

(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
2009年12月30日(30.12.2009)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2009/157408 A1

- (51) 国際特許分類:
A61M 1/10 (2006.01) F04D 29/058 (2006.01)
F04D 13/00 (2006.01) F04D 29/22 (2006.01)
F04D 13/02 (2006.01) F04D 29/24 (2006.01)
F04D 29/048 (2006.01) F04D 29/42 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2009/061318
- (22) 国際出願日: 2009年6月22日(22.06.2009)
- (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 2008-163401 2008年6月23日(23.06.2008) JP
- (71) 出願人(米国を除く全ての指定国について): 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; および
- (75) 発明者/出願人(米国についてのみ): 森 武寿 (MORI Takehisa) [JP/JP]; 〒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).

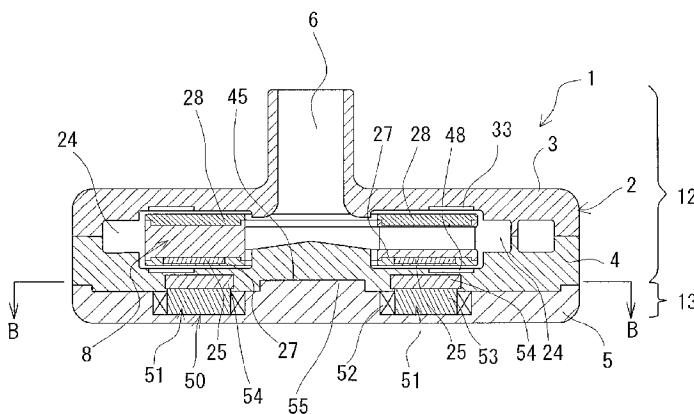
- (74) 代理人: 向山 正一 (MUKAIYAMA Shoichi); 〒4600002 愛知県名古屋市中区丸の内二丁目1番30号 丸の内オフィス・フォーラム503 Aichi (JP).
- (81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, 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, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB,

[続葉有]

(54) Title: BLOOD PUMP APPARATUS

(54) 発明の名称: 血液ポンプ装置

[図4]



(57) Abstract: Disclosed is a blood pump apparatus (1) comprising a pump unit (12) including a housing (2) having a blood inlet port (6) and blood outlet port (7) and an impeller (8) that rotates within the housing, and an impeller rotation torque generating unit (13). The housing (2) includes a plurality of magnetic members (54) embedded between the impeller (8) and the impeller rotation torque generating unit (13) for transmitting a magnetic attraction force generated by the impeller rotation torque generating unit (13) to an impeller magnetic body (25). The pump device (1) includes a non-contact bearing mechanism for rotating the impeller in a non-contact state with the inner surface of the housing when the impeller is rotated by the impeller rotation torque generating unit (13).

(57) 要約: 血液ポンプ装置 1 は、血液流入ポート 6 と血液流出ポート 7 とを有するハウジング 2 と、ハウジング内で回転するインペラ 8 とからなるポンプ部 12 と、インペラ回転トルク発生部 13 とを有する。ハウジング 2 は、インペラ回転トルク発生部 13 が発生する磁気吸引力をインペラの磁性体 25 に伝達するために、インペラ 8 とインペラ回転トルク発生部 13 間に埋設された複数の磁性部材 54 を備える。ポンプ装置 1 は、インペラ回転トルク発生部 13 によるインペラ回転時に、インペラをハウジングの内面に非接触状態にて回転させるための非接触軸受機構を備える。



WO 2009/157408 A1

GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG). 添付公開書類:
— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

明 細 書

発明の名称：血液ポンプ装置

技術分野

[0001] 本発明は、血液を送液するための血液ポンプ装置に関する。

背景技術

[0002] 最近では、心臓の働きを補助する心臓補助ポンプや人工心肺装置における体外血液循環に遠心式血液ポンプを使用する例が増加している。また、遠心式血液ポンプとしては、体内埋め込み型のものも提案されている。

遠心ポンプとしては、外部とポンプ内の血液室との物理的な連通を完全に排除し、細菌等の侵入を防止できることにより、外部モータからの駆動トルクを磁気結合を用いて伝達する方式のものがある。そして、このような遠心式血液ポンプは、血液流入ポートと血液流出ポートを有するハウジングと、ハウジング内で回転し、回転時の遠心力によって血液を送液するインペラを有している。また、インペラは、内部に永久磁石を備え、インペラの磁石を吸引するための磁石を備えるロータおよびこのロータを回転させるモータを備えた回転トルク発生機構により回転する。また、インペラはロータと反対側にも吸引されており、ハウジングに対して非接触状態にて回転する。

[0003] 特許文献1：特開2003-135592

特許文献2：特開平09-122228

特許文献3：特開平11-244377

発明の開示

発明が解決しようとする課題

[0004] 上記特許文献1に示す体内埋め込み型の遠心式血液ポンプ装置では、長時間の使用を目的とするためにハウジングの構成材料に金属材料が使用されている。これに対し、特許文献2に示すような血液ポンプ装置および特許文献3に示すような血液ポンプ装置では、ハウジングの構成材料としてプラスチック材料が使用される。この場合のハウジングは、ポンプ装置本体の強度を

保つためにある程度の厚さが必要となり、インペラ回転トルク発生部によるインペラへの回転磁力が低下することが危惧される。

そして、本発明者等が検討したところ、インペラ回転トルク発生部側のハウジング内に磁性材料を備えることでインペラ回転トルク発生部は、ハウジングの厚さを十分確保しながら、インペラ磁性体の磁力、或いはサイズを大きなものとしなくてもインペラを吸引するとともに回転させることができることを知見した。

[0005] そこで、本発明の目的は、ハウジングの形成材料による影響を受けることなく、インペラを良好に、かつ、ハウジング内面に接触しない状態にて回転させることができる血液ポンプ装置を提供するものである。

課題を解決するための手段

[0006] 上記目的を達成するものは、以下のものである。

血液流入ポートと血液流出ポートとを有するハウジングと、複数の磁性体を備え、前記ハウジング内で回転し血液を送液するインペラとからなるポンプ部と、前記インペラを回転させるためのインペラ回転トルク発生部とを有する血液ポンプ装置であって、前記ハウジングは、前記インペラ回転トルク発生部が発生する磁気吸引力を前記インペラの前記磁性体に伝達するために、前記インペラと前記インペラ回転トルク発生部間に埋設された複数の磁性部材を備え、前記血液ポンプ装置は、前記インペラ回転トルク発生部によるインペラ回転時に、前記インペラを前記ハウジングの内面に非接触状態にて回転させるための非接触軸受機構を備える血液ポンプ装置。

図面の簡単な説明

[0007] [図1] 図1は、本発明の血液ポンプ装置の実施例の正面図である。

[図2] 図2は、図1の血液ポンプ装置の平面図である。

[図3] 図3は、図1の血液ポンプ装置の底面図である。

[図4] 図4は、図2のA-A線断面図である。

[図5] 図5は、図1の血液ポンプ装置の第1ハウジング部材を取り外した状態を示す平面図である。

[図6] 図6は、図1の血液ポンプ装置の第2ハウジング部材の平面図である。

[図7] 図7は、図1の血液ポンプ装置の第1ハウジング部材の底面図である。

[図8] 図8は、図4のB-B線断面図である。

[図9] 図9は、本発明の血液ポンプ装置の他の実施例の正面図である。

[図10] 図10は、図9の血液ポンプ装置の平面図である。

[図11] 図11は、図10のC-C線断面図である。

[図12] 図12は、本発明の血液ポンプ装置の他の実施例の正面図である。

[図13] 図13は、図12の血液ポンプ装置の平面図である。

[図14] 図14は、図13のD-D線断面図である。

[図15] 図15は、本発明の血液ポンプ装置の他の実施例の断面図である。

発明を実施するための最良の形態

[0008] 本発明の血液ポンプ装置を図面に示す実施例を用いて説明する。

図1は、本発明の血液ポンプ装置の実施例の正面図である。図2は、図1の血液ポンプ装置の平面図である。図3は、図1の血液ポンプ装置の底面図である。図4は、図2のA-A線断面図である。図5は、図1の血液ポンプ装置の第1ハウジング部材を取り外した状態を示す平面図である。図6は、図1の血液ポンプ装置の第2ハウジング部材の平面図である。図7は、図1の血液ポンプ装置の第1ハウジング部材の底面図である。図8は、図4のB-B線断面図である。

[0009] 本発明の血液ポンプ装置1は、血液流入ポート6と血液流出ポート7とを有するハウジング2と、複数の磁性体25を備え、ハウジング内で回転し血液を送液するインペラ8とからなるポンプ部12と、インペラを回転させるためのインペラ回転トルク発生部13とを有する。ハウジング2は、インペラ回転トルク発生部13が発生する磁気吸引力をインペラの磁性体25に伝達するために、インペラ8とインペラ回転トルク発生部13間に埋設された複数の磁性部材54を備える。血液ポンプ装置1は、インペラ回転トルク発生部13によるインペラ回転時に、インペラをハウジングの内にて非接触状態にて回転させるための非接触軸受機構を備える。

- [0010] この実施例の血液ポンプ装置 1 は、ハウジング 2 と、ハウジング 2 内に収納されたインペラ 8 とからなるポンプ部 1 2 と、インペラを回転させるためのインペラ回転トルク発生部 1 3 とを有する。また、この実施例の血液ポンプ装置 1 では、インペラ回転トルク発生部 1 3 は、ポンプ部 1 2 に着脱可能となっている。このようにインペラ回転トルク発生部 1 3 をポンプ部 1 2 に対して、着脱可能とすることにより、血液流通部を有するポンプ部 1 2 のみを使い捨てとし、使用時に血液接触部を持たないインペラ回転トルク発生部 1 3 を再使用することができる。
- [0011] ハウジング 2 は、血液流入ポート 6 とインペラ 8 の上部を収納するための凹部を備える第 1 ハウジング部材 3 と、血液流出ポート 7 とインペラ 8 の下部を収納するための凹部を備える第 2 ハウジング部材 4 とを備えている。そして、第 1 ハウジング部材 3 と第 2 ハウジング部材 4 を組み合わせることにより、ハウジング 2 が形成されている。そして、ハウジング 2 は、血液流入ポート 6 および血液流出ポート 7 と連通する血液室 2 4 を内部に備えるものとなっている。また、血液流入ポート 6 は、図 1 および図 2 に示すように、ハウジング 2（第 1 ハウジング部材 3）の上面の中央付近よりほぼ垂直に突出するように設けられている。なお、血液流入ポート 6 は、このようなストレート管に限定されるものでなく、湾曲管もしくは屈曲管でもよい。血液流出ポート 7 は、図 1 ないし図 7 に示すように、ほぼ円筒状に形成されたハウジング 2 の側面より接線方向に突出するように設けられている。また、この実施例におけるハウジングでは、血液流出路は、2 つに区分されたダブルポリユート構造となっているが、シングルポリユート構造のもの、またポリユートがない構造のものでもよい。
- [0012] そして、ハウジング 2 は、インペラ回転トルク発生部 1 3 が発生する磁気吸引力をインペラの磁性体 2 5 に伝達するために、インペラ 8 とインペラ回転トルク発生部 1 3 間に埋設された複数の磁性部材 5 4 を備えている。具体的には、第 2 ハウジング部材 4 内（具体的には、底面壁内）に、複数の磁性部材 5 4 が埋設されている。特に、この実施例のポンプ装置 1 のように、磁

性部材 5 4 は、血液室 2 4 内に露出しないように埋設されていることが好ましい。そして、磁性部材 5 4 としては、強磁性体が用いられる。特に、磁性部材 5 4 としては、軟質磁性体が好ましい。軟質磁性体としては、電磁鋼板（珪素鋼板）、純鉄、炭素含有率が 0.3 質量%以下の炭素鋼（例えば、JIS 規格で S15C で標記される低炭素鋼）、フェライト系ステンレス鋼（具体的には、JIS 規格の SUSXM27）などが使用できる。

[0013] そして、ハウジング 2、具体的には、第 1 ハウジング部材 3 および第 2 ハウジング部材 4 は、合成樹脂あるいは金属により形成されている。ハウジング 2 の形成材料としては、合成樹脂であればポリカーボネート、アクリル樹脂 [ポリアクリレート（例えば、ポリメチルメタクリレート、ポリメチルアクリレート）、ポリアクリルアミド、アクリロニトリルースチレン共重合体、アクリロニトリルブタジエンスチレン共重合体等]、ポリオレフィン（ポリエチレン、ポリプロピレン、エチレンプロピレンコポリマー、超高分子ポリエチレン）スチレン系樹脂 [ポリスチレン、MS 樹脂（メタクリレートスチレン共重合体）、MBS 樹脂（メタクリレートブチレンスチレン共重合体）] などの熱可塑性の硬質合成樹脂が使用できる。特に、ポリカーボネート、ポリメチルアクリレート、超高分子ポリエチレンが好ましい。金属の場合は、チタン、チタン合金、ステンレスを使用することが可能である。特に、チタンまたはチタン合金が好ましい。

また、第 1 ハウジング部材 3 および第 2 ハウジング部材 4 は、図 4 に示すように、面接触する周縁部を備えており、合成樹脂製ハウジングであれば、それら周縁部にて、高周波、超音波などによる熱融着または接着剤などにより、また金属製ハウジングであれば、それら周縁部にて、溶接、シール材を挟んだねじ固定などにより、液密に接合される。

[0014] そして、ハウジング 2 内には、インペラ 8 が収納されている。具体的には、図 4 に示すように、ハウジング 2 内に形成された血液室 2 4 内に、中央に貫通口を有する円板状のインペラ 8 が収納されている。

[0015] インペラ 8 は、図 4 および図 5 に示すように、下面を形成するドーナツ板

状部材（下部シュラウド）27と、上面を形成する中央が開口したドーナツ板状部材（上部シュラウド）28と、両者間に形成された複数（例えば、7つ）のベーン19を有する。そして、下部シュラウドと上部シュラウドの間には、隣り合うベーン19で仕切られた複数（7つ）の血液通路が形成されている。血液通路は、図5に示すように、インペラ8の中央開口と連通し、インペラ8の中央開口を始端とし、外周縁まで徐々に幅が広がるように延びている。言い換えれば、隣り合う血液通路間にベーン19が形成されている。なお、この実施例では、それぞれの血液通路およびそれぞれのベーン19は、等角度間隔にかつほぼ同じ形状に設けられている。

[0016] そして、図4に示すように、インペラ8には、複数（例えば、6個）の磁性体25（永久磁石、従動マグネット）が埋設されている。この実施例では、磁性体25は、下部シュラウド27内に埋設されている。埋設された磁性体25（永久磁石）は、ハウジング2（第2ハウジング部材4）に埋設された磁性部材を介して、インペラ回転トルク発生部13のステータ51により、インペラ回転トルク発生部13側に吸引されるためおよびインペラ回転トルク発生部13の回転トルクを受け取るために設けられている。

[0017] また、この実施例のようにある程度の個数の磁性体25を埋設することにより、後述する複数のステータ51との磁氣的結合も十分に確保できる。磁性体25（永久磁石）の形状としては、円形、扇型、さらにリング形状（N極とS極が交互に着磁された一体型）などが好ましい。インペラ部材は、耐食性の高い金属（チタン、ステンレスSUS316Lなど）、あるいは合成樹脂により形成されている。合成樹脂としては、ハウジングの形成材料として説明したものが好適に使用できる。

[0018] そして、本発明の血液ポンプ装置1は、インペラ回転トルク発生部13によるインペラ回転時に、インペラをハウジングの内面に非接触状態にて回転させるための非接触軸受機構を備えている。

この実施例のポンプ装置1では、上記の非接触軸受機構は、インペラ回転トルク発生部13側のハウジング2内面〔言い換えれば、第2ハウジング部

材4の凹部の表面（底面壁表面）]に設けられた動圧溝48により構成されている。そして、インペラは、所定以上の回転数にて回転することにより、動圧溝48の形成面（動圧溝形成部）42とインペラ8間に発生する動圧力による動圧軸受効果により、非接触状態にて回転する。動圧溝形成部42は、図6に示すように、インペラ8の底面（インペラ回転トルク発生部側の面）に対応する大きさに形成されている。そして、この実施例のポンプ装置1では、各動圧溝48は、第2ハウジング部材の凹部の表面の中心より若干離間した円形部分の周縁（円周）上に一端を有し、渦状に（言い換えれば、湾曲して）凹部表面の外縁付近まで、幅が徐々に広がるように延びている。また、動圧溝48は複数個設けられており、それぞれの動圧溝48はほぼ同じ形状であり、かつほぼ同じ間隔に配置されている。動圧溝48は、凹部であり、深さとしては、0.005~0.4mm程度が好適である。動圧溝48としては、6~36個程度設けることが好ましい。この実施例では、12個の動圧溝がインペラの中心軸に対して等角度に配置されている。この実施例のポンプ装置における動圧溝48は、いわゆる内向スパイラル溝形状となっており、インペラが時計方向に回転することにより、この動圧溝形成部42の作用による流体のポンピングは、溝部の外径から内径に向け圧力が高められるために、インペラ8とこの動圧溝形成部を形成しているハウジング2間に反対方向の力が得られ、これが動圧力となる。

[0019] インペラ8は、回転時にインペラ回転トルク発生部13側に吸引されるが、このような動圧溝形成部を有することにより、ハウジングの動圧溝形成部42とインペラ8の底面間（もしくはインペラの動圧溝形成部とハウジング内面間）に形成される動圧軸受効果により、ハウジング内面より離れ、非接触状態にて回転し、インペラの下面とハウジング内面間に血液流路を確保し、両者間での血液滞留およびそれに起因する血栓の発生を防止する。さらに、通常状態において、動圧溝形成部が、インペラの下面とハウジング内面間において攪拌作用を発揮するので、両者間における部分的な血液滞留の発生を防止する。

さらに、動圧溝 48 は、その角となる部分が少なくとも 0.05 mm 以上の R を持つように丸められていることが好ましい。このようにすることにより、溶血の発生をより少ないものとすることができる。

なお、動圧溝形成部は、ハウジング側ではなくインペラ 8 のインペラ回転トルク発生部側の面に設けてもよい。この場合も上述した動圧溝形成部と同様の構成とすることが好ましい。具体的には、動圧溝は、インペラ 8 のインペラ回転トルク発生部 13 側の面（言い換えれば、インペラ 8 の底面）に設けてもよい。

[0020] そして、この実施例のポンプ装置 1 のように、インペラ回転トルク発生部側と反対側のハウジング内面（言い換えれば、第 1 ハウジング部材 3 の凹部の表面）にも複数の動圧溝（第 2 の動圧溝） 33 を有する動圧溝形成部（第 2 の動圧溝形成部） 32 を設けてもよい。

インペラ 8 は、所定以上の回転数により回転することにより発生する動圧溝形成部 42 とインペラ 8 間に形成される動圧軸受効果により、非接触状態にて回転する。この第 2 の動圧溝 33 は、外的衝撃を受けた時また動圧溝形成部 42 による動圧力が過剰となった時に、インペラの第 1 ハウジング部材の凹部表面への密着を防止する。そして、動圧溝形成部 42 により発生する動圧力と第 2 の動圧溝形成部 32 により発生する動圧力は異なるものとなってもよい。

[0021] 具体的には、図 4 および図 7 に示すように、動圧溝形成部 32 は、インペラ 8 の上面（インペラ回転トルク発生部と反対側面）に対応する大きさに形成されている。図 7 に示すように、各動圧溝 33 は、動圧溝形成部 32 の中心（言い換えれば、第 1 ハウジング部材 3 の凹部内面の中心）より若干離間した円形部分の周縁（円周）上に一端を有し、渦状に（言い換えれば、湾曲もしくは屈曲して）凹部の外縁付近まで、幅が徐々に広がるように延びている。特に、この実施例では、動圧溝は、途中で屈曲したいわゆるヘリングボーン形状となっている。また、動圧溝 33 は複数個設けられており、それぞれの動圧溝 33 はほぼ同じ形状であり、かつほぼ同じ間隔に配置されている

。動圧溝 33 は、凹部であり、深さとしては、0.005~0.4 mm 程度が好適である。動圧溝 33 としては、6~36 個程度設けることが好ましい。この実施例では、12 個の動圧溝がインペラの中心軸に対して等角度に配置されている。

[0022] さらに、動圧溝 33 は、その角となる部分が少なくとも 0.05 mm 以上の R を持つように丸められていることが好ましい。このようにすることにより、溶血の発生及び血栓形成をより少ないものとすることができる。

なお、第 2 の動圧溝形成部は、ハウジング側ではなくインペラ 8 のインペラ回転トルク発生部と反対側の面（言い換えれば、インペラ 8 の上面）に設けてもよい。この場合も上述した第 2 の動圧溝形成部と同様の構成とすることが好ましい。そして、本発明の血液ポンプ装置 1 は、インペラを回転させるためのインペラ回転トルク発生部 13 を有している。そして、この実施例の血液ポンプ装置 1 では、インペラ回転トルク発生部 13 は、ポンプ部 12 に着脱可能となっている。

[0023] この実施例の血液ポンプ装置 1 では、図 3、図 4 および図 8 に示すように、インペラ回転トルク発生部 13 は、円周上に配置された複数のステータ 51 からなるモータステータ 50 により構成されている。そして、第 3 ハウジング部材 5 は、環状凹部（ドーナツ状凹部）を備えており、複数のステータ 51 は、第 3 ハウジング部材 5 内に、環状（ドーナツ状）となるように収納されている。ステータ 51 は、ステータコア 53 とステータコア 53 に巻かれたステータコイル 52 を備えている。この実施例のポンプ装置 1 では、6 個のステータ 51 によりモータステータ 50 が形成されている。また、ステータコイル 52 としては、多層巻きのステータコイルが用いられる。そして、各ステータ 51 のステータコイル 52 に流れる電流の方向を切り換えることにより、回転磁界が発生し、この回転磁界により、インペラは吸引されるとともに回転する。

[0024] そして、第 3 ハウジング部材 5 は、側面にケーブル用ポート 66 を備えている。具体的には、図 1 ないし図 3、図 5、図 6 および図 8 に示すように、

第3ハウジング部材5の側面に、ケーブル用ポート66が形成されている。そして、各ステータ51のステータコイル52に接続されたコードは束ねられるとともに、外層に補強体が巻き付けられるなどによりケーブル65を形成している。そして、ケーブル65は、ケーブル用ポート66より外部に延出している。

そして、この実施例の血液ポンプ装置1では、図4、図8に示すように、ハウジング2（具体的には、第2ハウジング部材4）の各磁性部材54は、上述した各ステータ51のステータコア53上に位置するように配置されている。そして、この実施例のステータコア53は、図8に示すように扇状となっており、磁性部材54もその形状に対応するように扇状となっている。また、磁性部材54は、若干ステータコア53より大きいものとなっている。

[0025] さらに、この実施例の血液ポンプ装置1では、図4、図8に示すように、ハウジング2（具体的には、第2ハウジング部材4）の各磁性部材54は、各ステータ51のステータコア53と接触するものとなっている。具体的には、このポンプ装置1では、ステータコア53の上端部は、ステータコイル52より若干突出するとともに、突出部が露出するものとなっている。そして、磁性部材54は、下面が露出するように、第2ハウジング部材4に埋設されており、さらに、磁性部材54の下面が露出する部分は、ステータコア53の突出部を収納するための凹部となっている。このため、磁性部材54とステータコア53は接触している。このようにすることにより、ステータ51にて発生した磁力を確実に磁性部材54に伝達することができる。

[0026] また、この実施例のポンプ装置1では、ポンプ部12とインペラ回転トルク発生部13は着脱可能となっているとともに、両者は連結機構を備えている。この実施例のポンプ装置1では、ポンプ部12の第2ハウジング部材の底面には、第1の係合部（具体的には、凹部）45が形成されており、インペラ回転トルク発生部13のハウジング5には、第1の係合部（凹部）45と係合する第2の係合部（具体的には、突出部）55が形成されている。そ

して、ポンプ部 1 2 の第 1 の係合部（凹部） 4 5 とインペラ回転トルク発生部 1 3 の第 2 の係合部（突出部） 5 5 とが係合することにより、両者は連結される。また、第 1 の係合部（凹部） 4 5 とインペラ回転トルク発生部 1 3 の第 2 の係合部（突出部） 5 5 は、図 8 に示すように位置決め機能を備えることが好ましい。図 8 に示すものでは、第 1 の係合部（凹部） 4 5 とインペラ回転トルク発生部 1 3 の第 2 の係合部（凸部） 5 5 は、位置決め可能に対応する形状（具体的には、断面が多角形状）となっており、両者を係合させた状態にて、ポンプ部 1 2 の各磁性部材 5 4 が、各ステータ 5 1 のステータコア 5 3 上に位置するものとなっており、さらに、両者が接触するものとなっている。なお、第 1 の係合部（凹部） 4 5 とインペラ回転トルク発生部 1 3 の第 2 の係合部（凸部） 5 5 の断面形状は、多角形状に限定されるものではなく、楕円状、星形などであってもよい。また、ポンプ部 1 2 の第 1 の係合部とインペラ回転トルク発生部 1 3 の第 2 の係合部の係合形態は、上記のものに限定されるものではなく、図 1 5 に示す実施例のポンプのように、第 1 の係合部 4 6 が凸部であり、第 2 の係合部 5 6 が（凹部）であってもよい。

[0027] また、本発明の血液ポンプ装置としては、図 9 ないし図 1 1 に示す実施例の血液ポンプ装置 1 0 のようなタイプのものであってもよい。

図 9 は、本発明の血液ポンプ装置の他の実施例の正面図である。図 1 0 は、図 9 の血液ポンプ装置の平面図である。図 1 1 は、図 1 0 の C-C 線断面図である。

この実施例の血液ポンプ装置 1 0 と上述した実施例の血液ポンプ装置 1 との相違は、インペラ 8 が第 2 の磁性体 2 9 を備え、血液ポンプ装置は、インペラ回転トルク発生部 1 3 側と反対側のハウジング内（具体的には、第 1 ハウジング部材 3 内）に、インペラ 8 の第 2 の磁性体 2 9 を吸引するための永久磁石 6 1 を備える点でその他は同じであり、上述した説明を参照するものとする。

[0028] この実施例の血液ポンプ装置 1 0 では、インペラ 8 は、図 1 1 に示すよう

に、上面を形成する中央が開口したドーナツ板状部材（上部シュラウド）28内に埋設された第2の磁性体29を備えている。そして、第2の磁性体29としては、平板リング状のものが好適である。また、第2の磁性体29は、インペラ8の周縁部より若干内側となる位置に配置されている。第2の磁性体29は、永久磁石、強磁性体であることが好ましく、特に、永久磁石であることが好ましい。

そして、図10および図11に示すように、第1ハウジング部材3内には、インペラ8の第2の磁性体29を吸引するための永久磁石61が、インペラ8の第2の磁性体29上となるように埋設されている。永久磁石61としては、図10に示すように、第2の磁性体29の形状に対応したリング状のものであることが好ましい。

[0029] そして、この実施例のポンプ装置10は、インペラ回転トルク発生部側と反対側のハウジング内面（言い換えれば、第1ハウジング部材3の凹部の表面）にも複数の動圧溝（第2の動圧溝）33を有する動圧溝形成部（第2の動圧溝形成部）32を備えている。このため、インペラ8は、所定以上の回転数により回転することにより発生する動圧溝形成部32とインペラ8間に形成される動圧力が、インペラ8の第2の磁性体29と永久磁石61の吸引力に対向することにより、インペラ8の第1ハウジング部材の凹部表面への密着を防止し、インペラのハウジング内面への非接触状態での回転を良好なものとする。なお、永久磁石61および第2の磁性体29は、上述したリング状のものに限定されるものではなく、複数個の永久磁石および第2の磁性体が、円周上にほぼ同一角度間隔にて配置されたものであってもよい。この場合、永久磁石および第2の磁性体の数としては、2～8個が好ましく、特に、3～6個が好ましい。また、第2の磁性体29をインペラ回転トルク発生部の吸引方向と反対側に吸引するものは、永久磁石ではなく、電磁石でもよい。電磁石を用いる場合には、後述する実施例のポンプ装置20（図13参照）のように、複数個（具体的には、3個）の電磁石を円周上にほぼ同一角度間隔にて配置することが好ましい。

[0030] また、この実施例のポンプ装置 10 では、インペラ回転トルク発生部 13 の磁力発生時におけるインペラの吸引力（具体的には、磁性部材 54 を介してインペラに付与される吸引力）と、永久磁石 61 によるインペラの吸引力の合力が、ハウジング 2 内のインペラ 8 の可動範囲の中央付近にて釣り合うものとなっていることが好ましい。

また、この実施例の血液ポンプ装置 10 においても、第 3 ハウジング部材 5 は、側面にケーブル用ポート 66 を備えている。具体的には、図 9 および図 10 に示すように、第 3 ハウジング部材 5 の側面に、ケーブル用ポート 66 が形成されている。そして、各ステータ 51 のステータコイル 52 に接続されたコードは束ねられるとともに、外層に補強体が巻き付けられるなどによりケーブル 65 を形成している。そして、ケーブル 65 は、ケーブル用ポート 66 より外部に延出している。

[0031] また、本発明の血液ポンプ装置としては、図 12 ないし図 14 に示す実施例の血液ポンプ装置 20 のようなタイプのものであってもよい。

図 12 は、本発明の血液ポンプ装置の他の実施例の正面図である。図 13 は、図 12 の血液ポンプ装置の平面図である。図 14 は、図 13 の D-D 線断面図である。

この実施例のポンプ装置 20 と上述したポンプ装置 10 との相違は、非接触式軸受機構のみである。

このポンプ装置 20 では、非接触式軸受機構（インペラ位置制御部）14 は、図 13 および図 14 に示すように、インペラ 8 の第 2 の磁性体 29 を吸引するための固定された複数の電磁石 63 と、インペラ 8 の第 2 の磁性体 29 の位置を検出するための位置センサ 65 を備えている。具体的には、インペラ位置制御部 14 は、インペラ位置制御部ハウジング 22 内に収納された複数の電磁石 63 と、複数の位置センサ 65 を有する。インペラ位置制御部の複数（3つ）の電磁石 63 および複数（3つ）の位置センサ 65 は、それぞれ等角度間隔にて設けられており、電磁石 63 と位置センサ 65 も等角度間隔にて設けられている。電磁石 63 は、コアとコイルからなる。電磁石 6

3は、この実施例では、3個設けられている。電磁石63は、3個以上、例えば、4つでもよい。3個以上設け、これらの電磁力を位置センサ65の検知結果を用いて調整することにより、インペラ8の回転軸（z軸）方向の力を釣り合わせ、かつ回転軸（z軸）に直交するx軸およびy軸まわりのモーメントを制御することができる。これにより、インペラ8は、ハウジング内面に接触することなく、回転させることができる。

[0032] 位置センサ65は、電磁石63と第2の磁性体29との隙間の間隔を検知し、この検知出力は、電磁石63のコイルに与えられる電流もしくは電圧を制御する制御機構（図示せず）の制御部に送られる。

そして、この実施例のポンプ装置20では、インペラ位置制御部14は、ポンプ部12に対して、着脱自在となっている。そして、ポンプ部12の第1ハウジング部材3内には、図13および図14に示すように、電磁石63が発生する磁気吸引力をインペラの第2の磁性体29に伝達するために、インペラ8と電磁石63間に埋設された複数の磁性部材64、さらに複数の磁性体61を備えることが好ましい。具体的には、第1ハウジング部材3内に、複数の磁性部材64、及び複数の磁性体61が埋設されている。特に、この実施例のポンプ装置20のように、磁性部材64と磁性体61は、血液室24内に露出しないように埋設されていることが好ましい。そして、磁性部材64は、強磁性体が用いられる。特に、軟質磁性体であることが好ましい。軟質磁性体としては、電磁鋼板（珪素鋼板）、純鉄、炭素含有率が0.3質量%以下の炭素鋼（例えば、JIS規格でS15Cで標記される低炭素鋼）、フェライト系ステンレス鋼（具体的には、JIS規格のSUSXM27）などが使用できる。また、上述したステータと同様に、電磁石63のコアと第1ハウジング部材3内に埋設された磁性部材64は、接触するものであってもよい。そして、このタイプのポンプ装置では、上述した第1の動圧溝および第2の動圧溝を備えないものであってもよい。

[0033] また、この実施例の血液ポンプ装置20においても、第3ハウジング部材5は、側面にケーブル用ポート66を備えている。具体的には、図12およ

び図13に示すように、第3ハウジング部材5の側面に、ケーブル用ポート66が形成されている。そして、各ステータ51のステータコイル52に接続されたコード、上記の電磁石に接続されたコードおよび上記の位置センサに接続されたコードは束ねられるとともに、外層に補強体が巻き付けられるなどによりケーブル65を形成している。そして、ケーブル65は、ケーブル用ポート66より外部に延出している。

そして、上述したすべての実施例において、ハウジング2（第2ハウジング部材4）に埋設された磁性部材54は、図15に示す実施例のポンプ装置30のように、下面が露出せず、ステータコア53と接触しないものであってもよい。

本発明の血液ポンプ装置は、体内埋め込み型あるいは体外循環型ポンプどちらにも適用可能である。本発明の血液ポンプ装置は、体外循環用血液ポンプ装置とする場合に特に有効である。

産業上の利用可能性

[0034] 本発明の血液ポンプ装置は、以下のものである。

（1）血液流入ポートと血液流出ポートとを有するハウジングと、複数の磁性体を備え、前記ハウジング内で回転し血液を送液するインペラとからなるポンプ部と、前記インペラを回転させるためのインペラ回転トルク発生部とを有する血液ポンプ装置であって、前記ハウジングは、前記インペラ回転トルク発生部が発生する磁気吸引力を前記インペラの前記磁性体に伝達するために、前記インペラと前記インペラ回転トルク発生部間に埋設された複数の磁性部材を備え、前記血液ポンプ装置は、前記インペラ回転トルク発生部によるインペラ回転時に、前記インペラを前記ハウジングの内面に非接触状態にて回転させるための非接触軸受機構を備える血液ポンプ装置。

本発明の血液ポンプ装置では、ハウジングは、血液室とインペラトルク発生が分離されているため、製造、組み立てが容易でありかつ軽量化をはかることができる。そして、埋設された複数の磁性部材を備えることにより、インペラ回転トルク発生部が発生する磁気吸引力を確実にインペラの磁性体に

伝達することができる。さらに、血液ポンプ装置は、インペラ回転トルク発生部によるインペラ回転時に、インペラをハウジングの内面に非接触状態にて回転させるための非接触軸受機構を備えているため、インペラを非接触状態にて回転させることが可能となっている。

[0035] そして、本発明の実施態様は、以下のものであってもよい。

(2) 前記インペラ回転トルク発生部は、円周上に配置された複数のステータからなるモータステータであり、前記ステータは、ステータコアと該ステータコアに巻かれたステータコイルとを備え、前記複数の磁性部材は、前記各ステータの前記ステータコア上に位置するように配置されている上記(1)に記載の血液ポンプ装置。

(3) 前記ハウジングの前記磁性部材と前記ステータコアは、接触するように配置されている上記(2)に記載の血液ポンプ装置。

(4) 前記インペラ回転トルク発生部は、前記ポンプ部に着脱可能である上記(1)ないし(3)のいずれかに記載の血液ポンプ装置。

(5) 前記磁性部材は、軟質磁性体である上記(1)ないし(4)のいずれかに記載の血液ポンプ装置。

(6) 前記血液ポンプ装置は、前記インペラ回転トルク発生部側と反対側の前記ハウジング内面もしくは前記インペラの前記インペラ回転トルク発生部側と反対側の面に設けられた動圧溝を備えている上記(1)ないし(5)のいずれかに記載の血液ポンプ装置。

(7) 前記インペラは、第2の磁性体を備え、前記血液ポンプ装置は、前記インペラ回転トルク発生部側と反対側の前記ハウジング内に、前記インペラの前記第2の磁性体を吸引するための永久磁石もしくは電磁石を備えている上記(1)ないし(6)のいずれかに記載の血液ポンプ装置。

(8) 前記非接触軸受機構は、前記インペラ回転トルク発生部側の前記ハウジング内面もしくは前記インペラの前記インペラ回転トルク発生部側の面に設けられた動圧溝により構成されている上記(1)ないし(7)のいずれかに記載の血液ポンプ装置。

(9) 前記非接触軸受機構は、前記インペラに設けられた第2の磁性体と、前記インペラ回転トルク発生部側と反対側のハウジング内に設けられ、前記インペラの前記第2の磁性体を吸引するための電磁石と、前記インペラの位置を検出するための位置センサとにより構成されている上記(1)ないし(7)のいずれかに記載の血液ポンプ装置。

(10) 前記ハウジングは、合成樹脂製である上記(1)ないし(9)のいずれかに記載の血液ポンプ装置。

(11) 前記ハウジングは、金属製である上記(1)ないし(9)のいずれかに記載の血液ポンプ装置。

請求の範囲

- [請求項1] 血液流入ポートと血液流出ポートとを有するハウジングと、複数の磁性体を備え、前記ハウジング内で回転し血液を送液するインペラとからなるポンプ部と、前記インペラを回転させるためのインペラ回転トルク発生部とを有する血液ポンプ装置であって、
- 前記ハウジングは、前記インペラ回転トルク発生部が発生する磁気吸引力を前記インペラの前記磁性体に伝達するために、前記インペラと前記インペラ回転トルク発生部間に埋設された複数の磁性部材を備え、前記血液ポンプ装置は、前記インペラ回転トルク発生部によるインペラ回転時に、前記インペラを前記ハウジングの内面に非接触状態にて回転させるための非接触軸受機構を備えることを特徴とする血液ポンプ装置。
- [請求項2] 前記インペラ回転トルク発生部は、円周上に配置された複数のステータからなるモータステータであり、前記ステータは、ステータコアと該ステータコアに巻かれたステータコイルとを備え、前記複数の磁性部材は、前記各ステータの前記ステータコア上に位置するように配置されている請求項1に記載の血液ポンプ装置。
- [請求項3] 前記ハウジングの前記磁性部材と前記ステータコアは、接触するように配置されている請求項2に記載の血液ポンプ装置。
- [請求項4] 前記インペラ回転トルク発生部は、前記ポンプ部に着脱可能である請求項1ないし3のいずれかに記載の血液ポンプ装置。
- [請求項5] 前記磁性部材は、軟質磁性体である請求項1ないし4のいずれかに記載の血液ポンプ装置。
- [請求項6] 前記血液ポンプ装置は、前記インペラ回転トルク発生部側と反対側の前記ハウジング内面もしくは前記インペラの前記インペラ回転トルク発生部側と反対側の面に設けられた動圧溝を備えている請求項1ないし5のいずれかに記載の血液ポンプ装置。
- [請求項7] 前記インペラは、第2の磁性体を備え、前記血液ポンプ装置は、前記

インペラ回転トルク発生部側と反対側の前記ハウジング内に、前記インペラの前記第2の磁性体を吸引するための永久磁石もしくは電磁石を備えている請求項1ないし6のいずれかに記載の血液ポンプ装置。

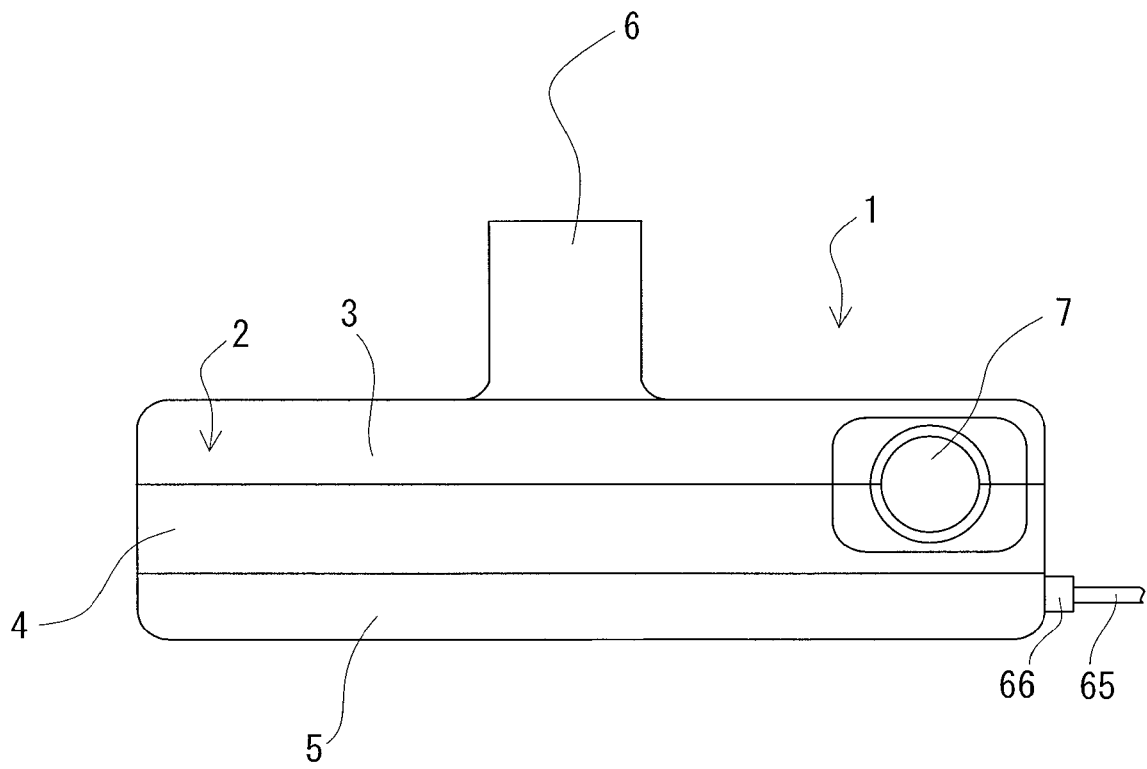
[請求項8] 前記非接触軸受機構は、前記インペラ回転トルク発生部側の前記ハウジング内面もしくは前記インペラの前記インペラ回転トルク発生部側の面に設けられた動圧溝により構成されている請求項1ないし7のいずれかに記載の血液ポンプ装置。

[請求項9] 前記非接触軸受機構は、前記インペラに設けられた第2の磁性体と、前記インペラ回転トルク発生部側と反対側のハウジング内に設けられ、前記インペラの前記第2の磁性体を吸引するための電磁石と、前記インペラの位置を検出するための位置センサとにより構成されている請求項1ないし7のいずれかに記載の血液ポンプ装置。

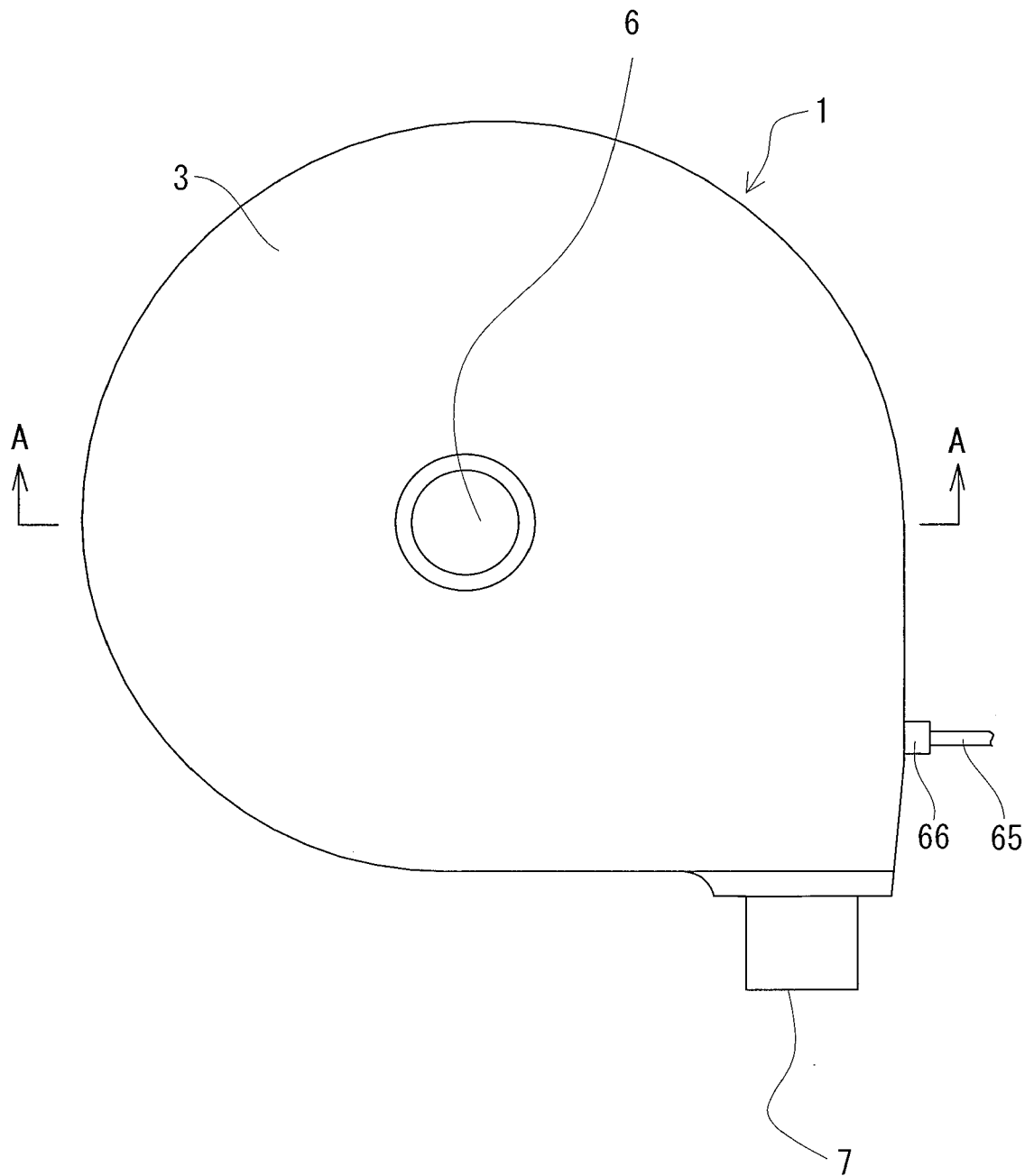
[請求項10] 前記ハウジングは、合成樹脂製である請求項1ないし9のいずれかに記載の血液ポンプ装置。

[請求項11] 前記ハウジングは、金属製である請求項1ないし9のいずれかに記載の血液ポンプ装置。

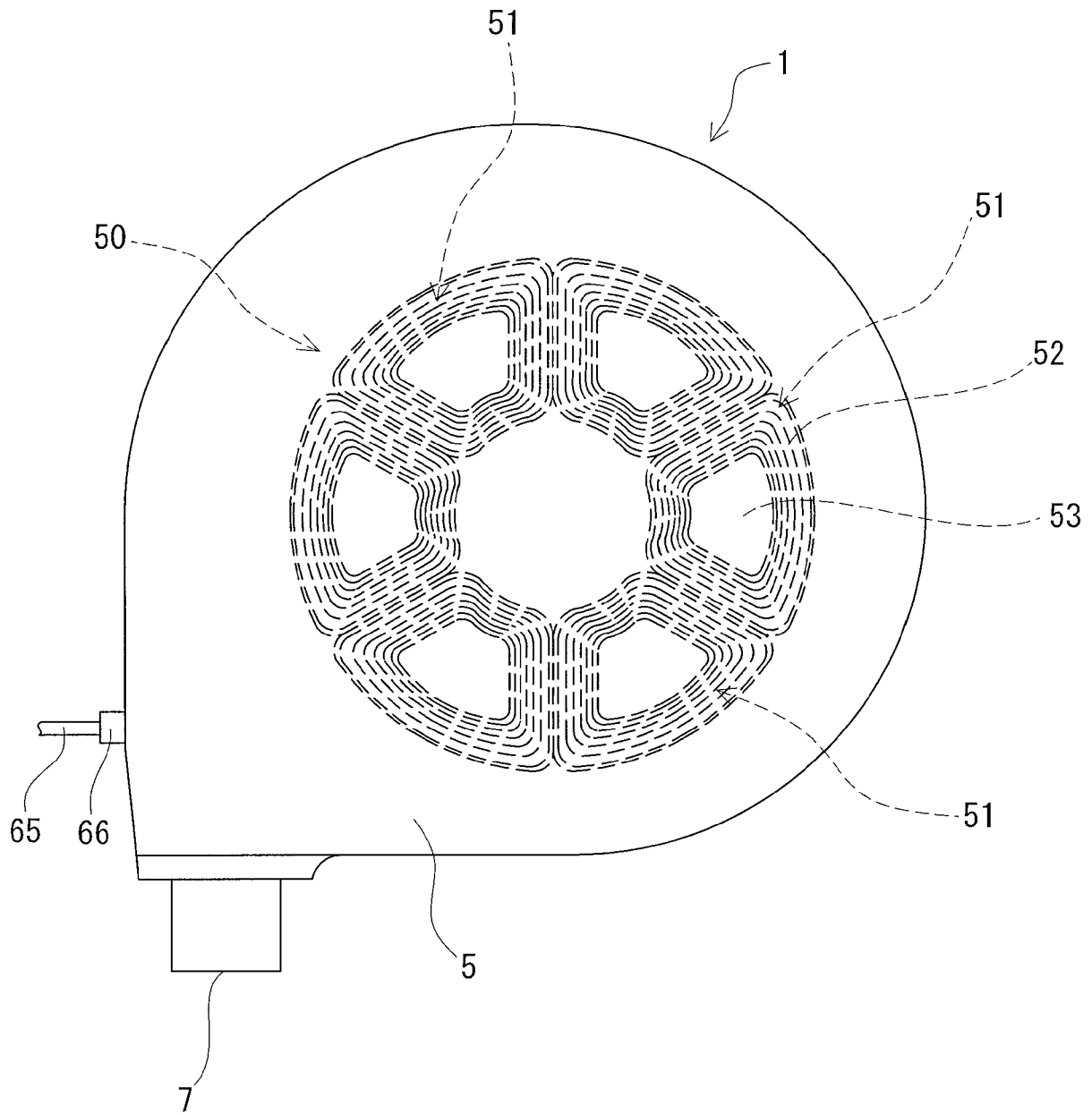
[図1]



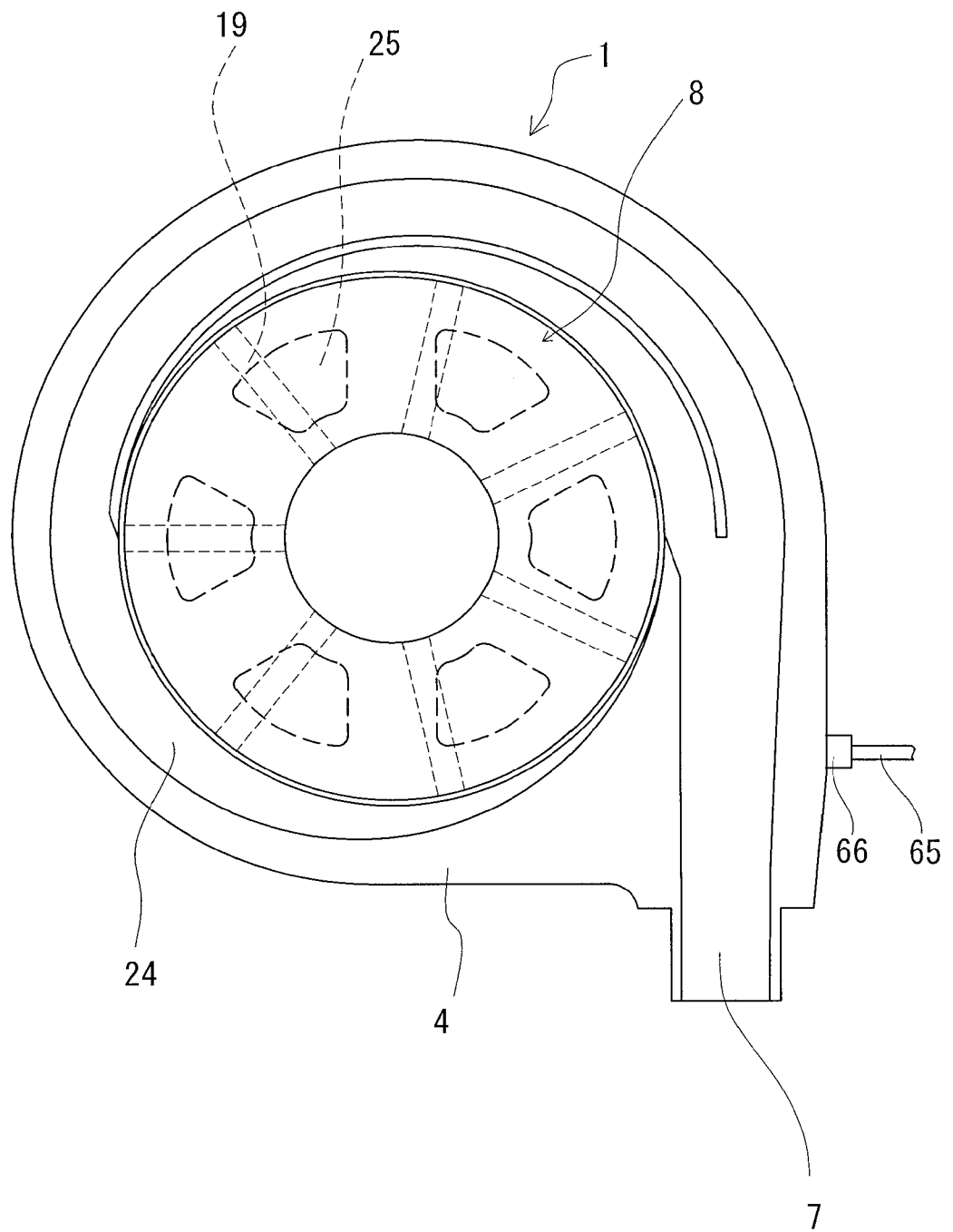
[図2]



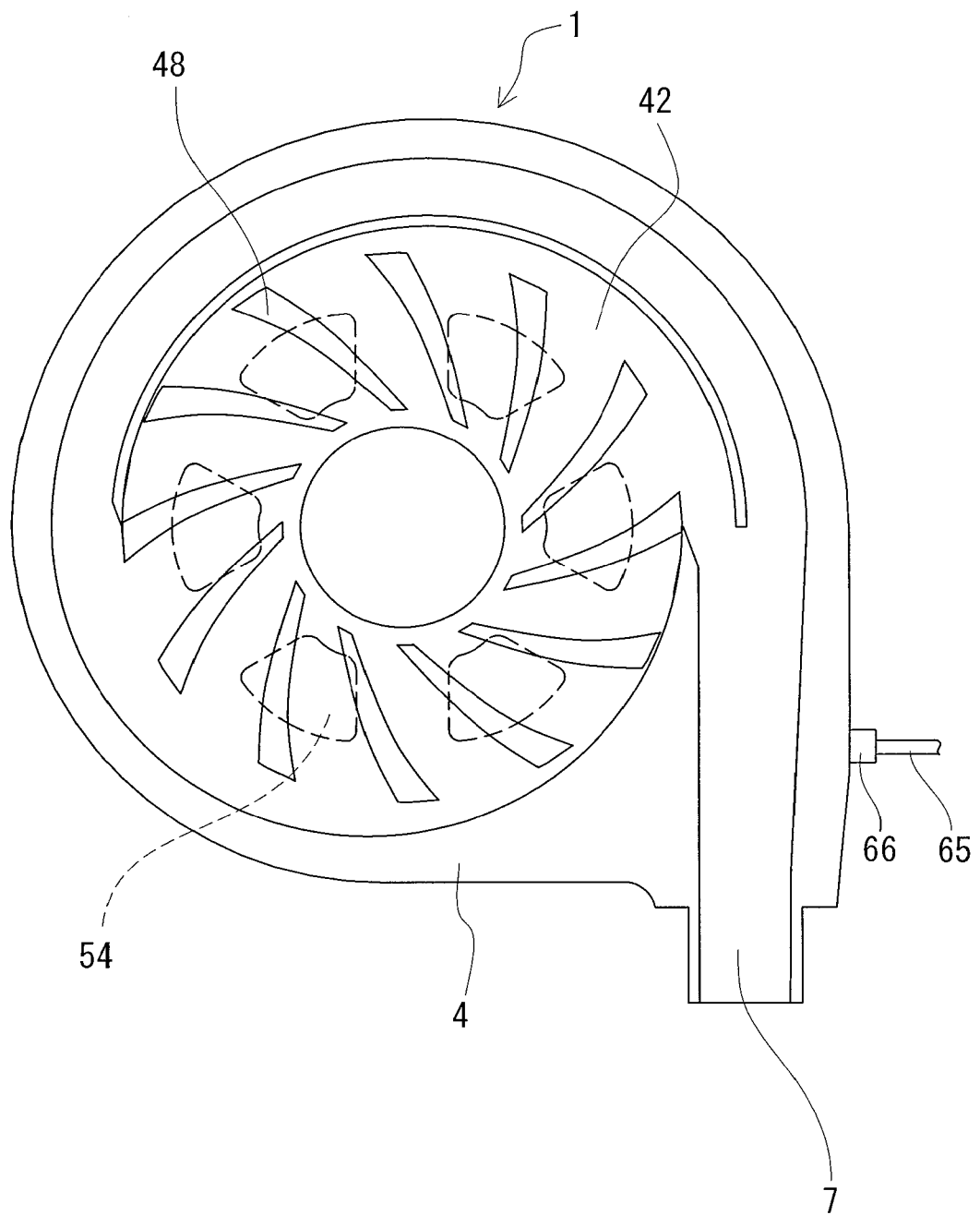
[図3]



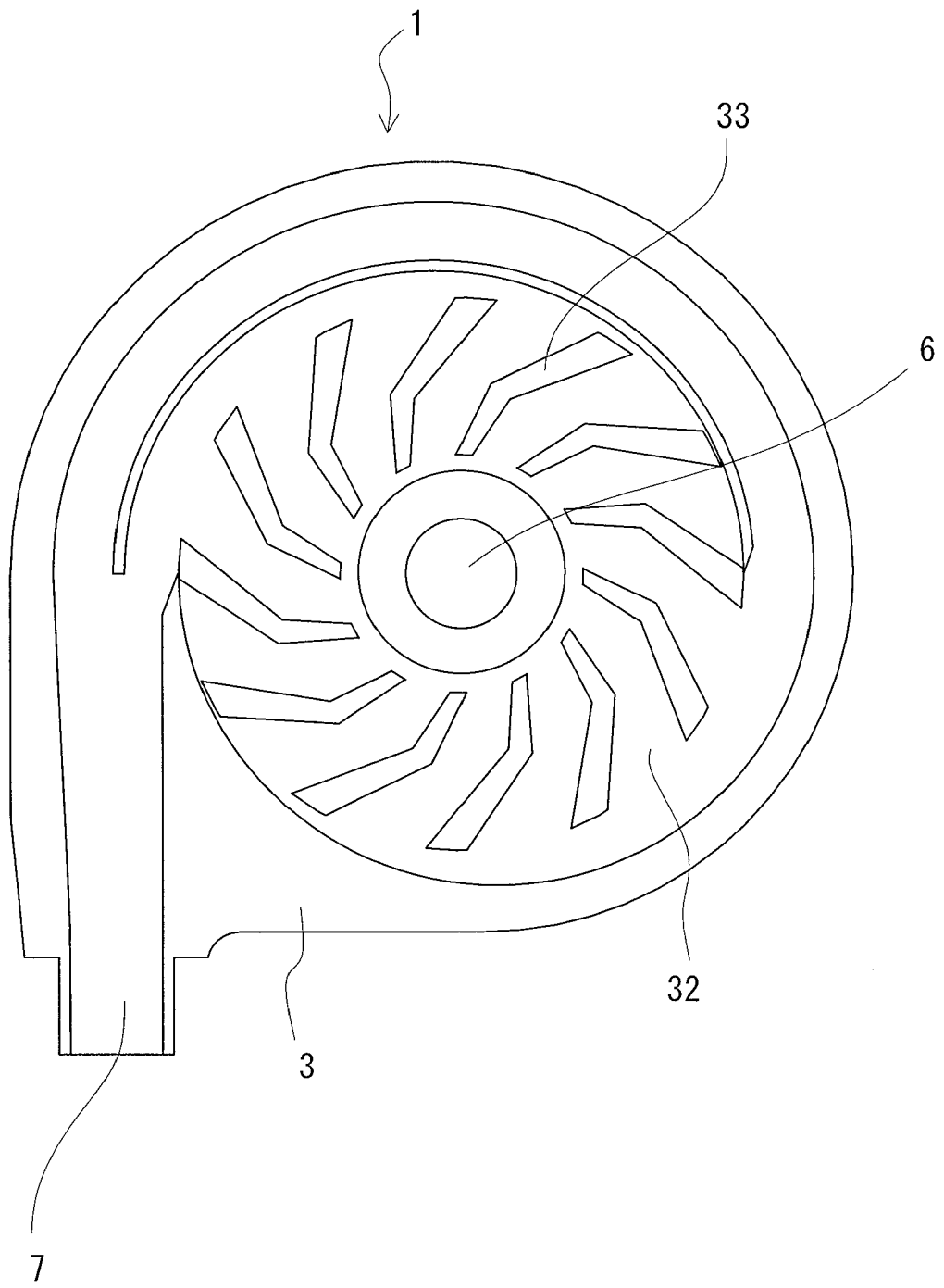
[図5]



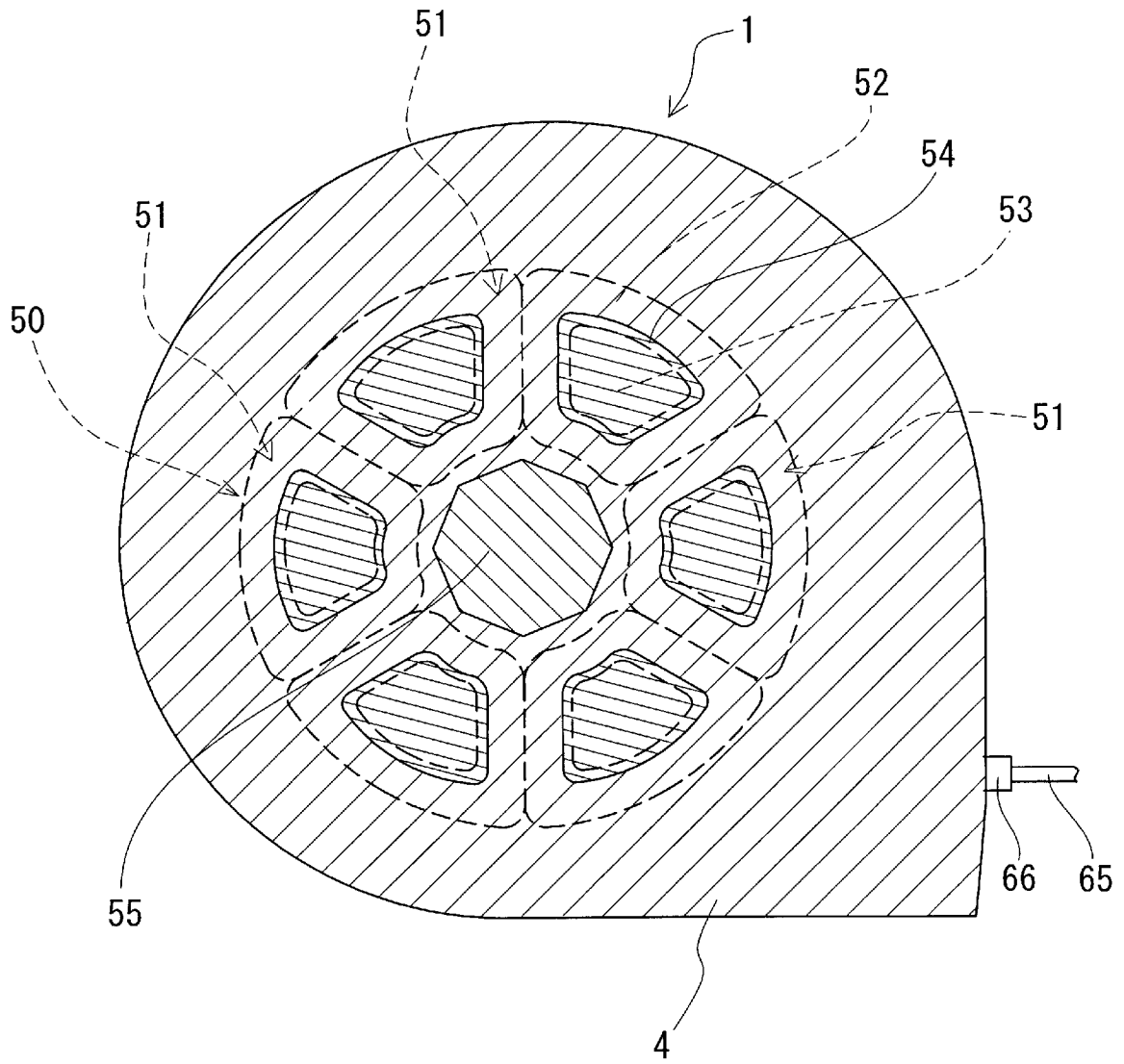
[図6]



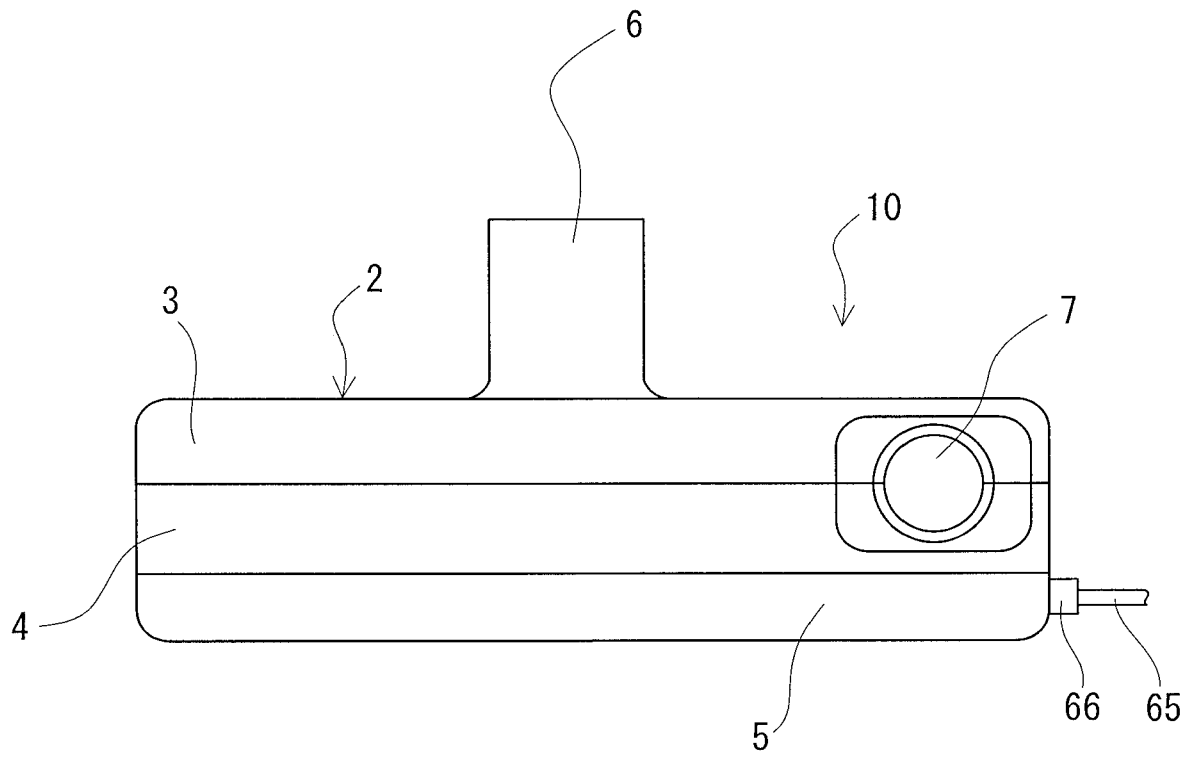
[図7]



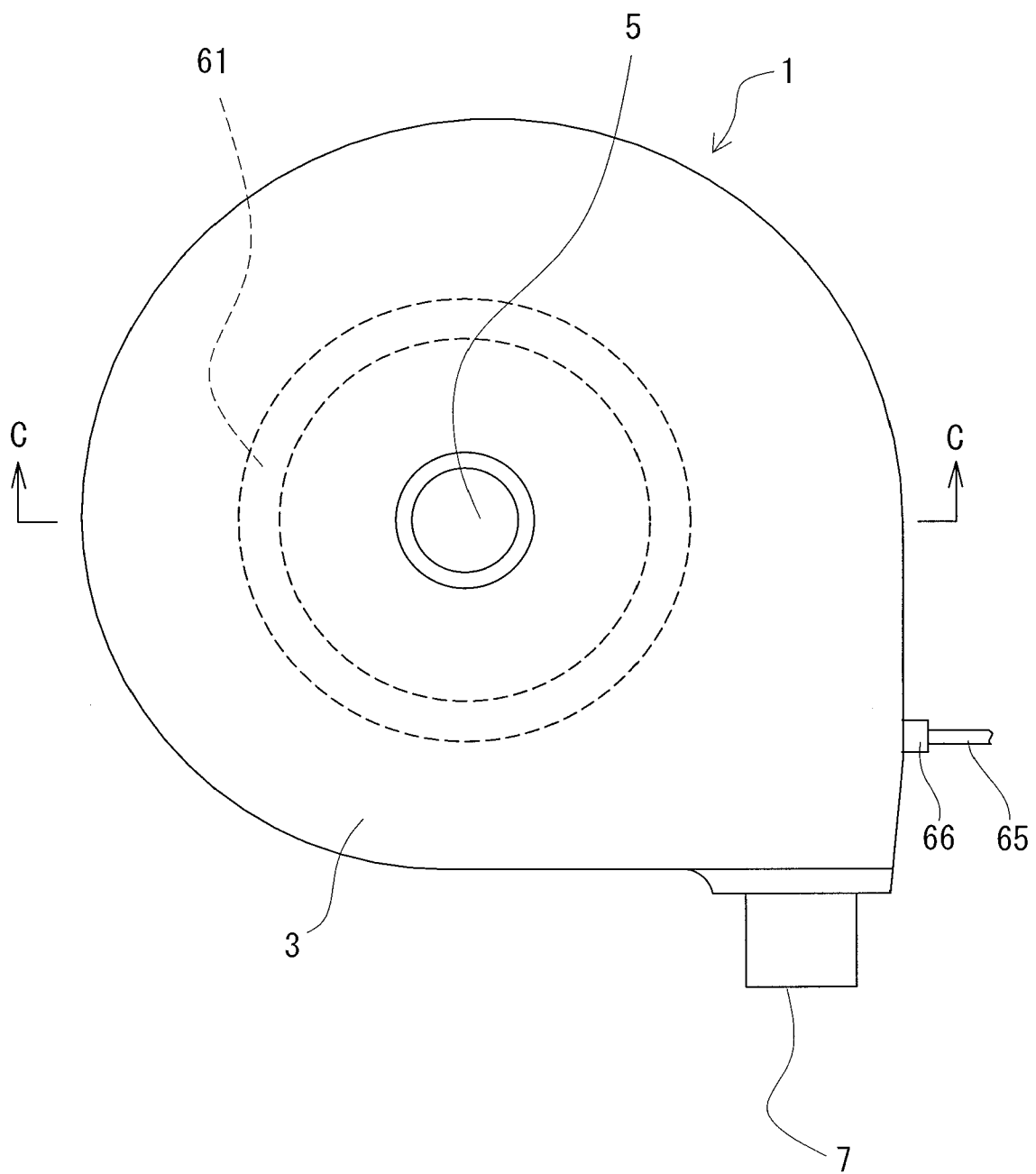
[図8]



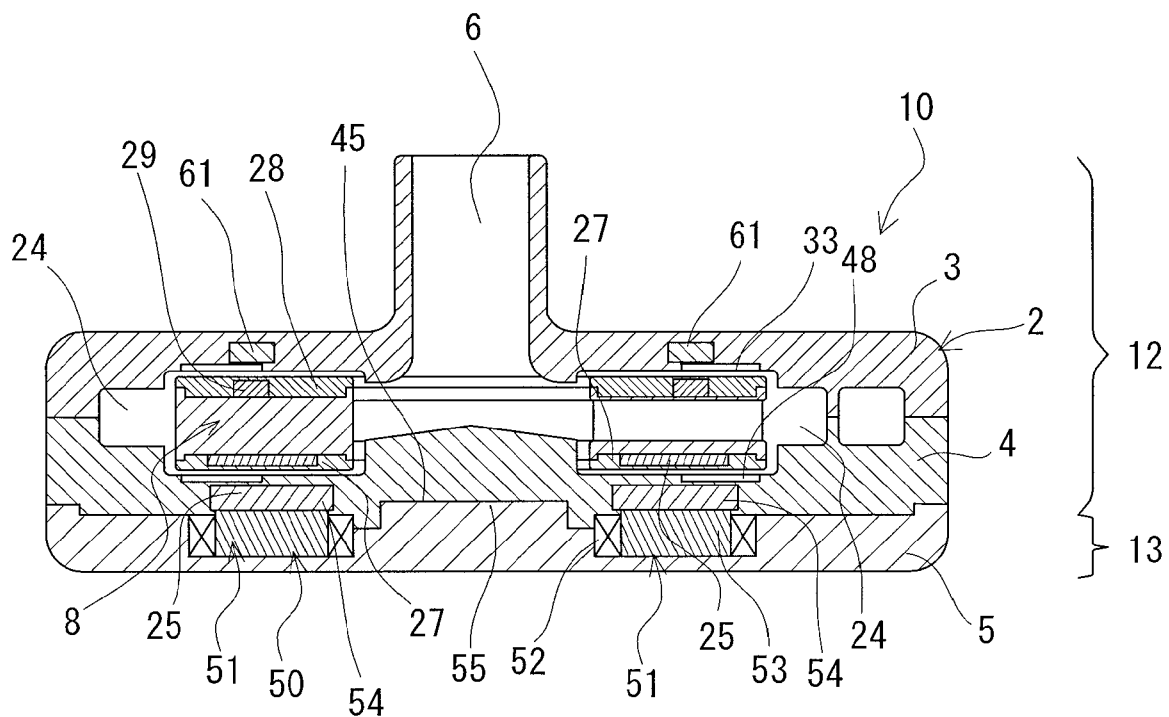
[図9]



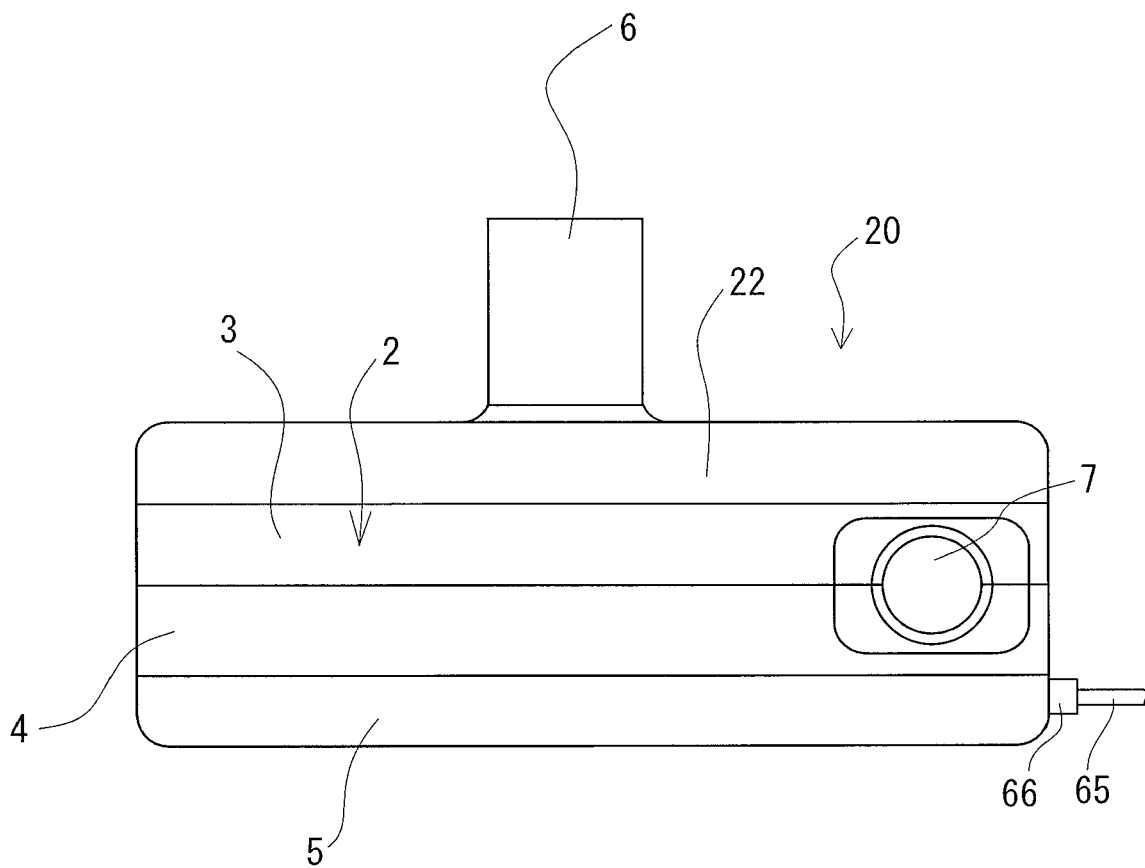
[図10]



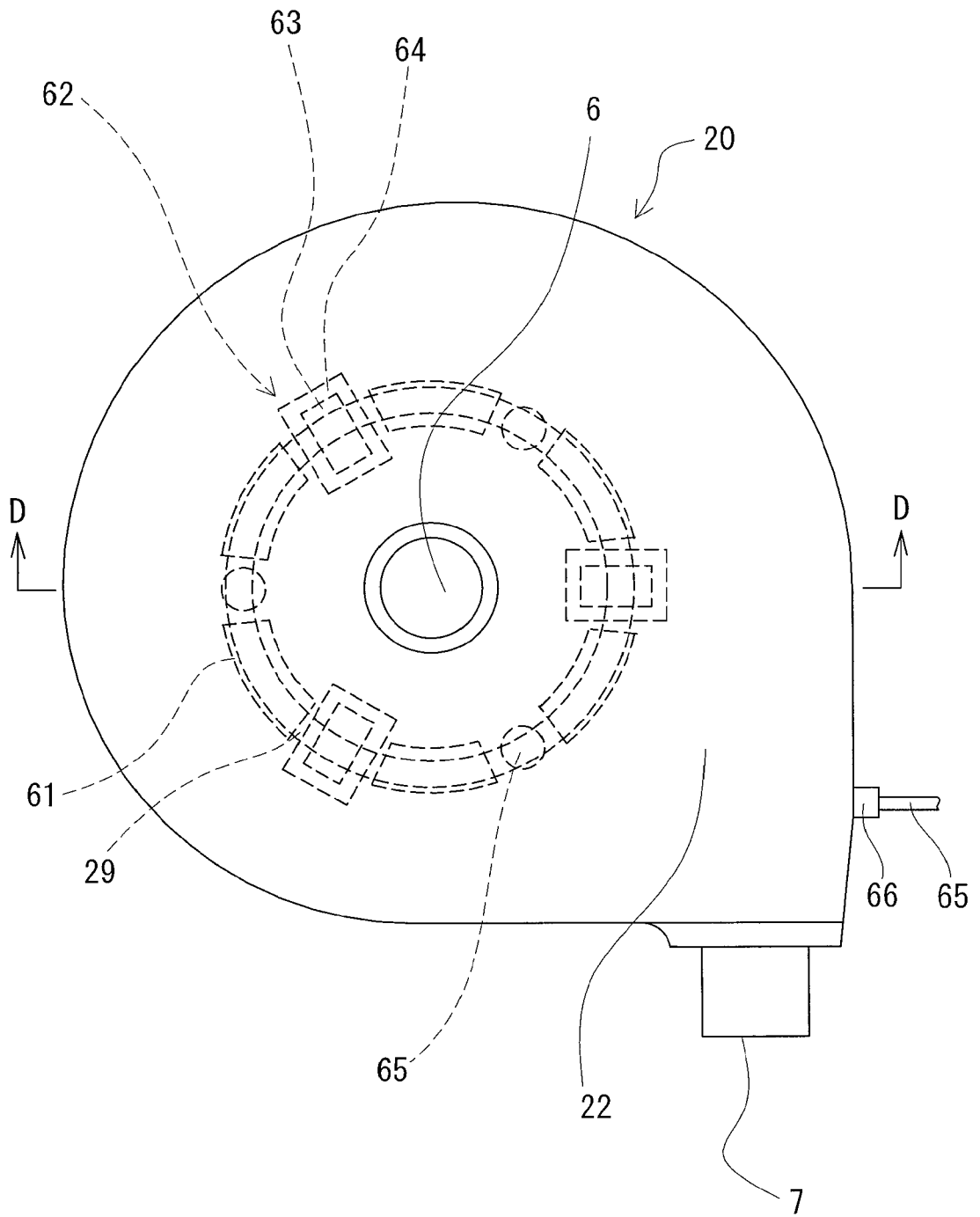
[図11]



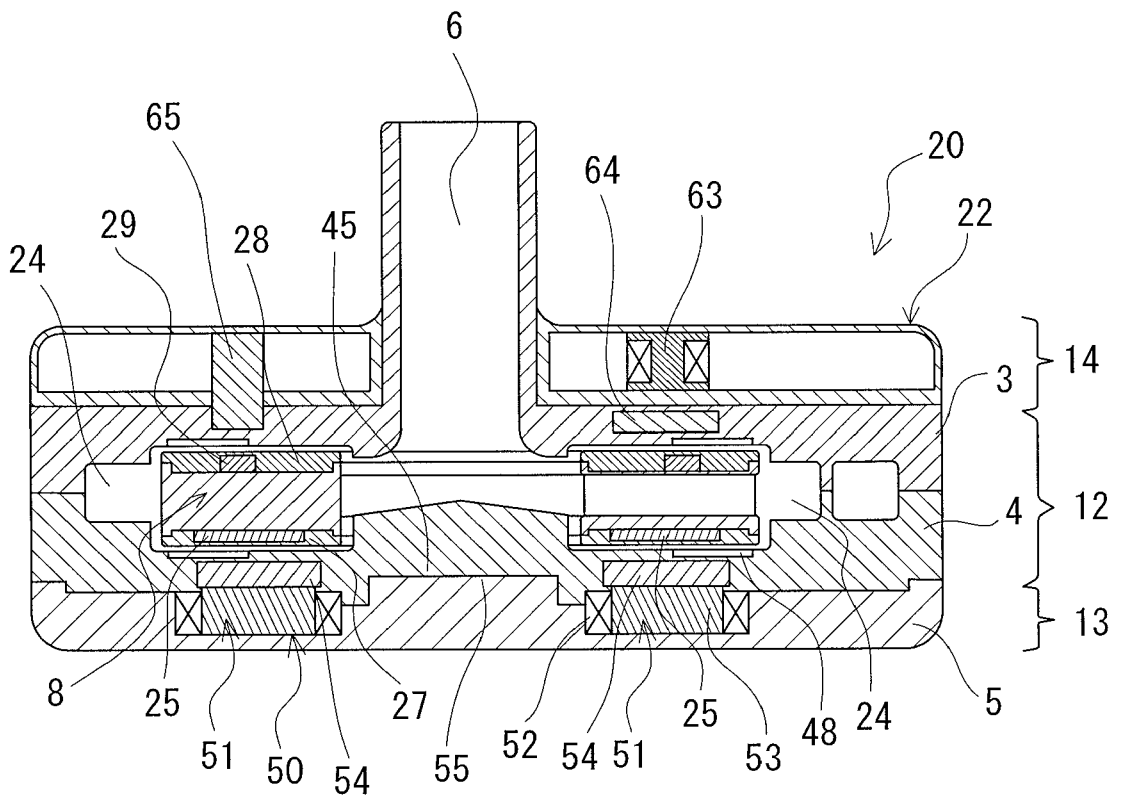
[図12]



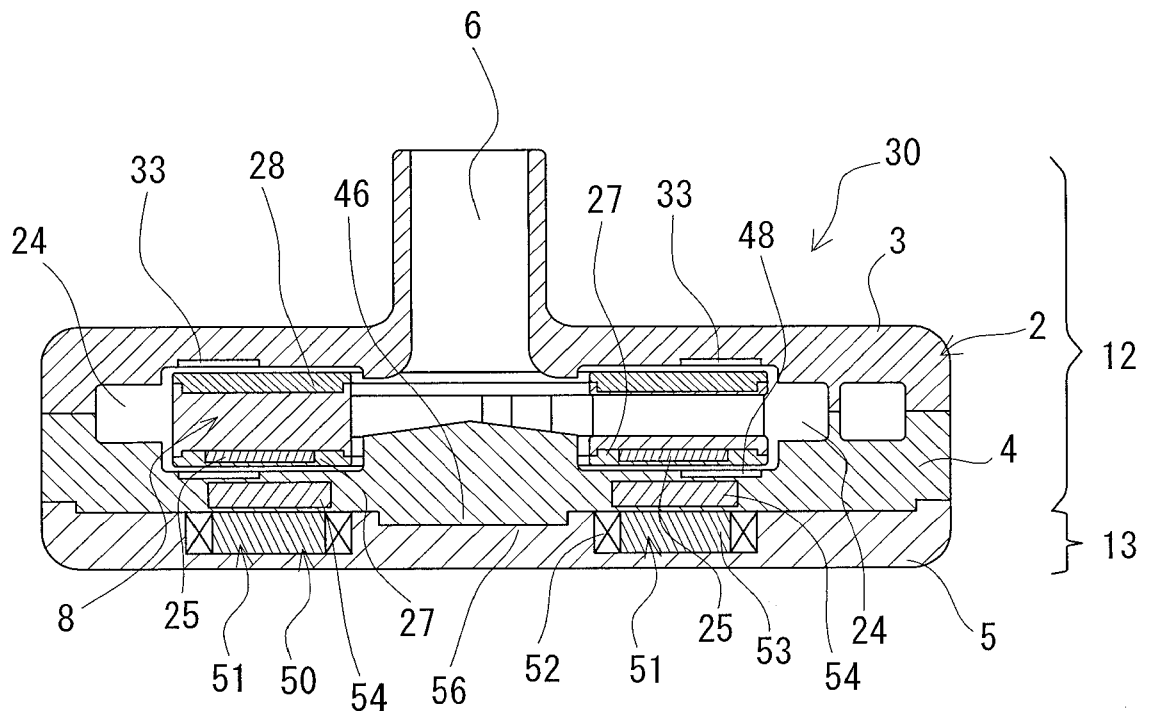
[図13]



[図14]



[図15]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2009/061318

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

A61M1/10(2006.01)i, F04D13/00(2006.01)i, F04D13/02(2006.01)i, F04D29/048(2006.01)i, F04D29/058(2006.01)i, F04D29/22(2006.01)i, F04D29/24(2006.01)i, F04D29/42(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)

A61M1/10, F04D13/00-13/02, F04D29/048-29/42

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 | 1996-2009 |
| Kokai Jitsuyo Shinan Koho | 1971-2009 | Toroku Jitsuyo Shinan Koho | 1994-2009 |

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. |
|-----------|--|-----------------------|
| A | JP 2004-332566 A (Yamada Seisakusho Co., Ltd.), 25 November, 2004 (25.11.04), Par. Nos. [0005], [0006] (Family: none) | 1-11 |
| A | CD-ROM of the specification and drawings annexed to the request of Japanese Utility Model Application No. 75867/1993 (Laid-open No. 42869/1995) (Zojirushi Corp.), 11 August, 1995 (11.08.95), Par. No. [0011] (Family: none) | 1-11 |

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 July, 2009 (06.07.09)

Date of mailing of the international search report
14 July, 2009 (14.07.09)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2009/061318

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages | Relevant to claim No. |
|-----------|--|-----------------------|
| A | JP 2008-132131 A (Terumo Corp.), 12 June, 2008 (12.06.08), Full text; all drawings & US 2008/0124231 A1 | 1-11 |
| A | JP 2007-89972 A (Terumo Corp.), 12 April, 2007 (12.04.07), Full text; all drawings (Family: none) | 1-11 |

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. A61M1/10(2006.01)i, F04D13/00(2006.01)i, F04D13/02(2006.01)i, F04D29/048(2006.01)i, F04D29/058(2006.01)i, F04D29/22(2006.01)i, F04D29/24(2006.01)i, F04D29/42(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 (IPC))

Int.Cl. A61M1/10, F04D13/00-13/02, F04D29/048-29/42

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 | 1922-1996年 |
| 日本国公開実用新案公報 | 1971-2009年 |
| 日本国実用新案登録公報 | 1996-2009年 |
| 日本国登録実用新案公報 | 1994-2009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 |
|-----------------|---|----------------|
| A | JP 2004-332566 A (株式会社山田製作所) 2004. 11. 25, 段落 [0005], [0006] (ファミリーなし) | 1-11 |
| A | 日本国実用新案登録出願 5-75867 号(日本国実用新案登録出願公開 7-42869 号)の願書に添付した明細書及び図面の内容を記録した CD-ROM (象印マホービン株式会社) 1995. 08. 11, 段落[0011] (ファミリーなし) | 1-11 |

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 | の日の後に公表された文献 |
| 「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 | 「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 |
| 「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 | 「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 |
| 「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) | 「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 |
| 「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 | 「&」同一パテントファミリー文献 |
| 「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願 | |

| | |
|--|--|
| 国際調査を完了した日 06.07.2009 | 国際調査報告の発送日 14.07.2009 |
| 国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁 (ISA/JP) 郵便番号100-8915 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) 内山 隆史 電話番号 03-3581-1101 内線 3346 |

| 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 |
| A | JP 2008-132131 A (テルモ株式会社) 2008.06.12, 全文, 全図 & US 2008/0124231 A1 | 1-11 |
| A | JP 2007-89972 A (テルモ株式会社) 2007.04.12, 全文, 全図 (ファミリーなし) | 1-11 |