

(19) 日本国特許庁(JP)

## (12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2013-185658

(P2013-185658A)

(43) 公開日 平成25年9月19日(2013.9.19)

(51) Int.Cl.	F 1		テーマコード (参考)
F 16 C 17/10 (2006.01)	F 16 C 17/10	A	3 J 0 1 1
F 16 C 33/10 (2006.01)	F 16 C 33/10	Z	5 H 6 0 7
H 02 K 7/08 (2006.01)	H 02 K 7/08	A	

審査請求 未請求 請求項の数 20 O L (全 21 頁)

(21) 出願番号	特願2012-51667 (P2012-51667)	(71) 出願人	508100033 サムスン電機ジャパンアドバンスドテクノロジー株式会社 静岡県藤枝市花倉430番地1
(22) 出願日	平成24年3月8日 (2012.3.8)	(74) 代理人	100174229 弁理士 岩井 廣
		(72) 発明者	青嶋 尚之 静岡県藤枝市花倉430番地1 アルファ ナテクノロジー株式会社内
		F ターム (参考)	3J011 AA07 BA02 CA02 DA02 KA04 LA08 MA24 RA03 5H607 BB01 BB07 BB14 BB17 BB25 CC03 DD03 DD14 GG01 GG02 GG09 GG15

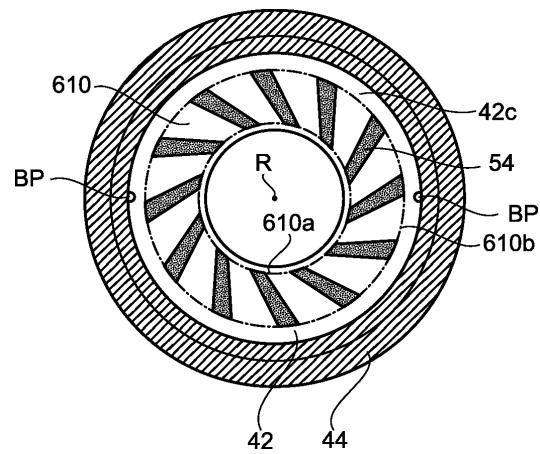
(54) 【発明の名称】回転機器およびその生産方法

## (57) 【要約】

【課題】軸受剛性の低下を補うために、効率的に動圧を発生できる形状のスラスト動圧発生溝を安定して生産したい課題があった。

【解決手段】回転機器は、静止体と、回転体と、静止体に対して回転体を回転自在に支持する軸支機構と、軸支機構に含まれ、静止体と回転体の何れかの部材の回転体の回転軸Rに直行する端面上の配置領域に、内周から外周に向かって周ごとに回転軸Rからの距離が漸増する渦巻き線に沿って断続して連なり、半径方向に一部が重複して配置される断続凹部の集合であって、潤滑媒体にスラスト動圧を発生するスラスト動圧発生溝と、を備える。

【選択図】図6



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

静止体と、  
回転体と、

前記静止体に対して前記回転体を回転自在に支持する軸支機構と、

前記軸支機構に含まれ、前記静止体と前記回転体の何れかの部材の前記回転体の回転軸 R に直行する端面上の配置領域に、内周から外周に向かって周ごとに前記回転軸 R からの距離が漸増する渦巻き線に沿って断続して連なり、半径方向に一部が重複して配置される断続凹部の集合であって、潤滑媒体にスラスト動圧を発生するスラスト動圧発生溝と、

を備えた回転機器。

10

**【請求項 2】**

前記断続凹部は、加工ツールを用いて加工された切削面を有することを特徴とする請求項 1 に記載の回転機器。

**【請求項 3】**

前記断続凹部は、前記回転軸 R を通る直線に沿った断面において、半径方向の幅が軸方向で内側に向かって漸減する曲線とされることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の回転機器。

**【請求項 4】**

前記断続凹部は、内周から外周に向かって 10 周以上周回する前記渦巻き線に沿って連なることを特徴とする請求項 1 から 3 のいずれかに記載の回転機器。

20

**【請求項 5】**

前記軸支機構は前記静止体と前記回転体のいずれかの部材に設けられたラジアル動圧発生溝を含み、

前記断続凹部は、前記ラジアル動圧発生溝が設けられた部材に配置されることを特徴とする請求項 1 から 4 のいずれかに記載の回転機器。

**【請求項 6】**

前記軸支機構はシャフトと前記シャフトを環囲して相対回転可能に収納するスリーブを含み、

前記断続凹部は、前記スリーブの軸方向端面に配置されることを特徴とする請求項 1 から 5 のいずれかに記載の回転機器。

30

**【請求項 7】**

前記スラスト動圧発生溝は、その底部について周方向に測定した表面粗度はその底部について半径方向に測定した表面粗度より小さいことを特徴とする請求項 1 から 6 のいずれかに記載の回転機器。

**【請求項 8】**

前記スラスト動圧発生溝は、前記配置領域の内周側と外周側のいずれか一方の側から他方の側に向かって軸方向深さ寸法が小さくされることを特徴とする請求項 1 から 7 のいずれかに記載の回転機器。

**【請求項 9】**

前記スラスト動圧発生溝は、前記配置領域の内周側と外周側のいずれか一方の側から他方の側に向かって周方向幅寸法が小さくされることを特徴とする請求項 1 から 8 のいずれかに記載の回転機器。

40

**【請求項 10】**

請求項 1 から 9 のいずれかに記載の回転機器を生産する方法であって、

前記断続凹部が加工される部材をワークと呼ぶとき、前記ワークの前記配置領域を含む形成面に、前記断続凹部を加工して前記スラスト動圧発生溝を形成する工程を含む回転機器の生産方法。

**【請求項 11】**

前記スラスト動圧発生溝を形成する工程は、

前記ワークを前記回転体の前記回転軸 R を中心に回転させることと、

50

回転している前記ワークの前記形成面に軸方向から加工ツールを接近させることと、前記加工ツールを前記ワークの軸方向に動かして前記形成面に対して接触状態と非接触状態とを交互に繰返す往復運動させることと、

前記加工ツールを前記配置領域の内周側と外周側のいずれか一方の側から他方の側に向かって移動させることと、

を含むことを特徴とする請求項 10 に記載の回転機器の生産方法。

#### 【請求項 12】

前記スラスト動圧発生溝を形成する工程は、前記ワークの回転の周期を前記往復運動の周期の整数倍に設定して実行されることを特徴とする請求項 11 に記載の回転機器の生産方法。 10

#### 【請求項 13】

前記ワークの前記形成面の前記回転軸 R に対する直角度を小さくする前加工工程を含み、

前記スラスト動圧発生溝を形成する工程は、前記前加工工程に連続して実行されることを特徴とする請求項 11 または 12 に記載の回転機器の生産方法。 20

#### 【請求項 14】

前記前加工工程における前記ワークの軸方向の加工寸法は、前記断続凹部の軸方向深さ寸法より大きいこと特徴とする請求項 13 に記載の回転機器の生産方法。

#### 【請求項 15】

前記スラスト動圧発生溝の表面の凹凸を小さくする後加工工程を含み、

前記スラスト動圧発生溝を形成する工程と前記後加工工程とは連続して実行されることを特徴とする請求項 11 から 14 のいずれかに記載の回転機器の生産方法。 20

#### 【請求項 16】

前記後加工工程における前記ワークの軸方向の加工寸法は、前記断続凹部の軸方向深さ寸法より小さいこと特徴とする請求項 15 に記載の回転機器の生産方法。

#### 【請求項 17】

前記スラスト動圧発生溝を形成する工程は、圧電素子を用いて前記加工ツールを往復運動させることによって実行されることを特徴とする請求項 11 から 16 のいずれかに記載の回転機器の生産方法。 30

#### 【請求項 18】

前記スラスト動圧発生溝を形成する工程は、非駆動状態の前記加工ツールの先端位置が前記形成面より軸方向外側に位置するように設定して実行されることを特徴とする請求項 11 から 17 のいずれかに記載の回転機器の生産方法。

#### 【請求項 19】

前記スラスト動圧発生溝を形成する工程は、前記加工ツールを前記配置領域の内周側から外周側に向かって移動して実行されることを特徴とする請求項 11 から 18 のいずれかに記載の回転機器の生産方法。

#### 【請求項 20】

前記軸支機構はシャフトと、前記シャフトを環囲して相対回転可能に収納するスリーブと、前記スリーブを環囲して結合される筒状部と、を含み、

前記スラスト動圧発生溝を形成する工程は、前記筒状部に結合された前記スリーブに前記断続凹部を加工することを含むことを特徴とする請求項 10 から 19 のいずれかに記載の回転機器の生産方法。 40

#### 【発明の詳細な説明】

#### 【技術分野】

#### 【0001】

本発明は、スラスト流体動圧軸受を備える回転機器およびその生産方法に関する。

#### 【背景技術】

#### 【0002】

ハードディスクドライブなどの回転機器は、小型化、大容量化が進み、種々の電子機器

に搭載されている。特にノートパソコンや携帯型音楽再生機器などの携帯型の電子機器へのディスク駆動装置の搭載が進んでいる。このような携帯型の電子機器に搭載されるディスク駆動装置などの回転機器に対しては、デスクトップパソコンなどの据置型の電子機器に搭載されるものと比べて、薄型化や軽量化が求められ、また持ち運びによる振動にも耐えうるように回転機器の剛性の向上が求められている。一般的に回転機器の薄型化と剛性の向上とはトレードオフの関係にある。

#### 【0003】

本出願人は例えば特許文献1において、スラスト動圧発生部での潤滑剤の掻き集めの効率を向上して動圧を高めた回転機器を提案している。特許文献1記載の回転機器では、回転体または静止体などの被刻印体に金型を加圧することによって形成したスラスト動圧パターンを備えている。このような回転機器では、形成されたスラスト動圧パターンの凹部と凸部の形状の崩れや高さのバラツキが抑制される。10

#### 【先行技術文献】

#### 【特許文献】

#### 【0004】

#### 【特許文献1】特開2011-153705号公報

#### 【発明の概要】

#### 【発明が解決しようとする課題】

#### 【0005】

動圧発生部を備える回転機器を小型化するために、動圧発生部を構成する部材を小型化することが考えられる。しかし、動圧発生部材を小型化するとその動圧発生部の面積が小さくなることで軸受剛性が低下し、結果として回転機器の耐衝撃性、耐振動性に悪影響を及ぼしうる。このような回転機器では静止体と回転体とを備えており、軸受剛性が低下すると、落下などの衝撃を受けた際に静止体と回転体とが回転軸方向の面同士が接触することがある。回転体が静止体に接触すると、性能が低下し、あるいは接触音が発生し、あるいは接触部分で摩耗が生じて回転機器の寿命が短くなることがある。20

このような軸受剛性の低下を補うために、動圧発生部の隙間を小さくすることが考えられる。しかし、この隙間を小さくすると、軸受損失が増えて消費電力が増大することがある。あるいは動圧発生部を加工する際に、その加圧力によって動圧発生部が変形がある。例えばシャフトを環囲して収納する内周面を有する円筒部材の端面を軸方向に金型で加圧すると、その部材の内周面が内側に膨らむような変形をすることがある。この内周面にラジアル動圧発生溝が形成されている場合は、動圧発生溝が変形してその動圧形成に悪影響をおよぼすことが考えられる。また、内周面が変形すると、内周面と収納されるシャフトとが相対回転中に接触する可能性が大きくなる。回転中に接触すると、性能の低下、接触音の発生、あるいは接触部分の摩耗などの原因になる課題がある。また、内周面の変形を防止するように慎重に作業をすると作業効率が低下する課題がある。30

#### 【0006】

また、このような軸受剛性の低下を補うために、効率的に動圧を発生できる溝形状をコンピューターシミュレーションによって導出して採用することが考えられる。そして、コンピューターシミュレーションによって導出される溝形状の一例には溝の幅や深さを変化させて構成するものがある。コンピューターシミュレーションによって導出される溝形状の別の一例には従来より溝形状を微細化して構成するものがある。しかし、従来の生産方法では幅や深さを変化させて構成する溝や、微細化して構成する溝を安定して生産することが難しい課題があった。あるいは、このような形状の溝の加工には手間が掛かり作業効率が低下する課題があった。40

#### 【0007】

このような課題は、携帯型の電子機器に搭載される回転機器に限らず他の種類の電子機器に搭載される回転機器でも生じうる。

#### 【0008】

本発明はこうした状況に鑑みてなされたものであり、その目的は軸受剛性の低下を抑制50

したスラスト動圧発生溝を備える回転機器を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0009】

本発明のある態様は、回転機器に関する。この回転機器は、静止体と、回転体と、静止体に対して回転体を回転自在に支持する軸支機構と、軸支機構に含まれ、静止体と回転体の何れかの部材の回転体の回転軸Rに直行する端面上の配置領域に、内周から外周に向かって周ごとに回転軸Rからの距離が漸増する渦巻き線に沿って断続して連なり、半径方向に一部が重複して配置される断続凹部の集合であって、潤滑媒体にスラスト動圧を発生するスラスト動圧発生溝と、を備える。

この態様によれば、渦巻き線に沿って連なる断続凹部の集合によってスラスト動圧発生溝を構成できる。このようなスラスト動圧発生溝は潤滑媒体にスラスト方向の動圧を発生することができる。

【0010】

本発明の別の態様は、回転機器の生産方法に関する。この生産方法は、断続凹部が加工される部材をワークと呼ぶとき、ワークの配置領域を含む形成面に、断続凹部を加工してスラスト動圧発生溝を形成する工程を含む。

この態様によれば、断続凹部を加工してスラスト動圧発生溝を形成することができる。このようなスラスト動圧発生溝は潤滑媒体にスラスト方向の動圧を発生することができる。

【0011】

なお、以上の構成要素の任意の組み合わせや、本発明の構成要素や表現を方法、装置、システムなどの間で相互に置換したものもまた、本発明の態様として有効である。

【発明の効果】

【0012】

本発明によれば、軸受剛性の低下を抑制したスラスト動圧発生溝を備える回転機器を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0013】

【図1】図1は、本発明の実施の形態に係る回転機器を示す分解斜視図である。

【図2】図2は、図1のA-A線に沿った断面を示す断面図である。

【図3】図3は、図2の流体軸受ユニットの主要部材を示す分解斜視図である。

【図4】図4は、図2の潤滑剤の介在領域の周辺を拡大して示す拡大断面図である。

【図5】図5は、図2のトップカバーと上シャフト部材の結合部分を示す拡大断面図である。

【図6】図6は、図2の筒状部とスリーブの上面を示す上面図である。

【図7】図7は、図2の筒状部とスリーブの断面を示す拡大断面図である。

【図8】図8は、図2の筒状部とスリーブの下面を示す下面図である。

【図9】図9は、図6の動圧発生溝を拡大し模式的に示した上面図である。

【図10】図10は、図6の断続凹部を加工する様子を模式的に示す斜視図である。

【図11】図11は、図10のB-B線に沿った断続凹部の断面を示す断面図である。

【図12】図12は、図10のC-C線に沿った断続凹部の断面を示す断面図である。

【図13】図13は、図9のD-D線に沿った動圧発生溝の断面を示す断面図である。

【図14】図14は、本発明の実施の形態に係る回転機器の生産方法を説明する模式図である。

【図15】図15は、図14に示す生産方法における加工ツールの往復運動の範囲を示す模式図である。

【図16】図16は、本発明の実施の形態において別の形状例に係る動圧発生溝を有するスリーブの上面を示す上面図である。

【図17】図17は、図16のスリーブの動圧発生溝の周方向中央に沿った断面を示す断面図である。

10

20

30

40

50

【図18】図18は、本発明の実施の形態においてヘリングボーン形状とされる動圧発生溝を有するスリープの上面を示す上面図である。

【発明を実施するための形態】

【0014】

以下、本発明を好適な実施の形態をもとに図面を参照しながら説明する。各図面に示される同一または同等の構成要素、部材には、同一の符号を付するものとし、適宜重複した説明は省略する。また、各図面における部材の寸法は、理解を容易にするために適宜拡大、縮小して示される。また、各図面において実施の形態を説明する上で重要ではない部材の一部は省略して表示する。

【0015】

実施の形態に係る回転機器は、磁気的にデータを記録する磁気記録ディスクを搭載しそれを回転駆動するハードディスクドライブなどのディスク駆動装置として好適に用いられる。特にシャフトがベースに対して固定され、ハブがシャフトに対して回転するようなシャフト固定型のディスク駆動装置およびシャフトがハブに固定され、シャフトがベースに対して回転するようなシャフト回転型のディスク駆動装置として好適に用いられる。

例えばこの回転機器は、静止体に軸支手段を介して回転自在に取り付けられる回転体を含むことができる。軸支手段は静止体と回転体の何れかに設けられたスラスト軸支手段を備えることができる。例えばスラスト軸支手段は断続凹部の集合として形成されるスラスト動圧発生溝を含むことができる。例えば軸支手段は潤滑媒体に動圧を発生させるものであってもよい。例えば潤滑媒体は潤滑流体とすることがある。

例えば回転体には磁気記録ディスクなどの被駆動メディアを搭載しうる搭載手段を含むことがある。例えば軸支手段は静止体と回転体の何れかに設けられたラジアル軸支手段を含むことがある。例えばラジアル軸支手段は断続凹部の集合として形成されるラジアル動圧発生溝を含むことがある。例えばラジアル動圧発生溝はスラスト動圧発生溝が形成される部材に形成されることがある。例えばスラスト軸支手段はラジアル軸支手段を環囲する位置に設けられることがある。例えばこの回転機器は、回転体に回転トルクを与えるために回転駆動手段を備えることがある。例えばこの回転駆動手段はブラシレススピンドルモータであってもよい。例えばこの回転駆動手段はコイルとマグネットとを含むことがある。

【0016】

(実施の形態)

図1は、実施の形態に係る回転機器100を示す斜視図である。図1は、発明の理解を容易にするため、トップカバー22を分離した状態を示す。回転機器100は、ベース24と、上シャフト部材110と、ハブ26と、磁気記録ディスク62と、データリード/ライト部60と、トップカバー22と、例えば6つのネジ104と、を含む。

以降ベース24に対してハブ26が搭載される側を上側として説明する。また、回転体の回転軸Rに沿った方向を軸方向と、回転軸Rに鉛直な平面上で回転軸Rを通る任意の方向を半径方向と、当該平面上における任意の方向を平面方向という。

【0017】

磁気記録ディスク62は、直径が65mmのガラス製の2.5インチ型磁気記録ディスクであり、その中央の孔の直径は20mm、厚みは0.65mmである。ハブ26は、例えば1枚の磁気記録ディスク62を搭載する。磁気記録ディスク62は、クランパ(不図示)によってハブ26に固定される。例えば磁気記録ディスク62は、クランパとハブ26とによって挟持される。例えばクランパは、その内周が後述するハブ26の周溝26gに嵌め込まれて固定される。

ベース24はアルミニウムの合金をダイカストにより成型して形成される。ベース24は、回転機器100の底部を形成する底板部24aと、磁気記録ディスク62の載置領域を囲むように底板部24aの外周に沿って形成された外周壁部24bと、を有する。外周壁部24bの上面には、例えば6つのネジ孔24cが設けられる。

【0018】

10

20

30

40

50

データリードノライト部 60 は、記録再生ヘッド（不図示）と、スイングアーム 64 と、ボイスコイルモータ 66 と、ピボットアセンブリ 68 と、を含む。記録再生ヘッドは、スイングアーム 64 の先端部に取り付けられ、磁気記録ディスク 62 にデータを記録し、あるいは、磁気記録ディスク 62 からデータを読み取る。ピボットアセンブリ 68 は、スイングアーム 64 をベース 24 に対してヘッド回転軸 S の周りに揺動自在に支持する。ボイスコイルモータ 66 は、スイングアーム 64 をヘッド回転軸 S の周りに揺動させ、記録再生ヘッドを磁気記録ディスク 62 の上面上の所望の位置に移動させる。ボイスコイルモータ 66 およびピボットアセンブリ 68 は、ヘッドの位置を制御する公知の技術を用いて構成される。

## 【0019】

10

トップカバー 22 は、略矩形の薄板状で、周辺に設けられる例えば 6 つのネジ貫通孔 22c と、カバー凹部 22e と、カバー凹部 22e の中間部に設けられる嵌合孔 22d とを有する。トップカバー 22 は、例えばアルミニウム板や鉄鋼板をプレス加工して所定の形状に形成される。トップカバー 22 は、腐食を防止するため例えばメッキ等の表面処理が施されてもよい。トップカバー 22 は、例えば、6 つのネジ 104 を用いてベース 24 の外周壁部 24b の上面に固定される。6 つのネジ 104 は、6 つのネジ孔 24c にそれぞれ対応する。特にトップカバー 22 と外周壁部 24b の上面とは、それらの接合部分から回転機器 100 の内側へリークが生じないように互いに固定される。ここで回転機器 100 の内側とは具体的には、ベース 24 の底板部 24a と、ベース 24 の外周壁部 24b と、トップカバー 22 と、で囲まれる清浄空間 70 である。この清浄空間 70 は密閉されるように、つまり外部からのリークインもしくは外部へのリークアウトが無いように設計される。清浄空間 70 は、パーティクルが除去された清浄な空気で満たされる。これにより、磁気記録ディスク 62 へのパーティクルなどの異物の付着が抑えられ、回転機器 100 の動作の信頼性が高められている。トップカバー 22 の嵌合孔 22d には上シャフト部材 110 の円筒凸部 110f が嵌め合わされて結合される。

20

## 【0020】

図 2 は、図 1 の A - A 線に沿った断面図である。図 3 は、図 2 の流体軸受ユニットの主要部材を示す分解斜視図である。図 2 は回転軸 R に沿って左右対称であり、同一の部材について左右何れかの参照符号の表示は省略されることがある。

30

図 2 を参照する。

静止体 2 は上シャフト部材 110 と、下シャフト部材 112 と、ステータコア 32 と、コイル 30 と、磁性リング 34 と、をさらに含む。上シャフト部材 110 は上ロッド 10 と上フランジ 12 とを有する。下シャフト部材 112 は下ロッド 14 と下フランジ 16 とフランジ環囲部 18 とを有する。

回転体 4 は、シャフト環囲部材 40 、キャップ 48 と、円筒状のマグネット 28 と、をさらに含む。回転体 4 と静止体 2 との隙間の一部に潤滑剤 20 が連続的に介在する。シャフト環囲部材 40 はスリーブ 42 と筒状部 44 とリング状部材 46 とを有する。

40

## 【0021】

ベース 24 は、回転体 4 の回転軸 R を中心とした開口 24d と、開口 24d を環囲する円筒状の突出部 24e を有する。突出部 24e はベース 24 の上面からハブ 26 側に突出する。

## 【0022】

ステータコア 32 は円環部とそこから半径方向外側に伸びる例えば 12 本の突極とを有し、ベース 24 の上面側の例えば突出部 24e の外周面に固定される。ステータコア 32 はベース 24 に圧入、接着またはこれらを併用した方法によって結合されてよい。ステータコア 32 は、例えば、0.2 mm 厚の電磁鋼板を 5 枚の積層しカシメにより一体化して形成される。ステータコア 32 の表面には表面層が設けられる。例えば、ステータコア 32 の表面には電着塗装や粉体塗装などの絶縁塗装が施される。ステータコア 32 の各突極にはコイル 30 が巻回されて設けられる。このコイル 30 に例えば 3 相の略正弦波状の駆動電流が流れることにより突極に沿って界磁磁界が発生する。

50

## 【0023】

磁性リング34は、マグネット28と回転軸Rに沿って同軸にされ、例えば接着、カシメまたはこれらを併用した方法によってベース24の上面に固着される。磁性リング34は、軸方向に薄い中空リング状で、軟磁性を有する例えば鉄鋼板からプレス加工によって形成される。磁性リング34は、マグネット28の下面28dと軸方向に非接触状態で対向する領域を有し、マグネット28に下向きの吸引力を与える。このように構成することで回転体4の軸方向の浮上を抑制する。

## 【0024】

ハブ26は、中空の第1円環部26aと、第1円環部26aの外周面26cから半径方向外側へ延在する円盤部26dと、円盤部26dの外周部から軸方向下側に延在する第2円環部26eと、第2円環部26eの外周面26fの下側から半径方向外側へ延在する載置部26jと、を有し、略カップ状の形状に形成される。第1円環部26aと円盤部26dと第2円環部26eと載置部26jとは回転軸Rに沿って同軸にされる。第1円環部26aと円盤部26dと第2円環部26eと載置部26jとは一体に形成される。何れかの部位は別個に形成されて結合されてもよい。ハブ26は、例えば軟磁性を有するSUS430F等の鉄鋼材料から形成される。ハブ26の第2円環部26eの外周面26fにはドーナツ状の磁気記録ディスク62の内周面が嵌め込まれる。ハブ26の載置面28jの上面には磁気記録ディスク62が載置される。第2円環部26eの外周面26fには半径方向内側に向かって凹む周溝26gが周設される。周溝26gはハブ26に磁気記録ディスク62が載置されたときに軸方向で磁気記録ディスク62の上面より上側に位置する。例えば周溝26gにはクランバの内周を嵌め込んで固定することができる。円盤部26dの外周側の下面に軸方向下側に突出する突出部26mが延在する。第1円環部26aの内周面26bの上部には半径方向外側に凹む凹部26lが周設される。

10

20

30

## 【0025】

マグネット28は、中空のリング状で、外周面がハブ26の内周面26hに例えば接着によって固定される。上面28cはハブ26の突出部26mに接している。内周面28bには、着磁によって周方向に16極の駆動磁極が設けられる。マグネット28は、例えばネオジウム、鉄、ホウ素などの材料を含んで形成される。マグネット28は、所定の割合の樹脂を含んでもよい。マグネット28は、フェライト磁性材を含んで形成されたり、フェライト磁性材を含んだ層とネオジウムなどの希土類材料を含む層とが積層されて形成されてもよい。マグネット28は磁性体層の表面には表面層が設けられる。例えば、マグネット28は表面に電着塗装やスプレー塗装などが施される。表面層を設けることによってマグネットの酸化が抑制され、あるいはマグネットの表面のはく離が抑制される。

40

## 【0026】

図4を参照して流体軸受ユニットを説明する。図4は、図2の潤滑剤20の介在領域の周辺を拡大して示す拡大断面図である。図4は回転軸Rの左側のみを示す。

下シャフト部材112は、中心に貫通路14bを有するロッド状の下ロッド14と、下ロッド14の外周面14aの下端側から半径方向外側に延在する円盤状の下フランジ16と、下フランジ16の外周縁から軸方向上側に突出する円筒状のフランジ環囲部18とを含む。下シャフト部材112は、中央に立設されたロッドを有するカップ形状を呈する(図3を参照)。例えば、下シャフト部材112は下ロッド14と下フランジ16とフランジ環囲部18とが一体に形成される。この場合、下シャフト部材112の製造誤差を低減でき、接合の手間を省くことができる。あるいは衝撃荷重に対する下シャフト部材112の変形を抑制することができる。例えば、下シャフト部材112はSUS303などの金属材料から切削加工によって形成される。下シャフト部材112は樹脂などの他の材料や、プレス加工やモールディングなど他の方法を用いて形成されてもよい。下シャフト部材112は、フランジ環囲部18の外周面18bおよび下フランジ16の外周面16bが開口24dの内周面に接着されることによってベース24に固定される。下ロッド14は、貫通路14bの下端が通路カバー120で覆われる。例えば、通路カバー120はシール剤を貫通路14bの下端および縁の周辺に塗布して硬化させて形成される。通路カバー1

50

20は例えば金属材料や樹脂材料から形成されるシートを接着固定してもよい。例えば、フランジ環囲部18の上端18cは、軸方向において後述する第1動圧発生溝50の配置領域またはその上側に位置する。このように構成することによって、フランジ環囲部18の内周面18aと後述するシャフト環囲部材40の外周面との隙間の体積を大きくして、保持可能な潤滑剤20の量を多くしうる。潤滑剤20を多く保持することで潤滑剤20の欠乏による障害発生の可能性を低減できる。

#### 【0027】

上シャフト部材110は、中心に下ロッド14を収納する収納孔10aを有するロッド状の上ロッド10と、上ロッド10の外周面10cの上端側から半径方向外側に延在する略円盤状の上フランジ12と、を含む。上シャフト部材110は略マッシュルーム形状を呈する(図3を参照)。上シャフト部材110は、上ロッド10の上端に軸方向上側に円筒状に突出する円筒凸部110fを有する。例えば、上シャフト部材110は、上ロッド10と上フランジ12と円筒凸部110fとが一体に形成される。例えば、上シャフト部材110は、上ロッド10と円筒凸部110fとが一体に形成され、別個に形成された上フランジ12が結合されて形成されてもよい。例えば、上シャフト部材110はSUS420J2などの鉄鋼材料から切削加工によって形成される。例えば、上シャフト部材110は硬度を高めるために焼き入れがあることがある。例えば、上シャフト部材110は、寸法精度を向上するために上ロッド10の外周面10cと上フランジ12の下面12cが研摩されることがある。上シャフト部材110は樹脂などの他の材料や、プレス加工やモールディングなど他の方法を用いて形成されてもよい。上シャフト部材110は上端部がトップカバー22に後述する方法によって固定される。下ロッド14は上ロッド10に環囲されて固定される。例えば、下ロッド14は外周面14aが収納孔10aに接着と圧入を併用して固定される。図4において、外周面14aのうち下側が圧入面14aaとされ、圧入面14aaの上側に圧入面14aaより小径にされる接着面14abが設けられる。収納孔10aと接着面14abとの隙間には例えば嫌気性の接着剤が介在する。

10

20

30

40

#### 【0028】

後述するように、円筒凸部110fがトップカバー22の嵌合孔22dに嵌め込まれ接着されることによって、上シャフト部材110はトップカバー22に固定される。トップカバー22はベース24に固定される。シャフト固定型の回転機器のなかでもこのようにベース24やトップカバー22などのシャーシにシャフトの両端が固定されるタイプの回転機器によると、回転機器の耐衝撃性や耐振動性を高めることができる。

#### 【0029】

上シャフト部材110の上端部は接着の代りにカシメや溶接などの他の方法によってトップカバー22に固定されてよい。上シャフト部材110の上端にネジが締め込まれる雌ネジ孔がないから、ネジ孔にネジが螺合されることに起因する上ロッド10の外周面の変形が抑制される。

#### 【0030】

上ロッド10は収納孔10aの上端側の領域に空気を溜めるガス溜り10bが設けられる。ガス溜り10bは略円錐状あるいは略円柱状の空間として形成される。ガス溜り10bは下ロッド14の貫通路14bと連通する。ここで、収納孔10aと外周面14aとの間に未硬化の接着剤が介在すると、この接着剤は内包する揮発成分を発生させながら硬化する。ガス溜り10bを設けることによって、この接着剤の揮発成分はガス溜り10bと貫通路14bを通じて効率よく外部に排出される。この結果、当該接着剤の硬化時間が短くなり、作業時間の短縮が可能になる。また、当該作業後所定の時間経過した後に、貫通路14bを塞ぐように通路カバー120が設けられる。貫通路14bとガス溜り10bと上ロッド10と下ロッド14の隙間とから異物が潤滑剤20の介在領域にリークインする可能性を小さくできる。また、収納孔10aに下ロッド14が挿入される作業において、収納孔10a内の空気がガス溜り10bと貫通路14bを通じて外部に排出されるから、挿入作業の効率が向上する。

#### 【0031】

50

上フランジ 12 は、外周面 12 a にベース 24 に近づくほど回転軸 R からの半径方向の距離が大きくなるような傾斜面 12 a a を有する。上フランジ 12 は、下面 12 c が後述するシャフト環囲部材 40 のスリープ 42 の上面 42 c と隙間を介して軸方向に対向する。上フランジ 12 は、外周面 12 a の上端から半径方向内側に延在するテラス部 12 d と、テラス部 12 d の内端から軸方向上側に略円筒状に隆起する隆起部 12 e と、を有する。また、円筒凸部 110 f は隆起部 12 e の中間部から軸方向上側に突出している。円筒凸部 110 f は、その外周面に周設される周設凹部 110 g を有する。また円筒凸部 110 f の周囲で半径方向外側に延在してトップカバー 22 の下面が接する座部 110 h が設けられる。

## 【0032】

10

シャフト環囲部材 40 は、上ロッド 10 を隙間を介して環囲し、相対回転可能にされる。シャフト環囲部材 40 は、上フランジ 12 と下フランジ 16 の間に隙間を介して間在する部分を含む。シャフト環囲部材 40 は、ハブ 26 に環囲されて固定される。シャフト環囲部材 40 は、下シャフト部材 112 のフランジ環囲部 18 に隙間を介して環囲される。このように構成されることによって、ハブ 26 はベース 24 に対して回転自在に支持される。

## 【0033】

20

シャフト環囲部材 40 は、上ロッド 10 を環囲する略円筒状のスリープ 42 と、スリープ 42 を環囲して結合される略円筒状の筒状部 44 と、筒状部 44 の上端側に結合されるリング状のリング状部材 46 と、を含む。スリープ 42 と筒状部 44 はそれぞれ例えば黄銅などの金属材料から切削加工して表面に無電解ニッケルメッキを施して形成される。スリープ 42 と筒状部 44 はステンレス材料など別の材料から形成されてもよい。例えばスリープ 42 は筒状部 44 と圧入などの締まり嵌め、接着、あるいはこれらの併用によって結合される。スリープ 42 と筒状部 44 とは一体に形成されてもよい。

## 【0034】

30

スリープ 42 は中空の略円筒状とされる(図3を参照)。スリープ 42 は、内周面 42 a と、外周面 42 b と、上面 42 c と、下面 42 d と、を有する。スリープ 42 は、内周面 42 a において上ロッド 10 を隙間を介して環囲する。スリープ 42 は、内周面 42 a の上ロッド 10 の外周面 10 c と半径方向に対向する領域にラジアル動圧発生するために第1動圧発生溝 50 と第2動圧発生溝 52 とが設けられる。第2動圧発生溝 52 は第1動圧発生溝 50 の上方に離間して設けられる。第1動圧発生溝 50 と第2動圧発生溝 52 とは、スリープ 42 の代りに上ロッド 10 の外周面 10 c に設けてもよい。

## 【0035】

40

スリープ 42 の上面 42 c の上フランジ 12 と軸方向に対向する領域にスラスト動圧を発生するために第3動圧発生溝 54 が設けられる。第3動圧発生溝 54 はスリープ 42 の代りに上フランジ 12 の下面 12 c のスリープ 42 と軸方向に対向する領域に設けてもよい。スリープ 42 の下面 42 d の下フランジ 16 と軸方向に対向する領域にスラスト動圧を発生するために第4動圧発生溝 56 が設けられる。第4動圧発生溝 56 はスリープ 42 の代りに下フランジ 16 の上面 16 a のスリープ 42 と軸方向に対向する領域に設けてもよい。

## 【0036】

例えば、第1動圧発生溝 50 と第2動圧発生溝 52 はヘリングボーン形状にされる。第1動圧発生溝 50 と第2動圧発生溝 52 はスパイラル形状などの他の形状にされてもよい。例えば、第3動圧発生溝 54 と第4動圧発生溝 56 はヘリングボーン形状にされる。第3動圧発生溝 54 と第4動圧発生溝 56 はスパイラル形状などの他の形状にされてもよい。第1動圧発生溝 50 、第2動圧発生溝 52 は、例えば、プレス加工、ボール転造加工、エッチング加工、切削加工などによって形成される。これらの動圧発生溝はそれぞれ異なった加工方法によって形成されてもよい。第3動圧発生溝 54 および第4動圧発生溝 56 を形成する方法は後に詳述する。

## 【0037】

50

筒状部44は中空の略円筒状にされる(図3を参照)。筒状部44は、内周面44aと、外周面44bと、上面44cと、下面44dと、内周面44aの上端側に半径方向外向きに窪むように周設された凹部44eと、を有する。内周面44aはスリーブ42と結合される。外周面44bの上側はハブ26の第1円環部26aの内周面26bと結合される。外周面44bのハブ26と結合される領域の下側は隙間を介してフランジ環囲部18に環囲される。外周面44bは、フランジ環囲部18の内周面18aと半径方向に対向する領域にその上端に近いほど半径が小さくなる傾斜面44baを有する。傾斜面44baと内周面18aとの隙間は軸方向上側に向けて徐々に拡大する。傾斜面44baと内周面18aは、後述する潤滑剤20の第1気液界面122が接し、毛細管力によって潤滑剤20の飛散を抑制するキャピラリーシールを構成する。例えば、第1気液界面122は、軸方向において第1動圧発生溝50の配置領域またはその上側に位置する。このように構成することによって、多くの量の潤滑剤20を保持して、潤滑剤20の欠乏による障害発生の可能性を低減できる。例えば、第1気液界面122は、半径方向で第3動圧発生溝54と第4動圧発生溝56より外側に設けられる。

10

## 【0038】

リング状部材46は中空リング状にされる(図3を参照)。リング状部材46は、内周面46aと、外周面46bと、上面46cと、下面46dと、を有する。例えば、リング状部材46は、SUS303やSUS430などのステンレス材料から切削加工して形成される。リング状部材46は、外周面46bと下面46dとが筒状部44の凹部44eに嵌め込まれ、接着固定される。リング状部材46は、内周面46aにその上端に近いほど縮径される傾斜面46aaを有する。リング状部材46の傾斜面46aaと上フランジ12の傾斜面12aaとは、後述する潤滑剤20の第2気液界面124が接し、毛細管力によって潤滑剤20の飛散を抑制するキャピラリーシールを構成する。

20

## 【0039】

キャップ48は、軸方向に薄い中空リング状で、内周面48aと、外周面48bと、上面と、下面48dと、を有する。例えば、キャップ48は、SUS303やSUS430などのステンレス材料から切削加工して形成される。キャップ48は、その他の金属材料や樹脂材料から、プレス加工やモールディングによって形成されてもよい。キャップ48は、外周面48bがハブ26の第1円環部26aの内周面26bの凹部261に嵌め込まれて接着結合される。キャップ48は、下面48dで第2気液界面124を覆う。キャップ48は、内周面48aが上フランジ12の隆起部12eの側面を非接触で環囲する。キャップ48は、下面48dの内周側が上フランジ12のテラス部12dと非接触で軸方向に対向する。このように構成することによって、キャップ48と上フランジ12とは潤滑剤20のラビリンスを形成し、潤滑剤20の飛散を抑制する。

30

## 【0040】

潤滑媒体には特別な制限はなく、例えば公知の潤滑流体を用いることができる。潤滑流体は、気液界面が一方のみ設けられる構成や、断続して介在するいわゆるパーシャルフィルの構成としてもよい。本実施の形態100は潤滑流体として潤滑剤20を用いる。潤滑剤20は、回転体4と静止体2の隙間に第1気液界面122から第2気液界面124まで連続して介在する。例えば、潤滑剤20は、傾斜面44baと内周面18aの半径方向隙間と、筒状部44と下フランジ16の軸方向隙間と、スリーブ42と下フランジ16の軸方向隙間と、スリーブ42と上ロッド10の半径方向隙間と、上フランジ12とスリーブ42の軸方向隙間と、上フランジ12と筒状部44の半径方向隙間と、傾斜面12aaと傾斜面46aaの半径方向隙間と、に介在する。回転体4が静止体2に対して相対的に回転するとき、第1動圧発生溝50、第2動圧発生溝52、第3動圧発生溝54、第4動圧発生溝56はそれぞれ潤滑剤20に動圧を発生させる。この動圧によって回転体4は静止体2に対して非接触状態で半径方向および軸方向に支持される。

40

## 【0041】

シャフト環囲部材40は、スリーブ42と上ロッド10の半径方向隙間とは別に、上フランジ12とスリーブ42の軸方向隙間と、スリーブ42と下フランジ16の軸方向隙間

50

と、を連通する潤滑剤 20 の連通路 BP を有する。例えば、連通路 BP はスリープ 42 に設けた軸方向の通路を含む。連通路 BP はスリープ 42 の代わりに筒状部 44 に設けてよい。連通路 BP は、上フランジ 12 とスリープ 42 の軸方向隙間と、スリープ 42 と下フランジ 16 の軸方向隙間と、の圧力差を抑制する。その結果、潤滑剤 20 の漏れ出しの可能性が低減される。

#### 【0042】

図 5 を参照して上シャフト部材 110 にトップカバー 22 が結合される構成を説明する。図 5 は、図 2 の回転機器の上シャフト部材 110 とトップカバー 22 との結合部分を示す拡大断面図である。図 5 は回転軸 R に沿って左右対称であり、同一の部材について左右何れかの参照符号の表示は省略されることがある。

上シャフト部材 110 は、円筒凸部 110f がトップカバー 22 の嵌合孔 22d に嵌め込まれて、円筒凸部 110f の周設凹部 110g を含む先端部分がトップカバー 22 の上面に突き出る。周設凹部 110g には嵌合孔 22d より大形の留め具 36 が装着される。例えば、留め具 36 として、U字状やC字状のリングが周設凹部 110g に嵌め込まれる。座部 110h と留め具 36 とで嵌合孔 22d の周縁を挟み込むことによって、上シャフト部材 110 はトップカバー 22 に結合される。嵌合孔 22d の周縁と留め具 36 と円筒凸部 110f とに亘ってシール部材 38 で覆われる。例えば、シール部材 38 は紫外線硬化性を有する硬化性樹脂を所定の領域に塗布した後、所定の積算光量の紫外線を照射して形成される。シール部材 38 はトップカバー 22 の上面から突出しないように形成される。トップカバー 22 は、円筒凸部 110f をカバーするようにカバーフィルム 58 が貼り付けられる。シール部材 38 あるいはカバーフィルム 58 は、回転機器 100 の外部の非清浄な大気の清浄空間 70 へのリークインを抑制する。特に、シール部材 38 が嵌合孔 22d の側面や、トップカバー 22 の下面と上シャフト部材 110 の座部 110h との間に付着すると、非清浄大気のリークインを一層抑制しうる。

#### 【0043】

図 6 は図 2 の筒状部 44 とスリープ 42 の上面を示す上面図である。スラスト動圧を発生する第 3 動圧発生溝 54 は、スリープ 42 の回転軸 R に直交する端面である上面 42c の配置領域 610 に設けられる。配置領域 610 は内周 610a と外周 610b を有する略中空円状にされる。例えば 12 条の第 3 動圧発生溝 54 は配置領域 610 に周方向に略等間隔に配置される。第 3 動圧発生溝 54 は配置領域 610 の内周 610a から外周 610b 向かって周方向および半径方向に延在する。図 7 は図 2 の筒状部 44 とスリープ 42 の拡大断面図である。ラジアル動圧を発生する第 1 動圧発生溝 50 と第 2 動圧発生溝 52 とはスリープ 42 の内周面 42a に設けられる。図 8 は図 2 の筒状部 44 とスリープ 42 の下面を示す下面図である。スラスト動圧を発生する第 4 動圧発生溝 56 は、スリープ 42 の回転軸 R に直交する端面である下面 42d の配置領域 620 に設けられる。配置領域 620 は内周 620a と外周 620b を有する略中空円状にされる。例えば 12 条の第 4 動圧発生溝 56 は配置領域 620 に周方向に略等間隔に配置される。第 4 動圧発生溝 56 は配置領域 620 の内周 620a から外周 620b 向かって周方向および半径方向に延在する。

#### 【0044】

図 9 は図 6 の第 3 動圧発生溝 54 を拡大し模式的に示した上面図である。断続凹部 630 は内周から外周に向かって周ごとに回転軸 R からの距離が漸増する渦巻き線 612 に沿って断続して連なるように配置される。理解を容易にするため図 9 では渦巻き線 612 の半径方向の隣接ピッチ P は強調され、第 3 動圧発生溝 54 の周方向の傾斜は抑制されて表示される。第 3 動圧発生溝 54 は、断続凹部 630 が半径方向に一部が重複して配置されることによって、断続凹部 630 の集合として構成される。図 10 は図 6 の断続凹部 630 を加工する様子を模式的に示す斜視図である。例えば、切削バイトなどの加工ツール 640 が上面 42c を渦巻き線 612 に沿って相対的に矢印 616 の方向に移動して断続的に切削加工する。このように切削加工することによって断続凹部 630 が加工される。図 11 は図 10 の B-B 線に沿った断続凹部 630 の断面 630a を示す。図 12 は図 10

の C - C 線に沿った断続凹部 630 の断面 630b を示す。図 13 は図 9 の D - D 線に沿った第 3 動圧発生溝 54 の断面 54a を示す。断面 54a は半径方向に隣接する断続凹部 630 の境界に周方向に延在する突部 54b を有する。回転体 4 が静止体 2 に対して回転するとき、突部 54b は潤滑剤 20 の流れの方向を整え、回転抵抗の増大を抑制する。

#### 【0045】

主に図 9 から図 12 を参照して断続凹部 630 の形状の一例について説明する。断続凹部 630 の断面 630a において幅 W は 0.02mm から 0.2mm の範囲で、中央部での深さ寸法 H は 5 μm から 50 μm の範囲とすると加工しやすく好ましい。断続凹部 630 の断面 630b において周方向寸法 L は 0.3mm から 2mm の範囲とすると加工しやすく好ましい。また渦巻き線の 612 の半径方向に隣接するピッチ (= 半径方向に隣接する断続凹部 630 同士のピッチ) P は 5 μm から 50 μm の範囲とすると加工しやすく好ましい(図 9 を参照)。本実施の形態において断続凹部 630 は、周方向寸法 L は 0.6mm から 1.2mm の範囲で、幅 W は 0.05mm から 0.1mm の範囲で、幅の中央部での深さ寸法 H は 10 μm から 20 μm の範囲で、渦巻き線の 612 の半径方向ピッチ P は 7 μm から 14 μm の範囲とされる。また、断続凹部 630 の断面 630a の半径は 0.03mm から 0.07mm の範囲とされる。このように設定することで、加工時の寸法の変動を吸収しあるいは所定の生産タクト時間内で生産しうる。

10

#### 【0046】

第 3 動圧発生溝 54 の底部の周方向の表面粗度が大きいと、潤滑剤 20 との摩擦が大きくなり回転体 4 が回転する際の軸受部における回転抵抗が大きくなる。この回転抵抗を負って所定の速度で回転すると駆動電流が大きくなる。この回転抵抗を小さくするために、断続凹部 630 の底部は、例えば切削バイトなどの加工ツール 640 を用いて周方向に切削された切削面 632 を有する(図 10 を参照)。断続凹部 630 の底部に切削面 632 を有することによって、底部について周方向に測定した表面粗度は容易に小さくすることができる。所望する表面粗度を得る加工条件は、例えば加工ツール 640 とスリーブ 42 の相対速度をパラメータにして実験により定めることができる。本実施の形態において、第 3 動圧発生溝 54 の底部について周方向に測定した表面粗度は 0.5 μm 以下とされ、半径方向に測定した表面粗度 1 μm より小さい。

20

#### 【0047】

断続凹部 630 の回転軸 R を通る直線に沿った断面である断面 630a の側面に段差などの凹凸があると、回転体 4 が回転する際のその凹凸に応じて潤滑剤 20 に乱流が生じて回転抵抗を増やす可能性が大きくなる(図 11 を参照)。本実施の形態において断続凹部 630 の断面 630a は半径方向の幅が軸方向で内側に向かって、つまり深さ方向で深くなるに従って漸減する滑らかな曲線とされる。潤滑剤 20 に乱流が生じ難い点で好ましい。例えば第 3 動圧発生溝 54 の側面形状は、加工ツール 640 の先端形状をパラメータにして実験により定めることができる。

30

#### 【0048】

渦巻き線 612 の周回数が少ない場合は、第 3 動圧発生溝 54 の半径方向の長さ寸法 G が短くなり、発生するスラスト動圧が小さくなり、その結果軸受剛性が十分に確保できないことがある(図 9 を参照)。この課題に対応して、断続凹部 630 は配置領域 610 の内周 610a から外周 610b 向かって 10 周以上周回する渦巻き線 612 に沿って連なるように構成される。渦巻き線 612 の周回数は第 3 動圧発生溝 54 の半径方向の長さ寸法 G を、断続凹部 630 の半径方向に隣接するピッチ P で除した商として概略定めることができる(図 9 を参照)。例えば、第 3 動圧発生溝 54 の半径方向の長さ寸法 G を 5mm として、隣接するピッチ P を 20 μm とする場合の渦巻き線 612 の周回数は 250 周となる。渦巻き線 612 の周回数が多すぎると第 3 動圧発生溝 54 の加工時間が長くなる。渦巻き線 612 の周回数が 2000 回以下である場合は、当該加工時間は実用上問題とならないことが確認されている。

40

#### 【0049】

本発明者は検討によって以下の知見を得た。

50

(1) 静止体2に対して回転体4が回転するとき、第3動圧発生溝54は所定の領域（以下、圧縮領域という。）に向かって潤滑剤20を搔集めることによって圧縮領域に動圧を発生する。

(2) 発生動圧は潤滑剤20を搔集める量を増やすことによって大きくなる。また発生動圧は圧縮領域を狭くすることによって大きくなる。つまり、より狭い圧縮領域により多くの量の潤滑剤20を搔集めることによって、圧縮領域の動圧を高くすることが可能である。

#### 【0050】

上記の知見に基づき、本実施の形態の第3動圧発生溝54は、配置領域610の外周610b側から、圧縮領域が設けられる内周610a側に向かって周方向幅寸法が小さくされる（図6を参照）。なお、圧縮領域を外周610b側に設ける場合は、第3動圧発生溝54は配置領域610の内周610a側から、圧縮領域が設けられる外周610b側に向かって周方向幅寸法が小さくされてもよい。また、圧縮領域を内周610aと外周610bの中間部に設ける場合は、第3動圧発生溝54は配置領域610の外周610b側および内周610a側から、圧縮領域が設けられる中間部に向かって周方向幅寸法が小さく構成してもよい。

10

#### 【0051】

次に1条の第3動圧発生溝に外接する回転軸Rを頂点とする扇形の頂角について説明する。この頂角が小さいと動圧発生溝部における回転抵抗が増大して潤滑剤を搔集める効率が低下することがある。コンピュータシミュレーションした結果、少なくとも頂角が60°から120°の範囲においては第3動圧発生溝部における回転抵抗が抑制され効率的に潤滑剤20を搔集めうることが確認された。図16は、本発明の実施の形態において別の形状例に係る動圧発生溝254を有するスリープ42の上面42cを示す上面図である。第3動圧発生溝254の内周610aに接する点Q、外周610bに接する点Sとすると、回転軸Rを頂点とする扇形の頂角（=QRS）は80°±10°にされる。また、配置領域610の内周610a側から外周610b側へ向けて半径方向に第3動圧発生溝254を2条または3条横切るように配置される。このように構成することによって、上記の効果の変動を吸収して効率的に動圧を発生しうる。

20

#### 【0052】

図17は、図16の第3動圧発生溝254の周方向中央に沿った断面を示す断面図である。第3動圧発生溝254は、配置領域610の外周610b側の軸方向深さ寸法を大きくし、圧縮領域が設けられる内周610a側に向かって軸方向深さ寸法を小さく構成している。この構成により外周610b側においてより多くの量の潤滑剤20を搔集めて、内周610a側の圧縮領域を狭くして、当該領域に発生すべきスラスト方向の動圧を高いている。スラスト方向の動圧を高くすることによって、軸受剛性が向上しあるいは小型化した場合の軸受剛性の低下を抑制しうる。

30

なお、圧縮領域を外周側に設ける場合は、第3動圧発生溝は配置領域の内周側の軸方向深さ寸法を大きくし、外周側に向かって軸方向深さ寸法を小さく構成してもよい。また、圧縮領域を内周と外周の中間部に設ける場合は、第3動圧発生溝は配置領域の内周側および外周側の軸方向深さ寸法を大きくし、圧縮領域が設けられる中間部に向かって軸方向深さ寸法を小さく構成してもよい。

40

#### 【0053】

本実施の形態の第3動圧発生溝54は、断続凹部630が形成されない非凹部との境界が配置領域610の内周610a側から外周610b側に向かって波形状とされる（図9を参照）。

#### 【0054】

以上の説明では第3動圧発生溝がいわゆるスパイラル形状である場合について説明したが、これに限られない。例えば第3動圧発生溝はいわゆるヘリングボーン形状であっても同様の作用・効果を發揮する。図18は、本発明の実施の形態においてヘリングボーン形状とされる動圧発生溝354を有するスリープ42の上面42cを示す上面図である。

#### 【0055】

50

以上、主に第3動圧発生溝54の構成について説明したが、第4動圧発生溝56も第3動圧発生溝54と同様に構成される。

#### 【0056】

##### (生産方法)

本発明の実施の形態に係る生産方法は回転機器を生産する方法である。回転機器は、例えばディスク駆動装置、特に磁気記録ディスクを搭載するハードディスクドライブである。以下では上述の回転機器100を生産する場合を例として説明する。

図14は本発明の実施の形態の生産方法を説明する模式図である。図14は、図2の筒状部44に収納されて結合されたスリーブ42の上面42cの配置領域610にスラスト動圧を発生する第3動圧発生溝54を形成する工程を示す。第3動圧発生溝54は、略中空円状の配置領域610に断続凹部630の集合として形成される。より具体的には、筒状部44に結合されたスリーブ42は、筒状部44の外周面44bが図示しないクランプ機構に保持されて、加工機械のスピンドルにクランプされる。そして加工機械のスピンドルを回転させることによって、筒状部44に結合されたスリーブ42を回転体の回転軸Rを中心に矢印658のように回転させる。そして、回転しているスリーブ42の上面42cに回転軸Rに沿った矢印652の方向に加工ツール640を接近させる。そして、加工ツール640を回転軸Rに沿った矢印656の方向に動かして上面42cに対して接触状態と非接触状態とを交互に繰返す往復運動させる。そして、加工ツール640を配置領域610の内周610a側から外周610b側に向かって矢印654の方向に移動させる。加工ツール640は配置領域610の外周610b側から内周610a側に向かって矢印654の方向に移動させてよい。

10

20

30

40

#### 【0057】

図14の本実施の形態の方法において、加工ツール640は圧電素子642に結合される。圧電素子642は図示しない駆動回路により駆動されて反復駆動力を発生する。加工ツール640は圧電素子642の反復駆動力によって矢印656に沿って往復運動をする。加工ツール640は、時間軸を横軸に加工ツール640の先端の軸方向位置を縦軸に表わした場合に例えば略正弦波状に往復運動する。加工ツール640と圧電素子642は移動台644に結合される。移動台644は図示しない駆動手段によって矢印654に沿って移動をする。

#### 【0058】

図15は、図14の第3動圧発生溝54を形成する工程において、上面42cの位置と加工ツール640の往復運動の範囲との関係を説明する模式図である。図15においてMcは非駆動状態の加工ツール640の先端位置である。加工ツール640は、その先端位置がMaからMbの範囲で往復運動する。実施の形態の方法において、非駆動状態の加工ツール640の先端位置Mcは往復運動範囲MaとMbの中央に位置する。非駆動状態の加工ツール640の先端位置Mcを上面42cより軸方向で内側に設定しようとすると、設定作業に時間がかかる課題がある。このため実施の形態の方法では、非駆動状態の加工ツール640の先端位置Mcは上面42cより軸方向に距離Fだけ外側に位置するよう設定される。例えば所望の溝深さHを得ようとする場合に、設定すべき距離FはMaとMcの差幅Xと溝深さHの差として容易に求められる。つまり溝深さHは差幅Xより小さくされる。

40

#### 【0059】

往復運動のタイミングはスリーブ42の回転のタイミングに同期して制御される。具体的には、往復運動の繰り返しサイクルをFa、スリーブ42の回転数Fs、第3動圧発生溝54の条数をNとする場合は、 $F_a = N \cdot F_s$ の関係を満たすように制御される。実施の形態の方法においては、例えばスリーブ42の回転数Fsは25Hz(1500min<sup>-1</sup>)、往復運動の繰り返しサイクルは300Hzとされ、条数Nが12である第3動圧発生溝54が形成される。スリーブ42の回転数Fsまたは往復運動の繰り返しサイクルFaが高過ぎると、断続凹部630の形状が不揃いになり軸受動作に悪影響をおよぼすことがある。一方、これらFsまたはFaが低過ぎると作業時間が長くかかる。好ましくは

50

回転数  $F_s$  は 5 Hz から 100 Hz の範囲に、往復運動の繰り返しサイクル  $F_a$  は 100 Hz から 2000 Hz の範囲にされる。少なくともこの範囲においては、断続凹部 630 の形状や作業時間について実用上で問題がないことが確認されている。

#### 【0060】

スリープ 42 の上面 42c が回転軸 R に対して傾いていると、上フランジ 12 の下面 12c とのスラスト方向の隙間に周方向の偏りを生じる。この隙間が偏るとスラスト方向の動圧も周方向の偏りを生じ、回転体 4 の回転に悪影響をおよぼすことがある。本実施の形態の方法においては、スリープ 42 の上面 42c の回転軸 R に対する直角度を小さくする前加工工程を含んでいる。第3動圧発生溝 54 を形成する工程は、前加工工程に連続して実行される。前加工工程は、図 14 の工程において筒状部 44 に結合されたスリープ 42 を回転体の回転軸 R を中心に矢印 658 のように回転させ、スリープ 42 の上面 42c を加工ツール 640 を用いて切削加工する。加工ツール 640 は、回転軸 R に沿った矢印 652 の方向に移動して上面 42c に接触しながら、配置領域 610 を含み配置領域 610 より広い略円環状の前加工領域の内周側から外周側に向かって矢印 654 の方向に移動させて切削加工する。この際、加工ツール 640 は往復運動させない。加工ツール 640 を前加工領域の外周側から内周側に向かって矢印 654 の方向に移動させてもよい。この加工代は断続凹部 630 の軸方向深さ寸法より大きく、且つ、200 μm 以下とされる。このようにすることによって製造誤差が低減され、作業時間の増大が抑制される。本実施の形態において前加工工程の加工代は 20 μm から 60 μm の範囲としている。このように設定することで、加工時の寸法の変動を吸収しあるいは所定の生産タクト時間内で生産しうる。第3動圧発生溝 54 を形成する工程は、前加工工程でスリープ 42 を結合する筒状部 44 の加工機械へのクランプ状態を維持したまま、当該クランプ状態の開放をすることなく連続して実行される。クランプに関連する作業時間を短縮することができる。10

#### 【0061】

第3動圧発生溝 54 を加工ツール 640 によって加工すると、断続凹部 630 と非凹部との境界部に加工のバリやカエリが付着していることがある。このバリやカエリがスリープ 42 から剥離すると、異物となって回転機器 100 の狭い隙間に入り込み、性能の低下や故障を生じる原因となる。本実施の形態の方法においては、第3動圧発生溝 54 の非凹部の表面の凹凸を小さくする後加工工程を含み、第3動圧発生溝 54 を形成する工程と後加工工程とは連続して実行される。非凹部のバリやカエリを減少させて故障の可能性を低減する。後加工工程は、図 14 の工程において筒状部 44 に結合されたスリープ 42 を回転体の回転軸 R を中心に矢印 658 のように回転させ、スリープ 42 の上面 42c を加工ツール 640 を用いて切削加工する。加工ツール 640 は、回転軸 R に沿った矢印 652 の方向に移動して上面 42c に接触しながら、配置領域 610 を含み配置領域 610 より広い略円環状の後加工領域の内周側から外周側に向かって矢印 654 の方向に移動させて切削加工する。この際、加工ツール 640 は往復運動させない。加工ツール 640 を後加工領域の外周側から内周側に向かって矢印 654 の方向に移動させてもよい。本実施の形態において後加工工程の加工代は 2 μm から 8 μm の範囲としている。この加工代は断続凹部 630 の軸方向深さ寸法より小さくされる。このように設定することで、加工時の寸法の変動を吸収しあるいは所定の生産タクト時間内で生産しうる。後加工工程は、第3動圧発生溝 54 を形成する工程でスリープ 42 を結合する筒状部 44 の加工機械へのクランプ状態を維持したまま、当該クランプ状態の開放をすることなく連続して実行される。クランプに関連する作業時間を短縮することができる。20

#### 【0062】

以上、主に第3動圧発生溝 54 を形成する工程について説明したが、第4動圧発生溝 56 も第3動圧発生溝 54 と同様の工程によって形成される。

#### 【0063】

回転機器 100 を生産する方法の一例について図 2、図 4 および図 5 を参照して説明する。

(1) スリープ 42 は、その外周面 42b が筒状部 44 の内周面 44a に例えば圧入固定

10

20

30

40

50

される。圧入に代えて接着や圧入接着されてもよい(図4参照)。

(2)スリーブ42は、内周面42aに第1動圧発生溝50と第2動圧発生溝52とが設けられる(図4参照)。

(3)スリーブ42は、上面42cに第3動圧発生溝54が設けられる。スリーブ42は、下面42dに第4動圧発生溝56が設けられる(図4参照)。

(4)上ロッド10および上フランジ12が一体に結合された上シャフト部材110は、スリーブ42の内周面42aに挿入されて収納される(図4参照)。

(5)下フランジ16、フランジ環囲部18および下ロッド14が一体に結合された下シャフト部材112は、下ロッド14が上ロッド10の収納孔10aに挿入されて、結合される。下ロッド14は、上ロッド10の収納孔10aに圧入と接着を併用して結合される。例えば、下ロッド14は下フランジ16に近い領域で収納孔10aに圧入固定されて、下ロッド14は上フランジ12に近い領域で収納孔10aに接着固定される。つまり、下ロッド14と収納孔10aの接着領域は、それらの圧入領域の上側に位置する。  
10

上ロッド10と下ロッド14とが結合された結果、スリーブ42は上フランジ12と下フランジ16の軸方向に対向する空間に間欠する(図4参照)。

(6)リング状部材46は筒状部44に例えば圧入固定される。圧入に代えて接着や圧入接着されてもよい(図4参照)。

(7)回転体4と静止体2の所定の隙間に潤滑剤20が注入される。これで流体軸受ユニットが生産される(図4参照)。

(8)ハブ26の第2円環部26eの内周面26hにマグネット28が結合される(図2参照)。  
20

(9)ハブ26の第1円環部26aの内周面26bに、筒状部44の外周面44bが例えば圧入固定される。圧入に代えて接着や圧入接着されてもよい(図4参照)。

(10)キャップ48が第1円環部26aの凹部26lに例えば圧入固定される。圧入に代えて接着や圧入接着されてもよい(図4参照)。

(11)コイル30が巻装されたステータコア32がベース24に例えば圧入固定される。圧入に代えて接着や圧入接着されてもよい(図2参照)。

(12)ベース24の開口24dにフランジ環囲部18が挿入され接着固定される(図4参照)。

(13)ハブ26に磁気記録ディスク62が結合される(図2参照)。

(14)ベース24にリード/ライト部60およびその他の部材が取り付けられる。

(15)円筒凸部110fがトップカバー22の嵌合孔22dに嵌め込まれて、留め具36が装着される。嵌合孔22dの周縁と留め具36と円筒凸部110fとに亘ってシール部材38で覆われ、カバーフィルム58が設けられる(図5参照)。

(16)トップカバー22がベース24に結合される。所定の検査がされて回転機器100が生産される。

なお、以上の回転機器100を生産する方法や工程順は例示であり、回転機器100はこれらと別な方法や工程順によって生産されてもよい。

#### 【0064】

以上のように構成された回転機器100の動作を説明する。磁気記録ディスク62を回転させるために、3相の駆動電流がコイル30に供給される。コイル30に駆動電流が流れることにより、ステータコア32の突極に沿って界磁磁束が発生する。この界磁磁束とマグネット28の駆動磁極の磁束との相互作用によってマグネット28にトルクが与えられ、ハブ26およびそれに嵌合された磁気記録ディスク62が回転する。同時にボイスコイルモータ66がスイングアーム64を揺動させることによって、記録再生ヘッドが磁気記録ディスク62上の揺動範囲を行き来する。記録再生ヘッドは磁気記録ディスク62に記録された磁気データを電気信号に変換して制御基板(不図示)へ伝え、また制御基板から電気信号の形で送られてくるデータを磁気記録ディスク62上に磁気データとして書き込む。  
40

#### 【0065】

以上のように構成された本実施の形態に係る回転機器 100 は以下のような特徴を有する。回転機器 100 は、動圧発生溝が断続凹部の集合として構成されるから、従来の生産方法では難しかった溝幅や溝深さを変化させて構成する動圧発生溝や、微細化して構成する動圧発生溝の生産が可能になる。あるいは、このような形状の動圧発生溝の加工の手間を減らして作業効率の低下を抑制できる。この結果、効率的に動圧を生じうる動圧発生溝を構成して軸受剛性を補うことによって小型化に適した回転機器を提供することができる。

本実施の形態に係る回転機器の生産方法によれば、切削加工により動圧発生溝を形成するから、スリープに加わる軸方向の加圧力が抑制され、加圧力に起因するスリープの内周面が膨らむような変形が抑制される。この結果、シャフトとスリープが接触する可能性が小さくなり、性能の低下、接触音の発生、あるいは接触部分の摩耗などの発生を抑制できる。また、加工プログラムの変更によって形成される動圧発生溝の形状を容易に変更できる。この結果、効率的に動圧を生じうる動圧発生溝を形成して、小型化を容易にする回転機器の生産方法を提供することができる。

#### 【0066】

以上、実施の形態に係る回転機器の構成と動作について説明した。これらの実施の形態は例示であり、それらの各構成要素の組み合わせにいろいろな変形例が可能なこと、またそうした変形例も本発明の範囲にあることは当業者に理解されるところである。

#### 【0067】

実施の形態では、ベースに下シャフト部材が直接取り付けられる場合について説明したが、これに限られない。例えば、回転体および静止体からなるブラシレスモータを別途形成した上で、そのブラシレスモータをシャーシに取り付ける構成としてもよい。

#### 【0068】

実施の形態では、ステータコアがマグネットに環囲される場合について説明したが、これに限られない。例えば、マグネットがステータコアに環囲される構成としてもよい。

#### 【0069】

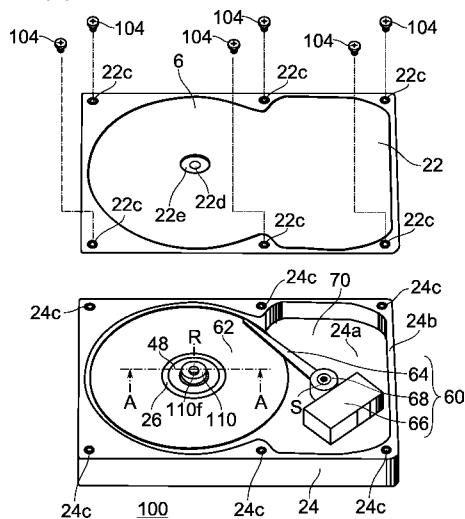
実施の形態では、上シャフト部材の円筒凸部の一部がトップカバーの上面に突出する場合について説明したが、これに限られない。例えば、円筒凸部の上端面とトップカバーの下面とが接着固定される構成としてもよい。

#### 【符号の説明】

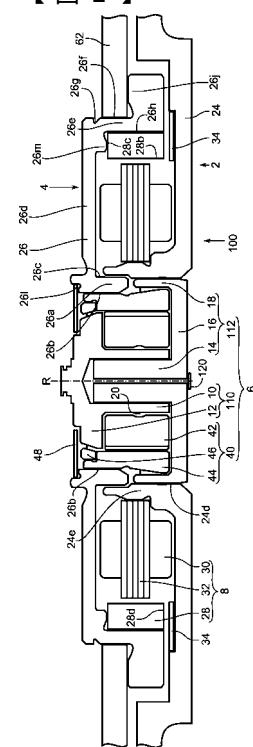
#### 【0070】

100、200、300：回転機器、2：静止体、4：回転体、6：軸受ユニット、8：駆動ユニット、10：上ロッド、12：上フランジ、14：下ロッド、16：下フランジ、18：フランジ環囲部、20：潤滑剤、22：トップカバー、24：ベース、26：ハブ、28：マグネット、30：コイル、32：ステータコア、34：磁性リング、36：留め具、38：シール部材、40：シャフト環囲部材、42、242：スリープ、44：筒状部、46：リング状部材、48：キャップ、50：第1動圧発生溝、52：第2動圧発生溝、54、254、354：第3動圧発生溝、56：第4動圧発生溝、58：カバーフィルム、60：リードノライト部、62：磁気記録ディスク、64：スイングアーム、66：ボイスコイルモータ、68：ピボットアッセンブリ、70：清浄空間、104：ネジ、110：上シャフト部材、112：下シャフト部材、120：通路カバー、122：第1気液界面、124：第2気液界面、BP：連通路、610、620、：配置領域、612：渦巻き線、630：断続凹部、640：加工ツール、642：圧電素子、644：移動台。

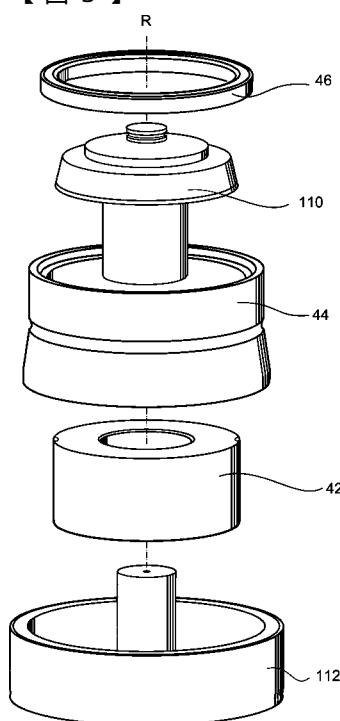
【図1】



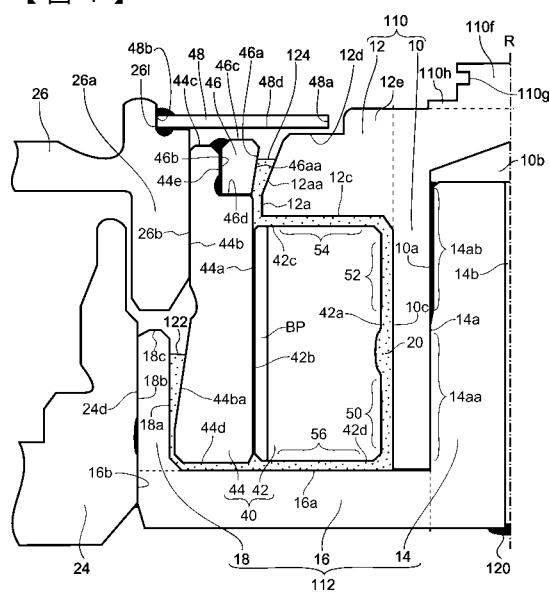
【 図 2 】



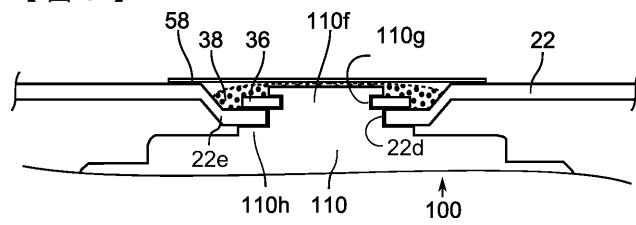
【 図 3 】



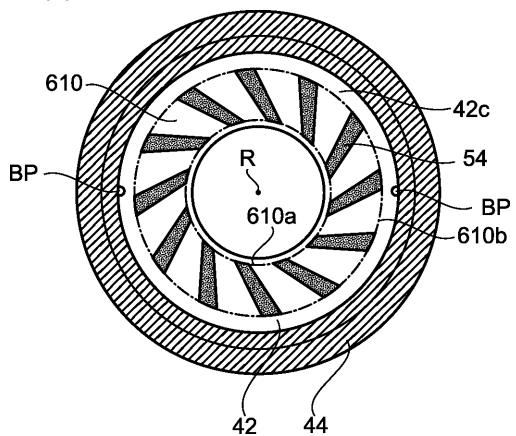
【 四 4 】



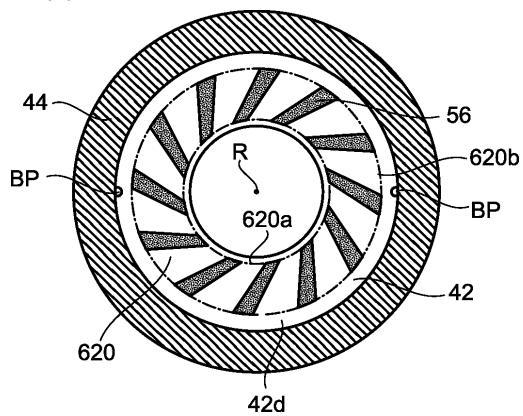
【 四 5 】



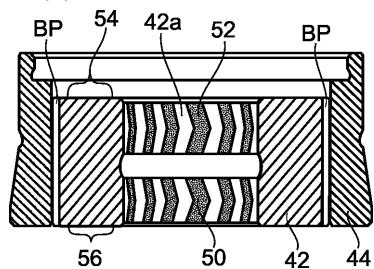
【図 6】



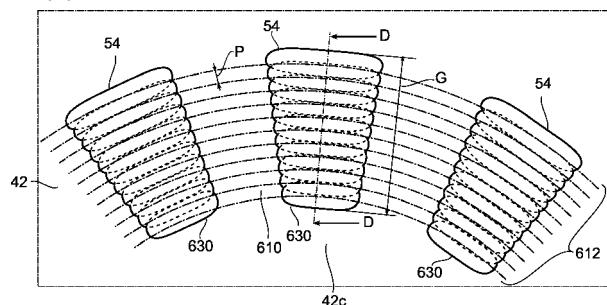
【図 8】



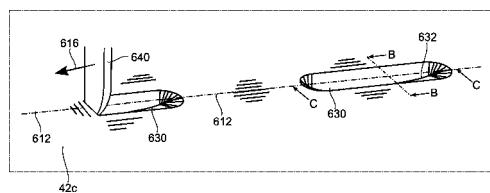
【図 7】



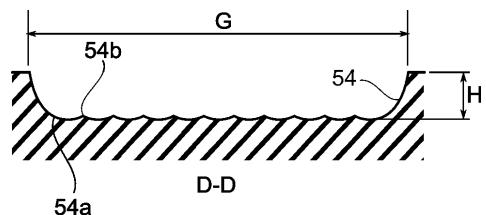
【図 9】



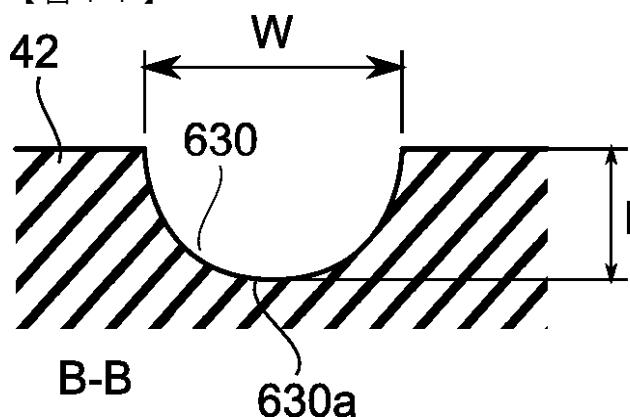
【図 10】



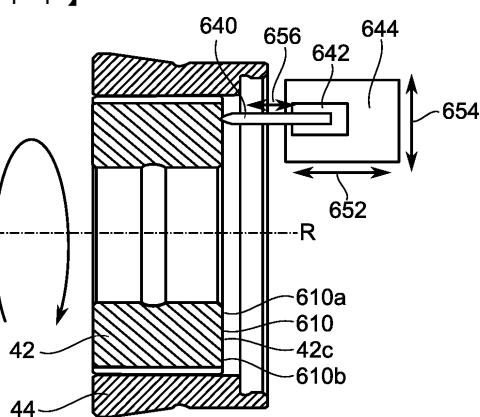
【図 13】



【図 11】



【図 14】



【図 12】

