

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2022年1月27日(27.01.2022)



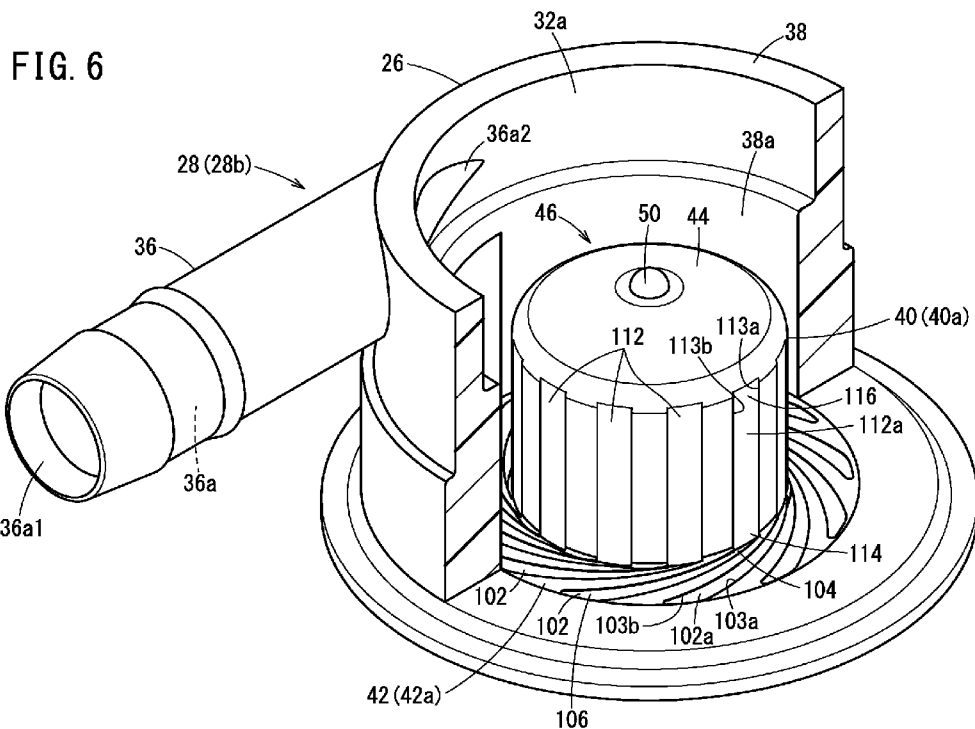
(10) 国際公開番号

WO 2022/019201 A1

- (51) 国際特許分類:
A61M 60/824 (2021.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2021/026562
- (22) 国際出願日: 2021年7月15日(15.07.2021)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2020-125287 2020年7月22日(22.07.2020) JP
- (71) 出願人: テルモ株式会社(**TERUMO KABUSHIKI KAISHA**) [JP/JP]; 〒1510072 東京都渋谷区幡ヶ谷二丁目4 4 番 1 号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 森武寿(**MORI, Takehisa**); 〒2590151 神奈川県足柄上郡中井町井ノ口 1 5 0 0 番地 テルモ株式会社内 Kanagawa (JP).
- (74) 代理人: 千葉剛宏, 外(**CHIBA Yoshihiro et al.**); 〒1510053 東京都渋谷区代々木 2 丁目 1 番 1 号 新宿マインズタワー 1 6 階 Tokyo (JP).
- (81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ,

(54) Title: PUMP DEVICE

(54) 発明の名称: ポンプ装置



(57) Abstract: This pump device (10) comprises: a housing (26) that allows blood to flow in and flow out; and an impeller (14) that is accommodated inside the housing (26), is axially supported by a shaft part (46) provided inside the housing (26), and rotates. The bottom surface (42a) of the housing (26) has a plurality of axial dynamic pressure grooves (102) that generate dynamic pressure in the axial direction. An outer circumferential surface (40a) of the shaft part (46), which is connected to the bottom surface (42a), has a plurality of radial dynamic pressure grooves (112) that generate dynamic

[続葉有]

NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT,
QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL,
ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG,
US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

- (84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

- 一 国際調査報告 (条約第21条(3))

pressure in the radial direction. Furthermore, inner ends (104) of the plurality of axial dynamic pressure grooves (102) and lower ends (114) of the plurality of radial dynamic pressure grooves (112) are respectively continuous with each other.

(57) 要約: ポンプ装置 (10) は、血液を流入及び流出させるハウジング (26) と、ハウジング (26) 内に収容され、ハウジング (26) 内に設けられた軸部 (46) に軸支され回転するインペラ (14) と、を備える。ハウジング (26) の底面 (42a) は、アキシャル方向に動圧力を生じさせる複数のアキシャル動圧溝 (102) を有する。底面 (42a) に連なる軸部 (46) の外周面 (40a) は、ラジアル方向に動圧力を生じさせる複数のラジアル動圧溝 (112) を有する。そして、複数のアキシャル動圧溝 (102) の内端 (104) の各々と複数のラジアル動圧溝 (112) の下端 (114) の各々が互いに連続している。

明 細 書

発明の名称： ポンプ装置

技術分野

[0001] 本発明は、流体を流動させるポンプ装置に関する。

背景技術

[0002] ポンプ装置は、例えば、患者の血液（流体）を循環させる人工心肺装置において、血液を流動させる動力源として使用される。この種のポンプ装置は、ハウジングと、ハウジング内に収容されるインペラとを備え、インペラの回転に伴う遠心力によりハウジング内に血液を引き込むと共に、ハウジングから外部に血液を送出するように構成される（例えば、特開２００７－３５０号公報参照）。

[0003] また、特開２００７－３５０号公報に開示されているポンプ装置は、ハウジング（ケーシング）に対してインペラを非接触で回転させるために、ハウジングとインペラの間に動圧軸受を形成する。具体的には、ポンプ装置は、ハウジングの天井面に対向するインペラの上面にスラスト動圧軸受用のアキシシャル動圧溝（スラスト動圧溝）を有し、且つハウジングの内周面に対向するインペラの外周面にラジアル動圧軸受用のラジアル動圧溝を有する。

発明の概要

[0004] ところで、動圧溝は、ハウジングとインペラの間に流入した血液が動圧溝の端部や延在部分の縁部に当たること、ハウジングとインペラの間に沿った方向からハウジングに対してインペラが離間する方向に血液の流れを変化させて、動圧軸受を形成する。

[0005] しかしながら、粘性を有する流体は、この動圧溝の端部において滞留し易く、また流体が血液である場合には血栓が形成される。特に、特開２００７－３５０号公報に開示のポンプ装置のように、複数のアキシシャル動圧溝と複数のラジアル動圧溝とを備えた構成では、流体の滞留箇所が多いため、血栓が形成されることで動圧力が低下し、さらに血栓形成が促進されるとい

う問題がある。

[0006] 本発明は、上記の動圧軸受を形成するポンプ装置の技術に関連するものであり、簡単な構成によって動圧溝に対する流体の滞留を抑制して、安定的且つ円滑に流体を流動させることができるポンプ装置を提供することを目的とする。

[0007] 前記の目的を達成するために、本発明の一態様は、流体を流入及び流出させるハウジングと、前記ハウジング内に收容され、前記ハウジング内に設けられた軸部に軸支され回転するインペラと、を備えるポンプ装置であって、前記ハウジング内における前記インペラの回転軸方向の一方面、及び前記一方面に対向する前記インペラの第1対向面のいずれか一方に、アキシャル方向に動圧力を生じさせる複数のアキシャル動圧溝を有すると共に、前記一方面に連なる前記軸部の外周面、及び前記外周面に対向する前記インペラの第2対向面のいずれか一方に、ラジアル方向に動圧力を生じさせる複数のラジアル動圧溝を有し、前記複数のアキシャル動圧溝と前記複数のラジアル動圧溝は、前記インペラ及び前記ハウジングのうち同じ部材に設けられ、且つ前記複数のアキシャル動圧溝の一端の各々と前記複数のラジアル動圧溝の一端の各々が互いに連続している。

[0008] 上記のポンプ装置は、簡単な構成によって動圧溝に対する流体の滞留を抑制して、安定的且つ円滑に流体を流動させることができる。

図面の簡単な説明

[0009] [図1]本発明の一実施形態に係るポンプ装置の斜視図である。

[図2]ポンプ装置のポンプ本体と駆動装置を分離して示す図1のⅠⅠ－ⅠⅠ線に沿った断面図である。

[図3]ポンプ本体と駆動装置の装着状態における内部の構成を拡大して示す断面図である。

[図4]図4Aは、図3のⅠⅤA－ⅠⅤA線断面図である。図4Bは、図3のⅠⅤB－ⅠⅤB線断面図である。

[図5]アキシャル動圧溝とラジアル動圧溝の形成箇所を拡大して示す断面図で

ある。

[図6]ハウジングに設けられたアキシャル動圧溝及びラジアル動圧溝を示す部分断面斜視図である。

[図7]アキシャル動圧溝とラジアル動圧溝の連続部分を拡大して示す説明図である。

[図8]アキシャル動圧溝及びラジアル動圧溝を示す部分平面図である。

[図9]インペラの回転時における血液の流れを示す断面図である。

発明を実施するための形態

[0010] 以下、本発明について好適な実施形態を挙げ、添付の図面を参照して詳細に説明する。

[0011] 本発明の一実施形態に係るポンプ装置10は、図1に示すように、患者の心肺機能を補助する（又は心肺を代替する）人工心肺装置12において、患者の血液を体外に脱血させ、また体内に送血する動力源として用いられる。ポンプ装置10は、インペラ14を装置内に有し、インペラ14の回転に伴う遠心力によって流体を流動させる遠心ポンプに構成されている。

[0012] 人工心肺装置12は、脱血チューブ16及び送血チューブ18をポンプ装置10に接続して、患者との間で血液を循環する循環回路を形成する。例えば、脱血チューブ16の先端開口は、適宜の静脈、心臓（右心室、右心房）等に留置される一方で、送血チューブ18の先端開口は、適宜の動脈、心臓（左心室、左心房）等に留置される。ポンプ装置10は、脱血チューブ16の脱血ルーメン16aを通して患者の血液を吸引し、送血チューブ18の送血ルーメン18aを通して患者に血液を送血する。なお、人工心肺装置12は、体外に脱血した血液の異物の除去や酸素化等を行うために、ポンプ装置10の他にリザーバ、人工肺等（共に不図示）を循環回路（脱血チューブ16や送血チューブ18）の途中位置に接続した構成でもよい。

[0013] 図2に示すように、ポンプ装置10は、上記のインペラ14を収容したポンプ本体20と、インペラ14を回転させる駆動装置22と、駆動装置22の駆動を制御する制御部24（Controller）とを備える。また、ポンプ装置

１０のハウジング２６は、樹脂材料等により形成され、ポンプ本体２０を構成する本体側ハウジング２８と、駆動装置２２を構成する駆動側ハウジング３０とを含む。

[0014] 本体側ハウジング２８と駆動側ハウジング３０とは、着脱自在に構成され、使用時に相互に組み付け状態とすることで、駆動装置２２の駆動力をポンプ本体２０のインペラ１４に伝達可能とする。そして使用後に、ポンプ本体２０は駆動装置２２から取り外されて廃棄される。つまり、ポンプ本体２０は、１回の使用毎に取り替えられて、使い捨て又は滅菌処理される Disposable タイプに構成される。一方、駆動装置２２は、リユースタイプに構成され、次の使用機会において、新たなポンプ本体２０が取り付けられてこのポンプ本体２０のインペラ１４を動作させる。

[0015] ポンプ本体２０の本体側ハウジング２８は、インペラ１４を回転自在に収容すると共に、血液の流入及び流出がなされる内部空間３２を有する。本実施形態に係る本体側ハウジング２８は、略円錐状に形成された上ハウジング２８ａと、略円筒状に形成された下ハウジング２８ｂとを接合して構成される。

[0016] 上ハウジング２８ａは、脱血チューブ１６を接続するための流入ポート３４を略円錐状の天井部且つ中心に有する。流入ポート３４の内部には、内部空間３２に連通する流入路３４ａが設けられている。流入路３４ａは、流入ポート３４の突出端の開口３４ａ１（図１参照）に連通すると共に、内部空間３２との境界に設けられた流入口３４ａ２に連通する。

[0017] 下ハウジング２８ｂは、外側を構成する略円筒状の外周壁部３８と、外周壁部３８の内側に設けられる円筒状の内周壁部４０と、外周壁部３８と内周壁部４０の下端間を連結し下ハウジング２８ｂの下端部を構成する底部４２とを有する。外周壁部３８と内周壁部４０の間（内周壁部４０の外周囲）には、インペラ１４が回転自在に配置される。また、内周壁部４０の上端部には山形部４４が連結され、山形部４４は内周壁部４０の内側且つ上部を閉塞している。内周壁部４０及び山形部４４はインペラ１４の回転を内側で軸支

する軸部４６を構成する。

[0018] また、下ハウジング２８ｂの外周壁部３８の上部側側面には、送血チューブ１８を接続するための流出ポート３６が設けられている。流出ポート３６は、略円筒状の外周壁部３８から接線方向に突出している。流出ポート３６の内部には、内部空間３２に連通する流出路３６ａが設けられている。流出路３６ａは、流出ポート３６の突出端の開口３６ａ１（図１参照）に連通すると共に、内部空間３２との境界に設けられた流出口３６ａ２に連通する。

[0019] 図３に示すように、内部空間３２は、後記のインペラ１４のフィン部６０が配置される上空間３２ａと、後記のインペラ１４の従動回転構造部６２が配置される下空間３２ｂとを有する。上空間３２ａは、上ハウジング２８ａの円錐部分の内面と、下ハウジング２８ｂ（外周壁部３８）の上側円筒部分の内面と、山形部４４の上面とに囲われている。下空間３２ｂは、外周壁部３８と、内周壁部４０と、底部４２とに囲われることで円筒状に形成され、この円筒状の上端部が上空間３２ａに連通している。

[0020] 軸部４６は、円筒状の内周壁部４０及び山形部４４の内側に挿入穴４８を形成している。挿入穴４８は、下端側が開口しており、ポンプ本体２０と駆動装置２２の組付け時に駆動側ハウジング３０が挿入される。

[0021] 軸部４６の山形部４４は、中心部に向かって徐々に肉厚となる円錐状に形成されている。山形部４４の中心部には、非回転状態のインペラ１４を支持する球状の座部５０が設けられている。座部５０は、金属材料により構成され、接着や溶着等の接合手段により固定されている。座部５０の中心は、流入ポート３４の軸心の延長線（不図示）に重なりと共に、本体側ハウジング２８（外周壁部３８、内周壁部４０）の軸心Ｓｔに位置する。

[0022] また、下ハウジング２８ｂの外周壁部３８の下部側には、ハウジング側反発磁石５２が設置されている。ハウジング側反発磁石５２は、インペラ１４に設けられた後記のインペラ側反発磁石７６との間で相互に反発し合う反発機構７８を形成する。

[0023] 下ハウジング２８ｂの底部４２は、軸部４６と外周壁部３８の間で本体側

ハウジング 28 の軸心 S_t に対して直交方向に延在している。底部 42 は、インペラ 14 を臨む底面 42a（回転軸方向の一方面）を有する。底面 42a の径方向長さ R_L （図 8 参照）は、ポンプ装置 10 の大きさにもよるが、例えば、5 mm～20 mm に設定される。

[0024] 図 1～図 3 に示すように、インペラ 14 は、円筒状に形成され、上空間 32a と下空間 32b の両方にわたって収容される。インペラ 14 は、フィン部 60 を上部に有すると共に、従動回転構造部 62 を下部に有する。フィン部 60 及び従動回転構造部 62 の内側は、軸部 46 が配置される空間部 64 となっている。

[0025] フィン部 60 は、従動回転構造部 62 の上端に連なる円錐壁部 66 と、円錐壁部 66 の中心で座部 50 上に位置する芯部 68 と、円錐壁部 66 の上面から上方向に突出する複数の突出壁部 70 とを備え、回転時に上空間 32a に遠心力を生じさせる。相互に隣接し合う突出壁部 70 の間には、血液が流動する流通路 70a が形成される。この流通路 70a の上部は開放している。なお、フィン部 60 の形状は、これに限定されず、例えば、突出壁部 70 の上部に図示しないシュラウドが設けられ、流通路 70a が覆われる構成でもよい。

[0026] 円錐壁部 66 は、本体側ハウジング 28 の山形部 44 よりも急角度で傾斜し、且つその上面が弓形に湾曲している。そのため、山形部 44 と円錐壁部 66 の間には、隙間（以下、上側隙間 66a という）が形成される。芯部 68 の周囲の円錐壁部 66 には、円錐壁部 66 を貫通する複数（本実施形態では 4 つ）のウォッシュアウトホール 67 が設けられている。ウォッシュアウトホール 67 は、円錐壁部 66 よりも上側の上空間 32a と上側隙間 66a とを連通して血液を流動させる。

[0027] 芯部 68 は、突出壁部 70 よりも上側（流入ポート 34 側）に突出する円錐状に形成され、インペラ 14 の回転状態では、その頂部が流入ポート 34 の軸心（すなわち本体側ハウジング 28 の軸心 S_t ）に略一致する。芯部 68 の下部は、平坦状に形成され、その中心部には座部 50 が入り込み可能な

半球状の凹部 68 a が設けられている。凹部 68 a は、インペラ 14 の非回転状態で座部 50 の球面に面接触する一方で、インペラ 14 の回転時には座部 50 から浮上する。

[0028] なお、インペラ 14 を軸支する構成は、上記のように座部 50 及び凹部 68 a に限定されず種々の構成をとり得る。例えば、インペラ 14 及びハウジング 26 の一方に図示しない軸ピンを有し、インペラ 14 及びハウジング 26 の他方に軸ピンが挿入される孔部を有する軸構造であってもよい。

[0029] また、フィン部 60 を構成する複数の突出壁部 70 は、内側端部が各ウオッシュアウトホール 67 内に突出している一方で、外側端部が円錐壁部 66 の外縁付近まで延在している。各突出壁部 70 は、インペラ 14 の回転軸方向に沿った平面視で、若干湾曲して延在する円弧状を呈している。これにより、フィン部 60 は、インペラ 14 の回転時に、流通路 70 a に入り込んだ血液を径方向外側にスムーズに流動させる。

[0030] インペラ 14 の従動回転構造部 62 は、フィン部 60 の円錐壁部 66 の外周部から下側に突出した円筒状に形成されている。従動回転構造部 62 の直径は、特に限定されるものではないが、20 mm～50 mm の範囲に設定されることが好ましく、本実施形態では 30 mm としている。

[0031] 従動回転構造部 62 は、外周壁部 38 に対向する外部対向面 63 a、底部 42 に対向する底部対向面 63 b（第 1 対向面）、及び軸部 46 に対向する軸部対向面 63 c（第 2 対向面）を有する。この従動回転構造部 62 の内部には、従動磁石 74 及びインペラ側反発磁石 76 が設置されている。

[0032] 従動磁石 74 は、従動回転構造部 62 の上部（フィン部 60）側、且つ径方向内側（軸部対向面 63 c）寄りに埋め込まれている。図 4 A に示すように、従動磁石 74 は、インペラ 14 の軸心 S_i に対して一定の半径 R_1 で周回する従動側多極着磁リング磁石 75 に構成されている。従動側多極着磁リング磁石 75 は、複数の N 極及び S 極が周方向に沿って交互に並ぶように着磁された磁石である。なお図 4 A 中において、従動側多極着磁リング磁石 75 の極性数は、6 つ（すなわち 3 つの対極）となっているが、極性数はこれ

に限定されないことは勿論である。

[0033] 従動磁石 7 4 を構成する材料としては、アルニコ、フェライト、ネオジム等の硬質磁性材料があげられる。なお、従動磁石 7 4 は、多極着磁リングとして構成されることに限定されず、対極（N 極、S 極）を有する円弧状の磁石を、周方向に複数並べることでリング状に形成されていてもよい。

[0034] 図 3 及び図 4 B に示すように、インペラ側反発磁石 7 6 は、従動回転構造部 6 2 の下部側、且つ径方向外側（外部対向面 6 3 a）寄りに埋め込まれている。従動磁石 7 4 とインペラ側反発磁石 7 6 とは、相互の磁界の影響が抑制されるように従動回転構造部 6 2 内で上下に大きく離間している。

[0035] インペラ側反発磁石 7 6 は、インペラ 1 4 の軸心 S_i に対して、従動磁石 7 4 の半径 R_1 よりも長い半径 R_2 で周回するインペラ側内外周単極着磁リング磁石 7 7 に構成されている。インペラ側内外周単極着磁リング磁石 7 7 は、外周部の全周にわたって第 1 極性（図 3 中では S 極）を有し、内周部の全周にわたって第 1 極性と反対の第 2 極性（図 3 中では N 極）を有するように着磁された磁石である。インペラ側反発磁石 7 6 を構成する材料は、特に限定されず、従動磁石 7 4 であげた材料を適用し得る。

[0036] ここで上記したように、下ハウジング 2 8 b の外周壁部 3 8 内には、ハウジング側反発磁石 5 2 が設けられている。ハウジング側反発磁石 5 2 は、インペラ側反発磁石 7 6 よりも径方向外側且つ多少上方（流入口 3 4 a 2 に近づく方向にオフセットした位置）に配置されている。すなわち、ハウジング側反発磁石 5 2 の下端は、インペラ側反発磁石 7 6 の下端よりも上側に位置している。

[0037] ハウジング側反発磁石 5 2 は、本体側ハウジング 2 8 の軸心 S_t から最も離れた位置を、一定の半径 R_3 で周回するハウジング側内外周単極着磁リング磁石 5 3 に構成されている。ハウジング側内外周単極着磁リング磁石 5 3 は、外周部の全周にわたって第 1 極性（図 3 中では N 極）を有し、内周部の全周にわたって第 1 極性と反対の第 2 極性（図 3 中では S 極）を有するように着磁されたリング体である。このハウジング側反発磁石 5 2 を構成する材

料も特に限定されず、従動磁石 7 4 であげた材料を適用し得る。

[0038] 反発機構 7 8（ハウジング側反発磁石 5 2、インペラ側反発磁石 7 6）は、ハウジング側反発磁石 5 2 に対してインペラ側反発磁石 7 6 を径方向内側且つ下方向に押し出す反発力（斥力）を生じさせる。この反発機構 7 8 により、インペラ 1 4 は、流入口 3 4 a 2 から離れる方向に押し付けられると共に、周方向全体から径方向内側に押し付けられる。

[0039] 図 2 及び図 3 に示すように、ポンプ装置 1 0 の駆動装置 2 2 は、駆動側ハウジング 3 0 と、駆動側ハウジング 3 0 内に收容されるモータ機構 8 0 とを備える。駆動側ハウジング 3 0 は、ポンプ本体 2 0（本体側ハウジング 2 8）を装着する円環状の装着溝 8 2 を有すると共に、装着溝 8 2 よりも径方向内側部分に、本体側ハウジング 2 8 の挿入穴 4 8 に挿入される中央凸部 8 4 とを有する。

[0040] ポンプ本体 2 0 の軸部 4 6（挿入穴 4 8）及び底部 4 2 と、駆動装置 2 2 の装着溝 8 2 及び中央凸部 8 4 は、ポンプ本体 2 0 と駆動装置 2 2 との間で、相互を着脱自在に嵌合する係合構造 8 6 を構成している。なお、ポンプ本体 2 0 と駆動装置 2 2 の係合構造 8 6 は、特に限定されず種々の方法を取り得ることは勿論である。

[0041] 駆動側ハウジング 3 0 の内部には、モータ機構 8 0 のモータ本体 8 0 a が設けられ、モータ本体 8 0 a は、制御部 2 4 の制御下に回転軸 8 0 b を適宜の回転速度で回転させる。回転軸 8 0 b の突出部分には、中央凸部 8 4 内の突出空間に挿入された回転体 8 8 が設けられている。ポンプ本体 2 0 と駆動装置 2 2 の装着状態では、インペラ 1 4 の軸心 S_i と、回転軸 8 0 b 及び回転体 8 8 の軸心 S_s とが相互に一致する。

[0042] 回転体 8 8 は、側面断面視で、径方向外側の外周面の上部及び下部が切り欠かれることで、この部分に環状の駆動磁石 9 2 を保持している。従って、駆動磁石 9 2 は、回転体 8 8 と一体的に回転する。

[0043] 図 4 A に示すように、駆動磁石 9 2 は、回転体 8 8 の軸心 S_s に対し従動磁石 7 4 の半径 R_1 よりも短い半径 R_4 で周回する駆動側多極着磁リング磁

石 9 3 に構成されている。駆動側多極着磁リング磁石 9 3 は、従動側多極着磁リング磁石 7 5 と同様に、複数（6 つ）の極性（N 極、S 極）が周方向に沿って交互に並ぶように着磁された磁石である。

[0044] 駆動磁石 9 2 の軸方向長さ（軸心 S_s に平行な厚み）は、従動磁石 7 4 の軸方向長さと略同一に設定されている。駆動磁石 9 2 は、ポンプ本体 2 0 と駆動装置 2 2 の装着状態で、従動磁石 7 4 の内側で従動磁石 7 4 と同一高さに対向配置されることで、従動磁石 7 4 との間で相互に引き合う磁気カップリング機構 9 4 を形成する。例えば、磁気カップリング機構 9 4 の引力は、インペラ 1 4 の軸心 S_i が本体側ハウジング 2 8 の軸心 S_t に一致している場合に、反発機構 7 8 の反発力よりも小さくなるように設定される。

[0045] 駆動磁石 9 2 を構成する材料は、従動磁石 7 4 であげた材料を適宜選択し得る。また、駆動磁石 9 2 も、多極着磁リングとして構成されることに限定されず、対極（N 極、S 極）を有する円弧状の磁石を、周方向に複数並べることでリング状に形成されていてもよい。

[0046] そして図 3 に示すように、本実施形態に係るポンプ装置 1 0 は、インペラ 1 4 の回転に伴って、インペラ 1 4 とハウジング 2 6 との間にアキシャル動圧軸受 1 0 0 及びラジアル動圧軸受 1 1 0 を形成する。アキシャル動圧軸受 1 0 0 は、インペラ 1 4 の回転時に、インペラ 1 4 の回転軸方向（軸心 S_i ）に沿ったアキシャル方向に動圧力を生じさせ、ハウジング 2 6 に対してインペラ 1 4 を離間（浮上）させる。ラジアル動圧軸受 1 1 0 は、インペラ 1 4 の回転時に、インペラ 1 4 の回転軸方向と直交するラジアル方向に動圧力を生じさせ、ハウジング 2 6 に対してインペラ 1 4 を離間させる（非接触とする）。

[0047] 具体的には図 5 に示すように、アキシャル動圧軸受 1 0 0 は、底部 4 2 の底面 4 2 a と、従動回転構造部 6 2 の底部対向面 6 3 b との間に形成される。例えば、インペラ 1 4 の非回転状態（インペラ 1 4 が座部 5 0 に接触した状態）で、底面 4 2 a と底部対向面 6 3 b との間隔 l_1 は、0 mm ~ 0. 0 1 mm の範囲に設定されることが好ましい。

[0048] また、アキシャル動圧軸受１００は、インペラ１４の回転時に、底部４２の底面４２ａに設けられた複数のアキシャル動圧溝１０２により形成される。図６に示すように、各アキシャル動圧溝１０２は、互いに等間隔に配置されることで、底面４２ａの周方向回りに環状の溝群を構成している。つまり底面４２ａと底部対向面６３ｂとの間で径方向内側且つ周方向に流れる血液が、複数のアキシャル動圧溝１０２によって上側（流入口３４ａ２側）に向かうことで、アキシャル方向の動圧力が生じる。アキシャル動圧溝１０２の形成本数は、特に限定されず、本実施形態では１２本としている。

[0049] 各アキシャル動圧溝１０２は、回転軸方向に沿った平面視で、径方向に延在しながら周方向に湾曲する円弧状に形成されている。各アキシャル動圧溝１０２の弧の向きは、インペラ１４の回転時の回転方向（反時計回り）に設定されている。また各アキシャル動圧溝１０２は、底面４２ａ上において軸部４６との境界から外周壁部３８の境界までの範囲、換言すれば底面４２ａの径方向全体にわたって延在している。

[0050] そして図６及び図７に示すように、各アキシャル動圧溝１０２の内端１０４（一端）の各々は、底面４２ａと軸部４６の外周面４０ａの境界に位置し、後述する各ラジアル動圧溝１１２の下端１１４に連続している。詳細には、各アキシャル動圧溝１０２の内端１０４は、各ラジアル動圧溝１１２の第１縁１１３ａに連なる円弧外縁１０３ａと、各ラジアル動圧溝１１２の第２縁１１３ｂに連なる円弧内縁１０３ｂを有する。円弧外縁１０３ａは、第１縁１１３ａからＲ状の丸角部１０３ａ１を介して円弧内縁１０３ｂ側に所定の傾斜角度且つ所定の曲率で湾曲している。円弧内縁１０３ｂは、第２縁１１３ｂからＲ状の丸角部１０３ｂ１を介して円弧外縁１０３ａと同じ傾斜角度且つ同じ曲率で湾曲している。

[0051] これにより、円弧外縁１０３ａと円弧内縁１０３ｂは、軸部４６付近において互いに近い位置（狭い溝幅）を延在する一方で、底面４２ａの径方向外側に向かうに連れて徐々に離れていく（広い溝幅になる）。そして、底面４２ａと外周壁部３８の内周面３８ａが連なる境界（各アキシャル動圧溝１０

2の外端106)は、円弧外縁103aが滑らかに内周面38aに連なる一方で、円弧内縁103bがR状の折り返し部103b2を介して内周面38aに連なる。

[0052] 図8に示すように、内端104が軸部46に接する箇所の接線Tに対する各アキシャル動圧溝102(円弧外縁103a、円弧内縁103b)の傾斜角度 θ は、例えば、 $5^{\circ} \sim 30^{\circ}$ の範囲に設定されることが好ましい。これにより、底面42a上における各アキシャル動圧溝102が長く延在するようになる。

[0053] さらに、各アキシャル動圧溝102の長手方向長さAL(円弧長:図8では便宜的に内端104と外端106の間隔で示す)は、底部42の底面42aの径方向長さRLよりも十分に長く設定される。例えば、各アキシャル動圧溝102の長手方向長さALは、底面42aの径方向長さRLの2倍以上に設定されることが好ましい。このように各アキシャル動圧溝102の長手方向長さを長く設定することで、流動する血液が各アキシャル動圧溝102(円弧外縁103a)にかかり易くすることが可能となる。

[0054] 図5に示すように、各アキシャル動圧溝102の溝底102aは、底面42aから一定の深さで延在する平坦状に形成されている。各アキシャル動圧溝102の深さは、溝幅に対して十分に短い(浅い)。この各アキシャル動圧溝102の深さは、アキシャル方向の目標の動圧力に応じて設定すればよく、例えば、各ラジアル動圧溝112の深さと同一、又はラジアル動圧溝112の深さよりも深く形成される。

[0055] 一方、ラジアル動圧軸受110は、軸部46(内周壁部40)の外周面40aと、従動回転構造部62の軸部対向面63cとの間に形成される。この内周壁部40の外周面40aと軸部対向面63cとの間隔I2は、外周壁部38の内周面38aとインペラ14の外部対向面63aとの間隔I3よりも短い。例えば、間隔I2の具体的な寸法としては、 $0.01\text{ mm} \sim 0.1\text{ mm}$ の範囲に設定されることが好ましい。

[0056] そして図6～図8に示すように、ラジアル動圧軸受110は、インペラ1

4の回転時に、軸部46（内周壁部40）の外周面40aに設けられた複数のラジアル動圧溝112により生成される。本実施形態においてラジアル動圧溝112の形成本数は、アキシャル動圧溝102の形成本数と同一となっており、各ラジアル動圧溝112の各一端（下端114）が、各アキシャル動圧溝102の各一端（内端104）に連続している。

[0057] 各ラジアル動圧溝112は、軸部46の上下方向（高さ方向）に直線状に延在し、また外周面40aの周方向に沿って等間隔に配置されている。すなわち、各ラジアル動圧溝112は、インペラ14の回転軸方向（軸心Si）及び軸部46（本体側ハウジング28）の軸心Stに対して平行に延在している。なお、各ラジアル動圧溝112は、直線状に延在する形状に限らず、外周面40a上を螺旋状に延在してもよい。

[0058] 各ラジアル動圧溝112は、内周壁部40の外周面40aに沿った円弧状又は平坦状の溝底112aと、この溝底112aの周方向両側に設けられる第1縁113a、第2縁113bとを有する。各ラジアル動圧溝112（溝底112a）の溝幅Wは、軸部46の大きさやラジアル動圧溝112の形成本数等に応じて任意に設計してよい。例えば、溝幅Wは、互いに隣接し合うラジアル動圧溝112同士の距離Dと同じ又は距離D以上に設定され得る。溝幅Wの具体的な寸法としては、2mm～5mmの範囲に設定されるとよい。軸部46の外周面40aに対する各ラジアル動圧溝112の深さも、特に限定されず、例えば、0.05mm～0.2mmの範囲に設定されるとよい。

[0059] また、外周面40a及び軸部対向面63cは、軸部46の軸心St及び従動回転構造部62の軸心Siに平行であり、各ラジアル動圧溝112は、軸部46の内周壁部40の軸方向全長にわたって形成されている。すなわち、各ラジアル動圧溝112の下端114（一端）は、内周壁部40と底部42の境界に位置し、上記したように各アキシャル動圧溝102の内端104に連続している。

[0060] ハウジング26において底面42aと外周面40aとの境界部分は、相互

に滑らかに（Ｒ状に）連なっている。これに隣接する各ラジアル動圧溝１１２の下端１１４の溝底１１２ａと、各アキシアル動圧溝１０２の内端１０４の溝底１０２ａも相互にＲ状に連なっている。円弧外縁１０３ａに連なる第１縁１１３ａ、及び円弧内縁１０３ｂに連なる第２縁１１３ｂは、上記したように直線状に延在している。

[0061] また、各ラジアル動圧溝１１２の上端１１６（他端）は、内周壁部４０と山形部４４の境界に位置し、上方向の上側隙間６６ａに向かって貫通（開放）している。各ラジアル動圧溝１１２（外周面４０ａ）の延在長さは、例えば、１０ｍｍ～１００ｍｍの範囲に設定される。これにより、インペラ１４の回転軸方向の長い範囲にわたってラジアル動圧軸受１１０を形成することができ、インペラ１４の回転姿勢が安定化する。

[0062] 図２に戻り、ポンプ装置１０の制御部２４（Controller）は、図示しない入出力インタフェース、メモリ及びプロセッサを有する周知のコンピュータにより構成され、モータ機構８０の駆動を制御する。制御部２４の外面には、図示しないモニタ、スピーカ、操作ボタン等が設けられており、医師や看護師等のユーザは、操作ボタンを操作することで、ポンプ装置１０の駆動内容を設定する。制御部２４は、ユーザの設定情報に基づき、バッテリーの電力の供給を制御して、例えば０～１００００rpmの範囲で回転体８８を回転させる。

[0063] 本実施形態に係るポンプ装置１０は、基本的には以上のように構成されるものであり、以下その動作について説明する。

[0064] ポンプ装置１０を含む人工心肺装置１２は、心肺機能を補助する患者に対して構築される。人工心肺装置１２の構築時に、ユーザは、ポンプ本体２０の流入ポート３４に脱血チューブ１６を接続し、ポンプ本体２０の流出ポート３６に送血チューブ１８を接続する。そして、ユーザは、駆動装置２２にポンプ本体２０を装着することで、ポンプ装置１０を使用可能状態とする。

[0065] 装着状態では、図３に示すように、従動磁石７４と駆動磁石９２が略同一の高さ位置に配置される。径方向に隣接する従動磁石７４と駆動磁石９２は

、異なる極性間に磁気カップリング力（磁氣的結合力）を生じさせることで磁気カップリング機構 94 を形成する。これによりポンプ装置 10 の制御部 24 は、ユーザが設定した制御内容に基づきモータ機構 80 を回転させることで、インペラ 14 を連れ回りさせる。

[0066] インペラ 14 は、回転時に遠心力を生じさせることで、血液を流動させる。図 9 に示すように、インペラ 14 の回転時に、流入路 34 a から内部空間 32 に流入した血液は、フィン部 60 の回転により径方向外側に流れる。そして血液は、上空間 32 a の径方向外側から下空間 32 b に入り込む。この血液は、外周壁部 38 と従動回転構造部 62 の間を下側（底部 42 側）に流通し、底部 42 と従動回転構造部 62 との間で径方向内側に向かう。さらに血液は、軸部 46 と従動回転構造部 62 との間で上側（フィン部 60 側）に向かい、上側隙間 66 a から複数のウオッシュアウトホール 67 を介して上空間 32 a に戻る。

[0067] ここで、ポンプ装置 10 は、インペラ 14 の回転時に、底部 42 と従動回転構造部 62 との間にアキシャル動圧軸受 100 を形成し、軸部 46 と従動回転構造部 62 の間にラジアル動圧軸受 110 を形成する。具体的には、インペラ 14 は図 1 中の反時計回りに回転する。底面 42 a に設けられた複数のアキシャル動圧溝 102 は、外端 106 から内端 104 に向かって反時計回りに延在しており、血液をインペラ 14 の回転方向に沿わせつつ、径方向内側に流動させる。この際、各アキシャル動圧溝 102 の外端 106 が外周壁部 38 の内周面 38 a まで延在していることで、アキシャル動圧溝 102 に血液をスムーズに流入させる。各アキシャル動圧溝 102 は、円弧外縁 103 a 側の延在方向に沿って血液が上側（流入口 34 a 2 側）に向かう動圧力を生じさせる。この動圧力からなるアキシャル動圧軸受 100 は、インペラ 14 の回転に伴ってインペラ 14 を底部 42 から離間させる。

[0068] ただし、ポンプ本体 20 のハウジング側反発磁石 52 とインペラ側反発磁石 76 とは、相互に反発し合う反発機構 78 を構成している。この反発機構 78 により流入口 34 a 2 から離れる方向に押さえられるため、インペラ 1

4は、アキシャル動圧軸受100により浮上しても、底部42から適度に離れた高さ位置（図9中の間隔11' 参照：間隔11' > 間隔11）で安定的に回転するようになる。

[0069] そして、各アキシャル動圧溝102の内端104に移動した血液は、各アキシャル動圧溝102に連続する各ラジアル動圧溝112に円滑に流通する。すなわち、内端104と下端114が連続（連通）していることで、血液は、各アキシャル動圧溝102の端部への滞留等が抑制されて、ラジアル動圧溝112に流れることができる。

[0070] 各ラジアル動圧溝112の下端114に移動した血液は、各ラジアル動圧溝112により上側（流入口34a2側）に流動しつつ、インペラ14の回転方向（反時計回り）に沿って流動する。血液は、各ラジアル動圧溝112の第1縁113aにおいて径方向外側に向かう（従動回転構造部62をラジアル方向に離間させる）動圧力を生じさせる。これにより、ポンプ装置10は、軸部46に対してインペラ14を非接触に回転させる。その結果、ポンプ装置10は、インペラ14の軸心Siを本体側ハウジング28の軸心Stに一致させつつ、インペラ14の回転姿勢を安定的に保つことができる。

[0071] また、各ラジアル動圧溝112に移動した血液は、各ラジアル動圧溝112の上端116が開放していることで、軸部46（内周壁部40）よりも上方に血液を良好に流出させる。すなわち、各ラジアル動圧溝112でも血液の滞留が抑制される。

[0072] 上側隙間66aに移動した血液は、インペラ14が座部50から浮上していることで、円錐壁部66の内側を周回しつつ各ウオッシュアウトホール67を介して上空間32aに移動する。そして、上空間32aにおいてインペラ14の遠心力を受けて流出口36a2に流入した血液は、流出ポート36を介して送血チューブ18に送出される。

[0073] なお、本発明は、上記の実施形態に限定されず、発明の要旨に沿って種々の改変が可能である。例えば、ポンプ装置10は、血液を流動させる装置に限定されず、適宜の改変を施すことにより、他の細胞液や薬液等の流体を流

動させる構成でもよい。

[0074] また、ポンプ装置 10 は、アキシャル動圧溝 102 の形成本数と、ラジアル動圧溝 112 の形成本数とが異なってもよい。換言すれば、ポンプ装置 10 は、全てのアキシャル動圧溝 102 とラジアル動圧溝 112 が連続する構成に限定されず、少なくとも 1 本のアキシャル動圧溝 102 と 1 本のラジアル動圧溝 112 が連続していればよい。

[0075] 例えば、ポンプ装置 10 は、複数のラジアル動圧溝 112 及び複数のアキシャル動圧溝 102 をインペラ 14 側に備えた構成でもよい。つまり、ポンプ装置 10 は、従動回転構造部 62 の底部対向面 63b に各アキシャル動圧溝 102 を備えると共に、従動回転構造部 62 の軸部対向面 63c に各ラジアル動圧溝 112 を備えた構成とすることができる。この場合でも各アキシャル動圧溝 102 の内端 104 と各ラジアル動圧溝 112 の下端 114 とを連続した構成であれば、上記と同様の効果を得ることができる。また、ポンプ装置 10 は、各アキシャル動圧溝 102 及び各ラジアル動圧溝 112 を、インペラ 14 側及び本体側ハウジング 28 側の両方に備えた構成でもよい。

[0076] また、アキシャル動圧溝 102 は、インペラ 14 の回転軸方向の一方面である底面 42a に形成されることに限定されない。例えば、ポンプ装置 10 は、インペラ 14 がシュラウドを有する構成において、当該シュラウド、又はシュラウドに対向するハウジング 26 の天井面の少なくとも一方に、アキシャル動圧溝 102 を有する構成でもよい。

[0077] さらに例えば、ポンプ装置 10 は、軸心 S_i （インペラ 14 の回転軸方向）に対して軸部 46 の内周壁部 40 が僅かに傾斜して形成されることで、各ラジアル動圧溝 112 も軸心 S_i に対して傾斜した構成であってもよい。これにより、インペラ 14 の回転時にインペラ 14 が浮上した際に、内周壁部 40 の外周面 40a と従動回転構造部 62 の軸部対向面 63c の間隔 l_2 を広げることができる。ポンプ装置 10 は、間隔 l_2 が狭いことで生じるせん断力を抑えて、溶血の発生を低減することが可能となる。

[0078] 上記の実施形態から把握し得る技術的思想及び効果について以下に記載す

る。

[0079] 本発明の一態様は、流体を流入及び流出させるハウジング26と、ハウジング26内に收容され、ハウジング26内に設けられた軸部46に軸支され回転するインペラ14と、を備えるポンプ装置10であって、ハウジング26内におけるインペラ14の回転軸方向の一方面（底面42a）、及び一方面に対向するインペラ14の第1対向面（底部対向面63b）のいずれか一方に、アキシャル方向に動圧力を生じさせる複数のアキシャル動圧溝102を有すると共に、一方面に連なる軸部46の外周面40a、及び外周面40aに対向するインペラ14の第2対向面（軸部対向面63c）のいずれか一方に、ラジアル方向に動圧力を生じさせる複数のラジアル動圧溝112を有し、複数のアキシャル動圧溝102と複数のラジアル動圧溝112は、インペラ14及びハウジング26のうち同じ部材に設けられ、複数のアキシャル動圧溝102の一端（内端104）の各々と複数のラジアル動圧溝112の一端（下端114）の各々が互いに連続している。

[0080] 上記によれば、ポンプ装置10は、各アキシャル動圧溝102の一端（内端104）と各ラジアル動圧溝112の一端（下端114）とが互いに連続していることで、各アキシャル動圧溝102と各ラジアル動圧溝112の間で安定的且つ円滑に流体を流動させることができる。すなわち、ポンプ装置10は、動圧溝の一端に対する流体の滞留を抑制することが可能となる。特に流体が血液である場合に、各アキシャル動圧溝102と各ラジアル動圧溝112の境界部分において血液が滞留されずに円滑に流れることで、滞留に起因した血栓形成が抑制される。また、ポンプ装置10は、2方向の動圧軸受の形成によりインペラ14の回転姿勢が一層安定化するので、インペラ14の回転姿勢が傾くことによる血栓や溶血の発生も大幅に低減することができる。

[0081] また、複数のアキシャル動圧溝102及び複数のラジアル動圧溝112は、ハウジング26に形成されている。これにより、ポンプ装置10は、ハウジング26からインペラ14に動圧力が生じることになり、インペラ14の

回転姿勢をより安定化させることができる。

[0082] また、複数のラジアル動圧溝 112 は、複数のアキシャル動圧溝 102 と同一数形成され、アキシャル動圧溝 102 の一端（内端 104）の各々に連なっている。これにより、ポンプ装置 10 は、一方面（底面 42a）と第 1 対向面（底部対向面 63b）の間及び外周面 40a と第 2 対向面（軸部対向面 63c）との間において流体を一層均等的に流動させることができ、インペラ 14 を安定的に回転させることができる。

[0083] また、複数のラジアル動圧溝 112 は、インペラ 14 の回転軸方向に沿って直線状に延在している。これにより、ポンプ装置 10 は、ラジアル動圧溝 112 に沿って流体を一層円滑に流動させることができる。

[0084] また、複数のラジアル動圧溝 112 は、外周面 40a の縁又は第 2 対向面（軸部対向面 63c）の縁まで延在している。これにより、ラジアル動圧溝 112 は、インペラ 14 の回転時に、インペラ 14 の回転軸方向に長いラジアル動圧軸受 110 を形成することができ、軸部 46 に対するインペラ 14 の非接触状態をより良好に維持することが可能となる。

[0085] また、複数のアキシャル動圧溝 102 の長手方向長さは、一方面（底面 42a）の径方向長さの 2 倍以上である。これにより、アキシャル動圧溝 102 は、十分に長い範囲にわたってアキシャル方向の動圧力を発生させることが可能となり、ハウジング 26 とインペラ 14 を安定的に非接触状態とすることができる。

[0086] また、軸部 46 の接線 T に対する複数のアキシャル動圧溝 102 の傾斜角度 θ は、 $5^{\circ} \sim 30^{\circ}$ の範囲に設定されている。これにより、ポンプ装置 10 は、インペラ 14 の回転に伴う動圧力を適切に生じさせつつ、アキシャル動圧溝 102 の長手方向長さを確保することができる。

[0087] また、インペラ 14 は、インペラ側反発磁石 76 を有する一方で、ハウジング 26 は、インペラ側反発磁石 76 との間でアキシャル方向の動圧力と反対方向に反発力を生じさせるハウジング側反発磁石 52 を有する。インペラ側反発磁石 76 及びハウジング側反発磁石 52 の反発力により、ポンプ装置

10は、アキシャル方向の動圧力に伴いインペラ14がハウジング26から大きく離間することを良好に抑制しつつ、インペラ14を安定的に回転させることができる。

[0088] また、複数のアキシャル動圧溝102は、インペラ14の回転軸方向に沿った平面視で、円弧状に形成され、複数のアキシャル動圧溝102の一端の円弧外縁103a及び円弧内縁103bは、複数のラジアル動圧溝112の縁部（第1縁113a、第2縁113b）に連続する箇所に丸角部103a1、103b1を有する。これにより、ポンプ装置10は、複数のアキシャル動圧溝102と複数のラジアル動圧溝112との間（アキシャル動圧溝端部）における流体の滞留をより一層良好に抑制することができる。

請求の範囲

- [請求項1] 流体を流入及び流出させるハウジングと、
 前記ハウジング内に收容され、前記ハウジング内に設けられた軸部に軸支され回転するインペラと、を備えるポンプ装置であって、
 前記ハウジング内における前記インペラの回転軸方向の一方面、及び前記一方面に対向する前記インペラの第1対向面のいずれか一方に、アキシャル方向に動圧力を生じさせる複数のアキシャル動圧溝を有すると共に、
 前記一方面に連なる前記軸部の外周面、及び前記外周面に対向する前記インペラの第2対向面のいずれか一方に、ラジアル方向に動圧力を生じさせる複数のラジアル動圧溝を有し、
 前記複数のアキシャル動圧溝と前記複数のラジアル動圧溝は、前記インペラ及び前記ハウジングのうち同じ部材に設けられ、
 且つ前記複数のアキシャル動圧溝の一端の各々と前記複数のラジアル動圧溝の一端の各々が互いに連続している
 ポンプ装置。
- [請求項2] 請求項1記載のポンプ装置において、
 前記複数のアキシャル動圧溝及び前記複数のラジアル動圧溝は、前記ハウジングに形成されている
 ポンプ装置。
- [請求項3] 請求項1又は2記載のポンプ装置において、
 前記複数のラジアル動圧溝は、前記複数のアキシャル動圧溝と同一数形成され、アキシャル動圧溝の一端の各々に連なっている
 ポンプ装置。
- [請求項4] 請求項1～3のいずれか1項に記載のポンプ装置において、
 前記複数のラジアル動圧溝は、前記インペラの回転軸方向に沿って直線状に延在している
 ポンプ装置。

- [請求項5] 請求項1～4のいずれか1項に記載のポンプ装置において、
前記複数のラジアル動圧溝は、前記外周面の縁又は前記第2対向面の縁まで延在している
ポンプ装置。
- [請求項6] 請求項1～5のいずれか1項に記載のポンプ装置において、
前記複数のアキシャル動圧溝の長手方向長さは、前記一方向の径方向長さの2倍以上である
ポンプ装置。
- [請求項7] 請求項6に記載のポンプ装置において、
前記軸部の接線に対する前記複数のアキシャル動圧溝の傾斜角度は、 $5^{\circ} \sim 30^{\circ}$ の範囲に設定されている
ポンプ装置。
- [請求項8] 請求項1～7のいずれか1項に記載のポンプ装置において、
前記インペラは、インペラ側反発磁石を有する一方で、
前記ハウジングは、前記インペラ側反発磁石との間で前記アキシャル方向の動圧力と反対方向に反発力を生じさせるハウジング側反発磁石を有する
ポンプ装置。
- [請求項9] 請求項1～8のいずれか1項に記載のポンプ装置において、
前記複数のアキシャル動圧溝は、前記インペラの回転軸方向に沿った平面視で、円弧状に形成され、
前記複数のアキシャル動圧溝の一端の円弧外縁及び円弧内縁は、前記複数のラジアル動圧溝の縁部に連続する箇所に丸角部を有する
ポンプ装置。

FIG. 4A

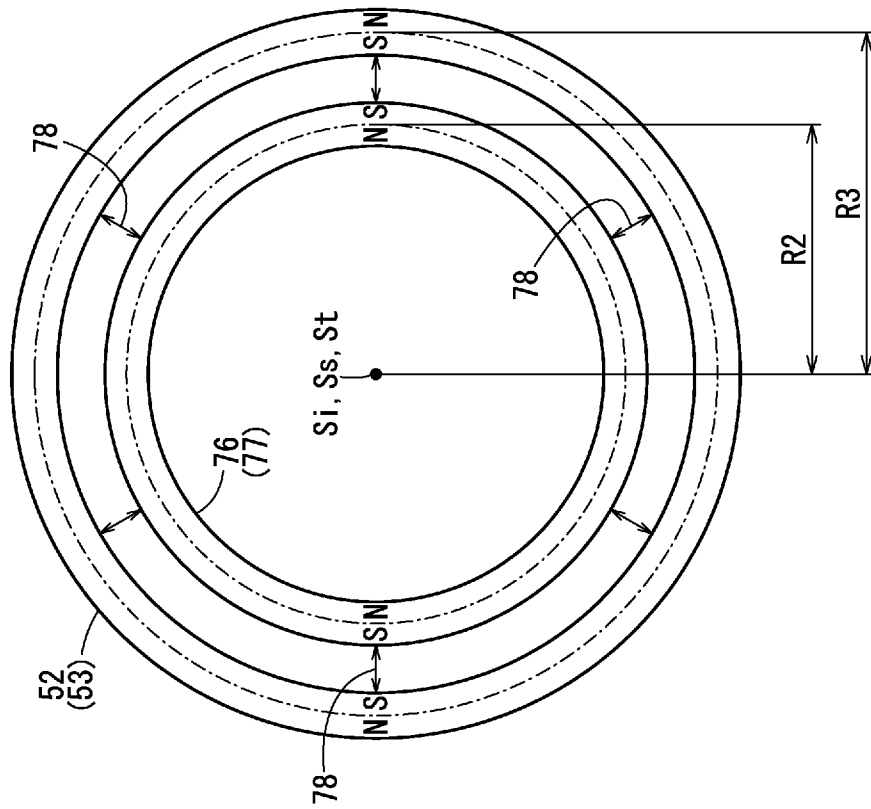
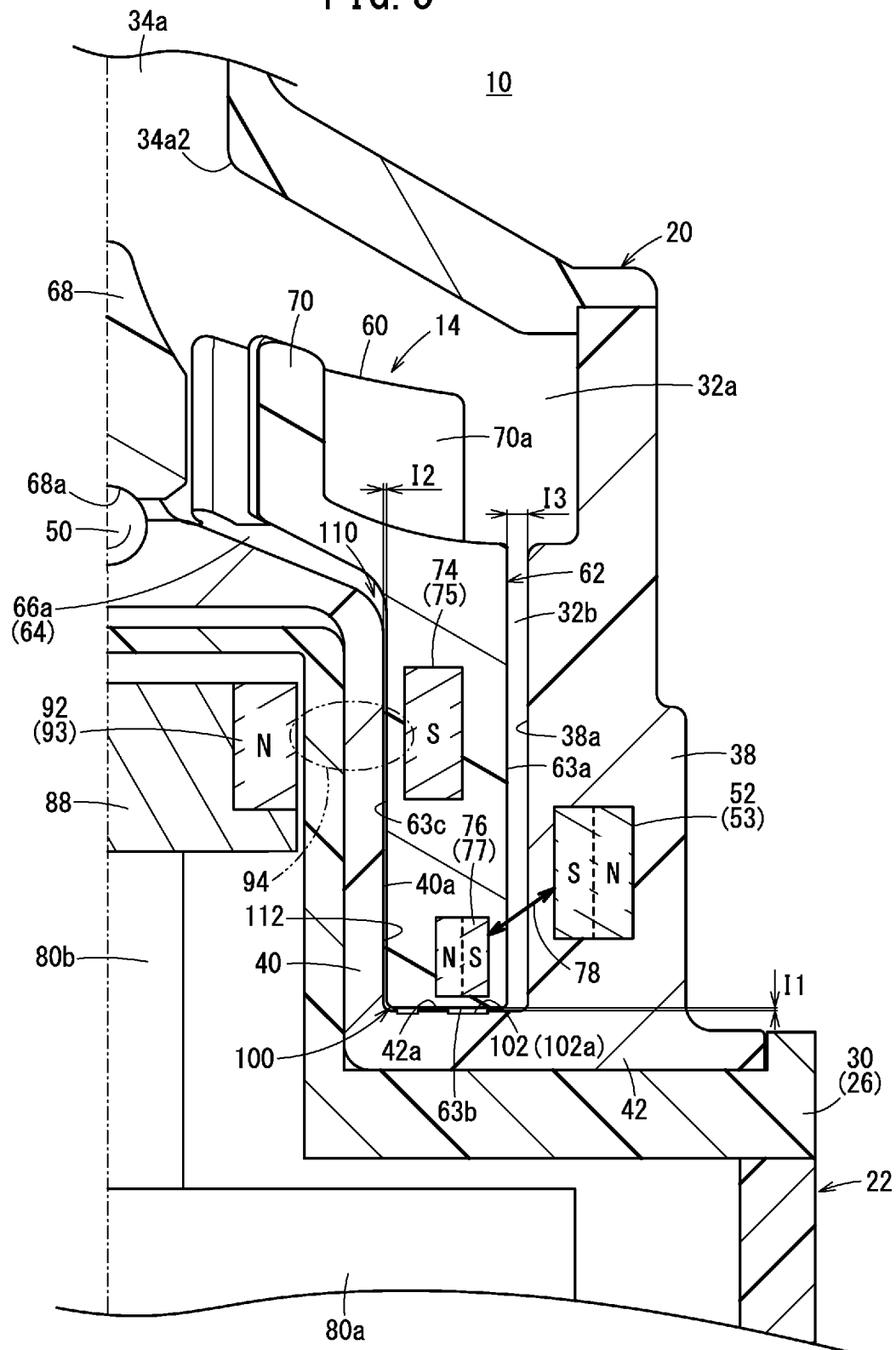


FIG. 5



[図6]

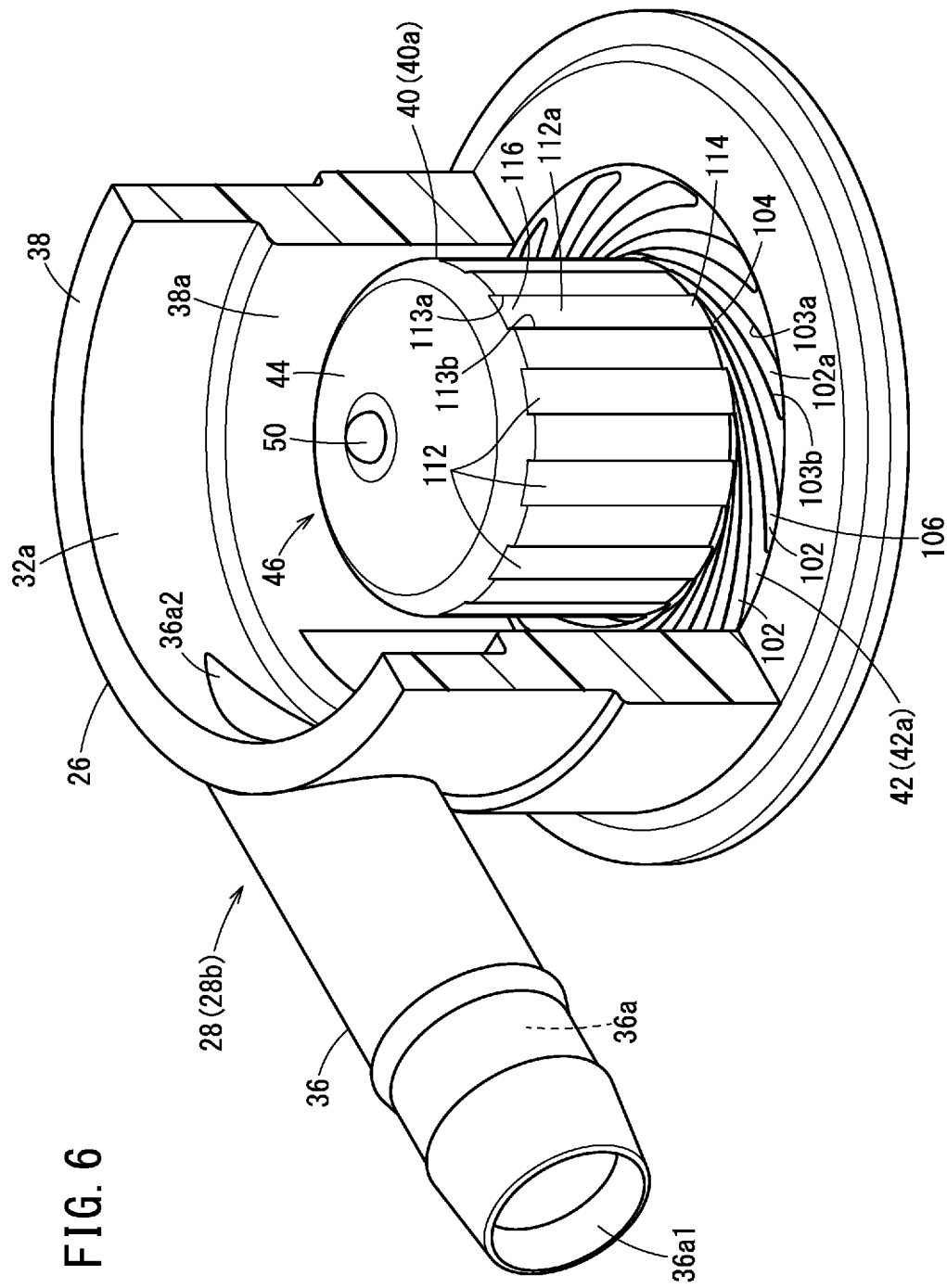
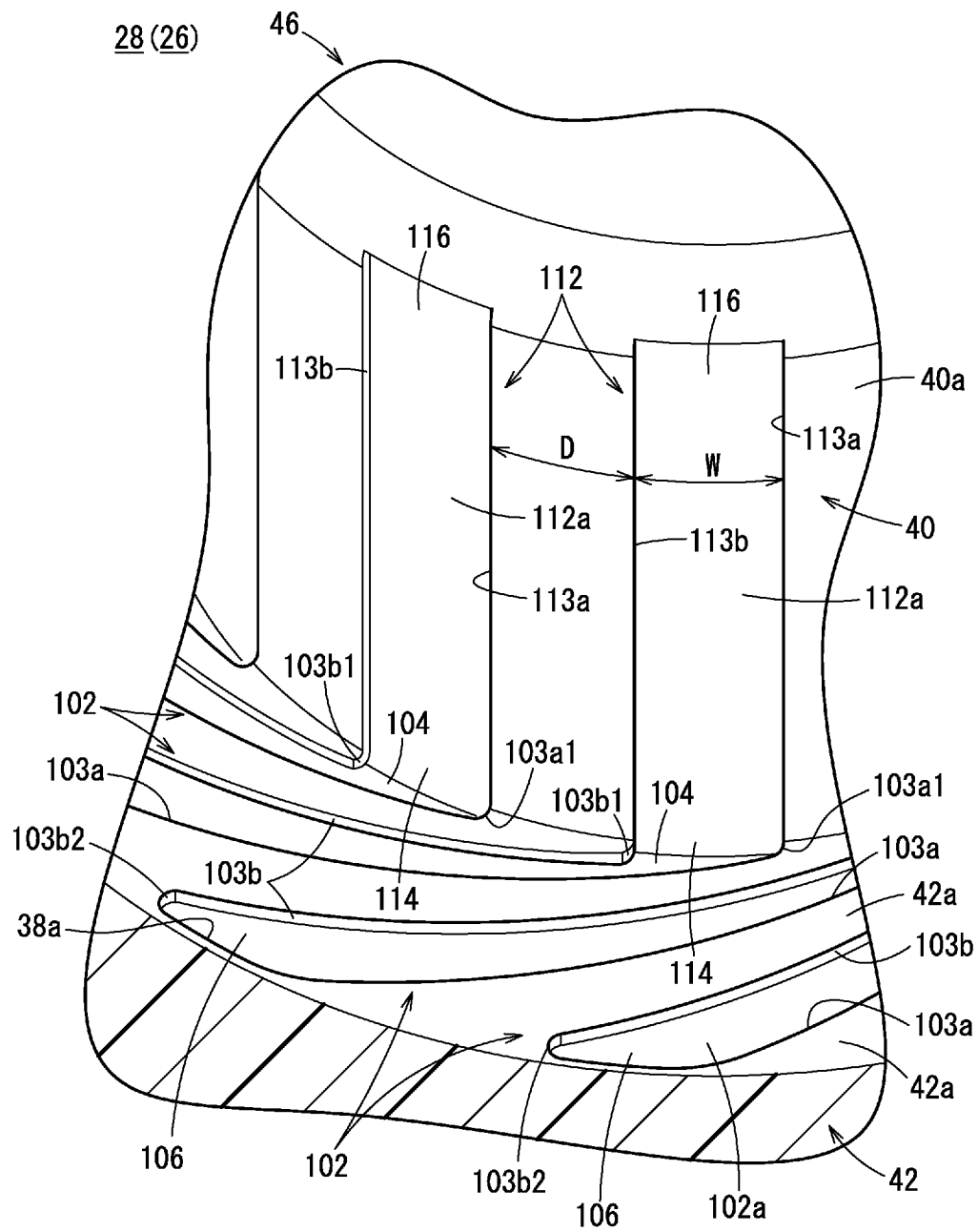


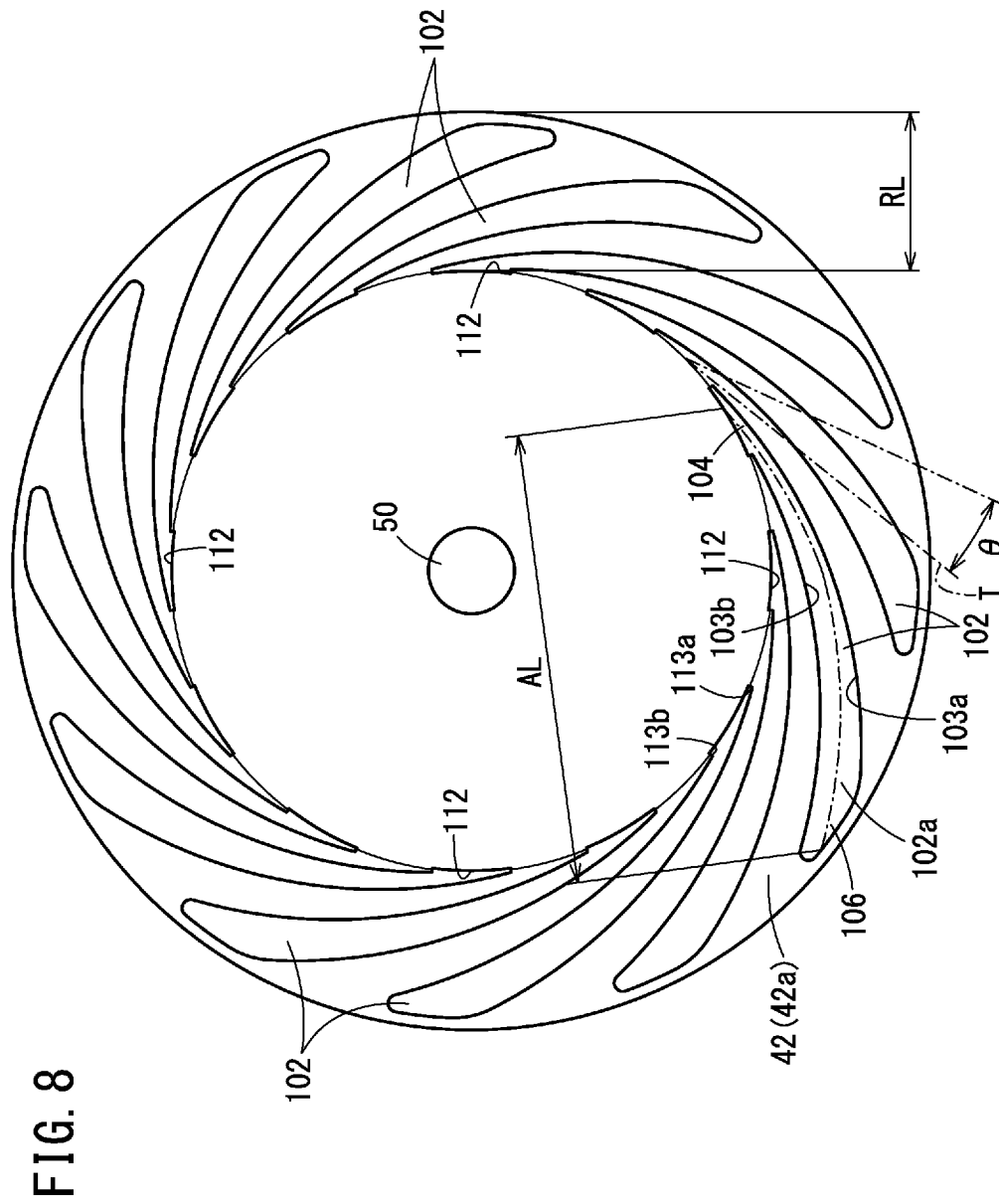
FIG. 6

[図7]

FIG. 7

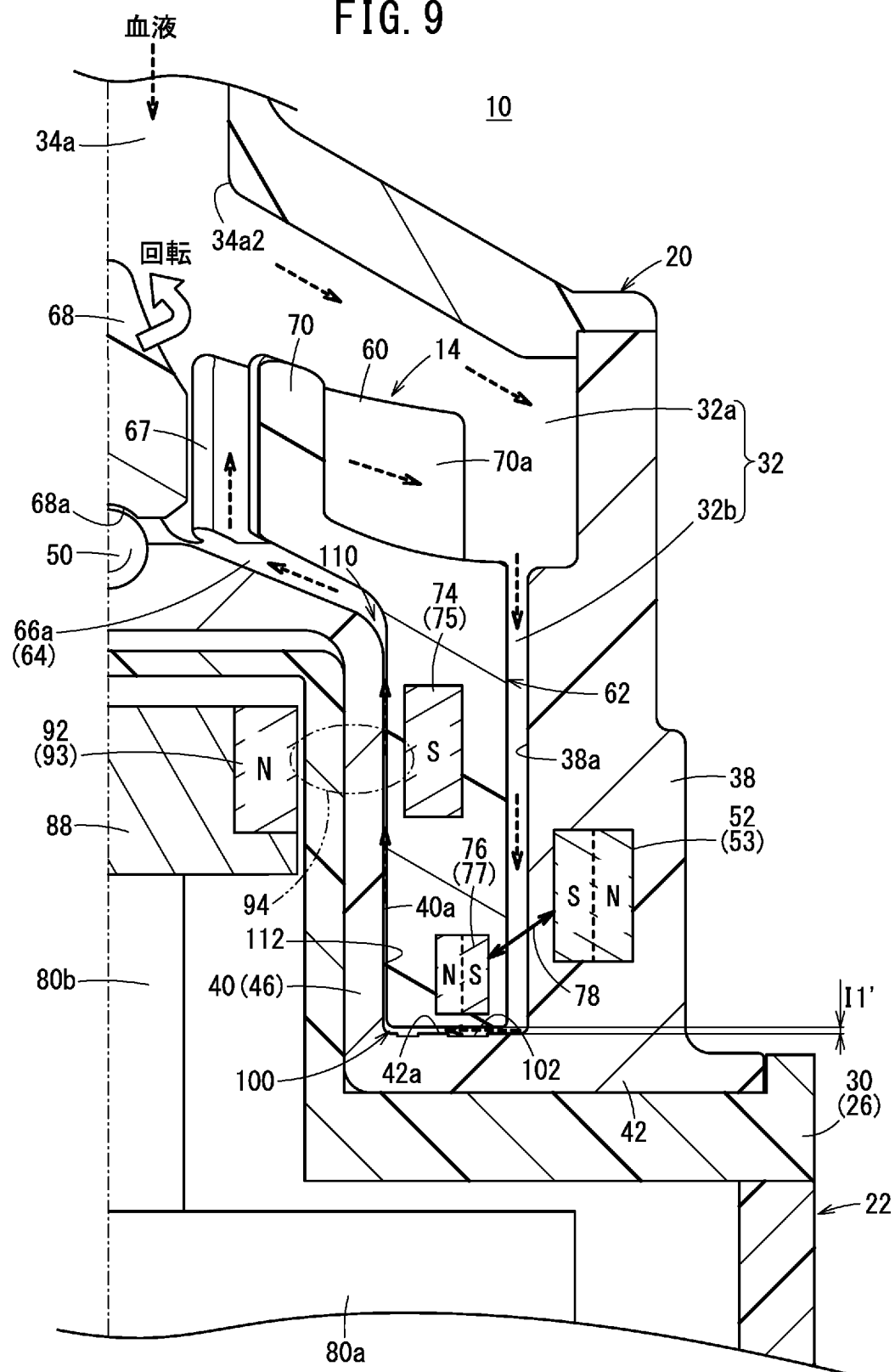


[図8]



[図9]

FIG. 9



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2021/026562

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**A61M 60/824**(2021.01)i

FI: A61M60/824

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)

A61M60/824

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

Published examined utility model applications of Japan 1922-1996
 Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2021
 Registered utility model specifications of Japan 1996-2021
 Published registered utility model applications of Japan 1994-2021

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.
X	JP 2004-245303 A (MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD.) 02 September 2004 (2004-09-02)	1-3, 5-6
Y	paragraphs [0004], [0026]-[0030], [0034], [0035], fig. 1, 6-8	1-9
Y	JP 2013-213413 A (NATIONAL INSTITUTE OF ADVANCED INDUSTRIAL SCIENCE AND TECHNOLOGY) 17 October 2013 (2013-10-17)	1-9
	paragraph [0009], fig. 1-3	
Y	JP 2018-204610 A (NTN CORP.) 27 December 2018 (2018-12-27)	4-9
	paragraph [0039]	
Y	WO 2019/044738 A1 (TERUMO CORP.) 07 March 2019 (2019-03-07)	8-9
	paragraphs [0040]-[0042], fig. 3	
A	JP 2003-24434 A (NATIONAL INSTITUTE OF ADVANCED INDUSTRIAL SCIENCE AND TECHNOLOGY) 28 January 2003 (2003-01-28)	1



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

17 September 2021

Date of mailing of the international search report

28 September 2021

Name and mailing address of the ISA/JP

Japan Patent Office (ISA/JP)
 3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915
 Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2021/026562

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP	2004-245303	A	02 September 2004	(Family: none)	
JP	2013-213413	A	17 October 2013	(Family: none)	
JP	2018-204610	A	27 December 2018	(Family: none)	
WO	2019/044738	A1	07 March 2019	US 2020/0155740 A1 paragraphs [0046]-[0048], fig. 3	
JP	2003-24434	A	28 January 2003	US 2004/0236420 A1 WO 2003/006088 A1	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） A61M 60/824(2021.01)i FI: A61M60/824														
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（IPC）） A61M60/824 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 <table border="0"> <tr> <td>日本国実用新案公報</td> <td>1922 - 1996年</td> </tr> <tr> <td>日本国公開実用新案公報</td> <td>1971 - 2021年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996 - 2021年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994 - 2021年</td> </tr> </table> 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）			日本国実用新案公報	1922 - 1996年	日本国公開実用新案公報	1971 - 2021年	日本国実用新案登録公報	1996 - 2021年	日本国登録実用新案公報	1994 - 2021年				
日本国実用新案公報	1922 - 1996年													
日本国公開実用新案公報	1971 - 2021年													
日本国実用新案登録公報	1996 - 2021年													
日本国登録実用新案公報	1994 - 2021年													
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												
X	JP 2004-245303 A（三菱重工業株式会社）02.09.2004（2004 - 09 - 02） 段落0004, 0026-0030, 0034-0035, 図1, 6-8	1-3, 5-6												
Y		1-9												
Y	JP 2013-213413 A（独立行政法人産業技術総合研究所）17.10.2013（2013 - 10 - 17） 段落0009, 図1-3	1-9												
Y	JP 2018-204610 A（NTN株式会社）27.12.2018（2018 - 12 - 27） 段落0039	4-9												
Y	WO 2019/044738 A1（テルモ株式会社）07.03.2019（2019 - 03 - 07） 段落0040-0042, 図3	8-9												
A	JP 2003-24434 A（独立行政法人産業技術総合研究所）28.01.2003（2003 - 01 - 28）	1												
☐ 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。														
<table border="0"> <tr> <td>* 引用文献のカテゴリー</td> <td>“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抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの</td> </tr> <tr> <td>“A” 特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの</td> <td>“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</td> </tr> <tr> <td>“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</td> <td>“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</td> </tr> <tr> <td>“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）</td> <td>“&” 同一パテントファミリー文献</td> </tr> <tr> <td>“O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献</td> <td></td> </tr> <tr> <td>“P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献</td> <td></td> </tr> </table>			* 引用文献のカテゴリー	“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抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの	“A” 特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの	“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	“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	“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	“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）	“&” 同一パテントファミリー文献	“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の日の後に公表された文献	
* 引用文献のカテゴリー	“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抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの													
“A” 特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの	“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													
“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	“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													
“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）	“&” 同一パテントファミリー文献													
“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の日の後に公表された文献														
国際調査を完了した日 17.09.2021	国際調査報告の発送日 28.09.2021													
名称及びあて先 日本国特許庁(ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	権限のある職員（特許庁審査官） 胡谷 佳津志 3S 3944 電話番号 03-3581-1101 内線 3398													

国際調査報告
 パテントファミリーに関する情報

国際出願番号

PCT/JP2021/026562

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP	2004-245303	A	02.09.2004	(ファミリーなし)	
JP	2013-213413	A	17.10.2013	(ファミリーなし)	
JP	2018-204610	A	27.12.2018	(ファミリーなし)	
WO	2019/044738	A1	07.03.2019	US 2020/0155740 A1	
				段落0046-0048, 図3	
JP	2003-24434	A	28.01.2003	US 2004/0236420 A1	
				WO 2003/006088 A1	