

(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
2011年10月13日(13.10.2011)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2011/125308 A1

- (51) 国際特許分類:
H02K 1/27 (2006.01) H02K 21/14 (2006.01)
H02K 1/22 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2011/001860
- (22) 国際出願日: 2011年3月29日(29.03.2011)
- (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 2010-085446 2010年4月1日(01.04.2010) JP
- (71) 出願人(米国を除く全ての指定国について): 富士電機株式会社(FUJI ELECTRIC CO., LTD.) [JP/JP]; 〒2109530 神奈川県川崎市川崎区田辺新田1番1号 Kanagawa (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人(米国についてのみ): 宇津野 良(UTSUNO, Makoto) [JP/JP]; 〒2109530 神奈川県川崎市川崎区田辺新田1番1号 富士電機株式会社内 Kanagawa (JP). 廣瀬 英男(HIROSE, Hideo) [JP/JP]; 〒2109530 神奈川県川崎市川崎区田辺新田1番1号 富士電機株式会社内 Kanagawa (JP). 谷口 享(TANIGUCHI, Toru) [JP/JP]; 〒

2109530 神奈川県川崎市川崎区田辺新田1番1号 富士電機株式会社内 Kanagawa (JP).

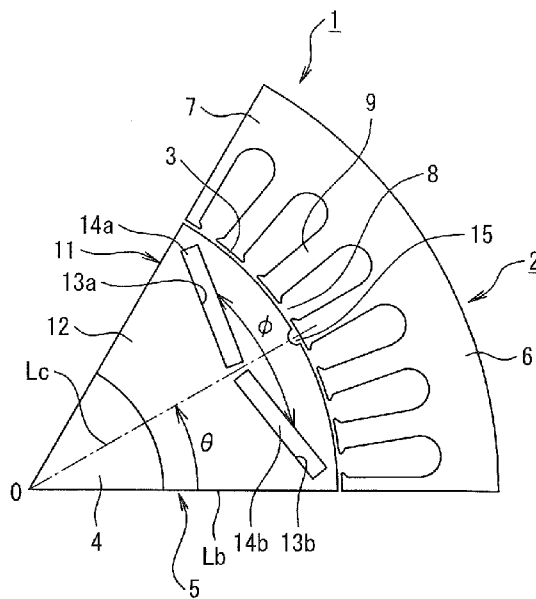
- (74) 代理人: 廣瀬 一, 外(HIROSE, Hajime et al.); 〒1010032 東京都千代田区岩本町二丁目3番3号 友泉岩本町ビル8階 特許業務法人日栄国際特許事務所 Tokyo (JP).
- (81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, 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, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, 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,

[続葉有]

(54) Title: ROTOR FOR A PERMANENT-MAGNET DYNAMO-ELECTRIC MACHINE

(54) 発明の名称: 永久磁石形回転電機の回転子

[図1]



(57) Abstract: The disclosed rotor for a permanent-magnet dynamo-electric machine has a welding groove and can be manufactured inexpensively. Even if there are variations in welding and the position of the welding groove during manufacture, excessive increases in cogging torque are inhibited and there are no large fluctuations in induced voltage. The disclosed rotor is used in a permanent-magnet dynamo-electric machine (1) that has a stator (2), with a coil wound therearound, and a rotor (5) in which permanent magnets (14a and 14b) are embedded. On the outer surface of a rotor core (11) comprising layered magnetic steel sheets, a welding groove (15) is formed so as to extend in the axial direction at an angle in the range $\pi/6 < \theta < \pi/2$ [rad] or in the range $\pi/2 < \theta < 5\pi/6$ [rad], where θ is the electrical angle with a line that connects the center of the rotor with a point midway between a magnetic pole created by the embedded permanent magnets and an adjacent magnetic pole.

(57) 要約: 製造時における溶接溝位置及び溶接にバラツキがあった場合でも、コギングトルクの過大な増加を抑制し、大きな誘起電圧の変動が無く、

安価に製造可能な溶接溝を持つ永久磁石形回転電機の回転子を提供する。コイルを巻装した固定子(2)と、永久磁石(14a), (14b)が埋め込まれた回転子5とを有する永久磁石形回転電機(1)の回転子であって、電磁鋼板を積層して構成される回転子コア(11)の外周面における、中心点と埋設された永久磁石で構成される磁極の隣接する磁極との間の中心とを結ぶ線を電気角で表される角度 θ の基準とすると、 $\pi/6 < \theta < \pi/2$ [rad] 及び $\pi/2 < \theta < 5\pi/6$ [rad] の何れか一方の範囲内に軸方向に延長する溶接溝(15)が形成されている。

WO 2011/125308 A1



NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI 添付公開書類:

(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, — 国際調査報告 (条約第 21 条(3))
NE, SN, TD, TG).

明 細 書

発明の名称： 永久磁石形回転電機の回転子

技術分野

- [0001] 本発明は、永久磁石形回転電機の永久磁石が埋め込まれた回転子に関し、コギングトルクの過大な増加を抑制することができる永久磁石形回転電機の回転子に関する。

背景技術

- [0002] 近年、電動モータの高効率化のため、従来から用いられている誘導電動機に代えて、永久磁石を用いた永久磁石形回転電機が注目を浴び、その適用が拡大している。

永久磁石形回転電機は磁石配置によって２種類に大別され、回転子コアの表面に永久磁石を貼り付けた構成の表面磁石形回転電機と、回転子コアに磁石挿入スロットを設け、そこに永久磁石を挿入する埋込磁石形回転電機とがある。

- [0003] 表面磁石形回転電機においては、通常、回転子コアの表面に永久磁石を接着剤で接着して固定するようにしている。しかしながら、回転子を高速回転させると、これに応じて永久磁石に掛かる遠心力が大きくなり、永久磁石が回転子コアから剥がれて飛散することがある。

これに対して埋込磁石形回転電機では、永久磁石が回転子コア内に埋め込まれていることから永久磁石が剥がれることはなく、耐久性が良い利点がある。

- [0004] このような埋込磁石形回転電機において、回転子コアは通常電磁鋼板を積層して構成されている。この回転子コアは、一般的には、図１０に示すように、電磁鋼板が積層された回転子コア１００の軸方向両端に非磁性材料の端板１０１を配置し、これらを通させたボルト１０２にナット１０３を螺合させて締めつけることで一体化するようにしている。

このような構成とすることで、単に積層された複数の電磁鋼板を一体化す

るだけではなく、端板にバランスウェイトを取付又は端板を削ることで回転子の静的バランスを保持することが可能となる。

[0005] しかし、このボルト締めによる方法では、回転子の外径が大きくなるほど非磁性材料の端板の外径も大きくなることから非磁性材料の端板の使用量が増加し、また回転子の軸方向が長くなるほど長い締め付けボルトが必要となるため製造コストが嵩むことになる。また、回転子の軸方向全長が長くなり、回転子質量も大きくなってしまう。

この問題点を解決するために、ボルト締めに代えて、電磁鋼板の外周面を溶接することが実施されている。

[0006] 例えば、コスト高を招くことなく、コギングトルクが小さく、振動や騒音、ひいては回転むらを小さくできることを目的として、回転子鉄心の円周方向に回転子の極数分等間隔に矩形の磁石装着孔を設け、磁石装着孔の各々に磁極面を鉄心径方向として互いに隣接する磁極が異なるように永久磁石を装着し、永久磁石の各々の外周側磁極面に形成される鉄心磁極部の外周形状を、周方向中央部で鉄心中心よりの距離が最も大きくなり、磁極間部で鉄心中心よりの距離が最も小さくなるような鉄心磁極部毎に円弧状とした永久磁石型電動機の永久磁石型回転子が提案されている（例えば、特許文献 1 参照）。

[0007] また、磁束交番により誘導電流が流れて発生するジュール損を抑え、高いモータ効率を実現することを目的として、インナーロータ、アウターロータの少なくとも 1 つは、電磁鋼板を複数の溶接部により一体化すると共に、一体化したロータにおける複数の溶接部は、溶接部で囲まれた平面を交番する他方のロータの回転に伴う磁束密度の積分値がゼロとなる位置に設けた回転電機が提案されている（例えば、特許文献 2 参照）。

[0008] さらに、渦電流の発生を極めて低く抑えることができ、また内部に配置される永久磁石のレイアウトを自由に構成することができることを目的として、ロータの鉄心の内部に、複数の永久磁石が、それぞれの磁極面がロータの半径方向を向くように、ロータの回転軸を中心に配置され、前記鉄心は、複数の電磁鋼板が積層されて形成されるとともに、前記鉄心の外周上にあつて

、かつ前記複数の永久磁石のそれぞれの磁極中心から前記半径方向にある位置においてのみ、前記ロータの回転軸と平行に溶接された永久磁石型モータが提案されている（例えば、特許文献 3 参照）。

- [0009] さらにまた、コギングトルクを低減でき、加工性、機械強度に優れた永久磁石回転電機を提供することを目的として、固定子の内周に回転空隙を介して回転可能に配置されるとともに、ブロック形状、台形状及び凸部が固定子側を向くアーク形状のいずれかの形状からなる複数の永久磁石が鉄心内部に円周状にかつ前記永久磁石の極性が交互になるように埋込配置された回転子を有し、前記鉄心の表面であって、前記鉄心の外周部の前記永久磁石の周方向幅の外周との間における部分かつ前記永久磁石の磁極の中心付近に対応する位置には、前記固定子と前記回転子の回転時の磁気変動によって生じるコギングトルクの低減のための磁気変動を生じさせる溝が設けられている永久磁石回転電機が提案されている（例えば、特許文献 4 参照）。

先行技術文献

特許文献

- [0010] 特許文献1：特開 2 0 0 0 - 1 9 7 2 9 2 号公報
特許文献2：特許第 4 2 2 0 3 2 4 号公報
特許文献3：特許第 3 7 7 8 2 7 1 号公報
特許文献4：特許第 3 8 0 7 2 1 4 号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

- [0011] しかしながら、上記特許文献 1 に記載された従来例にあつては、永久磁石のそれぞれの外周側磁極面に形成される鉄心磁極部の外周形状が、周方向中央部で鉄心中心よりの距離が最も大きくなり、極間部で鉄心中心よりの距離が最も小さくなるように鉄心磁極部毎の円弧状をなしている回転子形状を有し、溶接位置は鉄心磁極部外周の極間部としており、この位置での溶接は、コギングトルクへの影響は少ないが溶接し難い場所であり、製造過程におい

て時間とコストが掛かるという未解決の課題がある。

[0012] また、上記特許文献 2 に記載された従来例にあつては、ロータにおける複数の溶接部は、該溶接部で囲まれた平面を交番する他方のロータの回転に伴う積分値がゼロとなる位置としている。インナーロータ側に着目した場合、極対間毎の極間部を溶接することを示しており、溶接個所が極対数しか存在しないことから、特に極数が少ない回転電機ではロータの溶接強度に関して問題があるという未解決の課題がある。

[0013] さらに、上記特許文献 3 に記載された従来例にあつては、溶接部が永久磁石のそれぞれの磁極中心から半径方向にある位置においてのみ、ロータの回転軸と平行に溶接するようにしており、磁石形状が一文字などに限定されており、また、コギングトルクを低減させるために 2 段以上の段スキューを設けた回転子構造では溶接が困難となるという未解決の課題がある。

[0014] さらにまた、上記特許文献 4 に記載された従来例にあつては、コギングトルクを打ち消すために、コギングトルクが発生する位置に溝を設けることで、全体のコギングトルクを低減させる永久磁石回転電機の回転子を示している。しかしながら、製造時のバラツキを考慮した場合、コギングトルクが大きくなる可能性がある。また、段スキュー構造とした場合もコギングトルクが大きくなる可能性がある。溝の位置は、磁極の中心位置付近であり、コギングトルクと同じ次数でほぼ逆相のコギングトルクが発生させる溝とあるが明確な位置は示されていない。さらにリラクタンストルクを有効に活用できる 2 枚の磁石で 1 極を構成する V 字形状の回転子構造については明確でない。さらにまた、積層された電磁鋼板を安価、かつ機械強度をもつ回転子として一体化する方法が明確でない等の未解決の課題がある。

[0015] そこで、本発明は、上記従来例の未解決の課題に着目してなされたものであり、製造時における溶接溝位置及び溶接にバラツキがあつた場合でも、コギングトルクの過大な増加を抑制し、大きな誘起電圧の変動が無く、安価に製造可能な溶接溝を持つ永久磁石形回転電機の回転子を提供することを目的としている。

課題を解決するための手段

[0016] 上記目的を達成するために、本発明の一の形態に係る永久磁石形回転電機の回転子は、コイルを巻装した固定子と、永久磁石が埋め込まれた回転子とを有する永久磁石形回転電機の回転子である。そして、電磁鋼板を積層して構成される回転子コアの外周面における、中心点と埋設された永久磁石で構成される磁極の隣接する磁極との間の中心とを結ぶ線を電気角で表される角度 θ の基準とするとき、

$$\pi/6 < \theta < \pi/2 \text{ [rad]} \text{ 及び } \pi/2 < \theta < 5\pi/6 \text{ [rad]}$$

の何れか一方の範囲内に軸方向に延長する溶接溝が形成されている。

[0017] ここで、永久磁石としては、断面形状がV字形状、U字形状等の屈曲形状や平板形状の何れであってもよい。

また、本発明の他の形態に係る永久磁石形回転電機の回転子は、電磁鋼板を積層して構成される第1の積層体と、前記電磁鋼板を裏返して積層して構成される第2の積層体とを互いの前記溶接溝を軸方向に直線状に配置して段スキュー構造としている。

[0018] さらに、本発明の他の形態に係る永久磁石形回転電機の回転子は、前記永久磁石が、磁極を構成する永久磁石の回転子外周側磁極面が前記回転子の中心点と前記磁極の円周方向中心を通る磁極中心線を挟んで対向するように配置されている。

また、本発明の他の形態に係る永久磁石形回転電機の回転子は、前記永久磁石が、前記回転子の中心点と前記磁極の円周方向中心を通る磁極中心線と直交する線上に配置されている。

[0019] また、本発明の一の形態に係る永久磁石形回転電機の回転子は、コイルを巻装した固定子と、永久磁石が埋め込まれた回転子とを有する永久磁石形回転電機の回転子である。そして、前記回転子の電磁鋼板を積層して構成される回転子コアに、磁極を構成する永久磁石の回転子外周側磁極面が前記回転子の中心点と前記磁極の円周方向中心を通る磁極中心線を挟んで対向するように配置され、前記回転子コアの外周面における、中心点と埋設された永久

磁石で構成される磁極の隣接する磁極との間の中心とを結ぶ線を電気角で表される角度 θ の基準とすると、

$$\pi/6 < \theta < 5\pi/6 \text{ [rad]}$$

の範囲内の外周面に軸方向に延長する溶接溝が形成されている。

ここで、永久磁石としては、断面形状がV字形状、U字形状等の屈曲形状とされている。

発明の効果

[0020] 本発明によれば、製造時において、溶接溝位置及び溶接工程にバラツキがあっても、コギングトルクの過大な増加を抑制し、大きな誘起電圧の変動がなく、安価に製造が可能な永久磁石形回転電機の回転子を提供することができる。

図面の簡単な説明

[0021] [図1]本発明の第1の実施形態を示す永久磁石形回転電機の1磁極分を示すモデル図である。

[図2]第1の実施形態における回転中心と磁極間の中心位置とを結ぶ線を基準とする溶接溝の配置角度 θ （電気角）とコギングトルクとの関係を示す特性線図である。

[図3]第1の実施形態における回転中心と磁極間の中心位置とを結ぶ線を基準とする溶接溝の配置角度 θ （電気角）と誘起電圧との関係を示す特性線図である。

[図4]本発明の第2の実施形態を示す回転子の側面図である。

[図5]図4の回転子コアの断面図である。

[図6]第2の実施形態における回転中心と磁極間の中心位置とを結ぶ線を基準とする溶接溝の配置角度 θ （電気角）とコギングトルクとの関係を示す特性線図である。

[図7]第2の実施形態における回転中心と磁極間の中心位置とを結ぶ線を基準とする溶接溝の配置角度 θ （電気角）と誘起電圧との関係を示す特性線図である。

[図8]溶接溝の変形例を示す拡大断面図である。

[図9]回転子の永久磁石形状の変形例を示す図である。

[図10]従来例の回転子を示す側面図である。

発明を実施するための形態

[0022] 以下、本発明の実施の形態を図面に基づいて説明する。

図1は本発明に係る回転子を永久磁石形回転電機に適用した場合の第1の実施形態を示す断面図である。

この図1において、1は埋込磁石形回転電機で構成されている永久磁石形回転電機である。この永久磁石形回転電機1は、例えば円筒状の固定子2と、この固定子2の内周面に所定の空隙3を介して対向し、回転軸4に取付けられて回転自在に支持された回転子5とを備えている。

[0023] 固定子2は、電磁鋼板を積層して形成した固定子コア6を有する。この固定子コア6は、円筒状のヨーク部7と、このヨーク部7の内周面に円周方向に所定間隔を保って半径方向に延長して形成された多数の固定子スロット8と、これら固定子スロット8間に形成されたティース部9とから構成されている。

回転子5は、電磁鋼板を積層して形成された回転子コア11を有する。この回転子コア11は、例えば円周方向に等間隔で6個の磁極12が形成され、隣接する磁極間で半径方向の着磁方向が逆となるように設定されている。

[0024] 磁極12には、回転子コア11の外周面から内側に頂部が回転中心側となる内側角 ϕ が鈍角のV字形状となるように2つの永久磁石スロット13a及び13bが軸方向に貫通して形成されている。これら永久磁石スロット13a及び13bは、磁極12の円周方向の中心線Lcを中心として線対称に形成されている。各永久磁石スロット13a及び13bには、例えば希土類の永久磁石14a及び14bが挿通されて接着剤等の固定手段で固定されている。したがって、永久磁石14a及び14bの外周側磁極面が中心線Lcを挟んで互いに対向している。

[0025] また、磁極12を構成する回転子コア11の外周面に断面半円状の溶接溝

15が軸方向に延長して形成されている。この溶接溝15は、コギングトルクの過大な増加を抑制し、大きな誘起電圧の変動が無いように、回転中心Oを通り例えば時計方向側に隣接する磁極12との間の中心となる境界線Lbを基準(Orad)とする電気角で表される角度 θ を考えたときに、角度 θ が $\pi/6 < \theta < 5\pi/6$ の範囲となる位置に形成されている。

[0026] このように、上記第1の実施形態によると、永久磁石形回転電機1が埋込永久磁石形回転電機の構成を有するので、回転子5の永久磁石14a及び14bの中間部がd軸となり、隣接する磁極12との境界位置がq軸となっており、励磁コイル(図示せず)に通電して例えばd-q軸電流制御することにより、回転子5を回転駆動することができる。

上記構成を有する第1の実施形態では、回転子コア11を構成する積層された電磁鋼板を溶接する溶接溝15を $\pi/6 < \theta < 5\pi/6$ の範囲内の角度 θ に設定しているので、コギングトルクの過大な増加を抑制し、大きな誘起電圧の変動がなく、さらに溶接溝15の設置位置は回転子コア11の円筒面であり、特殊な加工を必要としないので低コストで製造することができる。

[0027] すなわち、一例として固定子スロット8の数を36とし、回転子5の磁極12の数を6とした永久磁石形回転電機1を用いて、溶接溝15を形成する角度 θ とコギングトルクとの関係をシミュレーションした結果を図2に示す。この図2から明らかなように、溶接溝15を $\pi/6 < \theta < 5\pi/6$ の範囲に設けることにより、コギングトルク[Nm]の変動幅を±10%以内に抑制することができる。回転電機の定格トルクに対しては約2%である。このため、溶接溝15の製造時に溶接溝15の形成位置がずれたり、溶接溝15での溶接工程にバラツキがあったりしても、コギングトルクの変動幅は±10%の範囲内に収まることになり、コギングトルクの過大な増加を抑制することができる。

[0028] また、上記と同様の固定子スロット数36及び回転子5の磁極数6の永久磁石形回転電機1を用いて、溶接溝15を形成する角度 θ と誘起電圧[V]との関係をシミュレーションした結果を図3に示す。この図3から明らかな

ように、溶接溝 15 を $\pi/6 < \theta < 5\pi/6$ の範囲に設けることにより、誘起電圧の変動幅は 3% 以下に抑制することができる。このため、溶接溝 15 の製造時に溶接溝 15 の形成位置がずれたり、溶接溝 15 での溶接工程にバラツキがあったりしても、誘起電圧の変動は少なくとも 3% 以下となることから誘起電圧の大きな変動を防止することができる。

[0029] さらに、溶接溝 15 の位置を固定子 2 のスロット開口部中央とすることで、コギングトルクの増大を抑制することが可能となる。

なお、溶接溝 15 を前述した角度 θ の範囲外である $\theta = 0$ すなわち隣接する磁極 12 間の中央位置に形成する場合には、図 2 から明らかなように、コギングトルクを最も小さく抑えることが可能である。しかし、この磁極 12 間の中央位置に溶接溝 15 を形成する場合には、永久磁石形回転電機 1 の負荷運転時において磁極間中央部を流れようとする磁束の障害となり、リラクタンストルクを有効に活用できないことから特性の低下につながる。

[0030] 次に、本発明の第 2 の実施形態を図 4 及び図 5 について説明する。

この第 2 の実施形態は、回転子 5 に段スキューを形成するようにしたものである。

すなわち、第 2 の実施形態では、図 5 に示すように、回転子コア 11 を、電磁鋼板を積層した第 1 の積層体 21a と、同じ電磁鋼板を裏返して積層した第 2 の積層体 21b とを軸方向に結合して形成されている。このとき、溶接溝 15 は、図 4 に示すように、磁極 12 の円周方向の中心線 L_o 位置すなわち角度 $\theta = \pi/2$ を避けた位置すなわち $\pi/6 < \theta < \pi/2$ [rad] 及び $\pi/2 < \theta < 5\pi/6$ [rad] の何れか一方の角度範囲内に溶接溝 15 を形成する。これにより、第 1 の積層体 21a 及び第 2 の積層体 21b の溶接溝 15 を軸方向に直線上に揃えたときに、第 1 の積層体 21a では、永久磁石スロット 13a 及び 13b が図 4 で実線図示のように回転中心 O と溶接溝 15 の円周方向の中心を通る線 L_a に対して反時計方向に角度 δ だけずれて配置されることになる。一方、第 2 の積層体 21b では、永久磁石スロット 13a 及び 13b が図 4 で破線図示のように前記線 L_a に対して時計方向

に角度 δ だけずれて配置されることになる。

[0031] このため、第1の積層体21a及び第2の積層体21bとで磁極12が2 δ 分ずれた段スキュー構造を形成することができる。このとき、第1の積層体21a及び第2の積層体21bとは同じ形状に形成した電磁鋼板を裏返した状態で積層するだけであるので、一つのプレス金型を利用して電磁鋼板を加工することができ、金型費を抑制することが可能となる。

また、第1の積層体21a及び第2の積層体21bの溶接溝15が直線状となるので、溶接を容易に行うことができる。

このように、上記第2の実施形態では、回転子を2段スキュー構造としたので、コギングトルクをより抑制することができる。

[0032] すなわち、一例として固定子スロット8の数を36とし、回転子5の磁極12の数を6とした2段スキュー構造の永久磁石形回転電機1を用いて、溶接溝15を形成する電気角で表される角度 θ とコギングトルクとの関係をシミュレーションした結果を図6に示す。この図6から明らかなように、コギングトルクを前述した第1の実施形態の図2に比較して略半減させることができる。そして、上述した第1の実施形態と同様に、溶接溝15を $\pi/6 < \theta < 5\pi/6$ の範囲に設けることにより、コギングトルク[Nm]の変動幅を定格トルクの1%以内に抑制することができる。このため、溶接溝15の製造時に溶接溝15の形成位置がずれたり、溶接溝15での溶接工程にバラツキがあったりしても、コギングトルクの変動幅は定格トルクの1%以内に収まることになり、コギングトルクの過大な増加を抑制することができ、コギングトルク自体を低減することができる。

[0033] また、上記と同様の固定子スロット数36及び回転子5の磁極数6の永久磁石形回転電機1を用いて、溶接溝15を形成する電気角で表される角度 θ と誘起電圧[V]との関係をシミュレーションした結果を図7に示す。この図7から明らかなように、溶接溝15を $\pi/6 < \theta < 5\pi/6$ の範囲に設けることにより、誘起電圧の変動幅は前述した第1の実施形態と同様に3%以下に抑制することができる。このため、溶接溝15の製造時に溶接溝15の

形成位置がずれたり、溶接溝 15 での溶接工程にバラツキがあったりしても、誘起電圧の変動は少なくとも 3 % 以下となることから誘起電圧の大きな変動を防止することができる。

[0034] さらに、図 4 に示すように、一つ溶接溝 15 の円周方向の中心点を通る線上にキー溝 22 を形成することにより、段スキュー構造とした場合でもキー溝 22 は軸方向に直線上に配列されることになり、溶接時の位置決めの役割を果たすことが可能となる。

なお、上記第 2 の実施形態においては、回転子 5 を 2 段スキュー構造とした場合について説明したが、これに限定されるものではなく、電磁鋼板を表・裏・表と積層することで第 3 の積層体を合わせた 3 段のスキュー構造、第 4 の積層体を合わせた 4 段のスキュー構造を持つ回転子 5 を構成することが可能である。

[0035] また、上記第 1 及び第 2 の実施形態においては、溶接溝 15 の断面形状が半円形である場合について説明したが、これに限定されるものではなく、図 8 (a) に示すように、断面半楕円形状の溶接溝 31 としたり、図 8 (b) に示す断面矩形形状の溶接溝 32 としたり、図 8 (c) に示す断面 W 字形状の溶接溝 33 としたり、任意の溝形状を適用することができる。ここで、コギングトルクの過大な増加を抑制するためには、回転子外周からの溶接溝の深さはできるだけ浅い形状とすることが望ましい。さらにコギングトルクの過大な増加を抑制するために、回転子外周における回転方向の溶接溝の幅はできるだけ狭い形状が望ましく、固定子 2 のスロット開口幅以下の形状がより望ましい。

[0036] また、上記第 1 及び第 2 の実施形態においては、回転子コア 11 に V 字形状に永久磁石 14a 及び 14b を配置して磁極 12 を形成した場合について説明したが、これに限定されるものではなく、図 9 (a) に示すように磁極中心位置の半径が一番小さくなるように湾曲させた断面 U 字形状に永久磁石 41 を配置したり、図 9 (b) に示すように、円弧に外接する複数の永久磁石 42a ~ 42c を配置したりすることができる。要は、永久磁石の外周側

磁極面が磁極 1 2 の中心線 L_c を挟んで対向するように配置すれば、V 字形状、U 字形状等の任意の形状とすることができる。また、図 9 (c) に示すように、磁極の中心線に対して直交する方向に沿う平板形状の永久磁石 4 3 を配置するようにしてもよい。この平板形状の永久磁石 4 3 を適用する場合には、段スキュー構造とするときには前述したように溶接溝 1 5 の配置角度 θ (電気角) を $\pi/2$ を除く位置に形成する必要があることから、溶接溝 1 5 を配置する角度 θ (電気角) を $\pi/2$ を除く位置に形成することが好ましい。

産業上の利用可能性

[0037] 以上のように本発明は、積層電磁鋼板の溶接溝の配置範囲を特定することにより、製造時において、溶接溝位置及び溶接工程にバラツキがあっても、コギングトルクの過大な増加を抑制し、大きな誘起電圧の変動がなく、安価に製造が可能な永久磁石形回転電機の回転子を提供できる。

符号の説明

[0038] 1…永久磁石形回転電機、2…固定子、3…空隙、4…回転軸、5…回転子、6…固定子コア、1 2…磁極、1 3 a, 1 3 b…永久磁石スロット、1 4 a, 1 4 b…永久磁石、1 5…溶接溝、2 1 a…第 1 の積層体、2 1 b…第 2 の積層体、2 2…キ一溝、3 1 ~ 3 3…溶接溝、4 1、4 2 a ~ 4 2 c、4 3…永久磁石

請求の範囲

- [請求項1] コイルを巻装した固定子と、永久磁石が埋め込まれた回転子とを有する永久磁石形回転電機の回転子であって、
- 電磁鋼板を積層して構成される回転子コアの外周面における、中心点と埋設された永久磁石で構成される磁極の隣接する磁極との間の中心とを結ぶ線を電気角で表される角度 θ の基準とするととき、
- $\pi/6 < \theta < \pi/2$ [rad] 及び $\pi/2 < \theta < 5\pi/6$ [rad] の何れか一方の範囲内に軸方向に延長する溶接溝が形成されていることを特徴とする永久磁石形回転電機の回転子。
- [請求項2] 電磁鋼板を積層して構成される第1の積層体と、前記電磁鋼板を裏返して積層して構成される第2の積層体とを互いの前記溶接溝を軸方向に直線状に配置して段スキュー構造としたことを特徴とする請求項1に記載の永久磁石形回転電機の回転子。
- [請求項3] 前記永久磁石は、磁極を構成する永久磁石の回転子外周側磁極面が前記回転子の中心点と前記磁極の円周方向中心を通る磁極中心線を挟んで対向するように配置されていることを特徴とする請求項1又は2に記載の永久磁石形回転電機の回転子。
- [請求項4] 前記永久磁石は、前記回転子の中心点と前記磁極の円周方向中心を通る磁極中心線と直交する線上に配置されていることを特徴とする請求項1又は2に記載の永久磁石形回転電機の回転子。
- [請求項5] コイルを巻装した固定子と、永久磁石が埋め込まれた回転子とを有する永久磁石形回転電機の回転子であって、
- 前記回転子の電磁鋼板を積層して構成される回転子コアに、磁極を構成する永久磁石の回転子外周側磁極面が前記回転子の中心点と前記磁極の円周方向中心を通る磁極中心線を挟んで対向するように配置され、前記回転子コアの外周面における、中心点と前記磁極の隣接する磁極との間の中心とを結ぶ線を電気角で表される角度 θ の基準とするととき、

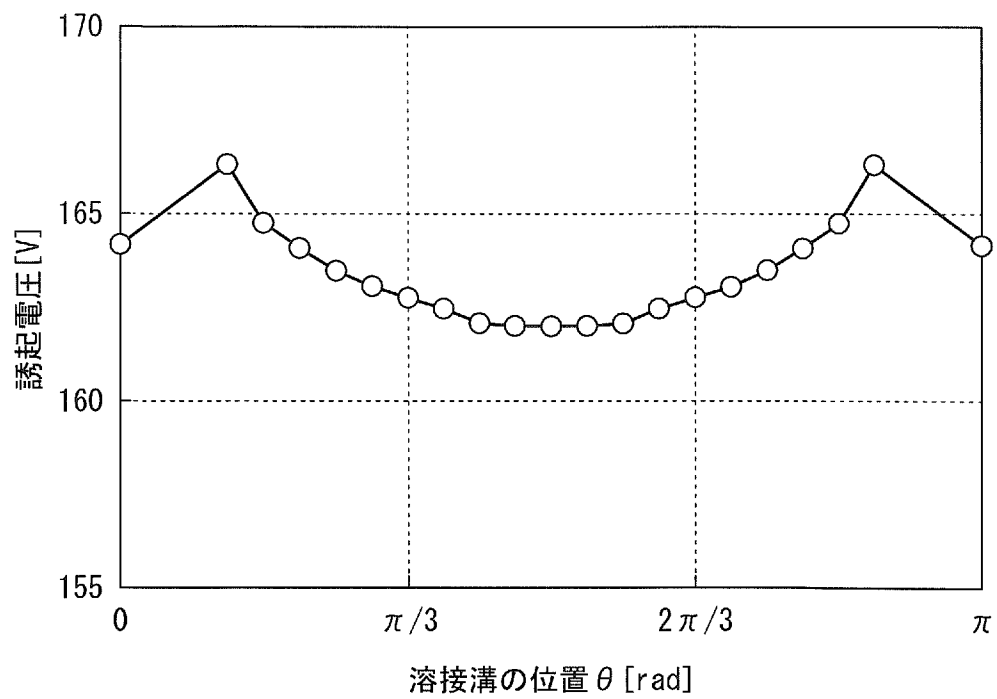
$$\pi/6 < \theta < 5\pi/6 \text{ [rad]}$$

の範囲内の外周面に軸方向に延長する溶接溝が形成されていることを特徴とする永久磁石形回転電機の回転子。

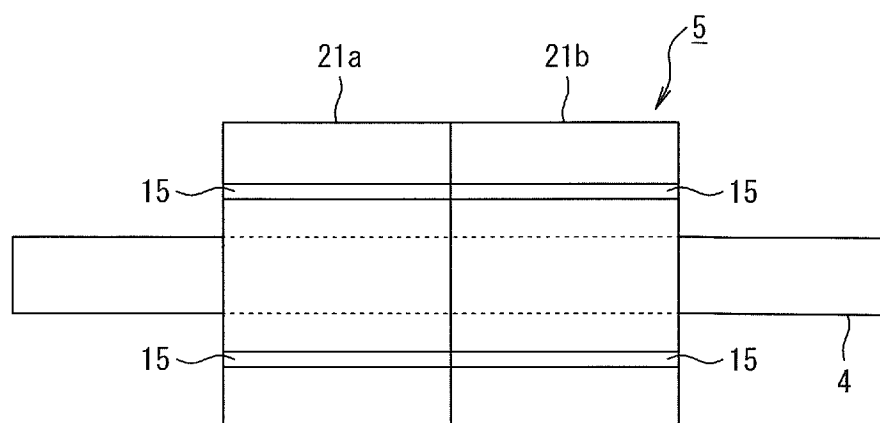
[請求項6] 前記溶接溝は、断面形状が円弧形状、半楕円形状、矩形形状及びW字形状の何れか1つの形状とされていることを特徴とする請求項1乃至5の何れか1項に記載の永久磁石形回転電機の回転子。

溶接溝の位置 θ [rad]	コギングトルク p-p [Nm]
0.0	1.0
0.157	3.9
0.314	4.5
0.471	4.2
0.628	3.6
0.785	4.3
0.942	4.4
1.099	4.2
1.256	3.6
1.413	4.2
1.570	4.4
1.727	4.2
1.884	3.6
2.041	4.2
2.198	4.4
2.355	4.2
2.512	3.6
2.669	4.2
2.826	4.4
2.983	3.8
3.141	1.0

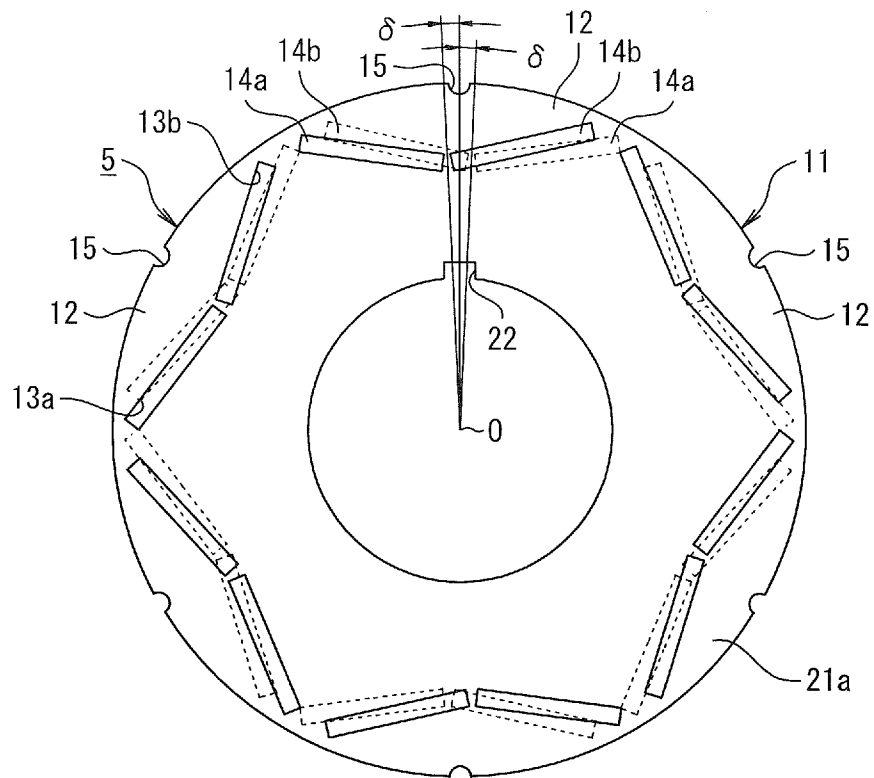
[図3]



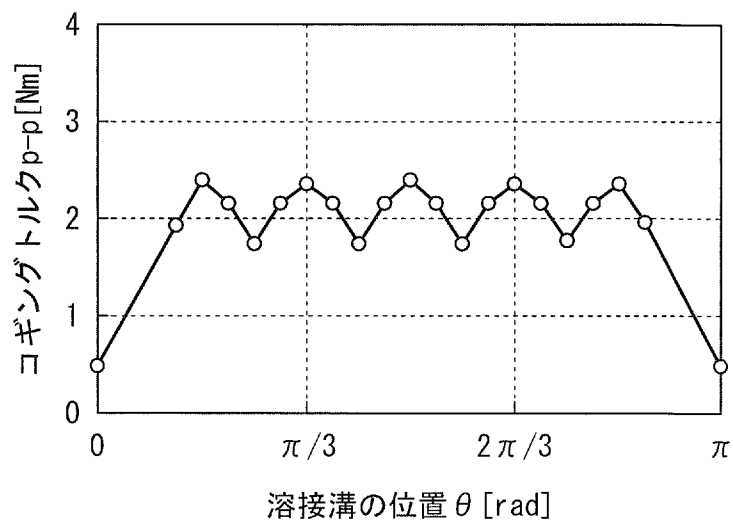
[図4]



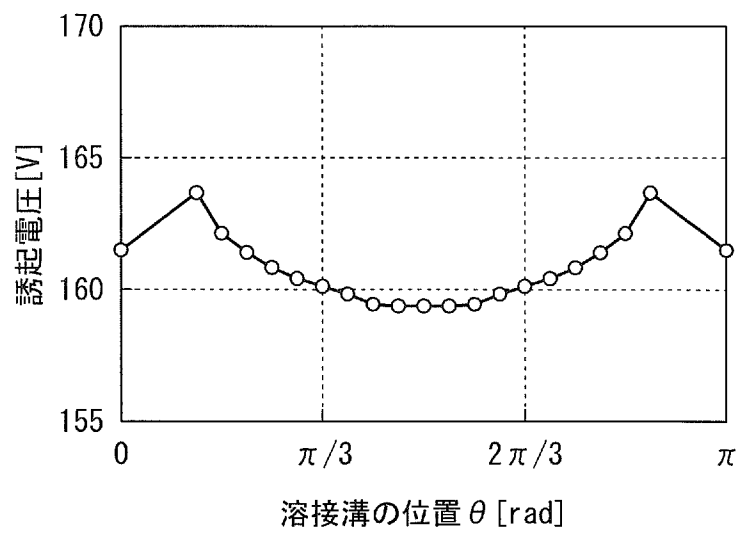
[図5]



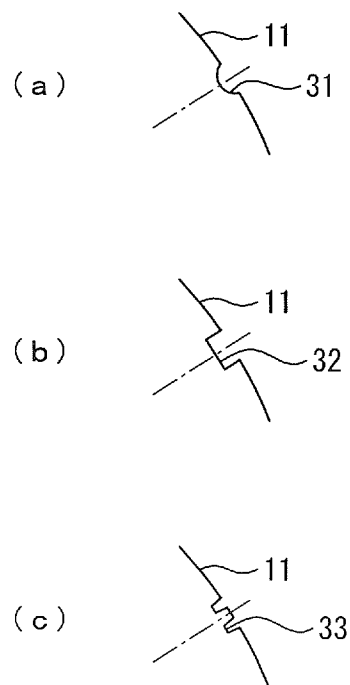
[図6]



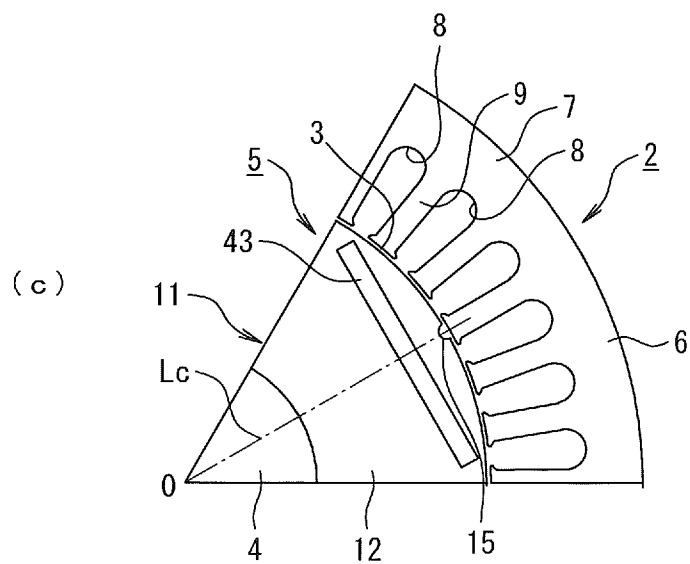
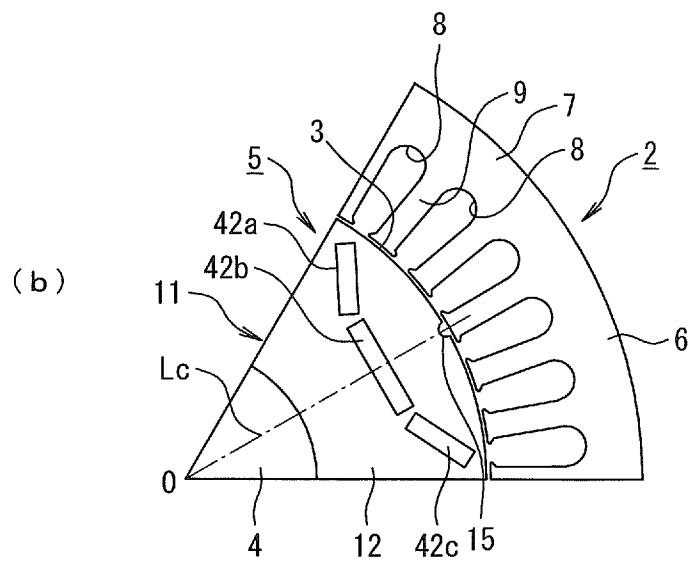
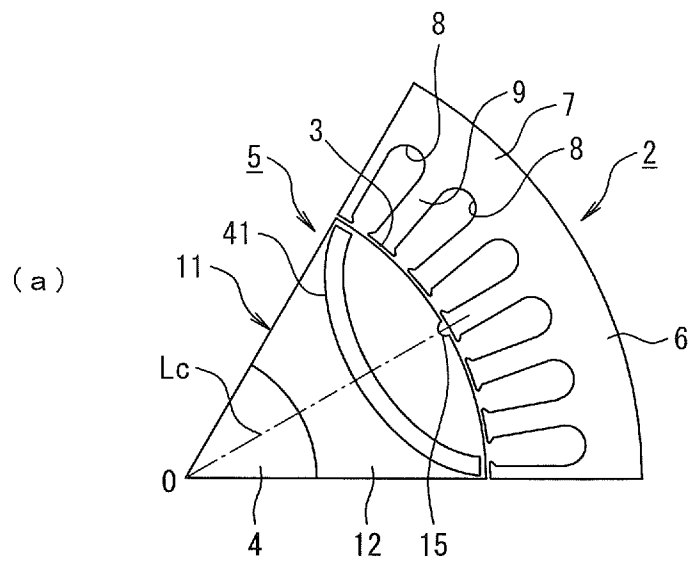
[図7]



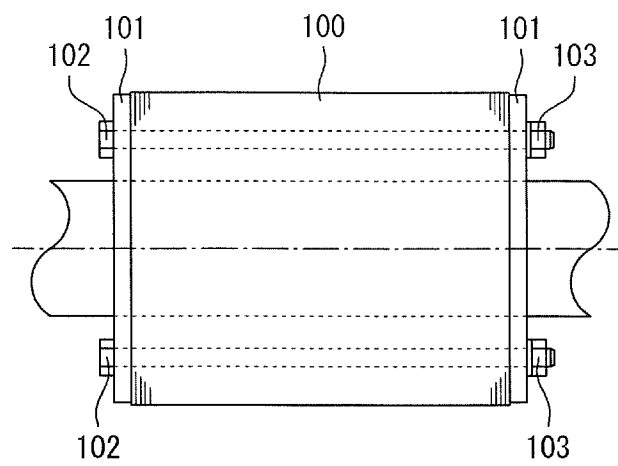
[図8]



[図9]



[図10]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2011/001860

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H02K1/27(2006.01)i, H02K1/22(2006.01)i, H02K21/14(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H02K1/27, H02K1/22, H02K21/14

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

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2011
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2011	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2011

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 2009-207351 A (Daikin Industries, Ltd.), 10 September 2009 (10.09.2009), paragraphs [0015] to [0029]; fig. 1 to 2 (Family: none)	1-6
Y	JP 3778271 B2 (Ebara Corp.), 24 May 2006 (24.05.2006), paragraphs [0016] to [0017]; fig. 4 (Family: none)	1-6
A	JP 2005-176424 A (Nissan Motor Co., Ltd.), 30 June 2005 (30.06.2005), paragraphs [0014] to [0015]; fig. 2 & US 2005/0121990 A1 & EP 1542335 A1 & DE 602004007460 D & CN 1627600 A	1-6

☐ 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
27 April, 2011 (27.04.11)

Date of mailing of the international search report
17 May, 2011 (17.05.11)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. H02K1/27(2006.01)i, H02K1/22(2006.01)i, H02K21/14(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. H02K1/27, H02K1/22, H02K21/14

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 1 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 1 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 1 年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y	JP 2009-207351 A（ダイキン工業株式会社）2009.09.10, 段落【0015】－【0029】、【図1】－【図2】（ファミリーなし）	1－6
Y	JP 3778271 B2（株式会社荏原製作所）2006.05.24, 段落【0016】－【0017】、【図4】（ファミリーなし）	1－6

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

2 7 . 0 4 . 2 0 1 1

国際調査報告の発送日

1 7 . 0 5 . 2 0 1 1

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A / J P）

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

齋藤 健児

3 V

4 7 5 7

電話番号 03-3581-1101 内線 3357

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2005-176424 A (日産自動車株式会社) 2005.06.30, 段落【0014】－【0015】, 【図2】 & US 2005/0121990 A1 & EP 1542335 A1 & DE 602004007460 D & CN 1627600 A	1－6