

(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
2020年8月27日(27.08.2020)



(10) 国際公開番号

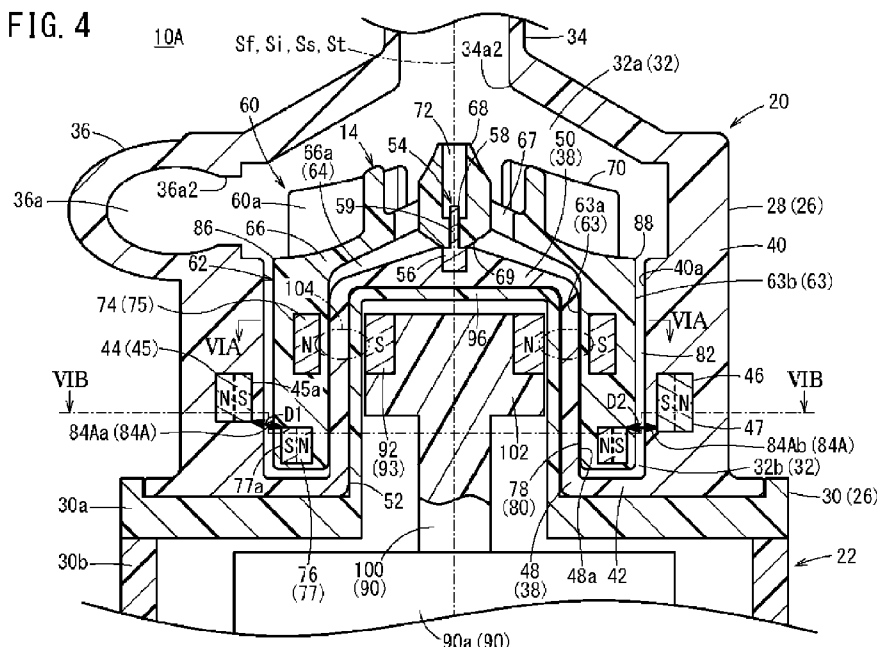
WO 2020/170941 A1

- (51) 国際特許分類:
F04D 13/02 (2006.01) *A61M 1/10* (2006.01)
F16C 17/02 (2006.01) *F04D 29/047* (2006.01)
F16C 32/00 (2006.01) *F04D 29/048* (2006.01)
F16C 32/04 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2020/005605
- (22) 国際出願日: 2020年2月13日(13.02.2020)
- (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 2019-027058 2019年2月19日(19.02.2019) 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1500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 16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,

(54) Title: PUMP DEVICE

(54) 発明の名称: ポンプ装置

FIG. 4



(57) Abstract: A pump device (10A) is provided with an impeller (14) and a housing (26). The housing (26) includes a fixed-side repulsion magnet (44) arranged in such a way as to encircle an internal space (32) inside an outer circumferential wall (40). The impeller (14) includes a movable-side repulsion magnet (76) forming a repulsion mechanism (84A) for generating a repulsive force between the movable-side repulsion magnet (76) and the fixed-side repulsion magnet (44). A dynamic pressure bearing (78) for generating dynamic pressure in a radial direction when the impeller (14) rotates is



HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, 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, 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:

- 国際調査報告 (条約第21条(3))

formed between a side circumferential surface (63) of the impeller (14) and an opposing surface (48a) of the housing (26).

(57) 要約: ポンプ装置 (10A) は、インペラ (14) 及びハウジング (26) を備える。ハウジング (26) は、外周壁 (40) 内で内部空間 (32) を周回するように配置される固定側反発磁石 (44) を有する。インペラ (14) は、固定側反発磁石 (44) との間で反発力を生じさせる反発機構 (84A) を形成する可動側反発磁石 (76) を有する。インペラ (14) の側周面 (63) と、ハウジング (26) の対向面 (48a) との間には、インペラ (14) の回転時にラジアル方向の動圧力を生じる動圧軸受 (78) を形成する。

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] 患者の血液（流体）を流動させる人工心肺装置において、ポンプ装置は血液循環の動力源として使用される。例えば、特開２０１２－２１４１３号公報には、ハウジング内に設けられたインペラを回転させ、こ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、ハウジングから血液を吐出する遠心式ポンプ装置が開示されている。

[0003] 特開２０１２－２１４１３号公報に開示のポンプ装置は、モータ室とインペラの間で磁気カップリングを形成して、インペラの磁石（永久磁石）を下側に吸引しつつインペラを回転させる。また、このポンプ装置は、ハウジングの上部及びインペラの上部（磁気カップリングの形成箇所と反対側）に磁石を各々備える。これにより、インペラの上下において磁石の吸引力が発生し、血液室の略中央付近においてインペラが釣り合った状態で回転する。

発明の概要

[0004] ところで、この種のポンプ装置は、ハウジング内の流出口（アウトフロー）側から血液が流出することで、流出口付近の血液の陰圧が高くなる。このため、インペラの回転時の姿勢は、流出口側付近のインペラ自体が低くなる一方で、回転軸を挟んだ流出口と反対側のインペラ自体が高くなるように傾斜してしまう。このように、インペラが傾斜すると血液の流動に悪影響を及ぼす可能性がある。

[0005] 特に、ポンプ装置は、インペラと接する部分が少なくなる細い軸受部を採用した構成において、血液の圧力差の影響を受けるとインペラの姿勢が簡単に傾く。そして、インペラが傾斜したまま回転を継続すると、軸受部に負担がかかり続けて破損する（すなわち、ポンプ装置の耐久性が低下する）原因

ともなる。

[0006] 本発明は、上記のポンプ装置の技術に関連してなされたものであり、インペラを安定的な姿勢で回転させることにより、流体を良好に流動させると共に、耐久性を高め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、インペラと、前記インペラを収容する内部空間、及び前記インペラを回転自在に軸支する軸受部を有するハウジングとを備えるポンプ装置であって、前記ハウジングは、当該ハウジングの壁部内で前記内部空間を周回するように配置される固定側反発磁石を有し、前記インペラは、前記固定側反発磁石との間で反発力を生じさせる反発機構を形成する可動側反発磁石を有し、前記インペラの側周面と、当該インペラの側周面に対向する前記ハウジングの対向面との間には、前記インペラの回転時に前記内部空間を流動する流体によりラジアル方向の動圧力を生じる動圧軸受を形成する。

[0008] 上記のポンプ装置は、インペラの側周面とハウジングの対向面との間にラジアル方向の動圧力を生じる動圧軸受を形成することで、ハウジングに対しインペラを非接触で回転させることができる。しかも、固定側反発磁石と可動側反発磁石が反発機構を構成しているので、動圧軸受と反発機構の2箇所分散してインペラを軸支することが可能となる。これにより、ポンプ装置は、流体を良好に流動させると共に、インペラが回転時に軸受部にかける負荷を抑制して、耐久性を高めることができる。

図面の簡単な説明

[0009] [図1]本発明の第1実施形態に係るポンプ装置の全体構成を示す斜視図である。

[図2]ポンプ装置のポンプ本体と駆動装置の分離状態を示す図1のⅠⅠ－ⅠⅠ線断面図である。

[図3]図2のⅠⅠⅠ－ⅠⅠⅠ線断面図である。

[図4]ポンプ装置の要部を示す側面断面図である。

[図5]図5Aは、インペラのシース及び軸受部を拡大して示す側面断面図であ

る。図 5 B は、インペラの回転時のシースの浮上状態を示す側面断面図である。

[図6]図 6 A は、駆動磁石と従動磁石の磁気カップリング機構を示す図 4 の V I A - V I A 線断面図である。図 6 B は、固定側反発磁石と可動側反発磁石の反発機構を示す図 4 の V I B - V I B 線断面図である。

[図7]インペラとハウジングの動圧軸受を拡大して示す側面断面図である。

[図8]固定側反発磁石を下側から見た斜視図である。

[図9]インペラを回転した際のポンプ装置の血液の流動を示す側面断面図である。

[図10]第 2 実施形態に係るポンプ装置の要部を示す側面断面図である。

[図11]第 3 実施形態に係るポンプ装置の要部を示す側面断面図である。

[図12]第 4 実施形態に係るポンプ装置の要部を示す側面断面図である。

[図13]第 5 実施形態に係るポンプ装置の要部を示す側面断面図である。

[図14]図 1 4 A は、第 6 実施形態に係るポンプ装置の要部を示す側面断面図である。図 1 4 B は、第 6 実施形態に係るポンプ装置においてインペラの中空部の別形態を示す側面断面図である。

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] [第 1 実施形態]

本発明の第 1 実施形態に係るポンプ装置 1 0 A は、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 1 2 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。図 1 に示すように、ポンプ装置 1 0 A は、インペラ 1 4 を装置内に有し、インペラ 1 4 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 1 2 は、脱血チューブ 1 6 及び送血チューブ 1 8 をポンプ装置 1 0 A 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している。脱血チューブ 1 6 は、脱血ルーメン 1 6 a を内部に有する。脱血チューブ

16の先端開口が適宜の生体器官（例えば、心臓の左心室）に留置されることで、ポンプ装置10Aは、脱血ルーメン16aを通して患者の血液を吸引する。送血チューブ18は、送血ルーメン18aを内部に有する。送血チューブ18の先端開口が適宜の生体器官（例えば、鎖骨下動脈）に留置されることで、ポンプ装置10Aは、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、ポンプ装置10A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。これにより、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い、この血液を患者の体内に戻す。

[0013] そして図2に示すように、ポンプ装置10A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10Aのハウジング26は、樹脂材料等により構成され、ポンプ本体20の外観を構成する本体側ハウジング28と、駆動装置22の外観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ディスポーザブルタイプに構成される。その一方で、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が回転自在に収容されると共に、血液の流入及び流出がなされる内部空間32を有する。本体側ハウジング28は、上部側が略円錐状で、下部側が略円筒状に形成されている。

- [0016] 本体側ハウジング２８の上部側の天井部且つ中心には、脱血チューブ１６に接続される血液流入ポート３４が設けられる。血液流入ポート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、血液流入ポート３４の突出端に設けられた開口３４ａ１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] また、本体側ハウジング２８の略円筒状の上部側には、送血チューブ１８に接続される血液流出ポート３６が設けられている。図３に示すように、血液流出ポート３６は、略円筒状の外周壁４０から接線方向に突出している。血液流出ポート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、血液流出ポート３６の突出端に設けられた開口３６ａ１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。
- [0018] 図４に示すように、内部空間３２は、本体側ハウジング２８の外形に応じた形状に形成される。内部空間３２の上部側（以下、上空間３２ａという）には、インペラ１４のフィン部６０が配置される。上空間３２ａは、本体側ハウジング２８の円錐部分の内面と円筒部分の上側部分の内面とで構成される。また、上空間３２ａの下部側中心部は、血液流入ポート３４の流入口３４ａ２に向かって突出した軸状部３８により構成される。
- [0019] 本体側ハウジング２８の略円筒状部分は、円筒状の外周壁４０と、本体側ハウジング２８の下端部を構成する底壁４２と、外周壁４０の内側に設けられた上記の軸状部３８とを含む。これにより、内部空間３２の下部側（以下、下空間３２ｂという）は、円筒状に形成され、後述するインペラ１４の従動回転構造部６２を回転自在に収容する。
- [0020] 外周壁４０の下部寄りには、固定側反発磁石４４が設置されている。固定側反発磁石４４は、インペラ１４に設けられた後記の可動側反発磁石７６との間で相互に反発し合う反発機構８４Ａを形成する。この固定側反発磁石４４の構成については、後に詳述する。
- [0021] 軸状部３８は、円筒状の内周壁４８と、内周壁４８の上端部に連結される

山形部 50 とを有し、内周壁 48 及び山形部 50 の内側に挿入穴 52 を形成している。下空間 32 b は、この挿入穴 52 の側方を周回している。挿入穴 52 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。

[0022] 軸状部 38 の山形部 50 は、円錐状を呈し、その中心部にはインペラ 14 を回転自在に軸支する軸受部 54 が設けられている。軸受部 54 は、金属材料により構成され、山形部 50 に固定される基部 56 と、基部 56 から上方向に突出し基部 56 よりも細く形成されたピン部 58 とを有する。軸受部 54 は、その軸心を延長した場合に、血液流入ポート 34 の流入口 34 a 2 の中心と重なり、この軸心は本体側ハウジング 28（軸状部 38、外周壁 40）の軸心 S_t ととも一致する。すなわち、軸受部 54 に軸支されるインペラ 14 の軸心 S_i は、理想的には本体側ハウジング 28 の軸心 S_t と同一となる。

[0023] 図 1 及び図 4 に示すように、インペラ 14 は、円筒状に形成され、本体側ハウジング 28 内で、上空間 32 a と下空間 32 b 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、軸状部 38 が配置される空間部 64 となっている。

[0024] 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 の中心で軸受部 54 に軸支されるシース 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 32 a に遠心力を生じさせる。円錐壁部 66 と一対の突出壁部 70 とで囲われる空間は、血液が流動する流通路 60 a となり、この流通路 60 a は上部が開放している。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 60 a が覆われる構成でもよい。

[0025] 図 5 A 及び図 5 B に示すように、円錐壁部 66 は、本体側ハウジング 28 の山形部 50 よりも急に傾斜し、且つその上面が弓形に湾曲している。その

ため、山形部50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。シース68の周囲の円錐壁部66には、円錐壁部66を貫通する複数（3つ）のウオッシュアウトホール67（図3も参照）が設けられている。ウオ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。

[0026] シース68は、円錐壁部66に滑らかに連なると共に、円錐壁部66よりも上方に向かって急激に傾斜する円錐状に形成されることで、突出壁部70よりも上側に突出している。シース68の下部側も、本体側ハウジング28にピン部58が固定される部分（基部56）に向かってテーパ状に突出するテーパ突出部69となっている。テーパ突出部69は、インペラ14の回転停止時に、その先細り端部69aが軸受部54の基部56の上面に狭い範囲で接触する。そしてインペラ14の回転時には、基部56の上面から先細り端部69aが浮上する。

[0027] シース68の中心部には、シース68の軸方向に沿って中空部72が形成されている。中空部72は、ピン部58が挿入されると共に、インペラ14の一方面側の上空間32aと当該一方面と反対面側の上側隙間66aを連通する。

[0028] 中空部72は、ピン部58が延在方向全体にわたって挿入される第1中空72aと、第1中空72aの上端に連通すると共に第1中空72aよりも大きな断面積を有する第2中空72bとを有する。すなわち、ピン部58は、インペラ14の回転停止時に、第1中空72aよりも上方に突出している。

[0029] 第1中空72aの直径は、軸受部54のピン部58の直径よりも若干大径に設計されている。このため、ピン部58の外周面58aと、第1中空72aを構成するシース68（インペラ14）の内周面68aとの間には、連通用隙間59が形成される。詳細には、第1中空72aの直径が0.8mm～1mmの範囲に設定される一方で、ピン部58の直径が0.7mm～0.9mmの範囲に設定されることが好ましい。また、ピン部58の外周面58aとインペラ14の内周面68aとの間隔は、0.1mm～0.2mmの範囲

に設定されるとよい。これにより、連通用隙間 59 を通して血液をスムーズに流動させることができる。

[0030] 第 1 中空 72 a の連通用隙間 59 は、シース 68 の内側の上側隙間 66 a と第 2 中空 72 b とを連通する。また、第 2 中空 72 b は、シース 68 の上端の開口まで延在する。従って、中空部 72 は、インペラ 14 の回転時に、ピン部 58 の外周面 58 a とシース 68 の内周面 68 a との間にすべり軸受を形成し、血液を流動させることができる。

[0031] なお、軸受部 54 とインペラ 14 の中空部 72 の構成は、上記に限定されず種々の構成をとり得る。例えば、インペラ 14 の内周面 68 a とピン部 58 の外周面 58 a のうち少なくとも一方には、親水性コーティングが施されていてもよい。これにより、血液が中空部 72（連通用隙間 59）に入り込み易くなる。

[0032] 図 3 及び図 4 に示すように、複数の突出壁部 70 は、ウォッシュアウトホール 67 の外側近傍位置から円錐壁部 66 の外縁付近まで延在している。各突出壁部 70 は、平面視で、若干湾曲して延在しており、これによりインペラ 14 の回転時には、流通路 60 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。

[0033] 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 に連なり、インペラ 14 の径方向に所定の厚みを有する円筒状に形成されている。インペラ 14 の平面視で、従動回転構造部 62 の直径は、例えば、20 mm～50 mm の範囲に設定される。本実施形態では、直径が 30 mm のインペラ 14 を適用している。

[0034] 従動回転構造部 62 は、インペラ 14 の軸心 S i に平行に延在する側周面 63（内周面 63 a、外周面 63 b）と、本体側ハウジング 28 の底壁 42 に対して非接触に対向する下端面とを有する。この従動回転構造部 62 の内部には、従動磁石 74 及び可動側反発磁石 76 が設置されている。

[0035] 従動磁石 74 は、ポンプ本体 20 と駆動装置 22 の装着状態で、駆動装置 22 の駆動磁石 92 と同一高さ位置に配置され、駆動磁石 92 との間で磁気

カップリング機構 104 を形成する。より具体的には、従動磁石 74 は、従動回転構造部 62 の上部側で、径方向内側（内周面 63a）寄りに固定される。また、従動磁石 74 の軸心に平行な軸方向長さ（厚み）は、駆動磁石 92 の軸方向長さと略同一に設計されている。

[0036] 図 6A に示すように、本実施形態に係る従動磁石 74 は、インペラ 14 の軸心 S_i に対し一定の半径 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る。従動側多極着磁リング磁石 75 の極性数は、図 6A 中において 6 つ（すなわち 3 つの対極）に設定されているが、これに限定されるものではない。

[0037] 従動磁石 74（従動側多極着磁リング磁石 75）を構成する材料としては、例えば、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 74 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によりリング状に形成されていてもよい。

[0038] 図 4 及び図 6B に示すように、可動側反発磁石 76 は、従動回転構造部 62 の下部側で、径方向外側（本体側ハウジング 28 の外周壁 40）寄りに固定される。つまり、従動磁石 74 の半径 R_1 に対し可動側反発磁石 76 の半径 R_2 のほうが長い。また、従動磁石 74 と可動側反発磁石 76 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 62 内で上下に大きく離間している。

[0039] 可動側反発磁石 76 は、インペラ 14 の軸心 S_i から所定距離離れた位置を周回する可動側内外周単極着磁リング磁石 77 に構成されている。可動側内外周単極着磁リング磁石 77 は、外周部の全周にわたって第 1 極性（図 4 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 4 中では N 極）を有するように着磁されたリング体である。すなわち、可動側反発磁石 76 の外周面は、周方向に沿って第 1 極性が常に存在する可動側反発面 77a となっている。

- [0040] 可動側反発磁石 7 6（可動側内外周単極着磁リング磁石 7 7）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。なお、可動側反発磁石 7 6 も、単極着磁リングとして構成されることに限定されず、内周部と外周部とに対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。
- [0041] また図 7 に示すように、ポンプ装置 1 0 A は、インペラ 1 4 の回転時において、従動回転構造部 6 2 の内周面 6 3 a と、内周面 6 3 a と対向する本体側ハウジング 2 8（軸状部 3 8）の内周壁 4 8 の対向面 4 8 a との間に動圧軸受 7 8 を形成する。具体的には、内周面 6 3 a と対向面 4 8 a との間に形成される第 1 隙間 8 0 が、従動回転構造部 6 2 の外周面 6 3 b と本体側ハウジング 2 8 の外周壁 4 0 の内周面 4 0 a との間に形成される第 2 隙間 8 2 よりも小さく形成されている。
- [0042] 第 1 隙間 8 0 の間隔 l_1 は、流動する流体の粘性にもよるが、例えば流体が血液の場合には 0. 0 5 mm ~ 0. 2 mm の範囲に設定される。内周面 6 3 a 及び対向面 4 8 a は、インペラ 1 4 や軸状部 3 8 の軸心 S_i 、 S_t に平行であり、従って第 1 隙間 8 0 は、内周面 6 3 a と対向面 4 8 a が対向する範囲にわたって形成される。インペラ 1 4 の軸心 S_i に沿って内周面 6 3 a と対向面 4 8 a が対向し合う軸方向の領域は、1 0 mm ~ 1 0 0 mm の範囲に設定されることが好ましい。
- [0043] 第 1 隙間 8 0 が上記の範囲内の寸法に設定されていることで、インペラ 1 4 が回転した場合に、内周面 6 3 a と対向面 4 8 a との間を流動する血液により浮力（動圧力）が発生する。つまり動圧軸受 7 8 は、インペラ 1 4 の軸心 S_i と直交するラジアル方向の荷重（ラジアル荷重）を支えるジャーナル軸受として機能する。例えば、動圧軸受 7 8 は、インペラ 1 4 が 3 0 0 0 r p m 以上で回転した際の第 1 隙間 8 0 を流動する血液により、軸状部 3 8 に対しインペラ 1 4 を確実に非接触とする。一方、第 2 隙間 8 2 の間隔 l_2 は、例えば 0. 8 mm ~ 1. 2 mm の範囲に設定される。
- [0044] このように、インペラ 1 4 は、シース 6 8 において軸受部 5 4 に軸支され

る箇所と、従動回転構造部 6 2 において軸状部 3 8 に軸支される箇所とを有する。これによりインペラ 1 4 の回転時に、インペラ 1 4 の軸心 S_i が本体側ハウジング 2 8 (軸状部 3 8) の軸心 S_t に対して傾くことが確実に抑制される。

[0045] そして、インペラ 1 4 の従動回転構造部 6 2 に対向する外周壁 4 0 には、上述したように固定側反発磁石 4 4 が設置される。図 4 及び図 6 B に示すように、固定側反発磁石 4 4 は、可動側反発磁石 7 6 よりも径方向外側且つ若干上方に位置している。すなわち、固定側反発磁石 4 4 は、本体側ハウジング 2 8 (外周壁 4 0) の軸心 S_t から最も離れた位置に配置されている。この固定側反発磁石 4 4 は、本体側ハウジング 2 8 の軸心 S_t から最も長い半径 R_3 で周回する固定側内外周単極着磁リング磁石 4 5 に構成されている。

[0046] 固定側内外周単極着磁リング磁石 4 5 は、外周部の全周にわたって第 1 極性 (図 4 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 4 中では S 極) を有するように着磁されたリング体である。すなわち、固定側反発磁石 4 4 の内周面は、可動側反発磁石 7 6 の極性と同じ極性が周方向に沿って常に存在する固定側反発面 4 5 a となっている。

[0047] この固定側反発磁石 4 4 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。なお、固定側反発磁石 4 4 も、単極着磁リングとして構成されることに限定されず、内周部と外周部とに対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。

[0048] 上記の可動側反発磁石 7 6 と固定側反発磁石 4 4 とで構成される反発機構 8 4 A は、外周壁 4 0 からインペラ 1 4 (可動側反発磁石 7 6) に向かって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。つまりインペラ 1 4 は、反発機構 8 4 A により流入口 3 4 a 2 から離間して軸受部 5 4 に押しつけられると共に、周方向全体で径方向内側に押し付けられる力を受ける。反発機構 8 4 A の反発力は、磁気カップリング機構 1 0 4 の引力よりも大きく設定されている。

[0049] そして、本実施形態に係る反発機構 8 4 A は、その周方向上において異な

る反発力を生じさせる。詳細には図 8 に示すように、固定側反発磁石 4 4 は、固定側反発磁石 4 4 の軸心 S f に沿った軸方向長さが一定で環状に延在する本体部分 4 6 と、本体部分 4 6 の一部分から下側に突出する凸部分 4 7 とを有する。凸部分 4 7 は、内部空間 3 2 に連通する血液流出ポート 3 6 の流出口 3 6 a 2 の形成箇所に対し、軸心 S f を挟んで反対側に配置される（図 3 も参照）。

[0050] ここで、血液流出ポート 3 6 の流出口 3 6 a 2 付近は、内部空間 3 2 から血液流出ポート 3 6 に血液を流出する内部空間 3 2 のアウトフロー側となる。既述したように、アウトフロー側は、血液が流出することで、その圧力が他の箇所よりも低くなる。特に内部空間 3 2 に血液が多量に流動すると、内部空間 3 2 の圧力分布に大きな不均衡が生じる。従来のポンプ装置では、このアウトフロー側の圧力低下に伴い、回転中のインペラのアウトフロー側が下方向に押し込まれる一方で、軸心 S i を挟んだアウトフロー側と反対側が上方向に上がる傾斜姿勢となってしまう、インペラの回転が不安定になる。

[0051] これに対し図 3、図 4 及び図 8 に示すように、ポンプ装置 1 0 A では、本体側ハウジング 2 8 に設置される固定側反発磁石 4 4 の凸部分 4 7 を、軸心 S i を挟んだアウトフロー側（以下、第 1 領域 8 6 という）と反対側（以下、第 2 領域 8 8 という）に配置している。第 1 領域 8 6 及び第 2 領域 8 8 の範囲は、流出口 3 6 a 2 とインペラ 1 4、本体側ハウジング 2 8 の軸心 S i、S t を結ぶ仮想線 L を引いた場合に、固定側反発磁石 4 4 と仮想線 L の交点を含み、交点から周方向両側に全周長の 1 / 1 0 程度にわたる範囲を言う。

[0052] これにより、第 1 領域 8 6 の固定側反発磁石 4 4 の本体部分 4 6 と回転中の可動側反発磁石 7 6 との第 1 距離 D 1 に対し、第 2 領域 8 8 の固定側反発磁石 4 4 の凸部分 4 7 と回転中の可動側反発磁石 7 6 との第 2 距離 D 2 のほうが短くなる。そのため、第 1 領域 8 6 の周辺部における反発機構 8 4 A a の反発力に対し、第 2 領域 8 8 の周辺部における反発機構 8 4 A b の反発力のほうが大きくなる。反発機構 8 4 A b によって、インペラ 1 4 の第 2 領域

８８は、他の箇所（凸部分４７が存在しない本体部分４６の箇所）よりも下方向に強く押されることで、インペラ１４が傾斜姿勢となることが抑制される。

[0053] 凸部分４７が本体部分４６から突出する突出量は、反発機構８４Ａａに対する反発機構８４Ａｂの反発力を勘案して適切に設計されればよい。例えば、本体部分４６の厚みに対する凸部分４７の厚みは、０．１～１倍に設定されるとよい（すなわち、第２領域８８の固定側反発磁石４４の厚みは、第１領域８６の固定側反発磁石４４の厚みの１．１～２倍に設定される）。

[0054] また、固定側反発磁石４４の凸部分４７の円弧長は、特に限定されるものではないが、環状に形成される固定側反発磁石４４の周長の $1/4 \sim 1/8$ 程度の寸法であるとよい。さらにポンプ装置１０Ａの側面断面視で、凸部分４７の下端は、インペラ１４が水平の場合（インペラ１４の軸心Ｓｉが軸状部３８の軸心Ｓｔに一致している状態）の可動側反発磁石７６の上端よりも下側に配置される。その一方で、本体部分４６の下端は、インペラ１４が水平の場合の可動側反発磁石７６の上端よりも上側に配置される。

[0055] 図２及び図４に示すように、ポンプ装置１０Ａの駆動装置２２は、駆動側ハウジング３０と、駆動側ハウジング３０内に収容されるモータ機構９０とを備える。さらに、駆動装置２２は、モータ機構９０に設けられてインペラ１４との間で引き合う駆動磁石９２を有する。

[0056] 駆動側ハウジング３０は、ポンプ本体２０（本体側ハウジング２８）を装着する円筒状の装着溝９４を上面に有する上側筐体３０ａと、上側筐体３０ａの下側に連結される下側筐体３０ｂとで構成されている。また、駆動側ハウジング３０の装着溝９４よりも径方向内側部分は、本体側ハウジング２８の挿入穴５２に挿入される中央凸部９６となっている。

[0057] そして、ポンプ本体２０の本体側ハウジング２８と、駆動装置２２の駆動側ハウジング３０とは、相互に着脱自在に位置決め固定可能な係合構造９８を有する。本実施形態において、係合構造９８は、本体側ハウジング２８の挿入穴５２に中央凸部９６を挿入し、且つ本体側ハウジング２８の底壁４２

を装着溝 94 に挿入することで、両装置に係合させる。なお、係合構造 98 は、種々の構成を採用してよいことは勿論である。

[0058] 下側筐体 30b の内部には、モータ機構 90 のモータ本体 90a が設けられ、モータ本体 90a は、制御部 24 の制御下に軸部 100 を適宜の回転速度で回転させる。軸部 100 は、モータ本体 90a から突出して中央凸部 96 内の突出空間に挿入され、その上端部には径方向外側に突出する円盤状の回転部 102 が設けられている。ポンプ本体 20 と駆動装置 22 の装着状態では、インペラ 14 の軸心 S_i と軸部 100 の軸心 S_s が相互に重なる。

[0059] 回転部 102 は、側面断面視で、径方向外側の外周面を部分的に切り欠いた保持部 102a を有し、この保持部 102a に駆動磁石 92 を保持している。つまり、回転部 102 は、駆動側ハウジング 30 内で駆動磁石 92 を所定の径方向位置及び高さ位置（中央凸部 96 内）に配置して、軸部 100 の回転に連れて駆動磁石 92 を回転させる。

[0060] 図 6A に示すように、本実施形態に係る駆動磁石 92 は、軸部 100 の軸心 S_s に対し従動磁石 74 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 93 に構成されている。駆動側多極着磁リング磁石 93 は、従動磁石 74 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ている。駆動磁石 92 は、ポンプ本体 20 と駆動装置 22 の装着状態で、従動磁石 74 の内側で従動磁石 74 と対向配置されることで、従動磁石 74 との間に磁気カップリング機構 104 を形成する。

[0061] 駆動磁石 92 を構成する材料は、従動磁石 74 であげた材料を適宜選択し得る。また、駆動磁石 92 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。

[0062] 図 2 に戻り、ポンプ装置 10A 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 90 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１０Ａ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の範囲で軸部１００を回転させる。

[0063] 本実施形態に係るポンプ装置１０Ａ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１０Ａ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の血液流入ポート３４に脱血チューブ１６を接続し、ポンプ本体２０の血液流出ポート３６に送血チューブ１８を接続する。ここで、ポンプ本体２０の可動側反発磁石７６と固定側反発磁石４４とは、同一極性の可動側反発面７７ａと固定側反発面４５ａが相互に近接していることで、反発機構８４Ａを構成している。このため、インペラ１４は本体側ハウジング２８の底壁４２側に押し付けられ、ポンプ本体２０の持ち運び時等にインペラ１４のシース６８が軸受部５４から抜けることを抑制することができる。そして図２に示すように、駆動装置２２に対しポンプ本体２０を装着することで、ポンプ装置１０Ａが組み立てられる。この際、係合構造９８はポンプ本体２０と駆動装置２２を相互に位置決め固定する。

[0065] 図４及び図６Ａに示すように、装着状態では、従動磁石７４、駆動磁石９２が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（従動側多極着磁リング磁石７５）と駆動磁石９２（駆動側多極着磁リング磁石９３）は、異なる極性同士を相互に対向させて磁気カップリング機構１０４を形成する。すなわち、従動側多極着磁リング磁石７５と駆動側多極着磁リング磁石９３は、磁気カップリング力（磁氣的結合力）を生じさせ、回転部１０２の回転力をインペラ１４に伝達可能とする。

[0066] 従って、駆動装置２２のモータ機構９０が、軸部１００を回転させると従動回転構造部６２が連れ回りして、本体側ハウジング２８内でインペラ１４を回転させることができる。そして、上空間３２ａ内で回転するフィン部６

0は、遠心力を生じさせて血液を流動させる。

[0067] 図9に示すように、インペラ14の回転時に、流入路34aから内部空間32に流入した血液は、上空間32aの径方向外側から下空間32bに回り込む。そして、血液は、外周壁40の内周面40aと従動回転構造部62の外周面63bの第2隙間82を下方に流動すると、下空間32bの下端側で径方向内側に向かう。さらに血液は、軸状部38の対向面48aと従動回転構造部62の内周面63aとの間の第1隙間80を上方に流動して上側隙間66aに至る。

[0068] 上側隙間66aに流動した血液の一部は、インペラ14の複数のウォッシュアウトホール67を通して上空間32aに移動する（図5B参照）。さらに血液の他部は、軸受部54から浮上しているシース68の中空部72（第1中空72a、第2中空72b）を通して上空間32aに移動する。つまり軸受部54とシース68とは、回転時に非接触状態を可及的に保つことで、摩擦熱の発生を抑制して血液を良好に流動させることが可能となる。

[0069] また、ポンプ本体20の可動側反発磁石76（可動側内外周単極着磁リング磁石77）と固定側反発磁石44（固定側内外周単極着磁リング磁石45）は、周方向全体で均等的に反発力をかける。さらに、インペラ14の回転時にインペラ14の下部側に回り込む血液によって、流入口34a2側にインペラ14が浮上しようとしても反発機構84Aの反発力を受けるので、インペラ14の浮上を確実に抑制することができる。

[0070] 特に、インペラ14の軸心S_iが本体側ハウジング28の軸心S_tと一致した状態では、凸部分47を有する固定側反発磁石44と可動側反発磁石76が回転中のインペラ14の第2領域88に強い反発力をかける。このため、流出路36aからの血液の流出に伴い、内部空間32の流出口36a2側が低い圧力になっても、反発機構84Abがインペラ14の第2領域88側の上昇（傾斜）を押さえ込む。よって、ポンプ装置10Aは、インペラ14と本体側ハウジング28との非接触状態を保ちつつインペラ14を安定的に回転させて、血液を良好に流動させることができる。

[0071] また、本体側ハウジング28の軸状部38の対向面48aとインペラ14の内周面63aとの間の第1隙間80は、インペラ14の回転中に（例えば3000rpm以上で）、ラジアル荷重を受ける動圧軸受78を形成する。これによりインペラ14の回転姿勢をより安定的に保って、インペラ14の軸心Siを本体側ハウジング28の軸心Stに一致させることができ、軸受部54にかかる負担を軽減することが可能となる。

[0072] なお、本発明は、上述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、磁気カップリング機構104や反発機構84Aの位置関係は特に限定されるものではない。一例として、反発機構84Aは、磁気カップリング機構104の上側に位置していてもよく、また磁気カップリング機構104の径方向内側に位置していてもよい。固定側反発磁石44は、ポンプ本体20（本体側ハウジング28）に設けられるだけでなく、駆動装置22（駆動側ハウジング30）に設けられていてもよい。

[0073] また、反発機構84Aにおいて異なる反発力を発生させる手段は、固定側反発磁石44に凸部分47を設けることに限定されるものではない。例えば、固定側反発磁石44は、凸部分47を備えずに本体部分46により構成され、第1領域86の材料と第2領域88の材料を変えることで、第1領域86の磁力よりも第2領域88の磁力が大きくなるように構成してもよい。また例えば、固定側反発磁石44は、凸部分47を備えずに本体部分46により構成され、第2領域88以外の周方向箇所に磁力を抑制する部材を配置してもよく、或いは第2領域88に軟磁性体等の磁力誘導体を配置してもよい。

[0074] ジャーナル軸を構成する動圧軸受78は、第2隙間82（インペラ14の外周面63bと外周壁40の内周面40aの間）に形成されてもよい。また動圧軸受78は、インペラ14の側周面63とハウジング26の対向面48aのいずれか一方に凹部（溝、切り欠き等）を設けることで、動圧力を増加させてもよい。動圧軸受78は、インペラ14の軸心Siに沿った側周面63と対向面全体に形成されることに限定されず、例えば、インペラ14の側

周面 6 3 の下部寄りに形成されてもよい。

[0075] 以下、他の実施形態について幾つか例示する。なお、以降の説明において、上述の実施形態と同じ構成又は同じ機能を有する要素には、同じ符号を付してその詳細な説明を省略する。

[0076] 〔第 2 実施形態〕

第 2 実施形態に係るポンプ装置 1 0 B は、図 1 0 に示すように、本体側ハウジング 2 8 の軸心 S_t （インペラ 1 4 の軸心 S_i ）に対し環状の固定側反発磁石 4 4 の軸心 S_f を傾斜させて反発機構 8 4 B を構成している点で、上記のポンプ装置 1 0 A と異なる。また、固定側反発磁石 4 4 は、上記の凸部分 4 7 を備えずに環状の本体部分 4 6 のみを備え、断面視で一定の大きさの方形状で周方向に延在している。

[0077] 具体的には、固定側反発磁石 4 4 の軸心 S_f は、外周壁 4 0 内において第 1 領域 8 6 側よりも第 2 領域 8 8 側が下方側に低くなるように（固定側反発磁石 4 4 が可動側反発磁石 7 6 に近づく方向に）僅かに傾斜している。例えば、本体側ハウジング 2 8 の軸心 S_t に対する固定側反発磁石 4 4 の軸心 S_f の傾斜角度は、 5° 以下であることが好適であり、より好ましくは $0.5^\circ \sim 3^\circ$ の範囲に設定されるとよい。このように固定側反発磁石 4 4 を傾斜して設置することでも、第 2 領域 8 8 側の可動側反発磁石 7 6 と固定側反発磁石 4 4 の第 2 距離 D_2 は、第 1 領域 8 6 側の可動側反発磁石 7 6 と固定側反発磁石 4 4 の第 1 距離 D_1 よりも短くなる。

[0078] 以上のように構成されたポンプ装置 1 0 B は、インペラ 1 4 の回転時に、第 1 領域 8 6 の反発機構 8 4 B a の反発力よりも第 2 領域 8 8 の反発機構 8 4 B b の反発力が大きくなる。このため、ポンプ装置 1 0 B は、内部空間 3 2 のアウトフロー側の圧力が低くなっても、インペラ 1 4 の軸心 S_i と本体側ハウジング 2 8 の軸心 S_t とを安定的に一致させることができる。従って、ポンプ装置 1 0 B は、第 1 実施形態に係るポンプ装置 1 0 A と同様の効果が得られる。特に、このポンプ装置 1 0 B は、固定側反発磁石 4 4 の構造が簡素化し、製造コストを抑制することが可能となる。

[0079] 〔第3実施形態〕

第3実施形態に係るポンプ装置10Cは、図11に示すように、本体側ハウジング28の軸心S_tに対し、環状の固定側反発磁石44の軸心S_fをオフセットさせて反発機構84Cを構成している点で、上記のポンプ装置10A、10Bと異なる。また固定側反発磁石44は、第2実施形態と同様に、凸部分47を備えずに環状の本体部分46のみを備え、断面視で一定の大きさの方形状で周方向に延在している。

[0080] 具体的には、固定側反発磁石44は、その軸心S_fが本体側ハウジング28の軸心S_tに対し第1領域86側に寄るようにずれて配置される。例えば、本体側ハウジング28の軸心S_tに対する固定側反発磁石44の軸心S_fのオフセット量は、1.5mm以下であると好適であり、より好ましくは0.1mm～1mmの範囲に設定されるとよい。これにより、第1領域86側の固定側反発面45aよりも第2領域88側の固定側反発面45aが、外周壁40内の内周面40a（内部空間32）の近くに配置される。

[0081] このように固定側反発磁石44を設置することでも、やはり第2領域88側の可動側反発磁石76と固定側反発磁石44の第2距離D₂が、第1領域86側の可動側反発磁石76と固定側反発磁石44の第1距離D₁よりも近くなる。従って、ポンプ装置10Cも、インペラ14の回転時に、やはり第1領域86の反発機構84Caの反発力よりも第2領域88の反発機構84Cbの反発力が大きくなるので、第1及び第2実施形態に係るポンプ装置10A、10Bと同様の効果が得られる。

[0082] 〔第4実施形態〕

第4実施形態に係るポンプ装置10Dは、図12に示すように、第1隙間80の間隔I₁を長くすることで、インペラ14の内周面63aと対向面48aの間に動圧軸受78を形成しない構成としている点で、ポンプ装置10A～10Cと異なる。すなわちポンプ装置10Dは、動圧軸受78を形成しなくても、反発機構84A～84Cの反発力を適切に設定することによりインペラ14の姿勢を安定的に保つことが可能である。

[0083] 〔第5実施形態〕

第5実施形態に係るポンプ装置10Eは、図13に示すように、固定側反発磁石44を環状の本体部分46のみで構成する一方で、動圧軸受78によってインペラ14の傾斜を抑制する構成となっている点で、ポンプ装置10A～10Dと異なる。すなわち、固定側反発磁石44、可動側反発磁石76とは、周方向に等間隔D'に離間することで均等な反発力を働かせる反発機構84Dを構成している。このように、ポンプ装置10Eは、反発機構84A～84Cによりインペラ14の周方向上の反発力を変化させなくても、動圧軸受78の動圧力を適切に働かせることでインペラ14の姿勢を安定的に保つことも可能である。

[0084] 〔第6実施形態〕

第6実施形態に係るポンプ装置10Fは、図14Aに示すように、インペラ14のシース68に形成した中空部72に凸部106（羽体）を設けた点で、上記のポンプ装置10A～10Eと異なる。中空部72の凸部106は、インペラ14の回転時に中空部72を流動する血液に流動力を付与することで、血液をより円滑に流動させることができる。なお、中空部72において血液に流動力を付与する構成は、凸部106に限らず、図14Bに示すように、凹部108（溝）でもよい。例えば、螺旋状の凹部108が形成されていることで、血液を軸方向に流動させることができる。

[0085] 上述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。

[0086] ポンプ装置10A～10C、10Eは、インペラ14の側周面63とハウジング26の対向面48a（又は内周面40a）との間にラジアル方向の動圧力を生じる動圧軸受78を形成することで、ハウジング26に対しインペラ14を非接触で回転させることができる。しかも、固定側反発磁石44と可動側反発磁石76が反発機構84A～84Dを構成しているので、動圧軸受78と反発機構84A～84Dの2箇所分散してインペラ14を軸支することが可能となる。これにより、ポンプ装置10A～10C、10Eは、

流体を良好に流動させると共に、インペラ 14 が回転時に軸受部 54 にかかる負荷を抑制して、耐久性を高めることができる。

[0087] また、流体は、血液であり、インペラ 14 の側周面 63 とハウジング 26 の対向面 48a（又は内周面 40a）との間隔が 0.05mm～0.2mm の範囲に設定されることで、動圧軸受 78 が形成される。これにより、ポンプ装置 10A～10C、10E は、インペラ 14 の側周面 63 やハウジング 26 の対向面 48a に特別な加工を施さなくても、動圧軸受 78 を確実に形成することが可能となる。

[0088] また、インペラ 14 の直径は、20mm～50mm の範囲に設定され、動圧軸受 78 は、インペラ 14 が 3000rpm 以上で回転した際に形成される。これにより、ポンプ装置 10A～10C、10E は、インペラ 14 の回転数が少ない場合に軸受部 54 の軸支によりインペラ 14 を回転自在に軸支し、インペラ 14 の回転数が多くなると動圧軸受 78 によりインペラ 14 を安定的に回転させることができる。

[0089] また、インペラ 14 の軸心 Si に沿って当該インペラ 14 の側周面 63 とハウジング 26 の対向面 48a（又は内周面 40a）が対向し合う軸方向の領域は、10mm～100mm の範囲に設定される。これにより、動圧軸受 78 は、インペラ 14 をより安定的に軸支してインペラ 14 を回転させることが可能となる。

[0090] また、ハウジング 26 は、筒状のインペラ 14 に挿入される軸状部 38 を有し、動圧軸受 78 は、インペラ 14 の内周面 63a と軸状部 38 の外周面（対向面 48a）との間に形成される。これにより、動圧軸受 78 は、インペラ 14 の内側でインペラ 14 の回転を軸支することができ、インペラ 14 の回転姿勢をより一層安定化させて、流体の損傷（血液の溶血等）を抑制することが可能となる。

[0091] また、動圧軸受 78 は、反発機構 84A～84D よりも径方向内側に形成される。これにより、ポンプ装置 10A～10C、10E は、インペラ 14 を軸支しつつ反発機構 84A～84D を流動した流体を、径方向内側の動圧

軸受 7 8 に導いて流体を流動させることができる。また動圧軸受 7 8 では、動圧力を十分に発揮させることが可能となる。

請求の範囲

[請求項1]

インペラと、

前記インペラを収容する内部空間、及び前記インペラを回転自在に軸支する軸受部を有するハウジングとを備えるポンプ装置であって、

前記ハウジングは、当該ハウジングの壁部内で前記内部空間を周回するように配置される固定側反発磁石を有し、

前記インペラは、前記固定側反発磁石との間で反発力を生じさせる反発機構を形成する可動側反発磁石を有し、

前記インペラの側周面と、当該インペラの側周面に対向する前記ハウジングの対向面との間には、前記インペラの回転時に前記内部空間を流動する流体によりラジアル方向の動圧力を生じる動圧軸受を形成する

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、

前記流体は、血液であり、

前記インペラの側周面と前記ハウジングの対向面との間隔が0.05mm～0.2mmの範囲に設定されることで、前記動圧軸受が形成される

ポンプ装置。

[請求項3]

請求項2記載のポンプ装置において、

前記インペラの直径は、20mm～50mmの範囲に設定され、

前記動圧軸受は、前記インペラが3000rpm以上で回転した際に形成される

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、

前記インペラの軸心に沿って当該インペラの側周面と前記ハウジングの対向面が対向し合う軸方向の領域は、10mm～100mmの範囲に設定される

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、
前記ハウジングは、筒状の前記インペラに挿入される軸状部を有し

、

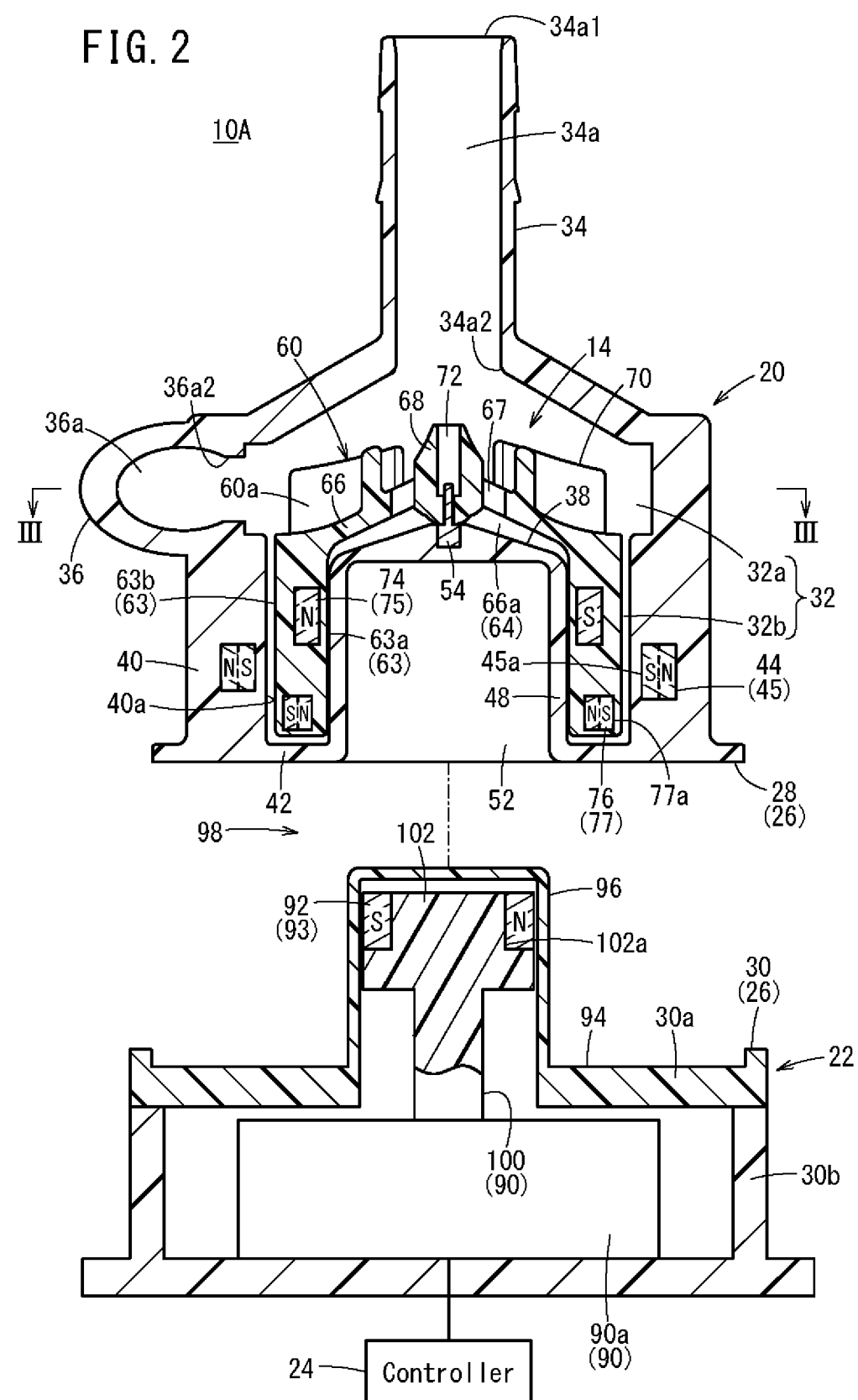
前記動圧軸受は、前記インペラの内周面と前記軸状部の外周面との
間に形成される

ポンプ装置。

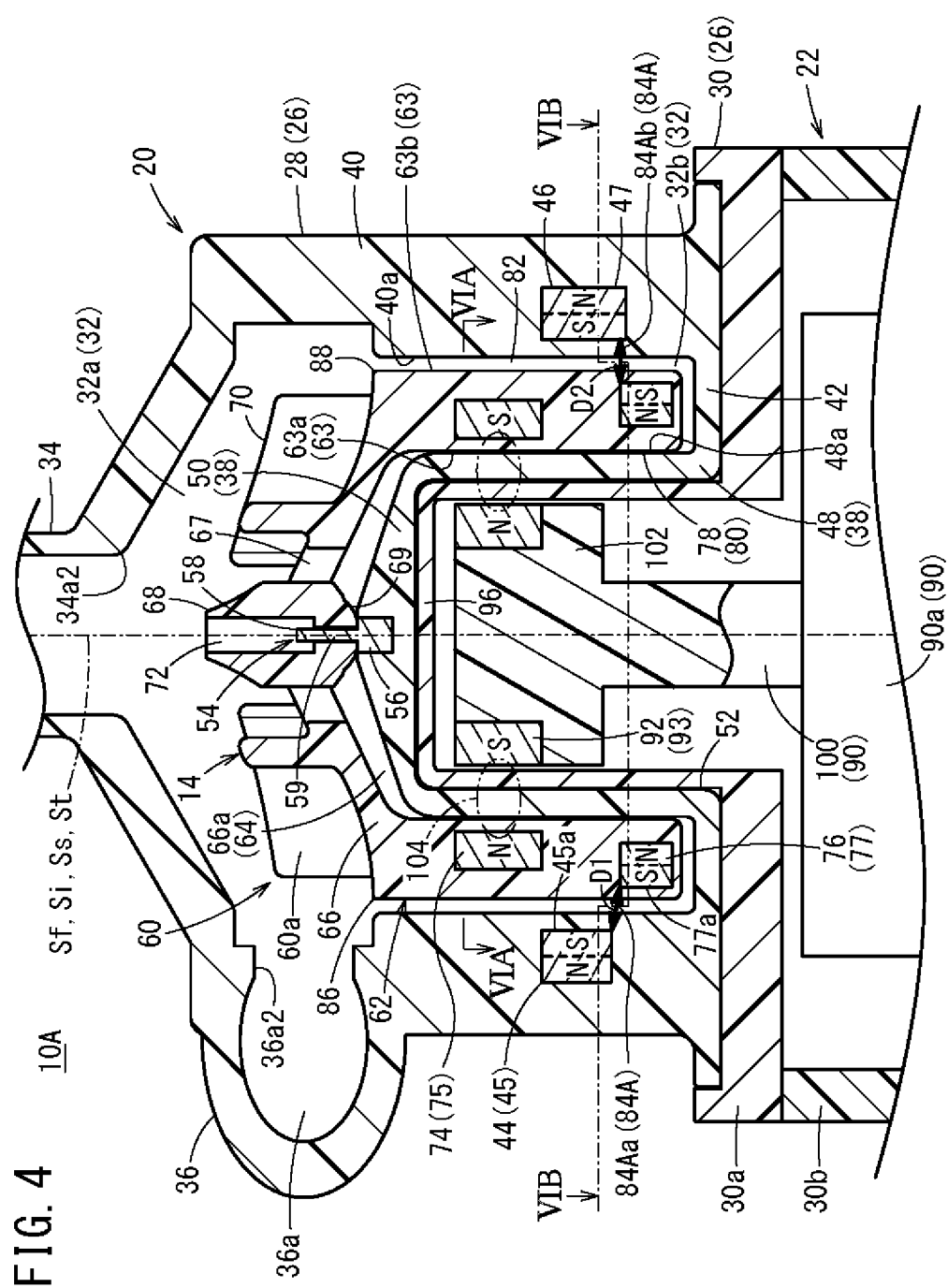
[請求項6]

請求項5記載のポンプ装置において、
前記動圧軸受は、前記反発機構よりも径方向内側に形成される
ポンプ装置。

[図2]



[図4]



[図5]

FIG. 5B

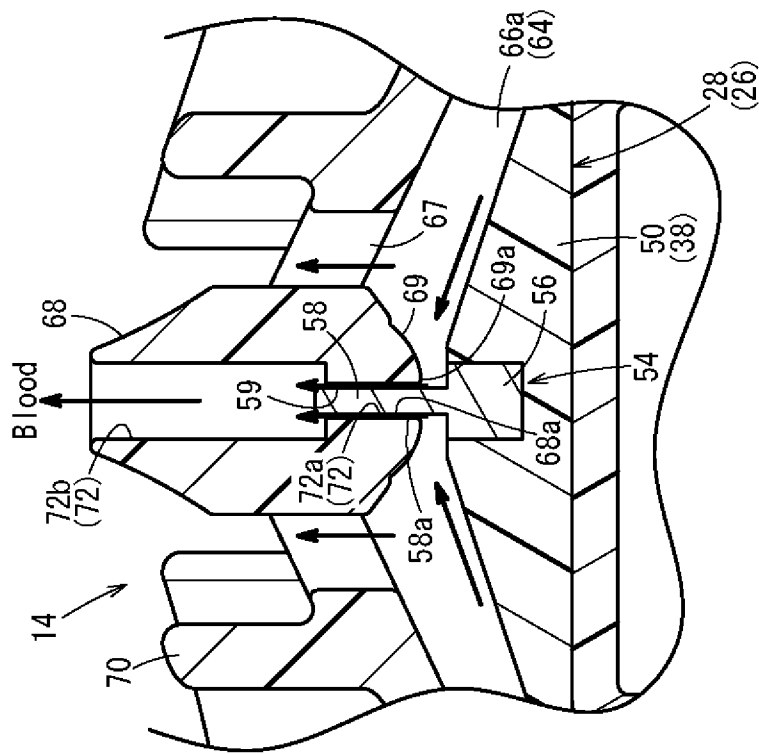
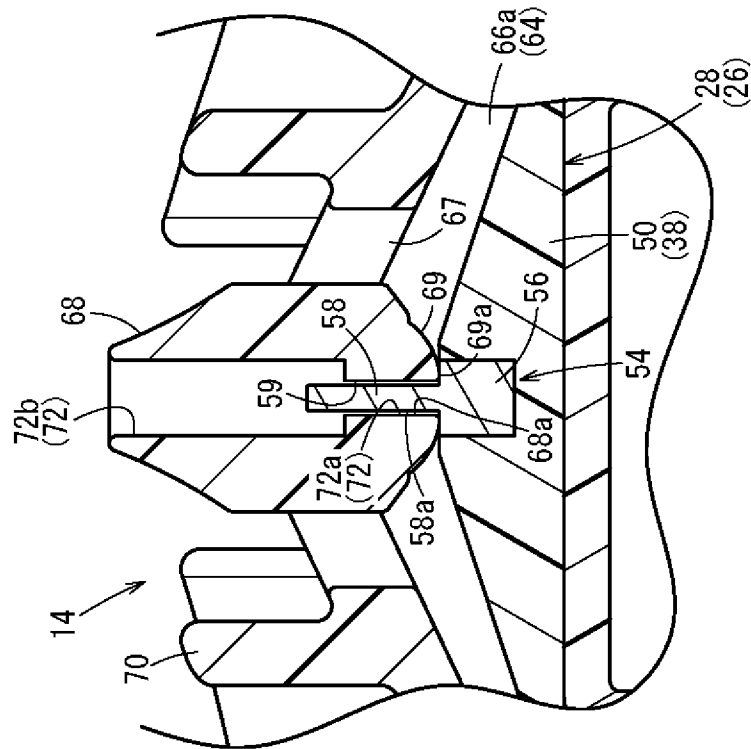


FIG. 5A



[図6]

FIG. 6B

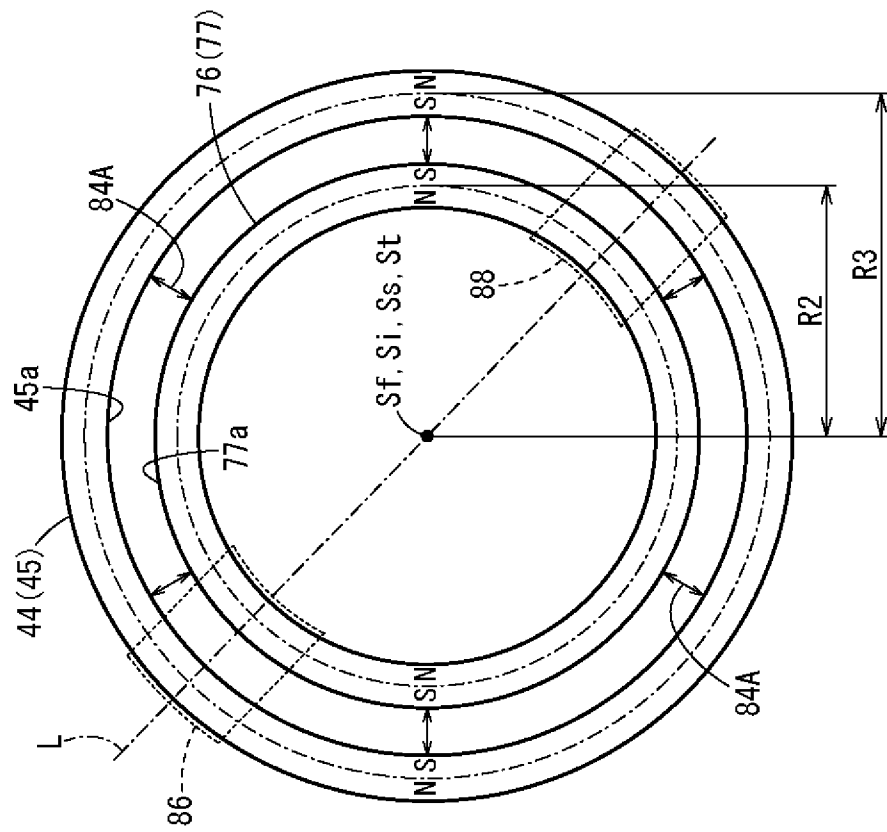
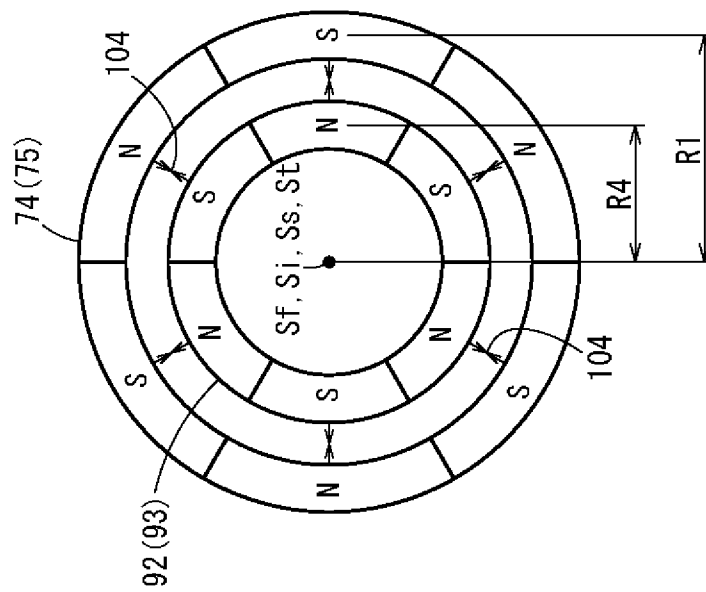
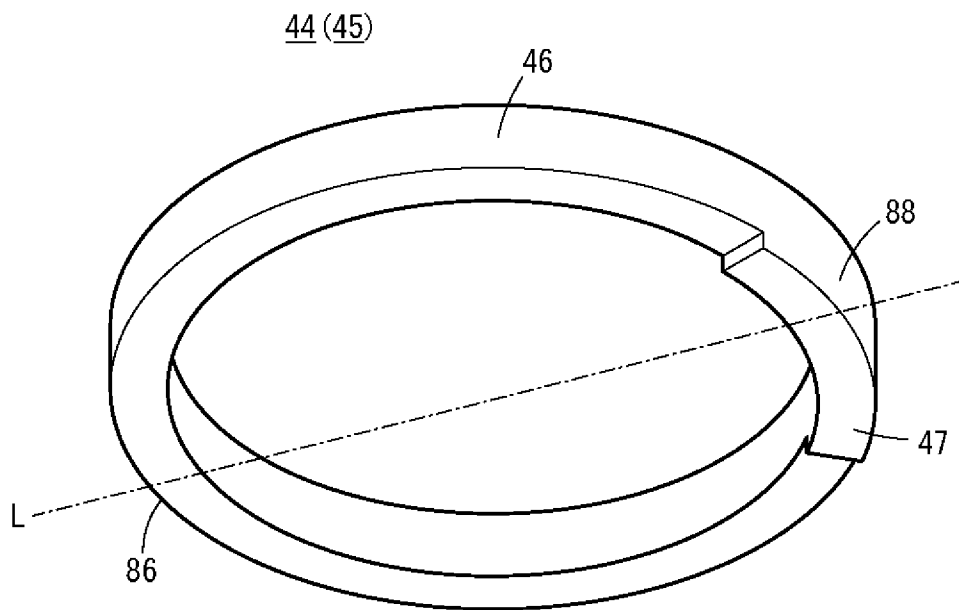


FIG. 6A

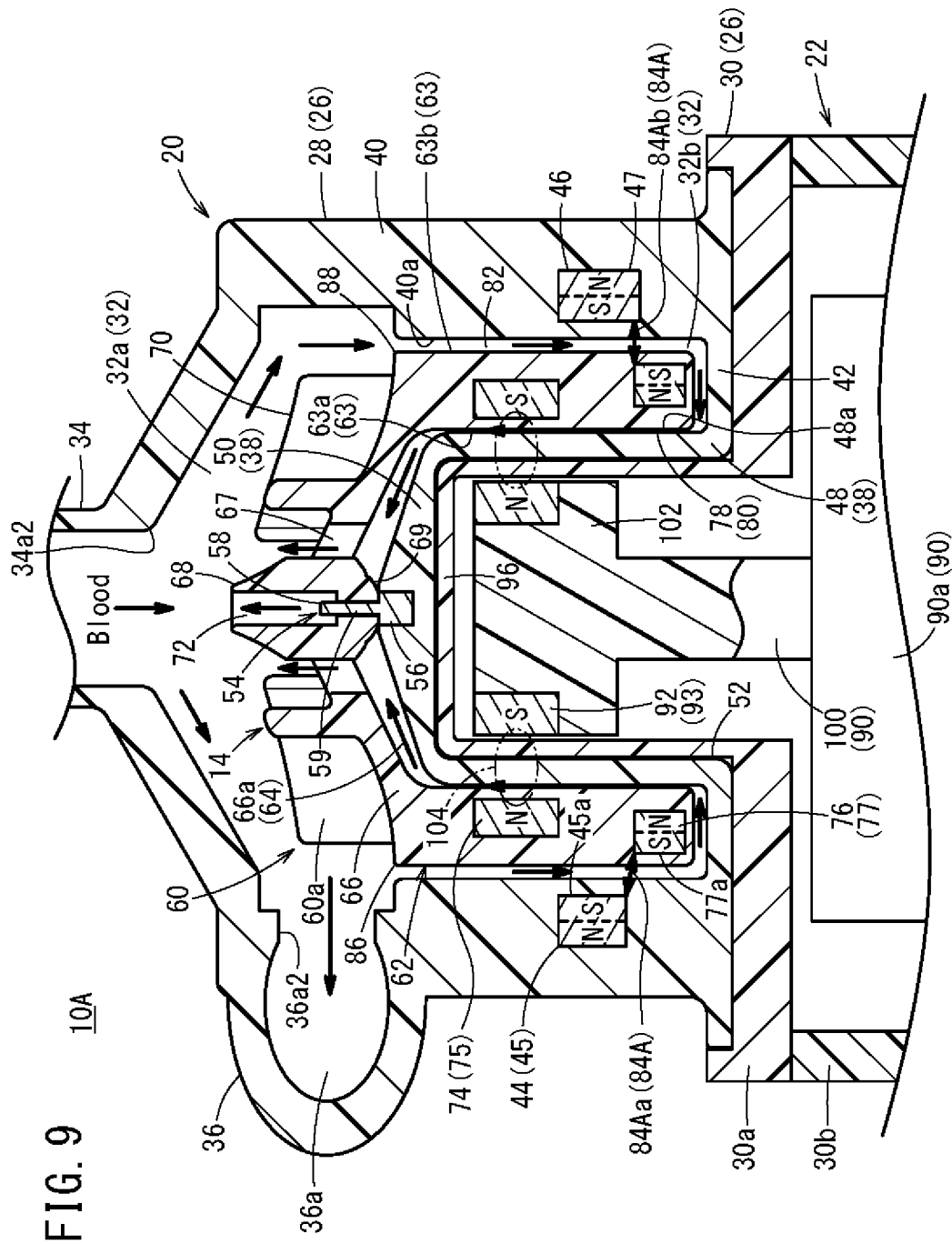


[図8]

FIG. 8



[図9]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2020/005605

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl. F04D13/02(2006.01)i, F16C17/02(2006.01)i, F16C32/00(2006.01)i, F16C32/04(2006.01)i, A61M1/10(2006.01)i, F04D29/047(2006.01)i, F04D29/048(2006.01)i

FI: F04D29/047Z, F04D29/048, F04D13/02C, F16C32/00C, F16C32/04Z, F16C17/02A, A61M1/10115, A61M1/10117

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)

Int.Cl. F04D13/02, F16C17/02, F16C32/00, F16C32/04, A61M1/10, F04D29/047, F04D29/048

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	1971-2020
Registered utility model specifications of Japan	1996-2020
Published registered utility model applications of Japan	1994-2020

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 Y	JP 2002-315824 A (NATIONAL INSTITUTE OF ADVANCED INDUSTRIAL SCIENCE & TECHNOLOGY) 29.10.2002 (2002-10-29), paragraphs [0001], [0018]-[0023], [0030], fig. 1-3, 5	1-2, 5-6 3-4
Y	JP 2018-134428 A (TERUMO CORPORATION) 30.08.2018 (2018-08-30), paragraphs [0001], [0002], [0029]	3-4
A	JP 2000-509311 A (SCHIMA, H.) 25.07.2000 (2000-07-25), all drawings	1-6

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.	☒ See patent family annex.
---	--

* Special categories of cited documents:	"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
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"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
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"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
"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)	"&" document member of the same patent family
"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	

Date of the actual completion of the international search 03.04.2020	Date of mailing of the international search report 14.04.2020
Name and mailing address of the ISA/ Japan Patent Office 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/JP2020/005605

JP 2002-315824 A	29.10.2002	(Family: none)
JP 2018-134428 A	30.08.2018	US 2017/0122337 A1 paragraphs [0002], [0038] WO 2016/042975 A1 EP 3196470 A1
JP 2000-509311 A	25.07.2000	US 6155969 A all drawings WO 1998/004834 A1 CN 1234854 A

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） F04D 13/02(2006.01)i; F16C 17/02(2006.01)i; F16C 32/00(2006.01)i; F16C 32/04(2006.01)i; A61M 1/10(2006.01)i; F04D 29/047(2006.01)i; F04D 29/048(2006.01)i FI: F04D29/047 Z; F04D29/048; F04D13/02 C; F16C32/00 C; F16C32/04 Z; F16C17/02 A; A61M1/10 115; A61M1/10 117																	
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）） F04D13/02; F16C17/02; F16C32/00; F16C32/04; A61M1/10; F04D29/047; F04D29/048 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>1971-2020年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996-2020年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994-2020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	1971-2020年	日本国実用新案登録公報	1996-2020年	日本国登録実用新案公報	1994-2020年							
日本国実用新案公報	1922-1996年																
日本国公開実用新案公報	1971-2020年																
日本国実用新案登録公報	1996-2020年																
日本国登録実用新案公報	1994-2020年																
C. 関連すると認められる文献 <table border="1"> <thead> <tr> <th>引用文献の カテゴリー*</th> <th>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</th> <th>関連する 請求項の番号</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>X</td> <td>JP 2002-315824 A（独立行政法人産業技術総合研究所）29.10.2002（2002-10-29） 段落0001, 0018-0023, 0030, 図1-3, 5</td> <td>1-2, 5-6</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td></td> <td>3-4</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>JP 2018-134428 A（テルモ株式会社）30.08.2018（2018-08-30） 段落0001-0002, 0029</td> <td>3-4</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>JP 2000-509311 A（シマ、ハインリッヒ）25.07.2000（2000-07-25） 全図</td> <td>1-6</td> </tr> </tbody> </table>			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 2002-315824 A（独立行政法人産業技術総合研究所）29.10.2002（2002-10-29） 段落0001, 0018-0023, 0030, 図1-3, 5	1-2, 5-6	Y		3-4	Y	JP 2018-134428 A（テルモ株式会社）30.08.2018（2018-08-30） 段落0001-0002, 0029	3-4	A	JP 2000-509311 A（シマ、ハインリッヒ）25.07.2000（2000-07-25） 全図	1-6
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 2002-315824 A（独立行政法人産業技術総合研究所）29.10.2002（2002-10-29） 段落0001, 0018-0023, 0030, 図1-3, 5	1-2, 5-6															
Y		3-4															
Y	JP 2018-134428 A（テルモ株式会社）30.08.2018（2018-08-30） 段落0001-0002, 0029	3-4															
A	JP 2000-509311 A（シマ、ハインリッヒ）25.07.2000（2000-07-25） 全図	1-6															
☐ 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の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 “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 03.04.2020		国際調査報告の発送日 14.04.2020															
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） 大瀬 円 30 4487 電話番号 03-3581-1101 内線 3358															

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/JP2020/005605

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP	2002-315824	A	29.10.2002	(ファミリーなし)	
JP	2018-134428	A	30.08.2018	US 2017/0122337	A1
				段落0002, 0038	
				WO 2016/042975	A1
				EP 3196470	A1
JP	2000-509311	A	25.07.2000	US 6155969	A
				全図	
				WO 1998/004834	A1
				CN 1234854	A