

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5398512号  
(P5398512)

(45) 発行日 平成26年1月29日 (2014. 1. 29)

(24) 登録日 平成25年11月1日 (2013. 11. 1)

(51) Int. Cl. F I  
**HO2K 1/27 (2006.01)** HO2K 1/27 503  
**HO2K 15/03 (2006.01)** HO2K 15/03 C

請求項の数 13 (全 17 頁)

(21) 出願番号	特願2009-287270 (P2009-287270)	(73) 特許権者	000005108
(22) 出願日	平成21年12月18日 (2009. 12. 18)		株式会社日立製作所
(65) 公開番号	特開2011-130598 (P2011-130598A)		東京都千代田区丸の内一丁目6番6号
(43) 公開日	平成23年6月30日 (2011. 6. 30)	(74) 代理人	110000350
審査請求日	平成24年2月6日 (2012. 2. 6)		ポレール特許業務法人
		(72) 発明者	床井 博洋
			茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株
			式会社日立製作所 日立研究所内
		(72) 発明者	榎本 裕治
			茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株
			式会社日立製作所 日立研究所内
		審査官	田村 耕作

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 アキシタルギャップ型永久磁石モータ、それに用いるロータ、及びそのロータの製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

回転軸に平行な方向でステータとロータとがギャップを介して対向配置されるアキシタルギャップ型永久磁石モータに用いるロータにおいて、

回転軸方向に着磁され且つ回転軸の周方向に沿って配置されて界磁磁極を構成する複数の永久磁石と、

前記各永久磁石における少なくともステータ対向面を覆うように設けられて前記永久磁石と相まって永久磁石・磁性体の複合部品を形成する複数の磁性体と、

少なくとも前記磁性体のステータ対向面を露出面として残して、前記永久磁石・磁性体の複合部品の周囲を覆うようにモールド成形されている円板形の非磁性モールド成形体と、を備え、

前記非磁性モールド成形体のモールド成形によって、前記永久磁石・磁性体の複合部品と前記非磁性モールド成形体とが一体化され、

前記各永久磁石の前記ステータ対向面の全面が前記磁性体によって覆われ、かつ前記各永久磁石の周囲は前記磁性体によって覆われないことを特徴とするアキシタルギャップ型永久磁石モータ用のロータ。

【請求項2】

前記磁性体の側面には、前記非磁性モールド成形体に食い込む凸部及び前記非磁性モールド成形体の一部が食い込む凹部の少なくとも一つが設けられている請求項1記載のアキシタルギャップ型永久磁石モータ用のロータ。

## 【請求項 3】

前記磁性体は、露出面である前記ステータ対向面側からその反対側に向けて断面が階段状或いは連続的に末広がりになる側面を有している請求項 1 記載のアキシャルギャップ型永久磁石モータ用のロータ。

## 【請求項 4】

前記磁性体の前記ステータ対向面が前記ステータ側に向けた凸面をなしている請求項 1 ないし 3 のいずれか 1 項記載のアキシャルギャップ型永久磁石モータ用のロータ。

## 【請求項 5】

前記磁性体は、圧粉磁心により構成されている請求項 1 ないし 4 のいずれか 1 項記載のアキシャルギャップ型永久磁石モータ用のロータ。

10

## 【請求項 6】

前記磁性体及び前記永久磁石は、材料が粉体よりなり、それらの材料が圧縮成形されて前記磁性体と前記永久磁石とが一体に積層され或いは前記磁性体が前記永久磁石を全体的に覆っている請求項 1 ないし 4 のいずれか 1 項記載のアキシャルギャップ型永久磁石モータ用のロータ。

## 【請求項 7】

前記非磁性モールド成形体は、合成樹脂又はセラミックで構成されている請求項 1 ないし 6 のいずれか 1 項記載のアキシャルギャップ型永久磁石モータ用のロータ。

## 【請求項 8】

前記永久磁石と前記磁性体と前記非磁性モールド成形体とは、いずれも材料が粉体で圧縮成形により一体化されている請求項 1 ないし 6 のいずれか 1 項記載のアキシャルギャップ型永久磁石モータ用のロータ。

20

## 【請求項 9】

前記非磁性モールド成形体は、熱可塑性樹脂或いは熱硬化性樹脂であり、前記永久磁石・磁性体の複合部品を前記樹脂にインサートしたインサート成形体により構成されている請求項 1 ないし 6 のいずれか 1 項記載のアキシャルギャップ型永久磁石モータ用のロータ。

## 【請求項 10】

回転軸に平行な方向でステータとロータとがギャップを介して対向配置されるアキシャルギャップ型永久磁石モータにおいて、前記ロータが請求項 1 ないし 9 のいずれか 1 項記載のロータよりなるアキシャルギャップ型永久磁石モータ。

30

## 【請求項 11】

前記ロータは、前記回転軸方向と平行な方向に対向配置された一対のロータで、このロータ間にギャップを介して前記ステータが配置されている請求項 10 記載のアキシャルギャップ型永久磁石モータ。

## 【請求項 12】

前記ステータは、前記回転軸方向と平行な方向に対向配置された一対のステータで、このステータ間にギャップを介して前記ロータが配置されている請求項 10 記載のアキシャルギャップ型永久磁石モータ。

## 【請求項 13】

請求項 1 記載のアキシャルギャップ型永久磁石モータに使用するロータの製造方法において、

40

前記永久磁石の材料が磁石粉末、前記磁性体の材料が圧粉磁心材料となる粉末、前記非磁性モールド成形体の材料が樹脂或いはセラミックの非磁性粉末とし、

前記磁石粉末、前記圧粉磁心材料粉末、前記非磁性粉末を、それぞれ別個に本成形よりも小さな圧力で圧縮成形することで前記永久磁石、前記磁性体、及び前記非磁性モールド成形体を別々に仮成形する工程と、

仮成形された前記永久磁石を前記磁性体に嵌め込む或いは積層し且つこれらの永久磁石及び磁性体を仮成形された非磁性モールド成形体共に、圧縮成形により本成形する工程と、を有することを特徴とするアキシャルギャップ型永久磁石モータ用のロータ製造方法。

## 【発明の詳細な説明】

50

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は、アキシアルギャップ型永久磁石モータ、それに用いるロータ、及びそのロータの製造方法に関する。

## 【背景技術】

## 【0002】

アキシアルギャップ型永久磁石モータは、基本的には、特許文献1、特許文献2に示されるように、ステータとロータとが回転軸に平行な方向でギャップを介して対向配置され構造を有している。ステータは、モータの周方向に配置される複数のステータコア（ティースを含む）と、ステータコアに巻回される電機子巻線とを有しており、電機子巻線に順次通電することにより、ロータを回転させるべく回転磁界を発生させるようにしている。

10

## 【0003】

ロータは、軟鉄等で形成される円板形のロータコアと、ロータコアの回転軸方向の端面にロータ回転方向に沿ってN極、S極交互に配置された複数の略扇形の永久磁石（界磁磁石）とから構成されている。

## 【0004】

ロータとしては、特許文献3、特許文献4に示されるように、リラクタンストルクを発生させるために永久磁石間及び/又は永久磁石表面に磁性体を設けたものがある。リラクタンストルク用の磁性体を設けることにより、永久磁石によるマグネットトルクに併せてリラクタンストルクをも有効活用して界磁子を回転させることができる。

20

## 【0005】

特許文献3では、永久磁石間に配置される磁性体については、(1)回転軸と直交する方向（ロータ径方向）に積層された積層鋼板により構成する技術や、(2)積層鋼板に代えて圧粉磁心により構成する技術が開示されている。また、(3)永久磁石の表面を覆う磁性体については圧粉磁心により構成する技術が開示されている。これらの磁性体のうち(1)のようなロータ径方向配置の積層鋼板は、永久磁石の磁束と直交する方向の電気抵抗を高くして渦電流損を抑えることができる。また、(2)、(3)のように磁性体を圧粉磁心により構成した場合には、圧粉磁心が金属磁性粉末（例えば鉄粉）に、樹脂コンパウンドを混合して圧縮成形し熱硬化させたものであるため、電気抵抗が高く渦電流損の抑制効果が高い。

30

## 【0006】

さらに、特許文献3では、上記磁性体を含むロータコア全体を圧粉磁心により形成して、これに永久磁石を組み込む技術が開示されている。

## 【0007】

特許文献4では、上記(1)で述べたような永久磁石間に配置される積層鋼板よりなる磁性体と、(3)で述べたような永久磁石表面を覆う圧粉磁心の磁性体と、永久磁石（界磁磁極）とを非磁性体ホルダ（固定枠）で固定するロータ構造が開示されている。

## 【先行技術文献】

## 【特許文献】

## 【0008】

40

【特許文献1】特開平6-38418号公報

【特許文献2】特開2001-57753号公報

【特許文献3】特開2005-94955号公報

【特許文献4】特開2008-278649号公報

## 【発明の概要】

## 【発明が解決しようとする課題】

## 【0009】

本発明の目的は、従来技術に開示されていないロータ部品一体化構造によって、ロータ回転時の遠心力に対する強度を確保し、および漏れ磁束を抑制して、効率的な駆動を行うことが可能な構造を有するアキシアルギャップ型永久磁石モータを提供することにある。

50

## 【課題を解決するための手段】

## 【0010】

本発明のアキシシャルギャップ型永久磁石モータに用いるロータは、次のような基本的構成を有している。

(1) すなわち、回転軸に平行な方向でステータとロータとがギャップを介して対向配置されるアキシシャルギャップ型永久磁石モータに用いるロータにおいて、

回転軸方向に着磁され且つ回転軸の周方向に沿って配置されて界磁磁極を構成する複数の永久磁石と、

前記各永久磁石における少なくともステータ対向面を覆うように設けられて前記永久磁石と相まって永久磁石・磁性体の複合部品を形成する複数の磁性体と、

少なくとも前記磁性体のステータ対向面を露出面として残して、前記永久磁石・磁性体の複合部品の周囲を覆うようにモールド成形されている円板形の非磁性モールド成形体と、を備え、

前記非磁性モールド成形体のモールド成形によって、前記永久磁石・磁性体の複合部品と前記非磁性モールド成形体とが一体化され、

前記各永久磁石の前記ステータ対向面の全面が前記磁性体によって覆われ、かつ前記各永久磁石の周囲は前記磁性体によって覆われないことを特徴とする。

## 【0011】

ちなみに、ロータを磁石及びロータコアとしての圧粉磁心だけで構成し、磁石間に圧粉磁心が介在する構造であると、磁石のステータ対向面から出た磁束が磁石間に配置された圧粉磁心を磁路として磁石逆極側に戻りやすい。このため、磁石の磁束を効率良く回転力に変換できず効率が低下する。これに対して、本願発明では、磁石間には、非磁性モールド成形体が介在するので、かような不具合を防止して、モータの回転効率を高めることができる。本発明では、永久磁石・磁性体の複合部品（界磁要素）を非磁性モールド成形体とモールド成形の圧着力で接合できるので、ロータ構成部品の部品間の接合強度を高める。

(2) そして、上記基本的構成をなす発明には、次のようなロータ部材間結合強度をさらに高める構造も提案する。

## 【0012】

一つは、前記磁性体の側面には、前記非磁性モールド成形体に食い込む凸部及び前記非磁性モールド成形体の一部が食い込む凹部の少なくとも一つが設けられているロータである。

## 【0013】

もう一つは、前記磁性体は、その側面が露出面である前記ステータ対向面側から反対面側に向けて断面が階段状或いは連続的に未広がりになる形状を有しているロータである。

(3) さらに、コギングトルク防止構造を提案する。

## 【0014】

すなわち、前記ロータ要素となる前記磁性体のステータ対向面が前記ステータ側に向けた凸面をなす構造を提案する。

(4) さらに、本願発明のロータとして、前記永久磁石と前記磁性体と前記非磁性モールド成形体とは、いずれも材料が粉体で圧縮成形により一体化されているロータ構造を提案する。

(5) さらに、前記非磁性モールド成形体を、熱可塑性樹脂或いは熱硬化性樹脂として、前記永久磁石・磁性体の複合部品を該樹脂にインサートしたインサート成形体により構成したものも提案する。

(6) さらに、上記のロータについて、次のような製造方法を提案する。

## 【0015】

前記永久磁石の材料が磁石粉末、前記磁性体の材料が圧粉磁心材料となる粉末、前記非磁性モールド成形体の材料が樹脂或いはセラミックの非磁性粉末とし、

前記磁石粉末、前記圧粉磁心材料粉末、前記非磁性粉末を、それぞれ別個に本成形よりも小さな圧力で圧縮成形することで前記永久磁石、前記磁性体、及び前記非磁性モールド成形体を別々に仮成形する工程と、

仮成形された前記永久磁石を前記磁性体に嵌め込む或いは積層し且つこれらの永久磁石及び磁性体を仮成形された非磁性モールド成形体共に、圧縮成形により本成形する工程と、を有することを特徴とする。

【発明の効果】

【0016】

本発明のアキシシャルギャップ型永久磁石モータのロータ構造は、下記理由により回転時の強度を保ちつつ、効率的なモータ駆動が可能になる。

10

(I) 上記(1)の基本的構成を有する発明によれば、永久磁石と磁性体が非磁性モールド成形体のモールド成形による圧着力により一体化されるので、モールドによる接着力(接着強度)が向上する。したがって、アキシシャルギャップ型永久磁石モータにおいて、ロータの回転時の強度を保ちつつ、磁石の磁界によるマグネットトルクおよび磁性体によるリラクタンストルクを有効に活用することで、しかも磁石間の磁束損失を抑制し効率的な駆動を行うことが可能な構造を提供できる。

(II) 上記(2)の構成によれば、磁性体が非磁性モールド成形体に食い込む或いは非磁性モールド成形体が磁性体に食い込むアンカー効果、或いは磁性体と非磁性モールド成形体との接触面積が大きく、ロータ部材間の接着力を高めることができる。

(III) 上記(3)の構成によれば、誘起電圧波形のひずみが低減されコギングトルクが低減する。

20

(IV) 上記(4)(5)の構成によれば、ロータ部材間の接着強度をより一層高めることができる。特に、本願発明のような一体化モールド構造は、ロータを永久磁石、圧粉磁心、積層鋼板、固定枠などを個別に作成して、これらの部材を組立てて製造する方式よりも、各々の部材間の密着性(圧着強度)を高めることが可能になる。ちなみに、従来技術において、永久磁石と圧粉磁心を金型成形で一体化する方法も開示されているが、その他の部材間の接着強度を保つための構造は、開示されていない。

(V) 上記(6)の製造方法によれば、ロータ要素を一体成形可能であるので、ロータの製造法の簡略化を図ることができる。

【図面の簡単な説明】

30

【0017】

【図1】実施例1の対象となるアキシシャルギャップ型永久磁石モータの縦断面図。

【図2(a)】実施例1のロータの縦断面図。

【図2(b)】実施例1のロータを下方向からみた平面図。

【図3(a)】実施例1のロータ成形法の一例における本成形前の状態を示す図。

【図3(b)】実施例1のロータ成形法の一例における本成形後の状態を示す図。

【図4(a)】実施例1のロータ成形法他の例における本成形前の状態を示す図。

【図4(b)】図4(a)のロータ成形法における本成形後の状態を示す図。

【図5(a)】実施例1のロータの他の例を示す縦断面図。

【図5(b)】図5(a)のロータを下方向からみた平面図。

40

【図6(a)】実施例1のロータの他の例を示す縦断面図。

【図6(b)】実施例1のロータの他の例を示す縦断面図。

【図6(c)】実施例1のロータの他の例を示す縦断面図。

【図6(d)】実施例1のロータの他の例を示す縦断面図。

【図7】実施例1のロータの他の例を示す縦断面図。

【図8】実施例2の対象となるアキシシャルギャップ型永久磁石モータの縦断面図。

【図9(a)】実施例2のロータの縦断面図。

【図9(b)】実施例2のロータを下方向からみた平面図。

【図10(a)】実施例2のロータ成形法の一例における本成形前の状態を示す図。

【図10(b)】実施例2のロータ成形法の一例における本成形後の状態を示す図。

50

【図 1 1 ( a )】実施例 2 のロータ成形法の他の例における本成形前の状態を示す図。

【図 1 1 ( b )】図 1 1 ( a ) のロータ成形法における本成形後の状態を示す図。

【図 1 2 ( a )】実施例 2 のロータの他の例を示す縦断面図。

【図 1 2 ( b )】図 1 2 ( a ) のロータを下方からみた平面図。

【図 1 3 ( a )】実施例 2 のロータの他の例を示す縦断面図。

【図 1 3 ( b )】実施例 2 のロータの他の例を示す縦断面図。

【図 1 3 ( c )】実施例 2 のロータの他の例を示す縦断面図。

【図 1 3 ( d )】実施例 2 のロータの他の例を示す縦断面図。

【図 1 4】実施例 2 のロータの他の例を示す縦断面図。

【発明を実施するための形態】

10

【 0 0 1 8 】

以下、本発明の実施形態を添付図面の実施例を参照して説明する。

【実施例 1】

【 0 0 1 9 】

実施例 1 に係るアキシアルギャップ型モータは、モータの回転軸方向に一对の円板形のロータを対向配置して、そのロータの間にステータを所定のギャップを確保して挟み込んだ構造を有する。

(モータ構造)

図 1 は、第 1 実施例のアキシアルギャップ型永久磁石モータの一例を示す縦断面図である。本例のアキシアルギャップ型永久磁石モータ 1 0 は、回転軸となるロータ軸 1 1 と、ロータ軸 1 1 に固定された円板形状のロータ 2 0 と、ロータ軸方向に平行な方向でギャップ G を介して対向配置されるステータ 3 0 と、ロータ軸 1 1 をラジアル軸受け ( 図示省略 ) を介して支持し且つステータ 3 0 及びロータ 2 0 を覆いステータ 3 0 を固定保持するモータケーシング 1 9 から構成されている。

20

【 0 0 2 0 】

本例では、一对のロータ 2 0 がステータ 3 0 を、ギャップ G を介して挟み込むようにして、ロータ軸 1 1 に固定されている。

【 0 0 2 1 】

ロータ 2 0 は、円板状のロータヨーク 1 2 と、界磁極となる複数の永久磁石 1 3 と、軟磁性材よりなる磁性体 1 4 と、非磁性モールド成形体 ( 非磁性体 ) 1 5 とから構成されている。

30

【 0 0 2 2 】

ステータ 3 0 は、ロータの回転方向に配置される複数のステータコア ( もしくはティース ) 1 6 と各ステータコアに巻回される電機子巻線 1 7 と巻線間の非磁性体 ( 図示省略 ) とからなる。

【 0 0 2 3 】

以下、本実施例に用いるロータ構造を説明する。

(ロータ構造)

図 2 ( a ) は、本実施例のロータの第 1 例に係るロータ構造を示す縦断面図であり、図 2 ( b ) はそのロータを下方から見た平面図である。

40

【 0 0 2 4 】

図 2 ( a ) において、各ロータ 2 0 は、ロータ軸 1 1 に固定された円板形のロータヨーク 1 2 を有し、各ロータヨーク 1 2 の片面に複数の永久磁石 ( 界磁磁極 ) 1 3 がロータ軸 1 1 の周方向に沿って等間隔で配置されている。図示の例では、図 2 ( b ) に示すように、6 個 ( 6 極 ) の永久磁石が例示されているが、数はこれに限定されるものではない。ちなみに、ステータ 3 0 については電機子コイルの数を 9 つとしているが、これもまた、数はこれに限定されるものではない。図 2 ( b ) において、破線で囲む斜線領域が永久磁石 1 3、多点領域が磁性体 1 4 であり、実際には、永久磁石 1 3 は磁性体 1 4 に覆われているが、斜線領域で示すことで配置関係を理解できるように図示してある。

【 0 0 2 5 】

50

各磁性体 1 4 は、永久磁石 1 3 におけるステータ対向面を覆うように設けられ、永久磁石 1 3 と相まって複合部品を形成する。本例では、磁性体 1 4 の一面に永久磁石 1 3 を符号 1 4 a で示すように嵌め込むことで、永久磁石 1 3 のステータ対向面を覆っている。非磁性モールド成形体 1 5 は、少なくとも磁性体 1 4 のステータ対向面を露出面として残して、磁性体 1 4 及び永久磁石 1 3 の複合部品の周囲を覆うように円板形にモールド成形されている。この非磁性モールド成形体 1 5 のモールド成形による圧着により、磁性体 1 4 および永久磁石 1 3 の複合部品と非磁性モールド成形体 1 5 とが一体化されている。この一体化されたロータ要素がロータヨーク 1 2 の片面に接着などの適宜固着手段を介して固定されている。

【 0 0 2 6 】

ここで、ロータヨーク 1 2 は、鉄系の材料で形成されている。特に、永久磁石側の面は渦電流を抑制するため積層鋼板や圧粉磁心、電磁 S U S など形成されている。

【 0 0 2 7 】

各永久磁石 1 3 は、ロータ軸 1 1 を中心とする略扇形の板形状に形成されており、それぞれの間隔をあけてロータ軸の周方向に沿って配置されている。

【 0 0 2 8 】

永久磁石 1 3 は、ロータ軸方向、即ち永久磁石の厚み方向に沿って磁化されており、その両面に N 極または S 極の磁極を呈する。これらの永久磁石 1 3 は、ロータ軸の周方向に沿って N 極、S 極が交互になるよう配置される。

【 0 0 2 9 】

磁性体 1 4 は、圧粉磁心により構成されている。圧粉磁心は、既述したように、金属磁性粉末（例えば鉄粉）に、樹脂コンパウンドを混合して圧縮成形し熱硬化させたものである。電気抵抗が高く渦電流損の抑制効果が高い。磁性体 1 4 におけるステータ対向面は、非磁性モールド成形体 1 5 によって覆われておらず、ロータ面表面の一部を形成している。ここで、非磁性モールド成形体 1 5 は、樹脂またはセラミックなどを材料とし、永久磁石 1 3、磁性体 1 4 と共に、射出成形、圧縮成形等によって金型内で一体化するモールド成形により製造される。

（ロータ製造について）

次に本実施例に係るロータの製造方法の一例について説明する。

【 0 0 3 0 】

図 3 ( a ) および図 3 ( b ) は、永久磁石 1 3 及び磁性体 1 4 からなる複合部品の本成形工程の前後の状態について示している。この本成形に先立って、図示していないが、永久磁石 1 3 および磁性体 1 4 は、それぞれ粉体材料により別々に仮成形される。この仮成形は、ダイスと上パンチおよび下パンチを用いて本成形圧力よりも低い圧力で行われる圧縮成形である。仮成形された永久磁石 1 3 及び磁性体 1 4 を、図 3 ( a ) に示すように、ダイス 3 1 と上パンチ 3 2 および下パンチ 3 3 から構成される圧縮成形用金型内にセットする。仮成形された磁性体 1 4 の一面には、永久磁石 1 3 を嵌め込むための凹部 1 4 a が確保されている。この凹部 1 4 a に永久磁石 1 3 を嵌め込んだ状態で、上下パンチ 3 1、3 2 にほぼ等しい成形圧を加えて永久磁石 1 3 および磁性体 1 4 の複合部品（結合体）を本成形する。図 3 ( b ) は、本成形直後の金型内での永久磁石 1 3 と磁性体 1 4 を示している。

【 0 0 3 1 】

さらに、図示されていないが、本成形により得た永久磁石 1 3 と磁性体 1 4 の複合部品を樹脂モールド金型内に配置し、その後、金型内に樹脂を注入して、永久磁石 1 3 と磁性体 1 4 を含むインサート成形により非磁性モールド成形体 1 5 を形成する。使用する樹脂の一例として、例えばエポキシなどを母材としたいわゆるナノコンポジット樹脂を用いることができる。上記で成形した永久磁石 1 3、磁性体 1 4、非磁性モールド成形体 1 5 の一体構造体とロータヨーク 1 2 との接合方法の一例としては、接着材などを用いて行うことが可能である。ここで、永久磁石 1 3 に用いる磁石粉末は、異方性磁粉、等方性磁粉のいずれでもよく、異方性磁粉の場合には圧縮成形の製造過程、例えば永久磁石の仮成

10

20

30

40

50

形を異方性磁粉に対応した特定の磁場中で行って磁化配向を行っておく。等方性磁粉の場合には、どの方向からの磁場を行っても磁化することが可能であり、仮成形あるいは本成形の段階で磁化（着磁）が行われる。磁石の原料となる粉末には樹脂などのバインダー材が添加されている。圧縮成形の加圧条件、加熱条件は、既存の圧粉磁心によるコア成形や磁石粉末による磁石成形と特に変わるものではないので、説明を省略する。

#### 【0032】

図4(a)及び図4(b)は、本実施例のロータにおける別の製造例を示す図である。図4(a)及び図4(b)は、永久磁石13及び磁性体14と非磁性モールド成形体15とを一体化するための本成形工程の前後の状態について示しているが、この本成形に先立って、永久磁石13、磁性体14及び非磁性モールド成形体15は、それぞれ粉体材料により別々に仮成形される。

10

#### 【0033】

これらの仮成形も、図示省略するが、それぞれダイスと上パンチおよび下パンチを用いて本成形圧力よりも低い圧力で行われる圧縮成形である。仮成形された永久磁石13、磁性体14、非磁性モールド成形体15を、図4(a)に示すように、ダイス31と上パンチ32および下パンチ33から構成される圧縮成形用金型内にセットする。仮成形された非磁性モールド成形体15は、仮成形された永久磁石13と磁性体14を嵌め込む略扇形穴15aが確保され、この穴15a部に永久磁石13と磁性体14が嵌め込みセットされる。この状態から、上下パンチにほぼ等しい成形圧を加えて本成形（圧縮成形）する。

#### 【0034】

20

図4(b)は、本成形後の永久磁石13、磁性体14、非磁性モールド成形体15の状態を示している。ここで、非磁性モールド成形体の材料である粉末は、周知のモールド成形に適した樹脂（熱可塑性樹脂或いは熱硬化性樹脂いずれも可能）またはセラミックなどの粉体を用いることができる。また、本成形は、圧縮成形に変えてインサート成形にすることも可能である。上記で成形した永久磁石13、磁性体14、非磁性モールド体15の一体構造体とロータヨーク12との接合方法の一例としては、接着材などを用いて行なうことが可能である。

#### （効果）

本実施例によるアキシシャルギャップ型永久磁石モータによれば、次のような動作および効果が得られる。

30

#### 【0035】

上記のモータ構造において、ステータ30の電機子巻線に、ステータコアごとに順次電流を流すことでステータコア16が磁化され、回転磁界が形成される。そして、ロータ20の永久磁石13がこの回転磁界と相互作用して、吸引および反発作用が生じロータが回転し、磁石トルクを得ることができる。同時に、回転磁界によりロータ側の永久磁石13の表面の磁性体14をも吸引してリラクタンストルクを発生する。

#### 【0036】

本実施例においては、ロータ20は、永久磁石13と磁性体14とが、非磁性モールド成形体15と、そのモールド成形（樹脂によるインサート成形もしくは圧縮成形）による圧着により一体化されるので、接着力（接着強度）が向上する。これにより、永久磁石13と磁性体14との磁気抵抗が低く保たれ、ロータ側の永久磁石13の磁束が効率的にステータ側に通る。また、各々の接着強度が高いため、回転時の遠心力に対する強度を高めることができる。

40

#### （ロータの他の実施形態）

図5(a)及び図5(b)は、本実施例におけるロータ構造の他の例を示す図である。図5(a)は、ロータの縦断面図であり、図5(b)はロータを下方から見た図である。

#### 【0037】

図5(a)及び図5(b)に示すロータと、図2(a)及び図2(b)に示すロータの基本的な構造及び製造方法は略共通するものであり、異なる点は、本例では、磁性体14に嵌め込みの凹部14aを形成せず、永久磁石13のステータ対向面のほぼ全体を磁性体

50



14で覆うようにした点である。

【0038】

上記構成とすることで、ロータ側の永久磁石のステータ対向面から出た磁束がロータヨーク方向へ流れることをさらに抑制し、ステータ側に向けられる。この結果、モータ効率を向上できる。

【0039】

図6(a)から図6(d)は、本実施例に係るアキシアルギャップ型永久磁石モータのロータ構造において、さらなる他の実施形態を示す縦断面図である。図6(a)から図6(d)に示すロータと、図5(a)、(b)に示すロータの基本的な構造及び製造方法は略共通するものであり、異なる点は、次のような構造により磁性体14と非磁性モールド成形体15との接着強度をさらに向上させた点にある。

10

【0040】

図6(a)に示す実施形態では、磁性体14の側面に、非磁性モールド成形体15に食い込む凸部61例えば環状のフランジを磁性体14の周方向に沿って設けた。

【0041】

図6(b)に示す実施形態では、磁性体14の側面に、非磁性モールド成形体15の一部が食い込む凹部62例えば環状溝を磁性体14の周方向に沿って設けた。

【0042】

図6(c)に示す実施形態では、磁性体14の側面に、非磁性モールド成形体15に食い込む凹凸部63例えば環状凹凸条部を磁性体14の周方向に沿って設けた。

20

【0043】

図6(d)に示す実施形態では、磁性体14は、露出面であるステータ対向面側からその反対側に向けて断面が連続的に未広がりになる側面64を有している。この未広がりには階段状であってもよい。

【0044】

上記のような構造を有することで、磁性体14と非磁性モールド成形体15との間にアンカー効果及び/又は両者の接触面積が増加し、回転時の遠心力に対する強度が向上する。

【0045】

図7は、本実施例に係るアキシアルギャップ型永久磁石モータのロータ構造において、さらなる他の実施形態を示す縦断面図である。図7に示すロータと、図5(a)、(b)に示すロータの基本的な構造及び製造方法は略共通するものであり、異なる点は、次のような構造によりこの種モータのコギングトルクを減少させた点にある。

30

【0046】

すなわち、本実施例の磁性体14は、そのステータ対向面がステータ側に向けて凸面71、例えば凸曲面71をなしている。

【0047】

上記構成とすることで、磁性体14のステータ対向面がステータ側に凸であるため、磁束が集中しやすい磁極面角部の磁束密度が低下し、永久磁石13がギャップ部Gに形成する磁場が正弦波状になる。このため、トルク波形が正弦波化し騒音などの原因となるコギングトルクを抑制することができる。

40

【0048】

なお、上記実施例のアキシアルギャップ型永久磁石モータでは、永久磁石の数が6つ、電機子コイルの数が9つの6極9スロット構造であるが、極数、スロット数が異なる構成であってもよい。

【0049】

本実施例のモータは、磁石の形状を略扇形としたが、菱形や台形およびスキューを設けた形状としてもよい。この場合にも、磁性体は磁石形状に対応した形状とする。

【0050】

本実施例のモータは、ステータを挟み込むように2つのロータを配置した構成であるが

50

、ステータの片側にだけロータが存在してもよい。この場合、ステータのロータに対向しない面に磁性体を設置しステータコア同士を磁氣的に接続すればよい。

【実施例 2】

【0051】

実施例 2 に係るアキシシャルギャップ型モータは、回転軸方向と平行な方向に対向配置された一対のステータを備え、このステータ間にギャップを介してロータが配置されている構造を有する。

(モータ構造)

図 8 は、本実施例に係るアキシシャルギャップ型永久磁石モータの一例を示す縦断面図である。本アキシシャルギャップ型永久磁石モータ 10' は、ロータ軸 11 と、ロータ軸方向に平行な方向に対向配置された一対のステータ 30' と、ロータ軸 11 に固定され且つステータ 30' 間にギャップ G を介して配置される円板形のロータ 20' と、ロータ 20' およびステータ 30' を覆うモータケーシング 19 とからなる。ステータ 30' は、ケーシング 19 に固定保持され、ロータ軸 11 は、図示されない軸受を介してケーシング 19 に回転自在に保持される。

10

【0052】

本実施例におけるロータ 20' 及びステータ 30' の構成部材、すなわち、永久磁石 13、磁性体 14、非磁性モールド成形体 15、ステータコア 16、電機子巻線 17 (ステータコイル) の材料は、基本的に実施例 1 と共通するものであり、ここでは、実施例 1 との相違点について説明する。

20

【0053】

上記したように本実施例のアキシシャルギャップ型永久磁石モータ 10' は、ロータ軸 11 と平行な方向に対向配置された一対のステータ 30' 間にロータ 20' が配置されるので、ロータ 20' の両面がステータ対向面となる。このロータ 20' の構造は、次のように構成される。

(ロータ構造)

図 9 (a) は、本実施例のロータの第 1 例に係るロータ構造を示す縦断面図であり、図 9 (b) はそのロータを下方から見た平面図である。

【0054】

本実施例のロータ 20' では、各磁極となる永久磁石 13 の全体を磁性体 14 で完全に覆うようにしたものである。非磁性モールド成形体 15 は、少なくとも磁性体 14 のステータ対向面、すなわち磁性体 14 の両面を露出面として残して、磁性体 14 及び永久磁石 13 の複合部品の周囲を覆うように円板形にモールド成形されている。

30

(ロータ製造について)

図 10 (a) 及び図 10 (b) は、実施例 2 のロータ構造の製造方法の一例を示す図であり、永久磁石 13 及び磁性体 14 からなる複合部品の本成形工程の前後の状態について示している。この本成形に先立って、図示していないが、永久磁石 13 および磁性体 14 は、それぞれ粉体材料により別々に仮成形される。この仮成形は、先の実施例で既述のように、ダイスと上パンチおよび下パンチを用いて本成形圧力よりも低い圧力で行われる圧縮成形である。

40

【0055】

仮成形された磁性体 14 の中央部には、永久磁石 13 を嵌め込むためのインサート用スペース 14 b が確保されている。このインサート用スペース 14 b に永久磁石 13 をインサートした状態で、上下パンチ 31、32 にほぼ等しい成形圧を加えて永久磁石 13 および磁性体 14 の複合部品 (結合体) を本成形する。図 10 (b) は、本成形直後の金型内の永久磁石 13 と磁性体 14 を示しており、複合品は、永久磁石 13 の両面を磁性体 14 が覆っている。

【0056】

さらに、図示されていないが、本成形により得た永久磁石 13 と磁性体 14 の複合部品を樹脂モールド金型内に配置し、その後、金型内に樹脂を注入して、永久磁石 13 と磁性

50

体 1 4 を含むインサート成形により非磁性モールド成形体 1 5 を形成する。使用する樹脂の一例は、例えばエポキシなどを母材としたいわゆるナノコンポジット樹脂を用いることができる。

【 0 0 5 7 】

図 1 1 ( a ) 及び図 1 1 ( b ) は、本実施例のロータにおける別の製造例を示す図である。図 1 1 ( a ) 及び図 1 1 ( b ) は、永久磁石 1 3 ・磁性体 1 4 の複合部品と非磁性モールド成形体 1 5 とを一体化するための本成形工程の前後の状態について示しているが、この本成形に先立って、永久磁石 1 3、磁性体 1 4 及び非磁性モールド成形体 1 5 は、図 4 ( a ) 及び図 4 ( b ) の製造例と同様に、それぞれ粉体材料により別々に仮成形（圧縮成形）される。

10

【 0 0 5 8 】

仮成形された非磁性モールド成形体 1 5 は、仮成形された永久磁石 1 3 と磁性体 1 4 を嵌め込む略扇形穴 1 5 a が確保され、この穴 1 5 a 部に永久磁石 1 3 ・磁性体 1 4 の仮成形複合部品が嵌め込みセットされる。この状態から、上下パンチにほぼ等しい成形圧を加えて本成形（圧縮成形）する。

【 0 0 5 9 】

図 1 1 ( b ) は、本成形後の永久磁石 1 3、磁性体 1 4、非磁性モールド成形体 1 5 の状態を示している。ここで、非磁性モールド成形体の材料である粉末は、周知のモールド成形に適した樹脂（熱可塑性樹脂或いは熱硬化性樹脂いずれも可能）またはセラミックなどの粉体を用いることができる。また、本成形は、圧縮成形に変えてインサート成形にす

20

（効果）

本実施例の構造によれば、一对のステータ間にロータを配置したアキシアルギャップ型永久磁石モータであっても、既述した実施例 1 同様の効果を得ることができる。

（ロータの他の実施形態）

図 1 2 ( a ) 及び図 1 2 ( b ) は、本実施例におけるロータ構造の他の例を示す図である。図 1 2 ( a ) は、ロータの縦断面図であり、図 1 2 ( b ) はロータを下方から見た図である。

【 0 0 6 0 】

図 1 2 ( a ) 及び図 1 2 ( b ) に示すロータと、図 9 ( a ) 及び図 9 ( b ) に示すロータの基本的な構造及び製造方法は略共通するものであり、異なる点は、本例では、永久磁石 1 3 のステータ対向面（両面）のほぼ全体を磁性体 1 4 で覆うように、磁性体 1 4 / 永久磁石 3 / 磁性体 1 4 の三層構造（サンドイッチ構造）にした点である。

30

【 0 0 6 1 】

上記構成とすることで、ロータ側の永久磁石のステータ対向面から出た磁束がロータヨーク方向へ流れることをさらに抑制し、ステータ側に向けられる。この結果、モータ効率を向上できる。

【 0 0 6 2 】

図 1 3 ( a ) から図 1 3 ( d ) は、図 6 ( a ) から図 6 ( d ) 同様の凸部 6 1、凹部 6 2、凹凸部 6 3、末広がりになる側面 6 4 を永久磁石 1 3 の両面を覆う各磁性体 1 4 に設けたものである。これらの効果は、実施例 1 で述べたものと同様である。

40

【 0 0 6 3 】

図 1 4 は、各磁性体 1 4 に、図 7 同様のコギングトルク抑制用の凸面 7 1 を、それぞれの対向するステータ側に向けて設けたものである。この凸面の効果も、実施例 1 で述べたものと同様である。

【 符号の説明 】

【 0 0 6 4 】

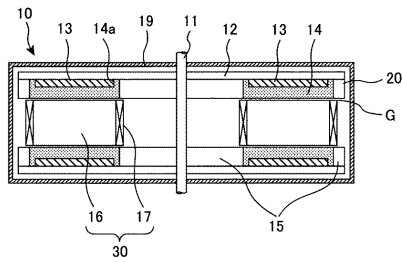
1 0、1 0' ... アキシアルギャップ型永久磁石モータ、1 1 ... 回転軸（ロータ軸）、1 2 ... ロータヨーク、1 3 ... 永久磁石、1 4 ... 磁性体、1 5 ... 非磁性モールド成形体、1 6 ... ステータコア、1 7 ... 巻線、1 8 ... ケーシング、2 0、2 0' ... ロータ、3 0、3 0' ...

50

ステータ、6 1 ... 凸部、6 2 ... 凹部、6 3 ... 凹凸部、6 4 ... 未広がり部、7 1 ... 凸面。

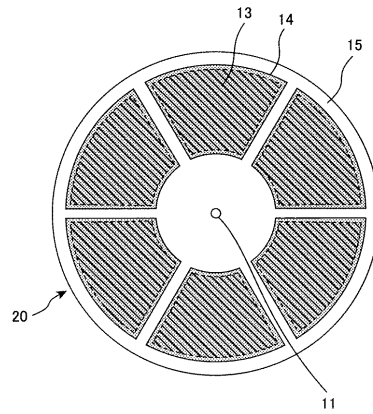
【図 1】

図 1



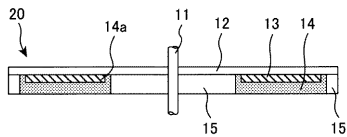
【図 2 ( b )】

図 2(b)



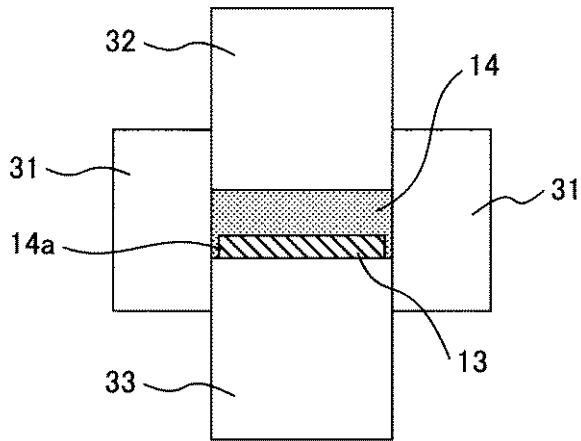
【図 2 ( a )】

図 2(a)



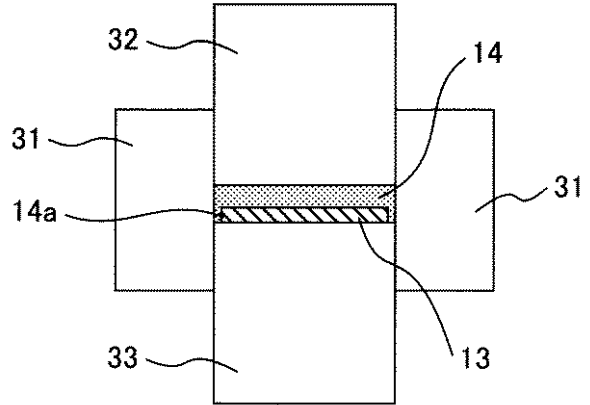
【図3(a)】

図3(a)



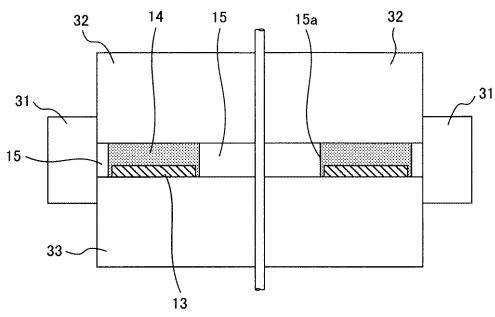
【図3(b)】

図3(b)



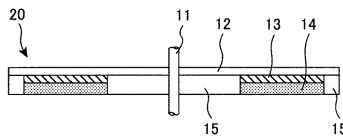
【図4(a)】

図4(a)



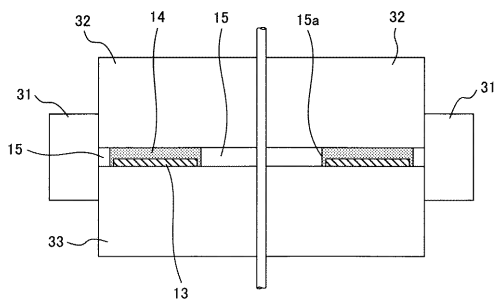
【図5(a)】

図5(a)



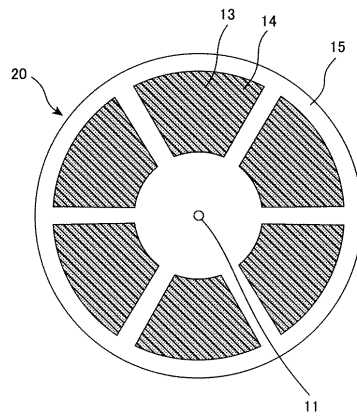
【図4(b)】

図4(b)



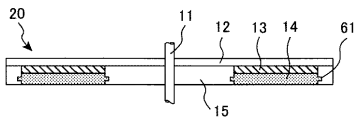
【図5(b)】

図5(b)



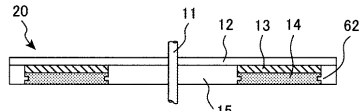
【図 6 ( a )】

図 6(a)



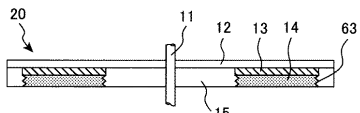
【図 6 ( b )】

図 6(b)



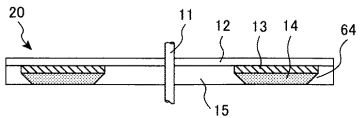
【図 6 ( c )】

図 6(c)



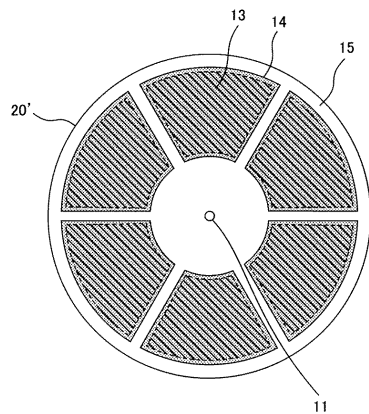
【図 6 ( d )】

図 6(d)



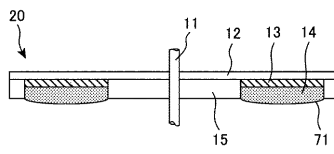
【図 9 ( b )】

図 9(b)



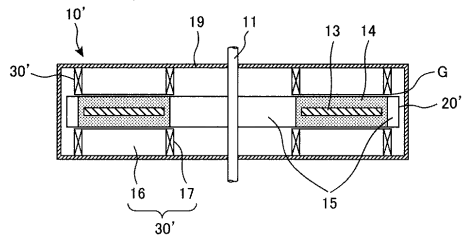
【図 7】

図 7



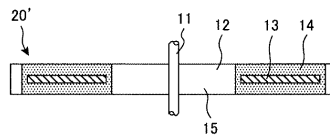
【図 8】

図 8



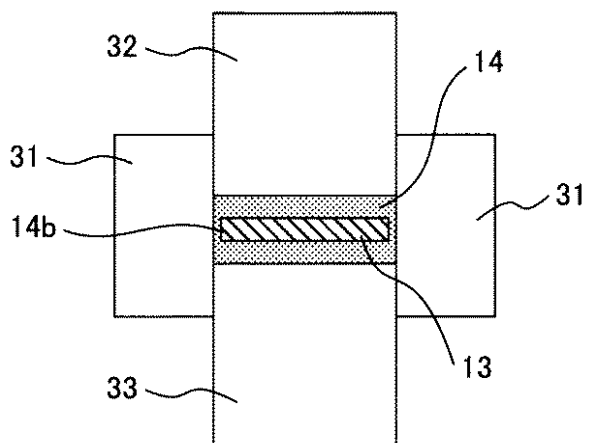
【図 9 ( a )】

図 9(a)



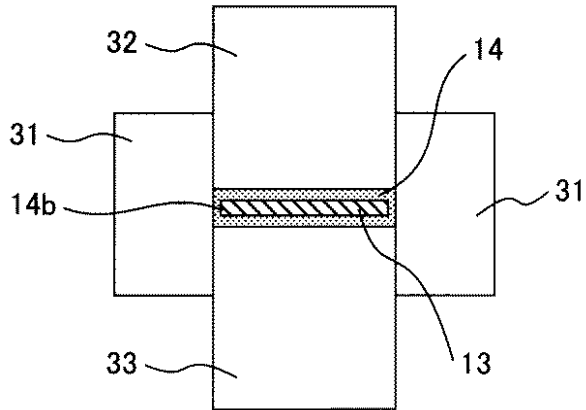
【図 10 ( a )】

図 10(a)



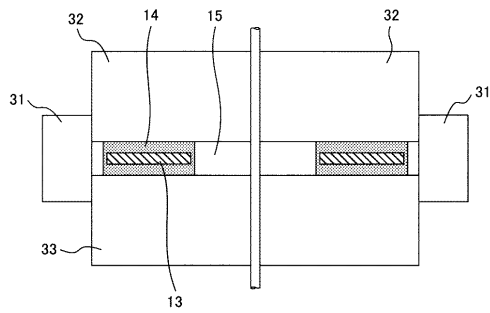
【図10(b)】

図10(b)



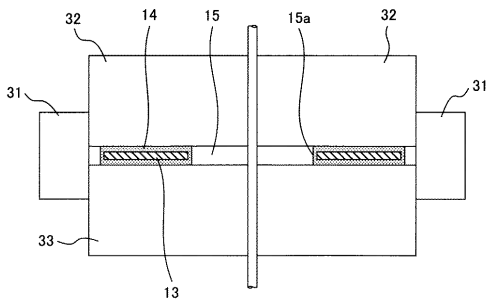
【図11(a)】

図11(a)



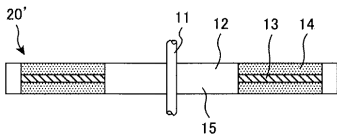
【図11(b)】

図11(b)



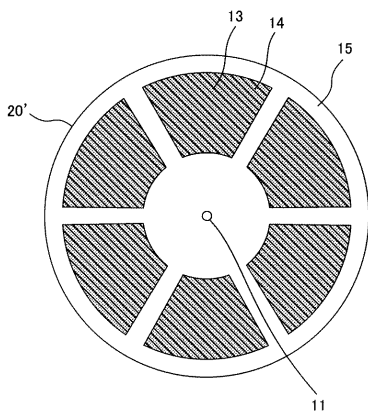
【図12(a)】

図12(a)



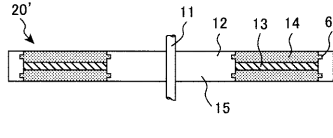
【図12(b)】

図12(b)



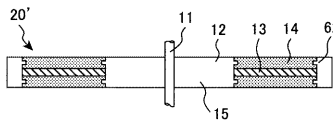
【図13(a)】

図13(a)



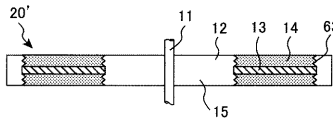
【図13(b)】

図13(b)



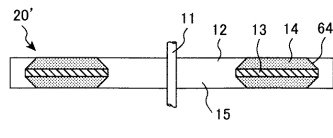
【図13(c)】

図13(c)



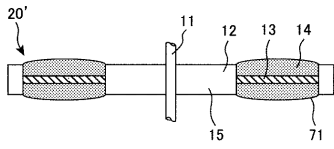
【図13(d)】

図13(d)



【 図 14 】

図 14





---

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2008-278590(JP,A)  
特開2008-086142(JP,A)  
特開2008-278649(JP,A)  
特開2009-077601(JP,A)  
特開2008-219993(JP,A)  
特開2005-094955(JP,A)  
特開2002-198216(JP,A)  
特開2003-007925(JP,A)  
特開2007-180368(JP,A)  
特開2006-304474(JP,A)  
特開2006-320036(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H02K 1/27  
H02K 15/03  
H02K 21/24