

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6385715号
(P6385715)

(45) 発行日 平成30年9月5日(2018.9.5)

(24) 登録日 平成30年8月17日(2018.8.17)

(51) Int.Cl.

F 1

H02K 1/27 (2006.01)
H02K 1/22 (2006.01)H02K 1/27 501A
H02K 1/27 501K
H02K 1/27 501M
H02K 1/22 ZHVA

請求項の数 7 (全 15 頁)

(21) 出願番号 特願2014-103728 (P2014-103728)
 (22) 出願日 平成26年5月19日 (2014.5.19)
 (65) 公開番号 特開2015-6124 (P2015-6124A)
 (43) 公開日 平成27年1月8日 (2015.1.8)
 審査請求日 平成29年2月23日 (2017.2.23)
 (31) 優先権主張番号 特願2013-107260 (P2013-107260)
 (32) 優先日 平成25年5月21日 (2013.5.21)
 (33) 優先権主張国 日本国 (JP)

(73) 特許権者 000003078
 株式会社東芝
 東京都港区芝浦一丁目1番1号
 (73) 特許権者 598076591
 東芝インフラシステムズ株式会社
 神奈川県川崎市幸区堀川町72番地34
 (74) 代理人 100108855
 弁理士 蔵田 昌俊
 (74) 代理人 100103034
 弁理士 野河 信久
 (74) 代理人 100153051
 弁理士 河野 直樹
 (74) 代理人 100075672
 弁理士 峰 隆司

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】回転電機

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

固定子鉄心及びこの固定子鉄心に取り付けられた電機子巻線を具備する固定子と、前記固定子に対して回転自在に設けられる回転子鉄心を具備する回転子とを具備し、

前記回転子鉄心は、中央永久磁石を収容可能な内周側磁石収容孔と、前記内周側磁石収容孔よりも前記回転子鉄心の半径方向外側に前記回転子鉄心の周方向に2つの分割永久磁石を収容可能な外周側磁石収容孔と、が形成され、

前記回転子鉄心の回転中心に対して垂直な前記回転子鉄心の断面における、前記外周側磁石収容孔を規定する前記回転中心側の第1の縁、前記第1の縁よりも前記半径方向外側に位置する第2の縁のそれぞれは、前記回転中心側に凸となる曲線に形成され、

前記回転中心に対して垂直な前記回転子鉄心の断面における、前記内周側磁石収容孔を規定する前記回転中心側の第3の縁、前記第3の縁よりも前記半径方向外側に位置する第4の縁のそれぞれは、前記回転中心側に凸となる曲線に形成され、

前記第2の縁において前記回転中心側に最も凸となる部分に、前記分割永久磁石に接触することによって前記分割永久磁石の位置を規定する、前記第1の縁に向かって突出する外周側中央係止突起が形成され、

前記第1の縁の両端部近傍のそれぞれに、前記分割永久磁石に接触することによって前記分割永久磁石の位置を規定する、前記第2の縁に向かって突出する内周側係止突起が形成され、

10

20

前記回転中心に垂直な磁石の断面が、前記回転中心と前記外周側中央係止突起とを結ぶ直線に関して線対称となるように、前記外周側中央係止突起と一端部近傍の前記内周側係止突起との間、並びに、前記外周側中央係止突起と他端部近傍の前記内周側係止突起との間に前記分割永久磁石がそれぞれ固定される、ことを特徴とする回転電機。

【請求項 2】

前記外周側中央係止突起と前記一端部近傍の前記内周側係止突起との間に固定される前記分割永久磁石は、前記外周側磁石収容孔の前記第1の縁を含む面に面接触する第1の面と、前記外周側磁石収容孔の前記第2の縁を含む面に面接触する第2の面と、前記外周側中央係止突起に接触する平坦な第3の面と、前記一端部近傍の前記内周側係止突起に接触する平坦な第4の面とを具備し、

10

前記外周側中央係止突起と前記他端部近傍の前記内周側係止突起との間に固定される前記分割永久磁石は、前記外周側磁石収容孔の前記第1の縁を含む面に面接触する第5の面と、前記外周側磁石収容孔の前記第2の縁を含む面に面接触する第6の面と、前記外周側中央係止突起に接触する平坦な第7の面と、前記他端部近傍の前記内周側係止突起に接触する平坦な第8の面とを具備する

ことを特徴とする請求項1に記載の回転電機。

【請求項 3】

前記回転子鉄心は、前記内周側磁石収容孔に対して前記第3の縁の延びる方向に並ぶ、端側永久磁石を収容可能な側方磁石収容孔が少なくとも1つ形成される

ことを特徴とする請求項1または請求項2に記載の回転電機。

20

【請求項 4】

前記回転子鉄心は、前記内周側磁石収容孔に対して前記第3の縁の延びる方向両側に前記側方磁石収容孔が1つずつ形成され、

前記回転中心に対して垂直な前記回転子鉄心の断面において、前記側方磁石収容孔は、前記第3の縁の延長方向に延びる第5の縁と、前記第4の縁の延長方向に延びるとともに前記第5の縁よりも前記半径方向外側に位置する第6の縁とを具備し、

前記側方磁石収容孔に収容される前記端側永久磁石は、前記回転中心に垂直な断面において、前記第5の縁に対向する第7の縁と、前記第6の縁に対向する第8の縁とが互いに平行な直線に形成され、

前記内周側磁石収容孔に収容される前記中央永久磁石は、前記回転中心に垂直な断面が、前記回転中心と前記外周側中央係止突起とを結ぶ直線に関して線対称な形状に形成される

30

ことを特徴とする請求項3に記載の回転電機。

【請求項 5】

前記側方磁石収容孔に収容される前記端側永久磁石は、前記回転中心に対して垂直な断面が台形状に形成される

ことを特徴とする請求項4に記載の回転電機。

【請求項 6】

前記側方磁石収容孔に収容される前記端側永久磁石は、前記回転中心に対して垂直な断面が矩形状に形成される

40

ことを特徴とする請求項5に記載の回転電機。

【請求項 7】

前記側方磁石収容孔に収容される前記端側永久磁石の前記回転中心に対して垂直な断面における前記第5の縁に垂直な方向に沿う厚みは、前記内周側磁石収容孔に収容される前記中央永久磁石の前記回転中心に対して垂直な断面における前記第3の縁が延びる方向に垂直な方向に沿う厚みよりも、小さい

ことを特徴とする請求項4乃至請求項6のうちのいずれか1項に記載の回転電機。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

50

本発明の実施形態は、回転子に永久磁石が埋め込まれた永久磁石型の回転電機に関する。

【背景技術】

【0002】

近年、電気自動車、ハイブリット自動車向けのような車載用の回転電機では、排出ガスの抑制、燃費向上のため、高効率化を強く求められている。それに伴い、永久磁石を使用した回転電機の小型、高出力化が進められている。

【0003】

車載用の回転電機は、限られた搭載スペースの中で高トルク、高出力化が要求される。そのため、例えば希土類（NdFeB）磁石のような高磁気エネルギー積の永久磁石をV字状に配置し、且つ永久磁石の外周側に空洞（磁極間隙部）を配置した、永久磁石式リラクタンス型の回転電機が提案されている。この回転電機によれば、リラクタンストルクが増加し、高トルクを得ることで高出力、且つ可变速運転が可能となる。

【0004】

一方で、車載用の回転電機として用いられる永久磁石回型転電機では、磁力が強く、高エネルギー積の希土類磁石（NdFeB）が多く用いられている。この希土類磁石は、小さい体積でより高いトルクを発生することができる。しかしながら、希土類金属は生産地が偏在し、資源量も乏しいことから、材料としての入手リスクと、将来の資源枯渇が問題となっている。

【0005】

そのため、資源量が豊富で、安価なフェライト磁石を用いた回転電機が検討されている。しかし、フェライト磁石は、磁力が希土類磁石に比べて1/3程度と低い。そこで、回転子に多層構造のスリットを設け、そのスリットに永久磁石を配置することにより、リラクタンストルク活用し、永久磁石による磁石トルクと合わせることで、発生トルクを高める永久磁石式リラクタンス型回転電機が提案されている。

【0006】

また、車載用の回転電機では、小型化を図るために高速回転化した場合、回転子鉄心の遠心力による応力が大きくなり、問題となる。そこで、回転子鉄心に埋め込まれている永久磁石を突起により保持することで、永久磁石の回転遠心力を軽減し、回転子鉄心内に発生する応力を低減する永久磁石型の回転電機が提案されている。

【0007】

上述したフェライト磁石を用いた永久磁石式リラクタンス型回転電機に、永久磁石用の保持突起を設けることにより、磁力の低いフェライト磁石を用いつつ、高速回転が可能な永久磁石式リラクタンス型の回転電機が得られる。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0008】

【特許文献1】特開平11-27913号公報

【特許文献2】特開2002-199675号公報

【特許文献3】特開2011-83066号公報

【特許文献4】特開2001-339919号公報

【特許文献5】特願2012-232125

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0009】

しかしながら、永久磁石式リラクタンス型回転電機において、外周側上層磁石は、回転遠心力による変形により、磁石保持突起で十分に保持することが困難となる。また、回転子鉄心の埋め込み孔と磁石との片当たりが発生し、磁石の割れ、欠けが生じ、更に、モータ特性の低下、ロータ鉄心応力の増加、回転アンバランスの増加により、ロータ破損が生じる可能性がある。

10

20

30

40

50

【0010】

この発明は以上の点に鑑みなされたもので、その課題は、永久磁石を確実に保持して永久磁石の移動、破損、及び回転子の破壊を回避することができ、高速回転が可能で、且つ信頼性の高い永久磁石型の回転電機を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0011】

実施形態によれば、回転電機は、固定子鉄心及びこの固定子鉄心に取り付けられた電機子巻線を具備する固定子と、前記固定子に対して回転自在に設けられる回転子鉄心を具備する回転子とを具備し、前記回転子鉄心は、中央永久磁石を収容可能な内周側磁石収容孔と、前記内周側磁石収容孔よりも前記回転子鉄心の半径方向外側に前記回転子鉄心の周方向に2つの分割永久磁石を収容可能な外周側磁石収容孔と、が形成され、前記回転子鉄心の回転中心に対して垂直な前記回転子鉄心の断面における、前記外周側磁石収容孔を規定する前記回転中心側の第1の縁、前記第1の縁よりも前記半径方向外側に位置する第2の縁のそれぞれは、前記回転中心側に凸となる曲線に形成され、前記回転中心に対して垂直な前記回転子鉄心の断面における、前記内周側磁石収容孔を規定する前記回転中心側の第3の縁、前記第3の縁よりも前記半径方向外側に位置する第4の縁のそれぞれは、前記回転中心側に凸となる曲線に形成され、前記第2の縁において前記回転中心側に最も凸となる部分に、前記分割永久磁石に接触することによって前記分割永久磁石の位置を規定する、前記第1の縁に向かって突出する外周側中央係止突起が形成され、前記第1の縁の両端部近傍のそれぞれに、前記分割永久磁石に接触することによって前記分割永久磁石の位置を規定する、前記第2の縁に向かって突出する内周側係止突起が形成され、前記回転中心に垂直な磁石の断面が、前記回転中心と前記外周側中央係止突起とを結ぶ直線に関して線対称となるように、前記外周側中央係止突起と一端部近傍の前記内周側係止突起との間、並びに、前記外周側中央係止突起と他端部近傍の前記内周側係止突起との間に前記分割永久磁石がそれぞれ固定される、ことを特徴とする。

10

【図面の簡単な説明】

【0012】

【図1】図1は、第1の実施形態に係る永久磁石型の回転電機を示す断面図。

【図2】図2は、前記回転電機の回転子の一部を拡大して示す断面図。

【図3】図3は、内周側中央永久磁石の幅と端側永久磁石の幅との比（ブリッジ位置）と、モータ特性（トルク）との関係を示す図。

30

【図4】図4は、第2の実施形態に係る永久磁石型の回転電機の回転子の一部を拡大して示す断面図。

【発明を実施するための形態】

【0013】

以下に、図面を参照しながら、種々の実施形態について説明する。なお、実施形態を通して共通の構成には同一の符号を付すものとし、重複する説明は省略する。また、各図は実施形態とその理解を促すための模式図であり、その形状や寸法、比などは実際の装置と異なる個所があるが、これらは以下の説明と公知の技術を参照して適宜、設計変更することができる。

40

【0014】

(第1の実施形態)

図1は、第1の実施形態に係る永久磁石式リラクタンス型の回転電機10の固定子および回転子の横断面図、図2は、回転子の一部を拡大して示す断面図である。

【0015】

本実施形態では、8極、48スロットの永久磁石式リラクタンス型の回転電機について説明するが、回転電機の極数、及びスロット数は適宜増減可能である。図1に示すように、回転電機10は、例えば、インナーロータ型の回転電機として構成され、図示しない固定枠に支持された環状の、ここでは、円筒形状の固定子12と、固定子の内側に回転自在にかつ固定子と同軸的に支持された回転子14と、を備えている。

50

【0016】

固定子12は、円筒状の固定子鉄心16と固定子鉄心16に埋め込まれた電機子巻線18とを備えている。固定子鉄心16は、磁性材、例えば、円環状の電磁鋼板を多数枚、同芯状に積層して構成されている。固定子鉄心16の内周部には、それぞれ軸方向に延びた複数のスロット20が形成され、これにより、固定子鉄心16の内周部は、回転子14に面する多数の固定子ティース21を構成している。スロット数は48スロットで構成されている。そして、これらのスロット20に電機子巻線18が埋め込まれている。

【0017】

回転子14は、両端が図示しない軸受により回転自在に支持された回転軸22と、この回転軸の軸方向ほぼ中央部に固定された円筒形状の回転子鉄心24と、回転子鉄心内に埋め込まれた複数の永久磁石と、を有し、固定子12の内側に僅かな隙間（エアギャップ）を置いて同軸的に配置されている。10

【0018】

回転子鉄心24は、磁性材、例えば、円環状の電磁鋼板を多数枚、同芯状に積層した積層体として構成されている。回転子鉄心24は、それぞれ回転子鉄心の半径方向あるいは放射方向に延びる磁化容易軸（磁束の通りやすい部分）（d軸）、および磁化困難軸（磁束が通り難い部分）（q軸）を有し、これらのd軸およびq軸は、回転子鉄心24の円周方向に交互に、かつ、所定の位相で形成されている。

【0019】

回転子鉄心24の外周部に複数の凹所30が形成されている。凹所30は、それぞれ回転子鉄心24を軸方向に貫通して延びているとともに、それぞれd軸上に位置している。回転子鉄心24は、外周面に磁気的な凹凸を形成するために、複数の磁石埋め込み孔、および、これらの磁石埋め込み孔に埋め込まれた複数の永久磁石を備えている。永久磁石としては、例えば、フェライト磁石を用いる。20

【0020】

図1および図2に示すように、複数の磁石埋め込み孔は、回転子鉄心24の各d軸上において、回転子鉄心の半径方向に複数層、例えば、2層、並んで形成されている。回転子鉄心24の外周側の磁石埋め込み孔（外周側磁石収容孔）32は、横断面が円弧状に形成され、回転子鉄心24を軸方向に貫通して延びている。

【0021】

ここで言う回転子鉄心24の軸とは、回転子鉄心24の回転中心Cである。言い換えると、回転子鉄心24の中心軸に垂直な断面において、外周側の磁石埋め込み孔32を規定する、回転中心C側の第1の縁51は、回転中心C側に凸となる曲線に形成されている。また、回転子鉄心24の回転中心Cに対して垂直な断面において、外周側の磁石埋め込み孔32を規定する、第1の縁51よりも回転子鉄心24の半径方向外側に位置する第2の縁52は、回転中心C側に凸となる曲線に形成されている。30

【0022】

同様に、回転子鉄心24の内周側、つまり、回転子鉄心の中心軸側、の磁石埋め込み孔34は、横断面がほぼ円弧状に形成され、回転子鉄心24を軸方向に貫通して延びている。40

【0023】

外周側および内周側の2層の磁石埋め込み孔32、34は、回転子鉄心24のd軸（磁極中心軸）上に中心を持ち、かつ、回転子鉄心の中心側に凸となる円弧状に形成されている。各磁石埋め込み孔32、34の両端部は、回転子鉄心24の外周面の近傍まで延びている。

【0024】

外周側の磁石埋め込み孔32は、回転子鉄心24の外周側に位置する外周面32aと、この外周面と一定の間隔をおいて対向する内周面32bと、により規定されている。外周面32aは、第1の縁51を含む面である。内周面32bは、第2の縁52を含む面である。50

【 0 0 2 5 】

本実施形態において、外周面 3 2 a および内周面 3 2 b は同心の円弧状に形成されている。また、回転子鉄心 2 4 は、外周側の磁石埋め込み孔 3 2 の磁極中心軸 d から離れた円弧方向両端の近傍において、内周面 3 2 b から埋め込み孔 3 2 内に突出した 2 つの内周側係止突起(係止構造部) 3 6 a と、磁石埋め込み孔 3 2 の円弧方向中心、すなわち、磁極中心軸 d 上において、外周面 3 2 a から埋め込み孔 3 2 内に突出した 1 つの外周側中央係止突起(中央係止構造部) 3 6 b と、を一体に有している。

【 0 0 2 6 】

言い換えると、回転中心 C に対して垂直な回転子鉄心 2 4 の断面において、第 1 の縁 5 1 の両端近傍には、内周側係止突起 3 6 a が形成されている。外周側中央係止突起 3 6 b は、第 2 の縁 5 2 の最も回転中心 C 側に凸となる部分に形成されており、第 2 の縁 5 2 において回転中心 C 側に最も凸となる部分と回転中心とを結ぶ直線が、磁極中心軸 d とが重なる。

【 0 0 2 7 】

一方、内周側の磁石埋め込み 3 4 は、複数のブリッジにより複数の埋め込み孔に分割されている。実施形態において、回転子鉄心 2 4 は、内周側の磁石埋め込み孔 3 4 の外周部と内周部とをそれぞれ接続する複数、例えば 2 本のブリッジ 3 8 を有している。2 本のブリッジ 3 8 は、磁極中心軸 d の両側に、かつ、磁極中心軸 d から等間隔離間して、設けられている。これにより、内周側の磁石埋め込み孔 3 4 は、磁極中心軸 d 上に位置する円弧状の中央埋め込み孔(内周側磁石収容孔) 3 4 a と、この中央埋め込み孔の両側にそれぞれ位置する 2 つの端側埋め込み孔(側方磁石収容孔) 3 4 b と、に分割されている。

【 0 0 2 8 】

より具体的には、回転子鉄心 2 4 の回転中心 C に対して垂直な断面において、中央埋め込み孔 3 4 a を規定する、回転中心 C 側の第 3 の縁 5 3 は、回転中心 C 側に凸となる曲線に形成されている。また、回転子鉄心 2 4 の中心軸に垂直な断面において、中央埋め込み孔 3 4 a を規定する、第 3 の縁 5 3 よりも回転子鉄心 2 4 の半径方向外側に位置する第 4 の縁 5 4 は、回転中心 C 側に凸となる曲線に形成されている。

【 0 0 2 9 】

回転子鉄心 2 4 の回転中心 C に対して垂直な断面において、端側埋め込み孔 3 4 b を規定する第 5 の縁 5 5 は、第 3 の縁 5 3 の延長方向に沿って直線状に形成されており、第 5 の縁 5 5 よりも回転中心 C 側に位置する第 6 の縁 5 6 は、第 5 の縁 5 5 に平行な直線状に形成されている。言い換えると、端側埋め込み孔 3 4 b を規定する回転中心 C 側の面 9 1 は平面であり、平面 9 1 に対向する面 9 2 は、面 9 1 に対して平行な平面である。面 9 2 は、第 5 の縁 5 5 を含み、面 9 1 は、第 6 の縁 5 6 を含む。

【 0 0 3 0 】

回転子鉄心 2 4 は、中央埋め込み孔 3 4 a の磁極中心軸 d から離れた円弧方向両端部において、内周面から中央埋め込み孔 3 4 a 内に突出した 2 つの係止突起(係止構造部) 4 2 a と、各端側埋め込み孔 3 4 b の外周側端部において、内周面から端側埋め込み孔内に突出した 1 つの外周側係止突起(係止構造部) 4 2 b と、を一体に有している。

【 0 0 3 1 】

図 1 および図 2 に示すように、複数の永久磁石は、外周側の磁石埋め込み孔 3 2 に埋め込まれた複数の外周側の永久磁石と、内周側の磁石埋め込み孔 3 4 に埋め込まれた複数の内周側の永久磁石と、を有している。各永久磁石は、回転子鉄心 2 4 の軸方向長さとほぼ等しい長さを有している。そして、各永久磁石は回転子鉄心 2 4 の回転中心 C に沿うほぼ全長に亘って埋め込まれている。これにより、複数の永久磁石は、回転子鉄心 2 4 の各 d 軸上において、回転子鉄心の半径方向に複数層、例えば、2 層、並んで配置されている。

【 0 0 3 2 】

より詳細には、外周側の磁石埋め込み孔 3 2 内に埋め込まれた外周側の永久磁石は、外周側中央係止突起 3 6 b の両側に埋設された 2 つの分割永久磁石 2 6 a、2 6 b を含んでいる。

10

20

30

40

50

【0033】

各分割永久磁石26a、26bは、各々左右線対称であり、各々円弧状の断面形状を有し、磁石埋め込み孔32内に嵌め込まれ、接着剤等により回転子鉄心24に固定されている。また、各分割永久磁石26a、26bは、円弧方向両端部が外周側中央係止突起36bと内周側係止突起36aとに係合し、外周側の磁石埋め込み孔32に保持されている。2つの分割永久磁石26a、26bは、互いに同一の断面形状を有している。

【0034】

すなわち、分割永久磁石26aは、外周側の磁石埋め込み孔32の外周面32aに面接觸する外周面(第2の面)61と、外周側の磁石埋め込み孔32の内周面32bに面接觸する内周面(第1の面)62と、平坦な両端面(第3、4の面)63、64と、を有し、端面63が外周側中央係止突起36bに当接し、端面64が一端部近傍の内周側係止突起36aにそれぞれ当接し、円弧方向の位置が決められている。10

【0035】

同様に、分割永久磁石26bは、外周側の磁石埋め込み孔32の外周面32aに面接觸する外周面(第2の面)65と、外周側の磁石埋め込み孔32の内周面32bに面接觸する内周面(第1の面)66と、平坦な両端面(第3、4の面)67、68と、を有し、端面67が外周側中央係止突起36bに当接し、端面68が他端部近傍の内周側係止突起36aにそれぞれ当接し、円弧方向の位置が決められている。

【0036】

分割永久磁石26a、26bは、回転中心Cに対して垂直な断面が、回転中心Cと外周側中央係止突起36bとを結ぶ直線に関して線対称となるように、固定されている。20

【0037】

複数の内周側の永久磁石は、2本のプリッジ38間に位置する内周側の中央磁石埋め込み孔34aに埋設された左右線対称形状、例えば、断面が円弧形状、の中央永久磁石28aと、中央磁石埋め込み孔34aの両側に位置する2つの端側磁石埋め込み孔34bにそれぞれ埋設された左右線対称形状、例えば、断面が四辺形の2つの端側永久磁石28bと、を含んでいる。これらの永久磁石28a、28bは、磁石埋め込み孔34内に嵌め込まれ、接着剤等により回転子鉄心24に固定されている。各内周側永久磁石28a、28bは、左右線対称の断面形状を有している。また、中央永久磁石28aは、その円弧方向の両端面がそれぞれ係止突起42aに当接し、円弧方向の位置が決められている。各端側永久磁石28bは、その外周側の端面が外周側係止突起42bに当接し、円周方向の位置が決められている。30

【0038】

言い換えると、中央埋め込み孔34aに収容される中央永久磁石28aは、中央埋め込み孔34aの面71に面接觸する81と、中央埋め込み孔34aの面72に面接觸する82とを有する。面71は、第3の縁53を含む面である。面72は、面71に対して回転子鉄心24の半径方向外側に位置する面である。面72は、第4の縁54を含む面である。面71、81が互いに接着剤などで固定されている。面72、82が、互いに接着剤などで固定されている。

【0039】

端側永久磁石28bは、回転中心Cに対して垂直な断面が、矩形状に形成されている。具体的には、端側永久磁石28bは、回転中心Cに対して垂直な断面において、端側埋め込み孔34bの第5の縁55に対向する第7の縁57と、端側埋め込み孔34bの第6の縁56に対向する第8の縁58とを有している。第7の縁57と第8の縁58とは、互いに平行な直線形状に形成されている。端側永久磁石28bの第7の縁57を含む面93と、端側永久磁石28bの第8の縁58を含む面94とは、互いに平行な平面である。面91、93は、互いに面接觸する。面92、94は、互いに面接觸する。40

【0040】

回転中心Cに対して垂直な中央永久磁石28aの断面において、第3の縁53に垂直な方向に沿う厚みL1は、回転中心Cに対して垂直な端側永久磁石28bの断面において、50

第5の縁55に垂直な方向に沿う厚みL2よりも大きい。

【0041】

これにより、外周側および内周側の2層の永久磁石は、回転子鉄心24のd軸（磁極中心軸）上に中心を持ち、かつ、回転子鉄心の中心側に凸となる円弧状に配置されている。

【0042】

外周側および内周側の永久磁石は、その全体の磁化方向が磁極中心軸d側を向くように着磁されている。複数の永久磁石を上記のように配置することにより、回転子鉄心24の外周部において各d軸上の領域は磁極部40を形成し、各q軸上の領域は磁極間部42を形成している。そして、回転子14は、回転子鉄心24に装着された電機子巻線18に電流を流すことにより回転磁界が発生し、この回転磁界と永久磁石からの発生磁界との相互作用により、回転子14が回転軸22を中心に回転する。

【0043】

（作用）

次に、上記のように構成された回転電機10の作用について説明する。回転電機10が運転される際、回転子14の回転により、永久磁石が径方向に飛び出そうとする遠心力が永久磁石に作用する。この際、外周側の永久磁石は、2つの分割永久磁石26a、26bで構成され、各分割永久磁石26a、26bは、左右線対称、且つ円弧形状とし、傾けて配置している。言い換えると、各分割永久磁石26a、26bは、円弧形状であることによって、回転子14の半径方向に対して傾く姿勢で、回転子鉄心24に固定されている。

【0044】

分割永久磁石26a、26bの重心位置は磁極中心軸d上ではなく、磁極間側に存在する。言い換えると、分割永久磁石26a、26bの重心位置は、磁極中心軸dよりも磁極間部42側にシフトした位置にある。また、各分割永久磁石26a、26bは、両端面が中央係止突起36bおよび1つの内周側係止突起36aにそれぞれ当接し、円弧方向の位置が決められている。

【0045】

これにより、回転により回転子鉄心24が遠心力により応力を受けて、歪んだ場合でも、係止突起36a、36bにより、分割永久磁石26a、26bを確実に保持し、磁石の移動、破損等が防止される。外周面中央部に中央係止突起36bを設けているため、2つの分割永久磁石26a、26b同士が接触することなく、永久磁石のズレなどの移動を防ぐことができる。また、磁極中央部にブリッジを配置する必要がなくなり、漏れ磁束が抑制される。

【0046】

また、内周面32bと外周面32aとに沿って外側に飛び出そうとする力を受ける突起を、内周側係止突起36aとして第1の縁51に形成することによって、当該外側に飛び出そうとする力に対する突起の耐荷重性を高めることができる。

【0047】

この点について、具体的に説明する。各分割永久磁石26a、26bに作用する遠心力によって、各分割永久磁石26a、26bは、磁石埋め込み孔32の内周面32bと外周面32aとに沿って、外側に飛び出そうとする。

【0048】

回転中心Cに対して垂直な断面において、第2の縁52と回転子鉄心24の外周面との間の厚みは、比較的小さくなるが、第1の縁51の周囲には、十分な厚みを確保することができる。このため、第1の縁51に内周側係止突起36aが形成されることによって、内周側係止突起36aの周囲には、内周側係止突起36aを支持する厚みが十分に確保されるので、内周側係止突起36aが耐えられる荷重、つまり耐荷重性を高めることができる。

【0049】

分割永久磁石26aは磁石埋め込み穴32の内周面に沿って回転中心Cから遠ざかろうとするが、内周側係止突起36aによってその運動が抑え込まれることにより、内周側係

10

20

30

40

50

止突起 3 6 a との接点を回転中心として、この接点とは反対側の端面を回転中心 C から遠ざけようとする回転モーメントが発生する。この回転モーメントにより、隣り合う各分割永久磁石の向かい合う端面が接触する方向に運動しようとする。

【 0 0 5 0 】

分割永久磁石 2 6 a , 2 6 b が互いに接触する方向に移動することを防止するための突起である突起を、外周側中央係止突起 3 6 b として第 2 の縁 5 2 に形成することによって、分割永久磁石 2 6 a , 2 6 b が互いに接触することを確実に防止しつつ、分割永久磁石 2 6 a , 2 6 b を大きくすることができる。

【 0 0 5 1 】

この点について、具体的に説明する。分割永久磁石 2 6 a , 2 6 b において互いに対向する部分である第 3 の面 6 3 , 6 7 は、遠心力によって、互いに近づく方向に歪む傾向にある。さらに、第 3 の面 6 3 , 6 7 において、回転子 1 4 の半径方向外側の部分は、内側の部分に対して、より大きな遠心力が作用する。このため、第 3 の面 6 3 , 6 7 において、回転子 1 4 の半径方向外側の部分は、内側の部分に対して、より大きく歪む傾向にある。

【 0 0 5 2 】

しかしながら、第 2 の縁 5 2 に外周側中央係止突起 3 6 b を形成することによって、より大きく歪む傾向にある、第 3 の面 6 3 , 6 7 において回転子 1 4 の半径方向外側の部分を受けることによって、つまり接触すること受けることによって、分割永久磁石 2 6 a , 2 6 b が互いに近づく方向に歪むことを防止することができる。

【 0 0 5 3 】

このため、第 1 の縁 5 1 に、分割永久磁石 2 6 a , 2 6 b が互いに接触することを防止する突起を形成する必要がないため、分割永久磁石 2 6 a , 2 6 b において回転子 1 4 の半径向内側の部分を、互いに接近する形状に形成できる。つまり、分割永久磁石 2 6 a , 2 6 b を大きくすることができる。

【 0 0 5 4 】

内周側の永久磁石は、ブリッジ 3 8 間に位置する中央永久磁石 2 8 a と、中央永久磁石の両側に位置する 2 つ端側永久磁石 2 8 b と、に分割され、左右線対称、且つアーチ形状磁石と平板形状の磁石とを組合せて配置できる。また、ブリッジ 3 8 を複数本とすることにより、左右線対称の永久磁石を適用することが可能となり、従来と同等な回転子鉄心の磁路形状とすることができます。これにより、リラクタンストルクを活用した、高トルク、高出力特性を確保することができる。

【 0 0 5 5 】

内周側に配置される磁石を複数に分けることによって、磁石の重心を磁極軸上ではなく、磁極軸の脇に磁極軸に関して線対称に配置することができる。また、磁石 1 個あたりの質量を半減させ、遠心力によって発生する力を低減させることができる。これにより、回転子鉄心 2 4 において中央永久磁石 2 8 a を受ける係止突起 4 2 a に作用する力を小さくすることができる。同様に、回転子鉄心 2 4 において端側永久磁石 2 8 b を受ける係止突起 4 2 b に作用する力を小さくすることができる。このため、端側永久磁石 2 8 b の回転子鉄心 2 4 に対する保持力を高めることができる。

【 0 0 5 6 】

端側永久磁石 2 8 b は、中央永久磁石 2 8 a に対して、大きな遠心力が作用する。しかしながら、端側永久磁石 2 8 b の厚み L 2 を中央永久磁石 2 8 a の厚み L 1 よりも小さくすることによって、端側永久磁石 2 8 b の重さを小さくできるので、端側永久磁石 2 8 b に作用する、遠心力による影響を小さく抑えることができる。

【 0 0 5 7 】

内周側の磁石埋め込み孔 3 4 に設けるブリッジを複数本、例えば、2 本とすることにより、磁極中央部における永久磁石の厚みを確保しつつ、モータ特性（トルク）を最大とするブリッジ幅およびブリッジ位置を設定することが可能となる。ブリッジが 1 本の場合、ブリッジの幅を狭くすることができるが、永久磁石の厚みが大きい磁極中央部にブリッジ

10

20

30

40

50

を配置する必要があるため、永久磁石量が少なくなってしまう。すなわち、モータのトルクが小さくなる。これに対して、ブリッジを2本設ける場合、磁極中心軸の両側にブリッジを配置することができ、2本のブリッジ間、すなわち、磁極中央部に永久磁石を配置することができる。これにより、磁極中央部における永久磁石の厚みを確保し、磁石量を増加することができる。従って、ブリッジ幅を適宜設定することにより、モータ特性(トルク)を最大とすることができます。

【0058】

図3に示すように、中央永久磁石28aの円弧方向長さをWc、各端側永久磁石28bの長手方向長さをWsとした場合、図3は、磁石長さの比(Ws/Wc)、つまり、2本のブリッジ38の配設位置と、モータ特性(トルク)との関係を示している。図3に示すように、中央永久磁石の長さWcと端側永久磁石の長さWsとの比(Ws/Wc)が変化すると、モータ特性が変化することが分かる。中央永久磁石28aの長さWcを大きくすることで、すなわち、2本のブリッジ38間の間隔を大きくすることで、磁石面積(磁石量)が拡大し、トルク特性は向上する。しかし、長さ比(Ws/Wc)がある点(1.70)を越えると、遠心力により永久磁石に作用する応力が大きくなるため、ブリッジ38の幅を広げ強度を上げる必要が出てくる。ブリッジ幅の増大により、漏れ磁束が増加するため、モータのトルク特性は減少する。本実施形態では、永久磁石長さの比(Ws/Wc)が1.70付近となるように、2本のブリッジ38を配置している。そのため、各ブリッジ38の幅を広げる必要がなく、最適なモータ特性(トルク)が得られる。

【0059】

ブリッジ幅については、製造的に最小幅として鉄心(電磁鋼板)板厚程度が限界であり、許容応力以内とするために、磁石量の増加に伴って、ブリッジ幅を広げる必要がある。従って、中央永久磁石長さと端側永久磁石長さとの関係、すなわち、2本のブリッジ間の間隔、ブリッジの位置、最適に保ちつつ、ブリッジ幅の選定を行うことが望ましい。ブリッジ幅を狭めることにより、漏れ磁束を低減でき、トルク特性を向上することができる。一方、ブリッジ幅を狭めていくと、回転子鉄心に作用する応力(ブリッジ部応力)が増大し、ブリッジの許容応力を超えてしまう場合がある。従って、許容応力以下とするブリッジ幅を設定することが望ましい。以上のことから、ブリッジの配設位置、ブリッジ幅を適宜設定することにより、モータ特性(トルク)を最大とすることができます。

【0060】

(効果)

第1の実施形態によれば、回転により回転子鉄心および永久磁石が遠心力により応力を受けて、歪んだ場合でも、外周側中央係止突起および内周側係止突起により、分割永久磁石を確実に保持し、永久磁石角部の片当たり、曲げ応力発生による割れ、欠けなどの破損を防止し、また回転子鉄心内の応力を低減することが可能となる。これにより、高速回転が可能で、且つ信頼性の高い永久磁石式リラクタンス型の回転電機が得られる。

【0061】

また、外周側中央係止突起により、外周側の分割永久磁石同士の接触、位置ズレを防止でき、これにより、中央にブリッジを配置する必要がなくなり、漏れ磁束を抑制することができる。このことから、トルクの減少を抑え、高トルク、高出力が可能となる。

【0062】

内周側の永久磁石に左右線対称、且つアーチ形状の中央永久磁石を適用できることから、従来と同等な回転子鉄心の磁路形状となり、リラクタンストルクを活用した、高トルク、高出力特性を確保することができる。また、中央永久磁石の両側に配置する端側永久磁石を断面四辺形の平板形状とすることができます、磁石加工性の向上、製造コストの低減を図ることができる。

【0063】

以上のことから、安価で磁力の弱いフェライト磁石を用いた場合でも、高トルク、高出力、且つ高速回転が可能となり、信頼性の高い低成本の回転電機を提供することができる。

10

20

30

40

50

【0064】

次に、他の実施形態に係る回転電機について説明する。なお、以下に説明する他の実施形態において、前述した第1の実施形態と同一の部分には、同一の参照符号を付してその詳細な説明を省略し、第1の実施形態と異なる部分を中心に詳しく説明する。

【0065】**(第2の実施形態)**

図4は、第2の実施形態に係る永久磁石式リラクタンス型の回転電機10の回転子の一部を拡大して示す断面図である。

【0066】

本実施形態では、内周側の永久磁石において、中央永久磁石28aの両側に設けられた端側永久磁石28bは、その断面が非平行な2辺を有する台形状に形成されている。具体的には、台形形状の端側永久磁石28bは、回転子14の外周側に位置する部分の第5の縁55に沿う部分の第5の縁55の延びる方向に沿う厚みL3が、内周側の第6の縁56に沿う部分の第6の縁56の延びる方向に沿う厚みL4に対して薄くなるように構成されている。10

【0067】

なお、第2の実施形態において、回転電機の他の構成は、前述した第1の実施形態に係る回転電機と同一である。

【0068】

台形形状の端側永久磁石28bは、第1の実施形態における平板状(矩形状)の永久磁石に対し、回転子14の内周側に位置する部分の厚みを大きくすることができるため、磁石断面積を大きくすることができ、磁石トルクを増加することができる。また、従来構造の磁路形状と同様に内周側に向かって磁路幅が大きくなる形状とすることが可能となり、リラクタンストルクを活用できる。20

【0069】

第2の実施形態によれば、端側永久磁石を非平行な2対の辺を有する台形形状とすることにより、永久磁石量を増加させ、磁石トルクを増加することができる。また、従来と同等な回転子鉄心の磁路形状となり、リラクタンストルクを活用した、高トルク、高出力特性を確保することができる。第2の実施形態においても、第1の実施形態と同様に、高速回転が可能で、且つ信頼性の高い永久磁石式リラクタンス型の回転電機を提供することができる。30

【0070】

なお、この発明は上記実施形態そのままに限定されるものではなく、実施段階ではその要旨を逸脱しない範囲で構成要素を変形して具体化可能である。また、上記実施の形態に開示されている複数の構成要素の適宜な組み合わせにより、種々の発明を形成できる。例えば、実施形態に示される全構成要素から幾つかの構成要素を削除してもよい。さらに、異なる実施形態にわたる構成要素を適宜組み合わせてもよい。

【0071】

例えば、永久磁石型の回転電機は、インナーロータ型に限らず、アウターロータ型としてもよい。回転子の磁極数、寸法、形状等は、前述した実施形態に限定されることなく、設計に応じて種々変更可能である。また、回転子鉄心24内における永久磁石26の多層配置は、2層に限らず、3層以上としてもよい。40

【0072】

第1の実施形態において、外周側磁石収容孔に設けられた中央係止突起は、回転子鉄心の回転中心に対して垂直な断面において、外側収容孔を規定する回転中心側に位置する第1の縁よりも半径方向外側に位置する第2の縁に形成されている。しかしながら、例えば、内周側磁石収容孔に中央係止突起を設けてもよい。この場合、この中央係止突起は、回転鉄心の回転中心に対して垂直な断面において、内側磁石収容孔を規定する回転子鉄心の回転中心側の第3の縁よりも半径方向外側に位置する内周側磁石収容孔を規定する第4の縁に形成される。より具体的には、例えば、内周側の中央埋め込み孔34aに、分割永久50

磁石 26a, 26b のように、分割された磁石を収容する場合では、内周側磁埋め込み孔 34a の第 4 の縁 54 に、外周側中央係止突起 36b と同様の中央係止突起を設けてよい。

以下、本願の出願当初の特許請求の範囲に記載された発明を付記する。

[1] 固定子鉄心及びこの固定子鉄心に取り付けられた電機子巻線を具備する固定子と、前記固定子に対して回転自在に設けられる回転子鉄心を具備する回転子とを具備し、

前記回転子鉄心は、磁石を収容可能な内側磁石収容孔と、前記内側磁石収容孔よりも前記回転子鉄心の半径方向外側に磁石を収容可能な外側磁石収容孔が形成され、

前記回転子鉄心の回転中心に対して垂直な前記回転子鉄心の断面における、前記外側磁石収容孔を規定する前記回転中心側の第 1 の縁、前記第 1 の縁よりも前記半径方向外側に位置する第 2 の縁のそれぞれは、前記前記回転中心側に凸となる曲線に形成され、

前記回転中心に対して垂直な前記回転子鉄心の断面における、前記内側磁石収容孔を規定する前記回転中心側の第 3 の縁、前記第 3 の縁よりも前記半径方向外側に位置する第 4 の縁のそれぞれは、前記回転中心側に凸となる曲線に形成され、

前記第 2 の縁において前記回転中心側に最も凸となる部分に、磁石に接触することによって磁石の位置を規定する、前記第 1 の縁に向かって突出する外周側中央係止突起が形成され、

前記第 1 の縁の両端部近傍のそれぞれに、磁石に接触することによって磁石の位置を規定する、前記第 2 の縁に向かって突出する内周側係止突起が形成され、

前記回転中心に垂直な磁石の断面が、前記回転中心と前記外周側中央係止突起とを結ぶ直線に関して線対称となるように、前記外周側中央係止突起と一端部近傍の前記内周側係止突起との間に磁石を固定可能であり、前記外周側中央係止突起と他端部近傍の前記内周側係止突起との間に磁石を固定可能である

ことを特徴とする回転電機。

[2] 前記外周側中央係止突起と前記一端部近傍の前記内周側係止突起との間に固定される磁石は、前記外周側磁石収容孔の前記第 1 の縁を含む面に面接觸する第 1 の面と、前記外周側磁石収容孔の前記第 2 の縁を含む面に面接觸する第 2 の面と、前記外周側中央係止突起に接觸する平坦な第 3 の面と、前記一端部近傍の前記内周側係止突起に接觸する平坦な第 4 の面とを具備し、

前記外周側中央係止突起と前記他端部近傍の前記内周側係止突起との間に固定される磁石は、前記外周側磁石収容孔の前記第 1 の縁を含む面に面接觸する第 5 の面と、前記外周側磁石収容孔の前記第 2 の縁を含む面に面接觸する第 6 の面と、前記外周側中央係止突起に接觸する平坦な第 7 の面と、前記他端部近傍の前記内周側係止突起に接觸する平坦な第 8 の面とを具備する

ことを特徴とする [1] に記載の回転電機。

[3] 前記回転子鉄心は、前記内周側磁石収容孔に対して前記第 3 の縁の延びる方向に並ぶ、磁石を収容可能な側方磁石収容孔が少なくとも 1 つ形成される

ことを特徴とする [1] または [2] に記載の回転電機。

[4] 前記回転子鉄心は、前記内周側磁石収容孔に対して前記第 3 の縁の延びる方向両側に前記側方磁石収容が 1 つずつ形成され、

前記回転中心に対して垂直な前記回転子鉄心の断面において、前記両側方磁石収容孔は、前記第 3 の縁の延長方向に延びる第 5 の縁と、前記第 3 の縁の延長方向に延びるとともに前記第 5 の縁よりも前記回転中心側に位置する第 6 の縁とを具備し、

前記両側方磁石収容孔に収容される磁石は、前記回転中心に垂直な断面において、前記第 5 の縁に対向する第 7 の縁と、前記第 6 の縁に対向する第 8 の縁とが互いに平行な直線に形成され、

前記内周側磁石収容孔に収容される磁石は、前記回転中心に垂直な断面が、前記回転中心と前記外周側中央突起とを結ぶ直線に関して線対称な形状に形成される

ことを特徴とする [3] に記載の回転電機。

[5] 前記側方磁石収容孔に収容される磁石は、前記回転中心に対して垂直な断面が台

10

20

30

40

50

形状に形成される、ことを特徴とする[4]に記載の回転電機。

[6]前記端側磁石収容孔に収容される磁石は、前記回転中心に対して垂直な断面が矩形状に形成される

ことを特徴とする[5]に記載の回転電機。

[7]前記側方磁石収容孔に収容される磁石の前記回転中心に対して垂直な断面における前記第5の縁に垂直な方向に沿う厚みは、前記内周側磁石収容孔に収容される磁石の前記回転中心に対して垂直な断面における前記第3の縁が延びる方向に垂直な方向に沿う厚みよりも、小さい

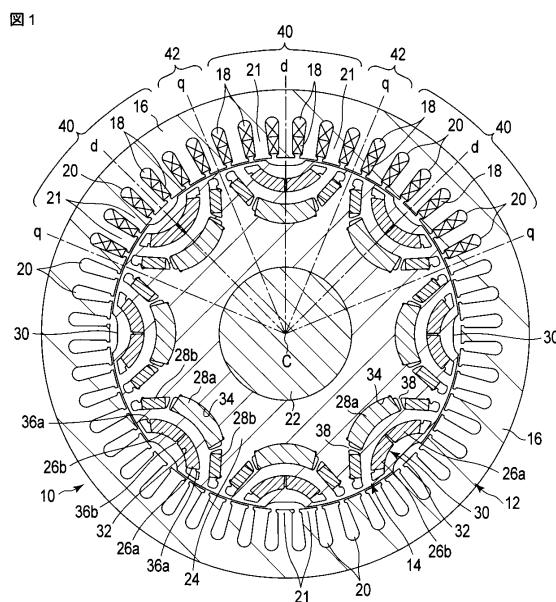
ことを特徴とする[4]～[6]のうちのいずれか1項に記載の回転電機。

【符号の説明】

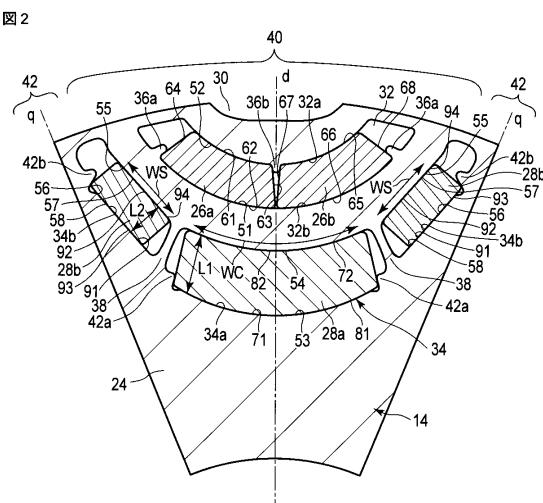
【0073】

- 10...回転電機、12...固定子、14...回転子、16...固定子鉄心、
- 18...電機子巻線、20...スロット、22...回転軸、24...回転子鉄心、
- 26a、26b...分割永久磁石、28a...中央永久磁石、28b...端側永久磁石、
- 32...外周側磁石埋め込み孔、32a...外周面、32b...内周面、
- 34a...中央埋め込み孔、34b...端側埋め込み孔、42a...係止突起、
- 42b...外周側係止突起

【図1】

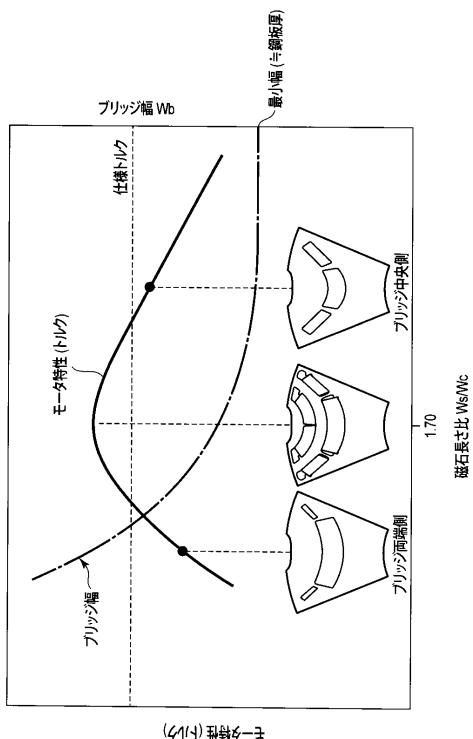


【図2】



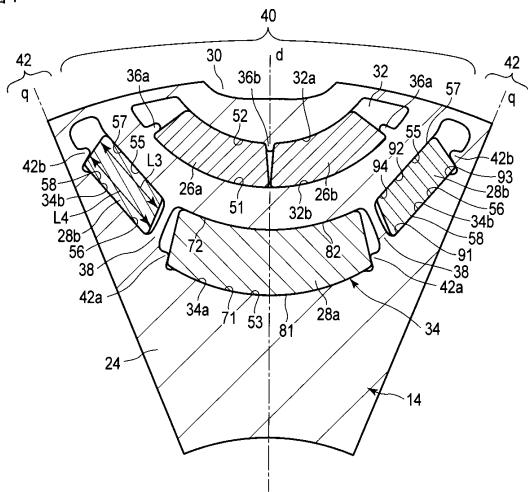
【 図 3 】

☒ 3



【 四 4 】

図 4



フロントページの続き

(74)代理人 100189913
弁理士 鶴飼 健

(72)発明者 高橋 則雄
東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝内

(72)発明者 武田 知修
東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝内

(72)発明者 松下 真琴
東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝内

(72)発明者 橋場 豊
東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝内

(72)発明者 三須 大輔
東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝内

(72)発明者 竹内 活徳
東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝内

(72)発明者 高畠 幹生
東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝内

(72)発明者 松岡 佑将
東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝内

審査官 マキロイ 寛済

(56)参考文献 特開2008-187802(JP,A)
国際公開第2009/090127(WO,A1)
特開2002-252939(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H02K 1 / 27
H02K 1 / 22