

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, 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, 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 :

- 一 国際調査報告 (条約第21条(3))

(57) 要約 : アキシシャルギャップ型回転電機に用いられるコアであって、周方向に配置された複数の貫通孔を有する環状のヨークと、前記複数の貫通孔の各々に一端が挿入され、前記ヨークの前記周方向に並ぶ複数の柱状のティースとを備え、前記ヨークと前記各ティースとは、互いに独立した圧粉成形体で構成され、前記各ティースの前記一端は、前記貫通孔内で偏って配置されているコア。

明 細 書

発明の名称：コア、ステータ、及び回転電機

技術分野

[0001] 本開示は、コア、ステータ、及び回転電機に関する。

[0002] 本出願は、2018年12月27日出願の日本出願2018-246317号に基づく優先権を主張し、前記日本出願に記載された全ての記載内容を援用するものである。

背景技術

[0003] 特許文献1は、回転電機の一つとして、ロータとステータとがロータの軸方向に対向して配置されたアキシアルギャップ型のモータを開示する。この種の回転電機に用いられるステータは、ヨーク及び複数のティースを有するコアと、各ティースに配置されるコイルとを備える。代表的には、ヨークは、円環板状の部材である。各ティースは、ヨークの軸方向に突出する柱状の部材であり、ヨークの周方向に離間して並ぶ。特許文献1は、更に、ヨークとティースとを分離可能に構成することを開示する。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開2009-044829号公報

発明の概要

[0005] 本開示のコアは、
アキシアルギャップ型回転電機に用いられるコアであって、
周方向に配置された複数の貫通孔を有する環状のヨークと、
前記複数の貫通孔の各々に一端が挿入され、前記ヨークの前記周方向に並ぶ複数の柱状のティースとを備え、
前記ヨークと前記各ティースとは、互いに独立した圧粉成形体で構成され、
前記各ティースの前記一端は、前記貫通孔内で偏って配置されている。

[0006] 本開示のステータは、
本開示のコアと、
前記各ティースに配置されるコイルとを備える。

[0007] 本開示の回転電機は、
本開示のステータを備える。

図面の簡単な説明

[0008] [図1]図1は、実施形態のコアの一例を示す概略斜視図である。

[図2]図2は、実施形態のコアにおいて、ティースの一端部の外周面とヨークの貫通孔の内周面との間隔を説明する図である。

[図3]図3は、実施形態のコアであってティースが近接領域を向かい合って備える例について、コアの一部を示す概略平面図である。

[図4]図4は、実施形態のコアであってティースが近接領域をヨークの周方向の同じ側に備える例について、コアの一部を示す概略平面図である。

[図5]図5は、図1の(V) - (V)線に沿うコアの部分概略断面図である。

[図6]図6は、実施形態のステータの一例を示す概略斜視図である。

[図7]図7は、実施形態の回転電機の一例を示す概略断面図である。

発明を実施するための形態

[0009] [本開示が解決しようとする課題]

アキシアルギャップ型回転電機に用いられるコアとして、ステータを組み立て易く、高いトルクが得られる回転電機を構築できることが望まれる。

[0010] そこで、本開示は、高いトルクを有する回転電機を構築でき、ステータの製造性にも優れるコアを提供することを目的の一つとする。

[0011] また、本開示は、高いトルクを有する回転電機を構築でき、製造性にも優れるステータを提供することを他の目的の一つとする。

[0012] 更に、本開示は、高いトルクを有し、製造性にも優れる回転電機を提供することを別の目的の一つとする。

[0013] [本開示の効果]

本開示のコアは、高いトルクを有する回転電機を構築でき、ステータの製

造性にも優れる。

[0014] 本開示のステータは、高いトルクを有する回転電機を構築でき、製造性にも優れる。

[0015] 本開示の回転電機は、高いトルクを有し、製造性にも優れる。

[0016] [本開示の実施形態の説明]

最初に本開示の実施態様を列記して説明する。

[0017] (1) 本開示の一態様に係るコアは、

アキシアルギャップ型回転電機に用いられるコアであって、

周方向に配置された複数の貫通孔を有する環状のヨークと、

前記複数の貫通孔の各々に一端が挿入され、前記ヨークの前記周方向に並ぶ複数の柱状のティースとを備え、

前記ヨークと前記各ティースとは、互いに独立した圧粉成形体で構成され

、

前記各ティースの前記一端は、前記貫通孔内で偏って配置されている。

[0018] 本開示のコアは、ヨークとティースとが互いに独立した圧粉成形体で構成される。そのため、本開示のコアは、ステータの製造性に優れる。ヨークに固定する前のティースは柱状体であり、形状が単純である。一方、ヨークとティースとが一体物である圧粉成形体は、形状が複雑である。よって、ヨークに固定する前のティースにコイルを装着する方が、ヨークとティースとが一体物である圧粉成形体のティースにコイルを装着するよりも、コイルの装着を容易にできる。また、ヨーク及びティースの単純な形状の圧粉成形体を成形する方が、複雑な形状の圧粉成形体を成形するよりも、圧粉成形体の成形を容易にできる。

[0019] 本開示のコアは、ヨークに対するティースの固定に関して、ティースの一端部がヨークに形成された貫通孔内で偏って配置される。そのため、本開示のコアは、トルクの低下を抑制でき、高いトルクを有するアキシアルギャップ型回転電機を構築できる。貫通孔内で偏って配置されるとは、ティースの一端部の外周面と貫通孔の内周面との間隔が局所的に小さい領域を有するこ

とを意味する。貫通孔内で偏って配置されるとは、定量的には、ティースの一端部の外周面と貫通孔の内周面との間隔の平均値の50%以下を満たす領域を有することを意味する。貫通孔内で偏って配置されるとは、定性的には、ティースの外形と貫通孔の孔形状とが相似の場合、ティースの重心と貫通孔の重心とが一致しないことを意味する。ティースが貫通孔内で偏って配置されることで、ティースとヨークとの間の磁気ギャップとなる隙間が小さい領域を形成できる。よって、この隙間が小さい領域を介してティースとヨークとの間で磁束が良好に通る。

[0020] (2) 本開示のコアの一例として、

前記ティースは、前記一端の外周面と前記貫通孔の内周面との間隔が0.05mm以下である近接領域を備える形態が挙げられる。

[0021] 上記形態では、ティースの近接領域と貫通孔の内周面との間隔は非常に小さい。そのため、上記形態では、ティースの近接領域は、貫通孔の内周面に実質的に接する領域と見做せる。よって、ティースの近接領域とヨークとの間に生じ得る隙間は磁気ギャップになり難いといえる。そのため、上記形態では、ティースの近接領域を介してティースとヨークとの間の磁束の通過をより良好に確保できる。従って、上記形態は、トルクの低下をより抑制し易く、高いトルクを有するアキシシャルギャップ型回転電機を構築できる。

[0022] (3) 上記(2)のコアの一例として、

前記貫通孔の周長に対して、前記近接領域における前記貫通孔の周方向に沿った長さの割合が20%以上である形態が挙げられる。

[0023] 上記形態は、ティースの近接領域が長いため、ティースの近接領域を介してティースとヨークとの間の磁束の通過をより良好に確保できる。従って、上記形態は、トルクの低下を更に抑制し易く、より高いトルクを有するアキシシャルギャップ型回転電機を構築できる。

[0024] (4) 上記(2)又は(3)のコアの一例として、

前記一端の外周面と前記貫通孔の内周面との間隔の最大値と最小値との差が0.40mm未満である形態が挙げられる。

- [0025] 上記形態は、上記間隔が局所的に大きな領域、即ち大きな磁気ギャップとなる領域を有さないといえる。そのため、上記形態は、ティースとヨークとの間の磁束の通過を良好に確保し易い。従って、上記形態は、トルクの低下を抑制し易く、高いトルクを有するアキシシャルギャップ型回転電機を構築できる。
- [0026] (5) 上記(2)から(4)のいずれか一つのコアの一例として、
前記ティースは、前記近接領域の少なくとも一部を前記ティースにおける前記ヨークの外周側に備える形態が挙げられる。
- [0027] 代表的には、ティースの外形は台形である。このような形状のティースにおけるヨークの外周側に位置する領域（以下、外周領域と呼ぶことがある）の長さは、内周側に位置する領域（以下、内周領域と呼ぶことがある）の長さよりも長い。よって、ティースの外周領域に近接領域を含むと、近接領域を長く確保し易い。近接領域が長いことで、上記形態は、ティースの近接領域を介してティースとヨークとの間の磁束の通過を良好に確保し易い。従って、上記形態は、トルクの低下を更に抑制し易く、より高いトルクを有するアキシシャルギャップ型回転電機を構築できる。
- [0028] (6) 上記(2)から(5)のいずれか一つのコアの一例として、
前記ヨークの前記周方向に隣り合う前記ティースは、前記近接領域の少なくとも一部を前記隣り合うティースが対向する側に備える形態が挙げられる。
- [0029] 上記形態では、隣り合うティースの近接領域が向かい合って配置される。そのため、隣り合うティースは、各ティースの近接領域を介して磁束の通過を良好に確保し易い。従って、上記形態は、トルクの低下を抑制し易く、高いトルクを有するアキシシャルギャップ型回転電機を構築できる。上記形態を多相交流回転電機に利用する場合、各ティースには同相のコイル、異相のコイルのいずれも配置できる。
- [0030] (7) 上記(6)のコアの一例として、
前記隣り合うティースには、同相のコイルが配置される形態が挙げられる

- 。
- [0031] 上記形態は、異相のコイルが配置される場合に比較して、トルクの低下をより抑制し易い。
- [0032] (8) 上記(2)から(5)のいずれか一つのコアの一例として、
前記ティースは、前記近接領域の少なくとも一部を前記ティースにおける前記ヨークの前記周方向の同じ側に備える形態が挙げられる。
- [0033] 上記形態は、各ティースの近接領域を介して磁束の通過を良好に確保し易い。従って、上記形態は、トルクの低下を抑制し易く、高いトルクを有するアキシアルギャップ型回転電機を構築できる。また、上記形態は、ヨークに対して各ティースの固定状態を一様にできるため、コアの製造性にも優れる。
- 。
- [0034] (9) 本開示のコアの一例として、
前記ティースは、前記貫通孔内に位置する一端面と、前記貫通孔外に位置する他端面とを備え、
前記ヨークは、前記ティースが突出する側に位置する第一面と、前記第一面に対向する第二面とを備え、
前記第二面を延長した面を基準面とし、前記基準面から前記他端面までの長さを前記ティースの高さとするとき、
複数の前記ティースの高さのばらつきが0.1mm以下である形態が挙げられる。
- [0035] 上記形態では、複数のティースの高さのばらつきが非常に小さい。そのため、上記形態では、複数のティースの高さが実質的に均一であり、複数のティースの他端面が実質的に同一平面上にあると見做せる。このようなコアを用いて回転電機を構築すると、ティースの他端面が磁石のいずれの箇所にも実質的に均一な間隔で対向するため、ティースの受ける磁石の磁束がいずれの箇所でも実質的に均一になり、コギングトルクを低減し易い。本開示のコアは、ヨークの貫通孔にティースの一端部が挿入される。そのため、貫通孔に対するティースの一端部の挿入量を調整することで、各ティースの高さを

容易に調整できる。

- [0036] (10) 上記(9)のコアの一例として、
前記基準面から前記一端面までの長さが、前記ヨークの厚さの10%以下である形態が挙げられる。
- [0037] 代表的には、ヨークの厚さは全体に亘って実質的に均一であり、ティースの軸方向の長さは全てのティースで実質的に均一である。そのため、上記形態は、各ティースの高さを一定に決めることができる。上記形態は、ティースの一端部の外周面と貫通孔の内周面との対向面積を十分に確保できるため、ティースとヨークとの間を通過する磁束の面積を十分に確保できる。また、上記形態は、ティースの一端部の外周面と貫通孔の内周面との対向面積を十分に確保できるため、ヨークとティースとの固定を強固にし易い。
- [0038] (11) 本開示のコアの一例として、
前記コアの構成材料は、純鉄、Siを含む鉄基合金、又はAlを含む鉄基合金を含む形態が挙げられる。
- [0039] 上記形態においてコアが純鉄を含む場合には、飽和磁束密度が高いコアにし易い、緻密なコアにし易い、コアを成形し易くコアの製造性に優れる、といった効果を奏する。上記形態において鉄基合金を含む場合には、低損失なコアにできる。
- [0040] (12) 本開示のコアの一例として、
前記コアの相対密度は90%以上である形態が挙げられる。
- [0041] 上記形態は、相対密度が90%以上と高く緻密である。このような形態は、飽和磁束密度が高いといった磁気特性に優れるアキシアルギャップ型回転電機を構築できる。
- [0042] (13) 本開示の一態様に係るステータは、
上記(1)から(12)のいずれか一つのコアと、
前記各ティースに配置されるコイルとを備える。
- [0043] 本開示のステータは、本開示のコアを備えるため、コイルの装着が行い易く、製造性に優れる。また、本開示のステータは、本開示のコアを備えるた

め、トルクの低下を抑制でき、高いトルクを有するアキシアルギャップ型回転電機を構築できる。

[0044] (14) 本開示の一態様に係る回転電機は、
本開示のステータと、
前記ステータと対向配置されたロータとを備える。

[0045] 本開示の回転電機は、本開示のステータを備えるため、ステータを組み立て易く、製造性に優れる。また、本開示の回転電機は、本開示のステータを備えるため、トルクの低下を抑制でき、高いトルクを有する。

[0046] [本開示の実施形態の詳細]

本開示の実施形態の詳細を、以下に図面を参照しつつ説明する。図中の同一符号は同一名称物を示す。なお、本開示はこれらの例示に限定されるものではなく、請求の範囲によって示され、請求の範囲と均等の意味および範囲内でのすべての変更が含まれることが意図される。

[0047] [コア]

図1～図5、及び適宜図6、図7を参照して、実施形態のコア1を説明する。コア1は、環状のヨーク3と、複数の柱状のティース2とを備える。コア1は、アキシアルギャップ型回転電機（一例として、後述の図7に示す回転電機9）に用いられる。代表的には、コア1は、ステータ（一例として、後述の図6に示すステータ8）のコアに利用できる。コア1は、各ティース2にコイル80（図6、図7）が配置されて、コイル80がつくる磁束や磁石95（図7）の磁束が通過する磁気回路の構成部材として利用される。

[0048] 実施形態のコア1は、ヨーク3と各ティース2とが互いに独立した圧粉成形体で構成される。実施形態のコア1は、ヨーク3に各ティース2の一端部が挿入される貫通孔30を備え、この貫通孔30内に各ティース2の一端部が偏って配置される点を特徴の一つとする。以下、詳細に説明する。

[0049] <ヨーク>

ヨーク3は、平面形状が円環状である板部材である。ヨーク3は、ヨーク3の周方向に並ぶティース2のうち、隣り合うティース2同士を磁氣的に結

合する。ヨーク3は、その中央部に、表裏面（第一面31及び第二面32）を貫通する軸孔39を備える。第一面31は、ティース2が突出して設けられる側に位置する面であり、第二面32は、第一面31の反対面である。

[0050] ヨーク3は、ティース2の一端部が挿入される貫通孔30を備える。貫通孔30は、ヨーク3の表裏面（第一面31及び第二面32）を貫通する。貫通孔30は、ティース2の個数に応じて適宜設けられる。ティース2は複数設けられるため、貫通孔30も複数設けられる。貫通孔30は、ヨーク3の周方向に所定の間隔をあけて設けられる。代表的には、各貫通孔30の孔形状、大きさは同一である。貫通孔30の孔形状は、代表的には、第一面31と平行な平面で切断した断面形状が後述するティース2の外形と相似である。貫通孔30の大きさは、ティース2の一端部が挿入可能な大きさを適宜選択できる。

[0051] ヨーク3は、ティース2と独立した部材で構成される。ヨーク3とティース2とは、貫通孔30にティース2の一端部が挿入されて固定される。例えば、貫通孔30にティース2の一端部が挿入された状態でヨーク3とティース2とを接着剤等で接着する。この場合、貫通孔30の内周面とティース2の一端部の外周面との間に接着剤が介在する。ヨーク3の貫通孔30とティース2の一端部との関係は、後で詳述する。

[0052] ヨーク3の大きさ（外径、内径、厚さ等）は、回転電機9の仕様に応じて適宜選択できる。例えば、ヨーク3の内径（軸孔39の直径）は5mm以上150mm以下、ヨーク3の外径は30mm以上300mm以下、ヨーク3の厚さは1.0mm以上10mm以下、更に1.5mm以上7.0mm以下が挙げられる。

[0053] <ティース>

各ティース2は、柱状の部材であり、ヨーク3の第一面31に直交するように突出する。また、各ティース2は、ヨーク3の周方向に所定の間隔をあけて配置される。代表的には、図1に例示するように、各ティース2は、ヨーク3の周方向に等間隔に配置される。なお、ヨーク3の第一面31に直交

する方向は、ヨーク3の軸孔39の軸方向に平行な方向に相当する。また、各ティース2の軸方向は、ヨーク3の軸方向に平行な方向に相当する。

[0054] 代表的には、各ティース2の形状、大きさは同一である。ティース2の外形は、代表的には、ティース2の軸方向に直交する平面で切断した断面形状がティース2の軸方向に一樣な形状である角柱等である。本例のティース2は、上記断面形状が台形状である四角柱体である。また、本例のティース2は、ティース2の軸方向の全長に亘って一樣な断面形状を有する。上記断面形状が台形状であるティース2は、断面積を大きく確保し易い。また、コア1のデッドスペースを低減し易く、占積率が高いステータ8を構築し易い。その他の外形の例として、上記断面形状が二等辺三角形等の三角形形状である角柱体等が挙げられる。また、別の外形の例として、上記断面形状が長方形である直方体、上記断面形状が円形である円柱等が挙げられる。

[0055] ここでの「台形状」、「三角形形状」とは、幾何学上の台形、三角形だけでなく、本例のように角部に丸みを有する形状を含めて、実質的に台形、三角形と見做される範囲を含む。例えば、断面の輪郭が直線を含む場合、この直線の延長線の交点が多角形の頂点をなす形状を含む。又は、例えば、断面の輪郭が曲線及び直線を含む場合、この曲線の接線と直線又は直線の延長線との交点が多角形の頂点をなす形状を含む。

[0056] ティース2の個数は、2個以上であればよく、適宜選択できる。上記個数は、例えば3個以上、更に6個以上でもよい。コア1を三相交流回転機器に利用する場合、ティース2の数は3の倍数が好ましい。図1は、上記個数が12個である形態を例示する。

[0057] ティース2の大きさ（断面積、軸方向の長さ等）は、回転電機9の仕様に応じて適宜選択できる。例えば、各ティース2の断面積は 5 mm^2 以上 800 mm^2 以下、ティース2の軸方向の長さは 3 mm 以上 40 mm 以下である。ここでのティース2の断面積とは、ティース2の軸方向に直交する平面で切断した断面の面積を意味する。

[0058] <ヨークとティースとの関係>

以下、主に図2～図5を参照して、ヨーク3の貫通孔30とティース2の一端部との関係を詳細に説明する。

[0059] ヨーク3の貫通孔30の大きさは、代表的には、ティース2の挿入作業を行い易いように、裕度を加味して、ティース2の一端部の大きさよりも大きく設計する。その結果、ティース2の一端部の外周面20と、貫通孔30の内周面300との間に隙間が生じる。この隙間は、磁気ギャップとなり、トルクの低下を招く一因となる。一方、貫通孔30の周方向の少なくとも一部に上記隙間が非常に小さい領域が存在すれば、トルクの低下を抑制できる、との知見を得た。これは、上記隙間が非常に小さい領域を介してティース2とヨーク3との間で磁束が良好に通過するためと考えられる。

[0060] そこで、ティース2の一端部が貫通孔30内で偏って配置される。貫通孔30内で偏って配置されるとは、ティース2の一端部の外周面20と貫通孔30の内周面300との間隔が局所的に小さい領域を有することである。貫通孔30内で偏って配置されるとは、定量的には、ティース2の一端部の外周面20と貫通孔30の内周面300との間隔の平均値の50%以下を満たす領域を有することを意味する。ティース2の一端部の外周面20と貫通孔30の内周面300との間隔の平均値は、例えば、貫通孔30の周方向に等間隔に10点以上測定した値の平均で求められる。また、ティース2の外形と貫通孔30の孔形状とが相似の場合、貫通孔30内で偏って配置されるとは、ティース2の重心と貫通孔30の重心とが一致しないことを意味する。図2は、ティース2の外形と貫通孔30の孔形状とが相似であり、ティース2の重心と貫通孔30の重心とが一致しない形態を例示する。

[0061] ティース2は、一端部の外周面20と貫通孔30の内周面300との間隔が0.05mm以下である近接領域25を備える。図2～図5では、ティース2の一端部における外周面20近くの領域の一部に二点鎖線のクロスハッチングを付して、近接領域25を仮想的に示す。なお、各図では、分かり易いように、上記間隔を大きく示す。

[0062] ≪近接領域とヨークとの間隔≫

ティース2の近接領域25とヨーク3の貫通孔30の内周面300との間隔は0.05mm以下と非常に小さい。このようなティース2の近接領域25は、貫通孔30の内周面300に実質的に接する領域といえる。よって、ティース2の近接領域25とヨーク3との間に生じ得る隙間は磁気ギャップになり難いといえる。このようなコア1を用いて回転電機9（図7）を構築すれば、ティース2の近接領域25を介してティース2とヨーク3との間の磁束の通過をより良好に確保できる。そのため、この回転電機9は、トルクの低下をより抑制し易く、高いトルクを有し易い。

[0063] ティース2の近接領域25とヨーク3の貫通孔30の内周面300との間隔が小さいほど、近接領域25を介してティース2とヨーク3との間の磁束の通過をより良好に確保し易い。トルクの低下の更なる抑制を望む場合、上記間隔は0.04mm以下、更に0.03mm以下、0.02mm以下が好ましい。コア1は、上記間隔が実質的に0mmの領域を有してもよい。

[0064] 《接合割合》

ティース2の近接領域25は長いほど好ましい。定量的には、貫通孔30の周長L30に対して、近接領域25における貫通孔30の周方向に沿った長さL25の割合（以下、接合割合と呼ぶ）が20%以上であることが好ましい。上記接合割合（%）は、 $(L25 / L30) \times 100$ で求められる。

[0065] 上述の接合割合が20%以上であれば、ティース2の近接領域25が長いといえる。そのため、近接領域25を介してティース2とヨーク3との間の磁束の通過をより良好に確保し易い。トルクの低下の更なる抑制を望む場合、上記接合割合は25%以上、更に30%以上、35%以上が好ましい。

[0066] 上述の接合割合は100%未満の範囲で大きいほど好ましい。一方、上記接合割合が例えば70%以下であれば、貫通孔30へのティース2の挿入作業上の裕度を大きく確保し易く、ティース2とヨーク3との組立作業性に優れる。組立作業性の向上を望む場合、上記接合割合を65%以下、更に60%としてもよい。

[0067] 《間隔の最大差》

ティース2の一端部が貫通孔30内で偏って配置されることで、ティース2の一端部の外周面20と貫通孔30の内周面300との間隔が相対的に大きい領域が生じる場合がある。この場合でも、上記間隔の最大値と最小値との差（以下、この差を間隔の最大差と呼ぶ）が0.40mm未満であることが好ましい。上記間隔の最大差が0.40mm未満であれば、コア1は、ティース2の一端部の外周面20と貫通孔30の内周面300との間隔が局所的に大きな領域を有していないといえる。上記間隔が局所的に大きな領域は、大きな磁気ギャップとなる。そのため、上記間隔の最大差が0.40mm未満であれば、コア1は、大きな磁気ギャップを有さず、ティース2とヨーク3との間の磁束の通過を良好に確保し易い。従って、トルクの低下を抑制し易い。上記間隔の最大差が小さいほど、コア1は、大きな磁気ギャップをより確実に有さず、ティース2とヨーク3との間の磁束の通過を良好に確保し易い。トルクの低下の更なる抑制を望む場合、上記間隔の最大差は0.35mm以下、更に0.30mm以下が好ましい。

[0068] ‹近接領域の位置›

ティース2は、ヨーク3の貫通孔30の周方向の任意の位置に近接領域25を備えられる。図2に例示するように、ティース2は、近接領域25の少なくとも一部をティース2におけるヨーク3の外周側に備えてもよい。この場合、近接領域25を長くし易い。例えば、ティース2の外形が台形であり、台形の長辺部分がヨーク3の外周側に位置すれば、ティース2におけるヨーク3の外周側に位置する外周領域26の長さは、ティース2におけるヨーク3の内周側に位置する内周領域27の長さよりも長い。そのため、近接領域25の少なくとも一部がティース2の外周領域26に設けられると、近接領域25を長く確保し易い。近接領域25が長いほど、上述の接合割合が大きくなる。その結果、コア1は、近接領域25を介してティース2とヨーク3との間の磁束の通過を良好に確保し易く、トルクの低下をより抑制し易い。

[0069] 図2では、ティース2の外周領域26と、ティース2におけるヨーク3の

周方向の一方側の領域とに亘ってL字状に近接領域25を備える場合を例示する。その他、コア1は、ティース2の外周領域26にのみ近接領域25を備えてもよい。又は、コア1は、ティース2の内周領域27のみ、又はティース2におけるヨーク3の周方向の一方側の領域のみに近接領域25を備えてもよい。

[0070] ティース2は、近接領域25の少なくとも一部をティース2の外周領域26に備えると共に、上述の接合割合が20%以上であることが好ましい。

[0071] また、図3に例示するように、ヨーク3の周方向に隣り合うティース2は、近接領域25の少なくとも一部を両ティース2が対向する側に備えることが挙げられる。この場合、隣り合うティース2の近接領域25は、向かい合っている。そのため、隣り合うティース2は、各ティース2の近接領域25を介して磁束の通過を良好に確保し易い。

[0072] 上述のように隣り合うティース2が近接領域25を向かい合って備えるコア1を多相交流回転電機に利用する場合、隣り合う各ティース2には同相のコイル80（図6、図7）を配置してもよいし、異相のコイル80を配置してもよい。特に、隣り合うティース2に同相のコイル80が配置されると、異相のコイル80が配置される場合に比較して、トルクの低下をより抑制し易い。例えば、コア1を三相交流回転電機に利用する場合、図3の左から1番目のティース2及び2番目のティース2にU相のコイル（図示せず）、3番目のティース2及び4番目のティース2にV相のコイル（図示せず）、5番目のティース2と図示しない6番目のティース2にW相のコイル（図示せず）をそれぞれ配置してもよい。この場合、隣り合うティース2であって異相のコイル80が配置されるティース2、例えば図3の左から2番目のティース2及び3番目のティース2に対しては、両ティース2が互いに離れた側に近接領域25が配置される。

[0073] 他に、図4に例示するように、ティース2は、近接領域25の少なくとも一部をティース2におけるヨーク3の周方向の同じ側に備えてもよい。この場合、各ティース2の近接領域25を介して磁束の通過を良好に確保し易い

。また、この場合、各ティース2の近接領域25を介した磁束の通過が一様になり易く、磁束が乱れ難くなり、トルクの脈動も低減し易いと期待される。更に、この場合、ヨーク3の各貫通孔30への各ティース2の固定状態を一様にできる。この構成は、この点でコア1の製造性にも優れる。なお、図4では、近接領域25の一部を各ティース2の右側に備える場合を例示する。

[0074] 各ティース2の近接領域25をヨーク3の周方向の同じ側に備えるコア1を用いて回転電機9を構築する場合、各ティース2は、ロータ90（図7）の回転方向と同じ側、上記回転方向と逆側のいずれに近接領域25を備えてもよい。特に、各ティース2が上記回転方向と同じ側に近接領域25を備えると、逆側に備える場合に比較して、トルクの低下をより抑制し易い。

[0075] 《高さのばらつき》

ヨーク3とティース2とが互いに独立した部材で構成されることで、ヨーク3に対する複数のティース2の高さにばらつきが生じる場合がある。この場合でも、ヨーク3に対する複数のティース2の高さのばらつきが0.1mm以下であることが好ましい。ヨーク3に対するティース2の高さは、図5に示すように、ヨーク3の第二面32を延長した面を基準面とし、この基準面からティース2の他端面22までの長さH1である。上記高さのばらつきが0.1mm以下であれば、複数のティース2の他端面22が実質的に同一平面上にあると見做せる。このようなコア1を用いて回転電機9を構築すれば、ティース2の他端面22が磁石95（図7）のいずれの箇所にも実質的に均一な間隔で対向する。このため、ティース2の受ける磁石95の磁束がいずれの箇所でも実質的に均一になり、コギングトルクを低減し易い。

[0076] 各ティース2の高さは、各貫通孔30に対するティース2の一端部の挿入量を調整することで容易に調整できる。例えば、上記基準面からティース2の一端面21までの長さH3がヨーク3の厚さH2の10%以下となるように、貫通孔30にティース2の一端部を挿入してもよい。言い換えると、貫通孔30に対するティース2の一端部の挿入量（ $H2 - H3$ ）をヨーク3の

厚さH2の90%以上としてもよい。代表的には、ヨーク3の厚さH2は全体に亘って実質的に均一であり、ティース2の軸方向の長さは全てのティース2で実質的に均一である。よって、貫通孔30に対するティース2の一端部の挿入量を規定することで、各ティース2の高さを一定に決めることができる。上記形態は、ティース2の一端部の外周面20と貫通孔30の内周面300との対向面積を十分に確保できるため、ティース2とヨーク3との間を通過する磁束の面積を十分に確保できる。また、上記形態は、ティース2の一端部の外周面20と貫通孔30の内周面300との対向面積を十分に確保できるため、ヨーク3とティース2との固定を強固にし易い。

[0077] <構成材料>

コア1の構成材料は、軟磁性材料を含む。代表的には、コア1は、主として軟磁性材料から構成される。軟磁性材料は、例えば、純鉄、又は鉄基合金が挙げられる。

[0078] ここでの純鉄とは、純度が99%以上、即ちFe（鉄）の含有量が99質量%以上のものである。純鉄は、飽和磁束密度が高い、成形性に優れる、圧縮成形によって緻密化し易い、といった効果を奏する。そのため、純鉄を含むと、飽和磁束密度が高いコア1、相対密度が高く緻密なコア1、製造過程では成形し易く、製造性に優れるコア1にできる。また、緻密であることで、飽和磁束密度をより高め易い上に、強度等の機械的特性にも優れるコア1にできる。

[0079] ここでの鉄基合金は、添加元素を含み、残部がFe及び不可避不純物からなるものである。鉄基合金は、一種又は二種以上の添加元素を含む。添加元素は、例えば、Si（珪素）、Al（アルミニウム）、Cr（クロム）等が挙げられる。鉄基合金の具体例として、Siを含む鉄基合金（Fe-Si系合金）、Alを含む鉄基合金（Fe-Al系合金）、Si又はAlに加えてCrを含む鉄基合金等が挙げられる。鉄基合金の電気抵抗は、純鉄よりも大きい。そのため、鉄基合金を含むと、渦電流損等の鉄損を低減でき、低損失なコア1にできる。純鉄と鉄基合金との双方を含むコア1としてもよい。

[0080] ヨーク3を構成する圧粉成形体、ティース2を構成する圧粉成形体はいずれも、軟磁性材料からなる粉末粒子の集合体である。上記圧粉成形体は、主として、上記粉末粒子が塑性変形によって相互に噛み合うことで所定の形状を維持する。代表的には、圧粉成形体は、金型（図示せず）を用いて、軟磁性材料からなる粉末を含む原料粉末を圧縮成形することで製造できる。

[0081] 軟磁性粉末は、軟磁性材料からなる粉末粒子の表面に絶縁被覆を有する被覆粒子を含んでもよい。被覆粒子を含むと、渦電流損等の鉄損を低減でき、低損失なコア1にできる。特に、純鉄からなる粉末粒子と絶縁被覆とを有する被覆粒子を含むと、飽和磁束密度が高く、磁気特性に優れる上に、低損失なコア1にできる。絶縁被覆の構成材料は、例えばリン酸塩、シリカといった酸化物等が挙げられる。リン酸塩は、鉄又は鉄基合金からなる粉末粒子との密着性に優れる上に、変形性にも優れる。そのため、リン酸塩からなる絶縁被覆は、成形時、上述の鉄系の粉末粒子の変形に追従して変形し易く、損傷し難い。従って、健全な絶縁被覆を備える圧粉成形体を製造できる。このような圧粉成形体を備えることで、低損失なコア1にできる。

[0082] <相対密度>

コア1の相対密度が高く、緻密であると、飽和磁束密度等の磁気特性、強度等の機械的特性に優れて好ましい。定量的には、ヨーク3の相対密度、ティース2の相対密度はいずれも、90%以上であることが好ましい。上記相対密度が90%以上であれば、飽和磁束密度が高く、強度にも優れるコア1にできる。例えば、ヨーク3の貫通孔30内にティース2の一端部を固定する等で、ヨーク3やティース2の欠け等を防止できる。磁気特性の向上、機械的特性の向上等を望む場合、上記相対密度は93%以上、更に95%以上が好ましい。

[0083] ここでの相対密度とは、コア1を構成する圧粉成形体の理論密度に対する実際に測定した圧粉成形体の実測密度の比率（%）である。上記理論密度は、圧粉成形体を構成する軟磁性材料の真密度を等価な値として利用できる。

[0084] <その他>

コア1は、ティース2の他端面22（図5）に鏝部（図示せず）を備えることが挙げられる。鏝部は、ティース2の他端面22の周縁から外周側に突出するように形成されており、他端面22より大きい面積を有する。ティース2に鏝部を備えるコア1を用いて回転電機9（図7）を構成すれば、磁石95に対向する面積が増え、鎖交磁束が増大する。これにより、コギングを低減できるなど、回転電機9の特性を向上できる。また、鏝部は、ティース2からコイル80（図6）が脱落することを防止できる。

[0085] 鏝部は、ティース2と一体に成形された圧粉成形体で構成されてもよいし、ティース2とは独立した圧粉成形体で構成されてもよい。ティース2と鏝部とが独立した圧粉成形体で構成される場合、ティース2と鏝部との接続は、例えば、ティース2の他端面22（図5）と鏝部の下面とを接着剤で接着することが挙げられる。更に、ティース2の他端面22に凸部又は凹部を設け、この凸部又は凹部に対応する凹部又は凸部を鏝部の下面に設けることで、接着剤に加えて凸部と凹部との嵌合により、ティース2と鏝部とを接続することもできる。凹部には、貫通孔を含む。

[0086] <製造方法>

ヨーク3を構成する圧粉成形体、及びティース2を構成する圧粉成形体は、上述のように原料粉末を所定の形状に圧縮成形することで製造できる。ヨーク3及びティース2と独立して構成される鏝部を備える場合、鏝部を構成する圧粉成形体も同様に製造できる。圧縮成形には、プレス成形機等を利用できる。原料粉末は、軟磁性材料の粉末に加えて、バインダや潤滑剤を含んでもよい。金型に潤滑剤を塗布してもよい。

[0087] 原料粉末に利用する軟磁性材料の粉末の平均粒径は、例えば20 μm 以上350 μm 以下であってもよい。上記粉末の平均粒径が上記の範囲であると、上記粉末を取り扱い易い上に、圧縮成形し易い。上記粉末の平均粒径を40 μm 以上300 μm 以下、更に250 μm 以下としてもよい。ここでの上記粉末の平均粒径とは、レーザ回折・散乱式粒子径・粒度分布測定装置を用いて測定し、積算質量が全粒子の質量の50%となる粒径とする。

[0088] 圧縮成形時の圧力が高いほど、緻密化し易く、相対密度が高いコア1を製造できる。上記圧力は、例えば700MPa以上、更に980MPa以上が挙げられる。

[0089] 圧縮成形後、必要に応じて熱処理を施してもよい。例えば、熱処理によって、歪みを除去することで、低損失なコア1を製造できる。又は、例えば、熱処理によって、バインダや潤滑剤を除去してもよい。原料粉末が上述の被覆粒子を含む場合、熱処理温度は、絶縁被覆の分解温度以下が好ましい。

[0090] <実施形態の主な作用・効果>

実施形態のコア1は、ヨーク3とティース2とが互いに独立した圧粉成形体で構成される。そのため、コア1は、ヨーク3に固定する前のティース2にコイル80を配置できる。このようなコア1を備えるステータやアキシシャルギャップ型回転電機は、製造性に優れる。

[0091] 特に、実施形態のコア1は、ヨーク3に対するティース2の固定に関して、ティース2の一端部がヨーク3に形成された貫通孔30内で偏って配置される。つまり、コア1は、ティース2の一端部の外周面20と貫通孔30の内周面300との間隔が局所的に小さい領域を有する。よって、コア1は、ティース2とヨーク3との間の磁気ギャップとなる隙間が小さい領域を形成でき、この隙間が小さい領域を介してティース2とヨーク3との間の磁束の通過を良好に確保できる。そのため、コア1は、トルクの低下を抑制でき、高いトルクを有するアキシシャルギャップ型回転電機を構築できる。

[0092] [ステータ]

図6を参照して、実施形態のステータ8を説明する。ステータ8は、コア1と、コア1に備えられる各ティース2に配置されるコイル80とを備える。このステータ8は、アキシシャルギャップ型回転電機（例、回転電機9（図7））に用いられる。図6では、図1に示すコア1を備える場合を例示する。

[0093] 各コイル80は、巻線を螺旋状に巻回してなる筒状部を備える。この例のコイル80は、巻線を被覆平角線とする四角筒状のエッジワイズ巻きコイル

である。なお、図6では、筒状部のみを示し、巻線の両端部は図示を省略している。

[0094] 実施形態のステータ8は、ヨーク3とティース2とが互いに独立した実施形態のコア1を備える。そのため、コイル80を別途作製しておき、ヨーク3に固定する前のティース2の外側にコイル80を嵌めることで、各ティース2にコイル80を容易に配置できる。コイル80をティース2に挿通させた後、各ティース2の一端部をヨーク3に固定することでステータ8を製造できる。コア1を構成部材とするステータ8は、製造過程で、巻線の巻回工程と、ティース2へのコイル80の配置工程とを独立した工程にできる。そのため、各ティース2に巻線を直接巻回する必要が無い。従って、巻線を巻回し易く、コイル80の製造性にも優れる。なお、ティース2に鏝部が一体に成形されていなければ、ティース2をヨーク3に固定し、そのヨーク3に固定されたティース2の外側にコイル80を嵌めてもよい。

[0095] 実施形態のステータ8は、実施形態のコア1を備えるため、トルクの低下を抑制でき、高いトルクを有するアキシシャルギャップ型回転電機を構築できる。

[0096] 〔回転電機〕

図7を参照して、実施形態の回転電機9を説明する。図7は、回転電機9の回転軸91に平行な平面で切断した断面図である。

[0097] 実施形態の回転電機9は、実施形態のステータ8を備える。詳しくは、回転電機9は、ロータ90と、ステータ8とを備え、ロータ90とステータ8とが軸方向に対向して配置されたアキシシャルギャップ型のものである。このような回転電機9は、モータ又は発電機に利用できる。図7では、一つのロータ90が二つのステータ8で挟まれるように組み付けられるシングルロータ、ダブルステータ型のものを例示する。その他、一つのロータ90と一つのステータ8とを備える形態、一つのステータ8が二つのロータ90で挟まれるように組み付けられる形態等が例として挙げられる。

[0098] ステータ8及びロータ90は、円柱状の内部空間を有するケース92に収

納される。ケース 92 は、円筒部と、二つのプレート部とを備える。円筒部は、ステータ 8 及びロータ 90 の外周を囲む。円筒部の両側にそれぞれプレート部が配置される。ステータ 8 及びロータ 90 は、二つのプレート部に挟まれるようにケース 92 に収納される。ステータ 8 は、コア 1 のヨーク 3 の外周面がケース 92 のプレート部に嵌め込まれることで、ケース 92 に固定される。両プレート部は、その中心部に貫通孔を備える。貫通孔には軸受け 93 が設けられ、軸受け 93 を介して回転軸 91 が挿通される。また、ヨーク 3 の軸孔 39 にも軸受け（図示せず）が設けられ、この軸受けを介して、回転軸 91 が挿通される。回転軸 91 は、ケース 92 内を貫通する。

[0099] ロータ 90 は、複数の磁石 95 と、磁石 95 を支持するロータ本体とを備える平板状の部材である。各磁石 95 は、例えばティース 2 の他端面 22（図 5）の平面形状に対応した平面形状を有する平板状である。ロータ本体は、円環状の部材であり、回転軸 91 によって回転可能に支持される。各磁石 95 は、ロータ本体の周方向に等間隔に配置される。また、各磁石 95 は、回転軸 91 の軸方向に着磁される。ロータ本体の周方向に隣り合う磁石 95 の磁化方向は互いに逆である。ロータ本体が回転すると、磁石 95 もロータ本体と共に回転する。

[0100] ステータ 8 は、ティース 2 の他端面 22（図 5）がロータ 90 の磁石 95 に対向するように配置される。ステータ 2 のコイル 80 を励磁して回転磁界を発生させ、回転磁界に起因する吸引力又は反発力によって、ステータ 8 に対してロータ 90 が回転する。ロータ 90 が回転すると、ティース 2 の他端面 22（図 5）は、回転する磁石 95 からの磁束を受ける。

[0101] 実施形態の回転電機 9 は、実施形態のステータ 8 を備える。上述のようにステータ 8 は組み立て易いため、回転電機 9 は製造性に優れる。また、実施形態の回転電機 9 は、実施形態のステータ 8 を備えるため、トルクの低下を抑制でき、高いトルクを有する。

[0102] [試験例]

環状のヨークと複数のティースとを備えるコアを三相交流アキシシャルギャ

ップ型モータのステータに用いたときのトルクをシミュレーションによって調べた。

[0103] 以下の試験では、電磁界解析ソフトウェア（株式会社JSOL製「JMA G」）を用いて解析した。シミュレーションに用いたコアのモデルはいずれも、構成材料を純鉄とし、相対密度が90%以上である圧粉成形体とする。ティースの外形、及びヨークに形成された貫通孔の孔形状はいずれも相似な台形状である。ティースにおいて台形の長辺部分はヨークの外周側に配置される。各コアの大きさは、実質的に同じ大きさとする。また、以下の各試験では、ティースの一端部と貫通孔との関係が異なる点を除いて、ティースに配置するコイルの通電条件、ティースの他端面に配置される磁石の回転条件を同じとしてトルクを調べた。

[0104] 〔試験例1〕

この試験では、ヨーク及びティースを備えるコアのモデルについて、ヨークとティースとの分割の有無によるトルクへの影響を調べた。

[0105] （試料の説明）

試料No. 100のコアは、ヨークとティースとが一体に成形された理想の形状である。試料No. 100のコアは、複数の分割片の組物ではなく、一体成形物であり、ヨークとティースとの間に磁気ギャップとなり得る隙間が無い。

[0106] 試料No. 101のコアは、試料No. 100の理想のコアに対して、ヨークとティースとが分割されたコアである。ヨークには貫通孔が形成されており、ティースの一端部がこの貫通孔内に配置されている。試料No. 101のコアは、ティースの一端部の外周面とヨークの貫通孔の内周面との間に磁気ギャップとなり得る隙間がある。この隙間は、上記貫通孔の周方向に一樣な間隔とし、上記間隔は0.1mmとする。

[0107] 試料No. 1のコアは、試料No. 100の理想のコアに対して、ヨークとティースとが分割されたコアである。ヨークには貫通孔が形成されており、ティースの一端部がこの貫通孔内に偏って配置されている。試料No. 1

のコアは、ティースの一端部の外周面とヨークの貫通孔の内周面との間に磁気ギャップとなり得る隙間がある。上記隙間は、上記貫通孔の周方向に局所的に小さい間隔を有する。ティースの一端部の外周面と貫通孔の内周面との間隔について、貫通孔の周方向に等間隔に10点測定した値の平均値は0.1mmである。また、上記局所的に小さい間隔は0mmである。この局所的に小さい間隔を有する領域（近接領域）は、ティースにおけるヨークの外周側と、隣り合うティースが対向する側とに亘ってL字状に備える。隣り合うティースには、同相のコイルを配置する。貫通孔の周長に対して近接領域における貫通孔の周方向に沿った長さの割合（接合割合）は22%である。試料No. 1のコアは、各ティースを見たとき、ヨークにおけるティースの突出する側と反対側の面の延長面から各ティースにおける貫通孔内に位置する端面までの長さがヨークの厚さの0%である。つまり、ヨークにおけるティースの突出する側と反対側の面と、各ティースにおける貫通孔内に位置する端面とが面一である。そして、試料No. 1のコアは、複数のティースの高さのばらつきが0mmである。

[0108] （試験条件）

この試験では、以下のステータコアを備えるモータを仮想し、このモータのトルクを検討した。

（ステータコアの条件）

コイル巻数：30ターン、ティースの断面積：102mm²、14極12スロット

ヨークの外径：100mm、ヨークの内径：70mm

各試料のトルク（N・m）を表1に示す。また、試料No. 100のトルクを基準として、各試料のトルクの低減率（%）を求めた。トルクの低減率は、{(各試料のトルク－試料No. 100のトルク) / 試料No. 100のトルク} × 100で求めた。トルクの低減率（%）も表1に示す。

[0109]

[表1]

試料 No.	コア 形状	トルク (N·m)	トルク低減率 (%)
100	分割なし	3.28	-
101	ヨーク・ティース: 独立 ヨークに貫通孔有り ティースの偏り無し	3.06	-7
1	ヨーク・ティース: 独立 ヨークに貫通孔有り ティースの偏り有り	3.18	-3

表1に示すように、試料No. 1のコアは、試料No. 100に対するトルクの低減率が試料No. 101に比較して小さく、高いトルクを有することがわかる。この理由の一つとして、試料No. 1のコアは、ティースが貫通孔内で偏って配置されることで、ティースとヨークとの間の磁気ギャップとなる隙間が小さい領域を形成できたからと考えられる。試料No. 1のコアは、試料No. 100のコアに対してトルクが劣るものの、トルク低減率を5%以下に抑えられていることから高いトルクを有する回転電機を構築できると考えられる。試料No. 1のコアは、ヨークとティースとが互いに独立して構成されるため、ヨークに固定する前のティースにコイルを配置できる。よって、試料No. 1のコアを備えるステータやアキシシャルギャップ型回転電機は、製造性に優れると期待される。

[0110] [試験例2]

この試験では、試験例1で用いた試料No. 1のコアに対して、ティースの一端部の外周面とヨークの貫通孔の内周面との間隔の最大値と最小値の差（以下、間隔の最大差と呼ぶ）を変更した。上記間隔の最大差の相違によるトルクの影響を調べた。

[0111] 表2に示す間隔の最大差を満たすようにティースの一端部を貫通孔内で偏って配置した。上記間隔の最小値は0mmであり、上記間隔の最大値は表2に示す間隔の最大差に等しい。ヨークの貫通孔のサイズを広げることで、上記間隔の最大値を大きくした。なお、貫通孔の周長に対して近接領域における貫通孔の周方向に沿った長さの割合（接合割合）は25%である。

[0112] 各試料のトルク（N・m）を表2に示す。また、試験例1と同様に試料No. 100のトルクを基準として、各試料のトルクの低減率（%）を求め、結果を表2に示す。

[0113] [表2]

試料 No.	間隔の最大差 最大値-最小値 (mm)	近接領域 接合割合 (%)	トルク (N・m)	トルク 低減率 (%)
2	0.38	25	3.11	-5
3	0.30	25	3.14	-4

表3に示すように、試料No. 2及び試料No. 3のいずれのコアも、試料No. 100のコアに対するトルクの低減率が小さく、高いトルクを有することがわかる。特に、間隔の最大差が0.30mmである試料No. 3のコアは、トルク低減率が4%以下であり、より高いトルクを有することがわかる。この理由の一つとして、試料No. 3のコアは、ティースの一端部の

外周面とヨークの貫通孔の内周面との間の隙間が磁気ギャップになり難かったからと考えられる。この試験から、間隔の最大差が0.40mm未満、好ましくは0.30mm以下であれば、トルクの低下を効果的に抑制でき、高いトルクを有し易いことが示された。

[0114] [試験例3]

この試験では、試験例2で用いた試料No. 3のコアに対して、貫通孔の周長に対して近接領域における貫通孔の周方向に沿った長さの割合（接合割合）を変更した。上記接合割合の相違によるトルクの影響を調べた。

[0115] この試験に用いた試料No. 4のコアは、間隔の最大差が0.30mmである。また、試料No. 4のコアは、ティースにおけるヨークの外周側に近接領域を備え、近接領域の上記接合割合が20%である。

[0116] 試料No. 4のコアのトルク（N・m）を表3に示す。また、試験例1と同様に試料No. 100のトルクを基準として、試料No. 4のトルクの低減率（%）を求め、結果を表3に示す。

[0117] [表3]

試料 No.	間隔の最大差 最大値-最小値 (mm)	近接領域 接合割合 (%)	トルク (N・m)	トルク 低減率 (%)
4	0.30	20	3.10	-5

表3に示すように、試料No. 4のコアは、試料No. 100のコアに対するトルクの低減率が小さく、高いトルクを有することがわかる。間隔の最大差が同じである試料No. 3のコアと比較すると、接合割合の大きい方が高いトルクを有することがわかる。この理由の一つとして、ティースの近接

領域が長いため、ティースの近接領域を介してティースとヨークとの間の磁束の通過をより良好に確保できるからと考えられる。この試験から、近接領域を備える場合に近接領域の接合割合が20%以上、好ましくは25%以上であれば、トルクの低下を効果的に抑制でき、高いトルクを有し易いことが示された。

[0118] [試験例4]

この試験では、試験例2と同様にして、上記間隔が0.05mm以下である近接領域を設けると共に、近接領域の配置位置を変更した。上記近接領域の配置位置の相違、ロータの回転方向の相違によるトルクへの影響を調べた。

[0119] この試験に用いた各試料のコアは、間隔の最大差が0.30mmである。また、各試料のコアは、近接領域の接合割合が53%である。

[0120] 試料No. 5及び試料No. 6のコアは、隣り合うティースにおいて、ティースが対向する側に近接領域を備える。即ち、隣り合うティースの近接領域は、向かいあって配置される。試料No. 5のコアでは、上記隣り合うティースに異相のコイルを配置した。試料No. 6のコアでは、上記隣り合うティースに同相のコイルを配置した。

[0121] 試料No. 7及び試料No. 8のコアは、各ティースの近接領域をヨークの周方向の同じ側に備える。試料No. 7のコアは、各ティースの近接領域をロータの回転方向と同じ側に備える。試料No. 8のコアは、各ティースの近接領域をロータの回転方向と逆側に備える。

[0122] 各試料のトルク(N・m)を表4に示す。また、試験例1と同様に試料No. 100のトルクを基準として、各試料のトルクの低減率(%)を求め、結果を表4に示す。

[0123]

[表4]

試料 No.	近接領域 配置位置	トルク (N・m)	トルク低減率 (%)
5	対向(異相)	3.17	-3
6	対向(同相)	3.19	-3
7	回転方向と同じ側	3.22	-2
8	回転方向と逆側	3.19	-3

表4に示すように、試料No. 5～試料No. 8のいずれのコアも、試料No. 100に対するトルクの低減率が比較的小さく、高いトルクを有することが分かる。この理由の一つとして、試料No. 5～試料No. 8のいずれのコアも、近接領域を有することで、近接領域を介して磁束の通過を良好に確保できたからと考えられる。この試験では、隣り合うティースにおいて、ティースが対向する側に近接領域を備える場合、各ティースに同相のコイルを配置すると、トルクの低下をより抑制し易いといえる（試料No. 6参照）。また、この試験では、各ティースの近接領域をヨークの周方向の同じ側に備える場合、近接領域の配置位置がロータの回転方向と同じ側であると、トルクの低下をより抑制し易いといえる（試料No. 7参照）。

[0124] 以上、本開示を実施例に基づいて説明したが、本開示は上記実施例に限定されるものではなく、請求の範囲に記載の範囲内で様々な変形が可能である。

符号の説明

- [0125]
- 1 コア
 - 2 ティース
 - 2 0 外周面
 - 2 1 一端面
 - 2 2 他端面
 - 2 5 近接領域
 - 2 6 外周領域
 - 2 7 内周領域
 - 3 ヨーク
 - 3 0 貫通孔
 - 3 0 0 内周面
 - 3 1 第一面
 - 3 2 第二面
 - 3 9 軸孔
 - 8 ステータ
 - 8 0 コイル
 - 9 回転電機
 - 9 0 ロータ
 - 9 1 回転軸
 - 9 2 ケース
 - 9 3 軸受け
 - 9 5 磁石

請求の範囲

- [請求項1] アキシャルギャップ型回転電機に用いられるコアであって、
周方向に配置された複数の貫通孔を有する環状のヨークと、
前記複数の貫通孔の各々に一端が挿入され、前記ヨークの前記周方向に並ぶ複数の柱状のティースとを備え、
前記ヨークと前記各ティースとは、互いに独立した圧粉成形体で構成され、
前記各ティースの前記一端は、前記貫通孔内で偏って配置されているコア。
- [請求項2] 前記ティースは、前記一端の外周面と前記貫通孔の内周面との間隔が0.05mm以下である近接領域を備える請求項1に記載のコア。
- [請求項3] 前記貫通孔の周長に対して、前記近接領域における前記貫通孔の周方向に沿った長さの割合が20%以上である請求項2に記載のコア。
- [請求項4] 前記一端の外周面と前記貫通孔の内周面との間隔の最大値と最小値との差が0.40mm未満である請求項2又は請求項3に記載のコア。
- [請求項5] 前記ティースは、前記近接領域の少なくとも一部を前記ティースにおける前記ヨークの外周側に備える請求項2から請求項4のいずれか1項に記載のコア。
- [請求項6] 前記ヨークの前記周方向に隣り合う前記ティースは、前記近接領域の少なくとも一部を前記隣り合うティースが対向する側に備える請求項2から請求項5のいずれか1項に記載のコア。
- [請求項7] 前記隣り合うティースには、同相のコイルが配置される請求項6に記載のコア。
- [請求項8] 前記ティースは、前記近接領域の少なくとも一部を前記ティースにおける前記ヨークの前記周方向の同じ側に備える請求項2から請求項5のいずれか1項に記載のコア。
- [請求項9] 前記ティースは、前記貫通孔内に位置する一端面と、前記貫通孔外

に位置する他端面とを備え、

前記ヨークは、前記ティースが突出する側に位置する第一面と、前記第一面に対向する第二面とを備え、

前記第二面を延長した面を基準面とし、前記基準面から前記他端面までの長さを前記ティースの高さとするとき、

複数の前記ティースの高さのばらつきが0.1 mm以下である請求項1から請求項8のいずれか1項に記載のコア。

[請求項10] 前記基準面から前記一端面までの長さが、前記ヨークの厚さの10%以下である請求項9に記載のコア。

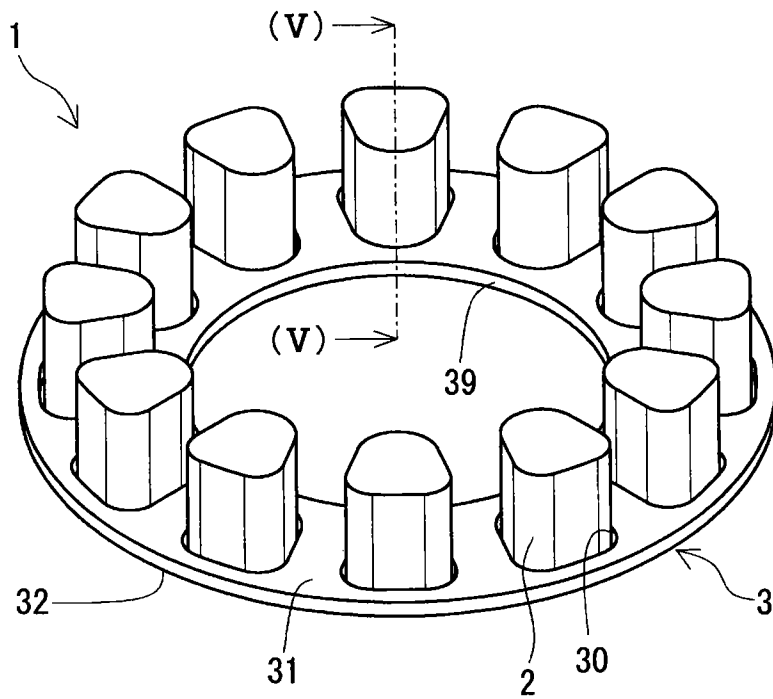
[請求項11] 前記コアの構成材料は、純鉄、Siを含む鉄基合金、又はAlを含む鉄基合金を含む請求項1から請求項10のいずれか1項に記載のコア。

[請求項12] 前記コアの相対密度は90%以上である請求項1から請求項11のいずれか1項に記載のコア。

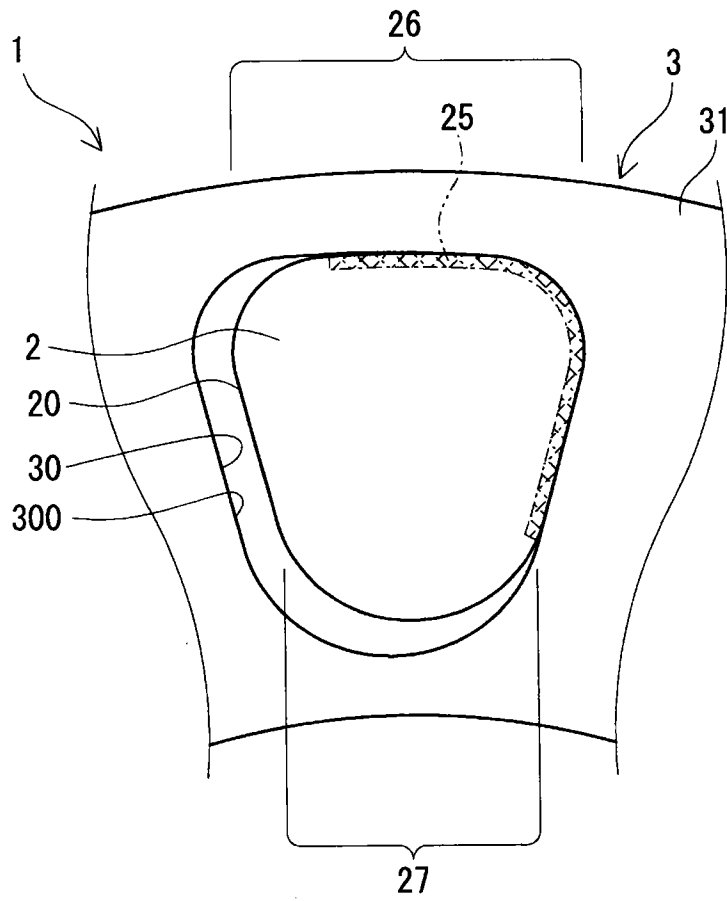
[請求項13] 請求項1から請求項12のいずれか1項に記載のコアと、前記各ティースに配置されるコイルとを備えるステータ。

[請求項14] 請求項13に記載のステータと、前記ステータと対向配置されたロータとを備える回転電機。

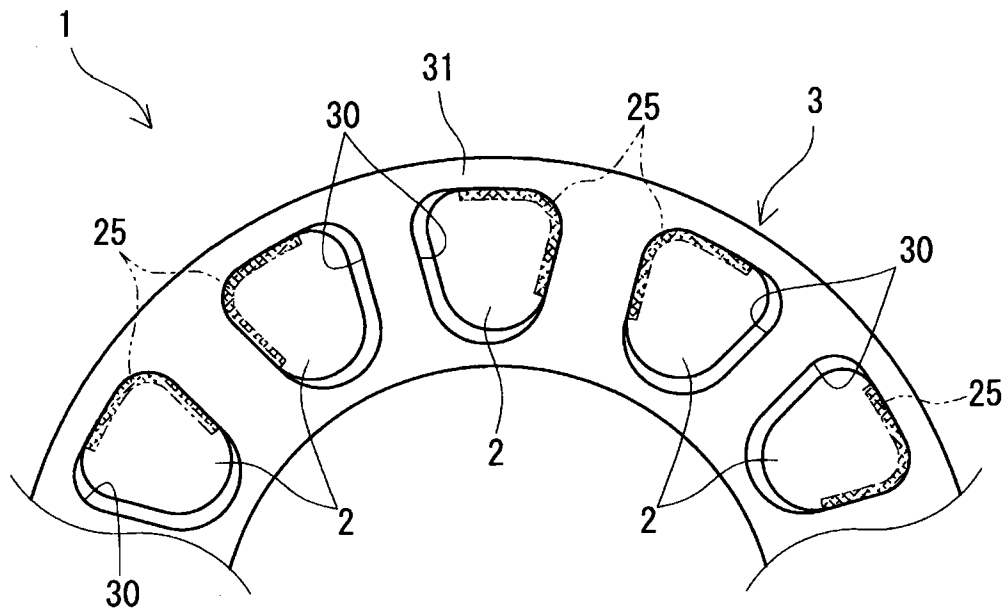
[図1]



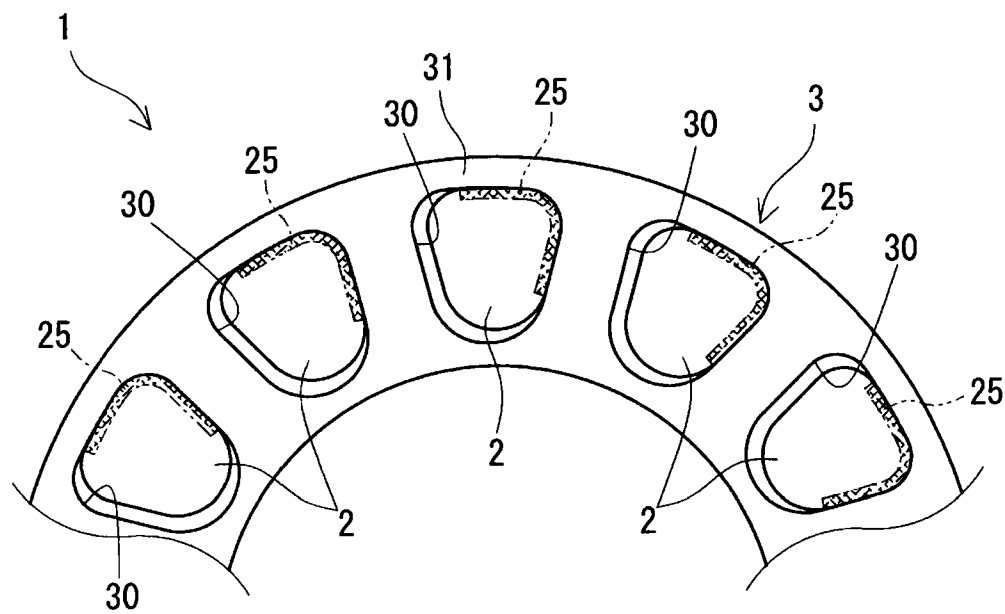
[図2]



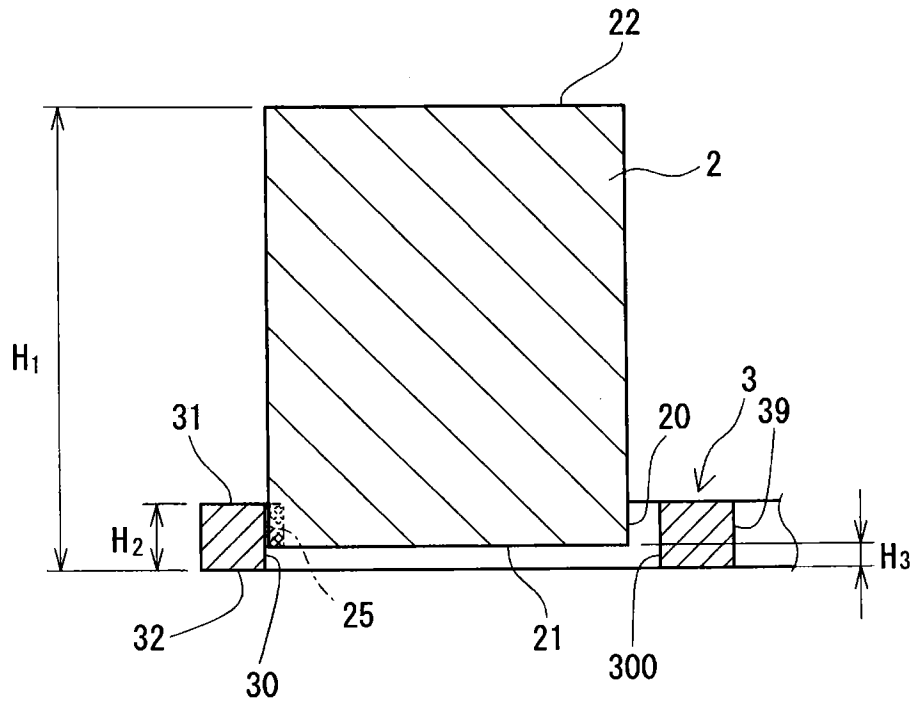
[図3]



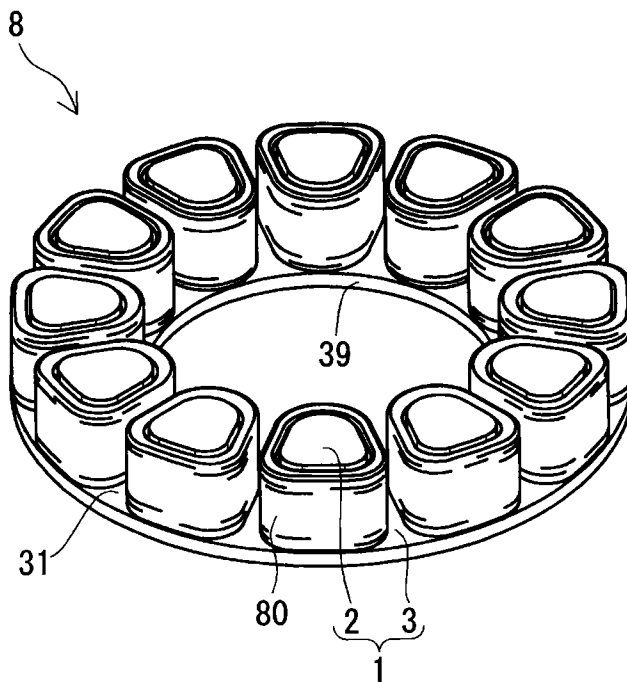
[図4]



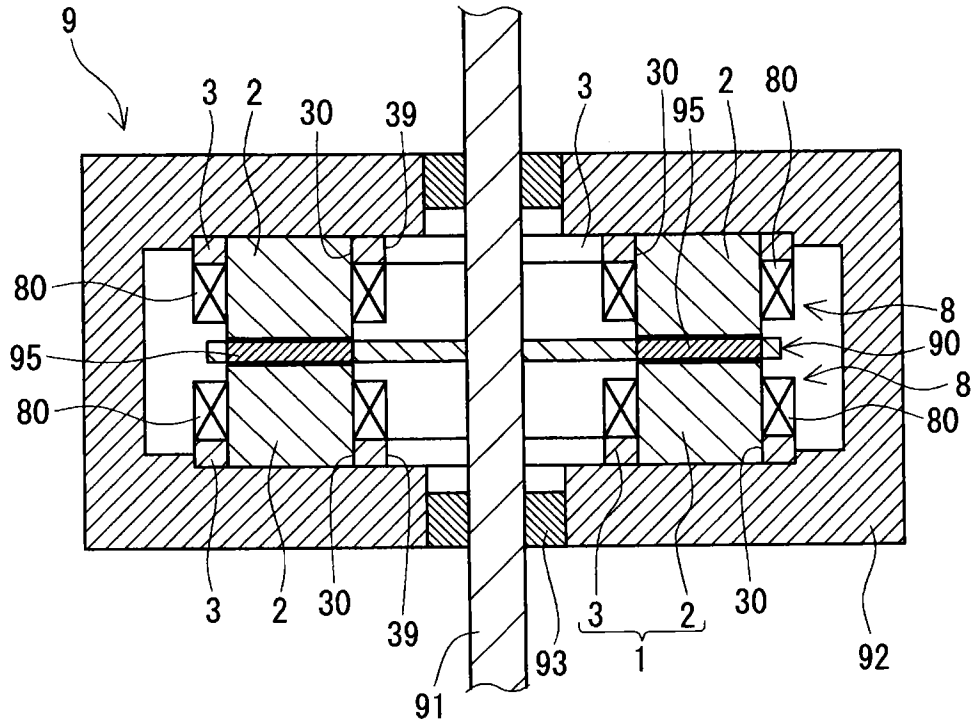
[図5]



[図6]



[図7]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2019/048487

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl. H02K1/14(2006.01) i, H02K1/02(2006.01) i, H02K21/24(2006.01) i
 FI: H02K1/14Z, H02K1/02A, H02K21/24M

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. H02K1/14, H02K1/02, H02K21/24

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	1971-2020
Registered utility model specifications of Japan	1996-2020
Published registered utility model applications of Japan	1994-2020

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.
Y	JP 2003-79120 A (ASMO CO., LTD.) 14.03.2003 (2003-03-14), paragraphs [0030], [0039], [0040], [0043], fig. 3, 4	1-4, 9-14
Y	WO 2007/114079 A1 (DAIKIN INDUSTRIES, LTD.) 11.10.2007 (2007-10-11), paragraph [0209], fig. 28	1-4, 9-14
Y	WO 2007/072561 A1 (YAMAMOTO ELECTRIC CORPORATION) 28.06.2007 (2007-06-28), paragraph [0034]	11-14
A	JP 2009-60754 A (SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES, LTD.) 19.03.2009 (2009-03-19), paragraphs [0020]-[0023], fig. 4	1-14



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
 14.02.2020

Date of mailing of the international search report
 03.03.2020

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/JP2019/048487

JP 2003-79120 A	14.03.2003	(Family: none)
WO 2007/114079 A1	11.10.2007	US 2010/0225195 A1 paragraph [0257], fig. 28 EP 2012408 A1 CN 101405925 A
WO 2007/072561 A1	28.06.2007	US 2008/0226474 A1 paragraph [0038] EP 1972791 A1 CN 101341340 A
JP 2009-60754 A	19.03.2009	(Family: none)

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） H02K 1/14(2006.01)i; H02K 1/02(2006.01)i; H02K 21/24(2006.01)i FI: H02K1/14 Z; H02K1/02 A; H02K21/24 M		
B. 調査を行った分野 調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC）） H02K1/14; H02K1/02; H02K21/24 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 1971-2020年 日本国実用新案登録公報 1996-2020年 日本国登録実用新案公報 1994-2020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
Y	JP 2003-79120 A (アスモ株式会社) 14.03.2003 (2003-03-14) [0030], [0039] - [0040], [0043], 図3-4	1-4, 9-14
Y	WO 2007/114079 A1 (ダイキン工業株式会社) 11.10.2007 (2007-10-11) [0209], 図28	1-4, 9-14
Y	WO 2007/072561 A1 (山本電気株式会社) 28.06.2007 (2007-06-28) [0034]	11-14
A	JP 2009-60754 A (住友電気工業株式会社) 19.03.2009 (2009-03-19) [0020] - [0023], 図4	1-14
<input type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input checked="" type="checkbox"/> パテントファミリーに関する別紙を参照。		
* 引用文献のカテゴリー	“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 “A” 特に関連のある文献ではなく、一般的な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 “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	14.02.2020	国際調査報告の発送日 03.03.2020
名称及びあて先 日本国特許庁(ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	権限のある職員（特許庁審査官） 三澤 哲也 3V 9827 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/JP2019/048487

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP 2003-79120 A	14.03.2003	(ファミリーなし)	
WO 2007/114079 A1	11.10.2007	US 2010/0225195 A1 [0257], 図28 EP 2012408 A1 CN 101405925 A	
WO 2007/072561 A1	28.06.2007	US 2008/0226474 A1 [0038] EP 1972791 A1 CN 101341340 A	
JP 2009-60754 A	19.03.2009	(ファミリーなし)	