

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6217319号
(P6217319)

(45) 発行日 平成29年10月25日 (2017.10.25)

(24) 登録日 平成29年10月6日 (2017.10.6)

(51) Int. Cl.	F I					
H02K 1/22	(2006.01)	H02K	1/22	A		
H02K 1/27	(2006.01)	H02K	1/27	501K		
H02K 21/16	(2006.01)	H02K	1/27	501M		
B23K 26/00	(2014.01)	H02K	21/16	M		
B23K 26/34	(2014.01)	B23K	26/00	H		
請求項の数 12 (全 15 頁) 最終頁に続く						

(21) 出願番号 特願2013-227147 (P2013-227147)
 (22) 出願日 平成25年10月31日 (2013.10.31)
 (65) 公開番号 特開2015-89277 (P2015-89277A)
 (43) 公開日 平成27年5月7日 (2015.5.7)
 審査請求日 平成28年9月13日 (2016.9.13)

(73) 特許権者 000001247
 株式会社ジェイテクト
 大阪府大阪市中央区南船場3丁目5番8号
 (74) 代理人 100089082
 弁理士 小林 脩
 (74) 代理人 100130188
 弁理士 山本 喜一
 (72) 発明者 大野 善洋
 大阪府大阪市中央区南船場3丁目5番8号
 株式会社ジェイテクト内
 (72) 発明者 長濱 貴也
 大阪府大阪市中央区南船場3丁目5番8号
 株式会社ジェイテクト内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 回転機用ロータ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

複数枚の積層された強磁性板により形成され、軸方向にスロットを形成されたロータコアと、

前記スロットに収容された永久磁石と、

を備えた回転機用ロータであって、

前記ロータコアは、コア本体部と、前記スロットの径方向外側に位置する第一外周磁性体領域と、前記コア本体部の外周縁と前記第一外周磁性体領域の周方向端とを接続し前記スロットの端部の径方向外側に位置するブリッジ部と、を備え、

前記第一外周磁性体領域は、前記第一外周磁性体領域の周方向中央を境に、前記ロータコアの回転方向とは逆方向側の領域である第一逆回転側領域の透磁率が、前記ロータコアの回転方向側の領域である第一正回転側領域の透磁率よりも小さくなるように形成され、

前記コア本体部には、隣り合う前記第一外周磁性体領域に前記ブリッジ部を介して挟まれた第二外周磁性体領域が形成され、

前記第二外周磁性体領域は、前記第二外周磁性体領域の周方向中央を境に、前記ロータコアの回転方向側の領域である第二正回転側領域の透磁率が、前記ロータコアの回転方向とは逆方向側の領域である第二逆回転側領域の透磁率よりも小さくなるように形成されている、回転機用ロータ。

【請求項2】

前記第一逆回転側領域は、前記ブリッジ部から前記第一外周磁性体領域の周方向中央に

向かって透磁率が大きくなるように形成されている、請求項1の回転機用ロータ。

【請求項3】

前記第二正回転側領域は、前記ブリッジ部から前記第二外周磁性体領域の周方向中央に向かって透磁率が大きくなるように形成されている、請求項1の回転機用ロータ。

【請求項4】

前記第一逆回転側領域は、前記ブリッジ部から前記第一外周磁性体領域の周方向中央に向かって透磁率が同一となるように形成されている、請求項1の回転機用ロータ。

【請求項5】

前記第二正回転側領域は、前記ブリッジ部から前記第二外周磁性体領域の周方向中央に向かって透磁率が同一となるように形成されている、請求項1の回転機用ロータ。

10

【請求項6】

複数枚の積層された強磁性板により形成され、軸方向にスロットを形成されたロータコアと、

前記スロットに収容された永久磁石と、

を備えた回転機用ロータであって、

前記ロータコアは、コア本体部と、前記スロットの径方向外側に位置する第一外周磁性体領域と、前記コア本体部の外周縁と前記第一外周磁性体領域の周方向端とを接続し前記スロットの端部の径方向外側に位置するブリッジ部と、を備え、

前記コア本体部には、隣り合う前記第一外周磁性体領域に前記ブリッジ部を介して挟まれた第二外周磁性体領域が形成され、

20

前記第二外周磁性体領域は、前記第二外周磁性体領域の周方向中央を境に、前記ロータコアの回転方向側の領域である第二正回転側領域の透磁率が、前記ロータコアの回転方向とは逆方向側の領域である第二逆回転側領域の透磁率よりも小さくなるように形成されている、回転機用ロータ。

【請求項7】

前記第二正回転側領域は、前記ブリッジ部から前記第二外周磁性体領域の周方向中央に向かって透磁率が大きくなるように形成されている、請求項6の回転機用ロータ。

【請求項8】

前記第二正回転側領域は、前記ブリッジ部から前記第二外周磁性体領域の周方向中央に向かって透磁率が同一となるように形成されている、請求項6の回転機用ロータ。

30

【請求項9】

前記第一正回転側領域は、前記ブリッジ部から前記第一外周磁性体領域の周方向中央に向かって透磁率が同一となるように形成されている、請求項1～5の回転機用ロータ。

【請求項10】

前記第二逆回転側領域は、前記ブリッジ部から前記第二外周磁性体領域の周方向中央に向かって透磁率が同一となるように形成されている、請求項1～8の回転機用ロータ。

【請求項11】

前記透磁率を他の部位と異ならせる部位は、加熱により溶融させてキーホールを形成し、前記キーホール周囲の溶融池に合金元素を配置することで溶融されて形成されている、請求項1～10の何れか一項の回転機用ロータ。

40

【請求項12】

前記透磁率を他の部位と異ならせる部位は、加熱により前記透磁率を他の部位と異ならせる部位の外周縁から内周部に向かって溶融させてキーホールを形成する、請求項11の回転機用ロータ。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、回転機に用いられるロータに関するものである。

【背景技術】

【0002】

50

小型で大出力が得られる回転機として埋込磁石型同期回転機（以下、「IPMモータ」と称する）がある。このIPMモータのロータは、電磁鋼板を積層したロータコアに軸方向に延在する直方体状のロットが形成され、該ロットに直方体状の永久磁石が挿入された構成となっている。このロータを備えたIPMモータによれば、磁石トルクにリラクタンストルクを加えた高い合成トルクを得ることができる。

【0003】

例えば、特許文献1には、ロータコアの円周方向における複数個所に等ピッチで配設された永久磁石を備えたIPMモータが記載されている。このロータコアには、各永久磁石間の中央に等ピッチで突極が形成されている。この突極は、ロータコアの円周方向における突極の中心とロータコアの軸心とを結ぶ線に対して非対称の形状に形成されている。

10

【0004】

ここで、永久磁石がつくる磁束の方向、すなわちロータコアの円周方向における永久磁石の中心とロータコアの軸心とを結ぶ線の方向をd軸とする。そして、このd軸と電氣的、磁氣的に直交する方向、すなわちロータコアの円周方向における永久磁石間の中心（突極の中心）とロータコアの軸心とを結ぶ線の方向をq軸とする。

【0005】

特許文献1に記載のIPMモータは、非対称の形状の突極が形成されており、平面形状が所謂風車形状のロータコアを備えている。このため、等価的にd軸およびq軸をロータコアの円周方向にシフトさせてリラクタンストルクのピーク位相と磁石トルクのピーク位相とを互いに近付けることができ、合成トルクを高めることができる。

20

【0006】

しかし、特許文献1に記載のIPMモータでは、ロータコアの平面形状が風車形状であって真円形状ではないため、ロータ・ステータ間に異物を咬み込むと突極に引っ掛かってモータロックし易いという問題がある。また、ロータ・ステータ間に油が溜められたIPMモータの場合、ロータコアの攪拌抵抗が増加しモータ効率が低下するという問題がある。これらの問題を解消するものとして、特許文献2、3には、平面形状が真円形状のロータコアの外周と永久磁石との間に空隙を備えたIPMモータが記載されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0007】

【特許文献1】特開2004-32947号公報

【特許文献2】特開2012-23904号公報

【特許文献3】特開2009-219291号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

IPMモータの設計変更等により、永久磁石のグレード（残留磁束密度の大きさ等）や電磁鋼板のグレードを変更する場合、磁石トルクおよびリラクタンストルクの大きさが変化するので、ロータコアの円周方向のd軸およびq軸のシフト量も変化する。しかし、特許文献2、3に記載のIPMモータでは、ロータコアに設けられる空隙の形状でd軸およびq軸のシフト量が決定されるため、ロータコアを製作するための金型を変更する必要があり、手間およびコストが高むという問題がある。

40

【0009】

本発明は、このような事情に鑑みてなされたものであり、磁石トルクおよびリラクタンストルクの合成トルクを高めることができる簡易な構造の回転機用ロータを提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0010】

（請求項1）本発明の回転機用ロータは、複数枚の積層された強磁性板により形成され、軸方向にロットを形成されたロータコアと、前記ロットに収容された永久磁石と、

50

を備えた回転機用ロータであって、前記ロータコアは、コア本体部と、前記スロットの径方向外側に位置する第一外周磁性体領域と、前記コア本体部の外周縁と前記第一外周磁性体領域の周方向端とを接続し前記スロットの端部の径方向外側に位置するブリッジ部と、を備え、前記第一外周磁性体領域は、前記第一外周磁性体領域の周方向中央を境に、前記ロータコアの回転方向とは逆方向側の領域である第一逆回転側領域の透磁率が、前記ロータコアの回転方向側の領域である第一正回転側領域の透磁率よりも小さくなるように形成され、前記コア本体部には、隣り合う前記第一外周磁性体領域に前記ブリッジ部を介して挟まれた第二外周磁性体領域が形成され、前記第二外周磁性体領域は、前記第二外周磁性体領域の周方向中央を境に、前記ロータコアの回転方向側の領域である第二正回転側領域の透磁率が、前記ロータコアの回転方向とは逆方向側の領域である第二逆回転側領域の透磁率よりも小さくなるように形成されている。

10

【0011】

このように第一外周磁性体領域の透磁率を変化させるのみで、等価的にd軸をシフトさせることができる。これにより、磁石トルクのピーク位相をリラクタンストルクのピーク位相に近付けることができ、磁石トルクおよびリラクタンストルクの合成トルクを高めることができる。よって、IPMモータの設計変更等により、永久磁石のグレード（残留磁束密度の大きさ等）や電磁鋼板のグレードを変更する場合であっても、透磁率の変化量を変更してd軸のシフト量を最適化することができるので、手間およびコストが嵩むことはなく、IPMモータの設計変更等に容易に対応することができる。

【0013】

そして、第二外周磁性体領域の透磁率を変化させると、等価的にq軸をシフトさせることができる。これにより、リラクタンストルクのピーク位相を磁石トルクのピーク位相に近付けることができ、磁石トルクおよびリラクタンストルクの合成トルクをさらに高めることができる。よって、IPMモータの設計変更等により、永久磁石のグレード（残留磁束密度の大きさ等）や電磁鋼板のグレードを変更する場合であっても、透磁率の変化量を変更してq軸のシフト量を最適化することができるので、手間およびコストが嵩むことはなく、IPMモータの設計変更等に容易に対応することができる。

20

【0014】

（請求項2）前記第一逆回転側領域は、前記ブリッジ部から前記第一外周磁性体領域の周方向中央に向かって透磁率が大きくなるように形成されているようにしてもよい。これにより、第一外周磁性体領域における周方向の磁束密度を略正弦波状にすることができ、トルクリップルを低減させて音や振動の発生を抑制することができる。

30

【0015】

（請求項3）前記第二正回転側領域は、前記ブリッジ部から前記第二外周磁性体領域の周方向中央に向かって透磁率が大きくなるように形成されているようにしてもよい。これにより、第二外周磁性体領域における周方向の磁束密度を略正弦波状にすることができ、トルクリップルを低減させて音や振動の発生を一層抑制することができる。

【0016】

（請求項4）前記第一逆回転側領域は、前記ブリッジ部から前記第一外周磁性体領域の周方向中央に向かって透磁率が同一となるように形成されているようにしてもよい。これにより、第一逆回転側領域の透磁率を容易に変化させることができる。

40

（請求項5）前記第二正回転側領域は、前記ブリッジ部から前記第二外周磁性体領域の周方向中央に向かって透磁率が同一となるように形成されているようにしてもよい。これにより、第二正回転側領域の透磁率を容易に変化させることができる。

【0017】

（請求項6）複数枚の積層された強磁性板により形成され、軸方向にスロットを形成されたロータコアと、前記スロットに収容された永久磁石と、を備えた回転機用ロータであって、前記ロータコアは、コア本体部と、前記スロットの径方向外側に位置する第一外周磁性体領域と、前記コア本体部の外周縁と前記第一外周磁性体領域の周方向端とを接続し前記スロットの端部の径方向外側に位置するブリッジ部と、を備え、前記コア本体部には

50

、隣り合う前記第一外周磁性体領域に前記ブリッジ部を介して挟まれた第二外周磁性体領域が形成され、前記第二外周磁性体領域は、前記第二外周磁性体領域の周方向中央を境に、前記ロータコアの回転方向側の領域である第二正回転側領域の透磁率が、前記ロータコアの回転方向とは逆方向側の領域である第二逆回転側領域の透磁率よりも小さくなるように形成されている。

【0018】

このように第二外周磁性体領域の透磁率を変化させるのみで、等価的にq軸をシフトさせることができるので、リラクタンストルクのピーク位相を磁石トルクのピーク位相に近づけることができ、磁石トルクおよびリラクタンストルクの合成トルクを高めることができる。よって、IPMモータの設計変更等により、永久磁石のグレード（残留磁束密度の大きさ等）や電磁鋼板のグレードを変更する場合であっても、透磁率の変化量を変更してq軸のシフト量を最適化することができるので、手間およびコストが嵩むことはなく、IPMモータの設計変更等に容易に対応することができる。

10

【0019】

（請求項7）前記第二正回転側領域は、前記ブリッジ部から前記第二外周磁性体領域の周方向中央に向かって透磁率が大きくなるように形成されているようにしてもよい。これにより、第二外周磁性体領域における周方向の磁束密度を略正弦波状にすることができ、トルクリプルを低減させて音や振動の発生を一層抑制することができる。

（請求項8）前記第二正回転側領域は、前記ブリッジ部から前記第二外周磁性体領域の周方向中央に向かって透磁率が同一となるように形成されているようにしてもよい。これにより、第二正回転側領域の透磁率を容易に変化させることができる。

20

【0020】

（請求項9）前記第一正回転側領域は、前記ブリッジ部から前記第一外周磁性体領域の周方向中央に向かって透磁率が同一となるように形成されているようにしてもよい。これにより、第一正回転側領域には、非磁性化領域を形成する必要はなく、そのままの磁性領域としておくことができる。

（請求項10）前記第二逆回転側領域は、前記ブリッジ部から前記第二外周磁性体領域の周方向中央に向かって透磁率が同一となるように形成されているようにしてもよい。これにより、第二逆回転側領域には、非磁性化領域を形成する必要はなく、そのままの磁性領域としておくことができる。

30

【0021】

（請求項11）前記透磁率を他の部位と異ならせる部位は、加熱により溶融させてキーホールを形成し、前記キーホール周囲の溶融池に合金元素を配置することで溶融されて形成されているようにしてもよい。

透磁率を他の部位と異ならせる部位に対し加熱によりキーホールを形成し、キーホール周囲の溶融池に合金元素が供給される。これにより、合金元素は、溶融池内で対流し、透磁率を他の部位と異ならせる部位において拡散し、透磁率を変化させる処理が行われる。なお、透磁率を他の部位と異ならせる部位への合金元素の供給は、キーホール形成前、形成中、又は形成後でも良い。つまり、結果として、溶融池に合金元素が配置されていれば良い。

40

【0022】

（請求項12）前記透磁率を他の部位と異ならせる部位は、加熱により前記透磁率を他の部位と異ならせる部位の外周縁から内周部に向かって溶融させてキーホールを形成するようにしてもよい。

合金元素は、溶融池内で対流し、透磁率を他の部位と異ならせる部位の深さ方向（径方向）に拡散し、所定の深さに達する。つまり、透磁率を他の部位と異ならせる部位における溶融した部位（キーホールが形成された部分を含む）において、外周縁から内周部に向かってキーホールを形成したことにより、透磁率を他の部位と異ならせる部位の外周縁から所定の深さまで確実に合金元素が拡散するため、確実に透磁率を変化させる処理ができる。

50

【図面の簡単な説明】

【0023】

【図1】本発明の第一実施形態：回転機用ロータの平面図である。

【図2】図1のブリッジ部および第一、第二外周磁性体領域の部分拡大斜視図である。

【図3】ブリッジ部の非磁性化方法を説明するための模式斜視図である。

【図4】ブリッジ部の非磁性化方法を説明するための模式断面図である。

【図5A】第一、第二外周磁性体領域における透磁率の変化部分の第一の形成方法を説明するための図であり、(a)は平面図、(b)は側面図である。

【図5B】第一、第二外周磁性体領域における透磁率の変化部分の第二の形成方法を説明するための図であり、(a)は平面図、(b)は側面図である。

【図5C】第一、第二外周磁性体領域における透磁率の変化部分の第三の形成方法を説明するための図であり、(a)は平面図、(b)は側面図である。

【図6】回転機用ロータの電気角と回転機用ロータに発生するトルクの関係を示す図である。

【図7】本発明の第二実施形態：回転機用ロータのブリッジ部および第一、第二外周磁性体領域の部分拡大斜視図である。

【図8】本発明の第三実施形態：回転機用ロータのブリッジ部および第一、第二外周磁性体領域の部分拡大斜視図である。

【図9】第三実施形態の非磁性化領域に設けられるスキューの角度を説明するための図である。

【発明を実施するための形態】

【0024】

(1. 回転機用ロータの第一の実施形態の構成)

第一の実施形態の回転機に用いられるロータとして、IPMモータのロータについて、図1を参照して説明する。なお、以下の説明において、「径方向」および「軸方向」とは、ロータ(ロータコア)の径方向および軸方向を指す。

【0025】

図1に示すように、ロータ1は、ロータコア2と、4つの永久磁石3とを備えて構成される。ロータコア2は、例えば電磁鋼板でなる薄板円盤状の強磁性板4が複数枚積層されて構成されている。4つの永久磁石3は、例えばネオジウム磁石で直方体状にそれぞれ形成され、ロータコア2に矩形配置されている。すなわち、各永久磁石3は、コア本体部20の外周縁の近傍に90度間隔で軸方向に貫通形成した4つのスロット5にそれぞれ収容され、ロータコア2に固定保持されている。

【0026】

4つのスロット5は、矩形状開口部51および矩形状開口部51の両端からコア本体部20の外周縁に向かってそれぞれ延びる台形状開口部52で構成されている。台形状開口部52は、磁気に対するエアギャップとして形成されている。

【0027】

図1および図2に示すように、ロータコア2は、コア本体部20と、スロット5の径方向外側に位置する第一外周磁性体領域21と、コア本体部20の外周縁2aと第一外周磁性体領域21の周方向端とを接続し、スロット5の径方向外側に位置するブリッジ部23とを備えて構成される。詳しくは、第一外周磁性体領域21は、スロット5の矩形状開口部51における径方向外側に位置する内周壁51aと、コア本体部20の外周縁との間に位置している。ブリッジ部23は、スロット5の台形状開口部52における径方向外側に位置する内周壁52aと、コア本体部20の外周縁との間に位置している。また、コア本体部20には、隣り合う第一外周磁性体領域21にブリッジ部23を介して挟まれた第二外周磁性体領域22(図1の隣り合う永久磁石3の端部間の結線L0よりも径方向外側の領域)が形成されている。

【0028】

第一外周磁性体領域21は、第一外周磁性体領域21の周方向中央L1を境に、ロータ

10

20

30

40

50

コア 2 の回転方向 R とは逆方向側の第一逆回転領域 2 1 a の透磁率が、ロータコア 2 の回転方向 R 側の第一正回転領域 2 1 b の透磁率よりも小さくなるように形成されている。

【 0 0 2 9 】

すなわち、第一逆回転領域 2 1 a には、第一逆回転領域 2 1 a 側のブリッジ部 2 3 から第一外周磁性体領域 2 1 の周方向中央 L 1 に向かって透磁率が徐々に増加する第一非磁性化領域 2 4 (図 1 , 2 において太い横線部分) が形成されている。一方、第一正回転領域 2 1 b には、非磁性化領域は形成されておらず、そのままの磁性領域となっている。第一非磁性化領域 2 4 は、ロータコア 2 の一端面から他端面に亘って同一面積となるように、第一非磁性化領域 2 4 における増加端部の境界線 2 4 a (図 2 参照) は、ロータ 1 の回転軸 C L と平行になるように形成されている。

10

【 0 0 3 0 】

この第一非磁性化領域 2 4 を形成することにより、図 1 に示すように、等価的に d 軸をロータコア 2 の円周方向 (ロータコア 2 の回転方向 R) に d d 軸までシフトさせ、図 6 に示すように、磁石トルク (図示一点鎖線) の位相を図示矢印 a 1 方向にシフトさせて磁石トルクのピーク位相をリラクタンストルク (図示二点鎖線) のピーク位相に近付けることができ、磁石トルクおよびリラクタンストルクの合成トルクを高めることができる。d 軸のシフト量は、第一非磁性化領域 2 4 の径方向の深さ、周方向の幅および透磁率の変化率等により任意に設定することができる。

【 0 0 3 1 】

第二外周磁性体領域 2 2 は、第二外周磁性体領域 2 2 の周方向中央 L 2 を境に、ロータコア 2 の回転方向 R 側の第二正回転領域 2 2 a の透磁率が、ロータコア 2 の回転方向 R とは逆方向側の第二逆回転領域 2 2 b の透磁率よりも小さくなるように形成されている。

20

【 0 0 3 2 】

すなわち、第二正回転領域 2 2 a には、第二正回転領域 2 2 a 側のブリッジ部 2 3 から第二外周磁性体領域 2 2 の周方向中央 L 2 に向かって透磁率が徐々に増加する第二非磁性化領域 2 5 (図 1 , 2 において細かい目の網掛け部分) が形成されている。一方、第二逆回転領域 2 2 b には、非磁性化領域は形成されておらず、そのままの磁性領域となっている。第二非磁性化領域 2 5 は、ロータコア 2 の一端面から他端面に亘って同一面積となるように、第二非磁性化領域 2 5 における増加端部の境界線 2 5 a は、ロータ 1 の回転軸 C L と平行になるように形成されている。

30

【 0 0 3 3 】

この第二非磁性化領域 2 5 を形成することにより、図 1 に示すように、等価的に q 軸をロータコア 2 の円周方向 (ロータコア 2 の回転方向 R とは逆方向) に q q 軸までシフトさせ、図 6 に示すように、リラクタンストルク (図示二点鎖線) の位相を図示矢印 a 2 方向にシフトさせてリラクタンストルクのピーク位相を磁石トルク (図示一点鎖線) のピーク位相に近付けることができ、磁石トルクおよびリラクタンストルクの合成トルクを高めることができる。q 軸のシフト量は、第二非磁性化領域 2 5 の径方向の深さ、周方向の幅および透磁率の変化率等により任意に設定することができる。

【 0 0 3 4 】

ブリッジ部 2 3 は、漏れ磁束を低減するために全体が非磁性化されている (図 1 , 2 において粗い目の網掛け部分) 。

40

ここで、非磁性化とは、比透磁率が 1 となる完全な非磁性化、および比透磁率が電磁鋼板の比透磁率よりも低い弱磁性化を含む。非磁性化は、既知の技術、例えば第一逆回転領域 2 1 a、第二正回転領域 2 2 a およびブリッジ部 2 3 に対する加熱や非磁性塗料の塗布等により処理されるが、好ましくは、第一逆回転領域 2 1 a、第二正回転領域 2 2 a およびブリッジ部 2 3 を加熱溶解してキーホールを形成し、キーホールの周囲に合金元素を配置することにより処理される。

【 0 0 3 5 】

ブリッジ部 2 3 のキーホールによる非磁性化処理について図 3 および図 4 を参照して説明する。非磁性化処理は、キーホール形成工程および元素配置工程で構成される。キーホ

50

ール形成工程は、ロータコア2のブリッジ部23に対し、ブリッジ部23の外周縁(コア本体20の外周縁2a)側からレーザーLを照射してキーホールHを形成する工程である。キーホールHとは、レーザーLの照射によって、レーザーLが照射されるブリッジ部23の外周縁から台形状開口部52の内周壁52aに向かって形成される円形穴を意味する。そして、キーホールH形成時には蒸発金属が発生し、キーホールHの周囲には溶融池Pが形成される。つまり、溶融池Pは、ブリッジ部23におけるレーザー照射面から裏面に至るまで形成される。

【0036】

元素配置工程は、キーホールH周囲の溶融池Pに合金元素Aを配置し、固溶合金化する工程である。合金元素A(マンガン、ニッケル、クロム等)により形成されたワイヤWをブリッジ部23の外周縁のレーザーL照射位置周辺に配置する。そして、ブリッジ部23の外周縁に対するレーザーL照射位置を相対移動させ、レーザーL照射位置に合わせてワイヤWも相対移動させる。レーザーL照射位置が相対移動すると、前照射位置のキーホールHは、溶融したブリッジ部23により埋められる。

10

【0037】

ワイヤWは、溶融池Pに当接して溶融し、溶融したワイヤW(すなわち、合金元素A)は、溶融池P内に混入し拡散する。溶融池Pでは、対流(図4の円弧状の矢印参照)が発生しやすい。特に、レーザーLの照射位置の進行方向の後方にて対流が発生しやすい。そして、溶融池Pに供給された合金元素Aは、溶融池Pの対流によって、ブリッジ部23の内周部側から外周縁側へ拡散され、外周縁側まで供給される。そうすると、溶融池Pの部分は、合金元素Aの存在によって合金化されて、ブリッジ部23におけるレーザー照射面から裏面に亘って非磁性化される。なお、ブリッジ部23への合金元素Aの供給は、キーホールH形成前、形成中、又は形成後でも良い。

20

【0038】

第一逆回転領域21aおよび第二正回転領域22aのキーホールによる非磁性化処理も上述のブリッジ部23のキーホールによる非磁性化処理と同様に行われる。ただし、ブリッジ部23は、ブリッジ部23の外周縁から台形状開口部52の内周壁52aに亘ってブリッジ部23全体を非磁性化した。第一逆回転領域21aは、第一逆回転領域21aの外周縁からスロット5の内周壁51aに向かう途中までの第一非磁性化領域24のみを非磁性化する点で異なる。同様に、第二正回転領域22aは、第二正回転領域22aの外周縁から隣り合うスロット5間(結線L0)に向かう途中までの第二非磁性化領域25のみを非磁性化する点で異なる。

30

【0039】

すなわち、第一逆回転領域21aおよび第二正回転領域22aにおいては、ブリッジ部23から第一逆回転領域21aおよび第二正回転領域22aの各周方向中央L1, L2に向かって透磁率が大きくなるように形成する必要があるためである。第一逆回転領域21aおよび第二正回転領域22aにおける透磁率の変化部分の形成方法は同一であるため、以下に第一逆回転領域21aにおける透磁率の変化部分の形成方法について説明する。

【0040】

第一逆回転領域21aにおける透磁率の変化部分の形成方法としては、図5Aに示すように、合金元素の配合量は同一とし、周方向の幅wおよび軸方向の長さhは同一で、径方向の深さがブリッジ部23から周方向に向かうに従って徐々に浅くなる($d_1 > d_2 > d_3 > d_4 > d_5 > d_6 > d_7 > d_8$)複数の第一非磁性化領域24a1~24a8を形成する。

40

【0041】

また、図5Bに示すように、合金元素の配合量は同一とし、第一非磁性化領域24の周方向の幅wおよび径方向の深さdは同一で、軸方向の長さがブリッジ部23から周方向に向かうに従って徐々に短くなるように断続的に変化させた複数の第一非磁性化領域24b1~24b8を形成する。

【0042】

50

また、図5Cに示すように、第一非磁性化領域24の周方向の幅 w 、軸方向の長さ h および径方向の深さ d は同一で、合金元素の配合量がブリッジ部23から周方向に向かうに従って徐々に少なくなる複数の非磁性化領域24c1~24c8を形成する。

なお、図5A~図5Cにおいては、ブリッジ部23および各第一非磁性化領域24a1~24a8, 24b1~24b8, 24c1~24c8の間は所定の間隔をあけて表示したが、ブリッジ部23および各第一非磁性化領域24a1~24a8, 24b1~24b8, 24c1~24c8を所定間隔をあけずに形成するようにしてもよい。また、第一、第二非磁性化領域24, 25は、第一逆回転領域21aおよび第二正回転領域22aの各範囲内であれば、任意の位置に任意の径方向の深さ、周方向の幅および透磁率の変化率で形成してもよい。

10

【0043】

この第一の実施形態のロータ2によれば、第一逆回転領域21aおよび第二正回転領域22aを非磁性改質して第一、第二非磁性化領域24, 25を形成するのみで、等価的に d 軸および q 軸を d 軸および q 軸にシフトさせることができる。これにより、図6に示すように、磁石トルク(図示一点鎖線)の位相を図示矢印a1方向にシフトさせて磁石トルクのピーク位相をリラクタンストルク(図示二点鎖線)のピーク位相に近付けることができる。するとともに、リラクタンストルク(図示二点鎖線)の位相を図示矢印a2方向にシフトさせてリラクタンストルクのピーク位相を磁石トルク(図示一点鎖線)のピーク位相に近付けることができる。すなわち、磁石トルクのピーク位相とリラクタンストルクのピーク位相とを互いに近付けることができる。よって、磁石トルクおよびリラクタンストルクの合成トルクを T_b から T_a に大幅に高めることができる。

20

【0044】

そして、IPMモータの設計変更等により、永久磁石3のグレード(残留磁束密度の大きさ等)や電磁鋼板4のグレードを変更する場合であっても、第一、第二非磁性化領域24, 25の径方向の深さ、周方向の幅および透磁率の変化率等を変更して d 軸および q 軸のシフト量を最適化することができる。よって、手間およびコストが高むことはなく、IPMモータの設計変更等に容易に対応することができる。また、 d 軸および q 軸のシフト前後のIPMモータのトルクが同一のときは、磁石使用量を低減することができる。さらに低コスト化を図ることができる。

【0045】

また、第一逆回転領域21aにおける非磁性化領域24は、非磁性化されたブリッジ部23から第一外周磁性体領域21の周方向中央に向かって透磁率が大きくなるように形成されているので、第一外周磁性体領域21における周方向の磁束密度分布を任意の形状で変化させることが可能となる。例えば、第一逆回転領域21aにおけるブリッジ部23側の磁束密度を低くし、第一外周磁性体領域21の周方向の磁極中央部の磁束密度を高くすることにより、周方向の磁束密度分布を略正弦波状にすることができる。

30

【0046】

これにより、当該磁束密度分布には5次成分および7次成分の含有が減少するので、6次のトルクリップルを低減させて音や振動の発生を抑制することができる。そして、第二正回転領域22aにおける非磁性化領域25も第一逆回転領域21aにおける非磁性化領域24と同様に形成されているので、トルクリップルを低減させて音や振動の発生を一層抑制することができる。

40

【0047】

(2. 回転機用ロータの第二の実施形態の構成)

第二の実施形態の回転機に用いられるロータ6は、図1および図2に示す第一の実施形態の回転機に用いられるロータ1と基本的な構成は同一であるが、以下の点で異なる構成となっている。

【0048】

第一の実施形態のロータコア2の第一逆回転領域21aには、第一逆回転領域21a側のブリッジ部23から第一外周磁性体領域21の周方向中央L1に向かって透磁率が徐徐

50

に増加する非磁性化領域 2 4 が形成されているが、図 7 に示すように、第二の実施形態のロータコア 7 の第一逆回転領域 2 1 a には、第一逆回転領域 2 1 a 側のブリッジ部 2 3 から第一外周磁性体領域 2 1 の周方向中央に向かって透磁率が同一の第一非磁性化領域 2 6 が形成されている。

【 0 0 4 9 】

第一非磁性化領域 2 6 は、ロータコア 7 の一端面から他端面に亘って同一面積となるように、第一非磁性化領域 2 6 における増加端部の境界線 2 6 a は、ロータ 6 の回転軸 C L と平行になるように形成されている。そして、第二正回転領域 2 2 a も同様に透磁率が同一の第二非磁性化領域 2 7 が形成されている。なお、第一、第二非磁性化領域 2 6 , 2 7 は、第一逆回転領域 2 1 a および第二正回転領域 2 2 a の範囲内であれば、任意の位置に任意の径方向の深さおよび周方向の幅で形成してもよい。

10

【 0 0 5 0 】

この第二の実施形態のロータ 6 によれば、第一の実施形態のロータ 1 と同様に、d 軸および q 軸をシフトさせてリラクタンストルクのピーク位相と磁石トルクのピーク位相とを互いに近付けることができ、磁石トルクおよびリラクタンストルクの合成トルクを大幅に高めることができる。また、第一、第二非磁性化領域 2 6 , 2 7 は、透磁率を同一にしているので、透磁率が徐々に増加する第一、第二非磁性化領域 2 4 , 2 5 と比較して容易に形成することができる。

【 0 0 5 1 】

(3 . 回転機用ロータの第三の実施形態の構成)

20

第三の実施形態の回転機に用いられるロータ 8 は、図 1 および図 2 に示す第一の実施形態の回転機に用いられるロータ 1 と基本的な構成は同一であるが、以下の点で異なる構成となっている。

【 0 0 5 2 】

第一の実施形態のロータコア 2 の第一逆回転領域 2 1 a には、ロータコア 2 の軸方向であって上端面から下端面に向かって透磁率が同一となる第一非磁性化領域 2 4 が形成されているが、図 8 に示すように、第三の実施形態のロータコア 9 の第一逆回転領域 2 1 a には、ロータコア 9 の軸方向であって上端面から下端面に向かって透磁率が徐々に増加する第一非磁性化領域 2 8 が形成されている。そして、第二正回転領域 2 2 a も同様に透磁率が徐々に増加する第二非磁性化領域 2 9 が形成されている。以下では第一非磁性化領域 2 8 について説明する。

30

【 0 0 5 3 】

詳しくは、第一の実施形態のロータコア 2 の非磁性化領域 2 4 における増加端部の境界線 2 4 a は、ロータ 1 の回転軸 C L と平行になるように設けられているのに対し、第三の実施形態のロータコア 9 の第一非磁性化領域 2 8 は、ロータコア 9 の上端面で最大面積となり、ロータコア 9 の下端面で面積が 0 となるように、第一非磁性化領域 2 8 における増加端部の境界線 2 8 a は、ロータ 8 の回転軸 C L に平行であって第一非磁性化領域 2 8 とブリッジ部 2 3 との境界を通る直線 A L に対し所定角度 で傾斜するように設けられている。

【 0 0 5 4 】

40

すなわち、第一逆回転領域 2 1 a における第一非磁性化領域 2 8 の軸方向の透磁率の変化部分は、ロータコア 9 の端面から軸方向に向かうスキューが設けられている。このスキューの角度 と上述の所定角度 との関係は、図 9 に示すように表される。つまり、第一非磁性化領域 2 8 における増加端部の境界線 2 8 a とロータ 8 の上端面の円周との交点を S 1 としたとき、この交点 S 1 とロータ 8 の中心点 (回転軸 C L) とを結ぶ線を S C 1 とする。また、ロータ 8 の回転軸 C L に平行な直線 A L とロータ 8 の上端面の円周との交点を S 2 としたとき、この交点 S 2 とロータ 8 の中心点 (回転軸 C L) とを結ぶ線を S C 2 とする。このときの直線 S C 1 と直線 S C 2 とのなす角度がスキューの角度 となる。

【 0 0 5 5 】

このスキューの角度 を設けることにより、一方の磁極の位置とこの磁極に隣接する他

50

方の磁極の位置とをコギングトルク波形の略半周期分ずらすことができ、コギングトルクの基本次数を低くすることができ、音や振動の発生をさらに抑制することができる。このコギングトルクの基本次数は、モータの極数とスロット数の最小公倍数であるため、例えば8極12スロットのモータの場合、最小公倍数は24であるので、モータ1回転で24個の波が生じ、その波の周期は $360^\circ / 24 = 15^\circ$ である。したがって、このモータに最適なスキューの角度は 15° となる。このスキューの角度から所定角度を求めることにより、第一非磁性化領域28を形成することができる。

【0056】

そして、第二正回転領域22aにおける非磁性化領域29も第一逆回転領域21aにおける非磁性化領域28と同様に形成されているので、コギングトルクの基本次数を低くして音や振動の発生を一層抑制することができる。なお、第一、第二非磁性化領域28, 29は、第一逆回転領域21aおよび第二正回転領域22aの範囲内であれば、任意の位置に任意の径方向の深さおよび周方向の幅で形成してもよい。

10

【0057】

(4. 変形例)

なお、上述の各実施形態では、第一、第二非磁性化領域24, 26, 28, 25, 27, 29を形成してd軸およびq軸をシフトさせる構成を説明したが、一方の非磁性化領域のみを形成する構成としてもよい。また、第一、第二非磁性化領域24, 26, 28, 25, 27, 29を任意に組み合わせて形成した構成としてもよい。また、ブリッジ部23は非磁性化することにより漏れ磁束が低減されるので好ましいが、ブリッジ部23は非磁性化しなくても高トルクを得ることができる。

20

【0058】

また、上述の各実施形態では、合金元素Aにより形成されたワイヤWをブリッジ部23、第一逆回転領域21aおよび第二正回転領域22aの外周面のレーザL照射位置周辺に配置し、キーホールH周囲に形成される溶融池Pに合金元素Aを供給して非磁性化処理するようにしたが、以下の方法により非磁性化処理するようにしてもよい。

【0059】

すなわち、ブリッジ部23、第一逆回転領域21aおよび第二正回転領域22aの第一、第二非磁性化領域24, 26, 28, 25, 27, 29とすべき箇所に合金元素Aのペレットを配置し、プレス加工により合金元素Aのペレットをブリッジ部23、第一逆回転領域21aおよび第二正回転領域22aの第一、第二非磁性化領域24, 26, 28, 25, 27, 29とすべき箇所に打込み、該合金元素AのペレットにレーザLを照射して非磁性化処理するようにしてもよい。

30

【0060】

また、ブリッジ部23、第一逆回転領域21aおよび第二正回転領域22aの第一、第二非磁性化領域24, 26, 28, 25, 27, 29とすべき箇所に合金元素Aの粉末や粗粒あるいは薄膜を配置し、該合金元素Aの粉末にレーザ2を照射して非磁性化処理するようにしてもよい。また、キーホールHの形成手段としては、高密度エネルギーを照射可能な手段であればよく、レーザLの代わりに例えば電子ビーム等でもよい。

【0061】

また、上述の各実施形態では、強磁性板4を複数枚積層してロータコア2, 7, 9を成形した後にロータコア2, 7, 9の径方向(外周縁側)からレーザLを照射して非磁性化する構成としたが、1枚の強磁性板4に対し強磁性板4の軸方向(表面側)からレーザLを照射して非磁性化し、当該強磁性板4を複数枚積層してロータコア2, 7, 9を成形する構成としてもよい。この場合、強磁性板4の厚さは薄いので、キーホールを強磁性板4の表面から裏面にかけて形成でき、非磁性領域を確実に高精度に形成することができる。特に、強磁性板4を1枚ずつ非磁性化することにより、径方向の深さが徐々に変化している第一実施形態の第一、第二非磁性化領域24, 25、および、径方向の深さおよび軸方向の長さが徐々に変化している第三実施形態の第一、第二非磁性化領域28, 29を高精度に形成することができる。

40

50

【 0 0 6 2 】

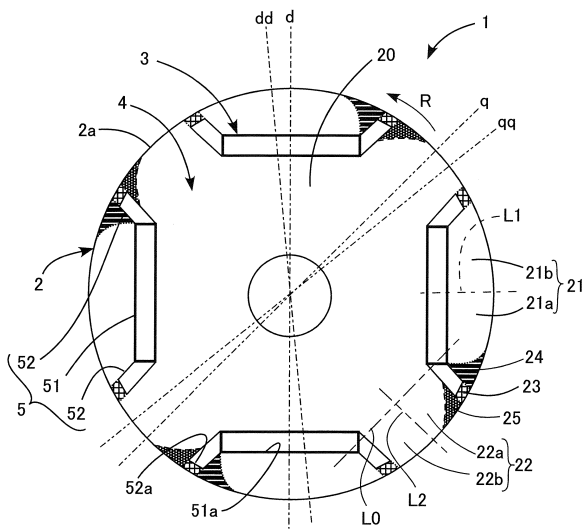
また、上述の実施形態では、ロータコア 2 , 7 , 9 の平面形状は円形状にしたが、磁極中央部が飛び出た所謂花びら形状のロータコアにも適用可能であり、さらに磁束密度分布を正弦波状に近付けて、音や振動の発生を一層抑制することができる。また、上述の実施形態では、インナロータの I P M モータに適用する場合を説明したが、アウトロータの I P M モータに適用することも可能である。また、4 つの永久磁石 3 を備えた I P M モータに適用する場合を説明したが、任意の数の永久磁石を任意の位置に配置した I P M モータに適用することも可能である。

【 符号の説明 】

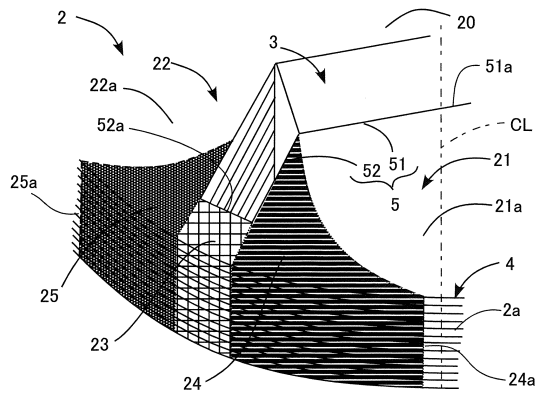
【 0 0 6 3 】

1 , 6 , 8 : ロータ、 2 , 7 , 9 : ロータコア、 2 a : ロータコアの外周縁、 3 : 永久磁石、 4 : 強磁性板、 5 : スロット、 2 0 : コア本体部、 2 1 : 第一外周磁性体領域、 2 1 a : 第一逆回転領域、 2 1 b : 第一正回転領域、 2 2 : 第二外周磁性体領域、 2 2 a : 第二正回転領域、 2 2 b : 第二逆回転領域、 2 3 : プリッジ部、 2 4 , 2 6 , 2 8 : 第一非磁性化領域、 2 5 , 2 7 , 2 9 : 第二非磁性化領域、 H : キーホール、 L : レーザ、 P : 溶融池、 A : 合金元素

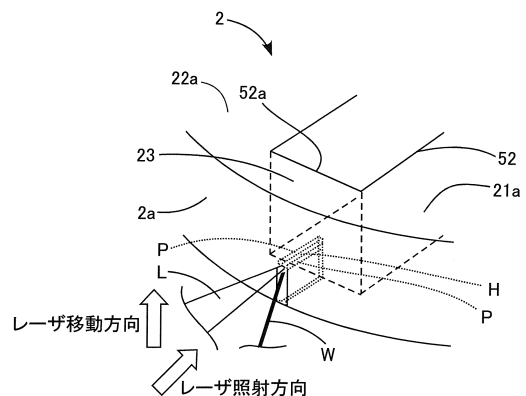
【 図 1 】



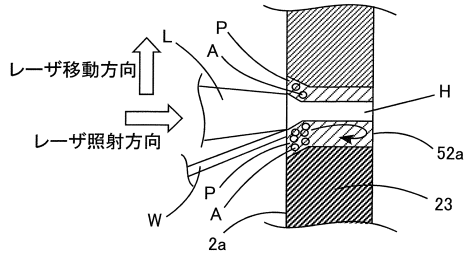
【 図 2 】



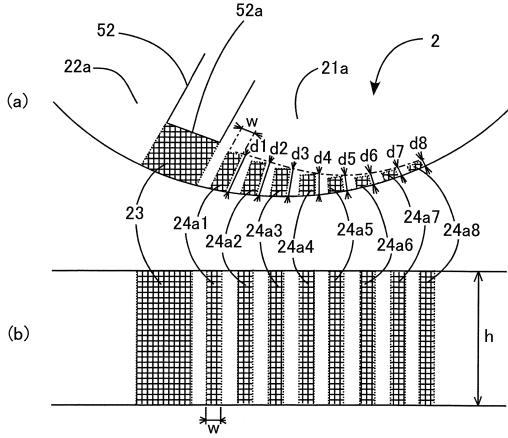
【 図 3 】



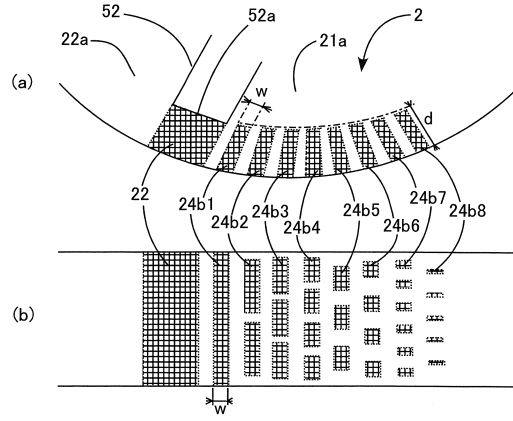
【図4】



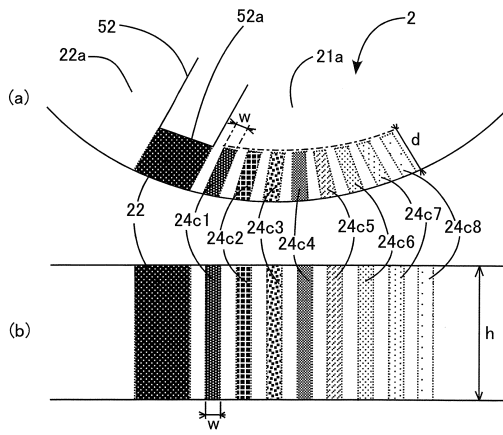
【図5A】



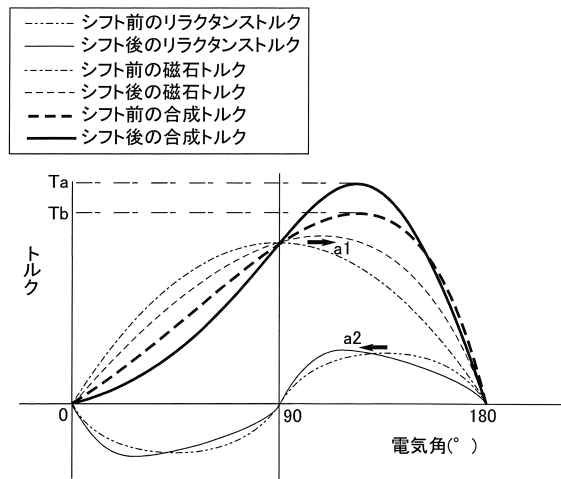
【図5B】



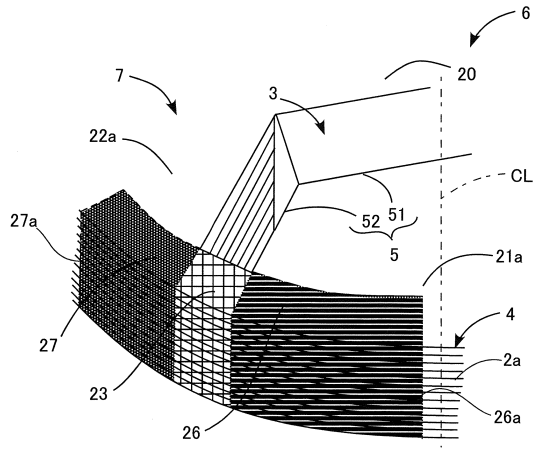
【図5C】



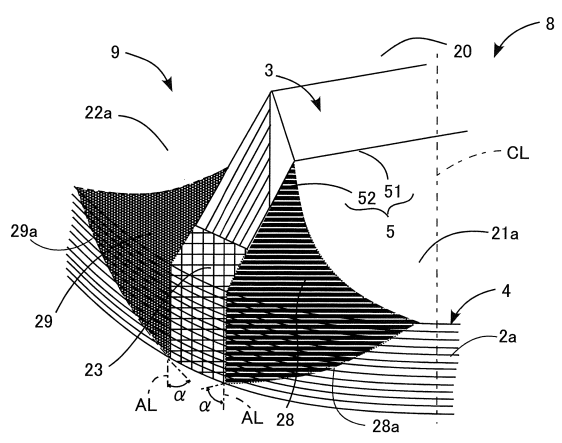
【図6】



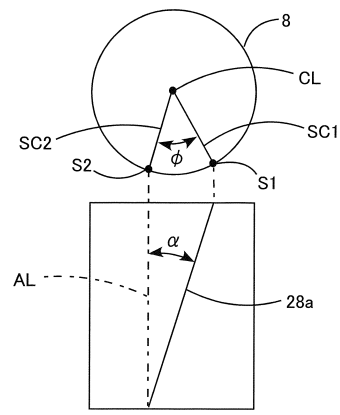
【図 7】



【図 8】



【図 9】



フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I
B 2 3 K 26/00 J
B 2 3 K 26/34

(72)発明者 柴田 由之
大阪府大阪市中央区南船場3丁目5番8号 株式会社ジェイテクト内

審査官 小林 紀和

(56)参考文献 特開2001-197694(JP,A)
特開2014-093802(JP,A)
特開2014-093803(JP,A)
特許第6127450(JP,B2)
特許第6056385(JP,B2)
特開2013-115963(JP,A)
特開2013-115964(JP,A)
特開2013-115965(JP,A)
特開平07-336919(JP,A)
特開2003-061280(JP,A)
特開2014-212679(JP,A)
特開2009-219291(JP,A)
特開2012-023904(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H 0 2 K 1 / 2 2
B 2 3 K 2 6 / 0 0
B 2 3 K 2 6 / 3 4
H 0 2 K 1 / 2 7
H 0 2 K 2 1 / 1 6