(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
2025年1月2日(02.01.2025)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2025/004214 A1

(51) 国際特許分類:
H02K 1/276 (2022.01)

(21) 国際出願番号： PCT/JP2023/023944

(22) 国際出願日： 2023年6月28日(28.06.2023)

(25) 国際出願の言語： 日本語

(26) 国際公開の言語： 日本語

(71) 出願人: ファナック株式会社 (**FANUC CORPORATION**) [JP/JP]; 〒4010597 山梨県南都留郡忍野村忍草字古馬場３５８０番地 Yamanashi (JP).

(72) 発明者: 安田 龍矢(**YASUDA, Ryuya**); 〒4010597 山梨県南都留郡忍野村忍草字古馬場３５８０番地 ファナック株式会社内 Yamanashi (JP).

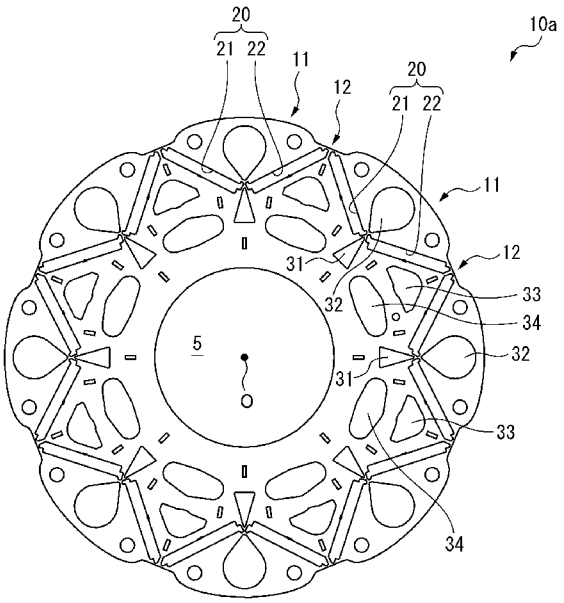
(74) 代理人: 青木 篤, 外 (**AOKI, Atsushi** et al.); 〒1050001 東京都港区虎ノ門一丁目２３番１号 虎ノ門ヒルズ森タワー 青和特許法律事務所 Tokyo (JP).

(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, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU,

(54) **Title:** ROTOR CORE, ROTOR, AND ELECTRIC MOTOR

(54) 発明の名称： 回転子コア、回転子および電動機

図2



(57) **Abstract:** Multiple pairs of magnet slots and a plurality of first holes are formed in a rotor core according to the present invention. Each of the multiple pairs of magnet slots includes a first magnet slot and a second magnet slot. The first holes include a first portion corresponding to at least a portion of the area between the radially inner end of the first magnet slot and the radially inner end of the second magnet slot, and a second portion which is continuous with the first portion and which is located farther inward than the first portion in the radial direction of the rotor core.

WO 2025/004214 A1

［続葉有］

LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, 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, SC, 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))

(57) 要約:回転子コアには、複数対の磁石スロットと複数の第一孔とが形成されている。複数対の磁石スロットのそれぞれは第一磁石スロットと第二磁石スロットとを含む。第一孔は、第一磁石スロットの半径方向内側端部と第二磁石スロットの半径方向内側端部との間の領域の少なくとも一部に対応する第一部分と、第一部分に連続していて第一部分よりも前記回転子コアの半径方向内側に位置する第二部分とを含む。

明　細　書

発明の名称 ： 回転子コア、回転子および電動機

技術分野

[0001]　本開示は、回転子コア、回転子および電動機に関する。

背景技術

[0002]　モータの回転子コアの端面には、Ｖ字形状に配置された複数対の磁石スロットが形成されており、各磁石スロットに磁石が挿入されている。そして、回転子コアを軽量化する目的、およびイナーシャを低減する目的で、回転子コアに孔を形成することが行われている（例えば、特許第6987310号参照）。しかしながら、Ｖ字形状に配置された各対の磁石スロットの内側に孔を形成した場合には、磁束の流れが阻害され、トルクが低減する。

先行技術文献

特許文献

[0003]　特許第６９８７３１０号

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004]　トルクを増大させるために、各対の磁石スロットにおけるＶ字形状先端部を回転子コアの半径方向内側に延ばすことが考えられる。しかしながら、この場合には、孔を形成可能な回転子コアの領域が小さくなる。その結果、軽量化することが困難で、且つイナーシャを低減することも難しい。また、この場合には、着磁ヨークの内筒に回転子を挿入しても、半径方向内側に位置する磁石の一部分にまで十分に着磁を行うのが難しく、このことは、トルクが低下する原因になる。

[0005]　それゆえ、トルクが低下することなしに、イナーシャを低減すると共に着磁を十分に行うことのできる、軽量の回転子コア、回転子、および電動機が望まれている。

課題を解決するための手段

[0006] 本開示の１番目の態様によれば、回転子コアであって、該回転子コアには、該回転子コアの軸線方向に延びる、複数対の磁石スロットが形成されており、前記複数対の磁石スロットは、前記回転子コアの半径方向断面において前記回転子コアの周方向に等間隔で配置されており、前記複数対の磁石スロットの各対の磁石スロットは、前記回転子コアの半径に対して反時計回りに傾斜する第一磁石スロットと、前記回転子コアの前記半径に対して時計回りに傾斜する第二磁石スロットとを含んでおり、前記各対の磁石スロットにおいて、前記第一磁石スロットの一端と前記第二磁石スロットの一端とは互いに離間すると共に、前記第一磁石スロットの他端と前記第二磁石スロットの他端とは前記第一磁石スロットの前記一端および前記第二磁石スロットの前記一端よりも前記回転子コアの半径方向内側において互いに隣接しており、さらに、前記各対の磁石スロットに隣接して第一孔が形成されており、前記第一孔は、前記第一磁石スロットの前記他端と前記第二磁石スロットの前記他端との間の領域の少なくとも一部に対応する第一部分と、該第一部分に連続していて該第一部分よりも前記回転子コアの半径方向内側に位置する第二部分とを含む、回転子コアが提供される。

[0007] 本開示の目的、特徴及び利点は、添付図面に関連した以下の実施形態の説明により一層明らかになろう。

図面の簡単な説明

[0008] [図1]本開示に基づく回転子コアを備えた電動機の軸線方向断面図である。

[図2]第一の実施形態に基づく回転子コアの半径方向断面図である。

[図3]図２に示される回転子コアの部分断面図である。

[図4]図３の一部分を拡大した部分断面図である。

[図5]図２と同様な回転子コアの半径方向断面図である。

[図6]図２に示される回転子コアの他の部分断面図である。

[図7]図６の一部分を拡大した部分断面図である。

[図8A]従来技術における電動機の磁束を示す部分断面図である。

[図8B]従来技術における電動機の時間とトルクとの間の関係を示す図である

。

[図9A]第一の実施形態に基づく電動機の磁束を示す部分断面図である。

[図9B]第一の実施形態に基づく電動機の時間とトルクとの間の関係を示す図である。

[図10A]従来技術における電動機の着磁率を示す部分断面図である。

[図10B]第一の実施形態に基づく電動機の着磁率を示す部分断面図である。

発明を実施するための形態

[0009] 以下、添付図面を参照して本開示の実施の形態を説明する。全図面に渡り、対応する構成要素には共通の参照符号を付す。

図１は本開示に基づく回転子コアを備えた電動機の軸線方向断面図である。図１に示されるように、電動機１は固定子９と、固定子９に回転可能に支持された回転子１０とを含んでいる。固定子９の内周面には第一軸受７および第二軸受８が配置されている。そして、回転子９を貫通する軸部５が第一軸受７および第二軸受８により固定子９に回転可能に支持されている。なお、固定子９の一端には、軸部５の回転数などを検出する検出器６が取付けられている。

[0010] 図２は第一の実施形態に基づく回転子コアの半径方向断面図である。図２に示される回転子コア１０ａは、中央に軸部５用の貫通孔を備えた略リング型である。ただし、後述するように、回転子コア１０ａの外周面は平滑でないのが好ましい。また、通常は、回転子コア１０ａは、図２に示される形状の複数の磁性板、例えば鉄板、炭素鋼板、電磁鋼板を積層するか、または圧粉鉄心から形成される。

[0011] 回転子コア１０ａには、回転子コア１０ａの軸線方向に延びる複数対の磁石スロット２０が周方向に等間隔で形成されている。各対の磁石スロット２０は、回転子１０の半径に対して反時計回りに傾斜する第一磁石スロット２１と、回転子１０の前述した半径に対して時計回りに傾斜する第二磁石スロット２２とを含んでいる。第一磁石スロット２１および第二磁石スロット２２の半径に対する傾斜角度の絶対値は互いに等しいのが好ましい。

[0012] 図３は図２に示される回転子コアの部分断面図である。回転子コア１０ａの磁石スロット２１、２２には、永久磁石９１、９２がそれぞれ挿入される。従って、磁石スロット２１、２２は、永久磁石９１、９２の形状に対応した略矩形であり、互いに同形状であるのが好ましい。なお、簡潔にする目的で、永久磁石９１、９２の図示を省略する場合がある。

[0013] 各対の磁石スロット２０は、回転子コア１０ａの半径方向内側に向かって互いに収斂するように配置されている。言い換えれば、磁石スロット２１、２２は略Ｖ字形状をなすように形成されている。本開示における各対の磁石スロット２０における磁石スロット２１、２２のなす角度は、鈍角、例えば１２０°である。なお、これら磁石スロット２１、２２は回転子コア１０ａの半径方向内側で互いに連結される必要はない。

[0014] さらに、図２において、回転子コア１０ａの外周は複数の第一外周部分１１と、該複数の第一外周部分１１のそれぞれを連結する複数の第二外周部分１２とで構成されている。つまり、複数の第一外周部分１１と複数の第二外周部分１２とが回転子コア１０ａの周方向に交互に配置されている。図２から分かるように、複数の第一外周部分１１のそれぞれは、複数対の磁石スロット２０のそれぞれの領域に概ね対応している。厳密に言えば、第一外周部分１１のそれぞれは、回転子コア１０ａの半径方向内側における磁石スロット２１の他端２１ｘおよび第二磁石スロット２２の他端２２ｘに対応している。そして、複数の第二外周部分１２は、複数対の磁石スロット２０のうちの互いに隣接する二対の磁石スロット２０の間の領域にそれぞれ対応している。厳密に言えば、第二外周部分１２のａａは、回転子コア１０ａの半径方向外側における磁石スロット２１の一端２１ｙおよび第二磁石スロット２２の一端２２ｙに対応している。

[0015] また、第一外周部分１１の最外方部分は第二外周部分１２の最外方部分よりも回転子コア１０ａの半径方向外側に位置している。言い換えれば、凸部としての複数の第一外周部分１１と、凹部としての複数の第二外周部分１２とが回転子コア１０ａの周方向に交互に配置されている。第一外周部分１１

の全体は、回転子コア１０ａの中心Ｏと第一外周部分１１の最外方部分とを結ぶ線分を半径とする円の内部に位置している。図２と同様な回転子コアの半径方向断面図である図５においては、前述した円が破線で示されている。

[0016] このように、回転子コア１０ａの外周が真円ではないために、回転子コア１０ａを有する電動機１の駆動時に磁束鎖交数の変化が小さくなり、その結果、コギングトルクやトルクリップルが大きくなるのを防止できる。従って、本発明の第一の実施形態では、回転子コア１０ａを備えた電動機１の制御性を高めることができる。

[0017] また、図２においては、第一外周部分１１の最外方部分のそれぞれは少なくとも一つの曲線で構成されている。一つの例における第一外周部分１１は、ｒ＝Ｄ－Ｅ／ｃｏｓ（Ｆθ）、の式により定義される（Ｄ、Ｅ、Ｆは正数）。この場合には、第一外周部分１１は、前述した円の内部に確実に位置し、且つ円滑になる。そして、第二外周部分１２の最外方部分のそれぞれは少なくとも一つの直線で構成されていてもよい。

[0018] 図示しない実施例においては、第一外周部分１１の最外方部分が少なくとも一つの直線で構成されていて、第二外周部分１２の最外方部分が少なくとも一つの曲線で構成されていてもよい。さらに、第一外周部分１１の最外方部分と第二外周部分１２の最外方部分との両方が少なくとも一つの直線で構成されていてもよく、また、第一外周部分１１の最外方部分と第二外周部分１２の最外方部分との両方が少なくとも一つの曲線で構成されていてもよい。さらに、第一外周部分１１の最外方部分と第二外周部分１２の最外方部分とのうちの少なくとも一方が、少なくとも一つの直線と少なくとも一つの曲線とで構成されていてもよい。このような場合にも、複数の第一外周部分１１の最外方部分は複数の第二外周部分１２の最外方部分よりも回転子コア１０ａの半径方向外側に位置するので、回転子コア１０ａの外周が、真円とは異なる形状になる。従って、前述したのと同様な効果を得られるのが分かるであろう。

[0019] さらに、第一の実施形態の図示しない変形例においては、第一外周部分１

１は第二外周部分１２よりも回転子コア１０ａの半径方向内側に位置していてもよい。このような場合であっても、前述したのと同様な効果が得られ、第一の実施形態の範囲に含まれる。

[0020] 図２に示されるように、回転子コア１０ａの端面には、回転子コア１０ａの軸方向に延びる複数の第一孔３１が周方向に等間隔で形成されている。図２および図３から分かるように、複数の第一孔３１のそれぞれは、第一外周部分１１に対応する回転子コア１０ａの領域に形成されている。厳密に言えば、第一孔３１は、一対の磁石スロット２０における第一磁石スロット２１と第二磁石スロット２２との間における回転子コア１０ａの一つの半径上に形成されている。第一孔３１の形状については後述する。

[0021] 回転子コア１０ａの端面には、複数の第二孔３２が周方向に等間隔で形成されている。第二孔３２のそれぞれは、前述した一つの半径上に形成されている。従って、第一孔３１および第二孔３２は、回転子コア１０ａの同一半径上に並置されている。それゆえ、図３から分かるように、第二孔３２は、第一孔３１よりも回転子コア１０ａの半径方向外側に形成されている。厳密に言えば、第一孔３１は、一対の磁石スロット２０よりも回転子コア１０ａの半径方向内側に形成されており、第二孔３２は、一対の磁石スロット２０よりも回転子コア１０ａの半径方向外側に形成されている。第二孔３２の形状については後述する。

[0022] さらに、図２から分かるように、第三孔３３および第四孔３４からなる複数の組が、回転子コア１０ａの周方向に等間隔で形成されている。第三孔３３および第四孔３４からなる組は、複数対の磁石スロット２０のうちの互いに隣接する二対の磁石スロット２０の間に形成されている。第三孔３３および第四孔３４は、回転子コア１０ａの同一半径上に並置されている。そして、第三孔３３は、第四孔３４よりも回転子コア１０ａの半径方向外側に形成されている。第三孔３３および第四孔３４の形状等については後述する。

[0023] 以下、第一孔３１について説明する。図３に示されるように、第一孔３１は、その頂角が鋭角である略二等辺三角形である。略二等辺三角形の頂角側

が回転子コア１０ａの半径方向外側に位置し、略二等辺三角形の底辺側が回転子コア１０ａの半径方向内側に位置している。また、略二等辺三角形の底辺は、回転子コア１０ａの一つの半径に対して垂直である。

[0024] なお、「略二等辺三角形」とした理由は、二等辺三角形の頂点部分が丸みを帯びている場合、二等辺三角形の二つの斜辺のそれぞれが複数の直線から構成されている場合、二等辺三角形の二つの斜辺のそれぞれが曲線を含む場合など、完全な二等辺三角形とは異なる場合を包含するためである。他の孔３２、３３、３４についても同様である。

[0025] 図４は図３の一部分を拡大した部分断面図である。図３および図４から分かるように、第一孔３１は、略二等辺三角形の鋭角を含む第一部分３１ａと、略二等辺三角形の底辺を含む第二部分３１ｂとより構成されている。第一部分３１ａは第一孔３１に相似する形状である。第一部分３１ａと第二部分３１ｂとの間の境界線は、底辺に対して平行であるのが好ましい。

[0026] 図４に示されるように、第一部分３１ａと第二部分３１ｂとの間の境界線は、回転子コア１０ａの半径方向内側における第一磁石スロット２１の他端２１ｘと第二磁石スロット２２の他端２２ｘとを結ぶ線分Ｌ０の一部分に相当する。厳密に言えば、線分Ｌ０は、回転子コア１０ａの半径方向最内方に位置する第一磁石スロット２１の他端２１ｘの一部分と、回転子コア１０ａの半径方向最内方に位置する第二磁石スロット２２の他端２２ｘの一部分とを結んでいる。

[0027] そして、第一磁石スロット２１の他端２１ｘと、これに近接する略二等辺三角形の斜辺とは略平行であるのが好ましい。同様に、第一磁石スロット２２の他端２２ｘと、これに近接する略二等辺三角形の斜辺とは略平行であるのが好ましい。

[0028] このように、本開示における第一孔３１は、第一磁石スロット２１と第一磁石スロット２２との間の領域に隣接して形成されている。そして、第一孔３１の第一部分３１ａは、第一磁石スロット２１の他端２１ｘと第二磁石スロット２２の他端２２ｘとの間に形成されている。さらに、第一孔３１の第

二部分３１ｂは、第一部分３１ａよりも回転子コア１０ａの半径方向内側に形成されている。

[0029] 言い換えれば、本開示に基づく第一孔３１は、第一磁石スロット２１と第二磁石スロット２２との間に形成された第一部分３１ａに加えて、第二部分３１ｂを必ず含んでいる。それゆえ、本開示においては、大型の第一孔３１を形成することができる。その結果、回転子コア１０ａを軽量化でき、電動機１の高速化を図ることが可能となる。

[0030] また、図３に示されるように、第一磁石スロット２１の一端２１ｙ側には、空隙２１ｇが形成されている。空隙２１ｇは、一端２１ｙから、第一磁石スロット２１の長さ部分に沿って部分的に突出するように形成されている。同様な形状の空隙２２ｇが第二磁石スロット２２の一端２２ｙ側に形成されている。

[0031] さらに、第一磁石スロット２１の他端２１ｘ側にも、空隙２１ｐが形成されている。同様に、空隙２２ｐが第二磁石スロット２２の他端２２ｘ側に形成されている。空隙２１ｐ、２２ｐは、他端２１ｘ、２２ｘから、第一磁石スロット２１および第二磁石スロット２２の長さ部分に沿って部分的に突出している。

[0032] このような第一磁石スロット２１の空隙２１ｇ、２１ｐおよび第二磁石スロット２２の２２ｇ、２２ｐは、磁石９１、９２の長手方向両端部から回転子コアへの磁束漏れを抑制するフラックスバリアとしての役目を果たす。また、空隙２１ｇ、２２ｇ、２１ｐ、２２ｐは、対応する磁石スロット２１、２２に永久磁石９１、９２を容易に挿入／取出す役目も果たす。さらに、前述した空隙２１ｇ、２１ｐ、２２ｇ、２２ｐを形成することによって回転子コア１０ａが軽量化する。

[0033] 図４には、回転子コア１０ａの半径方向外側における第一磁石スロット２１の他端２１ｘの一部分と回転子コア１０ａの半径方向外側における第二磁石スロット２２の他端２２ｘの一部分とを結ぶ線分を線分Ｌ０’が示されている。図４から分かるように、空隙２１ｐ、２２ｐの一部分は線分Ｌ０’を

越えて回転子コア１０ａの半径方向外側にそれぞれ突出している。言い換えれば、空隙２１ｐ、２２ｐは、他端２１ｘ、２２ｘから、第一磁石スロット２１および第二磁石スロット２２の長さ部分に対して垂直な方向および磁石スロット２１、２２の長さ方向の両方にそれぞれ突出するように形成されている。なお、空隙２１ｐ、２２ｐはそれぞれ第一磁石スロット２１および第二磁石スロット２２に連通している。また、図から分かるように空隙２１ｐ、２２ｐは互いに連通していない。

[0034] 図４に示されるように、第一磁石スロット２１の他端２１ｘの空隙２１ｐと第一孔３１との間の最短距離を距離ａとする。第二磁石スロット２２の他端２２ｘの空隙２２ｐと第一孔３１との間の最短距離も同じ距離ａである。さらに、第一磁石スロット２１の他端２１ｘと第一孔３１との間の最短距離を距離ａ’とする。第二磁石スロット２２の他端２２ｘと第一孔３１との間の最短距離も同じ距離ａ’である。そして、距離ａは距離ａ’の半分以下、好ましくは１／４以下でありうる。典型例においては、これら距離ａは、０より大きくて、且つ１ミリメートル以下である。

[0035] 前述したように磁石スロット２１、２２のなす角度は鈍角であり、このような場合には、回転子コア１０ａを備えた電動機１は高いトルクを出力するのが難しい。しかしながら、本開示における回転子コア１０ａには前述した形状および寸法の第一孔３１および空隙２１ｐ、２２ｐが形成されている。このため、電動機１の駆動時に磁束漏れが減り、従って、磁石スロット２１、２２のなす角度が鈍角である場合であっても、電動機１のトルクを高く維持することができる。また、第一孔３１および空隙２１ｐ、２２ｐを形成することにより、回転子コア１０ａの軽量化を図ることができる。

[0036] ここで、着磁の際には、全ての磁石スロット２１、２２に磁石９１、９２をそれぞれ挿入した状態の回転子１０を着磁ヨーク（図示しない）の内筒に配置する。このとき、回転子１０の半径方向内側に位置する磁石９１、９２の一部分は着磁ヨークから遠方に在ることになる。このため、特に第一磁石スロット２１および第二磁石スロット２２のなす角が鋭角である場合には、

磁石９１、９２の前述した一部分までを十分に着磁するのが困難になる。

[0037] しかしながら、磁石スロットのなす角度が鋭角である場合と比較すると、本開示においては磁石スロット２１、２２のなす角度が鈍角であるので、磁石スロット２１、２２の他端２１ｘ、２２ｘは回転子コア１０ａの外周面に比較的近い位置にある。このため、本開示においては、磁石スロット２１、２２の他端２１ｘ、２２ｘ近傍に位置する磁石９１、９２の一部分までを比較的容易に着磁することができる。言い換えれば、本開示においては、磁石スロット２１、２２のなす角度を鈍角にできるので、磁石に対する着磁を容易に行うことができるという追加の効果を有する。このことについては、図１０Ａおよび図１０Ｂを用いて後述する。

[0038] 次いで、第二孔３２について説明する。図３に示されるように、第一孔３１および第二孔３２は、回転子コア１０ａの同一半径上に並置されている。そして、一対の磁石スロット２０よりも回転子コア１０ａの半径方向内側に第一孔３１が形成されており、一対の磁石スロット２０よりも回転子コア１０ａの半径方向外側に第二孔３２が形成されている。

[0039] 第二孔３２は、第一部分３２ａと、該第一部分３２ａよりも回転子コア１０ａの半径方向外側に位置する第二部分３２ｂとから構成されている。第二孔３２の第一部分３２ａと第二部分３２ｂとの間の境界線は、第一孔３１の略二等辺三角形の底辺に対して平行であるのが好ましい。

[0040] 図３に示されるように、第一部分３２ａは、その頂角が回転子コア１０ａの中心Ｏを向いている略二等辺三角形の形状である。第一部分３２ａの略二等辺三角形の頂角は鋭角であり、且つ第一孔３１の第一部分３１ａの略二等辺三角形の頂角よりも大きいのが好ましい。そして、第二部分３２ｂは、二等辺三角形の底辺から回転子コア１０ａの半径方向外側に突出する円弧、例えば半円の円弧形状である。第一部分３２ａおよび第二部分３２ｂは互いに平滑に接続されるのが好ましい。言い換えれば、第一部分３２ａと第二部分３２ｂとの間の結合点においては、第一部分３２ａの略二等辺三角形の斜辺と第二部分３２ｂの接線とが互いに等しいのが好ましい。なお、第二部分３

２ｂとしての円弧は、半円の円弧よりも長くても短くてもよい。また、第二部分３２ｂとしての円弧は、楕円の円弧であってもよい。

[0041] 図３において、回転子コア１０ａの半径方向外側における第一磁石スロット２１の一端２１ｙと第二磁石スロット２２の一端２２ｙとを結ぶ線分を第一線分Ｌ１とする。厳密に言えば、第一線分Ｌ１は、回転子コア１０ａの半径方向最外方に位置する第一磁石スロット２１の一端２１ｙの一部分と、回転子コア１０ａの半径方向最外方に位置する第二磁石スロット２２の一端２２ｙの一部分とを結んでいる。図３から分かるように、第二孔３２の第一部分３２ａと第二部分３２ｂとの間の境界線Ｂ１は、第一線分Ｌ１に平行で且つ、第一線分Ｌ１よりも回転子コア１０ａの半径方向内側に位置するのが好ましい。

[0042] 言い換えれば、第二孔３２の第二部分３２ｂの少なくとも一部分は、第一線分Ｌ１よりも回転子コア１０ａの半径方向外側に位置している。従って、本開示においては、大型の第二孔３２を形成することができ、その結果、回転子コア１０ａを軽量化でき、電動機１の高速化を図ることができる。また、第二部分３２ｂが円弧であることにより、回転子コア１０ａを有する電動機１の駆動時に、磁束の流れが阻害されない。なお、第二孔３２の面積を大きくする目的で、境界線Ｂ１が第一線分Ｌ１上にあってもよく、あるいは、境界線Ｂ１が第一線分Ｌ１よりも回転子コア１０ａの半径方向外側に位置していてもよい。

[0043] 前述したように、第二孔３２が形成される第一外周部分１１は、第二外周部分１２よりも回転子コア１０ａの半径方向外側に突出しているのが好ましい。この場合には、第一外周部分１１の突出部分だけ、第二孔３２を回転子コア１０ａの半径方向外側に更に長く形成することができる。それゆえ、第二孔３２を大型化でき、その分だけ回転子コア１０ａを軽量化できるのが分かるであろう。

[0044] 図４に示されるように、第一磁石スロット２１の他端２１ｘの空隙２１ｐと第二孔３２との間の最短距離を距離ｂとする。第二磁石スロット２２の他

端２２ｘの空隙２２ｐと第二孔３２との間の最短距離も同じ距離ｂである。これら距離ｂは、線分Ｌ０’を越えて回転子コア１０ａの半径方向外側に突出した空隙２１ｐ、２２ｐの一部分から第二孔３２まで計測される。

[0045] これら距離ｂについても、距離ａ’の半分以下、好ましくは１／４以下でありうる。典型例においては、これら距離ａは、０より大きくて、且つ１ミリメートル以下である。これにより、前述したのと同様な効果を得ることができる。

[0046] 次いで、第三孔３３について説明する。図６は図２に示される回転子コアの他の部分断面図である。図６に示されるように、一方の対の磁石スロット２０ａは、第一磁石スロット２１ａと第二磁石スロット２２ａとを含む。他方の対の磁石スロット２０ｂは、第一磁石スロット２１ｂと第二磁石スロット２２ｂとを含む。第三孔３３は、磁石スロット２０ａの第二磁石スロット２２ａと磁石スロット２０ｂの第一磁石スロット２１ｂとの間に形成されている。

[0047] 図６から分かるように、第三孔３３は、その頂角３３ａが円弧で規定された略二等辺三角形、例えば鈍角二等辺三角形を含む。第三孔３３の略二等辺三角形の頂角３３ａは回転子コア１０ａの半径方向外側を向いている。さらに、第三孔３３の略二等辺三角形の二つの斜辺は第二磁石スロット２２ａおよび第一磁石スロット２１ｂにそれぞれ平行であるのが好ましい。

[0048] さらに、第三孔３３の略二等辺三角形の二つの対角に相当する部分を省略し、底辺近傍において斜辺と底辺とを接続してもよい。図６においては対角に相当する部分は直角で構成されている。あるいは、対角に相当する部分を円弧で構成するようにしてもよい。このように第三孔３３を形成することにより、磁束の流れが阻害されないようになる。

[0049] さらに、第三孔３３の略二等辺三角形の底辺から、回転子の半径方向内側に向かって突出する突出部３３ｂが形成されていてもよい。突出部３３ｂは、略二等辺三角形の底辺の略中央に形成されるのが好ましい。

[0050] 図７は図６の一部分を拡大した部分断面図である。図７においては一方の

対の磁石スロット２０ａにおける第二磁石スロット２２ａと、他方の対の磁石スロット２０ｂにおける第一磁石スロット２１ｂとが主に示されている。そして、回転子コア１０ａの半径方向内側における第二磁石スロット２２ａの他端２２ｘと第一磁石スロット２１ｂの他端２１ｘとを結ぶ線分を第二線分Ｌ２とする。厳密に言えば、第二線分Ｌ２は、回転子コア１０ａの半径方向最内方に位置する第二磁石スロット２２ａの他端２２ｘの一部分と、回転子コア１０ａの半径方向最内方に位置する第一磁石スロット２１ｂの他端２２ｙの一部分とを結んでいる。このとき、第三孔３３はその全体が、第二線分Ｌ２よりも回転子コア１０ａの半径方向外側に位置している。

[0051] 図７に示されるように、第三孔３３は、一方の対の磁石スロット２０ａにおける第二磁石スロット２２ａと他方の対の磁石スロット２０ｂにおける第一磁石スロット２１ｂと、第二線分Ｌ２とにより囲まれた領域に形成されている。言い換えれば、第三孔３３は、第二線分Ｌ２上およびその近傍には形成されていない。このため、回転子コア１０ａの強度を確保することができる。さらに、回転子コア１０ａを含む電動機１の駆動時に、磁束の流れが阻害されないようにできるのが分かるであろう。

[0052] また、図７に示されるように、第三孔３３は、一方の対の磁石スロット２０ａの第二磁石スロット２２ａと他方の対の磁石スロット２０ｂの第一磁石スロット２１ｂとの間に形成されている。そして、第三孔３３と第一磁石スロット２１ｂとの間の最短距離は、第三孔３３と第二磁石スロット２２ａとの間の最短距離ｃよりも大きい。

[0053] 最短距離ｃは磁石９１、９２の厚みｔの半分以上であるのが好ましい。典型例における最短距離は２ミリメートル以上である。第三孔３３が磁石９１、９２から磁石９１、９２の厚みｔの半分以上離れている場合には、第三孔３３からの影響を受けることなしに、前述した着磁を行うことができる。

[0054] さらに、図７に示されるように、回転子コア１０ａの半径方向内側における第二磁石スロット２２ａの一端２２ｙと第一磁石スロット２１ｂの一端２１ｙとを結ぶ線分を第三線分Ｌ３とする。厳密に言えば、第三線分Ｌ３は、

回転子コア１０ａの半径方向最内方に位置する第一磁石スロット２２ａの一端２１ｙの一部分と、回転子コア１０ａの半径方向最内方に位置する第二磁石スロット２１ｂの一端２２ｙの一部分とを結んでいる。

[0055] 第三線分Ｌ３と第二線分Ｌ２とは互いに平行である。そして、第二磁石スロット２２ａと第一磁石スロット２１ｂとの間の中心線であって、回転子コア１０ａの半径に相当する中心線上において、第三孔３３は寸法ｄを有する。寸法ｄは第三孔３３の中心線上に必ずしもなくてもよい。さらに、第二線分Ｌ２と第三線分Ｌ３との間の寸法を寸法ｅとする。このような場合には、寸法ｅは寸法ｄの２倍以上であるのが好ましい。

[0056] 第三孔３３をこのような形状および配置にした理由は、第三孔３３と第二磁石スロット２２ａおよび第一磁石スロット２１ｂとの間の領域の強度を確保すると共に、磁束の流れを平滑にするためである。また、このような回転子コア１０ａを備えた電動機１では、イナーシャを減らすことが可能となる。

[0057] 次いで、第四孔３４について説明する。図７から分かるように、一方の対の磁石スロット２０ａにおける第二磁石スロット２２ａと他方の対の磁石スロット２０ｂにおける第一磁石スロット２１ｂとの間の中心を通る回転子コア１０ａの半径上に、第三孔３３と第四孔３４とが並置されている。第三孔３３および第四孔３４からなる組は、複数対の磁石スロット２０のうちの互いに隣接する二対の磁石スロット２０ａ、２０ｂの間に形成されている。前述した半径に対し、第三孔３３および第四孔３４のそれぞれは線対称に形成されていてもよい。また、第四孔３４は第二線分Ｌ２よりも回転子コア１０ａの半径方向内側に形成されている。

[0058] 第四孔３４は、略長円形または略楕円形の形状を有しており、その長軸は線分Ｌ２に対して平行である。さらに、第四孔３４は前述した半径に沿って延びる突出部３４ａ、３４ｂを備えるのが好ましい。図７に示されるように、突出部３４ａは回転子コア１０ａの半径方向外側に延びており、突出部３４ｂは回転子コア１０ａの半径方向内側に延びている。これら突出部３４ａ

、３４ｂを形成することにより、第四孔３４を大型化でき、その結果、回転子コア１０ａを軽量化できる。なお、突出部３４ａおよび突出部３４ｂのうちの一方が省略されていてもよい。

[0059] ここで、図８Ａは従来技術における電動機の磁束を示す部分断面図であり、図９Ａは第一の実施形態に基づく回転子コアを備えた電動機の磁束を示す部分断面図である。図８Ａに示される電動機１’は固定子９’と回転子１０’とを含む。回転子１０’には第一孔３１～第四孔３４は形成されていない。一方、図９Ａに示される電動機１は固定子９と前述した回転子１０とを含んでいる。回転子１０、１０’の構造は周知であるので説明を省略する。

[0060] 図８Ａと図９Ａとを比較して分かるように、電動機１のように第一孔３１～第四孔３４が形成されている場合であっても、磁束の流れが第一孔３１等で阻害されることはない。そして、電動機１は、第一孔３１～第四孔３４が形成されている分だけ、電動機１’よりも軽量である。

[0061] さらに、図８Ａにおける一対の磁石スロット２０’の第一磁石スロット２１’と第二磁石スロット２２’とがなす角度は、鋭角、例えば６０°である。このため、第一磁石スロット２１’と第二磁石スロット２２’とにそれぞれ挿入される磁石９１’、９２’の数は、図９Ａに示される磁石９１、９２の数よりも多い。

[0062] 図８Ａに示される回転子１０’の直径と図９Ａに示される回転子１０の直径とは互いに等しい。しかしながら、図８Ａに示される磁石９１’、９２’の幅Ｗ０は例えば３１．４ミリメートルであるのに対し、図９Ａに示される磁石９１、９２の幅Ｗ１は例えば２２．５ミリメートルで足りる。

[0063] このように本開示では磁石９１、９２の数を従来技術の場合よりも減らすことができ、且つ、磁石９１、９２の寸法を小さくできる。その結果、電動機１は、電動機１’よりも大幅に軽量化できるのが分かるであろう。図示される実施形態においては、電動機１の磁石９１、９２の総重量は、電動機１’の磁石９１’、９２’の総重量よりも、例えば約２８％少なくて済む。

[0064] さらに、図８Ｂは従来技術の電動機における時間とトルクとの間の関係を

示す図であり、図９Ｂは第一の実施形態の電動機における時間とトルクとの間の関係を示す図である。これら図面においては、横軸は時間を示すと共に、縦軸は電動機１、１’のトルクを示している。図８Ｂにおいては電動機１’のトルクの最大値は１００Ｎｍ～１０１Ｎｍの間である。これに対し、図９Ｂにおいては電動機１のトルクの最大値は９１．５Ｎｍ～９２Ｎｍの間である。つまり、第一孔３１～第四孔３４が形成されている場合であっても、トルクの低下は１０％未満に抑えられている。

[0065] このように、第一孔３１～第四孔３４が回転子１０に形成されている場合であっても、トルクが大幅に低下することはなく、実用的なトルクを発生させられる。また、第一孔３１～第四孔３４のうちの少なくとも一つのみが形成されている場合にも、同様な効果が得られるのは当業者には明らかであろう。

[0066] さらに、電動機１および電動機１’におけるストール電流に対するＤ相電流の比をパーセントで示すと下記のようになる。

[表1]

回転数, rpm	2000	2500	3000	3500
電動機１	0.0	54.3	108.7	134.0
電動機１’	49.1	171.9	196.0	196.0

[0067] この表より、電動機１’では回転数２５００ｒｐｍでは限界を超えていたものの、電動機１では回転数を例えば３０００ｒｐｍに増やしても安定した稼働が可能であることが分かる。その理由は、電動機１ではＤ相電流が比較的小さいためである。また、負荷電流の二乗に比例して大きくなる銅損も、電動機１では電動機１’よりも抑えられている。このため、本開示の電動機１は、より高速回転が可能となっている。

[0068] また、図１０Ａは従来技術における電動機の着磁率を示す部分断面図であ

り、図１０Ｂは第一の実施形態における電動機の着磁率を示す部分断面図である。これら図面においては、三段階の着磁率が示されており、着磁率が高いほど、その着磁率の領域が濃い色で表されている。具体的には、着磁率の低い領域（磁束密度が０．０Ｔ～１．７Ｔ）は白色、着磁率が中程度である領域（磁束密度が２．２Ｔ～３．３Ｔ）は薄い色、着磁率が高い領域（磁束密度が３．５Ｔ～５．０Ｔ）は濃い色で表されている。

[0069] 図１０Ａに示される従来技術の電動機１’において、回転子１０’の半径方向外側に位置する磁石９１’、９２’一部分のみが着磁しており、半径方向内側に位置する磁石９１’、９２’の他の部分は着磁していない。磁石９１’、９２’が挿入された第一磁石スロット２１および第二磁石スロット２２のなす角が鋭角であるために、回転子１０’の半径方向内側に位置する磁石９１’、９２’の他端と回転子１０’の外周面との間の距離が長い。このため、従来技術においては、回転子１０’を着磁ヨーク（図示しない）の内筒に配置しても、磁石９１’、９２’の他端まで着磁するのが困難であった。それゆえ、従来技術においては磁石９１’、９２’着磁率は約３０％である。

[0070] これに対し、図１０Ｂに示される電動機１においては、磁石９１、９２はそれらの略全体に亙って着磁されており、磁石９１、９２の着磁率は約１００％である。言い換えれば、本開示においては、回転子１０を着磁ヨーク（図示しない）の内筒に配置しても、回転子１０の半径方向内側における磁石９１、９２の他端まで十分に着磁することができる。従って、第一磁石スロット２１および第二磁石スロット２２のなす角が鈍角である本開示においては、磁石９１、９２の着磁を確実に行うことができる。

[0071] また、本開示においては、第一孔３１および空隙２１ｐ、２２ｐが形成されていれば十分であり、第二孔３２～第四孔３４が形成されていなくてもよい。さらに、第一孔３３および空隙２１ｐ、２２ｐに加えて、第二孔３２～第四孔３４のうちの少なくとも一つが形成されている構成も本開示の範囲に含まれる。

[0072] 従って、少なくとも一つの実施形態においては、第一孔３１等を形成することにより回転子１０の軽量化が図られ、且つ、トルクが大幅に低下することなしに、着磁を十分に行いつつ、イナーシャを低減することが可能となる。つまり、トルクが低下することなしに、イナーシャを低減すると共に着磁を十分に行うことのできる軽量の回転子１０を提供することができる。従って、回転子１０を有する電動機１の高加速化が可能となる。

[0073] 本開示の実施形態について詳述したが、本開示は上述した個々の実施形態に限定されるものではない。これらの実施形態は、発明の要旨を逸脱しない範囲で、または請求の範囲に記載された内容とその均等物から導き出される本発明の思想および趣旨を逸脱しない範囲で、種々の追加、置き換え、変更、部分的削除などが可能である。例えば、上述した実施形態において、各動作の順序や各処理の順序は、一例として示したものであり、これらに限定されるものではない。また、上述した実施形態の説明に数値又は数式が用いられている場合も同様である。さらに、前述した実施形態の幾つかを適宜組み合わせることは本開示の範囲に含まれる。

[0074] 上記実施形態および変型例に関し、更に以下の付記を開示する。

（付記１）

回転子コア（１０ａ）であって、

該回転子コア（１０ａ）には、該回転子コア（１０ａ）の軸線方向に延びる、複数対の磁石スロット（２０）が形成されており、

前記複数対の磁石スロット（２０）は、前記回転子コア（１０ａ）の半径方向断面において前記回転子コア（１０ａ）の周方向に等間隔で配置されており、

前記複数対の磁石スロット（２０）の各対の磁石スロット（２０）は、前記回転子コア（１０ａ）の半径に対して反時計回りに傾斜する第一磁石スロット（２１）と、前記回転子コア（１０ａ）の前記半径に対して時計回りに傾斜する第二磁石スロット（２２）とを含んでおり、

前記各対の磁石スロット（２０）において、前記第一磁石スロット（２１

）の一端と前記第二磁石スロット（２２）の一端とは互いに離間すると共に、前記第一磁石スロット（２１）の他端と前記第二磁石スロット（２２）の他端とは前記第一磁石スロット（２１）の前記一端および前記第二磁石スロット（２２）の前記一端よりも前記回転子コア（１０ａ）の半径方向内側において互いに隣接しており、

さらに、前記各対の磁石スロット（２０）に隣接して第一孔（３１）が形成されており、

前記第一孔（３１）は、前記第一磁石スロット（２１）の前記他端と前記第二磁石スロット（２２）の前記他端との間の領域の少なくとも一部に対応する第一部分（３１ａ）と、該第一部分（３１ａ）に連続していて該第一部分（３１ａ）よりも前記回転子コア（１０ａ）の半径方向内側に位置する第二部分（３１ｂ）とを含む、回転子コア（１０ａ）。

（付記２）

前記第一磁石スロット（２１）の前記他端と前記第二磁石スロット（２２）の前記他端には空隙（２１ｐ、２２ｐ）がそれぞれ形成されており、

前記空隙（２１ｐ、２２ｐ）は、前記回転子コア（１０ａ）の半径方向外側における前記第一磁石スロット（２１）の前記他端と前記回転子コア（１０ａ）の半径方向外側における前記第二磁石スロット（２２）の前記他端とを結ぶ線分（Ｌ０’）よりも、前記回転子コア（１０ａ）の半径方向外側に部分的に突出している、付記１に記載の回転子コア（１０ａ）。

（付記３）

前記第一磁石スロット（２１）の前記他端に形成された前記空隙（２１ｐ）と前記第一孔（３１）との間の距離（ａ）は、前記第一磁石スロット（２１）の前記他端と前記第一孔（３１）との間の距離（ａ’）の半分以下であり、

前記第二磁石スロット（２２）の前記他端に形成された前記空隙（２２ｐ）と前記第一孔（３１）との間の距離（ａ）は、前記第二磁石スロット（２２）の前記他端と前記第一孔（３１）との間の距離（ａ’）の半分以下であ

るようにした、付記１または２に記載の回転子コア（１０ａ）。

（付記４）

前記回転子コア（１０ａ）の外周は複数の第一外周部分（１１）と、該複数の第一外周部分（１１）のそれぞれを連結する複数の第二外周部分（１２）とで構成されており、

前記複数の第一外周部分（１１）は、前記複数対の磁石スロット（２０）のそれぞれの領域に対応しており、

前記複数の第二外周部分（１１２）は、前記複数対の磁石スロット（２０）のうちの互いに隣接する二対の磁石スロット（２０ａ、２０ｂ）の間の領域にそれぞれ対応しており、

前記複数の第一外周部分（１１）の最外方部分は前記複数の第二外周部分（１２）の最外方部分よりも前記回転子コア（１０ａ）の半径方向外側に位置している、付記１から３のいずれかに記載の回転子コア（１０ａ）。

（付記５）

前記複数の第一外周部分（１１）は少なくとも一つの曲線で構成されており、

前記複数の第二外周部分（１２）は少なくとも一つの直線で構成されている、付記１から４のいずれかに記載の回転子コア（１０ａ）。

（付記６）

さらに、前記各対の磁石スロット（２０）に隣接して第二孔（３２）が形成されており、

前記第一孔（３１）のそれぞれと前記第二孔（３２）のそれぞれとは、前記回転子コア（１０ａ）の半径方向に並置されている、付記１から５のいずれかに記載の回転子コア（１０ａ）。

（付記７）

前記第二孔（３２）のそれぞれは、前記回転子コア（１０ａ）の半径方向断面において、その頂角（３２ａ）が前記回転子コア（１０ａ）の中心を向いている略二等辺三角形と、該二等辺三角形の底辺から前記回転子コア（１

０ａ）の半径方向外側に突出する円弧とから構成されており、

前記第二孔（３２）の前記円弧の少なくとも一部分は、前記回転子コア（１０ａ）の半径方向外側において前記第一磁石スロット（２１）の前記一端と前記第二磁石スロット（２２）の前記一端とを結ぶ第一線分（Ｌ１）よりも、前記回転子コア（１０ａ）の半径方向外側に位置している、付記１から６のいずれかに記載の回転子コア（１０ａ）。

（付記８）

前記第一磁石スロット（２１）の前記他端に形成された前記空隙（２１ｐ）と前記第二孔（３２）との間の距離（ｂ）は、前記第一磁石スロット（２１）の前記他端と前記第一孔（３１）との間の距離（ａ’）の半分以下であり、

前記第二磁石スロット（２２）の前記他端に形成された前記空隙（２２ｐ）と前記第二孔（３２）との間の距離（ｂ）は、前記第二磁石スロット（２２）の前記他端と前記第一孔（３１）との間の距離（ａ’）の半分以下であるようにした、付記１から６のいずれかに記載の回転子コア（１０ａ）。

（付記９）

前記複数対の磁石スロット（２０）のうちの互いに隣接する二対の磁石スロット（２０ａ、２０ｂ）の間には、第三孔（３３）が形成されており、

前記第三孔（３３）は、前記二対の磁石スロット（２０ａ、２０ｂ）のうちの一方の対の磁石スロット（２０ａ）における第二磁石スロット（２２ａ）の他端と前記二対の磁石スロット（２０ａ、２０ｂ）のうちの他方の対の磁石スロット（２０ｂ）における第一磁石スロット（２１ｂ）の他端とを結ぶ第二線分（Ｌ２）よりも前記回転子コア（１０ａ）の半径方向外側に形成されている、付記１から８のいずれかに記載の回転子コア（１０ａ）。

（付記１０）

前記第三孔（３３）と前記第一磁石スロット（２１）または前記第二磁石スロット（２２）との間の距離（ｃ）は、前記第一磁石スロット（２１）または前記第二磁石スロット（２２）に挿入されるべき磁石の厚み（ｔ）の半

分以上であるようにした、付記１から９のいずれかに記載の回転子コア（１０ａ）。

（付記１１）

前記二対の磁石スロット（２０ａ、２０ｂ）のうちの一方の対の磁石スロット（２０ａ）における第二磁石スロット（２２ａ）の一端と前記二対の磁石スロット（２０ａ、２０ｂ）のうちの他方の対の磁石スロット（２０ｂ）における第一磁石スロット（２１ｂ）の一端とを結ぶ第三線分（Ｌ３）と前記第二線分（Ｌ２）との間の距離（ｅ）は、前記回転子コア（１０ａ）の半径方向における第三孔（３３）の長さ（ｄ）の２倍以上である、付記１から１０のいずれかに記載の回転子コア（１０ａ）。

（付記１２）

さらに、前記第三孔（３３）よりも前記回転子コア（１０ａ）の半径方向内側に第四孔（３４）が形成されており、

前記第三孔（３３）のそれぞれと前記第四孔（３４）のそれぞれとは、前記回転子コア（１０ａ）の半径方向に並置されている、付記１から１１のいずれかに記載の回転子コア（１０ａ）。

（付記１３）

付記１から１２のいずれか一項に記載の回転子コア（１０ａ）と、

前記複数対の磁石スロット（２０）（２０）のそれぞれに挿入された磁石（９１、９２）と、

前記回転子コアに挿入された軸部（５）と、を具備する、回転子（１０）。

（付記１４）

付記１３に記載の回転子（１０）と、

該回転子（１０）回りに配置された固定子（９）とを具備する電動機（１）。

符号の説明

[0075] １ 電動機

５　軸部

９　固定子

１０　回転子

１０ａ　回転子コア

１１　第一外周部分

１２　第二外周部分

２０、２０ａ、２０ｂ　一対の磁石スロット

２１、２１ａ、２１ｂ　第一磁石スロット

２１ｇ、２１ｐ　空隙

２２、２２ａ、２２ｂ　第二磁石スロット

２２ｇ、２２ｐ　空隙

３１　第一孔

３１ａ　第一部分

３１ｂ　第二部分

３２　第二孔

３２ａ　第一部分

３２ｂ　第二部分

３３　第三孔

３３ａ　頂角

３３ｂ　突出部

３４　第四孔

３４ａ、３４ｂ　突出部

９１、９２　磁石

Ｌ０、Ｌ０’　線分

Ｌ１　第一線分

Ｌ２　第二線分

Ｌ３　第三線分

請求の範囲

[請求項1] 回転子コアであって、

該回転子コアには、該回転子コアの軸線方向に延びる、複数対の磁石スロットが形成されており、

前記複数対の磁石スロットは、前記回転子コアの半径方向断面において前記回転子コアの周方向に等間隔で配置されており、

前記複数対の磁石スロットの各対の磁石スロットは、前記回転子コアの半径に対して反時計回りに傾斜する第一磁石スロットと、前記回転子コアの前記半径に対して時計回りに傾斜する第二磁石スロットとを含んでおり、

前記各対の磁石スロットにおいて、前記第一磁石スロットの一端と前記第二磁石スロットの一端とは互いに離間すると共に、前記第一磁石スロットの他端と前記第二磁石スロットの他端とは前記第一磁石スロットの前記一端および前記第二磁石スロットの前記一端よりも前記回転子コアの半径方向内側において互いに隣接しており、

さらに、前記各対の磁石スロットに隣接して第一孔が形成されており、

前記第一孔は、前記第一磁石スロットの前記他端と前記第二磁石スロットの前記他端との間の領域の少なくとも一部に対応する第一部分と、該第一部分に連続していて該第一部分よりも前記回転子コアの半径方向内側に位置する第二部分とを含む、回転子コア。

[請求項2] 前記第一磁石スロットの前記他端と前記第二磁石スロットの前記他端には空隙がそれぞれ形成されており、

前記空隙は、前記回転子コアの半径方向外側における前記第一磁石スロットの前記他端と前記回転子コアの半径方向外側における前記第二磁石スロットの前記他端とを結ぶ線分よりも、前記回転子コアの半径方向外側に部分的に突出している、請求項１に記載の回転子コア。

[請求項3] 前記第一磁石スロットの前記他端に形成された前記空隙と前記第一

孔との間の距離は、前記第一磁石スロットの前記他端と前記第一孔との間の距離の半分以下であり、

前記第二磁石スロットの前記他端に形成された前記空隙と前記第一孔との間の距離は、前記第二磁石スロットの前記他端と前記第一孔との間の距離の半分以下であるようにした、請求項２に記載の回転子コア。

[請求項4] 前記回転子コアの外周は複数の第一外周部分と、該複数の第一外周部分のそれぞれを連結する複数の第二外周部分とで構成されており、

前記複数の第一外周部分は、前記複数対の磁石スロットのそれぞれの領域に対応しており、

前記複数の第二外周部分は、前記複数対の磁石スロットのうちの互いに隣接する二対の磁石スロットの間の領域にそれぞれ対応しており、

前記複数の第一外周部分の最外方部分は前記複数の第二外周部分の最外方部分よりも前記回転子コアの半径方向外側に位置している、請求項１に記載の回転子コア。

[請求項5] 前記複数の第一外周部分は少なくとも一つの曲線で構成されており、

前記複数の第二外周部分は少なくとも一つの直線で構成されている、請求項４に記載の回転子コア。

[請求項6] さらに、前記各対の磁石スロットに隣接して第二孔が形成されており、

前記第一孔のそれぞれと前記第二孔のそれぞれとは、前記回転子コアの半径方向に並置されている、請求項１に記載の回転子コア。

[請求項7] 前記第二孔のそれぞれは、前記回転子コアの半径方向断面において、その頂角が前記回転子コアの中心を向いている略二等辺三角形と、該二等辺三角形の底辺から前記回転子コアの半径方向外側に突出する円弧とから構成されており、

前記第二孔の前記円弧の少なくとも一部分は、前記回転子コアの半径方向外側において前記第一磁石スロットの前記一端と前記第二磁石スロットの前記一端とを結ぶ第一線分よりも、前記回転子コアの半径方向外側に位置している、請求項６に記載の回転子コア。

[請求項8] 前記第一磁石スロットの前記他端に形成された前記空隙と前記第二孔との間の距離は、前記第一磁石スロットの前記他端と前記第一孔との間の距離の半分以下であり、

前記第二磁石スロットの前記他端に形成された前記空隙と前記第二孔との間の距離は、前記第二磁石スロットの前記他端と前記第一孔との間の距離の半分以下であるようにした、請求項６に記載の回転子コア。

[請求項9] 前記複数対の磁石スロットのうちの互いに隣接する二対の磁石スロットの間には、第三孔が形成されており、

前記第三孔は、前記二対の磁石スロットのうちの一方の対の磁石スロットにおける第二磁石スロットの他端と前記二対の磁石スロットのうちの他方の対の磁石スロットにおける第一磁石スロットの他端とを結ぶ第二線分よりも前記回転子コアの半径方向外側に形成されている、請求項１に記載の回転子コア。

[請求項10] 前記第三孔と前記第一磁石スロットまたは前記第二磁石スロットとの間の距離は、前記第一磁石スロットまたは前記第二磁石スロットに挿入されるべき磁石の厚みの半分以上であるようにした、請求項９に記載の回転子コア。

[請求項11] 前記二対の磁石スロットのうちの一方の対の磁石スロットにおける第二磁石スロットの一端と前記二対の磁石スロットのうちの他方の対の磁石スロットにおける第一磁石スロットの一端とを結ぶ第三線分と前記第二線分との間の距離は、前記回転子コアの半径方向における第三孔の長さの２倍以上である、請求項９に記載の回転子コア。

[請求項12] さらに、前記第三孔よりも前記回転子コアの半径方向内側に第四孔

が形成されており、

前記第三孔のそれぞれと前記第四孔のそれぞれとは、前記回転子コアの半径方向に並置されている、請求項９に記載の回転子コア。

[請求項13] 請求項１から１２のいずれか一項に記載の回転子コアと、

前記複数対の磁石スロットのそれぞれに挿入された磁石と、

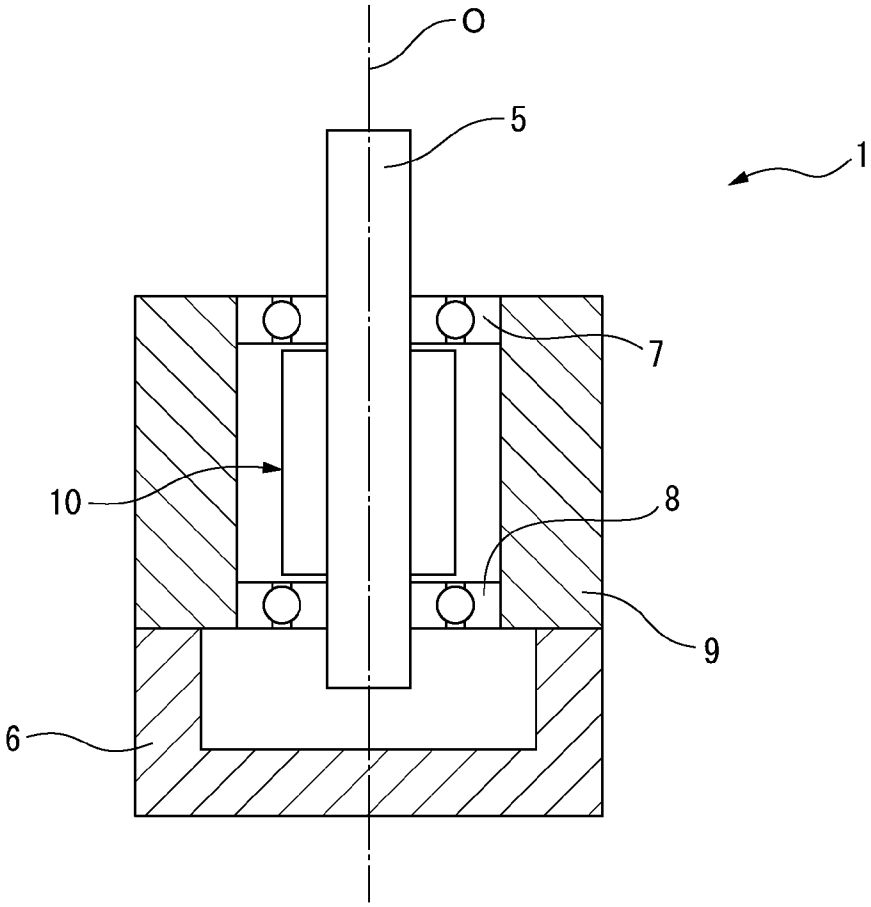
前記回転子コアに挿入された軸部と、を具備する、回転子。

[請求項14] 請求項１３に記載の回転子と、

該回転子回りに配置された固定子とを具備する電動機。

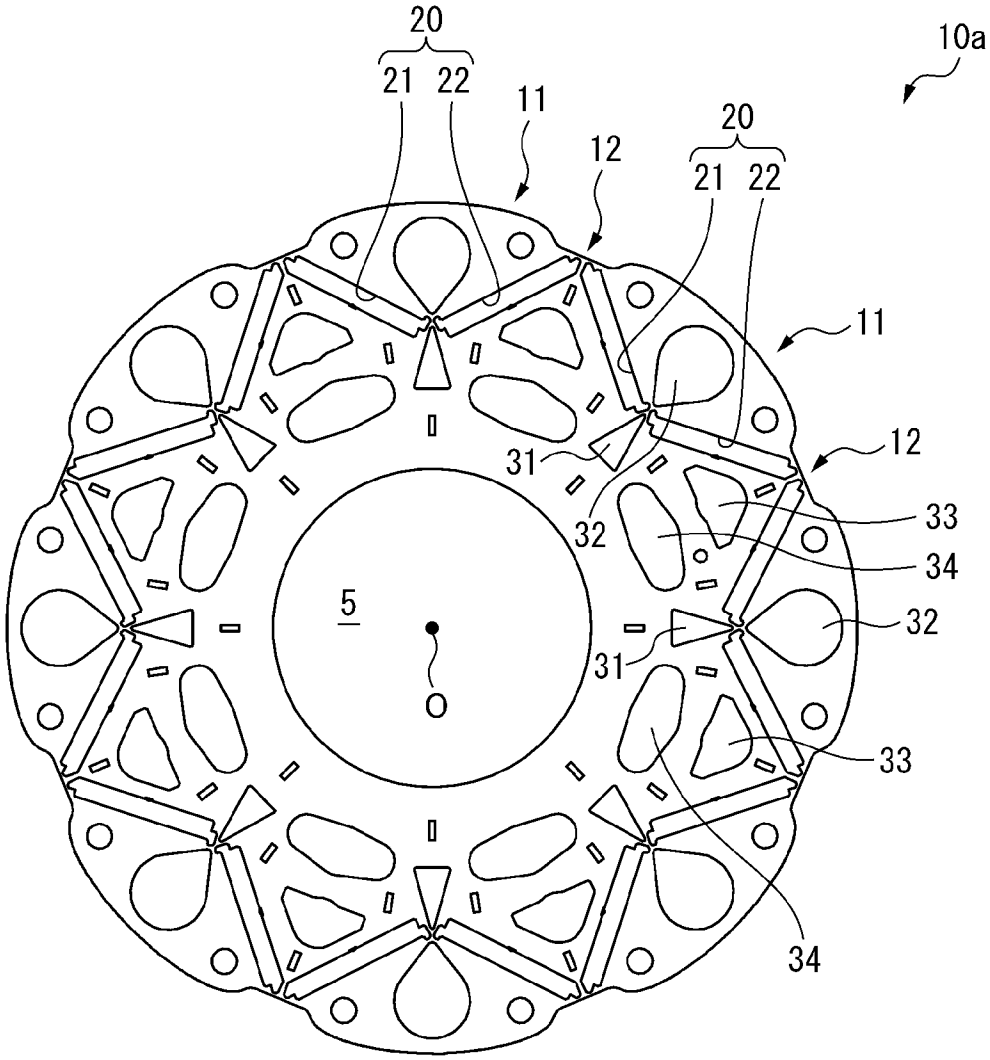
[図1]

図1



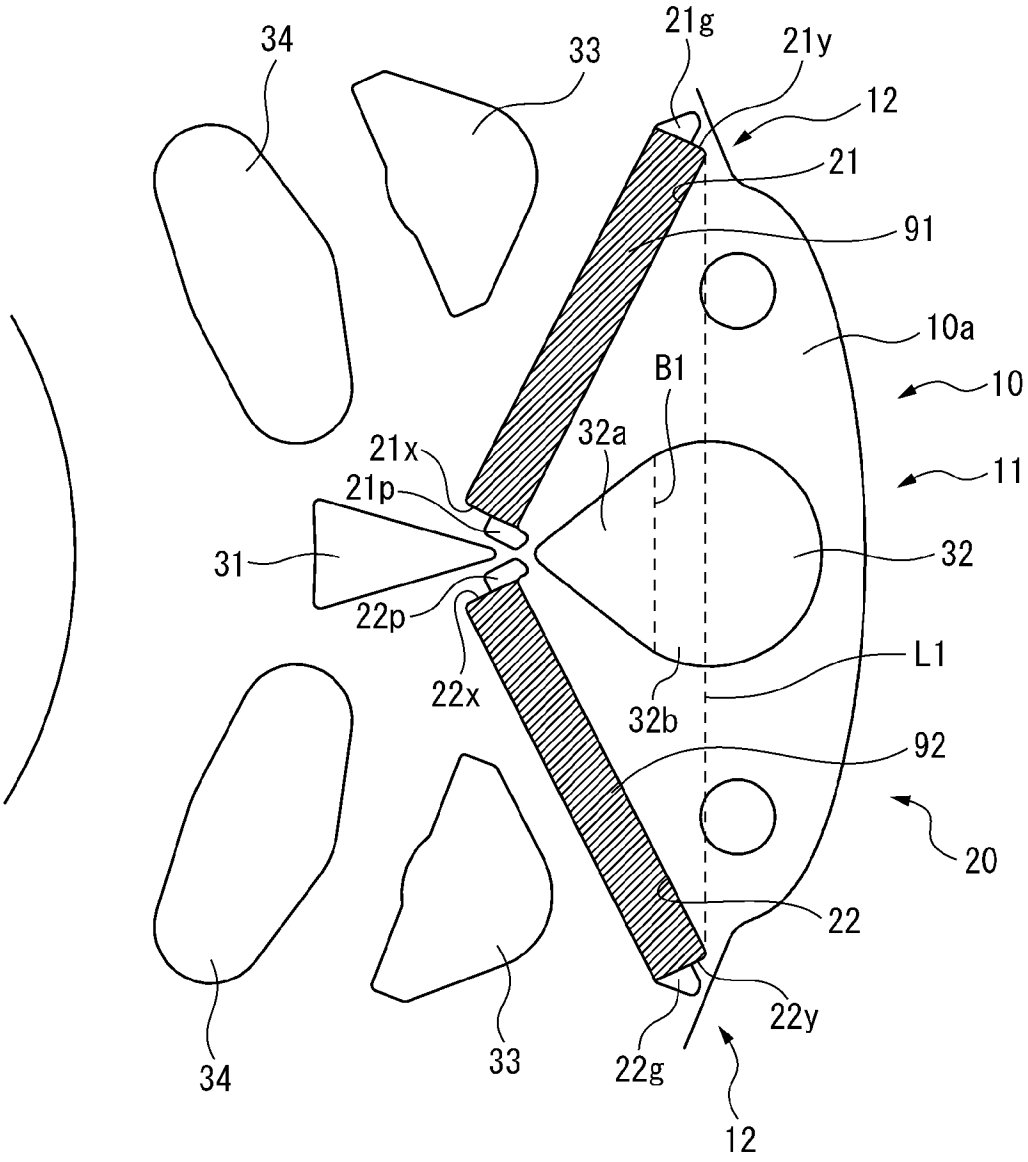
[図2]

図2



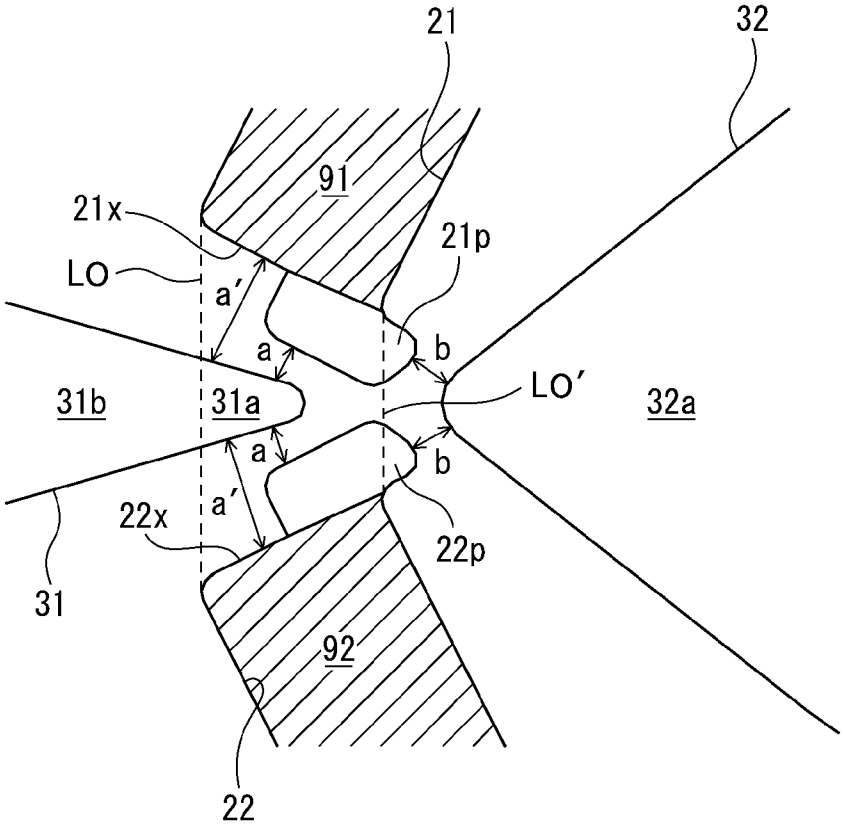
[図3]

図3


34
33
21g
21y
12
21
91
10a
B1
10
11
21x
21p
32a
31
32
22p
22x
32b
L1
92
20
22
22y
22g
12
34
33

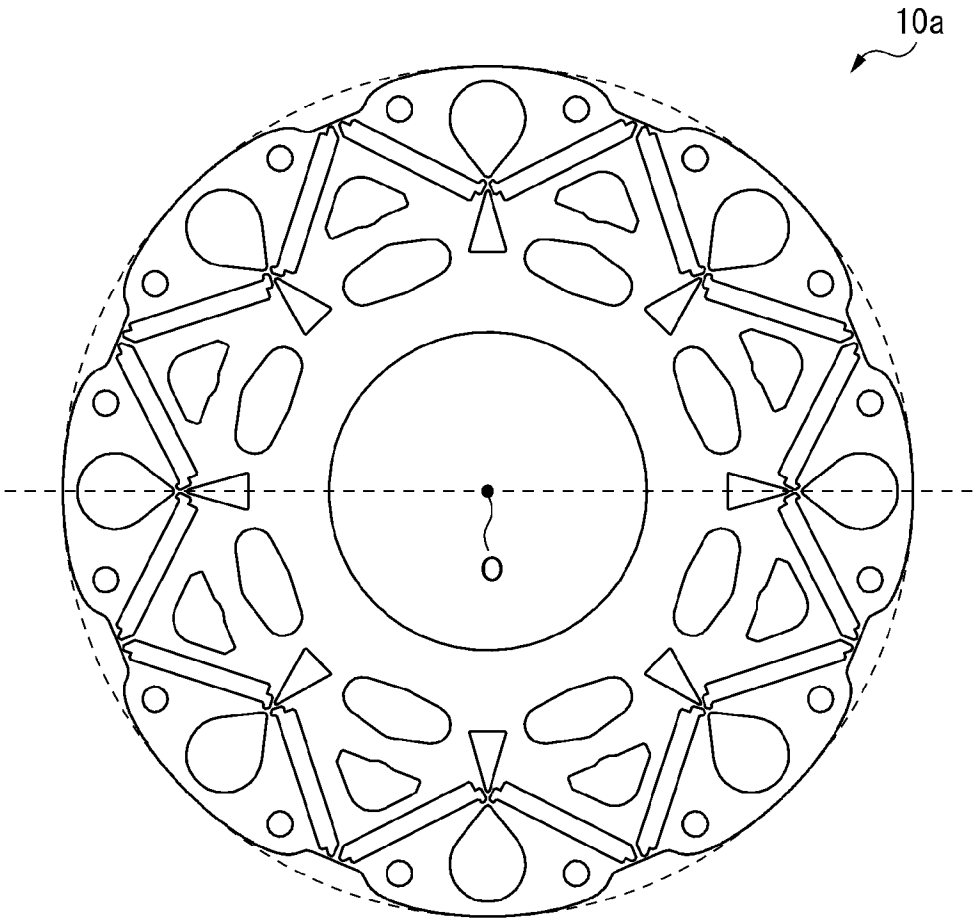
[図4]

図4



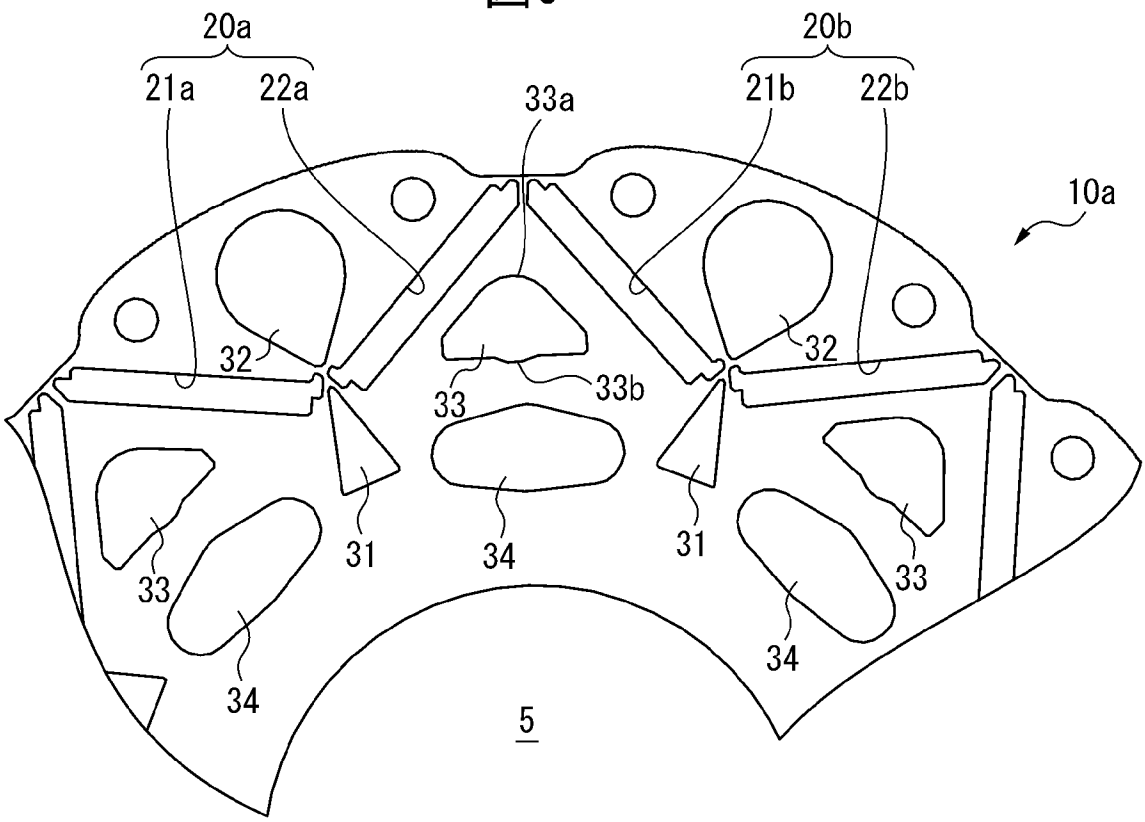
[図5]

図5



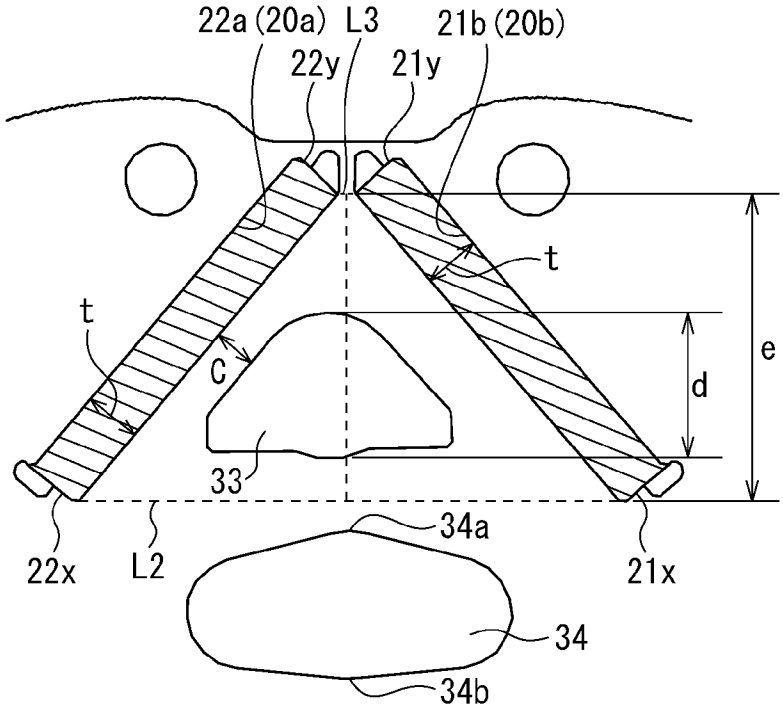
[図6]

図6


20a
21a
22a
33a
20b
21b
22b
10a
32
33
33b
32
31
34
31
33
33
34
34
5

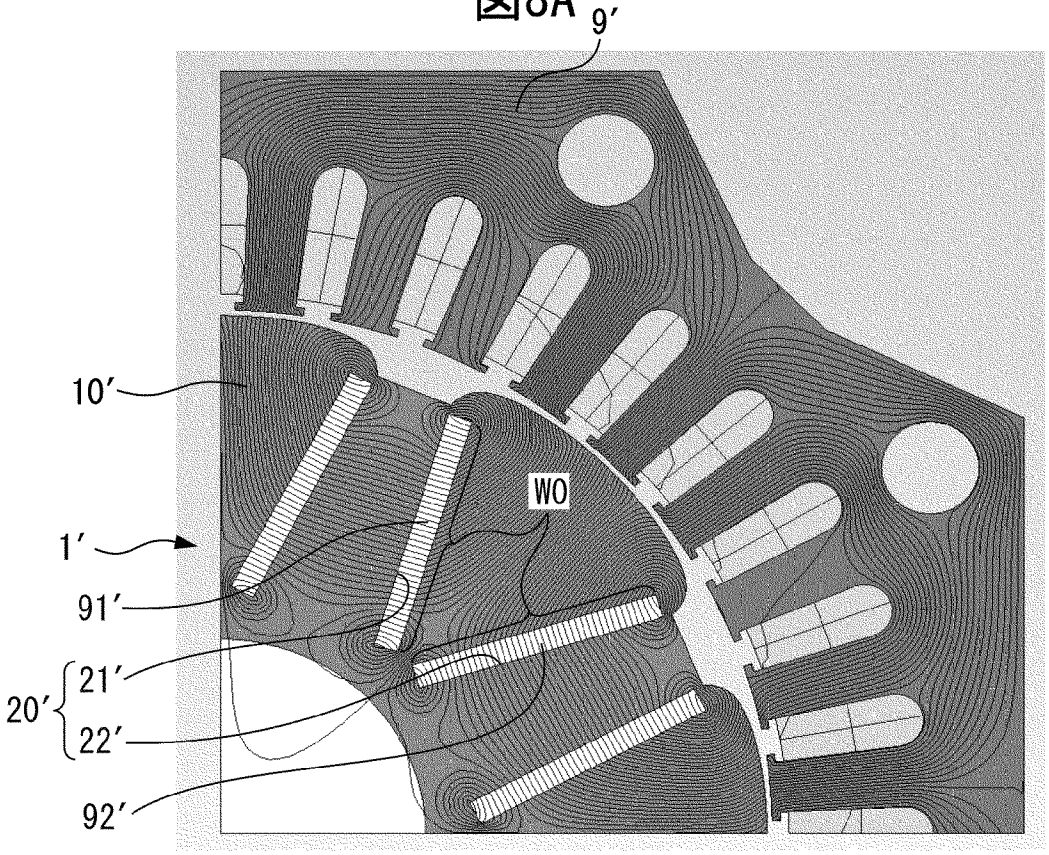
[図7]

図7


22a (20a)
L3
21b (20b)
22y
21y
t
t
C
d
e
33
34a
22x
L2
21x
34
34b

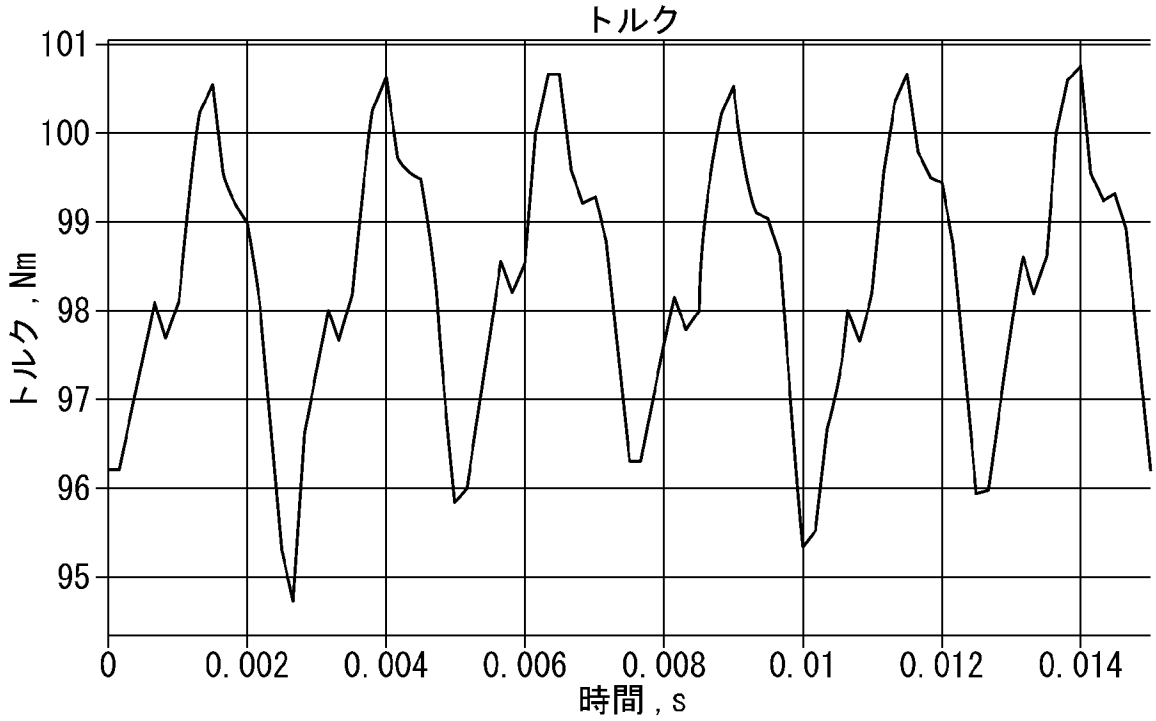
[図8A]

図8A



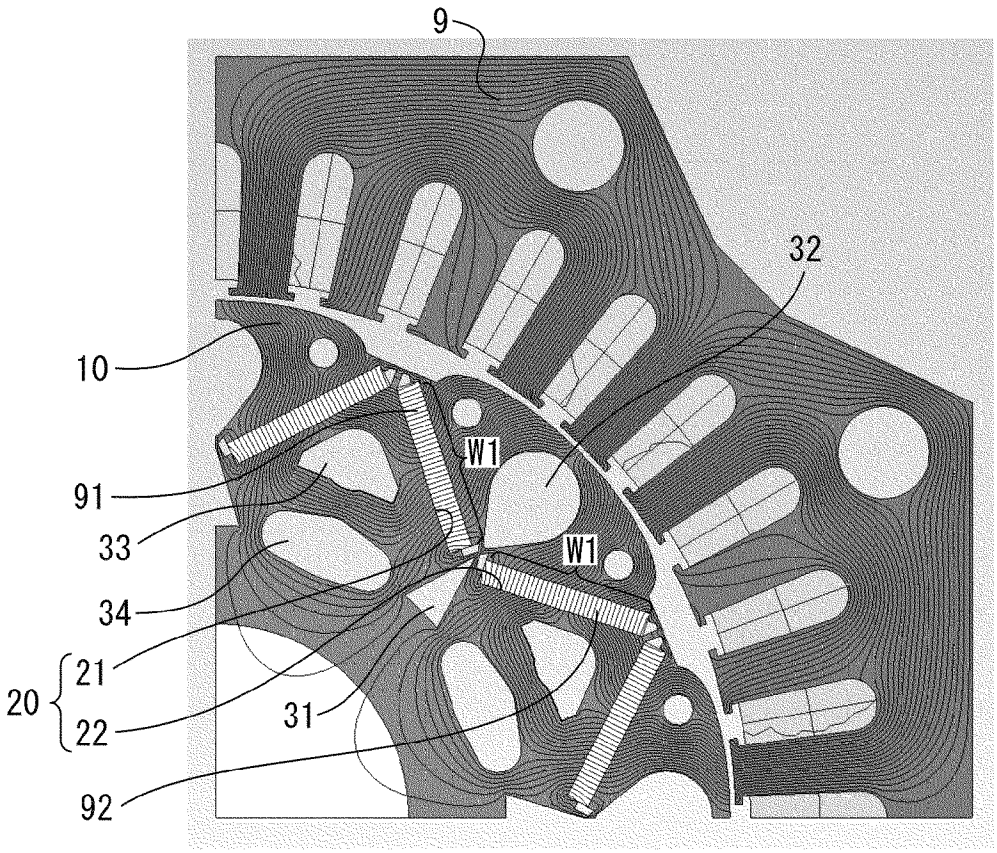
[図8B]

図8B



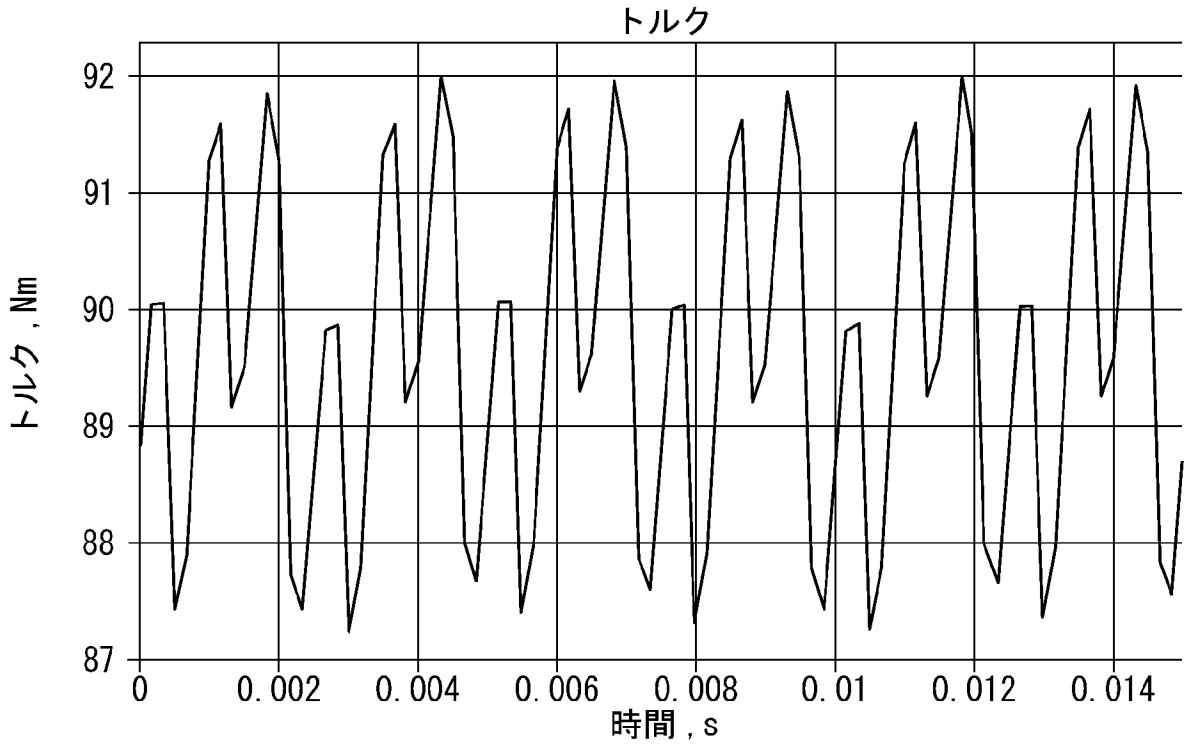
[図9A]

図9A



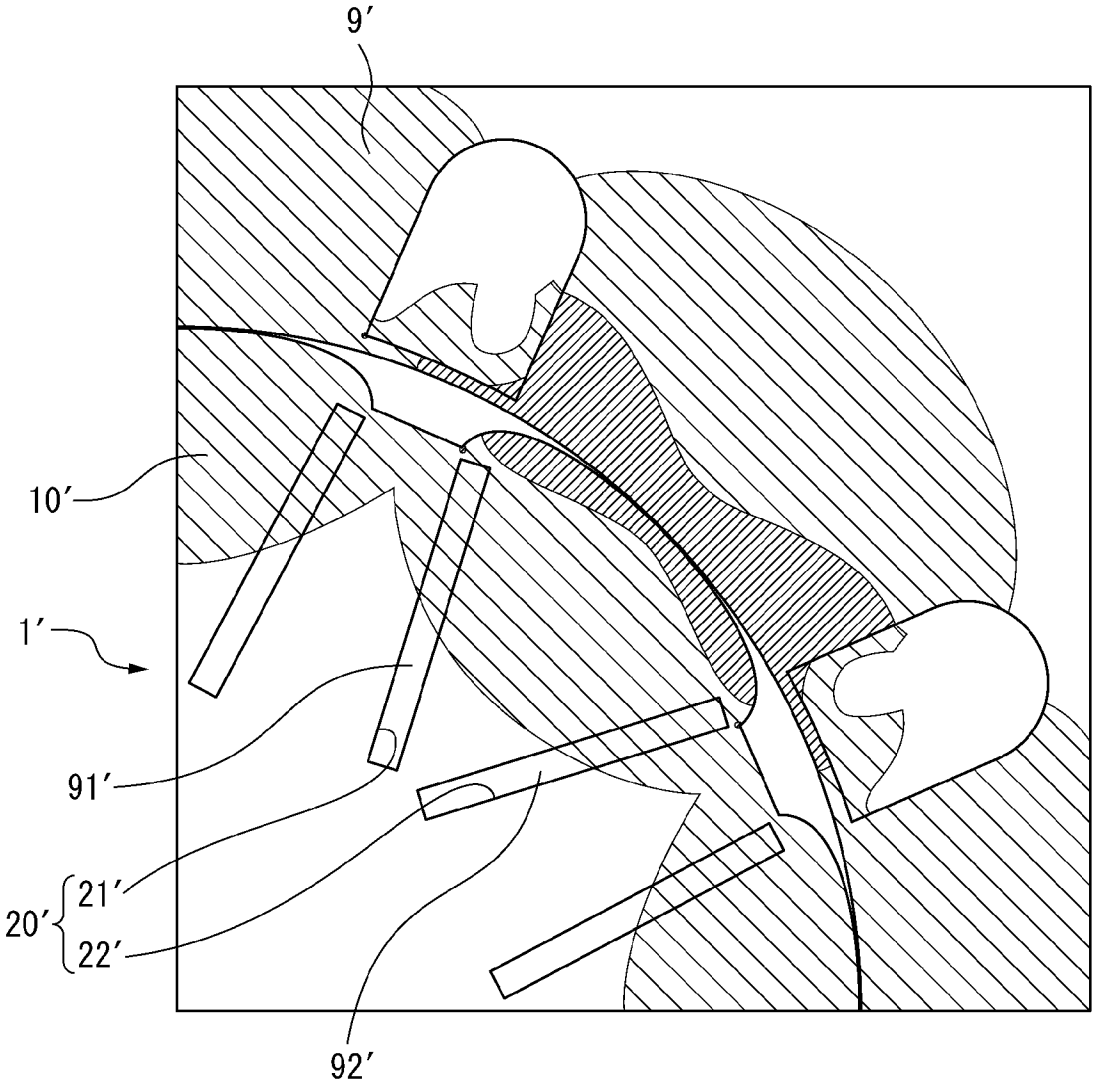
[図9B]

図9B



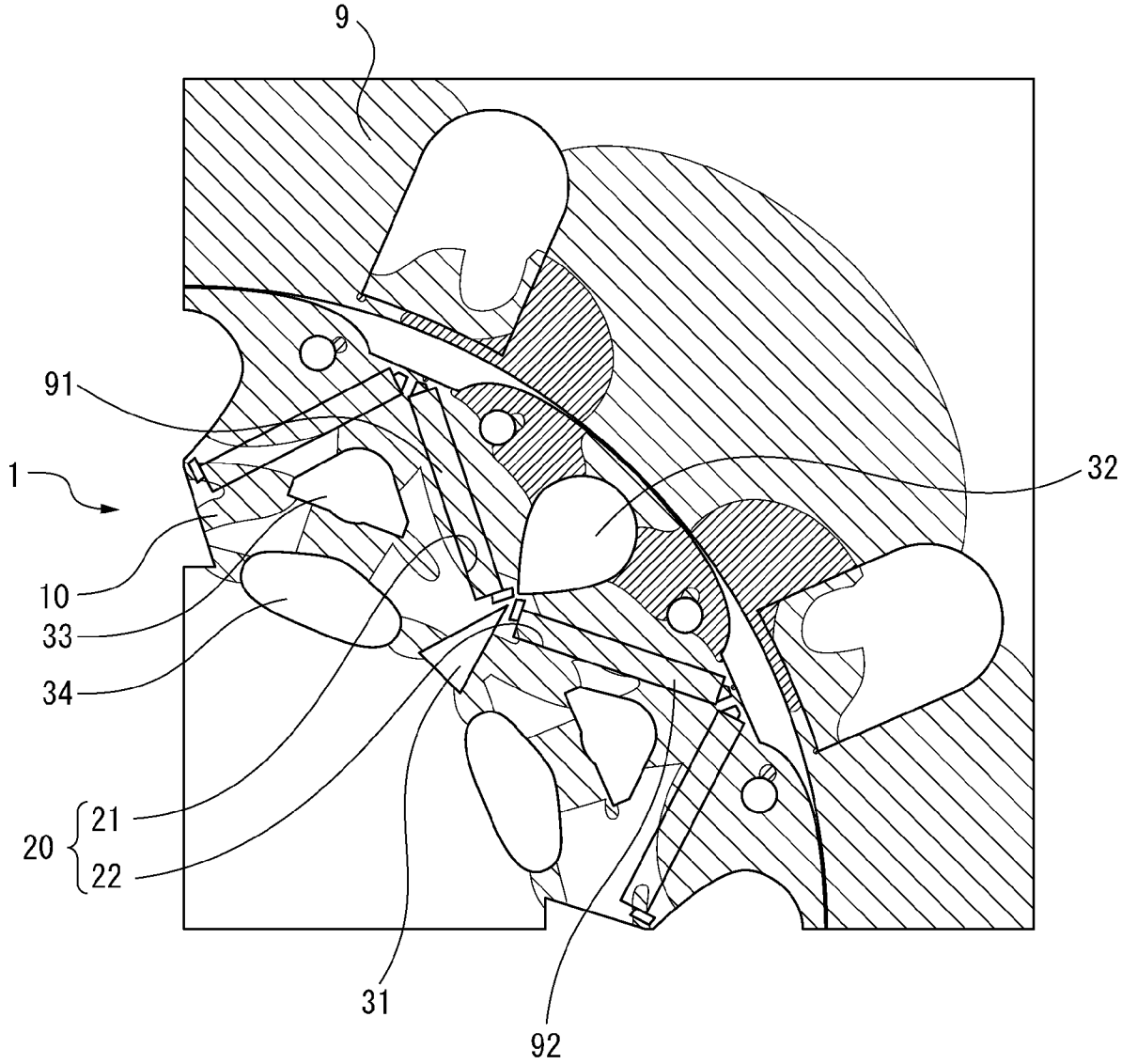
[図10A]

図10A



[図10B]

図10B



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2023/023944

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H02K 1/276(2022.01)i
FI: H02K1/276

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)

H02K1/276

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	JP 2013-027100 A (AISIN AW CO., LTD.) 04 February 2013 (2013-02-04) paragraphs [0001]-[0065], fig. 1-10	1-3
Y		4-5
A		8
X	WO 2023/053285 A1 (KABUSHIKI KAISHA TOSHIBA) 06 April 2023 (2023-04-06) paragraphs [0001]-[0057], fig. 1-6	1, 6, 13-14
Y		7, 9-12
A		8
X	JP 6848135 B1 (KABUSHIKI KAISHA TOSHIBA) 24 March 2021 (2021-03-24) paragraphs [0001]-[0050], fig. 1-8	1, 6
A		8
Y	JP 2020-188594 A (HITACHI-JOHNSON CONTROLS AIR CONDITIONING, INC.) 19 November 2020 (2020-11-19) paragraphs [0001]-[0036], fig. 1-6	4-5

☑ 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	Date of mailing of the international search report
07 August 2023	**29 August 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.

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2019-186973 A (AICHI ELEC CO.) 24 October 2019 (2019-10-24) paragraphs [0001]-[0023], fig. 1-7	4-5
Y	JP 2015-47009 A (YASKAWA ELECTRIC CORP.) 12 March 2015 (2015-03-12) paragraphs [0001]-[0038], fig. 1-9	5
Y	JP 2001-211582 A (FUJITSU GENERAL LIMITED) 03 August 2001 (2001-08-03) paragraphs [0001]-[0046], fig. 1-8	5
Y	JP 6987310 B1 (MITSUBISHI ELECTRIC CORPORATION) 22 December 2021 (2021-12-22) paragraphs [0001]-[0053], fig. 1-12	7
Y	JP 2012-075278 A (AISIN AW CO., LTD.) 12 April 2012 (2012-04-12) paragraphs [0001]-[0034], fig. 1-5	9-12
Y	JP 2000-060038 A (TOYOTA JIDOSHA KABUSHIKI KAISHA) 25 February 2000 (2000-02-25) paragraphs [0001]-[0013], fig. 1-7	9-12
Y	JP 2007-089291 A (TOYOTA JIDOSHA KABUSHIKI KAISHA) 05 April 2007 (2007-04-05) paragraphs [0001]-[0081], fig. 1-10	10
Y	JP 2015-053822 A (TOYOTA JIDOSHA KABUSHIKI KAISHA) 19 March 2015 (2015-03-19) paragraphs [0001]-[0034], fig. 1-3	10
Y	JP 2021-136785 A (HONDA MOTOR CO., LTD.) 13 September 2021 (2021-09-13) paragraphs [0001]-[0057], fig. 1-3	12
Y	JP 2020-68533 A (HONDA MOTOR CO., LTD.) 30 April 2020 (2020-04-30) paragraphs [0001]-[0095], fig. 1-5	12

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/JP2023/023944

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP 2013-027100 A	04 February 2013	US 2013/0020889 A1 paragraphs [0001]-[0076], fig. 1-10 CN 103563219 A	
WO 2023/053285 A1	06 April 2023	US 2023/0114962 A1 paragraphs [0001]-[0067], fig. 1-6	
JP 6848135 B1	24 March 2021	(Family: none)	
JP 2020-188594 A	19 November 2020	CN 111953166 A	
JP 2019-186973 A	24 October 2019	(Family: none)	
JP 2015-47009 A	12 March 2015	CN 204304642 U	
JP 2001-211582 A	03 August 2001	(Family: none)	
JP 6987310 B1	22 December 2021	US 2023/0111062 A1 paragraphs [0001]-[0108], fig. 1-12 CN 115336139 A	
JP 2012-075278 A	12 April 2012	(Family: none)	
JP 2000-060038 A	25 February 2000	(Family: none)	
JP 2007-089291 A	05 April 2007	US 2007/0063607 A1 paragraphs [0001]-[0102], fig. 1-10 CN 1937358 A	
JP 2015-053822 A	19 March 2015	(Family: none)	
JP 2021-136785 A	13 September 2021	(Family: none)	
JP 2020-68533 A	30 April 2020	US 2020/0127514 A1 paragraphs [0001]-[0125], fig. 1-5 CN 111082558 A	

国際調査報告

国際出願番号
PCT/JP2023/023944

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

H02K 1/276(2022.01)i
FI: H02K1/276

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））

H02K1/276

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	JP 2013-027100 A (アイシン・エィ・ダブリュ株式会社) 04.02.2013 (2013-02-04) 段落[0001]-[0065],図1-10	1-3
Y		4-5
A		8
X	WO 2023/053285 A1 (株式会社　東芝) 06.04.2023 (2023-04-06) 段落[0001]-[0057],図1-6	1,6,13-14
Y		7,9-12
A		8
X	JP 6848135 B1 (株式会社東芝) 24.03.2021 (2021-03-24) 段落[0001]-[0050],図1-8	1,6
A		8
Y	JP 2020-188594 A (日立ジョンソンコントロールズ空調株式会社) 19.11.2020 (2020-11-19) 段落[0001]-[0036],図1-6	4-5

☑ 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	国際調査報告の発送日
07.08.2023	29.08.2023

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）
佐藤　彰洋 3V 3936

電話番号 03-3581-1101 内線 3357

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 2019-186973 A（アイチエレック株式会社）24.10.2019（2019-10-24） 段落[0001]-[0023],図1-7	4-5
Y	JP 2015-47009 A（株式会社安川電機）12.03.2015（2015-03-12） 段落[0001]-[0038],図1-9	5
Y	JP 2001-211582 A（株式会社富士通ゼネラル）03.08.2001（2001-08-03） 段落[0001]-[0046],図1-8	5
Y	JP 6987310 B1（三菱電機株式会社）22.12.2021（2021-12-22） 段落[0001]-[0053],図1-12	7
Y	JP 2012-075278 A（アイシン・エィ・ダブリュ株式会社）12.04.2012（2012-04-12） 段落[0001]-[0034],図1-5	9-12
Y	JP 2000-060038 A（トヨタ自動車株式会社）25.02.2000（2000-02-25） 段落[0001]-[0013],図1-7	9-12
Y	JP 2007-089291 A（トヨタ自動車株式会社）05.04.2007（2007-04-05） 段落[0001]-[0081],図1-10	10
Y	JP 2015-053822 A（トヨタ自動車株式会社）19.03.2015（2015-03-19） 段落[0001]-[0034],図1-3	10
Y	JP 2021-136785 A（本田技研工業株式会社）13.09.2021（2021-09-13） 段落[0001]-[0057],図1-3	12
Y	JP 2020-68533 A（本田技研工業株式会社）30.04.2020（2020-04-30） 段落[0001]-[0095],図1-5	12

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/JP2023/023944

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP 2013-027100 A	04.02.2013	US 2013/0020889 A1 段落[0001]-[0076],図1-10 CN 103563219 A	
WO 2023/053285 A1	06.04.2023	US 2023/0114962 A1 段落[0001]-[0067],図1-6	
JP 6848135 B1	24.03.2021	（ファミリーなし）	
JP 2020-188594 A	19.11.2020	CN 111953166 A	
JP 2019-186973 A	24.10.2019	（ファミリーなし）	
JP 2015-47009 A	12.03.2015	CN 204304642 U	
JP 2001-211582 A	03.08.2001	（ファミリーなし）	
JP 6987310 B1	22.12.2021	US 2023/0111062 A1 段落[0001]-[0108],図1-12 CN 115336139 A	
JP 2012-075278 A	12.04.2012	（ファミリーなし）	
JP 2000-060038 A	25.02.2000	（ファミリーなし）	
JP 2007-089291 A	05.04.2007	US 2007/0063607 A1 段落[0001]-[0102],図1-10 CN 1937358 A	
JP 2015-053822 A	19.03.2015	（ファミリーなし）	
JP 2021-136785 A	13.09.2021	（ファミリーなし）	
JP 2020-68533 A	30.04.2020	US 2020/0127514 A1 段落[0001]-[0125],図1-5 CN 111082558 A	