

(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12月7日(07.12.2017)



(10) 国際公開番号

WO 2017/209303 A1

- (51) 国際特許分類:
H02K 1/27 (2006.01) H02K 1/22 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2017/020718
- (22) 国際出願日: 2017年6月2日(02.06.2017)
- (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 2016-112000 2016年6月3日(03.06.2016) JP
- (71) 出願人: アイシン・エイ・ダブリュ株式会社
(AISIN AW CO., LTD.) [JP/JP]; 〒4441192 愛知県安城市藤井町高根 10番地 Aichi (JP).
- (72) 発明者: 宮路 剛(MIYAJI Tsuyoshi); 〒4441192 愛知県安城市藤井町高根 10番地 アイシン

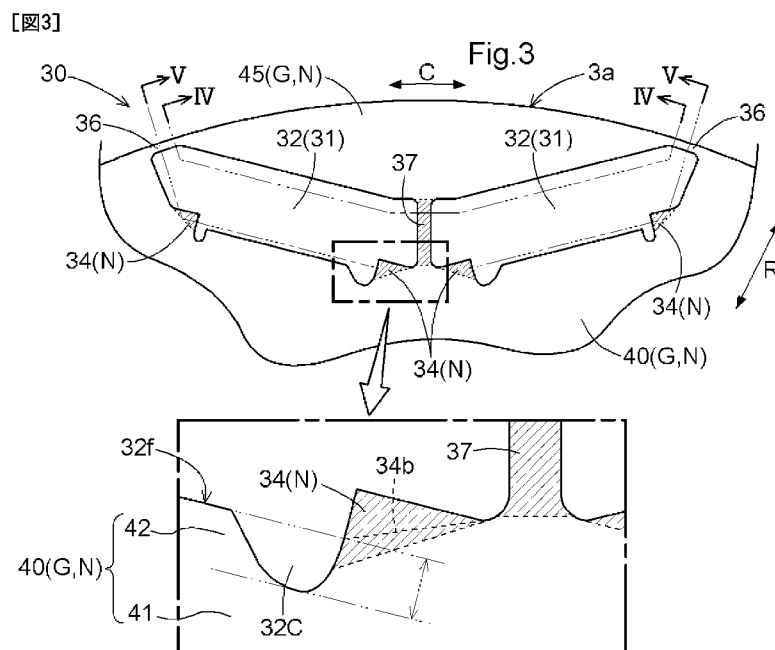
・エイ・ダブリュ株式会社内 Aichi (JP). 齋藤尚登(SAITO Naoto); 〒4441192 愛知県安城市藤井町高根 10番地 アイシン・エイ・ダブリュ株式会社内 Aichi (JP).

(74) 代理人: 特許業務法人 R & C (R&C IP LAW FIRM); 〒5300005 大阪府大阪市北区中之島三丁目3番3号 Osaka (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, 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,

(54) Title: ROTOR

(54) 発明の名称: ロータ



(57) **Abstract:** Electromagnetic steel sheets (30) which form a rotor core are provided with magnet insertion holes (32) and positioning protrusions (34). In at least one of the plurality of electromagnetic steel sheets (30), the hardness of the positioning protrusions (34) is higher than that of general portions (G).

(57) 要約: ロータコアを構成する電磁鋼板(30)は、磁石挿入孔(32)と位置決め用突部(34)とを有する。複数の電磁鋼板(30)の少なくとも一部において、位置決め用突部(34)の硬度が一般部(G)の硬度よりも高い。

[続葉有]



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))

明 細 書

発明の名称：ロータ

技術分野

[0001] 本発明は、例えば回転電機に用いられるロータに関する。

背景技術

[0002] 例えばハイブリッド車両や電気自動車等において車輪の駆動力源として用いられる回転電機では、小型化・高回転化・軽量化等の観点から、永久磁石埋込型のロータが用いられる場合が多い。かかるロータにおいて、漏れ磁束を低減して高トルク化を図るため、永久磁石が挿入される磁石挿入孔の外周側の外周側ブリッジ部〔ブリッジ部62〕の板厚を他の部位よりも薄くすることが、特開2006-50821号公報（特許文献1）に開示されている。なお、特許文献1のロータにおいては、永久磁石は、磁石挿入孔において当該永久磁石の非磁極面に沿って突出する位置決め用突部〔壁面40a, 40bを有する突部〕によって位置決めされている。

[0003] 特許文献1では、漏れ磁束を低減して高トルク化を図る目的で、さらに2つの磁石挿入孔どうしの間の孔間ブリッジ部〔一对の内側延設部37の間に形成される内側ブリッジ部；段落0039〕の板厚を他の部位よりも薄くしても良いことについて言及されている。しかし、板厚を薄くする部位に関する言及は外周側ブリッジ部及び孔間ブリッジ部だけに限られている。外周側ブリッジ部や孔間ブリッジ部以外にも漏れ磁束が生じ得る部位が存在することが明らかになれば、当該部位に適切な処置を施すことによって、漏れ磁束をより一層低減してさらなる高トルク化を図ることも可能となる。この意味で、特許文献1の技術には、漏れ磁束の低減の点でさらなる改善の余地が残っていた。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開2006-50821号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] 永久磁石埋込型のロータにおいて、従来とは異なる方式で、漏れ磁束を低減して高トルク化を図ることが望まれている。

課題を解決するための手段

[0006] 本開示に係るロータは、

軸方向に積層された複数の電磁鋼板を有するロータコアと、前記ロータコアに埋め込まれた永久磁石と、を備え、ステータに対向配置されるロータであって、

前記電磁鋼板は、前記永久磁石が挿入される磁石挿入孔と、前記磁石挿入孔において前記永久磁石の非磁極面に沿って突出する位置決め用突部と、を有し、

前記複数の電磁鋼板の少なくとも一部において、前記位置決め用突部の硬度が当該位置決め用突部以外の一般部の硬度よりも高い。

[0007] 発明者らの検討によれば、電磁鋼板が、磁石挿入孔において永久磁石の非磁極面に沿って突出する位置決め用突部を有する場合には、当該位置決め用突部も漏れ磁束の発生原因となり得ることが明らかになった。この知見に基づき、上記のように複数の電磁鋼板の少なくとも一部において位置決め用突部の硬度をそれ以外の一般部の硬度よりも高くすることで、位置決め用突部において、磁気抵抗を大きくすることができる。よって、漏れ磁束を低減して有効磁束を増大させることができ、高トルク化を図ることができる。

[0008] 本開示に係る技術のさらなる特徴と利点は、図面を参照して記述する以下の例示的かつ非限定的な実施形態の説明によってより明確になるであろう。

図面の簡単な説明

[0009] [図1]実施形態に係るロータの斜視図

[図2] 1 磁極分の電磁鋼板を示す平面図

[図3]中央領域の電磁鋼板における磁石挿入孔付近の模式図

[図4]図3におけるI-V-I-V断面図

[図5]図3におけるV-V断面図

[図6]端部領域の電磁鋼板における磁石挿入孔付近の模式図

[図7]図6におけるV-I-I-V断面図

[図8]図6におけるV-I-I-I-V断面図

[図9]別態様の電磁鋼板における磁石挿入孔付近の模式図

[図10]別態様の電磁鋼板における磁石挿入孔付近の模式図

[図11]別態様の電磁鋼板における磁石挿入孔付近の模式図

[図12]別態様のロータにおける電磁鋼板の積層状態を示す図

[図13]別態様のロータにおける電磁鋼板の積層状態を示す図

[図14]別態様の電磁鋼板における断面図

[図15]別態様の電磁鋼板における断面図

発明を実施するための形態

[0010] ロータの実施形態について、図面を参照して説明する。本実施形態のロータ1は、例えばハイブリッド車両や電気自動車等において車輪の駆動力源として用いられる回転電機に備えられる。この回転電機は、ケース等の非回転部材に固定されたステータと、そのステータの径方向内側に回転可能に支持されたロータ1とを備えている。ステータは、ステータコアと、このステータコアに巻装されたコイルとを備えている。そして、ステータから発生する磁界により、界磁としてのロータ1が回転する。

[0011] 図1に示すように、ステータ（図示せず）に対向配置されるロータ1は、ロータコア3と、このロータコア3に埋め込まれた永久磁石6とを備えている。すなわち、本実施形態のロータ1は、永久磁石埋込型のロータとして構成されている。このような永久磁石埋込型のロータ1は、マグネットトルクに加えてリラクタンストルクをも利用することができるため、小型化・高回転化・軽量化等の観点から好ましく利用される。

[0012] ロータコア3は、軸方向Lに積層された複数の電磁鋼板30を有する。電磁鋼板30は、円環板状に形成されている。また、電磁鋼板30は、その大

部分において、基準厚さ T_0 （図7等を参照）の板厚を有している。基準厚さ T_0 は、例えば $0.1\text{ mm} \sim 0.5\text{ mm}$ とすることができ、 0.35 mm 程度が一般的である。本実施形態のロータコア3は、軸方向 L の一方側から、第一端部領域 R_{e1} 、中央領域 R_c 、及び第二端部領域 R_{e2} の3つの軸方向領域に区分されている。第一端部領域 R_{e1} 及び第二端部領域 R_{e2} は、それぞれ、ロータコア3全体を基準として例えば $1/100 \sim 1/5$ 程度の軸方向長さの領域として設定される。本実施形態では、第一端部領域 R_{e1} に属する電磁鋼板30と第二端部領域 R_{e2} に属する電磁鋼板30とは同一の立体形状とされているとともに、中央領域 R_c に属する電磁鋼板30は、各端部領域 R_{e1} 、 R_{e2} に属する電磁鋼板30とは異なる立体形状とされている。この点に関しては、後述する。

[0013] 永久磁石6は、ロータコア3を軸方向 L に貫通する状態で、ロータコア3に埋め込まれている。図2に仮想線にて示すように、本実施形態の永久磁石6は、軸方向 L に直交する平面における断面形状（以下、単に「断面形状」と言う。）が長方形をなしている。そして、周方向 C に並べて配置されて径方向内側に向かって凸となるV字状をなす一对の永久磁石6の各組により、各磁極Pが構成されている。

[0014] 各磁極Pを構成する一对の永久磁石6は、同じ極性（N極又はS極）の磁極面6aを径方向外側に向けて配置されている。周方向 C に隣り合う2つの磁極Pは互いに逆の極性を有しており、一方の磁極Pに属する一对の永久磁石6と他方の磁極Pに属する一对の永久磁石6とは、異なる極性（N極／S極）の磁極面6aを径方向外側に向けて配置されている。

[0015] なお、磁極面6aは、磁化方向（着磁方向）に直交する外面であり、永久磁石6の磁束が主に出入りする面である。本実施形態では、長方形の断面形状を有する永久磁石6は、それぞれ短辺に平行な方向に磁化されている。従って、本実施形態では、永久磁石6の外周面（軸方向 L に直交する断面の外縁を形成する4つの面）のうち、上記長方形の長辺を形成する2面が、磁極面6aとなっている。本実施形態では、永久磁石6の外周面のうちの残余

の2面（磁化方向に平行な外面であって、本実施形態では上記長方形の短辺を形成する2面）を、非磁極面6bと言う。一对の磁極面6aどうしは互いに平行であり、一对の非磁極面6bどうしも互いに平行である。各磁極面6aと各非磁極面6bとは、本例では直角をなす状態で交差している。

[0016] 図1及び図2に示すように、電磁鋼板30は、複数の孔部31を各磁極Pに有する。ここで、孔部31は、永久磁石6が挿入される磁石挿入孔32を少なくとも含む。本実施形態では2つ一組の永久磁石6によって各磁極Pが構成されるため、電磁鋼板30は、少なくとも2つの磁石挿入孔32を含む複数の孔部31を各磁極Pに有する。各磁極Pにおいて、2つ一組の磁石挿入孔32は、径方向内側に向かって凸となるV字状をなすように配置されている。本実施形態の磁石挿入孔32は、磁石収容部32Aと延設バリア部32Bとを含む。磁石収容部32Aは、永久磁石6を収容して保持する部位である。

[0017] 延設バリア部32Bは、ロータコア3内を流れる磁束に対して磁気抵抗（フラックスバリア）として機能する部位である。延設バリア部32Bは、例えば樹脂や接着剤等（以下、単に「樹脂等」と言う。）を用いて磁石挿入孔32内に永久磁石6を固定するために、樹脂等を充填するための部位としても機能する。延設バリア部32Bは、磁石収容部32Aの両端部において、当該磁石収容部32Aからその長手方向（概ね、ロータ1の周方向C）に連続するように設けられている。

[0018] 電磁鋼板30は、磁石挿入孔32（ここでは特に、両端の延設バリア部32B）において永久磁石6を位置決めするための位置決め用突部34を有する。位置決め用突部34は、永久磁石6の非磁極面6bに沿って突出している。位置決め用突部34は、三角形の断面形状を有するように形成されている。位置決め用突部34は、永久磁石6の磁極面6a（或いは、磁石挿入孔32における永久磁石6の磁極面6aに対向する対向面32f；図3を参照）よりも、磁石挿入孔32の内部側に向かって突出するように形成されている。別の言い方をすれば、位置決め用突部34は、電磁鋼板30を軸方向

Lに沿って見た場合に、一対の磁極面6aのそれぞれの端部から各磁極面6aの接線方向に延ばした仮想線に挟まれた領域に突出するように形成されている。本実施形態のように永久磁石6が矩形状に形成される場合には、位置決め用突部34は、永久磁石6の磁極面6aのそれぞれに沿う一対の仮想線どうしの間に突出するように形成される。

[0019] 位置決め用突部34は、その1面（対向面34f）が永久磁石6の非磁極面6bに対して面接触又は微小隙間を隔てて対向するように配置されている。そして、1つの磁石挿入孔32において、2つ一組の位置決め用突部34が、それぞれの対向面34fが永久磁石6の長さ分の距離を隔てて配置されている。こうして、2つ一組の位置決め用突部34により、磁石挿入孔32内で永久磁石6が位置決めされる。

[0020] 本実施形態の磁石挿入孔32は、逃がし孔32Cをさらに含む。逃がし孔32Cは、磁石収容部32Aの両端部において、当該磁石収容部32Aからその短手方向に（概ね、ロータ1の径方向内側に向かって）連続するように設けられている。この逃がし孔32Cは、磁石収容部32Aへの永久磁石6の挿入時における角当たりを防止するとともに、挿入後においては永久磁石6の角部への応力集中を防止するために設けられている。この逃がし孔32Cの存在により、磁石挿入孔32内への樹脂等の充填性が向上するという利点も得られる。

[0021] 電磁鋼板30は、外周側ブリッジ部36と孔間ブリッジ部37とを各磁極Pに有する。外周側ブリッジ部36は、孔部31の1つとロータコア3の外周面3aとの間に形成されている。本実施形態では、外周側ブリッジ部36は、磁石挿入孔32（ここでは特に、径方向外側の延設バリア部32B）とロータコア3の外周面3aとの間に形成されている。外周側ブリッジ部36は、周方向Cに沿って延在して、内側磁路形成部40の周方向Cの端部と外側磁路形成部45の周方向Cの端部とを橋絡している。本実施形態では、ロータコア3の外周面3aが「ステータ対向面」に相当し、外周側ブリッジ部36が「ステータ側ブリッジ部」に相当する。

[0022] 孔間ブリッジ部 37 は、周方向 C に隣接する 2 つの孔部 31 の間に形成されている。本実施形態では、孔間ブリッジ部 37 は、周方向 C に隣接する 2 つの磁石挿入孔 32（ここでは特に、径方向内側の延設バリア部 32B）どうしの間に形成されている。孔間ブリッジ部 37 は、径方向 R に沿って延在して、内側磁路形成部 40 の周方向 C の中央部と外側磁路形成部 45 の周方向 C の中央部とを橋絡している。

[0023] 電磁鋼板 30 は、内側磁路形成部 40 と外側磁路形成部 45 とを各磁極 P に有する。内側磁路形成部 40 は、永久磁石 6 の磁極面 6a に沿って延びるように形成されている。内側磁路形成部 40 は、磁石挿入孔 32 よりも径方向内側において、V 字状に配置された一対の永久磁石 6 のそれぞれの磁極面 6a に沿って延びるように形成されている。本実施形態では、内側磁路形成部 40 が「磁路形成部」に相当する。内側磁路形成部 40 は、主に、永久磁石 6 の磁極面 6a に沿って流れる磁束（いわゆる q 軸磁束）の通り道となる。

[0024] 内側磁路形成部 40 は、主磁路領域 41 と副磁路領域 42 とを含む。主磁路領域 41 は、内側磁路形成部 40 における磁路幅（磁極面 6a に直交状態で交差する方向の幅）が最小となる部位（最小幅部 41n）によって規定される領域である。具体的には、主磁路領域 41 は、最小幅部 41n と同じ幅で、磁極面 6a に沿って延びる帯状領域である。主磁路領域 41 は、V 字状に配置された一対の永久磁石 6 のそれぞれの磁極面 6a に沿って一定幅の帯状に延びるように形成されている。

[0025] なお、最小幅部 41n は、典型的には、一対の磁石挿入孔 32 のそれぞれにおける、対応する永久磁石 6 の磁極面 6a に平行で且つ径方向内側の逃げ孔 32C の底部に接する仮想平面どうしの交線と、ロータコア 3 の内周面 3b との間に形成される。通常、最小幅部 41n の位置は、各磁極 P における周方向 C の中央部となる。この場合、最小幅部 41n の幅は、概ね、上記仮想平面どうしの交線とロータコア 3 の内周面 3b との間の径方向幅である。また、直交状態は、まさに直交している状態又は実質的に直交している状

態（例えば直交している状態に対して $\pm 5^\circ$ の範囲内の状態）を意味する。

[0026] 副磁路領域42は、磁路幅が最小幅部41nよりも大きい部位において主磁路領域41よりも磁石挿入孔32側に位置する領域である。上述したように、主磁路領域41は最小幅部41nによって規定され、最小幅部41nは逃がし孔32Cに基づいて定まる。このため、副磁路領域42は、磁石挿入孔32よりも径方向内側であって、永久磁石6の磁極面6aに平行で且つ径方向内側の逃がし孔32Cの底部に接する仮想平面よりも径方向外側に位置する領域となる。副磁路領域42は、V字状に配置された一对の永久磁石6のそれぞれの磁極面6aに沿って延びる、逃がし孔32Cや位置決め用突部34の形状に応じた異形領域となっている。

[0027] 外側磁路形成部45は、一对の永久磁石6とロータコア3の外周面3aとの間において、周方向Cに沿って延びるように形成されている。外側磁路形成部45は、主に、永久磁石6の磁化方向に沿って流れる磁束（いわゆるd軸磁束）の通り道となる。

[0028] このように、電磁鋼板30は、開口として形成される孔部31（磁石挿入孔32）を除く実体部分として、位置決め用突部34と、外周側ブリッジ部36と、孔間ブリッジ部37と、内側磁路形成部40と、外側磁路形成部45とを、各磁極Pに有する。本実施形態では、これらのうち、外周側ブリッジ部36及び孔間ブリッジ部37以外の部分（位置決め用突部34、内側磁路形成部40、及び外側磁路形成部45）を、非ブリッジ部Nと言う。また、非ブリッジ部N（外周側ブリッジ部36及び孔間ブリッジ部37以外の部分）であって、さらに位置決め用突部34以外の部分（内側磁路形成部40及び外側磁路形成部45；但し、内側磁路形成部40のうち、副磁路領域42の一部を除く）を、一般部Gと言う。非ブリッジ部Nと一般部Gとは、位置決め用突部34や副磁路領域42の一部を含むか否かで若干の違いこそあれ、互いにほぼ同一視し得る概念である。

[0029] なお、ロータコア3は複数の磁極Pを有して構成されるため、電磁鋼板30は、複数の位置決め用突部34と、複数の外周側ブリッジ部36と、複数

の孔間ブリッジ部 37 と、複数の内側磁路形成部 40 と、複数の外側磁路形成部 45 とを有する。複数の内側磁路形成部 40 は、実体的には周方向 C に一体化されて、全体として環状となっている。

[0030] 本実施形態において、一部の電磁鋼板 30 では、図 3 に示すように、複数の孔間ブリッジ部 37 の少なくとも一部の硬度が非ブリッジ部 N（ここでは特に一般部 G）の硬度よりも高くされている。なお、図 3 では、非ブリッジ部 N（一般部 G）よりも硬度を高くする領域をハッチングで示している。本実施形態では、ロータコア 3 の中央領域 R c（図 1 を参照）に属する電磁鋼板 30 において、複数の孔間ブリッジ部 37 の少なくとも一部の硬度が一般部 G の硬度よりも高くされている。また、本実施形態では、電磁鋼板 30 には磁極 P 毎に 1 つの孔間ブリッジ部 37 が設けられているところ、全ての磁極 P において孔間ブリッジ部 37 の少なくとも一部の硬度が一般部 G の硬度よりも高くされている。すなわち、電磁鋼板 30 に設けられる複数の孔間ブリッジ部 37 の全ての硬度が、一般部 G の硬度よりも高くされている。

[0031] さらに、各孔間ブリッジ部 37 は、その全体において、一般部 G よりも硬度が高くされている。すなわち、周方向 C に隣接する 2 つの孔部 31（磁石挿入孔 32）の間の全域（径方向 R 及び周方向 C の両方向に沿う全域）において、孔間ブリッジ部 37 の硬度が一般部 G の硬度よりも高くされている。

[0032] 中央領域 R c に属する電磁鋼板 30 の孔間ブリッジ部 37 は、電磁鋼板 30 の軸方向 L における一方側の面である第一主面 30 a の所定位置に第一凹部 51 を形成することによって、第一凹部 51 の深さ分、一般部 G よりも板厚が薄くされる（図 4 を参照）。第一凹部 51 は、例えばプレス加工等の機械加工を施すことによって形成することができる。すなわち、電磁鋼板 30 の所定位置を軸方向 L に圧縮することによって基準厚さ T0 の電磁鋼板 30 に第一凹部 51 が形成され、当該第一凹部 51 の形成位置に、基準厚さ T0 よりも薄い第一厚さ T1 の第一薄板部 56 が現出する。第一薄板部 56 は、基準厚さ T0 の電磁鋼板 30 が軸方向 L に圧縮される際に高硬度化している。こうして、この第一薄板部 56 によって、一般部 G よりも硬度が高くて板

厚が薄い孔間ブリッジ部37が構成される。なお、孔間ブリッジ部37の硬度は、一般部Gの硬度の例えば1.05倍～2.5倍程度であって良く、第一厚さT1は、基準厚さT0の例えば40%～95%程度の厚さであって良い。

[0033] 一方、外周側ブリッジ部36の硬度は、非ブリッジ部N（ここでは特に一般部G）の硬度に等しくされている。すなわち、外周側ブリッジ部36の硬度は、孔間ブリッジ部37とは異なり、一般部Gの硬度よりも高くされない。また、板厚の観点からは、外周側ブリッジ部36の板厚は、非ブリッジ部N（一般部G）の板厚に等しくされ、孔間ブリッジ部37とは異なり、一般部Gの板厚よりも薄くされない。外周側ブリッジ部36は、電磁鋼板30そのものの板厚（基準厚さT0）を有するように形成される（図4を参照）。

[0034] また、一部の電磁鋼板30では、図3に示すように、位置決め用突部34の硬度が一般部Gの硬度よりも高くされている。本実施形態では、ロータコア3の中央領域Rcに属する電磁鋼板30において、位置決め用突部34の硬度が一般部Gの硬度よりも高くされている。また、本実施形態では、全ての位置決め用突部34の硬度が一般部Gの硬度よりも高くされている。さらに、各位置決め用突部34は、その全体において、一般部Gよりも硬度が高くされている。板厚の観点からは、ロータコア3の中央領域Rcに属する電磁鋼板30において、全ての位置決め用突部34の板厚が、その全体において、一般部Gの板厚よりも薄くされている。

[0035] さらに本実施形態では、位置決め用突部34に加え、副磁路領域42のうち位置決め用突部34の基部34bから連続する部分の硬度が一般部Gの硬度よりも高くされている。言い換えれば、一般部Gよりも硬度を高くする領域が、位置決め用突部34だけに留まらず、永久磁石6の磁極面6a又はそれに対向する対向面32fの仮想延長線を超えて、径方向内側に位置する副磁路領域42の一部にまで拡大されている。なお、当該高硬度化領域は、主磁路領域41にまでは達していない。

[0036] 中央領域Rcに属する電磁鋼板30の位置決め用突部34は、例えば電磁

鋼板 30 の第一主面 30 a の所定位置に第二凹部 52 を形成することによって、第二凹部 52 の深さ分、一般部 G よりも板厚が薄くされる（図 5 を参照）。第二凹部 52 は、第一凹部 51 と同様に、例えばプレス加工等の機械加工を施すことによって形成することができる。第二凹部 52 は、第一凹部 51 と同時に形成しても良いし、第一凹部 51 とは別々に形成しても良い。電磁鋼板 30 の所定位置を軸方向 L に圧縮することによって基準厚さ T0 の電磁鋼板 30 に第二凹部 52 が形成され、当該第二凹部 52 の形成位置に、基準厚さ T0 よりも薄い第二厚さ T2 の第二薄板部 57 が現出する。第二薄板部 57 は、基準厚さ T0 の電磁鋼板 30 が軸方向 L に圧縮される際に高硬化化している。こうして、この第二薄板部 57 によって、一般部 G よりも硬度が高く板厚が薄い位置決め用突部 34 が構成される。なお、位置決め用突部 34 の硬度は、一般部 G の硬度の例えば 1.05 倍～2.5 倍程度であって良く、第二厚さ T2 は、基準厚さ T0 の例えば 40%～95% 程度の厚さであって良い。

[0037] 位置決め用突部 34 の硬度は、孔間ブリッジ部 37 の硬度と同じであっても良いし、異なっても良い。また、第二薄板部 57 の第二厚さ T2 は、第一薄板部 56 の第一厚さ T1 と同じであっても良いし、異なっても良い。本実施形態では、一例として、第一厚さ T1 と第二厚さ T2 とが等しく、位置決め用突部 34 と孔間ブリッジ部 37 とで硬度が等しい場合（さらに、基準厚さ T0 の 50% 程度の厚さの場合）の例を図示している。

[0038] なお、磁石挿入孔 32 の打ち抜きは、第一凹部 51 及び第二凹部 52 の形成後に行っても良いし、第一凹部 51 及び第二凹部 52 の形成前に行っても良い。或いは、第一凹部 51 及び第二凹部 52 の形成と同時に磁石挿入孔 32 を打ち抜いても良い。

[0039] 図 4 及び図 5 に示すように、中央領域 Rc に属する各電磁鋼板 30 は、第一凹部 51 及び第二凹部 52 が軸方向 L に同じ向きとなるように積層されている。かかる積層態様であれば、第一凹部 51 及び第二凹部 52 を有する電磁鋼板 30 を例えば機械加工によって連続的に形成するとともにそのまま順

次積層させるだけで、容易に電磁鋼板 30 の積層体を形成することができる。

[0040] このように、本実施形態では、中央領域 R c に属する電磁鋼板 30 において、孔間ブリッジ部 37 及び位置決め用突部 34 の硬度が一般部 G の硬度よりも高くされる一方で、外周側ブリッジ部 36 の硬度は一般部 G の硬度に等しくされている。板厚の観点からは、中央領域 R c に属する電磁鋼板 30 において、孔間ブリッジ部 37 及び位置決め用突部 34 の板厚が一般部 G の板厚よりも薄くされる一方で、外周側ブリッジ部 36 の板厚は一般部 G の板厚に等しくされている。

[0041] 永久磁石 6 から出た磁束は、その大部分が磁極 P の中心（いわゆる d 軸方向）に集中してステータへと流れる一方、孔間ブリッジ部 37 を通って流れる漏れ磁束も一部存在する。また、永久磁石 6 の両側には延設バリア部 32 B が設けられているが、本発明者らは、当該延設バリア部 32 B に位置決め用突部 34 が突出形成されることで、延設バリア部 32 B 及び位置決め用突部 34 を通って流れる漏れ磁束も存在し得ることを見出した。この位置決め用突部 34 の存在に起因する漏れ磁束の存在の可能性は、本発明者らによる鋭意研究の結果として得られた新知見である。これらの点を考慮し、本実施形態では、孔間ブリッジ部 37 及び位置決め用突部 34 の硬度を一般部 G の硬度よりも高くするとともに、孔間ブリッジ部 37 及び位置決め用突部 34 の板厚を一般部 G の板厚よりも薄くしている。

[0042] 孔間ブリッジ部 37 及び位置決め用突部 34 を、例えばプレス加工等によって電磁鋼板 30 の対応部分を圧縮して形成すれば、高硬度化した当該部位に残留応力が残り、その残留応力によって磁気特性が低下する。その際、同時に、孔間ブリッジ部 37 及び位置決め用突部 34 の板厚が薄くなるので、これらの部位において、磁路断面積を小さくして磁気抵抗を大きくすることができ、漏れ磁束を低減することができる。よって、これらの相乗効果により、漏れ磁束を大幅に低減することができる。その結果、ステータへと向かう有効磁束を増大させることができ、高トルク化を図ることができる。

[0043] ところで、永久磁石 6 から出た磁束のうち、外周側ブリッジ部 3 6 を通って流れる漏れ磁束も一部存在することが、従来から良く知られている。このため、漏れ磁束をさらに低減することだけを考慮すれば、孔間ブリッジ部 3 7 及び位置決め用突部 3 4 と同様に、外周側ブリッジ部 3 6 の硬度をも高くする（板厚を薄くする）ことが考えられる。これに対して、本実施形態では、外周側ブリッジ部 3 6 の硬度及び板厚は一般部 G の硬度及び板厚にそれぞれ等しくされている。

[0044] 外周側ブリッジ部 3 6 を、例えばプレス加工等によって電磁鋼板 3 0 の対応部分を圧縮して形成すれば、当該部位に残留応力が残り、その残留応力によってヒステリシス損が大きくなる。その結果、鉄損が増大してしまう。特に、鉄損はロータ 1 の表面付近での損失が支配的であるため、ロータコア 3 の外周面 3 a に隣接する外周側ブリッジ部 3 6 におけるヒステリシス損の増大は、鉄損の増大に大きな影響を与える。さらに、コギングトルクやトルクリップルが増大して、騒音や振動が生じる場合もある。これらの点を考慮し、本実施形態では、外周側ブリッジ部 3 6 の硬度を一般部 G の硬度よりも高くすることなく一般部 G の硬度に等しくし、外周側ブリッジ部 3 6 の板厚を一般部 G の板厚よりも薄くすることなく一般部 G の板厚に等しくしているのである。これにより、鉄損の増大や、騒音や振動の発生を抑制することができる。

[0045] 一方、ロータコア 3 の第一端部領域 R e 1 又は第二端部領域 R e 2（図 1 を参照）に属する電磁鋼板 3 0 では、図 6～図 8 に示すように、外周側ブリッジ部 3 6 だけでなく、孔間ブリッジ部 3 7 及び位置決め用突部 3 4 の硬度及び板厚も、一般部 G の硬度及び板厚にそれぞれ等しくされている。各電磁鋼板 3 0 内での漏れ磁束を極力低減することだけを考慮すれば、ロータコア 3 を構成する全ての電磁鋼板 3 0 において、孔間ブリッジ部 3 7 及び位置決め用突部 3 4 の硬度を高くし、板厚を薄くすることが考えられる。しかし、発明者らは、そのように構成した場合であっても、ロータコア 3 の両端部付近では、孔間ブリッジ部 3 7 等を通しては漏洩しなくなった磁束が必ずしも

有効磁束としてステータ側には流れずに、軸方向Lに漏洩してしまう場合があることを見出した。この行き場を失った磁束の軸方向Lへの漏洩の可能性も、本発明者らによる鋭意研究の結果として得られた新知見である。

[0046] この点を考慮し、本実施形態では、ロータコア3の第一端部領域R_{e1}又は第二端部領域R_{e2}に属する電磁鋼板30では、孔間ブリッジ部37及び位置決め用突部34を含むすべての部位において、硬度及び板厚をそれぞれ等しくしているのである。これにより、軸方向Lへの漏れ磁束を低減することができ、ロータ1全体としての有効磁束を増大させることができ、さらなる高トルク化を図ることができる。

[0047] 〔その他の実施形態〕

(1) 上記の実施形態では、各孔間ブリッジ部37の全体が高硬度化（かつ薄板化）されている構成を例として説明した。しかし、そのような構成に限定されることなく、例えば図9に示すように、各孔間ブリッジ部37の一部のみが高硬度化されても良い。位置決め用突部34に関しても同様であり、各位置決め用突部34の一部のみが高硬度化されても良い。

[0048] (2) 上記の実施形態では、電磁鋼板30が、孔部31として磁石挿入孔32だけを有する構成を例として説明した。しかし、そのような構成に限定されることなく、例えば図10に示すように、電磁鋼板30が、磁石挿入孔32とは別に磁気バリア孔33を有しても良い。この場合、磁石挿入孔32と磁気バリア孔33との両方が孔部31に含まれる。孔間ブリッジ部37は、磁石挿入孔32（径方向内側の延設バリア部32B）と磁気バリア孔33との間に形成される。また、例えば磁気バリア孔33が2つ設けられる図11の例では、孔間ブリッジ部37は、磁石挿入孔32（径方向内側の延設バリア部32B）と磁気バリア孔33との間、及び磁気バリア孔33どうしの間に形成される。なお、磁気バリア孔33は、ロータコア3内を流れる磁束に対して、延設バリア部32Bとは別に磁気抵抗（フラックスバリア）として機能する。磁気バリア孔33には、永久磁石6は挿入されない。

[0049] (3) 上記の実施形態では、全ての孔間ブリッジ部37が高硬度化（かつ薄

板化) されている構成を例として説明した。しかし、そのような構成に限定されることなく、例えば図 1 1 に示すように、各磁極 P に複数の孔間ブリッジ部 3 7 が存在する場合において、一部の孔間ブリッジ部 3 7 のみが高硬度化されても良い。位置決め用突部 3 4 に関しても同様であり、一部の位置決め用突部 3 4 のみが高硬度化されても良い。なお、上記の実施形態のように各磁極 P に 1 つの孔間ブリッジ部 3 7 だけが存在する場合において、一部の磁極 P に含まれる孔間ブリッジ部 3 7 のみが高硬度化されても良い。

[0050] (4) 上記の実施形態では、中央領域 R c に属する電磁鋼板 3 0 の孔間ブリッジ部 3 7 だけが高硬度化(かつ薄板化)され、第一端部領域 R e 1 又は第二端部領域 R e 2 に属する電磁鋼板 3 0 の孔間ブリッジ部 3 7 が高硬度化(かつ薄板化)されない構成を例として説明した。しかし、そのような構成に限定されることなく、例えば軸方向 L の位置によらずに全ての電磁鋼板 3 0 で、孔間ブリッジ部 3 7 が高硬度化されても良い。位置決め用突部 3 4 に関しても同様であり、全ての電磁鋼板 3 0 で、位置決め用突部 3 4 が高硬度化されても良い。

[0051] (5) 上記の実施形態では、中央領域 R c に属する各電磁鋼板 3 0 が、第一凹部 5 1 及び第二凹部 5 2 が軸方向 L に同じ向きとなるように積層されている構成を例として説明した。しかし、そのような構成に限定されることなく、例えば図 1 2 及び図 1 3 に示すように、軸方向 L に隣り合う 2 枚の電磁鋼板 3 0 は、各凹部 5 1, 5 2 が互いに軸方向反対向きとなるように積層されても良い。このような構成であれば、孔間ブリッジ部 3 7 どうし及び位置決め用突部 3 4 どうしがそれぞれ背中合わせに当接することになるので、それらの部位の機械的強度を高めることができる。よって、例えば高圧で樹脂等を充填する際にも、それらの部位における変形を抑制することができる。

[0052] (6) 上記の実施形態では、孔間ブリッジ部 3 7 が、電磁鋼板 3 0 の第一主面 3 0 a の所定位置に第一凹部 5 1 を形成することによって高硬度化かつ薄板化されている構成を例として説明した。しかし、そのような構成に限定されることなく、例えば図 1 4 に示すように、電磁鋼板 3 0 の両面(第一主面

30a及び第二主面30bの両方)の所定位置に第一凹部51をそれぞれ形成する(例えば両面が窪むようにプレス加工を施す)ことによって、孔間ブリッジ部37が薄板化されても良い。位置決め用突部34に関しても同様であり、例えば図15に示すように、電磁鋼板30の両面(第一主面30a及び第二主面30bの両方)の所定位置に第二凹部52をそれぞれ形成することによって、位置決め用突部34が薄板化されても良い。

[0053] (7) 上記の実施形態では、孔間ブリッジ部37及び位置決め用突部34が電磁鋼板30に対してプレス加工等の機械加工を施すことによって高硬度化かつ薄板化される構成を例として説明した。しかし、そのような構成に限定されることなく、電磁鋼板30に対して例えば化学的処理を施すことによって孔間ブリッジ部37及び位置決め用突部34を高硬度化しても良い。この場合、孔間ブリッジ部37及び位置決め用突部34の板厚は、一般部Gの板厚と等しいまま(基準厚さT0のまま)であっても良い。

[0054] (8) 上記の実施形態では、孔間ブリッジ部37及び位置決め用突部34の両方が高硬度化(かつ薄板化)されている構成を例として説明した。しかし、そのような構成に限定されることなく、例えば孔間ブリッジ部37は高硬度化されずに位置決め用突部34だけが高硬度化されても良い。

[0055] (9) 上記の実施形態では、永久磁石6が長方形の断面形状を有する構成を例として説明した。しかし、そのような構成に限定されることなく、永久磁石6の断面形状は、例えばU字状、V字状、及び蒲鉾状等、任意の形状であって良い。磁石挿入孔32の断面形状も、永久磁石6の断面形状に応じて決定される。

[0056] (10) 上記の実施形態では、ロータ1が、ステータに対して径方向内側に配置されるインナーロータである構成を主に想定して説明した。しかし、そのような構成に限定されることなく、ロータ1は、ステータに対して径方向外側に配置されるアウターロータであっても良い。この場合、ステータ側(径方向内側)に設けられる内周側ブリッジ部の硬度が非ブリッジ部N(一般部G)の硬度に等しく、且つ、孔間ブリッジ部37及び位置決め用突部34

の硬度が非ブリッジ部N（一般部G）の硬度よりも高くされると良い。

[0057] （１１）上記の実施形態では、本開示に係る技術を、車両用の駆動力源として用いられる回転電機に備えられるロータ１に適用した例について説明した。しかし、そのような構成に限定されることなく、例えばエレベータの駆動用やコンプレッサの駆動用等、あらゆる用途で用いられる回転電機に備えられるロータに対しても、同様に、本開示に係る技術を適用することが可能である。

[0058] （１２）上述した各実施形態（上記の実施形態及びその他の実施形態を含む；以下同様）で開示される構成は、矛盾が生じない限り、他の実施形態で開示される構成と組み合わせて適用することも可能である。その他の構成に関しても、本明細書において開示された実施形態は全ての点で例示であって、本開示の趣旨を逸脱しない範囲内で適宜改変することが可能である。

[0059] 〔実施形態の概要〕

以上をまとめると、本開示に係るロータは、好適には、以下の各構成を備える。

[0060] 軸方向（L）に積層された複数の電磁鋼板（３０）を有するロータコア（３）と、前記ロータコア（３）に埋め込まれた永久磁石（６）と、を備え、ステータに対向配置されるロータ（１）であって、

前記電磁鋼板（３０）は、前記永久磁石（６）が挿入される磁石挿入孔（３２）と、前記磁石挿入孔（３２）において前記永久磁石（６）の非磁極面（６ｂ）に沿って突出する位置決め用突部（３４）と、を有し、

前記複数の電磁鋼板（３０）の少なくとも一部において、前記位置決め用突部（３４）の硬度が当該位置決め用突部（３４）以外の一般部（G）の硬度よりも高い。

[0061] 発明者らの検討によれば、電磁鋼板（３０）が、磁石挿入孔（３２）において永久磁石（６）の非磁極面（６ｂ）に沿って突出する位置決め用突部（３４）を有する場合には、当該位置決め用突部（３４）も漏れ磁束の発生原因となり得ることが明らかになった。この知見に基づき、上記のように複数

の電磁鋼板（３０）の少なくとも一部において位置決め用突部（３４）の硬度をそれ以外の一般部（Ｇ）の硬度よりも高くすることで、位置決め用突部（３４）において、磁気抵抗を大きくすることができる。よって、漏れ磁束を低減して有効磁束を増大させることができ、高トルク化を図ることができる。

[0062] 一態様として、

前記電磁鋼板（３０）は、前記永久磁石（６）の磁極面（６ａ）に沿って延びる磁路形成部（４０）を有し、

前記磁路形成部（４０）は、前記磁極面（６ａ）に直交状態で交差する方向の当該磁路形成部（４０）の幅である磁路幅が最小となる最小幅部（４１ｎ）を有するとともに、前記最小幅部（４１ｎ）と同じ幅で前記磁極面（６ａ）に沿って延びる帯状領域である主磁路領域（４１）と、前記磁路幅が前記最小幅部（４１ｎ）よりも大きい部位において前記主磁路領域（４１）よりも前記磁石挿入孔（３２）側に位置する副磁路領域（４２）と、を有し、

前記位置決め用突部（３４）に加え、前記副磁路領域（４２）のうち前記位置決め用突部（３４）の基部（３４ｂ）から連続する部分の硬度が前記一般部（Ｇ）の硬度よりも高く、

前記主磁路領域（４１）の硬度が前記一般部（Ｇ）の硬度に等しいことが好ましい。

[0063] この構成によれば、硬度を高くする部位を位置決め用突部（３４）から副磁路領域（４２）の少なくとも一部にまで拡大することで、漏れ磁束をより一層低減することができ、さらなる高トルク化を図ることができる。一方、主磁路領域（４１）の硬度と一般部（Ｇ）の硬度とが等しくされ、言い換えれば主磁路領域（４１）の硬度は一般部（Ｇ）の硬度よりも高くされない。このため、主磁路領域（４１）の磁気抵抗が通常に比べて大きくなることはなく、磁路形成部（４０）（ここでは主に主磁路領域（４１））において永久磁石（６）の磁極面（６ａ）に沿って流れる磁束が悪影響を受けることもない。

[0064] 一態様として、

前記電磁鋼板（30）は、前記一般部（G）とは異なる部位として、前記磁石挿入孔（32）と前記ロータコア（3）のステータ対向面（3a）との間のブリッジ部であるステータ側ブリッジ部（36）と、周方向（C）に隣接する2つの前記磁石挿入孔（32）の間のブリッジ部である孔間ブリッジ部（37）と、をさらに有し、

前記複数の電磁鋼板（30）の少なくとも一部において、前記ステータ側ブリッジ部（36）の硬度が前記一般部（G）の硬度に等しく、且つ、複数の前記孔間ブリッジ部（37）の少なくとも一部の硬度が前記一般部（G）の硬度よりも高いことが好ましい。

[0065] この構成によれば、複数の孔間ブリッジ部（37）の少なくとも一部の硬度が一般部（G）の硬度よりも高くされるので、当該孔間ブリッジ部（37）においても、漏れ磁束を低減することができ、さらなる高トルク化を図ることができる。一方、外周側ブリッジ部（36）に関しては、外周側ブリッジ部（36）の硬度と一般部（G）の硬度とが等しくされ、言い換えれば外周側ブリッジ部（36）の硬度は一般部（G）の硬度よりも高くされない。このため、ロータ（1）のステータ側の表面付近に位置するステータ側ブリッジ部（36）に残留応力が残ることはなく、当該ステータ側ブリッジ部（36）におけるヒステリシス損が通常に比べて大きくなることもない。よって、鉄損の増大を抑制することができる。

[0066] 一態様として、

前記ロータコア（3）が、軸方向一方側から、第一端部領域（Re1）、中央領域（Rc）、第二端部領域（Re2）の3つの軸方向領域に区分され、

前記中央領域（Rc）に属する前記電磁鋼板（30）では、前記位置決め用突部（34）の硬度が前記一般部（G）の硬度よりも高く、

前記第一端部領域（Re1）又は前記第二端部領域（Re2）に属する前記電磁鋼板（30）では、前記位置決め用突部（34）の硬度が前記一般部

(G) の硬度に等しいことが好ましい。

[0067] ロータコア (3) の軸方向両端部に位置する第一端部領域 (Re 1) 及び第二端部領域 (Re 2) では、位置決め用突部 (34) の硬度が一般部 (G) の硬度よりも高くされると、当該位置決め用突部 (34) を通じた漏れ磁束が低減される反面、その分だけ軸方向 (L) への漏れ磁束が増大してしまう。この点に鑑み、上記のように第一端部領域 (Re 1) 又は第二端部領域 (Re 2) に属する電磁鋼板 (30) において位置決め用突部 (34) の硬度を一般部 (G) の硬度に等しくすることで、軸方向 (L) への漏れ磁束を低減することができる。よって、ロータ (1) 全体として、有効磁束をより一層増大させることができ、さらなる高トルク化を図ることができる。

[0068] 一態様として、

前記一般部 (G) よりも硬度が高い前記位置決め用突部 (34) は、前記一般部 (G) よりも板厚が薄いことが好ましい。

[0069] この構成によれば、位置決め用突部 (34) の板厚を一般部 (G) の板厚よりも薄くすることで、位置決め用突部 (34) の部分における磁路断面積を小さくして磁気抵抗を大きくすることができる。よって、この点からも漏れ磁束を低減することによって有効磁束を増大させることができる。その結果、位置決め用突部 (34) の高硬度化との相乗効果により、さらなる高トルク化を図ることができる。

[0070] 一態様として、

前記一般部 (G) よりも硬度が高い前記位置決め用突部 (34) は、前記電磁鋼板 (30) の軸方向 (L) における一方側の面に凹部 (52) が形成されることにより前記一般部 (G) よりも板厚が薄くされており、

軸方向 (L) に隣り合う 2 枚の前記電磁鋼板 (30) は、前記凹部 (52) が互いに軸方向反対向きとなるように積層されていることが好ましい。

[0071] この構成によれば、該当する各電磁鋼板 (30) において、軸方向 (L) における一方側の面の所定位置に例えばプレス加工等によって凹部 (52) を形成するだけで、一般部 (G) よりも硬度が高く板厚が薄い位置決め用突

部（３４）を簡単に設けることができる。この場合において、軸方向（Ｌ）に隣り合う２枚の電磁鋼板（３０）を、凹部（５２）が互いに軸方向反対向きとなるように積層することで、板厚が薄くされた位置決め用突部（３４）どうしが背中合わせに当接することになる。このため、例えば軸方向（Ｌ）に隣り合う２枚の電磁鋼板（３０）を凹部（５２）が軸方向（Ｌ）に同じ向きとなるように積層する構成に比べて、軸方向（Ｌ）に隣り合う２枚の電磁鋼板（３０）内における、位置決め用突部（３４）の連続する板厚が厚くなる。よって、高トルク化のために板厚が薄くされる位置決め用突部（３４）の機械的強度を高めることができる。

[0072] 一態様として、

前記位置決め用突部（３４）は、前記永久磁石（６）の一对の磁極面（６ a）のそれぞれの端部から各磁極面（６ a）の接線方向に延ばした仮想線に挟まれた領域に突出し、かつ、前記永久磁石（６）に接する突部であることが好ましい。

[0073] この構成によれば、磁極面（６）から出入りする磁束の流れに影響を与えることなく、磁石挿入孔（３２）の内部での永久磁石（６）の位置決めを適切に行うことができる。

[0074] 本開示に係るロータは、上述した各効果のうち、少なくとも１つを奏することができれば良い。

符号の説明

- [0075] 1 ロータ
- 3 ロータコア
- 3 a 外周面（ステータ対向面）
- 6 永久磁石
- 6 a 磁極面
- 6 b 非磁極面
- 3 0 電磁鋼板
- 3 0 a 第一主面（軸方向における一方側の面）

3 1	孔部
3 2	磁石挿入孔
3 4	位置決め用突部
3 4 b	基部
3 6	外周側ブリッジ部（ステータ側ブリッジ部）
3 7	孔間ブリッジ部
4 0	内側磁路形成部（磁路形成部）
4 1	主磁路領域
4 1 n	最小幅部
4 2	副磁路領域
5 1	第一凹部
5 2	第二凹部
5 6	第一薄板部
5 7	第二薄板部
P	磁極
N	非ブリッジ部
G	一般部
R c	中央領域
R e 1	第一端部領域
R e 2	第二端部領域
L	軸方向
R	径方向
C	周方向

請求の範囲

[請求項1] 軸方向に積層された複数の電磁鋼板を有するロータコアと、前記ロータコアに埋め込まれた永久磁石と、を備え、ステータに対向配置されるロータであって、

前記電磁鋼板は、前記永久磁石が挿入される磁石挿入孔と、前記磁石挿入孔において前記永久磁石の非磁極面に沿って突出する位置決め用突部と、を有し、

前記複数の電磁鋼板の少なくとも一部において、前記位置決め用突部の硬度が当該位置決め用突部以外の一般部の硬度よりも高いロータ。

[請求項2] 前記電磁鋼板は、前記永久磁石の磁極面に沿って延びる磁路形成部を有し、

前記磁路形成部は、前記磁極面に直交状態で交差する方向の当該磁路形成部の幅である磁路幅が最小となる最小幅部を有するとともに、前記最小幅部と同じ幅で前記磁極面に沿って延びる帯状領域である主磁路領域と、前記磁路幅が前記最小幅部よりも大きい部位において前記主磁路領域よりも前記磁石挿入孔側に位置する副磁路領域と、を有し、

前記位置決め用突部に加え、前記副磁路領域のうち前記位置決め用突部の基部から連続する部分の硬度が前記一般部の硬度よりも高く、

前記主磁路領域の硬度が前記一般部の硬度に等しい請求項1に記載のロータ。

[請求項3] 前記電磁鋼板は、前記一般部とは異なる部位として、前記磁石挿入孔と前記ロータコアのステータ対向面との間のブリッジ部であるステータ側ブリッジ部と、周方向に隣接する2つの前記磁石挿入孔の間のブリッジ部である孔間ブリッジ部と、をさらに有し、

前記複数の電磁鋼板の少なくとも一部において、前記ステータ側ブリッジ部の硬度が前記一般部の硬度に等しく、且つ、複数の前記孔間

ブリッジ部の少なくとも一部の硬度が前記一般部の硬度よりも高い請求項 1 又は 2 に記載のロータ。

[請求項4] 前記ロータコアが、軸方向一方側から、第一端部領域、中央領域、第二端部領域の 3 つの軸方向領域に区分され、

前記中央領域に属する前記電磁鋼板では、前記位置決め用突部の硬度が前記一般部の硬度よりも高く、

前記第一端部領域又は前記第二端部領域に属する前記電磁鋼板では、前記位置決め用突部の硬度が前記一般部の硬度に等しい請求項 1 から 3 のいずれか一項に記載のロータ。

[請求項5] 前記一般部よりも硬度が高い前記位置決め用突部は、前記一般部よりも板厚が薄い請求項 1 から 4 のいずれか一項に記載のロータ。

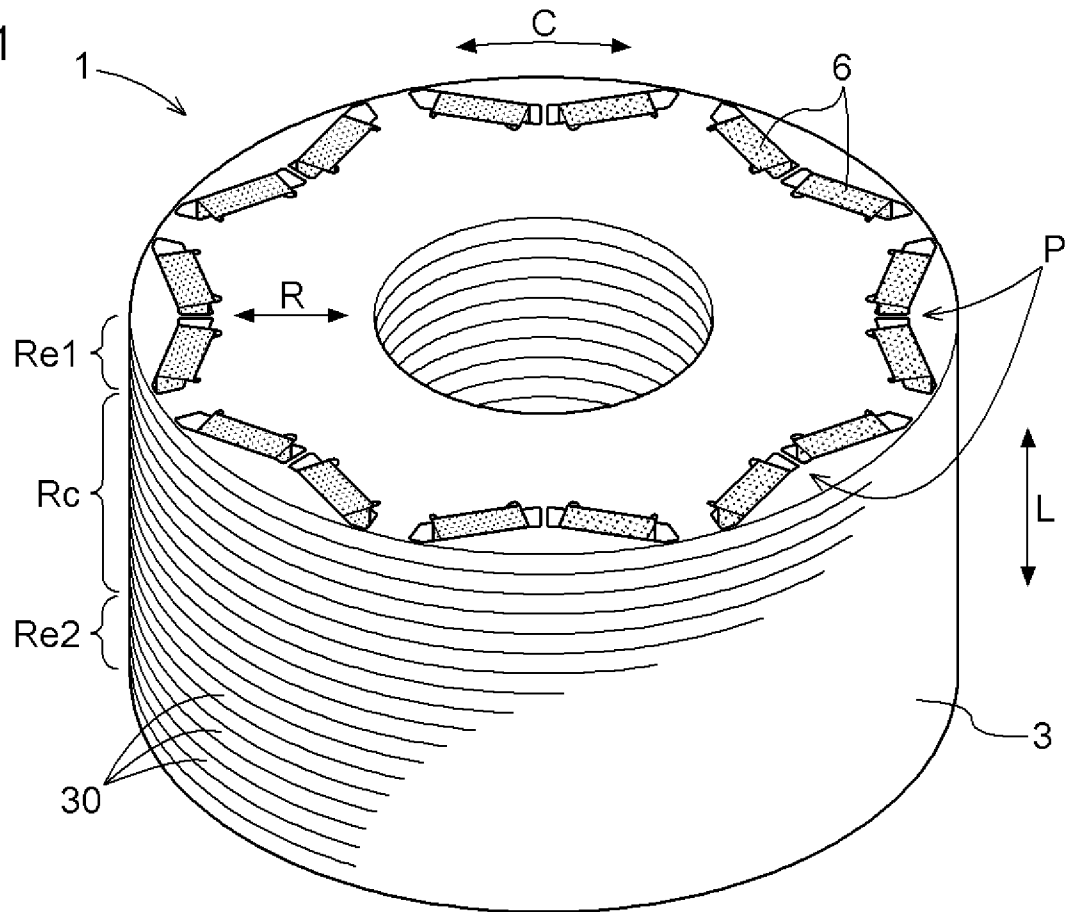
[請求項6] 前記一般部よりも硬度が高い前記位置決め用突部は、前記電磁鋼板の軸方向における一方側の面に凹部が形成されることにより前記一般部よりも板厚が薄くされており、

軸方向に隣り合う 2 枚の前記電磁鋼板は、前記凹部が互いに軸方向反対向きとなるように積層されている請求項 5 に記載のロータ。

[請求項7] 前記位置決め用突部は、前記永久磁石の一对の磁極面のそれぞれの端部から各磁極面の接線方向に延ばした仮想線に挟まれた領域に突出し、かつ、前記永久磁石に接する突部である請求項 1 から 6 のいずれか一項に記載のロータ。

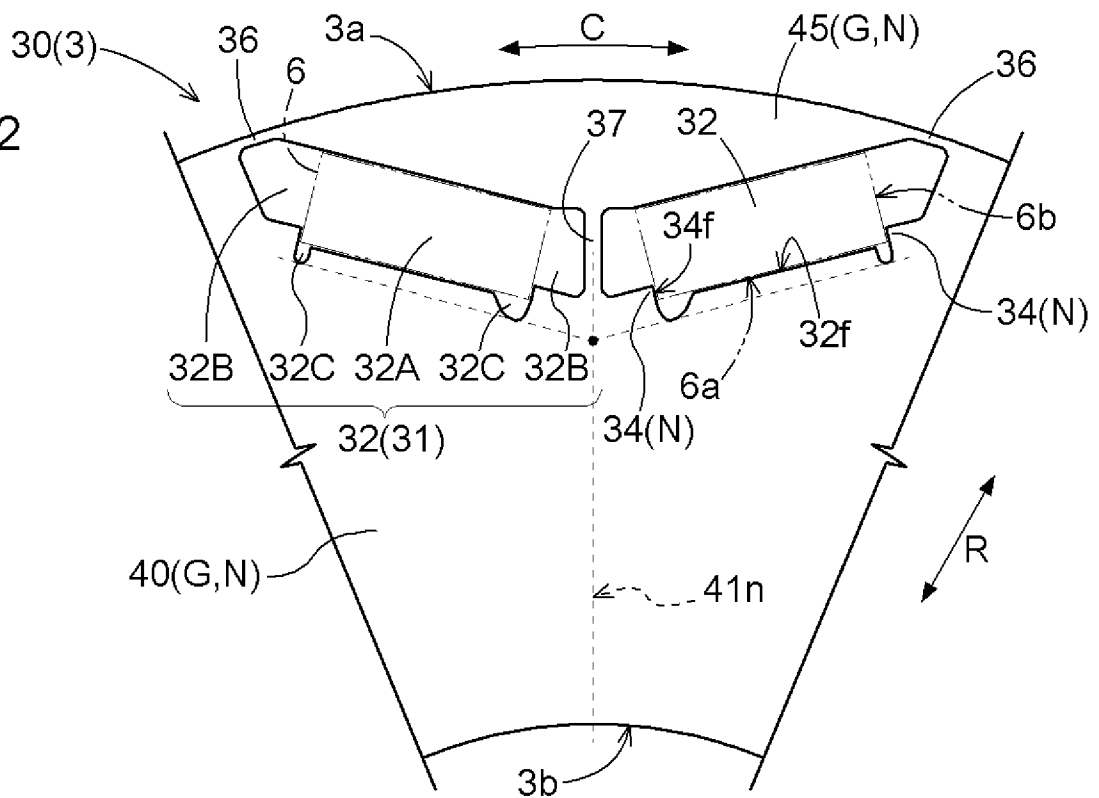
[図1]

Fig.1



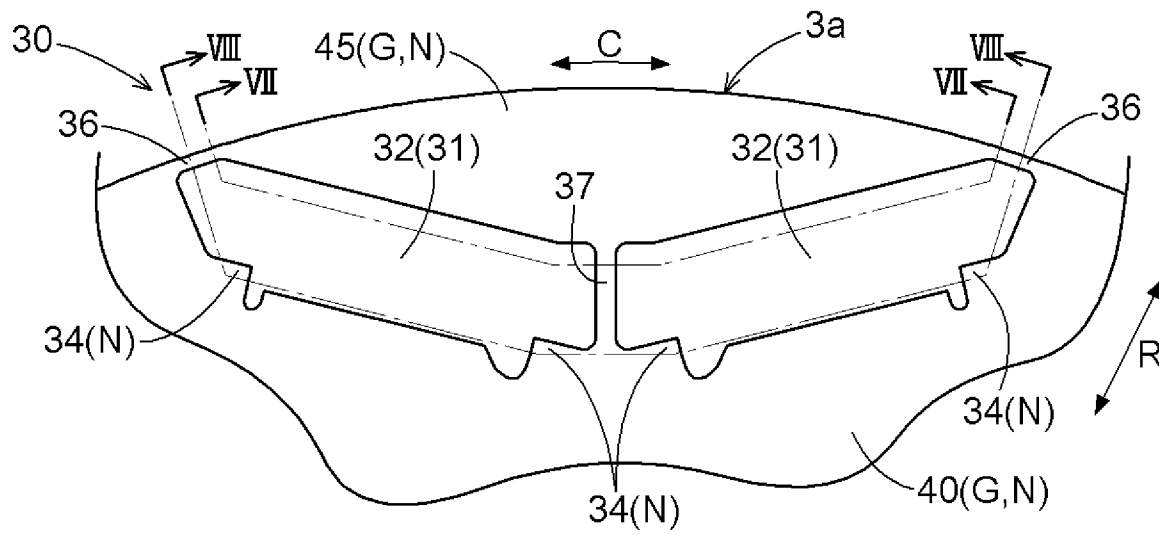
[図2]

Fig.2



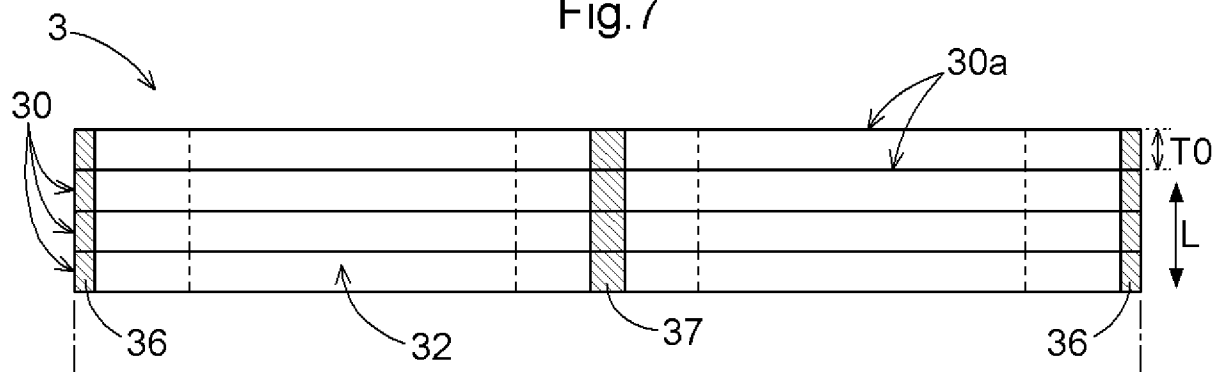
[図6]

Fig.6



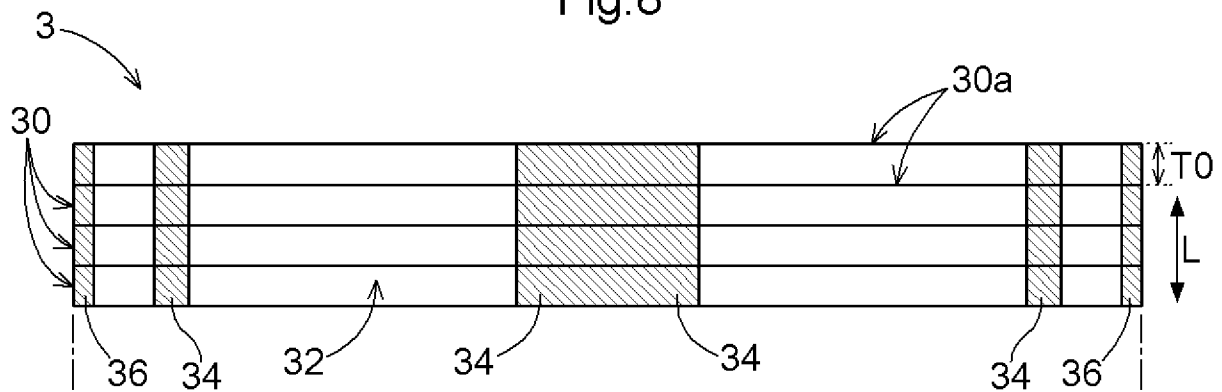
[図7]

Fig.7

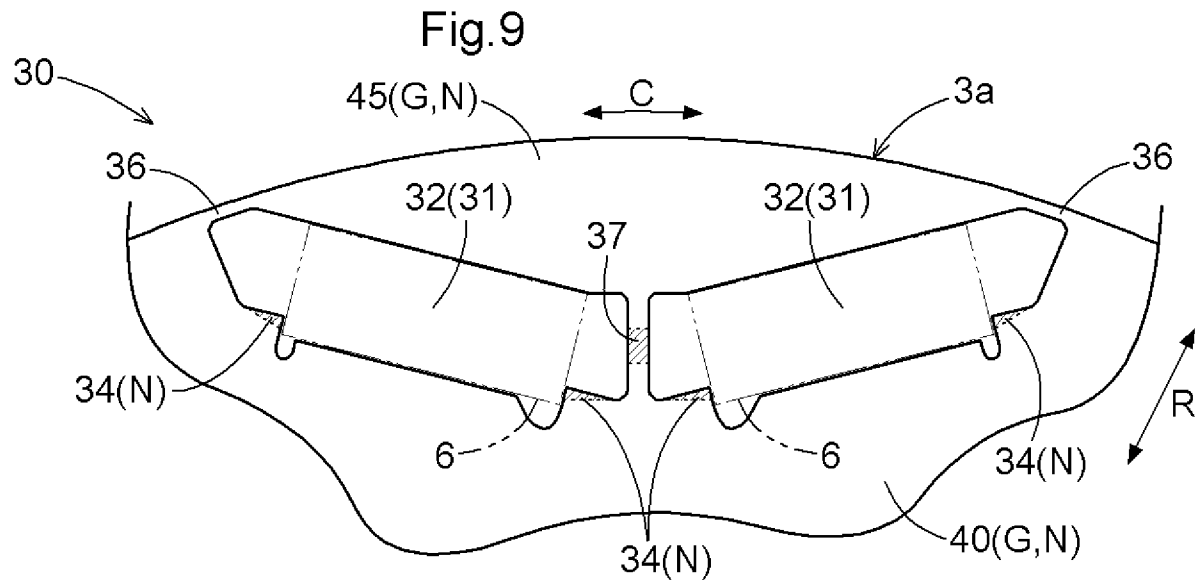


[図8]

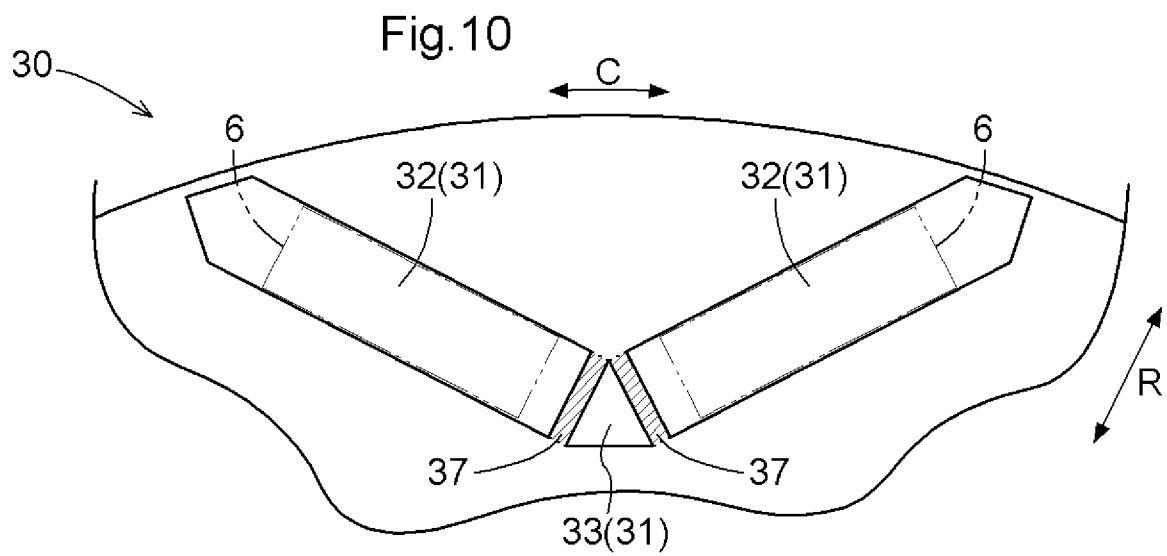
Fig.8



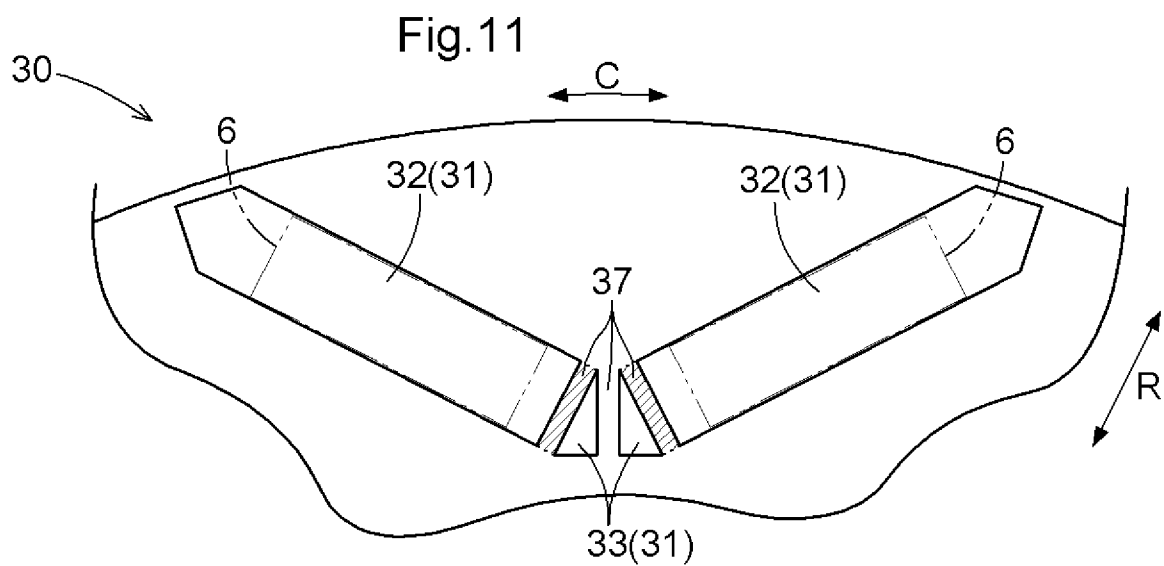
[図9]



[図10]

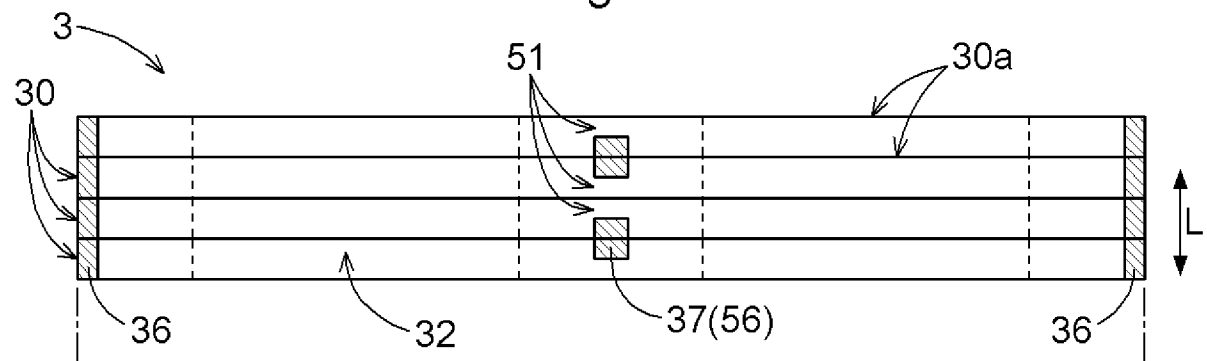


[図11]



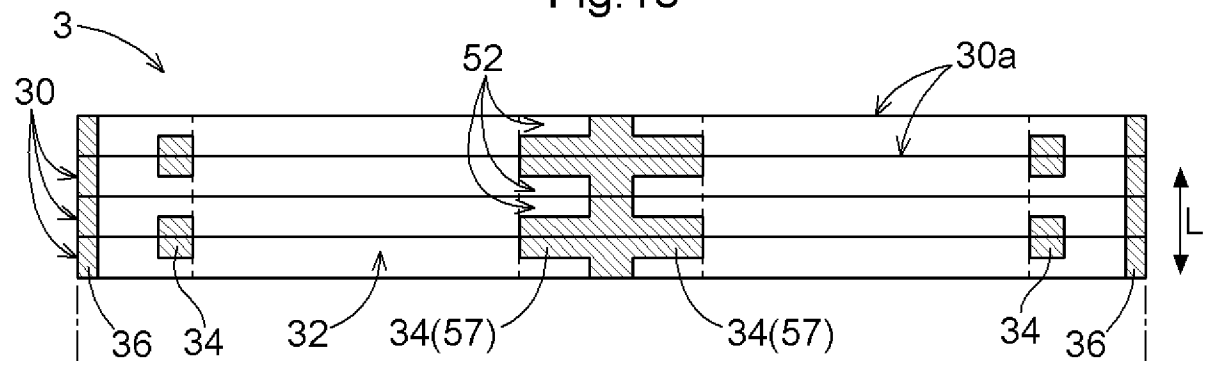
[図12]

Fig.12



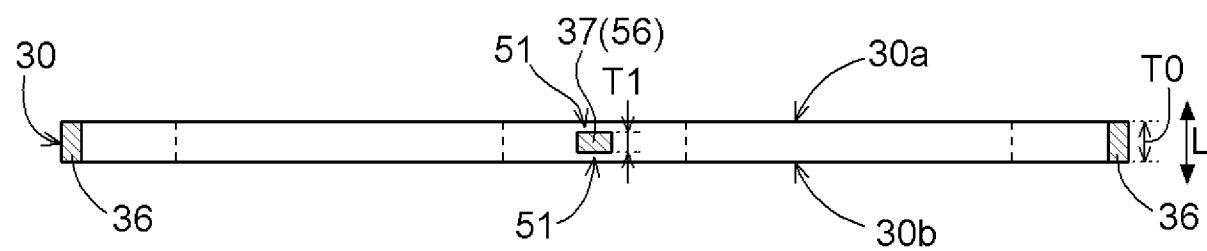
[図13]

Fig.13



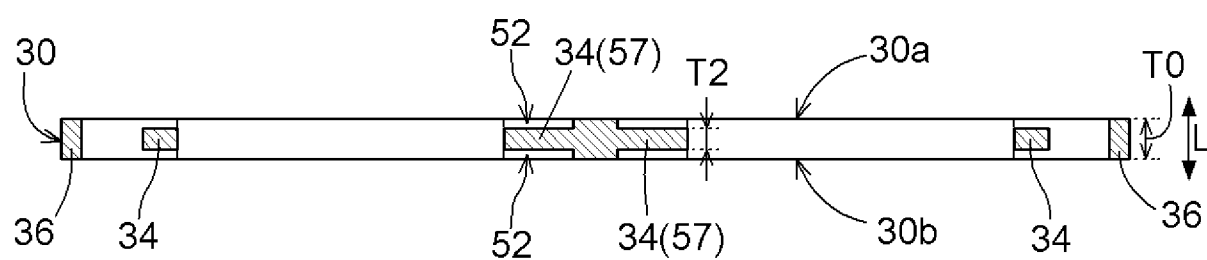
[図14]

Fig.14



[図15]

Fig.15



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/020718

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H02K1/27(2006.01)i, H02K1/22(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, H02K1/22

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	1996-2017
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2017	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2017

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 2016-73056 A (Toyota Motor Corp.), 09 May 2016 (09.05.2016), entire text; all drawings & US 2016/0094097 A1 entire text; all drawings	1-7
A	JP 2005-185081 A (Nissan Motor Co., Ltd.), 07 July 2005 (07.07.2005), paragraphs [0015], [0105] (Family: none)	1-7
A	US 2015/0137629 A1 (STEERING SOLUTIONS IP HOLDING CORP.), 21 May 2015 (21.05.2015), entire text; all drawings & WO 2015/074023 A1 entire text; all drawings	1-7

☒ 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
09 August 2017 (09.08.17)

Date of mailing of the international search report
22 August 2017 (22.08.17)

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/JP2017/020718

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 2013/0147302 A1 (GM GLOBAL TECHNOLOGY OPERATIONS LLC), 13 June 2013 (13.06.2013), entire text; all drawings & DE 102012222438 A1 & CN 103166350 A	1-7

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, H02K1/22 (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, H02K1/22

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	1971-2017年
日本国実用新案登録公報	1996-2017年
日本国登録実用新案公報	1994-2017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 2016-73056 A（トヨタ自動車株式会社）2016.05.09, 全文, 全図 & US 2016/0094097 A1, 全文, 全図	1-7
A	JP 2005-185081 A（日産自動車株式会社）2005.07.07, 段落[0015], [0105]（ファミリーなし）	1-7
A	US 2015/0137629 A1（STEERING SOLUTIONS IP HOLDING CORPORATION） 2015.05.21, 全文, 全図 & WO 2015/074023 A1, 全文, 全図	1-7

☒ 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

「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

09.08.2017

国際調査報告の発送日

22.08.2017

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）

池田 貴俊

3 V

9 2 5 6

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 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	US 2013/0147302 A1 (GM GLOBAL TECHNOLOGY OPERATIONS LLC) 2013.06.13, 全文, 全図 & DE 102012222438 A1 & CN 103166350 A	1-7