

(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
2022年1月27日(27.01.2022)



(10) 国際公開番号

WO 2022/018967 A1

(51) 国際特許分類:
H02K 3/04 (2006.01) *H02K 15/04* (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2021/020342

(22) 国際出願日: 2021年5月28日(28.05.2021)

(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 2020-123623 2020年7月20日(20.07.2020) JP

(71) 出願人: 日立 *A s t e m o* 株式会社(**HITACHI ASTEMO, LTD.**) [JP/JP]; 〒3128503 茨城県ひたちなか市高場2520番地 Ibaraki (JP).

(72) 発明者: 高橋 暁史 (**TAKAHASHI Akeshi**); 〒1008280 東京都千代田区丸の内一丁目6番6号 株式会社日立製作所内 Tokyo (JP). 中山 健一(**NAKAYAMA Kenichi**); 〒3128503 茨城県ひたちなか市高場2520番地 日立 *A s t e m o* 株式会社内 Ibaraki (JP). 須藤 哲也

(SUTO Tetsuya); 〒1008280 東京都千代田区丸の内一丁目6番6号 株式会社日立製作所内 Tokyo (JP). 竹内 啓祐(**TAKEUCHI Keisuke**); 〒1008280 東京都千代田区丸の内一丁目6番6号 株式会社日立製作所内 Tokyo (JP).

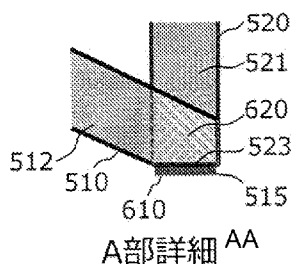
(74) 代理人: 特許業務法人開知国際特許事務所 (**KAICHI IP**); 〒1030022 東京都中央区日本橋室町四丁目3番16号 Tokyo (JP).

(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JO, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL,

(54) **Title:** ROTATING ELECTRIC MACHINE AND METHOD FOR MANUFACTURING ROTATING ELECTRIC MACHINE

(54) 発明の名称: 回転電機および回転電機の製造方法

[図1C]



AA... Detailed A portion

(57) **Abstract:** Realized is a rotating electric machine that is of high efficiency and high reliability without causing increase in physical constitution and cost. According to the present invention, rectangular wire segment coils each have a first region and a second region that is contiguous to the first region and that is formed in the circumferential direction of the stator core 10 in a manner as to include a bent portion toward the circumferential direction. A pair of rectangular wire segment coils that are adjacent to each other at coil ends, of the plurality of rectangular wire segment coils, have a conductive part by which a first region of one of the rectangular wire segment coil and a second region of the other of the rectangular wire segment coil are connected. The second region has a conductive part cross-section which is flush with an end part cross-section of the first region and the conductive part cross-section is different in direction from the coil vertical cross-section of the second region. When coil ends are seen from the axial direction of the rotating machine, a plurality of layers includes a first layer in which the first region appears at an axial end and a second layer in which the second region appears at an axial end.

ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG,
US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

- (84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

- 一 国際調査報告 (条約第21条(3))

(57) 要約: 体格やコストの増加を招くことなく高効率で信頼性の高い回転電機が実現される。角線セグメントコイルのそれぞれは第1領域部と、第1領域部と繋がり、固定子コア10の周方向への屈曲部を含んで周方向に形成される第2領域部とを有し、複数の角線セグメントコイルのコイルエンドで隣り合う角線セグメントコイルの一对は一方の角線セグメントコイルの第1領域部と、他方の角線セグメントコイルの第2領域部が接続される導電部を有する。第2領域部は第1領域部の端部断面と同一面上に並ぶ導電部断面を有し、導電部断面は第2領域部のコイル鉛直断面とは異なる方向の断面である。複数のレイヤのそれぞれはコイルエンドを回転電機の軸方向から見た場合に第1領域部が軸方向端部に現れる第1レイヤと、第2領域部が軸方向端部に現れる第2レイヤとを有する。

明 細 書

発明の名称： 回転電機および回転電機の製造方法

技術分野

[0001] 本発明は、鉄道車両、自動車、建機などに搭載される回転電機および回転電機の製造方法に関する。

背景技術

[0002] 近年、モータの高出力化を図るために大電流を流してトルクを増加する方法がとられている。大電流を流すためには、限られたモータ体積において導体断面積を大きくすることによって、導体で発生するジュール損（以下、銅損）を抑制することが重要である。

[0003] 自動車などの駆動モータでは、導体断面積を向上するために角線を用いることで銅損の低減を図ってきた。

[0004] 一般に、角線を用いる場合には、U字状コイルを固定子スロットに挿入し、そのあとに直線部を折り曲げる必要がある。この工程において、絶縁紙やコイル被膜の損傷により絶縁不良が起きたり、折り曲げ角度やスプリングバックのバラつきにより溶接不良が起きたりしやすく、信頼性確保について課題となっている。

[0005] 特許文献1に記載の技術においては、この対策として、折り曲げが不要となるよう、コイル片を第1の直線部と第2の直線部、さらに曲げ部を介した第3の直線部で構成し、コイル片の端部同士を接合する方法が提案されている。また、隣り合うコイル片の直線部の端部同士をカシメ金具で仮固定している。

先行技術文献

特許文献

[0006] 特許文献1：特開2001-37131号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

- [0007] しかしながら、特許文献1の構成では、接続部分の第3の直線部によって軸方向長が増加するので、モータ体格およびモータ重量が増加する。
- [0008] また、コイル片1個につき折り曲げ工数が2回必要であり加工コストが増加する課題がある。
- [0009] また、第3の直線部の位置ズレを防止するためにカシメ金具が必要となり、部品点数、作業工数が増加してコストが増加する問題がある。
- [0010] また、仮にカシメ金具を使用しない場合には、第3の直線部の位置ズレによって溶接不良を起こす課題が残る。
- [0011] また、同スロット内において径方向に複数のコイルレイヤを設ける場合、レイヤごとにコイルの周方向長さを変える必要があり、ここでも部品点数が増加する課題が生じる。本発明の目的は、体格やコストの増加を招くことなく高効率で信頼性の高い回転電機および回転電機の製造法方法を実現することである。

課題を解決するための手段

- [0012] 上記目的を達成するために、本発明は、次のように構成される。
- [0013] 複数の角線セグメントコイルと、前記複数の角線セグメントコイルを収納するスロットを有する固定子コアと、を備える回転電機であって、前記スロットは、前記回転電機の径方向に並ぶ複数のレイヤを有し、前記複数の角線セグメントコイルのそれぞれは、前記スロット内に配置される挿入部を有し、かつ前記回転電機の軸方向に沿って直線状に形成される第1領域部と、前記第1領域部と繋がりかつ前記固定子コアの周方向への屈曲部を含んで周方向に沿って形成される第2領域部と、を有し、前記複数の角線セグメントコイルのコイルエンドにおいて隣り合う前記角線セグメントコイルの一对は、一方の前記角線セグメントコイルの前記第1領域部と、他方の前記角線セグメントコイルの前記第2領域部が接続される導電部を有し、前記導電部において、前記第2領域部は、前記第1領域部の端部断面と同一面上に並ぶ導電部断面を有し、かつ前記導電部断面は、前記第2領域部のコイル鉛直断面とは異なる方向の断面であり、前記複数のレイヤのそれぞれは、前記コイルエ

ンドを前記回転電機の軸方向から見た場合に、前記第 1 領域部が軸方向端部に現れる第 1 レイヤと、前記第 2 領域部が軸方向端部に現れる第 2 レイヤと、を有する。

[0014] また、複数の角線セグメントコイルと、前記複数の角線セグメントコイルを収納するスロットを有する固定子コアとを備える回転電機の製造方法であって、前記スロットは、前記回転電機の径方向に並ぶ複数のレイヤを有し、前記複数の角線セグメントコイルのそれぞれは、前記スロット内に配置される挿入部を有し、かつ前記回転電機の軸方向に沿って直線状に第 1 領域部を形成し、前記第 1 領域部と繋がりかつ前記固定子コアの周方向への屈曲部を含んで周方向に沿って第 2 領域部を形成し、前記複数の角線セグメントコイルのコイルエンドにおいて隣り合う前記角線セグメントコイルの一对は、一方の前記角線セグメントコイルの前記第 1 領域部と、他方の前記角線セグメントコイルの前記第 2 領域部が接続される導電部を有し、前記導電部において、前記第 2 領域部は、前記第 1 領域部の端部断面と同一面上に並ぶ導電部断面を有し、かつ前記導電部断面は、前記第 2 領域部のコイル鉛直断面とは異なる方向の断面であり、前記複数のレイヤのそれぞれは、前記コイルエンドを前記回転電機の軸方向から見た場合に、前記第 1 領域部が軸方向端部に現れる第 1 レイヤと、前記第 2 領域部が軸方向端部に現れる第 2 レイヤと、を有する。

発明の効果

[0015] 本発明によれば、体格やコストの増加を招くことなく高効率で信頼性の高い回転電機および回転電機の製造法方法を実現することができる。

[0016] 上記した以外の課題、構成及び効果は、以下の実施形態の説明により明らかにされる。

図面の簡単な説明

[0017] [図1A]本発明の実施例 1 におけるコイル形状の説明図である。

[図1B]本発明の実施例 1 におけるコイル形状の説明図である。

[図1C]図 1 B における A 部の詳細図である。

[図1D]図 1 BにおけるB－B線に沿った断面図である。

[図1E]図 1 Cに示した例の変形例を示す図である。

[図1F]図 1 Cに示した例の他の変形例を示す図である。

[図1G]図 1 Dに示した例の変形例を示す図である。

[図2A]本発明の実施例 1 におけるコイル形状の説明図である。

[図2B]図 2 AにおけるA部の詳細図である。

[図2C]図 2 AにおけるB－B線に沿った断面図である。

[図3A]本発明の実施例 1 におけるコイル全体構成の説明図である。

[図3B]本発明の実施例 1 におけるコイル全体構成の説明図である。

[図3C]本発明の実施例 1 におけるコイル全体構成の説明図である。

[図4A]本発明の実施例 1 におけるコイルエンド長さの説明図である。

[図4B]図 4 AにおけるA部の詳細図である。

[図5A]本発明の実施例 1 におけるコイルエンドの寸法関係の説明図である。

[図5B]本発明の実施例 1 におけるコイルエンドの寸法関係の説明図である。

[図6A]本発明の実施例 1 におけるコイル周方向長さの説明図である。

[図6B]本発明の実施例 1 におけるコイル周方向長さの説明図である。

[図7]本発明の実施例 1 における径方向レイヤ数と寸法関係の説明図である。

[図8]本発明の実施例 1 におけるコイル外観の説明図である。

[図9A]本発明の実施例 2 におけるコイル形状の説明図である。

[図9B]本発明の実施例 2 におけるコイル形状の説明図である。

[図10]本発明の実施例 3 であり、本発明が適用される車両の説明図である。

発明を実施するための形態

[0018] 以下、本発明の実施例について図面を参照して説明する。

[0019] 以下の説明では、同一の構成要素には同一の記号を付してある。それらの名称および機能は同じであり、重複説明は避ける。本発明では、「コイル」の定義を亀甲巻の 1 巻、または波巻の 1 サイクルとする。例えば、コイルが 4 回巻き回された構成においては、4 巻のコイルと表現するが、以下の説明では簡単のため基本的に 1 巻のコイル（1 巻当りコイル）を対象とする。

[0020] また、1巻のコイルが複数の導体で構成される場合は、各導体をセグメントコイルと呼ぶ。また、以下の説明では自動車、鉄道車両など可変速駆動の回転電機を対象としているが、本発明の効果はこれに限定されるものではなく、一定速を含む回転電機全般に適用可能である。

[0021] また、回転機は誘導機でもよいし永久磁石同期機でもよいし巻線型同期機でもよいし、シンクロナスリラクタンス回転機でもよいし、スイッチトリラクタンス回転機でもよい。また、以下の説明では内転型の回転電機を対象としているが、外転型の回転電機でもよい。

[0022] また、コイルの材質は銅でもよいしアルミでもよいし、その他の導電材料でもよい。また、コイルの断面形状は単一の角線を対象として説明しているが、本発明の効果はこれに限定されるものではなく、複数の丸線等を整列または成形して角型に構成してもよい。

実施例

[0023] (実施例1)

以下、図1A乃至図8を用いて、本発明の実施例1について説明する。

[0024] 図1A～図1Gは本発明の実施例1における回転電機のコイル形状の説明図である。図2A～図2Cは、本発明の実施例1における回転電機のコイル形状の変形例の説明図である。図3A～図3Cは本発明の実施例1におけるコイル全体構成の説明図である。図4A及び図4Bは本発明の実施例1のコイルエンド800のコイルエンド長さの説明図である。図5A及び図5Bは本発明の実施例1のコイルエンドの寸法関係の説明図である。図6A及び図6Bは本発明の実施例1のコイル周方向長さの説明図である。図7は本発明の実施例1の径方向レイヤ数と寸法関係の説明図である。図8は本発明の実施例1のコイル外観の説明図である。

[0025] まず、本発明の実施例1におけるコイル形状について、図1A～図1Gを用いて説明する。

[0026] 図1Aにおいて、固定子コア10は径方向内周側にギャップを介して、周方向に回転自由に支持された内転型回転子（図示していない）を具備する。

固定子コア１０は、周方向に複数のスロット１００、２００、．．．を有しており、スロット１００、２００、．．．内には、複数の角線セグメントコイルである第１セグメントコイル５１０、第２セグメントコイル５２０、．．．（以下、略してコイルと呼称する場合もある）が挿入され、収納される。

[0027] コイル５１０、５２０はコイル間の絶縁を確保するために、エポキシ樹脂等の絶縁皮膜でコーティングされる。また、コイル５１０、５２０と固定子コア１０の間の絶縁確保のために、スロット１００、２００は絶縁紙や絶縁用樹脂ボビンを具備する。コイル５１０は、スロット１００内に挿入されて配置される挿入部を有しかつ軸方向に沿って直線状に形成される第１領域部５１１と、第１領域部５１１と繋がりがつ周方向への屈曲部５１２dを含んで周方向に沿って形成される第２領域部５１２と、第１領域部５１１の終端に形成される端部断面５１３と、第２領域部５１２の終端に形成される端部断面５１５とを有する。

[0028] 同様に、コイル５２０は、スロット２００への挿入部を有しかつ軸方向に沿って直線状に形成される第１領域部５２１と、第１領域部５２１と繋がりがつ周方向への屈曲部を含んで周方向に沿って形成される第２領域部５２２と、第１領域部５２１の終端に形成される端部断面５２３と、第２領域部５２２の終端に形成される端部断面５２５とを有する。

[0029] 図１Ａに示すように、予め成形したコイル５１０、５２０をそれぞれ軸方向端部であるⅠ端、Ⅱ端からそれぞれ挿入する。このとき、図１Ｂに示す破線で囲んだＡ部の詳細を示す図１Ｃのように、挿入されたコイル５１０の第２領域部端部断面５１５は、コイル５２０の第１領域部端部断面５２３と同一断面上に配置され、線状導電部６１０によってコイル５１０と５２０が電氣的・機械的に接続される。

[0030] このとき、コイル５１０の第２領域部端部断面５１５は、コイル５１０の第２領域部５１２における鉛直断面５１４（図１Ｂに示す）とは異なる。また、線状導電部６１０は、軸方向に延びる直線部を有していない点で従来の

TIG溶接部とは異なる。このような線状導電部610は、電子ビーム溶接やレーザー溶接によって実現され、図1DのB-B断面に示すように、コイルエンドを軸方向から見た場合に、周方向に延びる溶接線を形成することが特徴である。周方向に延びる溶接線とは、線状導電部610のことである。

[0031] 線状導電部610の代わりに、又は線状導電部610と共に、図1CのA部詳細に示す面状導電部620によってコイル510と520を電氣的・機械的に接続してもよい。面状導電部620は、コイル510の第2領域部512端部の径方向内周面と、コイル520の第1領域部521端部の径方向外周面とを接触させて形成している点が特徴である。

[0032] この場合においても、軸方向に延びる直線部を有していない点で従来のTIG溶接部とは異なる。面状導電部620において、コイル510とコイル520は絶縁皮膜を剥離した状態で、または電気導通を確保した状態で互いに接触する。コイル510とコイル520の間には、導電性ペースト、導電性シート、導電性接着剤などの導電性部材を介してもよい。そのほかにも、コイル510とコイル520の少なくとも一方の端部に予め金属メッキ処理を施して、面状導電部620を形成する際に金属メッキを介すことで導電性を向上させても良い。

[0033] さらに、前述の金属メッキ材として亜鉛やスズなど比較的融点の低い材料を使用し、図1Bに示した状態で金属メッキ材が溶融するまで加熱処理することで、金属メッキ材を介して面状導電部620を電氣的のみならず機械的に接続しても良い。

[0034] また、面状導電部620と線状導電部610とを同時に設けても良い。

[0035] ここで、コイル510の第2領域部端部断面515の形状は、コイル510を切断するときの切断方向や切断荷重等を調整することで鉛直断面514と異なるように成形してもよいし、その他の方法によって異なるように成形してもよい。

[0036] また、端部断面515はコイル520の第1領域部端部断面523と同一断面上に配置されていればよく、図1Bに示す形態に限らず、その他のどの

ような形態でもよい。

[0037] 例えば、図 1 E、図 1 F に示すように、コイル 5 2 0 の端部断面 5 2 3 がコイル 5 2 0 の鉛直断面と異なる場合においては、コイル 5 1 0 の端部断面 5 1 5 がコイル 5 2 0 の端部断面 5 2 3 と同一断面上に配置されるように切断方向を調整すればよい。この場合においても、コイル 5 1 0 と 5 2 0 は線状導電部 6 1 0 と面状導電部 6 2 0 のいずれかまたは両方によって電氣的・機械的に接続される。

[0038] 前述のような形態が確保されているのであれば、コイル 5 1 0 の端部断面 5 1 5 とコイル 5 2 0 の端部断面 5 2 3 とは、必ずしも周方向位置が一致した状態でなくてもよく、図 1 G に示すように周方向にずれて位置してもよい。図 1 G では、コイル 5 2 0 の端部断面 5 2 3 の周方向幅 w_c に対して、端部断面 5 1 5 の周方向幅を加算し、かつ両者の重なり部分の周方向幅を減算した長さを w_a としており、 $w_c < w_a$ となっている。この状態においても、コイル 5 1 0 と 5 2 0 は線状導電部 6 1 0 と面状導電部 6 2 0 のいずれかまたは両方によって電氣的・機械的に接続される。

[0039] したがって、コイルの位置ズレを防止する必要性がなくなるため、カシメ金具等による位置合わせが不要となる。

[0040] 以上のように、本発明によれば、予め成形したコイルを固定子コア 1 0 に挿入するだけでよいので、絶縁紙やコイル被膜の損傷により絶縁不良が起きたり、折り曲げ角度やスプリングバックのバラつきにより溶接不良が起きたりする課題を解決することができる。

[0041] また、接続部分には軸方向に延びる直線部が存在しないため、軸方向長が増加してモータ体格およびモータ重量が増加する課題を解決することができる。

[0042] また、コイル当りの折り曲げ工数が 1 回で良いので、コイル成形において加工コストが増加する課題を解決することができる。

[0043] また、接続部分での位置ズレ防止用のカシメ金具が不要となるため、部品点数、作業工数が増加してコストが増加する課題を解決することができる。

- [0044] 続いて、本発明の実施例１における変形例のコイル形状について図２Ａ～図２Ｃを用いて説明する。図１Ａ～図１Ｇに示した例と図２Ａ～図２Ｃに示した例との違いは、コイル５１０の端部断面５１５の形状である。
- [0045] 図２ＢのＡ部詳細に示すように、コイル５１０の端部断面５１５の周方向幅は w_b であり、コイル５２０の端部断面５２３の周方向幅 w_c に対して、 $w_c < w_b$ となっている。
- [0046] 一方、図２ＡのＢ－Ｂ断面を示す図２Ｃにおいて、スロット１００は、回転電機径方向に並ぶ第１レイヤ１１０、第２レイヤ１２０、第３レイヤ１３０、第４レイヤ１４０を有する。
- [0047] 第１レイヤ１１０には第１セグメントコイル５１０の第２領域部５１２が現れ、第２レイヤ１２０には第２セグメントコイル５２０の第１領域部端部断面５２３が現れ、第３レイヤ１３０には第３セグメントコイル５３０（図８に示す）の第２領域部５３２が現れ、第４レイヤ１４０には第４セグメントコイル５４０（図８に示す）の第１領域部端部断面５４３が現れる。
- [0048] コイル５１０と５２０は、線状導電部６１０と面状導電部６２０のいずれかまたは両方によって電氣的・機械的に接続される。前述のような形態が確保されているのであれば、コイル５１０の端部断面５１５とコイル５２０の端部断面５２３とは、図２Ｃに示すＢ－Ｂ断面のように、周方向に w_1 だけずれて位置してもよい。
- [0049] 同様に、コイル５３０と５４０は、線状導電部６３０と面状導電部６４０のいずれかまたは両方によって電氣的・機械的に接続される。前述のような形態が確保されているのであれば、コイル５３０の端部断面５３５とコイル５４０の端部断面５４３とは、図２Ｃに示すＢ－Ｂ断面のように、周方向に w_2 だけずれて位置してもよい。
- [0050] なお、コイル５２０とコイル５３０との間にはレイヤ間空隙４００を設けることでレイヤショートを回避することができる。レイヤ間空隙４００には絶縁紙、絶縁シート、絶縁樹脂など非導電性かつ非磁性の材料を配置しても良い。

- [0051] また、コイル520、530の絶縁皮膜が十分な絶縁耐力を有しているのであれば、レイヤ間空隙400には金属材料を配置しても良い。
- [0052] このように、コイル510の端部断面515とコイル520の端部断面523とが $w_c < w_b$ の関係となるように構成することで、コイルの位置ズレの発生を厳格に防止する必要性がなくなるため、カシメ金具等による位置合わせが不要となる。
- [0053] また、コイル510、520と異なるレイヤに配置されるコイル530、540の接続においても、コイルの位置ズレの発生を厳格に防止する必要性がなくなるため、カシメ金具等による位置合わせが不要となる。
- [0054] また、同一種類のコイルを複数のレイヤで兼用できるので、レイヤごとにコイルの周方向長さを変える必要が無くなり、部品点数が増加する課題を解決することができる。
- [0055] 次に、本発明の実施例1におけるコイルの全体構造について図3A、図3B及び図3Cを用いて説明する。図3Bは径方向外周側から見た平面図、図3A及び図3Cは、それぞれの軸方向から見た側面図である。図1A～図1Gに示した例との違いは、第1レイヤ110の周方向にコイル510a、510b、510cが並んでおり、第2レイヤ120の周方向にコイル520a、520b、520cが並んでいる点である。
- [0056] I端において、コイル510aとコイル520bとは線状導電部610aによって、コイル510bとコイル520cとは線状導電部610bによってそれぞれ電氣的・機械的に接続される。I端のコイルエンドを軸方向から見た場合に、第1レイヤ110にはコイル510a、510b、510cの第2領域部512a、512b、512cが現れ、第2レイヤ120にはコイル520b、520cの第1領域部521b、521cが現れる。
- [0057] 一方、II端において、コイル520aとコイル510bとは線状導電部620aによって、コイル520bとコイル510cとは線状導電部620bによってそれぞれ電氣的・機械的に接続される。II端のコイルエンドを軸方向から見た場合に、第1レイヤ110にはコイル510b、510cの

第1領域部511b、511cが軸方向端部である11端に現れ、第2レイヤ120にはコイル520a、520b、520cの第2領域部522a、522b、522cが軸方向端部である11端に現れる。

[0058] 本発明のコイル構成では、このようにセグメントコイル510a、510b、510cは第1レイヤに、セグメントコイル520a、520b、520cは第2レイヤに配置されるため、コイルが異なるレイヤに移動することが無い。

[0059] すなわち、セグメントコイルは第1領域部と第2領域部との間に1箇所の屈曲部を有するだけなので、コイル成形において曲げ工程が1回のみで良くなり、加工コストが増加する課題を解決することができる。

[0060] なお、図3A～図3Cにおいて、コイルエンド部は線状導電部610（610a、610b）の代わりに面状導電部620（620a、620b）で電氣的・機械的に接続されても良いし、その両方を使用しても良い。

[0061] また、コイル端部の形態に関しても、図3A～図3Cの形態に限定されるものではなく、図1A～図1G、図2A～図2Cまたはその他の形態でも良い。

[0062] 続いて、本発明におけるコイルエンド長さについて図4A及び図4Bを用いて説明する。図4Bは、図4Aに示したA部の詳細図である。

[0063] 図4A及び図4Bにおいて、第1レイヤの周方向にはコイル510a、510bが並んでいる。コイル510aは、固定子ティース20の間に配置された6スロットのコイルからなり、相数 $m=3$ 、每相每極スロット数 $q=2$ 、極ピッチ τ_p に対して巻線スパン $W=\tau_p$ となる分布巻の巻線配置である。

[0064] 図4Aの左から順にスロット番号1～7を割り当てると、スロット1に挿入されたコイル510a、u1は、5つスロットを跨り、スロット7の第2レイヤに挿入されたコイル520b、u1（図示していない）と接続される。

[0065] 同様に、スロット2、3、...に挿入されたコイル510a、u2、コ

イル510a、v1、．．．はそれぞれ5つスロットを跨り、スロット8、9、．．．の第2レイヤに挿入されたコイル520b、u2、コイル520b、v1、．．．（図示していない）に接続される。

[0066] 図4Aからわかるように、いずれのコイルも同一形状を有しており、コイルエンドの軸方向長さ（以下、略してコイルエンド長と呼称） l_e も同一となる。コイルエンド長 l_e は跨るスロット数が多いほど大きくなる。すなわち、相数 m 、毎相毎極スロット数 q 、巻線スパン W/τ_p （ ≤ 1 ）が大きいほど増加する。コイルエンド長 l_e の増加はモータ体格およびモータ重量の増加を招くため、 l_e を可能な限り小さくすることが重要である。

[0067] そこで、本発明では、以下に示すように、コイルエンド長さ l_e を定式化した上で、コイルエンド長さ l_e が最小化される寸法条件を新たに見出した。

[0068] まず、コイルエンド長 l_e の定式化にあたって、コイルが跨るスロット数を「軸方向レイヤ数 N_z 」と呼称し、次式（1）のように定義する。

[0069] [数1]

$$N_z = \frac{W}{\tau_p} \times q \times m \quad (1)$$

[0070] 図4Aに示した例では $N_z = 6$ である。図4Aからも明らかなように軸方向レイヤ数 N_z の増加に伴いコイルエンド長 l_e は増加する。

[0071] 図4BのA部詳細に示す寸法関係を用いることで、コイルエンド長 l_e は次式（2）のように定式化できる。

[0072] [数2]

$$l_e = w_t \cdot \tan \beta + N_z \cdot \frac{w_c}{\cos \beta} + (N_z - 1) \cdot \frac{w_i}{\cos \beta} \quad (2)$$

[0073] ただし、 w_t ：固定子ティース20の幅、 w_s ：スロット幅、 w_c ：コイル幅、 w_i ：コイルエンドにおけるコイル同士の間隔、 β ：固定子コア10の軸方向端面に対するコイル傾斜角である。

[0074] また、傾き β に関しても図 4 B の A 部詳細の寸法関係を用いることで、次式 (3) で表せる。

[0075] [数3]

$$\sin \beta = \frac{w_c + w_i}{w_s + w_t} \quad (3)$$

[0076] 一般的な回転電機においては、 $w_c \doteq w_s$ 、 $w_c \gg w_i$ の近似が成り立つので、これを上記式 (2)、(3) に適用すると次式 (4)、(5) が得られる。

[0077] [数4]

$$\ell_e \approx w_t \cdot \tan \beta + N_z \cdot \frac{w_s}{\cos \beta} \quad (4)$$

[0078] [数5]

$$\beta \approx \sin^{-1} \frac{w_s}{w_s + w_t} \quad (5)$$

[0079] 上記式 (4)、(5) より、コイルエンド長 ℓ_e 、コイル傾斜角 β は、 w_s 、 w_t 、 N_z の関数であることがわかる。ここで、ティース幅 w_t とスロット幅 w_s の比 r_w を次式 (6) のように定義する。

[0080] [数6]

$$r_w = \frac{w_t}{w_s} \quad (6)$$

[0081] 式 (6) を用いると式 (4)、(5) は次式 (7)、(8) のように表すことができる。

[0082] [数7]

$$\ell_e = \left(r_w \cdot \tan \beta + \frac{N_z}{\cos \beta} \right) \cdot w_s \quad (7)$$

[0083] [数8]

$$\beta = \sin^{-1} \frac{1}{1 + r_w} \quad (8)$$

[0084] 式(7)、(8)において、任意の軸方向レイヤ数 N_z に対して $r_w = 0.1$ （ティース幅 w_t がスロット幅 w_s の $1/10$ ）としたときのコイルエンド長 l_e を基準値とすると、 r_w の変化に対してコイルエンド長 $l_e(r_w)$ は次式(9)で表される。

[0085] [数9]

$$\frac{l_e(r_w)}{l_e(r_w = 0.1)} = \frac{r_w \cdot \tan \beta + \frac{N_z}{\cos \beta}}{0.1 \cdot \tan \beta + \frac{N_z}{\cos \beta}} \quad (9)$$

[0086] 上記式(9)の左辺と r_w の関係を図5Aに示す。代表例として $N_z = 2$ 、 $N_z = 12$ の曲線のみ指し示しており、両者の曲線の間に描かれている $N_z = 3, 4, \dots, 11$ の曲線に関しては指示を省略した。

[0087] 図5Aより、 r_w を大きくするほどコイルエンド長 l_e を低減できることがわかる。ただし、 $r_w > 0.5$ （ティース幅 w_t がスロット幅 w_s の半分以上）の範囲においては、コイルエンド長 l_e はほぼ一定値に収束しており、この傾向はいずれの N_z においても同様である。

[0088] 一方で、式(8)より得られる β と r_w の関係を図5Bに示す。 β は r_w のみの関数なので N_z とは無関係である。

[0089] 図5Bより、 β は r_w の増加に伴い減少しており、これがコイルエンド長 l_e の低減に寄与していることがわかる。ただし、 $r_w > 10$ （ティース幅 w_t がスロット幅 w_s の10倍以上）の範囲においては β の低減傾向がほぼ収束しており、コイルエンド長低減に対して大きな効果が見込めない。

[0090] 以上より、本発明ではコイルエンド長 l_e を最小化できる寸法条件として以下を見出した。

[0091]

[数10]

$$0.5 \leq \frac{w_t}{w_s} \leq 10 \quad (10)$$

[0092] 続いて、本発明の実施例1におけるコイルエンド周方向長さについて図6A及び図6Bを用いて説明する。

[0093] 図6Aにおいて、第1スロット100は4つのレイヤで構成され、径方向外周側から順に第1レイヤ110、第2レイヤ120、第3レイヤ130、第4レイヤ140が配置されている。第2スロット200においても4つレイヤで構成される点は同様である。スロット100の第1レイヤ110には第1セグメントコイル510aの第1領域部511a（図示していない）が挿入されており、コイルエンド部には図6Aに示すように、第2領域部512aと第2領域部端部断面515aが現れる。

[0094] 第2スロット200の第2レイヤには第2セグメントコイル520bの第1領域部端部断面523bが現れる。コイル510aとコイル520bとは線状導電部610によって電氣的・機械的に接続される。

[0095] 同様に、スロット100の第3レイヤ130には第3セグメントコイル530aの第1領域部531a（図示していない）が挿入されており、コイルエンド部には図6Aに示すように、2領域部532aと第2領域部端部断面535aが現れる。

[0096] 第2スロット200の第4レイヤには第4セグメントコイル540bの第1領域部端部断面543bが現れる。コイル530aとコイル540bとは線状導電部630によって電氣的・機械的に接続される。

[0097] なお、図6Aでは上記コイル配置に関して議論できればよいので、その他のコイルに関しては記載を省略している。

[0098] 図6Aを径方向外周側から見たときのコイル510a、520bの配置を図6Bに示す。図6Bにおいて、コイル510aの第2領域部512aの端部断面515aの周方向幅は w_b であり、コイル520bの周方向幅 w_c に対して $w_c < w_b$ となっている。コイル510aの第2領域部512aは固

定子コア 10 の軸方向端面に対して角度 β だけ傾斜している。

[0099] 図 6 A 及び図 6 B に示すように、コイル 510 a の端部断面 515 a の右端と、コイル 520 b の端部断面 523 b の右端とは、周方向位置が一致するように配置されている。このとき、線状導電部 610 の周方向幅はコイル 520 b の周方向幅 w_c と同等である。

[0100] 一方で、コイル 530 a とコイル 510 a とは同一形状であるので、図 6 A に示すようにコイル 530 a の端部断面 535 a の右端と、コイル 540 b の端部断面 543 b の右端とは、周方向位置が一致していない。この状態においても、コイル接続部の接触抵抗抑制と抵抗バラツキ抑制を図るためには、線状導電部 630 の周方向幅をコイル 540 b の周方向幅 w_c と同等に維持することが重要である。

[0101] そこで、本発明の実施例 1 では、以下に示すようにスロット内の径方向位置に依らず、いずれのコイル接続部においても線状導電部の周方向幅がコイル幅 w_c と同等となる寸法条件を新たに見出した。

[0102] まず、図 6 B に示す寸法関係を用いることで w_b の最大値は次式 (11) のように定義できる。

[0103] [数11]

$$w_b \leq \frac{w_c}{\sin \beta} \quad (11)$$

[0104] w_b の大きさは、例えば図 2 B に示した A 部詳細のような形状とすることで低減可能であり、最大となるのは図 6 B に示すように端部断面 515 a 右端が鋭角となるときである。

[0105] また、図 6 A に示す第 1 スロット 100 と第 2 スロット 200 の周方向距離 θ_r は次式 (12) のように定義できる。

[0106] [数12]

$$\theta_r = \frac{W/\tau_p \cdot m \cdot q}{P \cdot m \cdot q} \times 2\pi = \frac{W \cdot 2\pi}{\tau_p \cdot P} \quad (12)$$

[0107] ただし、式（１２）において、 P は極数、 m は相数、 q は毎相毎極スロット数、 τ_p は極ピッチ、 W は巻線スパンである。

[0108] 図６Ｂに示す第１レイヤ１１０のコイル５１０ａの周方向長さ w_θ は、図６Ａに示す寸法関係を用いることで、次式（１３）で表される。

[0109] [数13]

$$w_\theta = \theta_r \cdot (R_s - w_h) + w_c \quad (13)$$

[0110] ただし、式（１３）において、 R_s はスロット半径、 w_h はコイル厚、 w_c はコイル幅である。

[0111] 本発明の実施例１では、第１レイヤ１１０のコイル５１０ａ、第３レイヤ１３０のコイル５３０ａそれぞれの周方向長さ $w_{\theta 1}$ 、 $w_{\theta 3}$ を同等とするので次式（１４）が成り立つ。

[0112] [数14]

$$w_{\theta 1} = w_{\theta 3} = w_\theta \quad (14)$$

[0113] この場合、第２スロット２００において、線状導電部６３０の周方向幅をコイル５４０ｂの周方向幅 w_c と同等に維持するためには、コイル５３０ａの端部断面５３５ａの左端がコイル５４０ｂの端部断面５４３ｂ左端よりも左側に位置すれば良く、次式（１５）を満足していれば良い。

[0114] [数15]

$$w_\theta - w_b \leq \theta_r \cdot (R_s - 3w_h) \quad (15)$$

[0115] 上記式（１５）において、左辺はコイル５３０ａの周方向左端を起点として端部断面５３５ａの左端までの周方向長さであり、右辺はコイル５３０ａの周方向左端を起点としてコイル５４０ｂの端部断面５４３ｂの左端までの周方向長さを示している。

[0116] 式（１５）の関係が満足されれば、端部断面５３５ａの周方向幅 w_b の範

囲に端部断面 540b が必ず収まる構成となるので、線状導電部 630 の周方向幅をコイル 540b の周方向幅 w_c と同等に維持することができ、コイル接続部における接触抵抗の抑制と抵抗バラツきの抑制とを実現できる。

[0117] 式 (15) に式 (13) を代入し、かつ径方向レイヤ数 N_r の場合に一般化すると次式 (16) が得られる。

[0118] [数16]

$$\theta_r \cdot (R_s - w_h) + w_c - w_b \leq \theta_r \{R_s - (N_r - 1) \cdot w_h\} \quad (16)$$

[0119] 式 (16) を w_b について整理すると次式 (17) を得る。

[0120] [数17]

$$w_b \geq \theta_r \cdot (N_r - 2) \cdot w_h + w_c \quad (17)$$

[0121] 式 (11)、(12) 及び (16) より、スロット内の径方向位置に依らず、いずれのコイル接続部においても線状導電部の周方向幅がコイル幅 w_c と同等となる寸法条件は次式 (18) のように定義できる。

[0122] [数18]

$$\frac{W \cdot 2\pi}{\tau_p \cdot P} \cdot (N_r - 2) \cdot w_h + w_c \leq w_b \leq \frac{w_c}{\sin \beta} \quad (18)$$

[0123] これにより、コイル接続部における接触抵抗の抑制と抵抗バラツきの抑制を実現しつつ、同一種類のコイルを複数のレイヤで兼用できるので、レイヤごとにコイルの周方向長さを変える必要が無くなり、部品点数が増加する課題を解決することができる。

[0124] 続いて、以下では、設計自由度の向上を目的として、コイル断面アスペクト比 w_h / w_c (コイル厚 : コイル幅の比) の最適条件を新たに見出す。

[0125] まず、上記式 (18) において、各辺をコイル幅 w_c で除算すると、次式 (19) が得られる。

[0126]

[数19]

$$\frac{W \cdot 2\pi}{\tau_p \cdot P} \cdot (N_r - 2) \cdot \frac{w_h}{w_c} + 1 \leq \frac{w_b}{w_c} \leq \frac{1}{\sin \beta} \quad (19)$$

[0127] 上記式(6)、(8)及び(10)と、図5Bより、本発明の実施例1においては、ティース幅 w_t とスロット幅 w_s の比 r_w が、上限値($r_w = 10$)をとるときに β は最小値($\beta = 0.091 \text{ rad} = 5.2 \text{ deg.}$)となる。

[0128] このとき、式(19)の右辺 $1/\sin \beta$ は最大値の11となる。したがって、式(19)の左辺に関しては次式(20)が成り立つ。

[0129] [数20]

$$\frac{W \cdot 2\pi}{\tau_p \cdot P} \cdot (N_r - 2) \cdot \frac{w_h}{w_c} + 1 < 11 \quad (20)$$

[0130] 上記式(20)を径方向レイヤ数 N_r について整理すると次式(21)が得られる。

[0131] [数21]

$$N_r < \frac{10 \cdot P}{W/\tau_p \cdot 2\pi} \cdot \frac{1}{w_h/w_c} + 2 \quad (21)$$

[0132] 上記式(21)からわかるように、径方向レイヤ数 N_r の上限値は、極数 P 、コイル断面アスペクト比 w_h/w_c の関数となる。図7は、任意の極数 P における径方向レイヤ数 N_r と w_h/w_c の関係を示すグラフである。図7では代表例として極数 $P = 2, 4, 8, 16, 32, 64$ の場合を示す。

[0133] 図7において、任意の極数 P において、図示される曲線よりも小さい径方向レイヤ数 N_r であれば、設計値として選択可能であることを示している。すなわち、アスペクト比 w_h/w_c の増加に伴い、選択可能な N_r の範囲が小さくなることがわかる。

[0134] また、極数 P が小さくなるほど選択可能な N_r の範囲が小さくなることが

わかる。

[0135] 一般に、モータ設計においては様々な顧客ニーズ（ここでは特に電圧・電流の仕様）に対応するために、径方向レイヤ数 N_r の調整が重要となる。したがって、径方向レイヤ数 N_r の上限値を高い水準に設定し、設計自由度を高めることが望ましい。

[0136] この観点で図7を見ると、アスペクト比 $w_h/w_c > 1$ の範囲においては径方向レイヤ数 N_r が下限値にほぼ収束しており、設計自由度が低い状態となっている。

以上より、本発明の実施例1では設計自由度を向上できる寸法条件として次式(22)で表される条件を見出した。

[0137] [数22]

$$0 < \frac{w_h}{w_c} \leq 1 \quad (22)$$

[0138] 本実施例1の最後に、本発明の実施例1におけるコイル外観について図8を用いて説明する。

[0139] 図8は周方向に並ぶ複数のスロット（図示していない）に挿入された複数のセグメントコイルを示す図である。

[0140] 図8において、各スロットは径方向に並ぶ4つのレイヤを有する。1端において、第1レイヤには第1セグメントコイル510の第2領域部512が現れ、第2レイヤには第2セグメントコイル520の第1領域部521が現れ、第3レイヤには第3セグメントコイル530の第2領域部532が現れ、第4レイヤには第4セグメントコイル540の第1領域部541が現れる。一方で、11端において、第1レイヤには第1セグメントコイル510の第1領域部511が現れ、第2レイヤには第2セグメントコイル520の第2領域部522が現れ、第3レイヤには第3セグメントコイル530の第1領域部531が現れ、第4レイヤには第4セグメントコイル540の第2領域部542が現れる。

[0141] このように、本発明の実施例１の構成においては、コイルが異なるレイヤに移動することが無い。また、コイルをスロットに挿入した後の折り曲げ加工等の工程が無い。このため、極めて容易にコイル組立作業を実施することができる。

[0142] つまり、本発明の実施例１によれば、体格やコストの増加を招くことなく高効率で信頼性の高い回転電機および回転電機の製造法方法を実現することができる。

[0143] なお、複数のレイヤ１１０～１４０に配置された複数の角線セグメントコイル５１０、５２０、５３０、５４０のうち少なくとも２つが、同一形状を有するように構成することができる。

[0144] （実施例２）

次に、図９Ａ及び図９Ｂを用いて本発明の実施例２について説明する。

[0145] 図９Ａ及び図９Ｂは、本発明の実施例２におけるコイル形状の説明図であり、実施例１との違いはコイルエンドの形状であり、実施例１を示す図３Ｂ及び図３Ｃに対応する図である。

[0146] 図９Ａ及び図９Ｂのコイル５１０ｂに着目すると、第２領域部５１２ｂは固定子コア１０から軸方向に遠ざかる方向に沿って厚みが小さくなる第３領域部５１６ｂで構成される。第２領域部５１２ｂのコイル幅を w_1 、固定子コア軸方向端面に対する傾斜角を θ_1 とすると、第３領域部５１６ｂのコイル幅 w_2 、傾斜角 θ_2 はそれぞれ次式（２３）及び（２４）の関係を満たす。

[0147] [数23]

$$w_1 > w_2 \quad (23)$$

[0148] [数24]

$$\theta_1 > \theta_2 \quad (24)$$

[0149] その他のコイルについても同様の構成である。

[0150] このような構成によって、コイルエンドの軸方向長さを小さくすることができ、図 9 A に示す L 2 は図 3 B に示す L 1 よりも小さくなる。

[0151] 第 3 領域部 5 1 6 b の加工方法としては、コイル素線を押出成形や引抜き加工で成形しても良いし、当該部のみ w 2 の幅となるように切削しても良い。また、図 9 では第 2 領域部 5 1 2 b と第 3 領域部 5 1 6 b の間に角状の屈曲部を設けているが、円弧上に滑らかに屈曲する構成でも良い。また、前記屈曲部は 1 つのセグメントコイルにつき 2 か所以上あっても良い。

[0152] 実施例 2 によれば、実施例 1 と同様な効果を得ることができる他、コイルエンドの軸方向長さを小さくすることができる。

[0153] なお、図 9 A において、第 3 領域部 5 1 6 a、第 3 領域部 5 1 6 c、第 3 領域部 5 2 6 a、第 3 領域部 5 2 6 b、第 3 領域部 5 2 6 c も、第 3 領域部 5 1 6 b と同様な形状となっている。

[0154] (実施例 3)

次に、図 1 0 を用いて本発明の実施例 3 について説明する。図 1 0 は本発明の実施例 3 における車両 7 0 0 の説明図である。

[0155] 図 1 0 に示す回転電機 7 5 1、7 5 2 に本発明の実施例 1 又は実施例 2 が適用される。車両 7 0 0 は例えばハイブリッド自動車、プラグインハイブリッド自動車を指し、エンジン 7 6 0 と回転電機 7 5 1、7 5 2 と、バッテリー 7 8 0 とが搭載されている。

[0156] バッテリー 7 8 0 は、回転電機 7 5 1、7 5 2 を駆動する場合、駆動用の電力変換装置 7 7 0 (インバータ装置) に直流電力を供給する。電力変換装置 7 7 0 は、バッテリー 7 8 0 からの直流電力を交流電力に変換して、この交流電力を回転電機 7 5 1、7 5 2 にそれぞれ供給する。

[0157] また、回生走行時には、回転電機 7 5 1、7 5 2 が車両 7 0 0 の運動エネルギーに応じて交流電力を発生して電力変換装置 7 7 0 に供給する。電力変換装置 7 7 0 は、回転電機 7 5 1、7 5 2 からの交流電力を直流電力に変換し、この直流電力をバッテリー 7 8 0 に供給する。

[0158] エンジン 7 6 0 および回転電機 7 5 1、7 5 2 による回転トルクは、変速機 7 4 0、デファレンシャルギア 7 3 0 および車軸 7 2 0 を介して車輪 7 1 0 に伝達される。

[0159] 一般に、自動車には坂道発進での低速大トルクや、高速道路での高速低トルク、街乗りでの中速中トルクなど、広い運転範囲が要求される。このような広い運転範囲において、回転電機 7 5 1、7 5 2 では高効率な運転が可能となる。加えて、熱損失が軽減されるので、車両 7 0 0 の安全性向上や長寿命化が可能になる。また、車両 7 0 0 の航続距離を延ばすことが可能になる。

[0160] なお、エンジン 7 6 0 を備えず、回転電機 7 5 1、7 5 2 の動力だけで駆動される電気自動車においても、本発明の実施例 1 又は実施例 2 による回転電機を適用することにより同様の効果が得られる。

符号の説明

[0161] 1 0 . . . 固定子コア、2 0 . . . 固定子ティース、1 0 0 . . . 第 1 スロット、1 1 0 . . . 第 1 レイヤ、1 2 0 . . . 第 2 レイヤ、1 3 0 . . . 第 3 レイヤ、1 4 0 . . . 第 4 レイヤ、2 0 0 . . . 第 2 スロット、4 0 0 . . . レイヤ間空隙、5 1 0 . . . 第 1 セグメントコイル、5 1 1 . . . 第 1 領域部、5 1 2 . . . 第 2 領域部、5 1 2 d . . . 屈曲部、5 1 3 . . . 端部断面、5 1 4 . . . 鉛直断面、5 1 5 . . . 端部断面、5 1 6 b . . . 第 3 領域部、5 2 0 . . . 第 2 セグメントコイル、5 2 1 . . . 第 1 領域部、5 2 2 . . . 第 2 領域部、5 2 3 . . . 端部断面、5 2 5 . . . 端部断面、5 2 6 a . . . 第 3 領域部、5 3 0 . . . 第 3 セグメントコイル、5 3 1 . . . 第 1 領域部、5 3 2 . . . 第 2 領域部、5 3 5 . . . 端部断面、5 4 0 . . . 第 4 セグメントコイル、5 4 1 . . . 第 1 領域部、5 4 2 . . . 第 2 領域部、5 4 3 . . . 端部断面、6 1 0、6 3 0 . . . 線状導電部、6 2 0 . . . 面状導電部、7 0 0 . . . 車両、7 1 0 . . . 車輪、7 2 0 . . . 車軸、7 3 0 . . . デファレンシャルギア、7 4 0 . . . 変速機、7 5 1、7 5 2 . . . 回転電機、7 6 0 . . . エンジン、7 7 0 . . . 電力変換装置

、 7 8 0 . . . バッテリ

請求の範囲

[請求項1] 複数の角線セグメントコイルと、前記複数の角線セグメントコイルを収納するスロットを有する固定子コアと、を備える回転電機であって、

前記スロットは、前記回転電機の径方向に並ぶ複数のレイヤを有し、前記複数の角線セグメントコイルのそれぞれは、前記スロット内に配置される挿入部を有し、かつ前記回転電機の軸方向に沿って直線状に形成される第1領域部と、前記第1領域部と繋がりかつ前記固定子コアの周方向への屈曲部を含んで周方向に沿って形成される第2領域部と、を有し、

前記複数の角線セグメントコイルのコイルエンドにおいて隣り合う前記角線セグメントコイルの一对は、一方の前記角線セグメントコイルの前記第1領域部と、他方の前記角線セグメントコイルの前記第2領域部が接続される導電部を有し、

前記導電部において、前記第2領域部は、前記第1領域部の端部断面と同一面上に並ぶ導電部断面を有し、かつ前記導電部断面は、前記第2領域部のコイル鉛直断面とは異なる方向の断面であり、

前記複数のレイヤのそれぞれは、前記コイルエンドを前記回転電機の軸方向から見た場合に、前記第1領域部が軸方向端部に現れる第1レイヤと、前記第2領域部が軸方向端部に現れる第2レイヤと、を有することを特徴とする回転電機。

[請求項2] 請求項1記載の回転電機において、

前記導電部は、前記コイルエンドを前記回転電機の軸方向から見た場合に、前記回転電機の周方向に延びる溶接線、及び前記第2領域部の径方向面と前記第1領域部の径方向面との接触によって形成されるか、前記溶接線か、前記第2領域部の径方向面と前記第1領域部の前記径方向面との接触のうちのいずれかで形成されることを特徴とする回転電機。

- [請求項3] 請求項1に記載の回転電機において、
 前記導電部は、
 前記第1領域部の端部断面は、 w_c の大きさの周方向幅を有し、
 前記 w_c と、前記第2領域部の端部断面の周方向幅と、を加算し、かつ前記第1領域部の端部断面と前記第2領域部の端部断面とが径方向に重なる部分の周方向幅を減算した長さを w_a として、 $w_c < w_a$ となるか、または
 前記第2領域部の端部断面は、 w_b の大きさの周方向幅を有し、
 前記 w_c に対して、 $w_c < w_b$ となるか、または $w_c < w_a$ かつ $w_c < w_b$ となることを特徴とする回転電機。
- [請求項4] 請求項1に記載の回転電機において、
 前記複数のレイヤに配置された前記複数の角線セグメントコイルのうち少なくとも2つは、同一形状を有することを特徴とする回転電機。
- [請求項5] 請求項1に記載の回転電機において、
 前記固定子コアは前記回転電機の周方向に並ぶ複数の固定子ティースを有し、
 前記固定子ティースは、周方向幅 w_t を有し、
 前記スロットは、周方向幅 w_s を有し、
 前記周方向幅 w_t と前記周方向幅 w_s の間には、
 $0.5 \leq (w_t / w_s) \leq 1.0$
 の関係が成り立つことを特徴とする回転電機。
- [請求項6] 請求項1に記載の回転電機において、
 前記回転電機は、極数 P 、極ピッチ τ_p 、巻線スパン W 、径方向レイヤ数 N_r 、コイル厚 w_h 、コイル幅 w_c 、前記固定子コアの軸方向端面に対するコイル傾斜角 β であり、前記第2領域部の端部断面は、 w_b の大きさの周方向幅を有し、
 前記 w_b との間には、
 $(W \cdot 2\pi) / (\tau_p \cdot P) \cdot (N_r - 2) \cdot w_h + w_c \leq w_b \leq w$

$$c / \sin \beta$$

の関係が成り立つことを特徴とする回転電機。

[請求項7] 請求項6に記載の回転電機において、

前記径方向レイヤ数 N_r は、

$$N_r < ((10 \cdot P) / ((W / \tau_p) \cdot 2\pi)) \cdot (1 / (w_h / w_c)) + 2$$

の関係が成り立つことを特徴とする回転電機。

[請求項8] 請求項1に記載の回転電機において、

前記回転電機は、コイル厚 w_h 、コイル幅 w_c であり、

前記コイル厚 w_h と前記コイル幅 w_c との間には、

$$0 < (w_h / w_c) \leq 1$$

の関係が成り立つことを特徴とする回転電機。

[請求項9] 請求項1に記載の回転電機において、

前記第2領域部は、前記固定子コアから前記回転電機の軸方向に遠ざかる方向に沿ってコイル幅が小さくなる第3領域部を有することを特徴とする回転電機。

[請求項10] 請求項9に記載の回転電機において、

前記第2領域部は、前記固定子コアの軸方向端面に対して傾斜角 θ_1 だけ傾き、

前記第3領域部は、前記固定子コアの軸方向端面に対して傾斜角 θ_2 だけ傾き、

前記傾斜角 θ_1 と前記傾斜角 θ_2 は、傾斜角 $\theta_1 > \theta_2$ の関係を満たすことを特徴とする回転電機。

[請求項11] 請求項1に記載の回転電機において、

回転電機と、バッテリーと、前記バッテリーの直流電力を交流電力に変換して、前記交流電力を前記回転電機に供給する電力変換装置と、を備え、前記回転電機のトルクが変速機を介して車輪に伝達される車両の前記回転電機に用いられることを特徴とする回転電機。

[請求項12] 複数の角線セグメントコイルと、前記複数の角線セグメントコイルを収納するスロットを有する固定子コアとを備える回転電機の製造方法であって、

前記スロットは、前記回転電機の径方向に並ぶ複数のレイヤを有し、前記複数の角線セグメントコイルのそれぞれは、前記スロット内に配置される挿入部を有し、かつ前記回転電機の軸方向に沿って直線状に第1領域部を形成し、

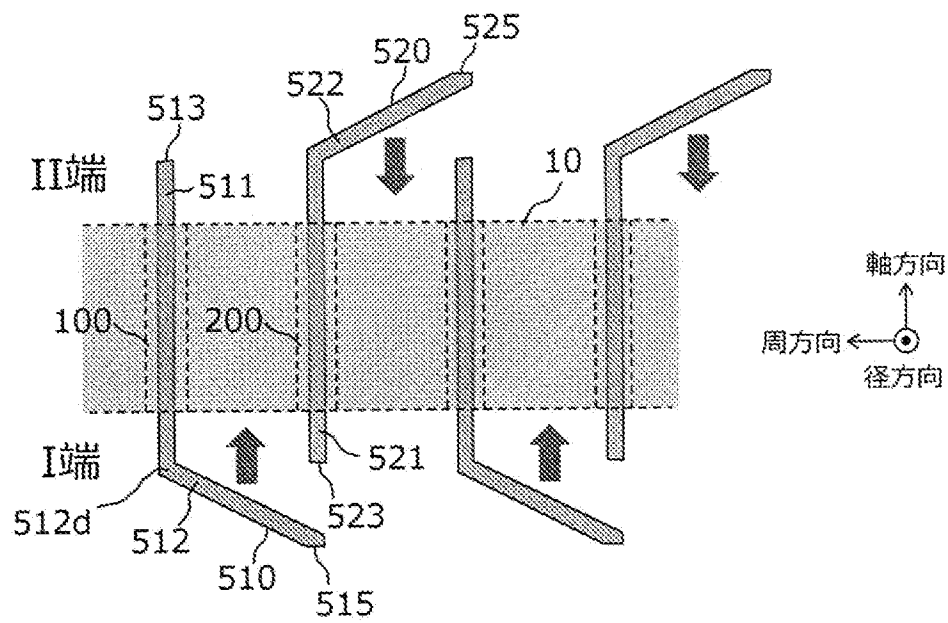
前記第1領域部と繋がりかつ前記固定子コアの周方向への屈曲部を含んで周方向に沿って第2領域部を形成し、

前記複数の角線セグメントコイルのコイルエンドにおいて隣り合う前記角線セグメントコイルの一对は、一方の前記角線セグメントコイルの前記第1領域部と、他方の前記角線セグメントコイルの前記第2領域部が接続される導電部を有し、

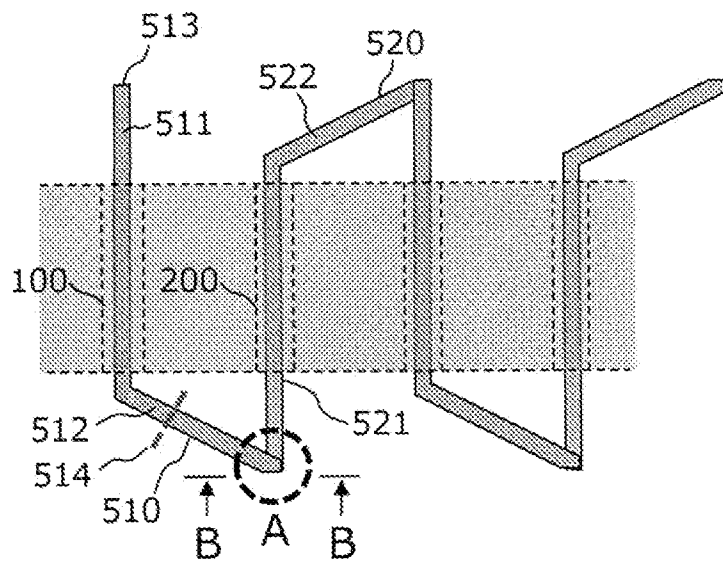
前記導電部において、前記第2領域部は、前記第1領域部の端部断面と同一面上に並ぶ導電部断面を有し、かつ前記導電部断面は、前記第2領域部のコイル鉛直断面とは異なる方向の断面であり、

前記複数のレイヤのそれぞれは、前記コイルエンドを前記回転電機の軸方向から見た場合に、前記第1領域部が軸方向端部に現れる第1レイヤと、前記第2領域部が軸方向端部に現れる第2レイヤと、を有することを特徴とする回転電機の製造方法。

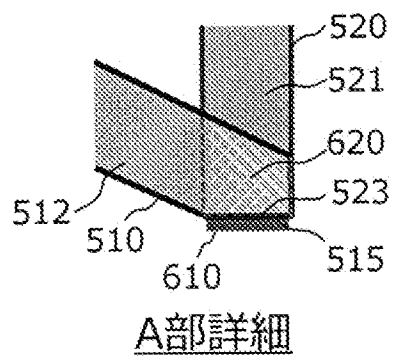
[図1A]



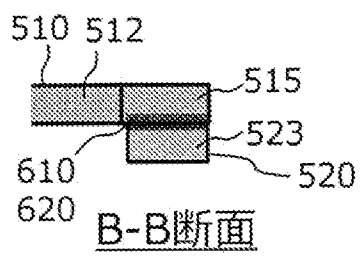
[図1B]



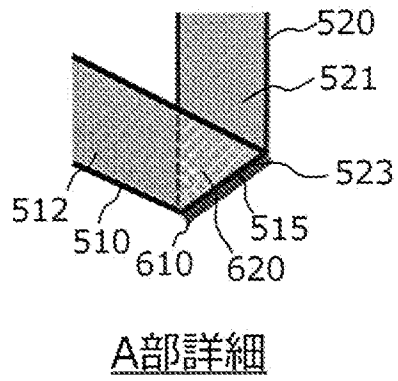
[図1C]



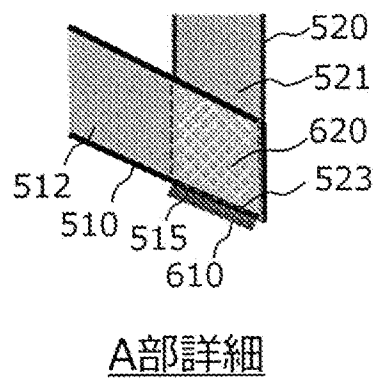
[図1D]



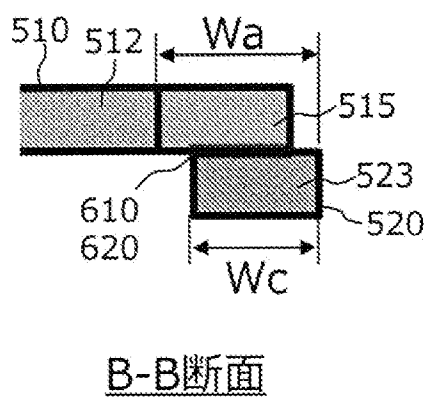
[図1E]



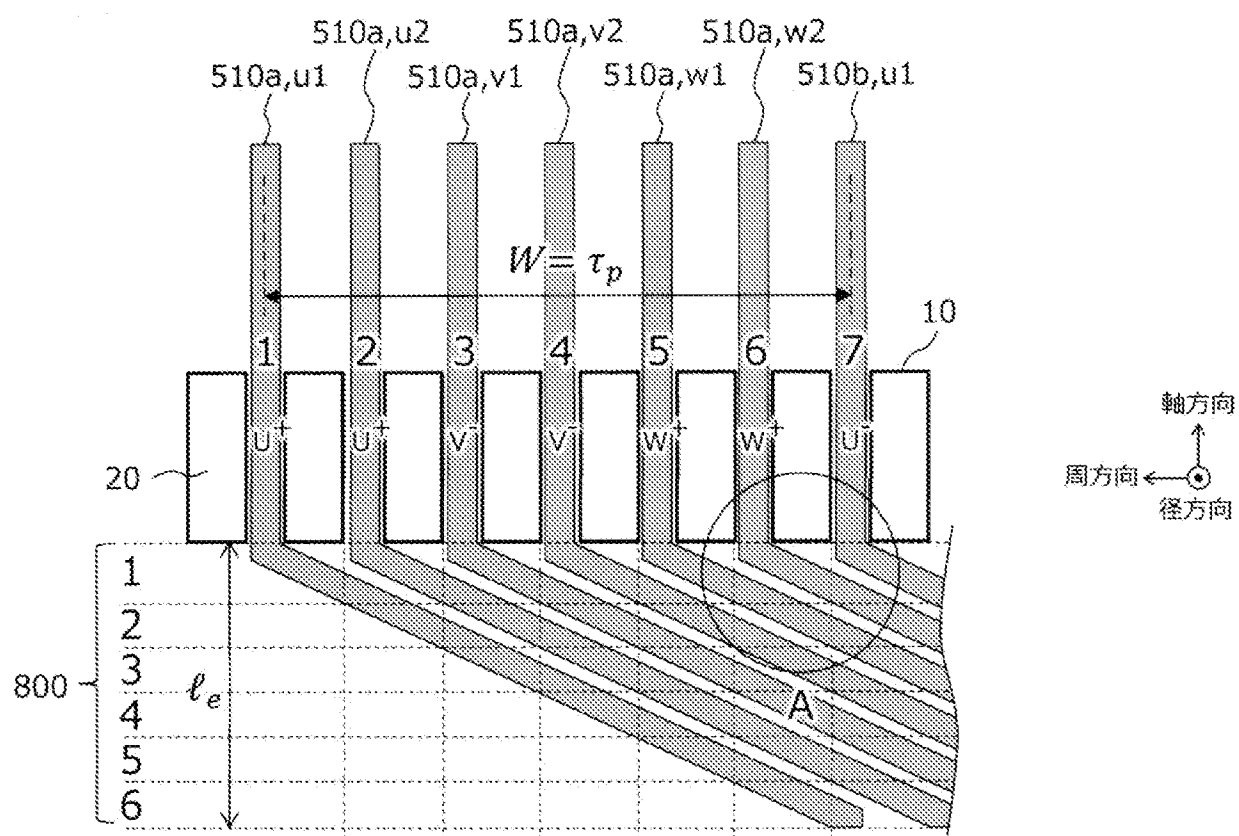
[図1F]



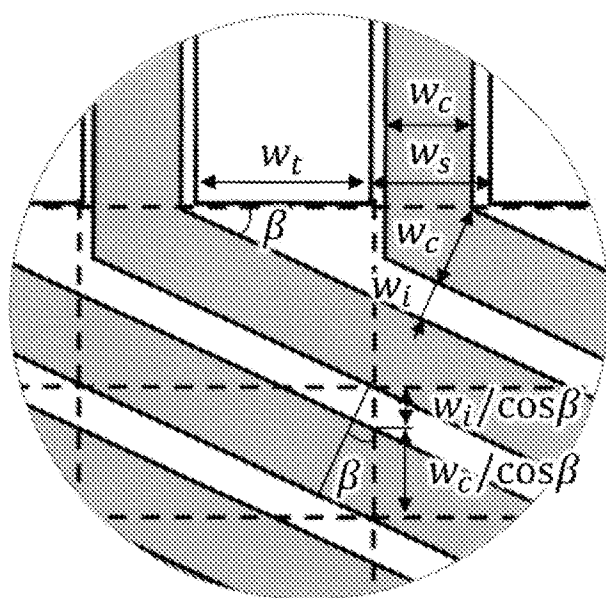
[図1G]



[図4A]

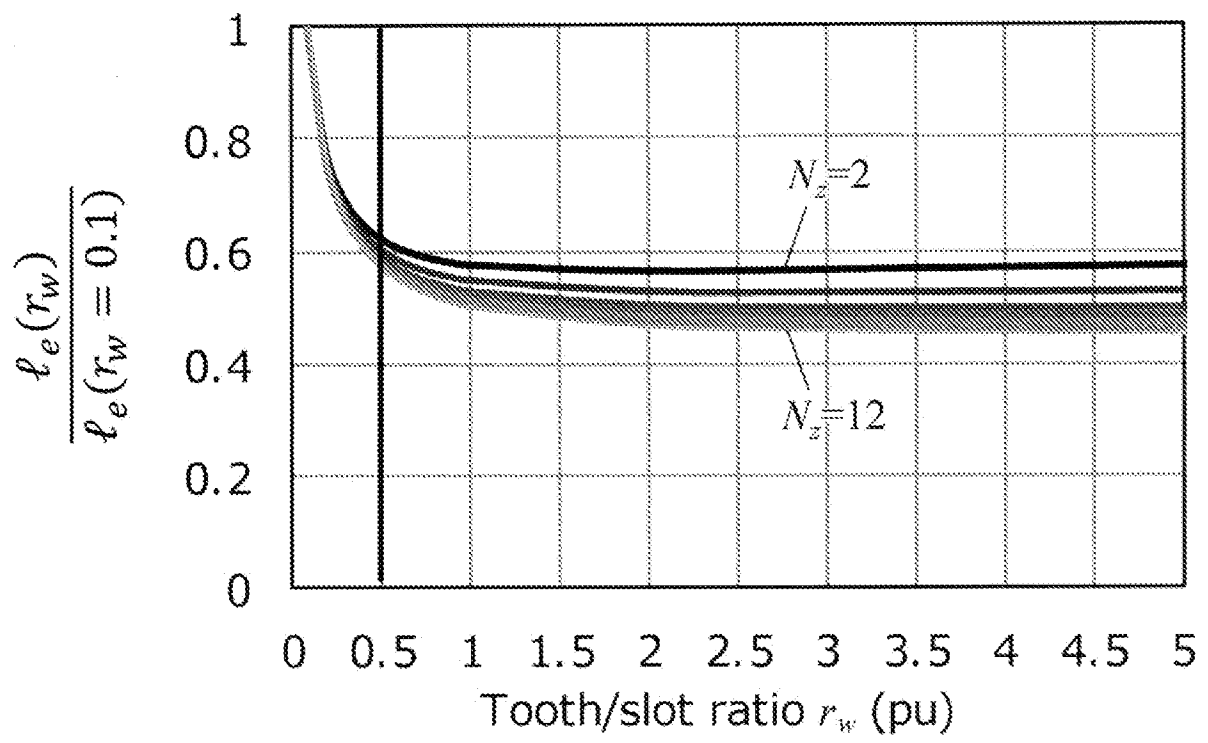


[図4B]

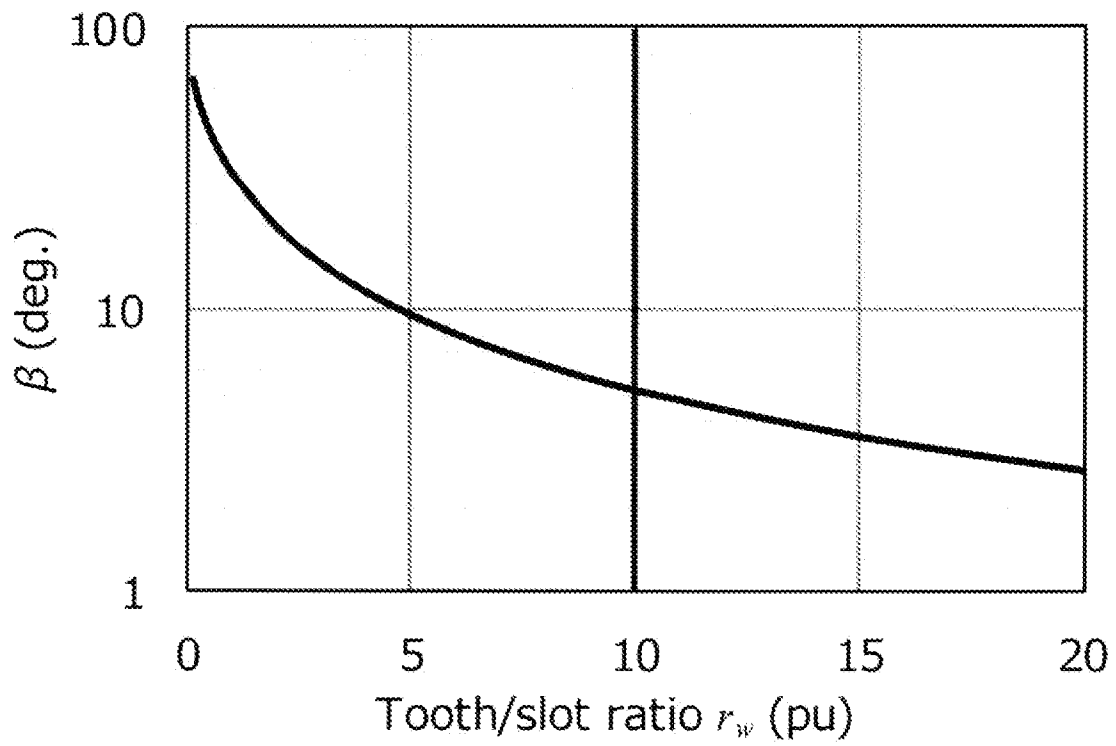


A部詳細

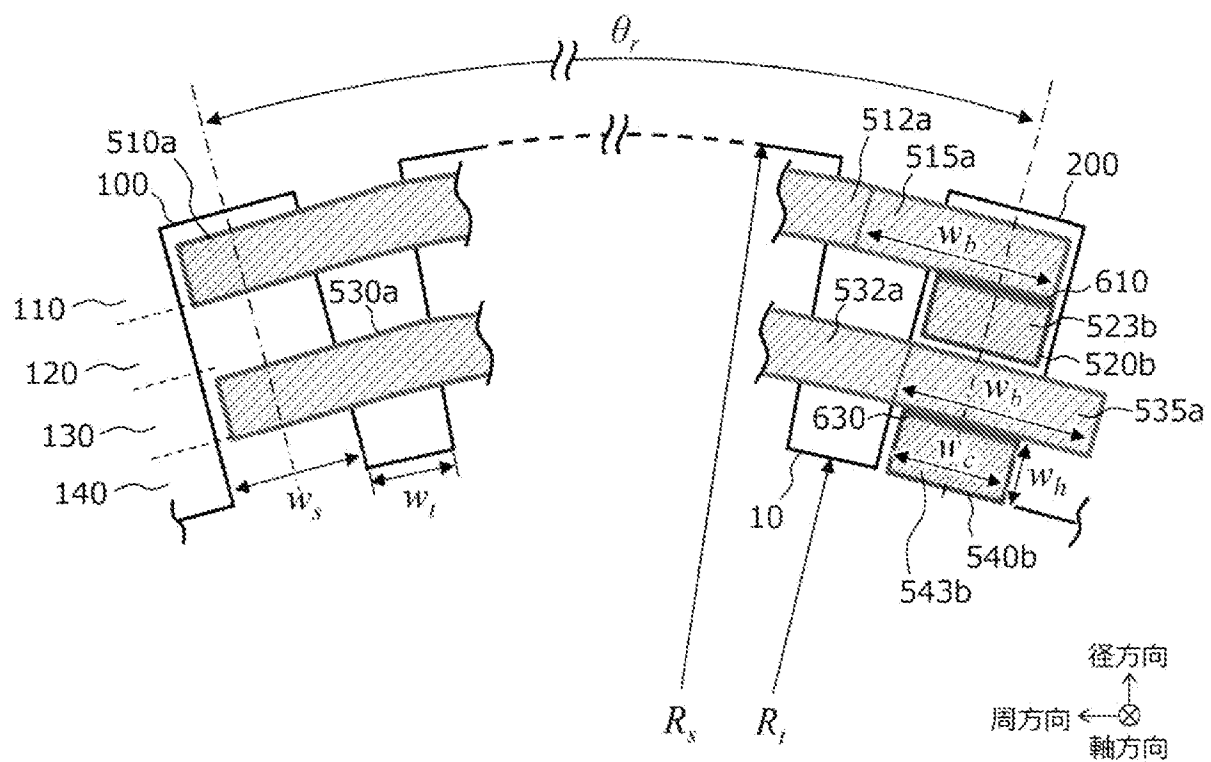
[図5A]



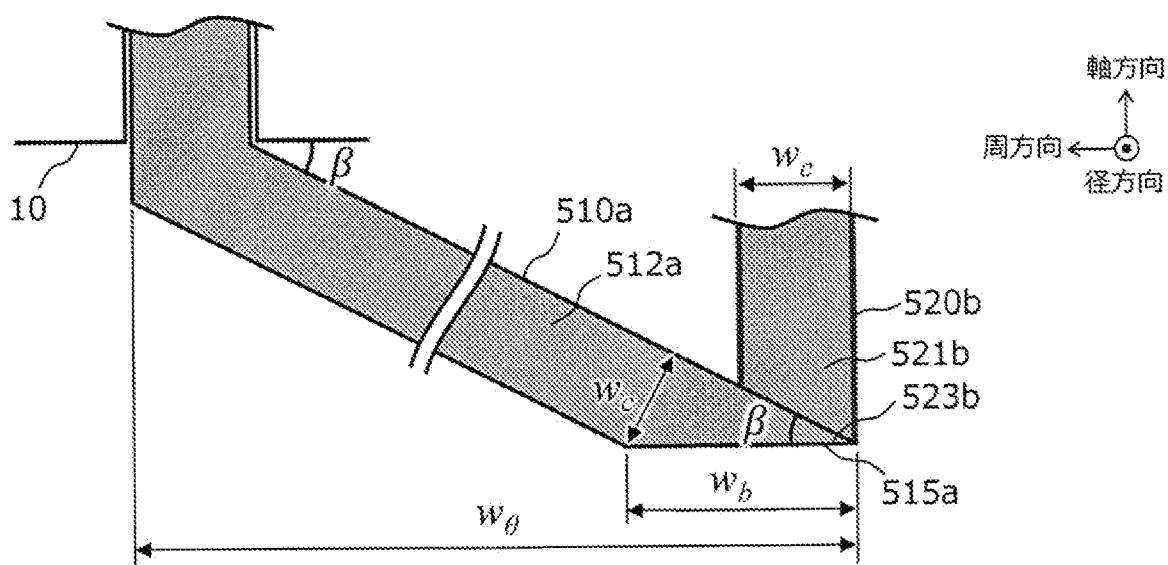
[図5B]



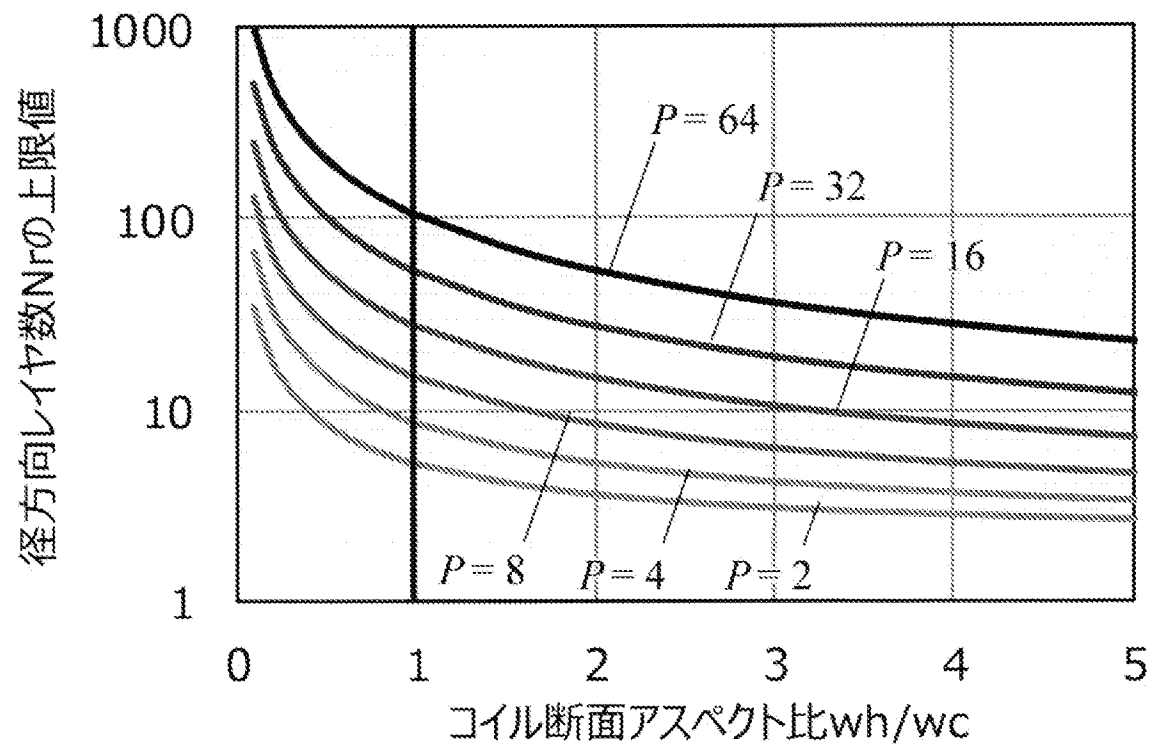
[図6A]



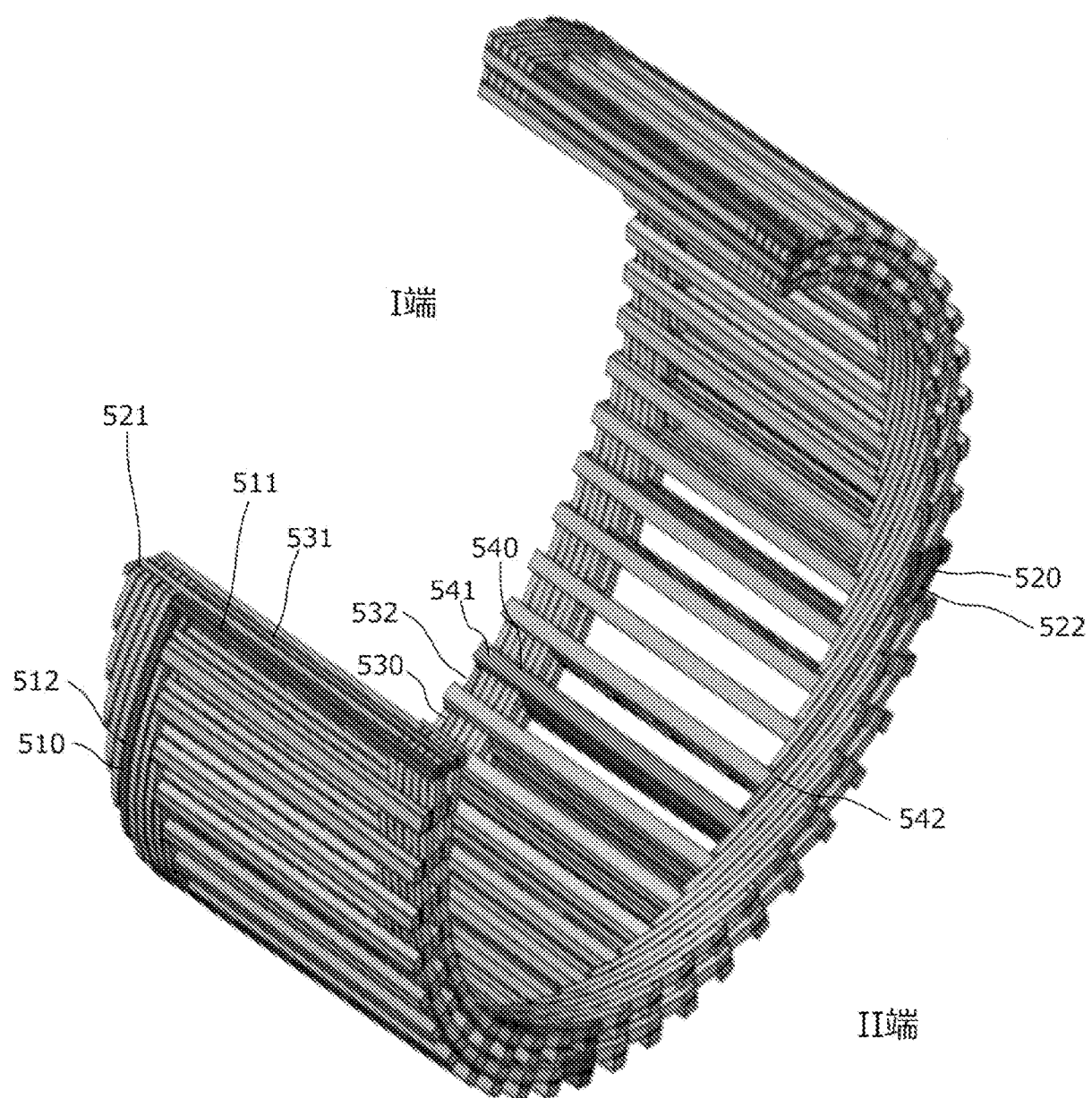
[図6B]



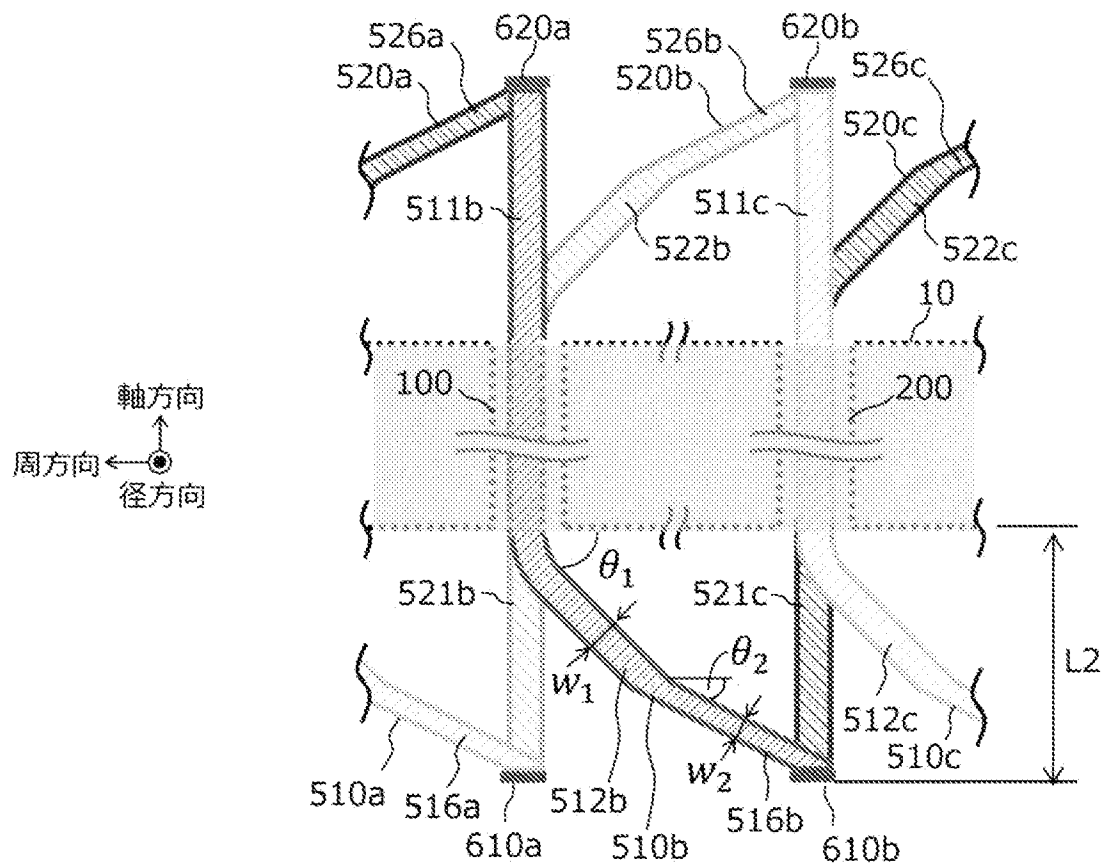
[図7]



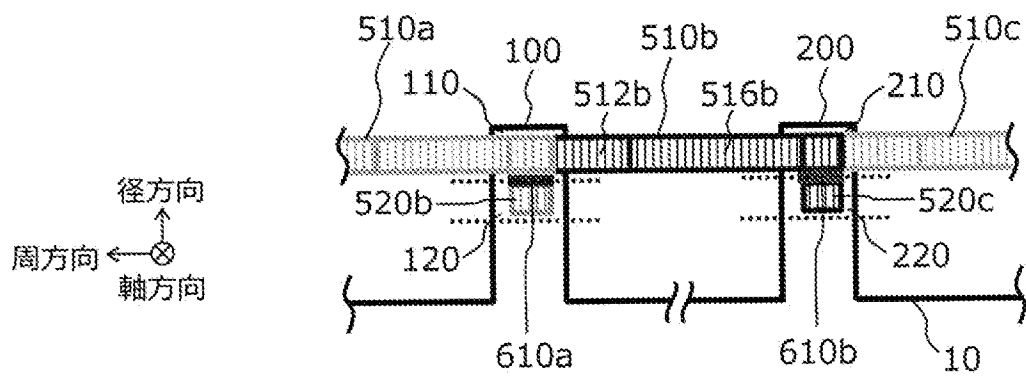
[図8]



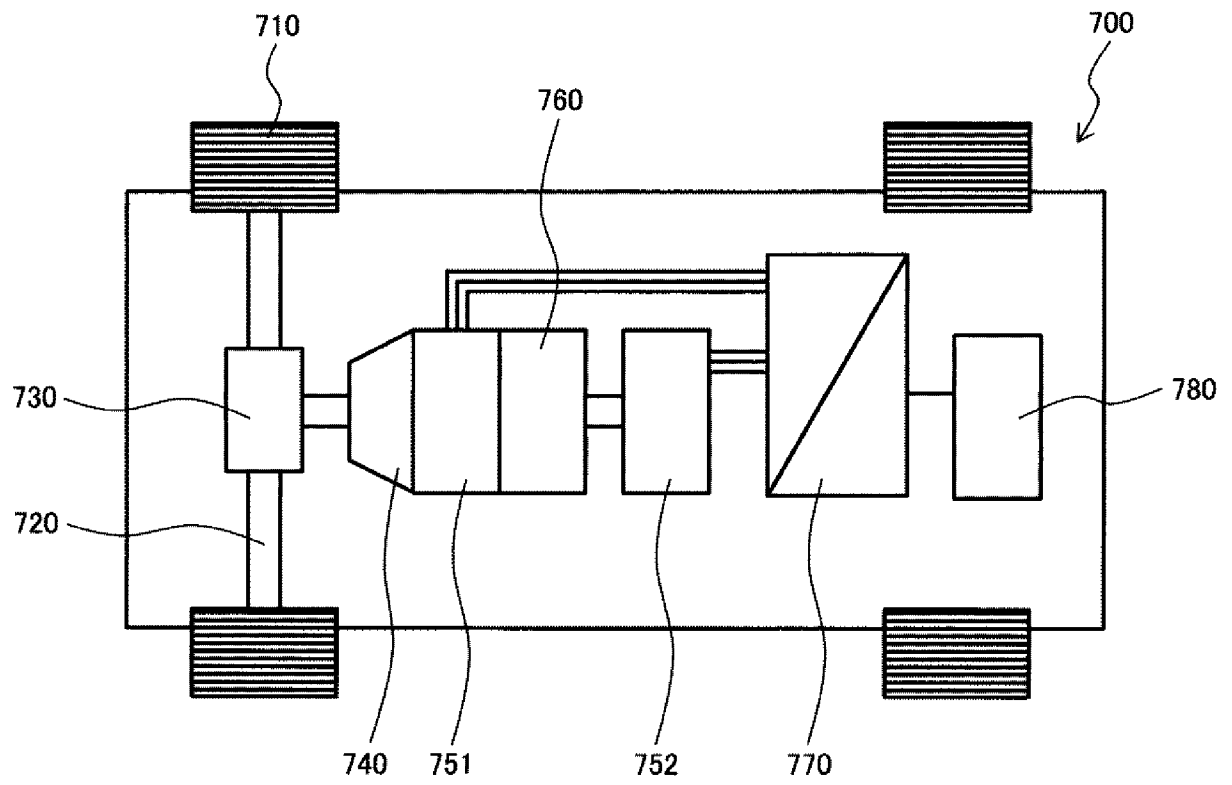
[図9A]



[図9B]



[図10]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2021/020342

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int. Cl. H02K3/04 (2006.01) i, H02K15/04 (2006.01) i
FI: H02K3/04 E, H02K15/04 A

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. H02K3/04, H02K15/04

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

Published examined utility model applications of Japan 1922-1996

Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2021

Registered utility model specifications of Japan 1996-2021

Published registered utility model applications of Japan 1994-2021

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X A	JP 2012-29441 A (AISIN AW CO., LTD.) 09 February 2012 (2012-02-09), paragraphs [0001]-[0058], fig. 1-4	1-2, 4, 11-12 3, 5-10

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
02.08.2021

Date of mailing of the international search report
17.08.2021

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2021/020342

Patent Documents referred to in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
JP 2012-29441 A	09.02.2012	US 2012/0019085 A1 paragraphs [0001]- [0064], fig. 1-4 WO 2012/011352 A1	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） H02K 3/04(2006.01)i; H02K 15/04(2006.01)i FI: H02K3/04 E; H02K15/04 A														
B. 調査を行った分野 調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC）） H02K3/04; H02K15/04 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 <table border="0"> <tr> <td>日本国実用新案公報</td> <td>1922 - 1996年</td> </tr> <tr> <td>日本国公開実用新案公報</td> <td>1971 - 2021年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996 - 2021年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994 - 2021年</td> </tr> </table> 国際調査でを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）			日本国実用新案公報	1922 - 1996年	日本国公開実用新案公報	1971 - 2021年	日本国実用新案登録公報	1996 - 2021年	日本国登録実用新案公報	1994 - 2021年				
日本国実用新案公報	1922 - 1996年													
日本国公開実用新案公報	1971 - 2021年													
日本国実用新案登録公報	1996 - 2021年													
日本国登録実用新案公報	1994 - 2021年													
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 2012-29441 A（アイシン・エイ・ダブリュ株式会社）09.02.2012（2012 - 02 - 09） 段落0001-0058, 図1-4	1-2, 4, 11-12												
A		3, 5-10												
☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。 ☒ パテントファミリーに関する別紙を参照。														
<table border="0"> <tr> <td>* 引用文献のカテゴリー</td> <td>“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</td> </tr> <tr> <td>“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</td> <td>“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</td> </tr> <tr> <td>“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</td> <td>“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</td> </tr> <tr> <td>“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）</td> <td>“&” 同一パテントファミリー文献</td> </tr> <tr> <td>“O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献</td> <td></td> </tr> <tr> <td>“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</td> <td></td> </tr> </table>			* 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、一般的技術水準を示すもの	“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	“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	“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	“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）	“&” 同一パテントファミリー文献	“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	
* 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、一般的技術水準を示すもの	“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													
“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	“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													
“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）	“&” 同一パテントファミリー文献													
“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														
国際調査を完了した日 02.08.2021	国際調査報告の発送日 17.08.2021													
名称及びあて先 日本国特許庁(ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	権限のある職員（特許庁審査官） 小林 紀和 3V 4240 電話番号 03-3581-1101 内線 3357													

国際出願番号
PCT/JP2021/020342

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP 2012-29441 A	09.02.2012	US 2012/0019085 A1 段落0001-0064, 図1-4 WO 2012/011352 A1	