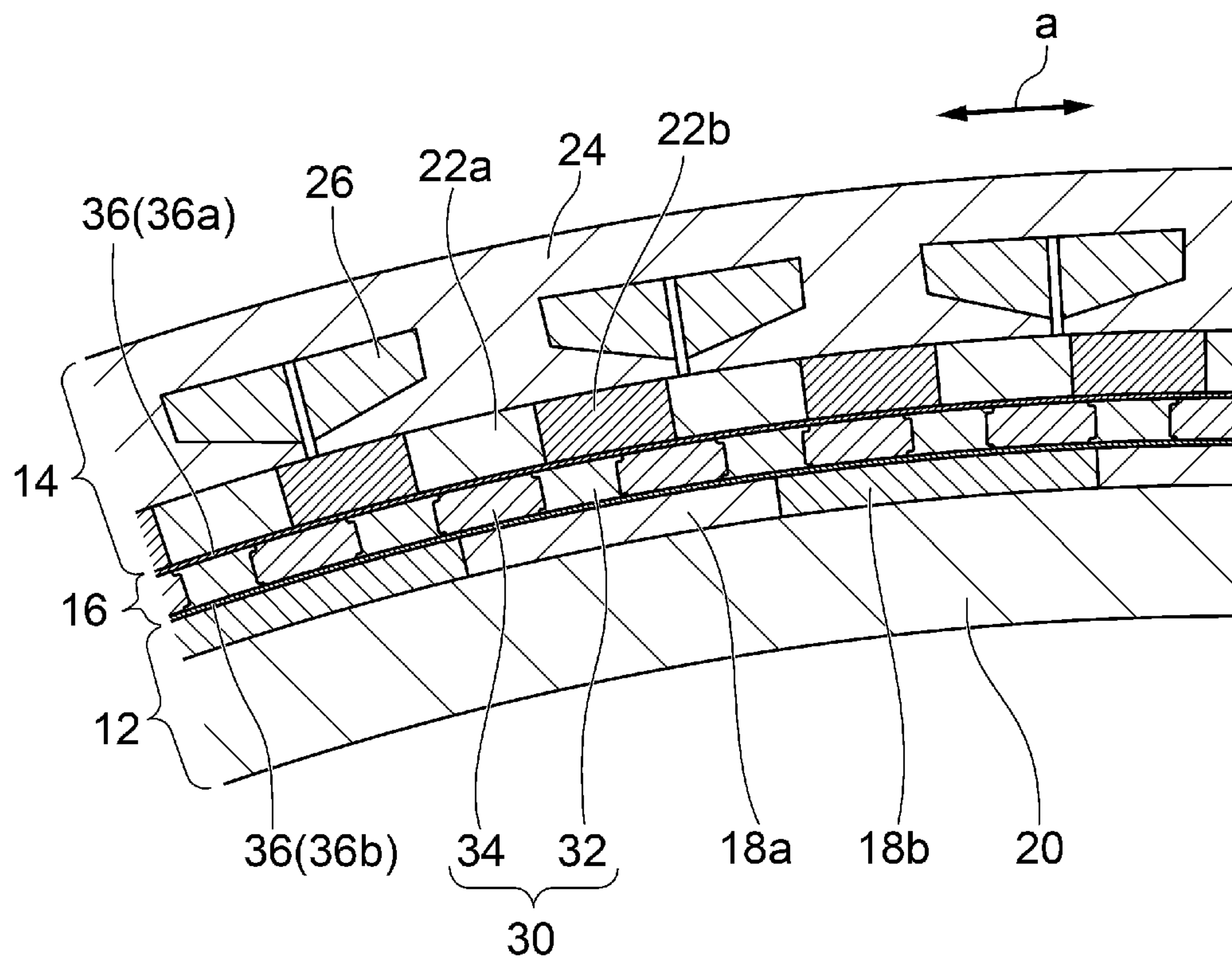
、

前記内径側磁石界磁と前記外径側磁石界磁との間に配置される請求
項 1 乃至 4 の何れか 1 項に記載の磁性極片装置と、
を備える磁気歯車装置。

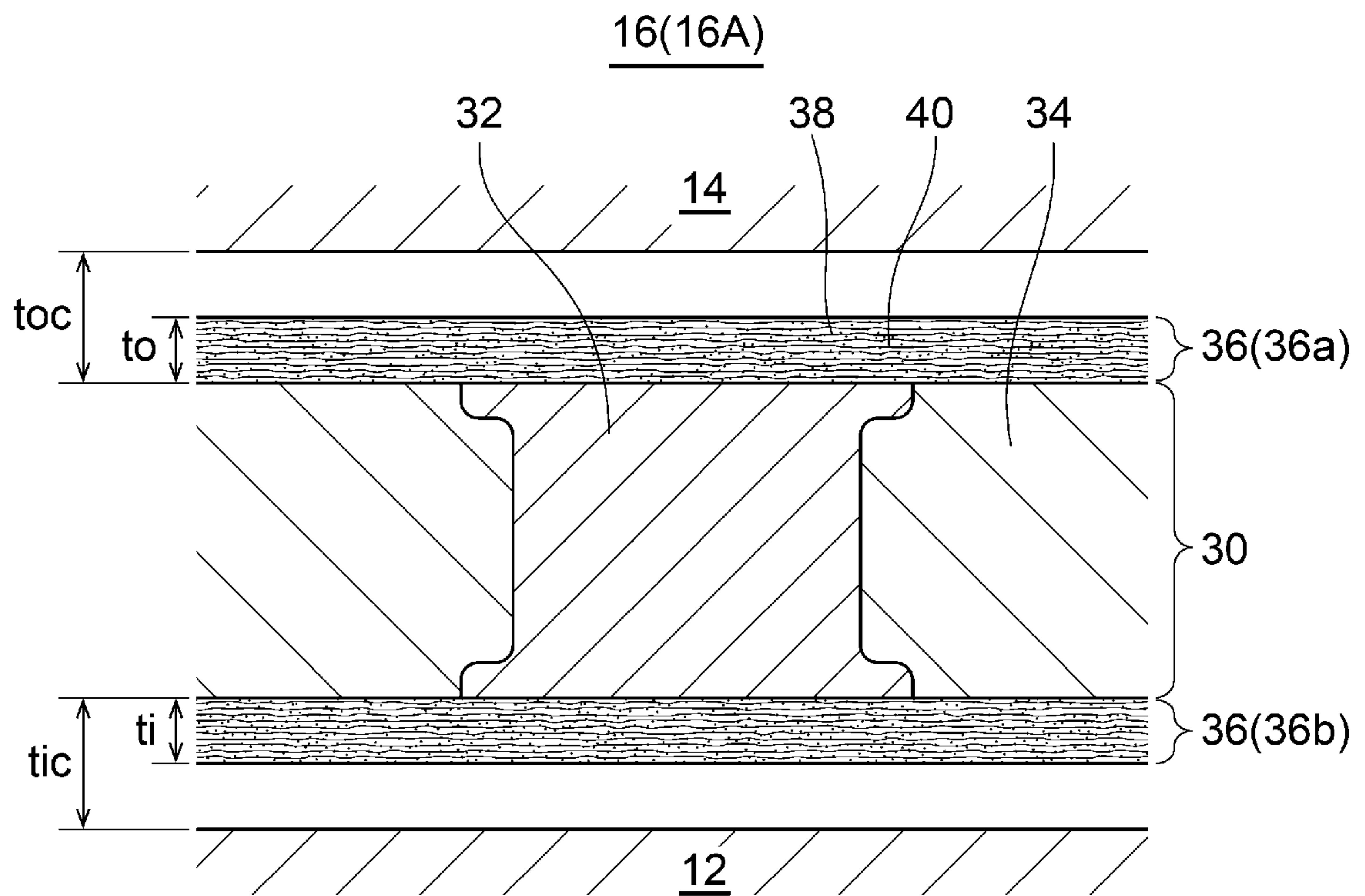
[図1]



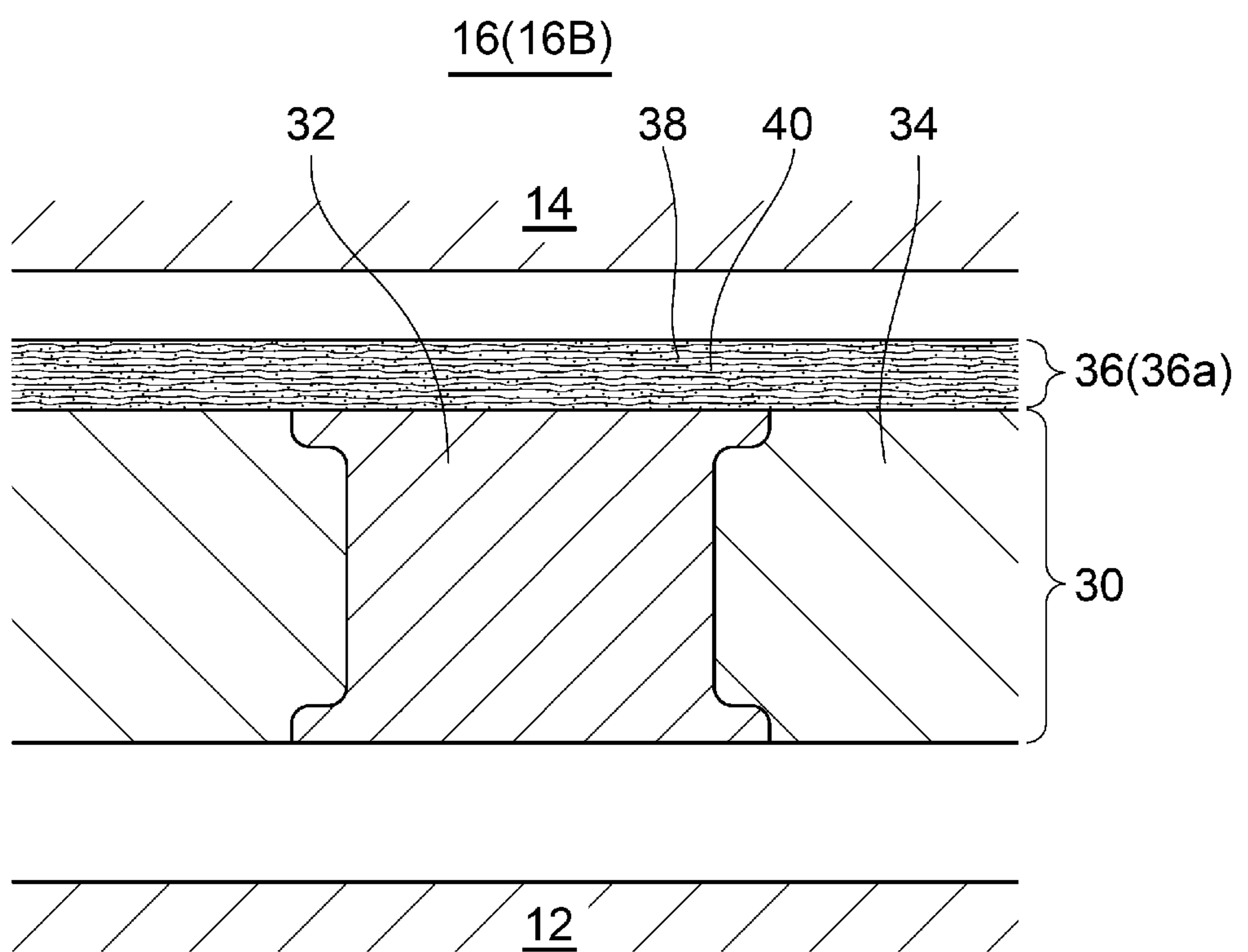
[図2]



[図3]



[図4]



[図5]

表 1

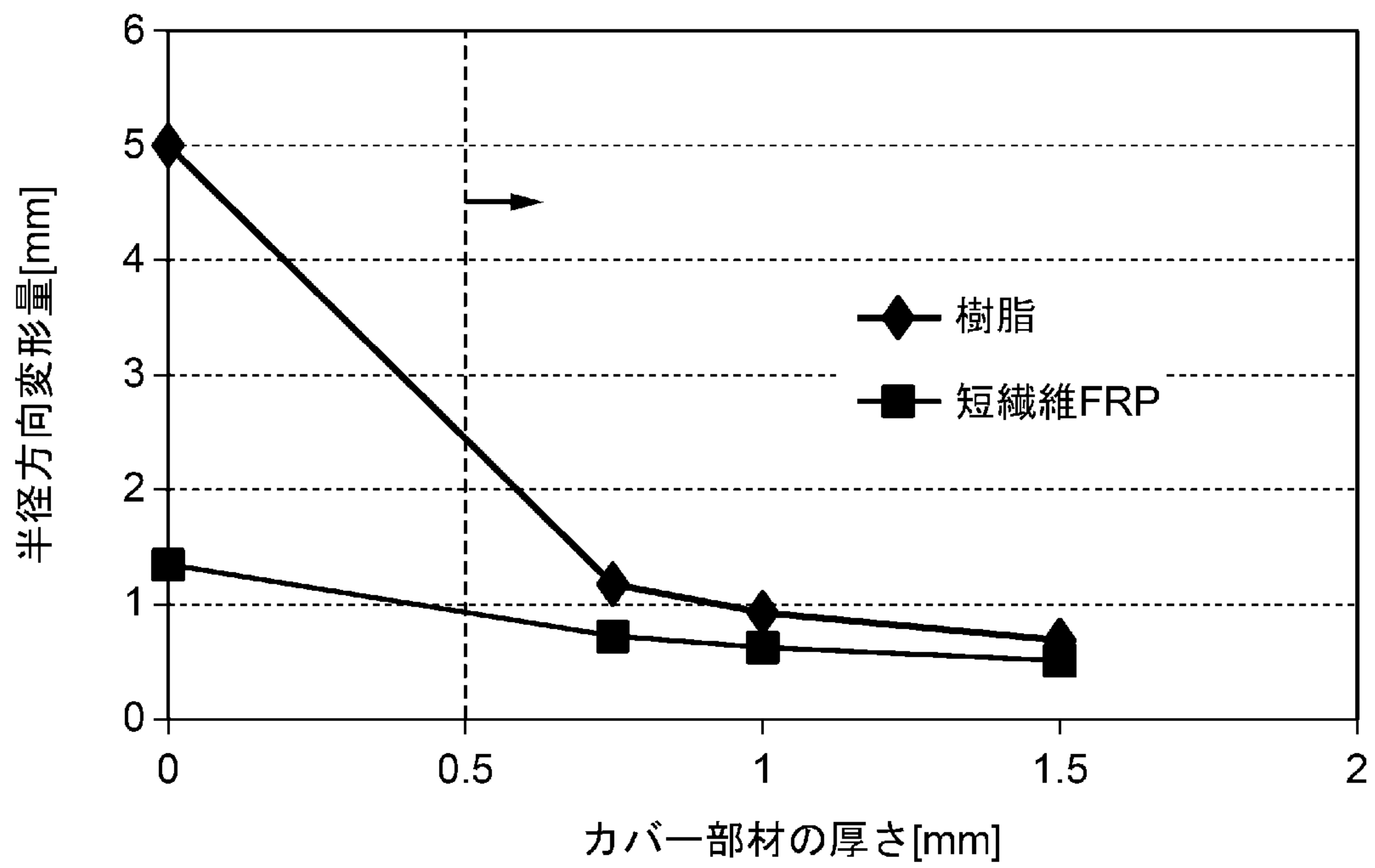
保持部材34		半径方向変位	残存 隙間量
材料	弾性率		
樹脂	3 GPa	5.03 mm	−1.83 mm
短繊維FRP	12 GPa	1.35 mm	1.85 mm
チタン	100 GPa	0.24 mm	2.96 mm

[図6]

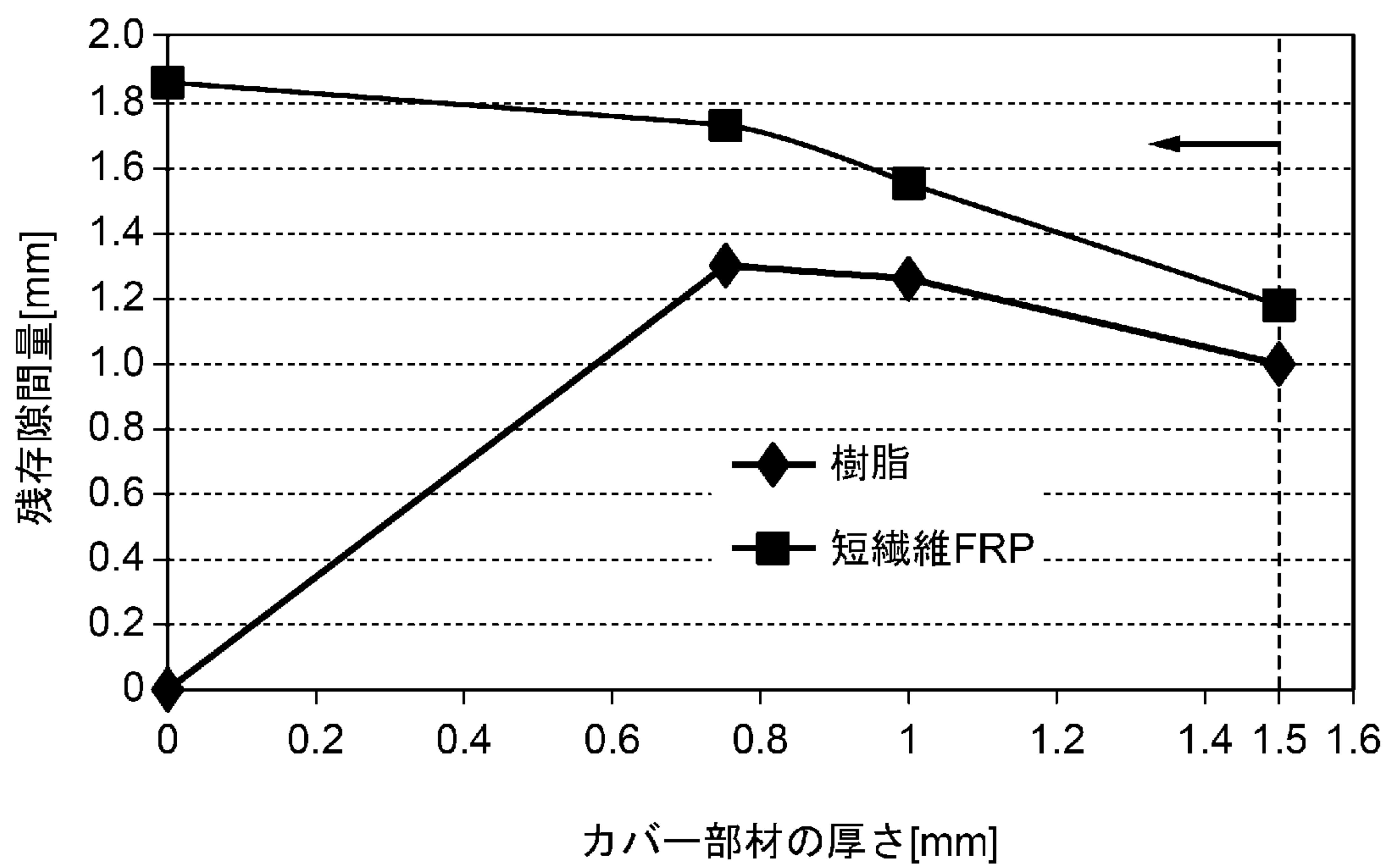
表2

保持部材34		カバ一部材36			半径方向変位量	残存 隙間量
材料	弾性率	材料	弾性率	厚さ		
樹脂	3 GPa	CFRP	150 GPa	1 mm	0.95 mm	1.25 mm
短繊維FRP	12 GPa	〃	〃	〃	0.65 mm	1.55 mm
樹脂	3 GPa	〃	〃	0.75 mm	1.15 mm	1.30 mm
〃	〃	〃	〃	1.5 mm	0.71 mm	0.99 mm
短繊維FRP	12 GPa	〃	〃	0.75 mm	0.73 mm	1.72 mm
〃	〃	〃	〃	1.5 mm	0.53 mm	1.17 mm

[図7]



[図8]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2020/046344

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl. F16H49/00 (2006.01) i

FI: F16H49/00A

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)

Int.Cl. F16H49/00

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 1971-2021

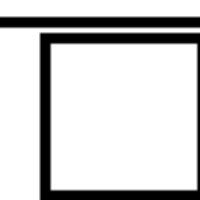
Registered utility model specifications of Japan 1996-2021

Published registered utility model applications of Japan 1994-2021

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.
A	JP 2011-182638 A (INDUSTRIAL TECHNOLOGY RESEARCH INSTITUTE) 15 September 2011 (2011-09-15), fig. 1, 2, 8-10	1-5
A	WO 2013/001557 A1 (HITACHI, LTD.) 03 January 2013 (2013-01-03), fig. 1-6	1-5
A	WO 2012/014596 A1 (HITACHI METALS LTD.) 02 February 2012 (2012-02-02), fig. 1-10	1-5
A	US 2011/0037333 A1 (MAGNOMATICS LIMITED) 17 February 2011 (2011-02-17), fig. 1-3	1-5



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

04 January 2021

Date of mailing of the international search report

12 January 2021

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

Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2020/046344

JP 2011-182638 A	15 September 2011	US 2011/0215668 A1 fig. 1, 2, 8-10 CN 102237752 A
WO 2013/001557 A1	03 January 2013	US 2014/0132099 A1 fig. 1-6
WO 2012/014596 A1	02 February 2012	US 2013/0127278 A1 fig. 1-10 CN 103038547 A KR 10-2013-0042564 A
US 2011/0037333 A1	17 February 2011	EP 2481953 A2 CN 102016358 A

国際調査報告		国際出願番号 PCT/JP2020/046344
A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C）） F16H 49/00(2006.01)i FI: F16H49/00 A		
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（I P C）） F16H49/00		
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 1 9 2 2 - 1 9 9 6 年 日本国公開実用新案公報 1 9 7 1 - 2 0 2 1 年 日本国実用新案登録公報 1 9 9 6 - 2 0 2 1 年 日本国登録実用新案公報 1 9 9 4 - 2 0 2 1 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
A	JP 2011-182638 A（財団法人工業技術研究院）15.09.2011（2011 - 09 - 15） 図 1 - 2、8 - 1 0	1-5
A	WO 2013/001557 A1（株式会社日立製作所）03.01.2013（2013 - 01 - 03） 図 1 - 6	1-5
A	WO 2012/014596 A1（日立金属株式会社）02.02.2012（2012 - 02 - 02） 図 1 - 1 0	1-5
A	US 2011/0037333 A1（MAGNOMATICS LIMITED）17.02.2011（2011 - 02 - 17） 図 1 - 3	1-5
☐ 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 04.01.2021	国際調査報告の発送日 12.01.2021	
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） 山尾 宗弘 3J 5366 電話番号 03-3581-1101 内線 3328	

引用文献			公表日	パテントファミリー文献			公表日
JP	2011-182638	A	15.09.2011	US	2011/0215668	A1	
				図 1 - 2、8 - 1 0			
				CN	102237752	A	
WO	2013/001557	A1	03.01.2013	US	2014/0132099	A1	
				図 1 - 6			
WO	2012/014596	A1	02.02.2012	US	2013/0127278	A1	
				図 1 - 1 0			
				CN	103038547	A	
				KR	10-2013-0042564	A	
US	2011/0037333	A1	17.02.2011	EP	2481953	A2	
				CN	102016358	A	