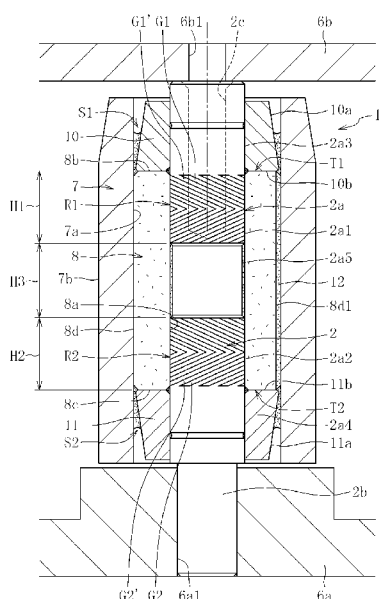


WIPO/PCT

- 國際調查報告（條約第 21 條(3)）

[圖2]



(57) 要約: 軸受スリーブ8のうち、ラジアル軸受面の軸方向領域(第1領域H1及び第2領域H2)における気孔率を小さくする(11%以下にする)と共に、ラジアル軸受面の軸方向領域(第3領域H3)における気孔率をそれよりも大きくする。

明 細 書

発明の名称：流体動圧軸受装置

技術分野

[0001] 本発明は、流体動圧軸受装置に関する。

背景技術

[0002] 流体動圧軸受装置は、その高回転精度および静粛性から、情報機器（例えばHDD）の磁気ディスク駆動装置や、CD、DVD、ブルーレイディスク等の光ディスク駆動装置、あるいはMD、MO等の光磁気ディスク駆動装置等のスピンドルモータ用として好適に使用されている。

[0003] 例えばHDDのディスク駆動装置は、HDDの大容量化に伴って、搭載されるディスクの枚数が増加する傾向にある。ディスクの搭載枚数が増えると重量が増大するため、ディスクを回転させたときの振れが大きくなり、ディスクの読み取り精度が低下する恐れがある。このため、HDDに組み込まれる流体動圧軸受装置は、より一層の高負荷容量が求められている。

[0004] 流体動圧軸受装置としては、軸受スリーブの内周に挿入した軸部材を回転させる軸回転タイプが一般的である。しかし、軸回転タイプの流体動圧軸受装置の場合、軸部材の端部に、ディスクを搭載したディスクハブが固定され、軸部材の中間部をラジアル軸受部（ラジアル軸受隙間の油膜）で片持ち支持するような状態になる。このため、ディスクハブに搭載されるディスクの枚数が増えて重量が増大すると、ディスクの振れが大きくなる恐れがある。

[0005] これに対し、例えば特許文献1には、軸部材を固定側とし、軸受スリーブを回転側とした軸固定タイプの流体動圧軸受装置が示されている。この場合、回転側の部材（軸受スリーブ及びハウジング）とディスクハブとの固定部を、ラジアル軸受部の軸方向領域内に設けることができるため、ディスクの搭載枚数が増えた場合でもディスクハブを安定的に支持することができ、ディスクの振れが抑えられる。特許文献1に記載の流体動圧軸受装置では、軸受スリーブを焼結金属で形成することにより、焼結金属の内部気孔に含浸さ

れた潤滑油が軸受スリーブの表面開孔からラジアル軸受隙間及びスラスト軸受隙間に滲み出すため、各軸受隙間における潤滑性が高められる。

[0006] また、公知の軸固定型の流体動圧軸受装置として、例えば以下に示す特許文献2に記載されているものがある。詳しくは、同文献の図2に記載されているように、軸部材と、軸部材の外径側に配置される回転部材と、軸部材の外周面と回転部材の内周面との間に形成されるラジアル軸受隙間に生じる潤滑油の動圧作用で回転部材をラジアル方向に非接触支持するラジアル軸受部とを備え、軸部材の一端を大気に接するように軸受外部に突出させ、この突出部に静止部材としてのモータベースを固定してなるものである。

先行技術文献

特許文献

[0007] 特許文献1：特開2011-74951号公報

特許文献2：特開2009-150410号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0008] しかし、回転側となる軸受スリーブを焼結金属製とすることで、以下のようないかな様な不具合が生じる。

[0009] (1) ラジアル軸受隙間の油が、焼結金属製の軸受スリーブの表面開孔から内部に抜けることにより、ラジアル軸受隙間の油膜の圧力が低下する、いわゆる「動圧抜け」が生じる。特に、軸固定タイプの場合、焼結金属製の軸受スリーブが回転することで、焼結金属の内部に含浸された潤滑油が遠心力により外径側に移動するため、ラジアル軸受隙間の油が軸受スリーブの内部に抜けやすくなる。これを防止するために、軸受スリーブの表面に回転サイジングやコーティング等による封孔処理を施すと、工数増によるコスト高を招く。

[0010] (2) 焼結金属の内部気孔に油が含浸されることで油量が増え、温度変化に伴う油の体積変化量が大きくなる。このため、油の体積変化を吸収するシ

ール空間を増大させる必要が生じ、流体動圧軸受装置の大型化を招く。特に、ハウジングの軸方向両端を開口し、両端部にそれぞれシール空間を形成した場合、シール空間に保持された油面が重力の影響を受けて変動する。このため、シール空間の幅を狭めて毛細管力を高めることでシール性を向上させる必要がある。しかし、シール空間の幅を狭めることでシール空間の容積が小さくなるため、シール空間の軸方向寸法をさらに拡大する必要があり、流体動圧軸受装置のさらなる大型化を招く。これを回避するために、シール空間を増大させた分だけラジアル軸受部の軸受スパンを短縮すると、ラジアル軸受部の軸受剛性が低下する。

[0011] このような実情に鑑み、本発明の第1の目的は、焼結金属製の軸受スリーブを有する軸固定型の流体動圧軸受装置において、ラジアル軸受隙間の油膜の圧力低下を抑制すると共に、油量を減じてシール空間の容積を縮小することにある。

[0012] また、上記のような軸固定型の流体動圧軸受装置において、所期の軸受性能（回転支持能力）を安定的に発揮させ、かつそれを維持可能とするには、少なくともラジアル軸受隙間を潤沢な潤滑油で満たす必要がある。これを実現するためには、例えば、特許文献2の図2に記載された構成（具体的には、回転部材を、軸部材を内周に挿入した円筒状のスリーブ部と、ディスク搭載面を有し、スリーブ部を内周に固定したハブ部とを備えるもの）において、スリーブ部を焼結金属等の多孔質体で形成することが考えられる。すなわち、このような構成によれば、スリーブ部の内部気孔で保持された潤滑油が内周面の表面開孔を通じてラジアル軸受隙間に次々と滲み出すため、ラジアル軸受隙間を潤沢な潤滑油で満たすことができるものと期待される。

[0013] しかしながら、特許文献2に記載された流体動圧軸受装置では、スリーブ部が回転部材に設けられる関係上、回転部材が回転するのに伴って、スリーブ部の内部気孔に保持された潤滑油に遠心力が作用する。そのため、スリーブ部の内周面で形成されるラジアル軸受隙間に潤滑油が円滑に滲み出し難く、ラジアル軸受隙間を必要十分量の潤滑油で満たすことが難しい。

[0014] このような実情に鑑み、本発明の第2の目的は、いわゆる軸固定型の流体動圧軸受装置において、ラジアル軸受隙間を潤沢な潤滑油で満たし、ラジアル軸受部の軸受性能を長期間に亘って安定的に発揮可能とすることにある。

課題を解決するための手段

[0015] 上記の第1の目的を達成するために創案された本願第1発明に係る流体動圧軸受装置は、固定側となる軸部材と、内周に軸部材が挿入され、回転側となる焼結金属製の軸受スリーブと、内周面に軸受スリーブの外周面が固定され、軸方向両端を開口した筒状のハウジングと、軸部材の外周面から外径に突出して設けられ、軸受スリーブの軸方向両側に配された第1シール部及び第2シール部と、軸部材の外周面に設けられたラジアル軸受面と軸受スリーブの内周面に設けられたラジアル軸受面との間のラジアル軸受隙間に生じる油膜の動圧作用で、軸受スリーブをラジアル方向に支持するラジアル軸受部と、軸受スリーブの一方の端面に設けられたスラスト軸受面と第1シール部の端面に設けられたスラスト軸受面との間のスラスト軸受隙間に生じる油膜の動圧作用で、軸受スリーブをスラスト方向一方に支持する第1スラスト軸受部と、軸受スリーブの他方の端面に設けられたスラスト軸受面と第2シール部の端面に設けられたスラスト軸受面との間のスラスト軸受隙間に生じる油膜の動圧作用で、軸受スリーブをスラスト方向他方に支持する第2スラスト軸受部と、第1シール部の外周面とハウジングの内周面との間に形成された第1シール空間と、第2シール部の外周面とハウジングの内周面との間に形成された第2シール空間とを備え、第1シール空間と第2シール空間との間に潤滑油が満たされ、第1シール空間及び第2シール空間に油面が保持された軸固定型の流体動圧軸受装置であって、軸受スリーブのうち、ラジアル軸受面の軸方向領域における気孔率を、ラジアル軸受面以外の軸方向領域における気孔率よりも小さくしたことを特徴とする。

[0016] 焼結金属製の軸受スリーブのうち、ラジアル軸受面の軸方向領域における気孔率を小さくすることで、ラジアル軸受面の表面開孔率が小さくなり、且つ、軸受スリーブの内部における油の流動性を抑えることができる。このた

め、ラジアル軸受隙間の油が軸受スリーブの内部に抜けにくくなり、ラジアル軸受隙間の油膜の圧力の低下を抑えることができる。この場合、ラジアル軸受面の封孔処理を軽減あるいは省略することができるため、加工コストの低減が図られる。また、軸受スリーブの気孔率を小さくすることで、軸受スリーブの内部に含浸される油量を減じられる。これにより、油の体積変化が小さくなるため、シール空間の容積、ひいてはシール部の軸方向寸法を縮小することができ、流体動圧軸受装置の小型化、あるいは、軸受スパンの拡大を図ることができる。

[0017] このとき、軸受スリーブ全体の気孔率を小さくすると、軸受スリーブの内部全域において油の流動性が低下するため、軸受スリーブの内部と外部との間を行き来する油の循環が妨げられ、油の早期の劣化を招く恐れがある。そこで、軸受スリーブに気孔率の大きい領域を設ければ、この領域における油の流動性が高められて、油の早期の劣化を防止することができる。特に、上記のように軸受スリーブに遠心力が加わることで、気孔率の大きい領域の内部に含浸された油が外径側に移動することで、この領域の内周面から軸受スリーブの内部に油が引き込まれやすくなるため、油の循環が促される。

[0018] 従って、軸受スリーブのうち、ラジアル軸受面の軸方向領域における気孔率を小さくすると共に、ラジアル軸受面以外の軸方向領域における気孔率を相対的に大きくすれば、上記のような効果を奏することができる。すなわち、ラジアル軸受面の軸方向領域における気孔率を、ラジアル軸受面以外の軸方向領域における気孔率よりも小さくすればよい。

[0019] 本発明者らの鋭意検討により、焼結金属製の軸受スリーブのうち、少なくともラジアル軸受面の軸方向領域における気孔率を11%以下とすれば、中実の金属からなる軸受スリーブと同程度の油膜の圧力が得られることが明らかとなった。尚、「気孔率」は下記の式で表される。ここで、焼結密度とは、焼結体の内部気孔を含めた見かけ体積の単位量あたりの重さである。また、真密度とは、焼結体の組成における気孔が無い場合の密度、すなわち、焼結体の内部気孔を含まない実体積の単位量あたりの重さであり、焼結体の組

成及び各元素の密度から求められる。

$$\text{気孔率} = [(\text{真密度} - \text{焼結密度}) / \text{真密度}] \times 100$$

(焼結密度 = 重量 / 見かけ体積、真密度 = 重量 / 実体積)

[0020] 例えば、軸受スリーブが、銅を60%以上含む焼結金属からなる場合、ラジアル軸受面の軸方向領域における密度を $7.4 \text{ g} / \text{cm}^3$ 以上とすれば、この領域の気孔率を11%以下にすることができる。また、軸受スリーブが、鉄を60%以上含む焼結金属からなる場合、ラジアル軸受面の軸方向領域における密度を $7.1 \text{ g} / \text{cm}^3$ 以上とすれば、この領域の気孔率を11%以下にすることができる。

[0021] 上記の流体動圧軸受装置では、第1及び第2スラスト軸受部のスラスト軸受隙間を介して対向するスラスト軸受面の一方に、スラスト軸受隙間の油膜に動圧作用を発生させるスラスト動圧発生部を形成することができる。また、上記の流体動圧軸受装置では、ラジアル軸受隙間を介して対向するラジアル軸受面の一方に、ラジアル軸受隙間の油膜に動圧作用を発生させるラジアル動圧発生部を形成することができる。

[0022] 上記の流体動圧軸受装置において、軸受スリーブを回転させると、第1及び第2スラスト軸受部のスラスト軸受隙間の油が外径側に流動する。このため、スラスト軸受隙間の内径端と連通するラジアル軸受隙間の油がスラスト軸受隙間に流動し、ラジアル軸受隙間の油膜の圧力がさらに低下する恐れがある。そこで、スラスト動圧発生部を、スラスト軸受隙間の潤滑油を内径側に流動させるポンプインタイプとすれば、第1及び第2スラスト軸受部のスラスト軸受隙間の油が内径側に流動し、この油がラジアル軸受隙間に流入するため、ラジアル軸受隙間の油膜の圧力を維持することができる。

[0023] ところで、軸部材の外周面と軸受スリーブとの間の空間（ラジアル軸受隙間を含む空間）における負圧の発生を防止するために、ラジアル動圧発生部として、一方の傾斜溝を延ばして軸方向非対称としたヘリングボーン形状の動圧溝を設ける場合がある。この場合、一方の傾斜溝を延ばした分だけ、軸受スパンの縮小を招く恐れがある。そこで、上記のようにスラスト動圧発生

部をポンプインタイプとすれば、スラスト軸受隙間から、軸部材の外周面と軸受スリーブとの間の空間に油が送り込まれるため、この空間における負圧の発生が防止できる。これにより、ラジアル動圧発生部としてのヘリングボーン形状の動圧溝を軸方向対称な形状とすることができるため、軸受スパンの縮小を回避することができる。

[0024] スラスト動圧発生部は、例えば軸受スリーブの両端面にプレス加工により形成することができる。あるいは、スラスト動圧発生部を、第1シール部及び第2シール部の端面にプレス加工により形成することもできる。

[0025] ラジアル動圧発生部は、例えば軸受スリーブの内周面にプレス加工により形成することができる。あるいは、ラジアル動圧発生部を、軸部材の外周面に転造加工により形成することもできる。

[0026] また、上記の第2の目的を達成するために創案された本願第2発明に係る流体動圧軸受装置は、静止部材に固定される軸部材と、軸部材の外周に配置された回転部材と、軸部材の外周面と回転部材の内周面との間のラジアル軸受隙間に生じる潤滑油の動圧作用で回転部材をラジアル方向に非接触支持するラジアル軸受部とを備え、軸部材の少なくとも一端に、軸受外部に突設されて外表面が大気に接する突出部が設けられ、この突出部に静止部材が固定されるものにおいて、軸部材を多孔質体で形成し、回転部材を非多孔質体で形成したことを特徴とする。

[0027] このように、静止側とされる軸部材を多孔質体で形成したことにより、回転部材の回転中は、ラジアル軸受隙間に生じる潤滑油の動圧作用により、ラジアル軸受隙間に満たされた潤滑油がラジアル軸受隙間の一部領域に集められて正圧を生じ、この正圧部分で潤滑油が多孔質の軸部材内に還流する。これと並行して軸部材の外周面からラジアル軸受隙間に次々と潤滑油が滲み出すが、この滲み出しは、軸部材が流体動圧軸受装置の静止側を構成する関係上、従来のように遠心力の影響を受けることなくスムーズに行われる。一方、回転部材を非多孔質体（例えば、中実の金属材料や樹脂材料）で形成したことにより、回転部材内部への潤滑油の浸入は効果的に防止される。従って

、ラジアル軸受隙間を潤沢な潤滑油で満たし、ラジアル軸受部の軸受性能を長期間に亘って安定的に発揮することが可能となる。

[0028] 本発明では、少なくとも一端が大気に接する軸部材を多孔質体で形成した関係上、潤滑油が軸部材の突出部の表面開孔を介して軸受外部に漏れ出すおそれがある。このような潤滑油漏れが生じると、ラジアル軸受隙間を含めた軸受装置の内部空間に介在させるべき潤滑油量が減少して、軸受性能に悪影響が及ぶ。また、当該流体動圧軸受装置をスピンドルモータ（HDD）に組み込んだ場合に潤滑油漏れが生じると、HDDが使用不能になるなどの致命的な不具合を招来する可能性がある。そこで、軸部材のうち、少なくとも突出部の内部気孔を、この内部気孔に含浸させた封孔材を硬化させることにより封止した。これにより、突出部の表面開孔を介しての潤滑油漏れを可及的に防止することが可能となり、上記した各種の問題発生を回避することができる。なお、表面開孔を介しての潤滑油漏れを防止するための手段として、バレル処理や回転サイジング等の目潰し処理を選択することも考えられるが、これらの処理を実行するには大掛かりな設備や金型が必要でコスト増を招来する。これに対して、封孔材を含浸・硬化させることによって内部気孔を封止するようにすれば、大掛かりな設備等を必要とすることなく封孔処理を簡便に実行することができる。

[0029] また、軸部材の突出部の内部気孔を封孔材で封止したことにより、突出部は中実材に近似した形態となるので、その強度（剛性）が高められる。これにより、軸部材の取り扱い性（ハンドリング性）が向上する他、軸部材に静止部材を固定する際に、軸部材の一部が欠損等する可能性が効果的に減じられる。また、静止部材の被固定部となる突出部からの潤滑油の滲み出しが可及的に防止される分、軸部材に対する静止部材の固定力が向上する。

[0030] 多孔質体からなる軸部材には、高密度部と、高密度部よりも低密度に形成された低密度部とを軸方向に隣接して設け、高密度部に突出部を設けることができる。このような構成によれば、軸部材に含浸させた封孔材を毛細管力によって高密度部の側に引き込むことができるので、軸部材のうち、封孔処

理を施すべき突出部に対し、封孔処理を適切にかつ簡便に実行することができる。

[0031] この場合、低密度部の外表面（外周面）に、回転部材の内周面との間にラジアル軸受隙間を形成するラジアル軸受面を設けることができる。このようにすれば、軸部材の内部気孔に保持された潤滑油を、ラジアル軸受隙間に対して円滑に滲み出させることができる。また、低密度部は、高密度部に比べて軟質で加工性に優れるので、低密度部の外周面に設けたラジアル軸受面には、動圧溝等の動圧発生部を容易にかつ精度良く形成することができる。

[0032] 多孔質体からなる軸部材は、例えば焼結金属で形成することができる。焼結金属（金属焼結体）は、金属粉の圧粉体を焼結することで得ることができるから、高精度の軸部材を低コストに量産することができる。また、軸部材を焼結金属で形成すれば、例えば、金属粉末を軸方向に圧縮して圧粉体を成形することにより、またこれに加えあるいはこれに替えて、粒径の異なる金属粉末を用いることにより、軸部材に、高密度部と低密度部とを容易に設けることができる。もちろん、軸部材に必要とされる機械的強度等を確保することができるのであれば、焼結金属以外のその他の多孔質体、例えば多孔質セラミックスで軸部材を形成することもできる。

[0033] 以上の構成において、封孔材としては、封孔処理の過程で軸部材（母材）を溶融等させることなく、かつ流体動圧軸受装置の使用温度範囲内で再溶融しないものであれば、特段の限定なく任意のものを使用することができる。例えば、溶融樹脂、溶融金属、溶融ガラス等を使用することができるが、コスト面や取り扱い性等を考慮すると溶融樹脂が望ましい。さらに溶融樹脂の中でも硬化速度が速く、硬化させる際に大掛かりな装置等を必要としない嫌気性硬化樹脂が特に望ましい。

[0034] 以上に示した本発明の構成は、例えば、回転部材が、軸方向の両端を開口させた円筒状を呈し、回転部材の一端側および他端側にそれぞれ配置され、軸部材の外周面に固定された第1および第2フランジ部をさらに備え、第1および第2フランジ部の外周面で、潤滑油の油面を保持して回転部材の一端

および他端開口をシールするシール隙間をそれぞれ形成した流体動圧軸受装置に好ましく適用することができる。この場合、第1フランジ部の一端面とこれに対向する回転部材の一端面との間のスラスト軸受隙間に生じる潤滑油の動圧作用で回転部材をスラスト一方向に非接触支持し、第2フランジ部の一端面とこれに対向する回転部材の他端面との間のスラスト軸受隙間に生じる潤滑油の動圧作用で回転部材をスラスト他方向に非接触支持することができる。

[0035] また、以上に示した本発明の構成は、軸部材の一端および他端に突出部が設けられ、両突出部に静止部材がそれぞれ固定される流体動圧軸受装置、換言すると軸部材が両持ち支持される流体動圧軸受装置に好ましく適用することができる。具体例として、軸部材2の一端にモータベース6aが固定され、軸部材の他端にモータカバー6bが固定される構成を挙げることができる（図1参照）。このようにすれば、軸部材の姿勢が安定するので、流体動圧軸受装置の軸受性能向上を図る上で有利となる。

[0036] 以上の構成において、回転部材は、ディスク搭載面を有するディスクハブとすることができる。言い換えると、本発明は、高い回転精度を長期間に亘って安定的に発揮可能であることが望まれる電気機器用モータ、例えばHDD等のディスク駆動装置用スピンドルモータに組み込まれる流体動圧軸受装置に好ましく適用することができる。

発明の効果

[0037] 以上のように、本願第1発明に係る軸固定型の流体動圧軸受装置によれば、焼結金属製の軸受スリーブのうち、ラジアル軸受面の軸方向領域における気孔率を小さくすることで、ラジアル軸受隙間の油膜の圧力低下を抑制してラジアル方向の支持力の低下を防止できると共に、油量を減じてシール空間の容積を縮小し、流体動圧軸受装置の小型化、あるいは、軸受スパンの拡大を図ることができる。

[0038] また、本願第2発明に係る軸固定型の流体動圧軸受装置によれば、ラジアル軸受隙間を潤沢な潤滑油で満たし、ラジアル軸受部の軸受性能を長期間に

亘って安定的に発揮することができる。

図面の簡単な説明

[0039] [図1]本願第1発明に係る流体動圧軸受装置が組み込まれたスピンドルモータの断面図である。

[図2]上記流体動圧軸受装置の断面図である。

[図3]上記流体動圧軸受装置の第1シール部の下面図である。

[図4]上記流体動圧軸受装置の第2シール部の上面図である。

[図5]他の実施形態に係る流体動圧軸受装置の軸部材の正面図である。

[図6]本願第2発明に係る流体動圧軸受装置が組み込まれたスピンドルモータの断面図である。

[図7]図6の流体動圧軸受装置の断面図である。

[図8a]封孔処理が施される前の軸素材の断面図である。

[図8b]完成品としての軸部材の断面図である。

[図9a]第1フランジ部の下側端面を示す図である。

[図9b]第2フランジ部の上側端面を示す図である。

[図10]本願第2発明の第2実施形態に係る流体動圧軸受装置の要部拡大断面図である。

[図11]本願第2発明の第3実施形態に係る流体動圧軸受装置の断面図である。

発明を実施するための形態

[0040] 以下、本願第1発明の実施形態を図面に基づいて説明する。

[0041] 図1は、本願第1発明に係る流体動圧軸受装置1を組み込んだ情報機器用スピンドルモータの断面図を示す。このスピンドルモータは、例えばHDDのディスク駆動装置に用いられるもので、固定側（ベース6a）に設けられたステータコイル4と、回転側（ディスクハブ3）に設けられたロータマグネット5とを備える。流体動圧軸受装置1は、軸部材2を固定側とし、ハウジング7及び軸受スリーブ8を回転側とした、いわゆる軸固定タイプである。本実施形態では、軸部材2の軸方向両端部が固定され、図示例では軸部材

2の下端部がベース6 aに、上端部がカバー6 bにそれぞれ固定される。ハウジング7の外周面にはディスクハブ3が固定される。ディスクハブ3には所定枚数（図示例では2枚）のディスクDが搭載される。ディスクハブ3とハウジング7との固定部は、ラジアル軸受部R 1、R 2の外径側に設けられる。具体的には、ディスクハブ3とハウジング7との固定部の軸方向領域が、ラジアル軸受部R 1、R 2の軸方向領域の少なくとも一部と径方向で重なり、図示例ではラジアル軸受部R 1、R 2の軸方向全域と径方向で重なっている。このように構成されたスピンドルモータにおいて、ステータコイル4に通電するとロータマグネット5が回転し、これに伴ってディスクハブ3、ディスクD、ハウジング7、及び軸受スリーブ8が一体に回転する。

[0042] 流体動圧軸受装置1は、図2に示すように、固定側となる軸部材2と、内周に軸部材2が挿入され、回転側となる軸受スリーブ8と、内周面7 aに軸受スリーブ8が固定され、軸方向両端を開口した筒状のハウジング7と、軸部材2の外周面2 aから外径側に突出して設けられ、軸受スリーブの軸方向両側に配された第1シール部1 0及び第2シール部1 1とを備える。尚、以下では、説明の便宜上、軸方向において、ハウジング7から軸部材2が大きく突出している側を下側、その反対側を上側とする。

[0043] 軸部材2は、例えばステンレス鋼で略円柱状に形成される。例えば2.5インチHDDのディスク駆動装置のスピンドルモータに適用される場合は、軸部材2の直径が2～4 mmの範囲とされる。軸部材2の下端部には、ハウジング7の下側開口部から下方に突出し、他の領域よりも若干小径な圧入部2 bが一体に設けられ、この圧入部2 bがベース6 aの固定穴6 a 1に圧入固定される。軸部材2の上端部には軸方向のねじ穴2 cが形成され、このねじ穴2 cに、カバー6 bに設けられた固定穴6 b 1を介してボルト等（図示省略）を固定することにより、軸部材2の上端部がカバー6 bに固定される。

[0044] 軸部材2の外周面2 aには、ラジアル軸受面が形成され、図示例では軸方向に離隔した2箇所にラジアル軸受面2 a 1、2 a 2が形成される。ラジアル

ル軸受面 2 a 1、2 a 2 には、それぞれラジアル動圧発生部が形成される。本実施形態では、ラジアル動圧発生部としてヘリングボーン形状の動圧溝 G 1、G 2 が形成される。図示例では、動圧溝 G 1、G 2 がそれぞれ軸方向対称な形状を成している。動圧溝 G 1、G 2 の溝深さは、例えば 2.5 ~ 5 μ m の範囲に設定される。動圧溝 G 1、G 2 は、例えば転造加工により形成される。具体的には、成形型を押し付けることにより、軸部材 2 の外周面 2 a の一部を凹ませて動圧溝 G 1、G 2 が形成され、各動圧溝 G 1、G 2 の円周方向間領域が丘部 G 1'、G 2' となる。

[0045] 軸部材 2 の外周面 2 a のうち、ラジアル軸受面 2 a 1、2 a 2 の軸端側には、円筒面 2 a 3、2 a 4 が形成される。円筒面 2 a 3、2 a 4 は、丘部 G 1'、G 2' と同一円筒面上に連続して設けられる。円筒面 2 a 3、2 a 4 は、第 1 シール部 10 及び第 2 シール部 11 が固定される固定面として機能する。軸部材 2 の外周面 2 a のラジアル軸受面 2 a 1、2 a 2 の軸方向間には、ラジアル軸受面 2 a 1、2 a 2（動圧溝 G 1、G 2）よりも若干小径に形成された逃げ部 2 a 5 が形成される。逃げ部 2 a 5 の上下両端部は、傾斜面を介してラジアル軸受面 2 a 1、2 a 2 と連続している。

[0046] 軸受スリーブ 8 は焼結金属で略円筒状に形成され、例えば、銅を主成分とする銅系の焼結金属や、鉄を主成分とする銅鉄系の焼結金属、あるいは、銅及び鉄を主成分とする銅鉄系の焼結金属で形成され、本実施形態では銅鉄系の焼結金属で形成される。軸受スリーブ 8 の内周面 8 a には、軸部材 2 のラジアル軸受面 2 a 1、2 a 2 とラジアル軸受隙間を介して対向するラジアル軸受面が設けられる。図示例では、軸受スリーブ 8 の内周面 8 a が凹凸の無い平滑な円筒面とされ、この円筒面状の内周面 8 a がラジアル軸受面として機能する。軸受スリーブの上側端面 8 b 及び下側端面 8 c には、第 1 シール部 10 及び第 2 シール部 11 のスラスト軸受面とスラスト軸受隙間を介して対向するスラスト軸受面が設けられる。図示例では、軸受スリーブの上側端面 8 b 及び下側端面 8 c が凹凸の無い平坦面とされ、この上側端面 8 b 及び下側端面 8 c がスラスト軸受面として機能する。

- [0047] 軸受スリーブ8のうち、ラジアル軸受面の軸方向領域における気孔率は11%以下に設定される。具体的には、軸受スリーブ8のうち、上側のラジアル軸受面の下端よりも上方の軸方向領域（第1領域H1）、及び、下側のラジアル軸受面の先端よりも下方の軸方向領域（第2領域H2）における気孔率がそれぞれ11%以下に設定される。例えば、軸受スリーブ8が、銅を60%以上含む銅鉄系の焼結金属からなる場合、第1領域H1及び第2領域H2における密度が 7.4 g/cm^3 以上に設定される。また、軸受スリーブが、鉄を60%以上含む銅鉄系の焼結金属からなる場合、第1領域H1及び第2領域H2における密度が 7.1 g/cm^3 以上に設定される。尚、第1領域H1及び第2領域H2における気孔率は、なるべく小さい方が好ましいが、焼結金属を成形する成形金型の強度等を考慮すると9%程度が下限値となる。
- [0048] 軸受スリーブ8のうち、第1領域H1と第2領域H2との軸方向間領域（第3領域H3）における気孔率は、第1領域H1及び第2領域H2における気孔率よりも大きく設定され、例えば11%より大きく設定される。尚、第3領域H3における気孔率は、なるべく大きい方が好ましいが、焼結金属の成形性等を考慮すると15%程度が上限値となる。
- [0049] 軸受スリーブ8の外周面8dとハウジング7の内周面7aとの間には、後述する第1シール空間S1と第2シール空間S2とを連通する連通路12が設けられる。本実施形態では、軸受スリーブ8の外周面8dに軸方向に延びる所定本数の軸方向溝8d1が形成され、例えば3本の軸方向溝8d1が円周方向等間隔位置に形成される。流体動圧軸受装置1を組み立てた状態では、図2に示すように、軸受スリーブ8の軸方向溝8d1とハウジング7の内周面7aとで連通路12が形成され、この連通路12により、ハウジング7の両端開口部に形成された両シール空間S1、S2が連通される。尚、本実施形態では、ラジアル動圧発生部が軸方向対称形状に形成されているが、動圧溝G1、G2を完全に軸方向対称形状に形成することはできず、加工誤差により若干アンバランスに形成される。このため、ラジアル軸受隙間の油が

軸方向一方（上方あるいは下方）に押し込まれ、油が押し込まれる側の一方のシール空間から油が漏れ出す恐れがある。従って、上記のように両シール空間 S 1、S 2 を連通する連通路 1 2 を設けることで、一方のシール空間に油が偏在する事態を回避し、油漏れを防止できる。

[0050] 軸受スリーブ 8 は、フォーミング工程、焼結工程、及びサイジング工程を経て製造される。まず、フォーミング工程において、銅系金属粉末及び鉄系金属粉末を含む混合金属粉末を圧縮成形して略円筒状の圧粉体が形成される。具体的には、フォーミング金型（図示省略）のキャビティに充填された混合金属粉末を、上パンチ及び下パンチで上下両側から加圧することにより、圧粉体を成形する。次に、焼結工程において、圧粉体を所定の焼結温度で焼結することで、金属粉末同士が結合して焼結体が形成される。そして、サイジング工程では、焼結体をさらに圧縮成形することで寸法精度を高める。具体的には、サイジング金型（図示省略）の内部に配置した焼結体を上パンチ及び下パンチで上下両側から加圧することにより、圧粉体を所定寸法に整形する。以上により、軸受スリーブ 8 が完成する。尚、本実施形態では、サイジング工程後に回転サイジング等の封孔処理は施されない。すなわち、軸受スリーブ 8 の表面は、サイジング工程で成形されたままの状態となっている。

[0051] 上記のフォーミング工程では、圧粉体の上下端面は上下パンチで直接加圧されるため、その付近の密度は他の領域よりも高くなる。また、上記のサイジング工程では、焼結体の上下端面は上下パンチで直接加圧されるため、その付近の密度は他の領域よりも高くなる。従って、軸受スリーブ 8 の上下端面付近の密度が他の領域の密度よりも相対的に高くなり、第 1 領域 H 1 及び第 2 領域 H 2 の気孔率が第 3 領域 H 3 の気孔率よりも小さくなる。また、軸受スリーブ 8 の第 1 領域 H 1 及び第 2 領域 H 2 における気孔率を小さくするために、具体的には気孔率を 11% 以下に設定するために、フォーミング工程及びサイジング工程の一方又は双方における圧縮率を通常より高めに設定する必要がある。この場合、フォーミング金型と圧粉体、あるいはサイジン

グ金型と焼結体との食いつきが強くなり離型が困難となる恐れがあるが、上記のように軸受スリーブ 8 の内周面 8 a を凹凸の無い円筒面状とすることで、成形品を金型から容易に取り出すことができる。

[0052] ハウジング 7 は、金属材料や樹脂材料で筒状に形成され、本実施形態では、真ちゅうにより軸方向両端を開口した円筒状に形成される（図 2 参照）。ハウジング 7 の内周面 7 a には、軸受スリーブ 8 の外周面 8 d が、例えば隙間接着により固定される。ハウジング 7 と軸受スリーブ 8 との固定方法はこれに限らず、例えば圧入、接着剤介在下の圧入、あるいは溶着（超音波溶着やレーザ溶着を含む）などの手段も採用可能である。

[0053] 第 1 シール部 1 0 及び第 2 シール部 1 1 は、金属材料あるいは樹脂材料で環状に形成され、例えば金属板のプレス加工により形成される。第 1 シール部 1 0 及び第 2 シール部 1 1 は、軸部材 2 の外周面 2 a の円筒面 2 a 3、2 a 4 に圧入、接着、溶着、溶接、加締めなど任意の手段で固定される。第 1 シール部 1 0 の外周面 1 0 a 及び第 2 シール部 1 1 の外周面 1 1 a は、軸方向中心側に向けて徐々に拡径したテーパ面状をなす。第 1 シール部 1 0 の外周面 1 0 a 及び第 2 シール部 1 1 の外周面 1 1 a と、ハウジング 7 の円筒面状内周面 7 a との間には、軸方向中心側に向けて径方向幅を徐々に小さくした楔形の第 1 シール空間 S 1 及び第 2 シール空間 S 2 が形成される。

[0054] 第 1 シール部 1 0 の下側端面 1 0 b 及び第 2 シール部 1 1 の上側端面 1 1 b は、それぞれスラスト軸受面として機能する。各スラスト軸受面にはスラスト動圧発生部が形成される。本実施形態では、スラスト軸受隙間の油を内径側に流動させるポンプインタイプのスラスト動圧発生部が形成され、図示例ではポンプインタイプのスパイラル形状の動圧溝 G 3、G 4 が形成される（図 3 及び図 4 参照）。動圧溝 G 3、G 4 の円周方向間には、スパイラル形状の丘部 G 3'、G 4' が形成される。図示例では、丘部 G 3'、G 4' の内径端が、環状の平坦部で連結されている。スラスト動圧発生部は、例えばプレス加工により形成され、本実施形態では第 1 シール部 1 0 及び第 2 シール部 1 1 のプレス加工と同時にスラスト動圧発生部が成形される。

[0055] 上記の構成部品からなる流体動圧軸受装置 1 は、以下のようにして組み立てられる。まず、軸受スリーブ 8 の内周に軸部材 2 を挿入すると共に、軸部材 2 の軸方向両端から第 1 シール部 10 及び第 2 シール部 11 を嵌合させる。そして、第 1 シール部 10 の端面 10 b と軸受スリーブ 8 の上側端面 8 b との間のスラスト軸受隙間、及び、第 2 シール部 11 の端面 11 b と軸受スリーブ 8 の下側端面 8 c との間のスラスト軸受隙間を所定量に設定した状態で、第 1 シール部 10 及び第 2 シール部 11 を軸部材 2 に固定する。このとき、軸受スリーブ 8 及びシール部 10、11 の外周がハウジング 7 で覆われていないため、外周からスラスト軸受隙間の大きさを確認することができ、スラスト軸受隙間の設定を簡単かつ正確に行うことができる。そして、軸部材 2、軸受スリーブ 8、第 1 シール部 10、及び第 2 シール部 11 からなるサブアッシを、ハウジング 7 の内周に挿入し、ハウジング 7 の内周面 7 a と軸受スリーブ 8 の外周面 8 d とを固定する。

[0056] そして、固定側の部材（軸部材 2、第 1 シール部 10、及び第 2 シール部 11）と回転側の部材（軸受スリーブ 8 及びハウジング 7）との間の空間に潤滑油を注入することにより、流体動圧軸受装置 1 が完成する。具体的には、第 1 シール空間 S1 と第 2 シール空間 S2 との間の空間に、軸受スリーブ 8 の内部気孔を含めて潤滑油が途切れなく満たされ、油面は常に第 1 シール空間 S1 及び第 2 シール空間 S2 の内部に保持される。

[0057] このとき、軸受スリーブ 8 の一部（本実施形態では、第 1 領域 H1 及び第 2 領域 H2）における気孔率を小さくすることで、軸受スリーブ 8 の内部気孔に含浸される油量を減じることができる。これにより、流体動圧軸受装置 1 に注入された油の体積変化が抑えられるため、第 1 シール空間 S1 及び第 2 シール空間 S2 の容積を縮小することができる。従って、第 1 シール部 10 及び第 2 シール部 11 の大きさ（特に軸方向寸法）を縮小することができるため、流体動圧軸受装置 1 の小型化を図ることができ、あるいは、軸受スリーブ 8 を軸方向に延ばして軸受スパンを拡大し、軸受剛性の向上を図ることができる。

[0058] 以上の構成からなる流体動圧軸受装置 1 において、ディスクハブ 3、ハウジング 7、及び軸受スリーブ 8 が一体に回転すると、軸受スリーブ 8 の内周面 8 a（ラジアル軸受面）と軸部材 2 の外周面 2 a のラジアル軸受面 2 a 1、2 a 2 との間にラジアル軸受隙間が形成される。そして、動圧溝 G 1、G 2 によってラジアル軸受隙間の油膜の圧力が高められ、この動圧作用により軸受スリーブ 8 を含む回転側の部材をラジアル方向に非接触支持するラジアル軸受部 R 1、R 2 が軸方向に離隔した 2 箇所形成される。

[0059] これと同時に、軸受スリーブ 8 の上側端面 8 b（スラスト軸受面）と第 1 シール部 10 の下側端面 10 b（スラスト軸受面）との間、及び、軸受スリーブ 8 の下側端面 8 c（スラスト軸受面）と第 2 シール部 11 の上側端面 11 b（スラスト軸受面）との間に、それぞれスラスト軸受隙間が形成される。そして、動圧溝 G 3、G 4 によって両スラスト軸受隙間の油膜の圧力が高められ、この動圧作用により軸受スリーブ 8 を含む回転側の部材を両スラスト方向に非接触支持するスラスト軸受部 T 1、T 2 が形成される。

[0060] このとき、上記のように軸受スリーブ 8 の第 1 領域 H 1 及び第 2 領域 H 2 の気孔率が小さいことで、この第 1 領域 H 1 及び第 2 領域 H 2 に形成されるラジアル軸受面及びスラスト軸受面における表面開孔率が小さくなっているため、これらの軸受面から軸受スリーブ 8 の内部への油の浸入を抑えることができる。また、軸受スリーブ 8 が回転することで、軸受スリーブ 8 の内部に含浸された油に遠心力が加わるが、第 1 領域 H 1 及び第 2 領域 H 2 の気孔率が小さいことでこれらの領域に含浸された油の外径側への流動を抑制できる。以上により、ラジアル軸受隙間及びスラスト軸受隙間の油が軸受スリーブ 8 の内部に抜けにくくなり、各軸受隙間に生じる油膜の圧力の低下を防止することができる。

[0061] また、スラスト動圧発生部がポンプインタイプであることで、スラスト軸受隙間の油が内径側に押し込まれ、軸部材 2 の外周面 2 a と軸受スリーブ 8 の内周面 8 a との間の空間（ラジアル軸受隙間を含む空間）に軸方向両側から油が流入する。これにより、第 1 ラジアル軸受部 R 1 と第 2 ラジアル軸受

部 R 2 の軸方向間領域（逃げ部 2 a 5 が面する空間）に油が供給され、この領域における負圧の発生を防止できる。従って、ラジアル動圧発生部を軸方向非対称形状とする必要はなく、図 2 に示すように軸方向対称な形状とすることができ、軸受スパンの縮小を回避することができる。

[0062] 本発明は上記の実施形態に限られない。以下、本願第 1 発明の他の実施形態を説明するが、上記実施形態と同一の構成及び機能を有する箇所には同一の符号を付して重複説明を省略する。

[0063] 例えば、上記の実施形態では、ラジアル動圧発生部として、図 2 に示すようなヘリングボーン形状の動圧溝 G 1、G 2 が示されているが、これに限られない。例えば、図 5 に示すように、動圧溝 G 1、G 2 の軸方向中央部に環状の平滑部 G 5 を設けてもよい。この平滑部 G 5 は、丘部 G 1'、G 2' と同一円筒面上で連続している。

[0064] また、ラジアル動圧発生部は、ヘリングボーン形状の動圧溝に限らず、スパイラル形状の動圧溝や、円周方向でステップ形状や波形形状をなした軸方向溝で構成することができる。あるいは、複数の円弧を組み合わせた多円弧面で、ラジアル動圧発生部を構成することもできる。

[0065] また、上記の実施形態では、ラジアル動圧発生部が軸部材 2 のラジアル軸受面 2 a 1、2 a 2 に形成されているが、これに限らず、ラジアル動圧発生部を軸受スリーブ 8 の内周面 8 a に設けられたラジアル軸受面に形成してもよい。この場合、ラジアル動圧発生部は、例えばプレス加工により形成することができる。特に、軸受スリーブ 8 のサイジング工程と同時にプレス成形することができる。あるいは、軸受スリーブ 8 の内周面 8 a のラジアル軸受面、及び、軸部材 2 の外周面 2 a のラジアル軸受面 2 a 1、2 a 2 の双方を円筒面状とした、いわゆる真円軸受を構成してもよい。この場合、動圧作用を積極的に発生させる動圧発生部は形成されないが、軸受スリーブ 8 の僅かな振れ回りにより動圧作用が発生する。

[0066] また、上記の実施形態では、スラスト動圧発生部が第 1 シール部 1 0 の端面 1 0 b 及び第 2 シール部 1 1 の端面 1 1 b に形成されているが、これに限

らず、スラスト動圧発生部を軸受スリーブ 8 の上下端面 8 b、8 c に設けられたスラスト軸受面に形成してもよい。この場合、スラスト動圧発生部は、例えばプレス加工により形成することができ、特に、軸受スリーブ 8 のサイジング工程と同時にプレス成形することができる。

[0067] また、上記の実施形態では、スラスト動圧発生部として、図 3 及び図 4 に示すようなポンプインタイプのスパイラル形状の動圧溝 G 3、G 4 が示されているが、これに限られない。例えば、図示は省略するが、ヘリングボーン形状の動圧溝や、円周方向でステップ形状や波形形状をなした半径方向溝でスラスト動圧発生部を構成することもできる。

[0068] また、上記の実施形態では、第 1 シール部 1 0 及び第 2 シール部 1 1 を何れも軸部材 2 と別体に形成した場合を示したが、これに限らず、例えば一方のシール部を軸部材 2 と一体形成してもよい。

[0069] また、上記の実施形態では、軸受スリーブ 8 に封孔処理を施さない場合を示したが、これに限らず、サイジング工程の後に回転サイジング等の封孔処理を施してもよい。この場合でも、軸受スリーブ 8 の気孔率を小さくしていることで表面開孔率が小さくなっているため、封孔処理の負担を軽減して加工コストの低減を図ることができる。

[0070] また、上記の実施形態では、本発明に係る流体動圧軸受装置を HDD のディスク駆動装置のスピンドルモータに組み込んだ例を示しているが、これに限らず、他のディスク駆動装置のスピンドルモータや、レーザビームプリンタ (LBP) のポリゴンスキャナモータ、あるいはプロジェクタのカラーホイールモータ等に適用することもできる。

[0071] 次に、本願第 2 発明の実施の形態を図面に基づいて説明する。

[0072] 図 6 は、本願第 2 発明に係る軸固定型の流体動圧軸受装置 1 0 1 を備えたスピンドルモータの一構成例を概念的に示すものである。このスピンドルモータは、HDD 等のディスク駆動装置に用いられるもので、流体動圧軸受装置 1 0 1 と、モータの静止側を構成するモータベース 1 0 6 a 及びモータカバー 1 0 6 b と、モータベース 1 0 6 a の外周面に取り付けられたステータ

コイル１０４と、回転部材１０３の内周面に取り付けられ、ステータコイル１０４と半径方向のギャップを介して対向するロータマグネット１０５とを備える。流体動圧軸受装置１０１の軸部材１０２の一端はモータベース１０６ａに固定され、軸部材１０２の他端はモータカバー１０６ｂに固定されている。回転部材１０３には、磁気ディスク等のディスクＤが複数枚（図示例は３枚）載置・保持されている。このように構成されたスピンドルモータにおいて、ステータコイル１０４に通電すると、ステータコイル１０４とロータマグネット１０５との間の電磁力でロータマグネット１０５が回転し、それによって、回転部材１０３およびこれに保持されたディスクＤが一体に回転する。

[0073] 図７に、本願第２発明の第１実施形態に係る流体動圧軸受装置１０１を示す。この流体動圧軸受装置１０１は、図６に示す流体動圧軸受装置１０１を拡大して示すもので、静止側の軸部材１０２と、軸部材１０２の外径側に配置され、ディスクハブとして機能する略円筒状の回転部材１０３と、回転部材１０３の一端および他端内周にそれぞれ配置され、軸部材１０２の外周面１０２ａに固定された第１および第２フランジ部１０９、１１０とを主要な構成部材として備え、内部空間には潤滑流体としての潤滑油（散点ハッチングで示す）が充填されている。なお、以下では、便宜上、第１フランジ部１０９が配置された側を上側、その軸方向反対側（第２フランジ部１１０が配置された側）を下側として説明を進めるが、流体動圧軸受装置１０１の使用態様を限定するものではない。

[0074] 回転部材１０３は、軸方向の両端が開口し、小径内周面１０８ａおよび大径内周面１０８ｂ、１０８ｂを有する段付円筒状に形成されたスリーブ部１０８と、ディスクＤ（図１参照）が搭載されるディスク搭載面を有し、内周にスリーブ部１０８を保持した略円筒状のハブ部１０７とで構成される。これらハブ部１０７及びスリーブ部１０８は、非多孔質の金属材料（溶製材）あるいは樹脂材料で形成される。ハブ部１０７とスリーブ部１０８とは相互に異なる材料で形成する（例えば、一方を金属材料で形成し、他方を樹脂材

料で形成する) ことも可能であるが、軸受運転時における両者の熱膨張量に差が生じると両者の固定精度、ひいては軸受性能に悪影響が及び易くなることから、線膨張係数が近似する材料で形成するのが望ましい。

[0075] スリーブ部 108 の小径内周面 108 a は、動圧発生部等が形成されていない平滑な円筒面に形成され、その軸方向略中間部には、軸部材 102 の外周面 102 a との間に、ラジアル軸受部 R 1, R 2 のラジアル軸受隙間よりも隙間幅が大きい半径方向隙間を形成する円筒面状の中逃げ部 111 が設けられている。このような中逃げ部 111 を設けておくことにより、モーメント剛性（モーメント荷重に対する負荷能力）を高めつつ、回転トルクの上昇を抑制することができる。また、スリーブ部 108 の周方向一又は複数箇所には、スリーブ部 108 の上側端面（上側の大径内周面 108 b と小径内周面 108 a を繋ぐ段差面） 108 c と下側端面（下側の大径内周面 108 b と小径内周面 108 a を繋ぐ段差面） 108 d とに開口し、第 1 スラスト軸受部 T 1 のスラスト軸受隙間の外径側領域と第 2 スラスト軸受部 T 2 のスラスト軸受隙間の外径側領域とを連通させる軸方向の連通孔 112 が設けられている。

[0076] 軸部材 102 は、多孔質体、ここでは、例えば銅、鉄、あるいは銅及び鉄の金属粉を主成分とする焼結金属の多孔質体で径一定のストレート軸に形成される。軸部材 102 の下端部および上端部は、その外表面が大気に接触するように軸受外部に突設されている。すなわち、本実施形態では、軸部材 102 がその下端および上端に本発明でいう突出部 E 1, E 2 をそれぞれ有しており、下側の突出部 E 1 には静止部材としてのモータベース 106 a が、また上側の突出部 E 2 には静止部材としてのモータカバー 106 b（図 1 参照）がそれぞれ固定される。なお、モータベース 106 a は、圧入、接着、圧入接着（圧入と接着の併用）等の適宜の手段で軸部材 102 の下側突出部 E 1 に固定される。一方、モータカバー 106 b は、軸部材 102 の上端面に開口した孔部 102 b に対し、モータカバー 106 b の貫通孔を介して締結部材 106 c を締結することにより、軸部材 102 の上側突出部 E 2 に固

定される（図6参照）。

[0077] 軸部材102の外周面102aの軸方向に離間した二箇所には、対向する回転部材103の内周面（スリーブ部108の小径内周面108a）との間にラジアル軸受部R1，R2のラジアル軸受隙間を形成する円筒状のラジアル軸受面A1，A2が設けられている。二つのラジアル軸受面A1，A2には、ラジアル動圧発生部が夫々形成されている。上側のラジアル軸受面A1のラジアル動圧発生部は、互いに反対方向に傾斜した複数の動圧溝Aa1，Ab1をヘリングボーン形状に配列して構成され、下側のラジアル軸受面A2のラジアル動圧発生部は、互いに反対方向に傾斜した複数の動圧溝Aa2，Ab2をヘリングボーン形状に配列して構成される。本実施形態において、上側のラジアル動圧発生部のうち、上側の動圧溝Aa1の軸方向寸法は、下側の動圧溝Ab1の軸方向寸法よりも大きくなっている。一方、下側のラジアル動圧発生部を構成する動圧溝Aa2，Ab2の軸方向寸法は相互に等しく、かつ上側のラジアル動圧発生部を構成する動圧溝Ab1と等しい。

[0078] 焼結金属の多孔質体からなる軸部材102は、軸方向の各部で密度が異なる。詳しくは、軸部材102のうち、モータベース106aおよびモータカバー106bがそれぞれ固定される下側の突出部E1および上側の突出部E2は相対的に高密度に形成され、両突出部E1，E2間に介在して大気に露出しない部位は相対的に低密度に形成されている。すなわち、図8（b）に示すように、下側の高密度部D1および上側の高密度部D1に突出部E1，E2がそれぞれ設けられ、低密度部D2の外表面（外周面）に、ラジアル動圧発生部を有するラジアル軸受面A1，A2が設けられる。なお、図8（b）からも明らかなように、本実施形態では、軸部材102のうち、突出部E1，E2よりも軸受内部側に至るようにして（フランジ部109，110の固定領域に至るようにして）、高密度部D1，D1が設けられている。そして、軸部材102両端の高密度部D1，D1（突出部E1，E2）の内部気孔は、この内部気孔に含浸させた封孔材121を硬化させることにより封止されている（以上、図8（b）を参照）。

[0079] 第1フランジ部109および第2フランジ部110は、金属材料又は樹脂材料でリング状に形成され、軸部材102の外周面102aの軸方向所定部位に接着、圧入、圧入接着等の適宜の手段で固定されている。詳述すると、第1フランジ部109は、スリーブ部108の上端開口部に配置され、互いに対向する第1フランジ部109の外周面109bとスリーブ部108の上側の内周面108bとの間に所定容積のシール隙間Sを形成する。また、第2フランジ部110はスリーブ部108の下端開口部に配置され、互いに対向する第2フランジ部110の外周面110bとスリーブ部108の下側の内周面108bとの間に所定容積のシール隙間Sを形成する。両シール隙間S、Sは、内部空間に充填された潤滑油の温度変化に伴う容積変化量を吸収するバッファ機能を有し、想定される温度変化の範囲内において、潤滑油の油面はシール隙間S、Sの軸方向範囲内に保持される。

[0080] 第1フランジ部109の外周面109bおよび第2フランジ部110の外周面110bは、軸受外部側に向かって徐々に縮径したテーパ面に形成される一方、スリーブ部108の両大径内周面108b、108bは径一定の円筒面に形成される。かかる構成から、両シール隙間S、Sは、軸受内部側に向けて隙間幅を漸次縮小させた楔形状を呈する。シール隙間S、Sが楔形状を呈することで、シール隙間S、S内に保持された潤滑油は毛細管力による引き込み作用によって軸受内部側に引き込まれる。そのため、シール隙間S、Sからの潤滑油漏れが効果的に防止される。

[0081] 図4(a)に示すように、第1フランジ部109の下側端面109aには、対向するスリーブ部108の上側端面108cとの間に第1スラスト軸受部T1のスラスト軸受隙間を形成する環状のスラスト軸受面Bが設けられる。このスラスト軸受面Bにはスラスト動圧発生部が形成されており、スラスト動圧発生部は、複数の動圧溝Baをスパイラル形状に配列して構成される。また、図9(b)に示すように、第2フランジ部110の上側端面110aには、対向するスリーブ部108の下側端面108dとの間に第2スラスト軸受部T2のスラスト軸受隙間を形成する環状のスラスト軸受面Cが設け

られる。このスラスト軸受面Cにはスラスト動圧発生部が形成されており、スラスト動圧発生部は、複数の動圧溝Caをスパイラル形状に配列して構成される。

[0082] 本実施形態において、2つのスラスト動圧発生部は、何れも、回転部材103の回転時にスラスト軸受隙間の潤滑油を内径側に押し込むポンプイン機能を奏するように動圧溝Ba, Caを配列したものであるが、2つのスラスト動圧発生部の何れか一方又は双方は、潤滑油を外径側に押し込むポンプアウト機能を奏するように動圧溝を配列したものとしても良い。また、2つのスラスト動圧発生部の何れか一方又は双方は、動圧溝Ba, Caをヘリングボーン形状等、公知のその他の形状に配列したものとしても良い。

[0083] 以上の構成を有する流体動圧軸受装置101は、例えば以下のようにして製造することができる。なお、以下では、軸部材102の製造工程を中心に説明する。

[0084] (A) 軸素材製作工程

この工程では、金属粉末を主成分とし、これにバインダーや各種充填材を適量配合した原料粉を図示しない円筒状のダイおよび一對の上下パンチで画成される所定形状のキャビティに充填し、充填した原料粉を軸方向両側から上下パンチで圧縮することにより、軸部材102に近似した形状の圧粉体を成形（ここでは、軸部材102の上端面に開口した孔部102bも同時成形している）した後、この圧粉体を焼結することにより焼結体からなる軸素材102'を得る〔以上、図8（a）を参照〕。ここで、軸素材102'は軸方向寸法が比較的長寸であることから、原料粉を上下パンチで軸方向両側から圧縮して圧粉体を成形すると、圧粉体のうち、上下パンチに近接した部位である上端部および下端部は相対的に高密度に形成される一方、上下パンチから軸方向に離間した軸方向中間部は相対的に低密度に形成される。従って、この圧粉体を焼結して得られる軸素材102'は、上端部および下端部に高密度部D1をそれぞれ有し、軸方向中間部に低密度部D2を有する。

[0085] なお、上記のような手法で軸素材102'を形成した際に、軸素材102

’の軸方向で十分な密度差を設けることができない場合（高密度部D 1と低密度部D 2との間に十分な密度差を設けることができない場合）には、例えば、使用する金属粉末の粒径（平均粒径）を軸方向で異ならせることにより、軸素材1 0 2’の軸方向で十分な密度差を設けることができる。具体的には、軸素材1 0 2’のうち相対的に高密度に形成すべき上端部および下端部は、相対的に粒径の小さい金属粉末を使用して成形し、軸素材1 0 2’のうち相対的に低密度に形成すべき軸方向中間部は、相対的に粒径の大きい金属粉末を使用して成形する。

[0086] (B) 封孔処理工程

この工程では、焼結金属製の軸素材1 0 2’（軸部材1 0 2）の所定部位に封孔処理を施す。ここでは、軸素材1 0 2’の両端部に設けられた高密度部D 1、D 1の内部気孔に封孔材1 2 1を含浸させた後、これを硬化させることにより、軸素材1 0 2’の高密度部D 1の内部気孔を封止する〔図8（b）を参照〕。具体的には、例えば軸素材1 0 2’のうち、少なくとも上端部および下端部（高密度部D 1）を封孔材1 2 1が満たされた封孔材浴中に浸漬させ、軸素材1 0 2’の高密度部D 1の内部気孔を封孔材1 2 1で満たした後、これを硬化させる。軸素材1 0 2’は、高密度部D 1と軸方向に隣接して低密度部D 2を有する（低密度部D 2の軸方向両側に高密度部D 1、D 1が設けられる）ことから、低密度部D 2の内部気孔に浸入した封孔材1 2 1は毛細管力によって高密度部D 1の側に引き込まれる。従って、軸素材1 0 2’の両端部（高密度部D 1）の内部気孔を適切に封止することができる。なお、封孔材1 2 1としては、封孔処理の過程で軸素材1 0 2’の母材を溶融等させることなく、かつ流体動圧軸受装置1 0 1の使用温度範囲内で再溶融しないものであれば、特段の限定なく任意のものを使用することができる。例えば、溶融樹脂、溶融金属、溶融ガラス等を封孔材1 2 1として使用することができるが、コスト面や取り扱い性等を考慮すると溶融樹脂が望ましく、その中でも硬化速度が速く、硬化させる際に大掛かりな装置等を必要としない嫌気性硬化樹脂を封孔材1 2 1として用いるのが特に望ましい。

[0087] そして、本実施形態では、高密度部D 1の内部気孔が封孔材1 2 1によって封止された軸素材1 0 2'（軸部材1 0 2）のうち、低密度部D 2の外周面1 0 2 aのラジアル軸受面A 1、A 2となる円筒状領域に転造等の塑性加工を施すことにより、ラジアル動圧発生部（動圧溝A a 1、A b 1、A a 2、A b 2）を形成する。低密度部D 2は高密度部D 1に比べて軟質で加工性に優れることから、ラジアル動圧発生部を容易にかつ高精度に形成することができる。なお、ラジアル動圧発生部（動圧溝A a 1、A b 1、A a 2、A b 2）は、切削等の機械加工で形成しても良い。また、ラジアル動圧発生部は、軸素材1 0 2'に封孔処理を施すのに先立って形成しても良い。この場合には、圧粉体を圧縮成形するのと同時にラジアル動圧発生部を型成形することもできる。

[0088] 以上の工程を経て、上端部（突出部E 2）および下端部（突出部E 1）が高密度に形成されると共に、これら突出部E 1、E 2がそれぞれ設けられた高密度部D 1、D 1の内部気孔が封孔材1 2 1によって封止され、かつ、両高密度部D 1、D 1間の低密度部D 2の外周面にラジアル動圧発生部が形成された焼結金属製の軸部材1 0 2が得られる。このようにして得られた軸部材1 0 2を別途製作した回転部材1 0 3の内周に挿入し、軸部材1 0 2の外周面1 0 2 aの軸方向所定部位に第1および第2フランジ部1 0 9、1 1 0をそれぞれ固定することにより（第1フランジ部1 0 9と第2フランジ部1 1 0の何れか一方は、軸部材1 0 2を回転部材1 0 3の内周に挿入する前に固定しておいても良い）、流体動圧軸受装置1 0 1の各構成部材の組付けが完了する。そして、軸部材1 0 2に対する両フランジ部1 0 9、1 1 0の固定が完了した後、流体動圧軸受装置1 0 1の内部空間に、軸部材1 0 2の内部気孔も含めて潤滑油を充填することにより、図7に示す流体動圧軸受装置1 0 1が完成する。

[0089] なお、本実施形態においては、図8（b）中に破線で示すように、第1フランジ部1 0 9の内周面上側領域と、上側の高密度部D 1（内部気孔が封孔材1 2 1で封止された部位）の下側領域とがオーバーラップするようにし

て第1フランジ部109が軸部材102の外周面102aに固定され、また第2フランジ部110の内周面の下側領域と、下側の高密度部D1（内部気孔が封孔材121で封止された部位）の上側領域とがオーバーラップするようにして第2フランジ部110が軸部材102の外周面102aに固定される。

[0090] 封孔材121による軸部材102（軸素材102'）の高密度部D1の内部気孔の封止と、軸部材102に対する両フランジ部109、110の接着固定とは同時に行うこともできる。具体的には、封孔処理が施されていない軸部材102の外周面102aの軸方向所定部位に両フランジ部109、110を嵌合した後、軸部材102の高密度部D1の内部気孔に封孔材121（例えば、嫌気性硬化樹脂）を含浸させるのと同時に、軸部材102と両フランジ部109、110との間に接着剤（封孔材121）を充填し、これらを硬化させる。このようにすれば、上記構成の軸部材102の製作、および軸部材102に対する両フランジ部109、110の組付けを簡略化することができるので、流体動圧軸受装置101の製造コストの低廉化を図ることができる。

[0091] 以上の構成からなる流体動圧軸受装置101において、回転部材103が回転すると、軸部材102の外周面102aの上下2箇所に離間して設けられたラジアル軸受面A1、A2と、これに対向する回転部材103の内周面（スリーブ部108の小径内周面108a）との間にラジアル軸受隙間がそれぞれ形成される。そして回転部材103の回転に伴い、両ラジアル軸受隙間の油膜圧力がラジアル動圧発生部の動圧作用によって高められ、回転部材103をラジアル方向に非接触支持するラジアル軸受部R1、R2が軸方向に離間した二箇所に形成される。

[0092] これと同時に、第1フランジ部109の下側端面109aに設けられたスラスト軸受面Bとこれに対向するスリーブ部108の上側端面108cとの間、および、第2フランジ部110の上側端面110aに設けられたスラスト軸受面Cとこれに対向するスリーブ部108の下側端面108dとの間に

スラスト軸受隙間が夫々形成される。そして、回転部材 103 の回転に伴い、両スラスト軸受隙間の油膜圧力がスラスト動圧発生部の動圧作用によってそれぞれ高められ、回転部材 103 をスラスト一方向に非接触支持する第 1 スラスト軸受部 T1 と、回転部材 103 をスラスト他方向に非接触支持する第 2 スラスト軸受部 T2 とが形成される。

[0093] スリーブ部 108 には、上記したように、両スラスト軸受部 T1, T2 のスラスト軸受隙間の外径端部（両シール隙間 S, S）を連通させるための連通孔 112 が設けられている。これにより、流体動圧軸受装置 101 の内部空間には、ラジアル軸受部 R1, R2 のラジアル軸受隙間、第 2 スラスト軸受部 T2 のスラスト軸受隙間、連通孔 112、および第 1 スラスト軸受部 T1 のスラスト軸受隙間からなる一連の循環経路が構築される。このような循環経路が流体動圧軸受装置 101 の内部空間に設けられていることにより、流体動圧軸受装置 101 の運転中には、内部空間に満たされた潤滑油が上記の循環経路を順次流動循環する。これにより、潤滑油の圧力バランスが保たれると同時に、局所的な負圧の発生に伴う気泡の生成、気泡の生成に起因する潤滑油漏れや振動の発生等の問題を解消することができる。上記の循環経路には大気に開放されたシール隙間 S, S がつながっているので、何らかの理由で潤滑油中に気泡が混入した場合でも、気泡は、潤滑油と共に流動循環する際にシール隙間 S, S 内の気液界面（油面）から外部に排出される。従って、気泡による悪影響はより一層効果的に防止される。

[0094] 以上で示したように、本発明に係る流体動圧軸受装置 101 では、静止側とされる軸部材 102 を多孔質体で形成したことにより、回転部材 103 の回転中は、ラジアル軸受隙間に生じる潤滑油の動圧作用により、ラジアル軸受隙間に満たされた潤滑油がラジアル軸受隙間の一部領域に集められて正圧を生じ、この正圧部分で潤滑油が多孔質の軸部材 102 内に還流する。これと並行して軸部材 102 の外周面 102a からラジアル軸受隙間に次々と潤滑油が滲み出すが、この滲み出しは、軸部材 102 が流体動圧軸受装置 101 の静止側を構成する関係上、従来のように遠心力の影響を受けることなく

スムーズに行われる。一方、回転部材 103（スリーブ部 108 およびハブ部 107）を非多孔質体で形成したことにより、回転部材 103 内部への潤滑油の浸入は効果的に防止される。従って、ラジアル軸受隙間を潤沢な潤滑油で満たし、ラジアル軸受部 R1, R2 の軸受性能を長期間に亘って安定的に発揮することが可能となる。

[0095] また、本発明では、少なくとも突出部 E1, E2 の内部気孔に含浸させた封孔材 121 を硬化させることにより、突出 E1, E2 の内部気孔を封止しているから、突出部 E1, E2 の表面開口を介しての潤滑油漏れを可及的に防止することができる。そのため、ラジアル軸受隙間やスラスト軸受隙間に介在させるべき潤滑油量が減少することに起因した軸受性能の低下、さらには外部漏洩した潤滑油によりスピンドルモータ（HDD）の構成部材が汚染され、その結果 HDD が使用不能になるなどの致命的な不具合発生を回避することができる。なお、突出部 E1, E2 からの潤滑油漏れを防止するための手段としては、バレル処理や回転サイジング等の目潰し処理を選択することも考えられるが、これらの処理を実行するには大掛かりな設備や金型が必要でコスト増を招来する。これに対して、封孔材 121 を含浸・硬化させることによって突出部 E1, E2 の内部気孔を封止するようにすれば、大掛かりな設備を必要とすることなく、封孔処理を簡便に実行することができる。

[0096] 特に、軸部材 102（軸素材 102'）に、高密度部 D1 と、高密度部 D1 よりも低密度に形成された低密度部 D2 とを軸方向に隣接して設け（低密度部 D2 の軸方向両側に高密度部 D1, D1 を設け）、高密度部 D1 に突出部 E1, E2 を設けたことから、軸部材 102 に浸入させた封孔材 121 を毛細管力によって突出部 E1, E2 に引き込むことができる。そのため、多孔質体からなる軸部材 102 のうち、封孔処理を施すべき部位に対し、封孔処理を適切にかつ簡便に実行することができる。

[0097] また、突出部 E1, E2（高密度部 D1, D1）の内部気孔を封孔材 121 で封止したことにより、少なくとも突出部 E1, E2 は中実材に近似した形態となるので、その強度（剛性）が高められる。これにより、軸部材 10

2の取り扱い性が向上する他、軸部材102の突出部E1、E2に静止部材としてのモータベース106aおよびモータカバー106bをそれぞれ固定する際に、軸部材102の一部が欠損等する可能性が効果的に減じられる。

[0098] 以上、本願第2発明の一実施形態に係る流体動圧軸受装置101について説明を行ったが、流体動圧軸受装置101の各部には、本発明の要旨を逸脱しない範囲で種々の変更を施すことができる。以下、本発明の他の実施形態に係る流体動圧軸受装置101を図面に基づいて説明するが、以下に示す実施形態では、以上で説明したものと異なる部分についてのみ詳細に説明を行い、以上で説明したものに準じる構成には共通の参照番号を付して重複説明を省略する。

[0099] 図10は、本願第2発明の第2実施形態に係る流体動圧軸受装置101の要部を拡大して示す断面図である。この実施形態の流体動圧軸受装置101が以上で説明したものと異なる主な点は、断面L字状のカバー材114をスリーブ部108の上端外周角部108eに固定し、このカバー材114で第1フランジ部109（上側のシール隙間S）の軸方向外側を覆った点にある。なお、図示は省略しているが、断面L字状のカバー材114をスリーブ部108の下端外周角部に固定し、このカバー材114で第2フランジ部110（下側のシール隙間S）の軸方向外側も同様に覆う。このようにすれば、潤滑油の外部漏洩を一層効果的に防止することができるという利点がある。

[0100] 図11は、本願第2発明の第3実施形態に係る流体動圧軸受装置101の断面図である。この実施形態の流体動圧軸受装置101が図7に示すものと異なる主な点は、回転部材103を非多孔質の樹脂材料又は金属材料で形成した単一部材で構成した点にある。すなわち、軸部材102の外周面102a（ラジアル軸受面A1、A2）とこれに対向する回転部材103の小径内周面103aとの間にラジアル軸受部R1、R2のラジアル軸受隙間が形成され、第1フランジ部109の下側端面109a（スラスト軸受面B）とこれに対向する回転部材103の上側端面（段差面）103cとの間、および第2フランジ部110の上側端面110a（スラスト軸受面C）とこれに対

向する回転部材 103 の下側端面（段差面） 103 d との間に第 1 および第 2 スラスト軸受部 T 1, T 2 のスラスト軸受隙間がそれぞれ形成される。また、第 1 フランジ部 109 の外周面 109 b とこれに対向する回転部材 103 の大径内周面 103 b との間、および第 2 フランジ部 110 の外周面 110 b とこれに対向する回転部材 103 の大径内周面 103 b との間に、潤滑油の油面を保持したシール隙間 S, S がそれぞれ形成される。このような構成によれば、図 7 に示すものと比べて部品点数が減じられる分、流体動圧軸受装置 101 の低コスト化を図ることができる。

[0101] 以上で説明した実施形態では、焼結金属製の軸部材 102 を用いたが、必要とされる機械的強度等を満足し得るその他の多孔質体、例えば多孔質セラミックスで形成した軸部材 102 を用いることもできる。

[0102] また、以上で説明した実施形態では、流体動圧軸受装置 101 の静止側である軸部材 102 の外周面 102 a にラジアル動圧発生部を形成したが、ラジアル動圧発生部を回転部材 103 の内周面に形成しても良い。同様に、静止側である両フランジ部 109, 110 にスラスト動圧発生部を形成したが、スラスト動圧発生部を回転側に形成しても良い。また、動圧軸受からなるラジアル軸受部 R 1, R 2 は、いわゆる多円弧軸受、ステップ軸受、および波型軸受等、公知のその他の動圧軸受で構成することもできる。また、動圧軸受からなるスラスト軸受部 T 1, T 2 の何れか一方又は双方は、いわゆるステップ軸受や波型軸受等、公知のその他の動圧軸受で構成することもできる。

[0103] また、以上では、軸方向の両端が開口した回転部材 103 を用いる流体動圧軸受装置 101 に本発明を適用した場合について説明を行ったが、軸方向の一端のみが開口した回転部材 103、すなわち有底筒状（コップ状）の回転部材 103 を用いる流体動圧軸受装置 101 にも本発明は好ましく適用することができる（図示省略）。この場合には、軸部材 102 の下端部のみが軸受外部に突出し、この突出部にモータベース 106 a が固定されることとなるので、下側の突出部の内部気孔に封孔材 121 を含浸させ、これを硬化

させれば、多孔質体からなる軸部材 102 の表面開孔を介しての潤滑油漏れを防止することができる。

[0104] また、以上では、回転部材 103 を、ディスク D を保持する（ディスク搭載面を有する）ディスクハブで構成した流体動圧軸受装置 101 に本発明を適用した場合について説明を行ったが、本発明は、回転部材 103 として、ファンを有するロータ、あるいはポリゴンミラーが用いられる流体動圧軸受装置 101 にも好ましく適用することができる。すなわち、本発明は、ディスク装置用のスピンドルモータのみならず、PC 用のファンモータや、レーザビームプリンタ（LBP）用のポリゴンスキャナモータ等、その他の電気機器に組み込まれる軸固定型の流体動圧軸受装置 101 にも好ましく適用することができる。

[0105] 尚、本願の第 1 発明及び第 2 発明は、それぞれの発明の趣旨を没却しない限り任意の構成を採用することができ、例えば、第 1 発明の上記実施形態と第 2 発明の上記実施形態の構成を組み合わせてもよい。

符号の説明

- [0106] 1 流体動圧軸受装置
2 軸部材
7 ハウジング
8 軸受スリーブ
10 第 1 シール部
11 第 2 シール部
12 連通路
D ディスク
G1、G2 動圧溝（ラジアル動圧発生部）
G3、G4 動圧溝（スラスト動圧発生部）
H1 第 1 領域（ラジアル軸受面の軸方向領域）
H2 第 2 領域（ラジアル軸受面の軸方向領域）
H3 第 3 領域（ラジアル軸受面以外の軸方向領域）

- R 1 第 1 ラジアル軸受部
- R 2 第 2 ラジアル軸受部
- T 1 第 1 スラスト軸受部
- T 2 第 2 スラスト軸受部
- S 1 第 1 シール空間
- S 2 第 2 シール空間

請求の範囲

[請求項1] 固定側となる軸部材と、内周に前記軸部材が挿入され、回転側となる焼結金属製の軸受スリーブと、内周面に前記軸受スリーブの外周面が固定され、軸方向両端を開口した筒状のハウジングと、前記軸部材の外周面から外径に突出して設けられ、前記軸受スリーブの軸方向両側に配された第1シール部及び第2シール部と、前記軸部材の外周面に設けられたラジアル軸受面と前記軸受スリーブの内周面に設けられたラジアル軸受面との間のラジアル軸受隙間に生じる油膜の動圧作用で前記軸受スリーブをラジアル方向に支持するラジアル軸受部と、前記軸受スリーブの一方の端面に設けられたスラスト軸受面と前記第1シール部の端面に設けられたスラスト軸受面との間のスラスト軸受隙間に生じる油膜の動圧作用で前記軸受スリーブをスラスト方向一方に支持する第1スラスト軸受部と、前記軸受スリーブの他方の端面に設けられたスラスト軸受面と前記第2シール部の端面に設けられたスラスト軸受面との間のスラスト軸受隙間に生じる油膜の動圧作用で前記軸受スリーブをスラスト方向他方に支持する第2スラスト軸受部と、前記第1シール部の外周面と前記ハウジングの内周面との間に形成された第1シール空間と、前記第2シール部の外周面と前記ハウジングの内周面との間に形成された第2シール空間とを備え、前記第1シール空間と前記第2シール空間との間の空間に潤滑油が満たされ、前記第1シール空間及び前記第2シール空間に油面が保持された軸固定型の流体動圧軸受装置であって、

前記軸受スリーブのうち、前記ラジアル軸受面の軸方向領域における気孔率を、前記ラジアル軸受面以外の軸方向領域における気孔率よりも小さくしたことを特徴とする流体動圧軸受装置。

[請求項2] 前記軸受スリーブのうち、前記ラジアル軸受面の軸方向領域における気孔率が11%以下である請求項1記載の流体動圧軸受装置。

[請求項3] 前記軸受スリーブが、銅を60%以上含む焼結金属からなり、前記

ラジアル軸受面の軸方向領域における密度が 7.4 g/cm^3 以上である請求項 2 記載の流体動圧軸受装置。

[請求項 4] 前記軸受スリーブが、鉄を 60% 以上含む焼結金属からなり、前記ラジアル軸受面の軸方向領域における密度が 7.1 g/cm^3 以上である請求項 2 記載の流体動圧軸受装置。

[請求項 5] 前記第 1 及び第 2 スラスト軸受部のスラスト軸受隙間を介して対向するスラスト軸受面の一方に、前記スラスト軸受隙間の油膜に動圧作用を発生させるスラスト動圧発生部を形成した請求項 1 ～ 4 の何れかに記載の流体動圧軸受装置。

[請求項 6] 前記ラジアル軸受隙間を介して対向する前記ラジアル軸受面の一方に、前記ラジアル軸受隙間の油膜に動圧作用を発生させるラジアル動圧発生部を形成した請求項 5 記載の流体動圧軸受装置。

[請求項 7] 前記スラスト動圧発生部が、前記スラスト軸受隙間の潤滑油を内径側に流動させるポンプインタイプである請求項 6 記載の流体動圧軸受装置。

[請求項 8] 前記ラジアル動圧発生部が、軸方向対称なヘリングボーン形状の動圧溝である請求項 7 記載の流体動圧軸受装置。

[請求項 9] 前記軸受スリーブの両端面に、前記スラスト動圧発生部がプレス加工により形成された請求項 5 記載の流体動圧軸受装置。

[請求項 10] 前記第 1 シール部及び第 2 シール部の端面に、前記スラスト動圧発生部がプレス加工により形成された請求項 5 記載の流体動圧軸受装置。

[請求項 11] 前記軸受スリーブの内周面に、前記ラジアル動圧発生部がプレス加工により形成された請求項 6 記載の流体動圧軸受装置。

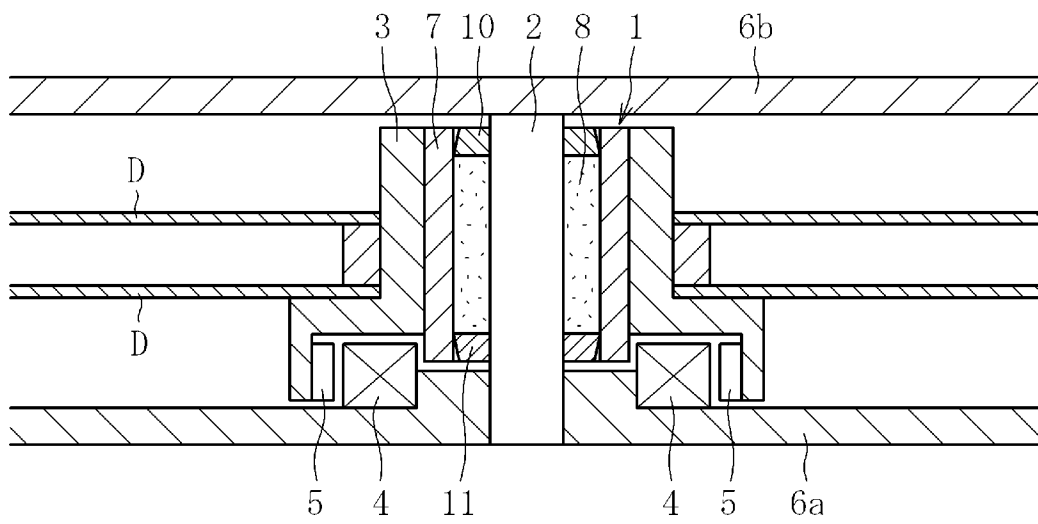
[請求項 12] 前記軸部材の外周面に、前記ラジアル動圧発生部が転造加工により形成された請求項 6 記載の流体動圧軸受装置。

[請求項 13] 静止部材に固定される軸部材と、軸部材の外周に配置された回転部材と、軸部材の外周面と回転部材の内周面との間のラジアル軸受隙間

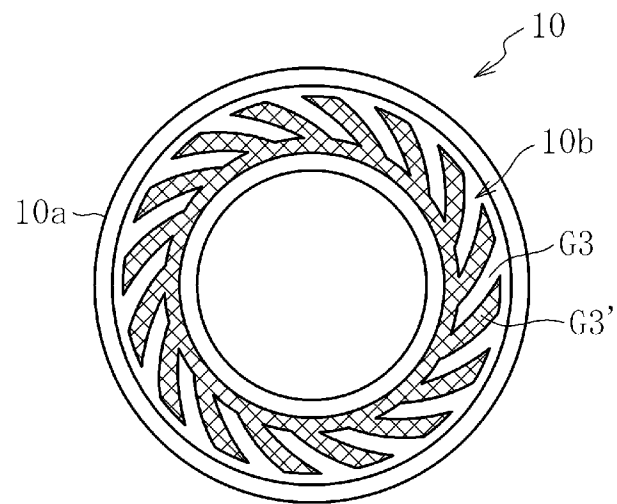
に生じる潤滑油の動圧作用で回転部材をラジアル方向に非接触支持するラジアル軸受部とを備え、軸部材が少なくともその一端に、軸受外部に突設されて外表面が大気に接する突出部を有し、この突出部に静止部材が固定される流体動圧軸受装置において、

軸部材を多孔質体で形成し、回転部材を非多孔質体で形成したことを特徴とする流体動圧軸受装置。

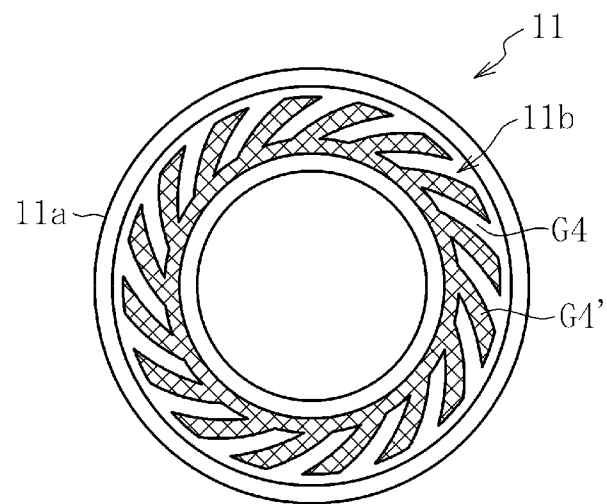
[図1]



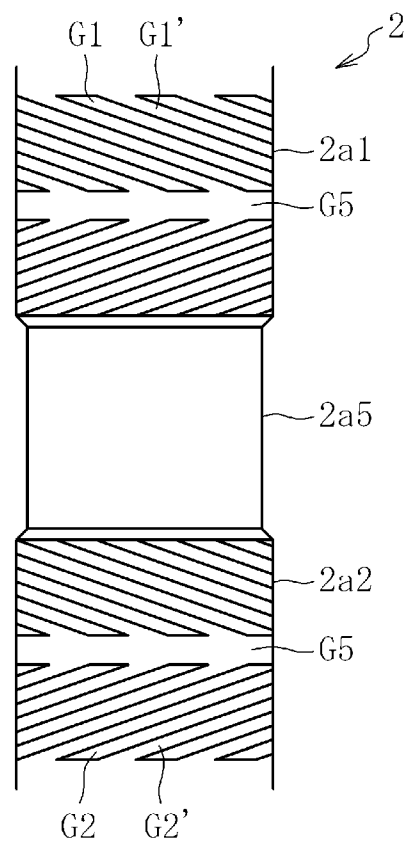
[図3]



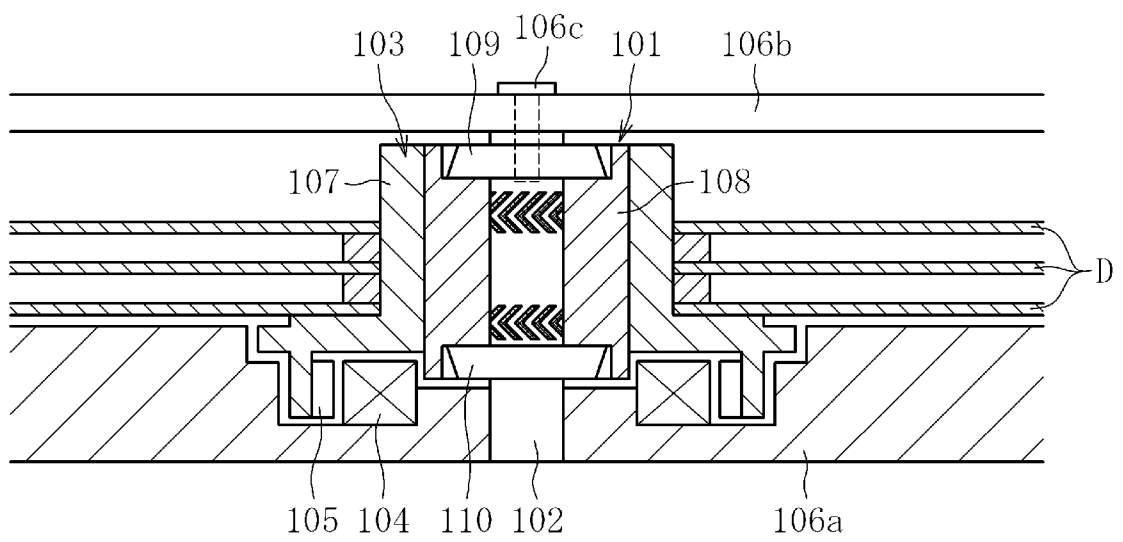
[図4]



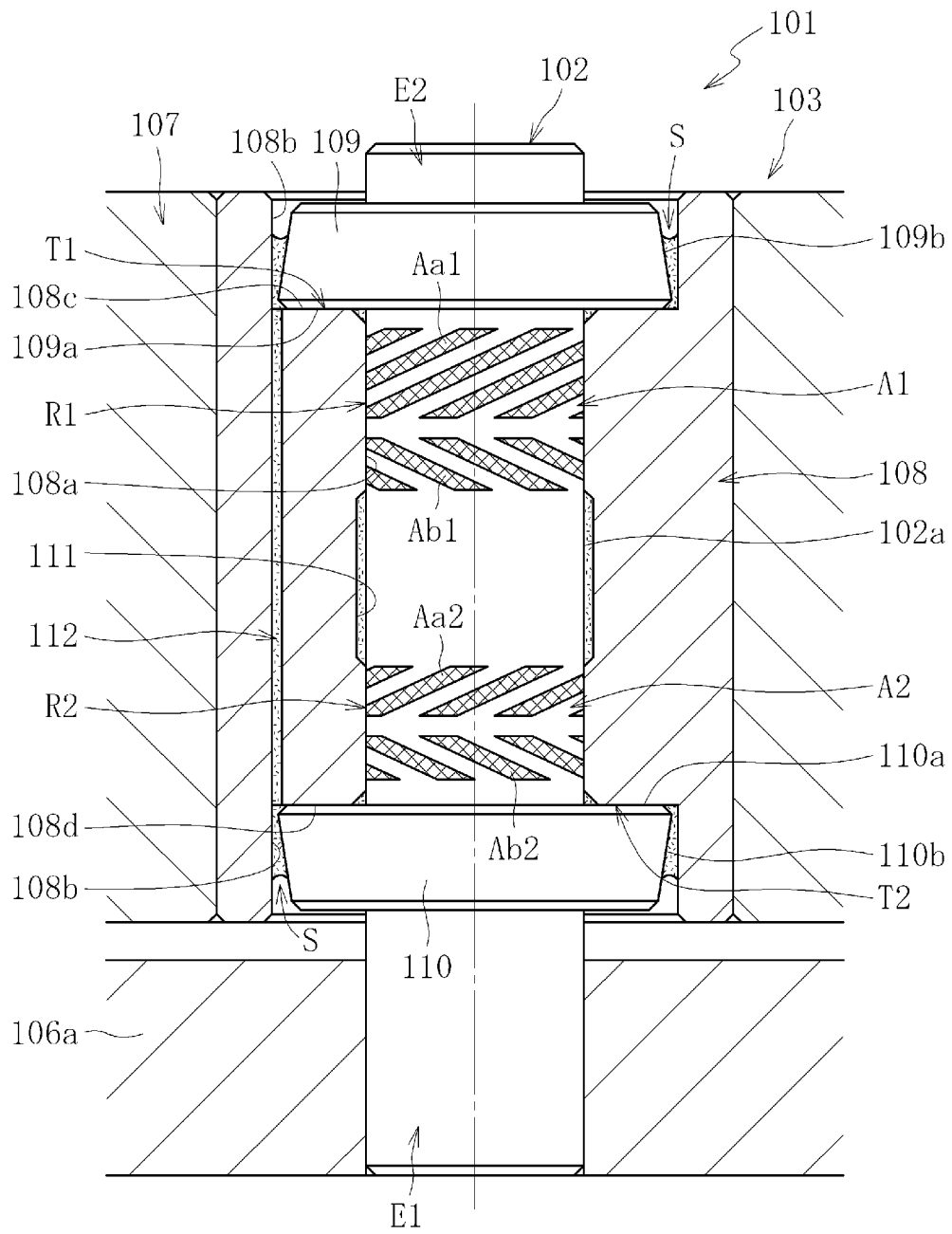
[図5]



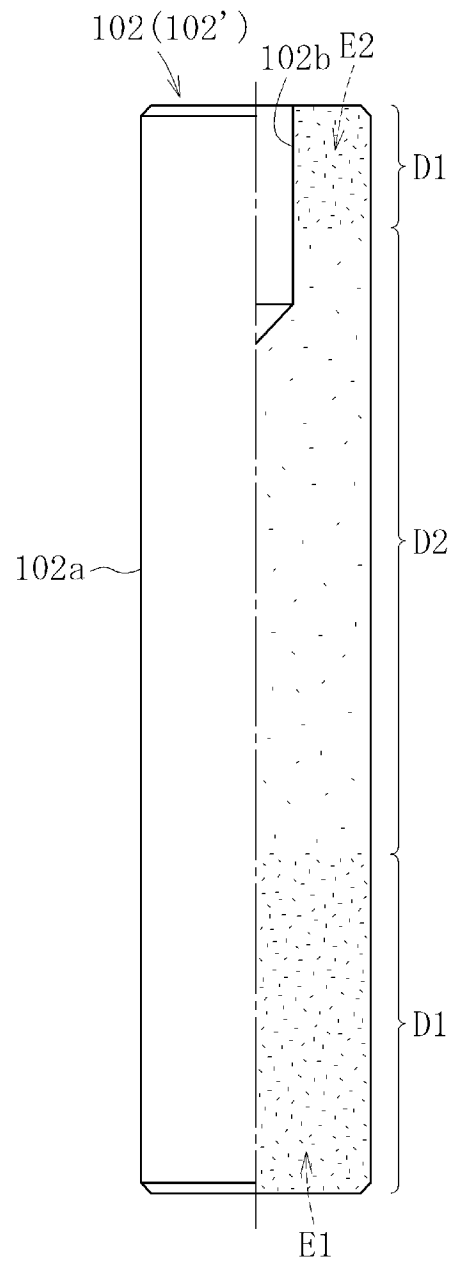
[図6]



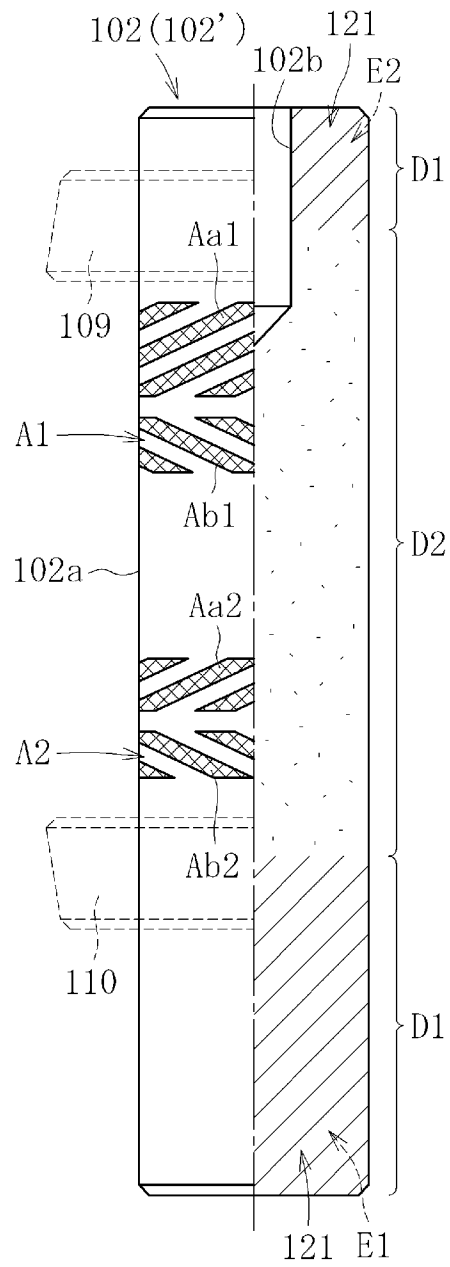
[図7]



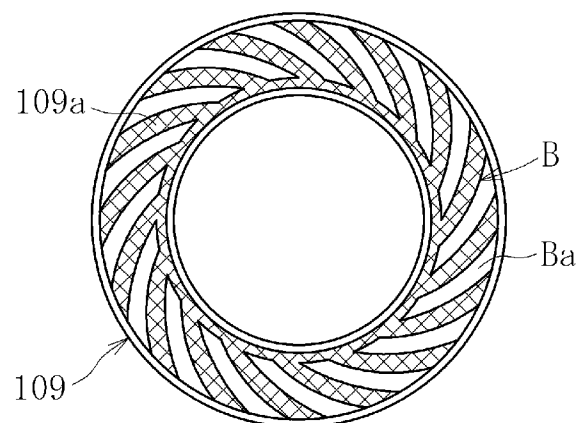
[図8a]



[図8b]



[図9a]



[illegible]

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/063541

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

F16C17/02(2006.01)i, F16C17/10(2006.01)i, F16C33/10(2006.01)i, G11B19/20(2006.01)i

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

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

F16C17/02, F16C17/10, F16C33/10, G11B19/20

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

Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2012

Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2012 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2012

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2011-74951 A (NTN Corp.), 14 April 2011 (14.04.2011), paragraphs [0025] to [0044]; fig. 1 to 10 (Family: none)	1-12
Y	JP 2009-228873 A (NTN Corp.), 08 October 2009 (08.10.2009), paragraph [0048] (Family: none)	1-12
Y	JP 2007-271009 A (Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.), 18 October 2007 (18.10.2007), claim 6 & US 2007/0230840 A1	3-12



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

06 June, 2012 (06.06.12)

Date of mailing of the international search report

24 July, 2012 (24.07.12)

Name and mailing address of the ISA/

Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/063541

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2009-92197 A (NTN Corp.), 30 April 2009 (30.04.2009), paragraph [0041] (Family: none)	9-10
Y	JP 2006-105237 A (NIDEC Corp.), 20 April 2006 (20.04.2006), claim 3 & US 2006/0072242 A1	11
Y	JP 2006-77922 A (Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.), 23 March 2006 (23.03.2006), paragraph [0022] & US 2006/0056750 A1	12
Y	JP 2009-150410 A (NIDEC Corp.), 09 July 2009 (09.07.2009), paragraphs [0038] to [0109]; fig. 2 (Family: none)	13
Y	JP 7-59326 A (Sankyo Seiki Mfg. Co., Ltd.), 03 March 1995 (03.03.1995), claim 4 (Family: none)	13

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C）） Int.Cl. F16C17/02(2006.01)i, F16C17/10(2006.01)i, F16C33/10(2006.01)i, G11B19/20(2006.01)i		
B. 調査を行った分野 調査を行った最小限資料（国際特許分類（I P C）） Int.Cl. F16C17/02, F16C17/10, F16C33/10, G11B19/20		
最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの 日本国実用新案公報 1 9 2 2 - 1 9 9 6 年 日本国公開実用新案公報 1 9 7 1 - 2 0 1 2 年 日本国実用新案登録公報 1 9 9 6 - 2 0 1 2 年 日本国登録実用新案公報 1 9 9 4 - 2 0 1 2 年		
国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）		
C. 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y	JP 2011-74951 A (N T N株式会社) 2011.04.14, 段落【0025】 - 【0044】, 第1-10図（ファミリーなし）	1-12
Y	JP 2009-228873 A (N T N株式会社) 2009.10.08, 段落【0048】（ファミリーなし）	1-12
Y	JP 2007-271009 A (松下電器産業株式会社) 2007.10.18, 【請求項6】 & US 2007/0230840 A1	3-12
☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。 ☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。		
* 引用文献のカテゴリー 「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの 「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す） 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願日の後に公表された文献 「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの 「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの 「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの 「&」 同一パテントファミリー文献		
国際調査を完了した日 0 6 . 0 6 . 2 0 1 2	国際調査報告の発送日 2 4 . 0 7 . 2 0 1 2	
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁（I S A / J P） 郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	特許庁審査官（権限のある職員） 関口 勇 電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 3 2 8	3 J 9 2 3 8

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y	JP 2009-92197 A (NTN株式会社) 2009.04.30, 段落【0041】 (ファミリーなし)	9-10
Y	JP 2006-105237 A (日本電産株式会社) 2006.04.20, 【請求項 3】 & US 2006/0072242 A1	11
Y	JP 2006-77922 A (松下電器産業株式会社) 2006.03.23, 段落【0022】 & US 2006/0056750 A1	12
Y	JP 2009-150410 A (日本電産株式会社) 2009.07.09, 段落【0038】 - 【0109】, 第2図 (ファミリーなし)	13
Y	JP 7-59326 A (株式会社三協精機製作所) 1995.03.03, 【請求項 4】 (ファミリーなし)	13