(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
2013 年 10 月 10 日(10.10.2013)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2013/151015 A1

(51) 国際特許分類:
F04D 19/04 (2006.01) *F04D 29/056* (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2013/059961

(22) 国際出願日: 2013 年 4 月 1 日(01.04.2013)

(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 2012-085412 2012 年 4 月 4 日(04.04.2012) JP

(71) 出願人: 株式会社島津製作所 (SHIMADZU CORPORATION) [JP/JP]; 〒6048511 京都府京都市中京区西ノ京桑原町１番地 Kyoto (JP).

(72) 発明者: 住本 慎(SUMIMOTO, Shin); 〒6048511 京都府京都市中京区西ノ京桑原町１番地 株式会社島津製作所内 Kyoto (JP).

(74) 代理人: 永井 冬紀(NAGAI, Fuyuki); 〒1000011 東京都千代田区内幸町２丁目２番２号 富国生命ビル 永井特許事務所 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, 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, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, 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, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, 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,

[続葉有]

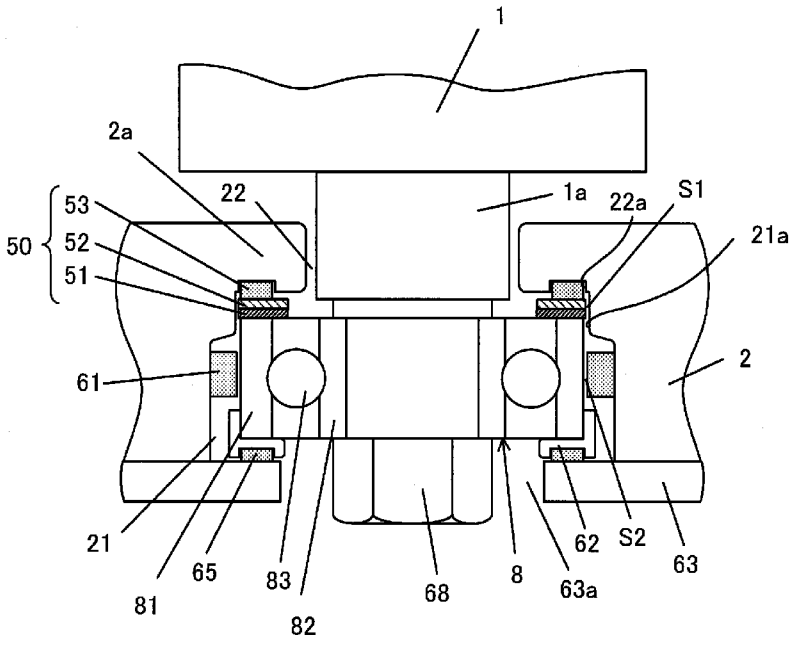
WO 2013/151015 A1

(54) **Title**: VACUUM PUMP

(54) 発明の名称 : 真空ポンプ

【図2】

AA
実施形態１



AA Embodiment 1

(57) **Abstract**: A vibration suppression mechanism (50) is interposed between a ball bearing (8) and the support part (2a) of a base (2). The vibration suppression mechanism (50) is equipped with multiple stacked sliding members (51, 52) and an elastic body (53). There are multiple sliding members (51, 52) and thus multiple sliding surfaces in this vibration suppression mechanism (50), so a large vibration suppression effect can be provided.

(57) 要約: ボールベアリング８とベース２の支持部２ａとの間に制振機構５０が介装されている。制振機構５０は、積層された複数の摺動部材５１、５２および弾性体５３を備えている。この制振機構５０では、摺動部材５１、５２を複数にして、摺動面を複数とするので、制振効果を大きくすることができる。

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, 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 ： 真空ポンプ

技術分野

[0001] 本発明は、永久磁石およびボールベアリングを軸受に用いた真空ポンプに関する。

背景技術

[0002] ターボ分子ポンプ等の真空ポンプにおけるロータの軸受機構として、永久磁石とボールベアリングとを用いる構造のものがある。

ターボ分子ポンプのロータの回転周波数は、回転体の共振周波数（２次の危険速度）よりも高い周波数であるため、ポンプ起動および停止時には、この共振周波数（危険速度）を通過させる必要がある。このため、ターボ分子ポンプには、ロータの共振による振動が、ハウジングに伝達されるのを減衰するための制振機構が必要とされる。

[0003] 永久磁石とボールベアリングとを用いる構成の場合における典型的な制振機構が、特許文献１の図１に図示されている。この構造では、ロータシャフトに取り付けられたボールベアリングの半径方向移動を減衰するためにボールベアリングの外周リングの外周面とハウジング部分との間に半径方向減衰エラストマーリングが介装されている。また、ボールベアリングの軸線方向移動を減衰するためにボールベアリングの外周リングの端面とハウジングとの間に軸線方向減衰エラストマーリングが介装されている。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：日本国特許公表２００８－５４２６２８号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] 上記の如く、ロータシャフトの軸線方向に対する制振機構は、ボールベアリングの外周リングの端面とハウジングとの間に軸線方向減衰エラストマー

リングを介装するだけである。永久磁石とボールベアリングとを用いてロータを支持する構成のターボ分子ポンプの場合には、危険速度を通過する際に永久磁石の部分での回転体の振れ回りが大きい。このため、従来の制振機構では減衰効果が十分でなく、ハウジングにおける振動が大きいため、より効果的な制振機構を有する真空ポンプが必要とされている。

課題を解決するための手段

[0006] 本発明の第１の態様によると、真空ポンプは、排気機能部が形成されたロータをボールベアリングと永久磁石式磁気軸受とで支持し、ロータをモータにより高速回転させて真空排気する真空ポンプにおいて、ロータに設けられたシャフトと、シャフトに取り付けられたボールベアリングと、シャフトの軸方向におけるボールベアリングと永久磁石式磁気軸受との間に配置された支持部材と、支持部材とボールベアリングとの間に介装された制振機構と、を備え、制振機構は、支持部材とボールベアリングとの間に介装された弾性体と、弾性体とボールベアリングとの間に積層して介装された複数の摺動部材と、を備える。

本発明の第２の態様によると、第１の態様の真空ポンプは、複数の摺動部材は、表面が異なる材料により形成された、少なくとも２種類の摺動部材を含むことが好ましい。

本発明の第３の態様によると、第２の態様の真空ポンプは、２種類の摺動部材の一方は、少なくとも表面が金属材料により形成され、他方は、少なくとも表面がポリマー材料により形成されていることが好ましい。

本発明の第４の態様によると、第３の態様の真空ポンプは、摺動部材の一方は粉末焼結金属により形成され、粉末焼結金属に潤滑油が含浸されている、ことが好ましい。

本発明の第５の態様によると、第３または第４の態様の真空ポンプは、ポリマー材料は、フッ素樹脂、ポリイミド、ＰＥＥＫ、フェノール樹脂のいずれかであることが好ましい。

本発明の第６の態様によると、第３乃至第５のいずれかの態様の真空ポン

プは、ポリマー材料には、潤滑油が含浸されていることが好ましい。

本発明の第７の態様によると、第３の態様の真空ポンプは、少なくとも表面が金属材料により形成された摺動部材と、少なくとも表面がポリマー材料により形成された摺動部材とが交互に積層されていることが好ましい。

本発明の第８の態様によると、第の態様の真空ポンプは、ボールベアリングに接する摺動部材は、少なくとも表面がポリマー材料により形成され、弾性体に接する摺動部材は、少なくとも表面が金属材料により形成されていることが好ましい。

本発明の第９の態様によると、第１の態様の真空ポンプは、複数の摺動部材は、潤滑油が含浸された粉末焼結金属により形成された摺動部材を、少なくとも、１つ含むことが好ましい。

本発明の第１０の態様によると、第９の態様の真空ポンプは、複数の摺動部材は、すべて、粉末焼結金属により形成されていることが好ましい。

発明の効果

[0007] 本発明によれば、制振機構は、弾性体と、積層された複数の摺動部材を備えている。摺動部材は、ボールベアリングとの接触面、および摺動部材相互の接触面との複数の接触面において相対的に摺動するので、大きな制振効果を得ることができる。

図面の簡単な説明

[0008] [図1]ターボ分子ポンプの一実施の形態を示す断面図である。

[図2]図１における領域ＩＩの拡大図である。

[図3]本発明の真空ポンプにおける制振機構の実施形態２を示す断面図である。

[図4]本発明の真空ポンプにおける制振機構の実施形態３を示す断面図である。

[図5]図４に図示された制振機構に用いられる弾性部材を示す外観斜視図である。

[図6]図５に図示された弾性部材の変形例を示す外観斜視図である。

[図7]本発明の真空ポンプにおける制振機構の実施形態４を示す断面図である。

[図8]本発明の真空ポンプにおける制振機構の実施形態５を示す断面図である。

発明を実施するための形態

[0009] --実施形態１--

以下、図を参照して本発明を実施するための形態について説明する。図１は本発明に係る真空ポンプの一実施形態を示す図であり、ターボ分子ポンプの断面図である。ロータ３には排気機能部として回転翼３０と円筒部３１とが形成されている。回転翼３０に対応してケーシング１０の内側に固定翼２０がスペーサリング５で位置合せされて設けられており、回転翼３０と固定翼２０とにより高真空側排気機能部を構成している。なお、円筒部３１に対応してケーシング１０の内側に、円筒部３１と共に、例えば、ねじ溝排気部等の低真空側排気機能部を構成する固定筒が設けられているが、図１では図示を省略した。

[0010] ケーシング１０の下面には、シール部材を介してベース２が締結部材（図示せず）により取り付けられ、ケーシング１０とベース２とにより、外部から密封されたハウジングを構成している。

ハウジング内には、シャフト１が、その軸芯をハウジングの中心部に一致させて収容されている。

ロータ３は、シャフト１と同軸にされてシャフト１に締結されている。シャフト１はモータ４により回転駆動される。シャフト１が締結されたロータ３は、永久磁石６、７を用いた磁気軸受とボールベアリング８とにより回転自在に支持されている。円筒状の永久磁石６はロータ３に固定されている。一方、固定側の永久磁石７は磁石ホルダ１１に保持され、永久磁石６の内周側に対向配置されている。永久磁石６、７は、永久磁石式磁気軸受を構成する。ボールベアリング８は、グリース潤滑式の軸受である。

[0011] 磁石ホルダ１１は、ケーシング１０のフランジ部分に固定されている。図

１に示す例では、磁石ホルダ１１の梁部分と固定翼２０の位置決めを行うスペーサリング５とが、ケーシング１０のフランジ部とベース２との間に挟持されるように保持されている。磁石ホルダ１１の中央には、ボールベアリング９を保持するベアリングホルダ１３が固定されている。

[0012] ボールベアリング９はシャフト１上部のラジアル方向の振れを制限するために設けられているものであり、ボールベアリング９の内輪とシャフト１との間には隙間が形成されている。この隙間の寸法は、永久磁石６、７間の隙間寸法より小さく設定されている。これにより、危険速度通過時にロータ３が振れ回った際に、永久磁石６、７同士が接触するのを防止している。

[0013] シャフト１の下端側には、ボールベアリング８が取り付けられている。ボールベアリング８とベース２の支持部２ａ（支持部材）との間には、図２に詳細を示す制振機構５０が介装されている。

[0014] 図２は、図１の二点鎖線で囲った領域ＩＩの拡大図である。

ベース２には、シャフト１に対応してベアリング収容部２１が形成されている。ベース２の支持部２ａは、ベアリング収容部２１の上方を塞いで形成され、支持部２ａにはシャフト１の下端軸部１ａをベアリング収容部２１に挿通する貫通孔２２が形成されている。

ボールベアリング８は、ベアリング収容部２１内に配置され、シャフト１の下端に形成された下端軸部１ａに取り付けられている。ボールベアリング８としては、例えば、アンギュラコンタクト玉軸受が用いられる。ボールベアリング８は、外輪８１、内輪８２および外輪８１と内輪８２との間に配置された転がり素子８３を有する。転がり素子８３の全表面には、外輪８１および内輪８２の各内面との摩擦を低減するためのグリースが塗着されている。

[0015] ボールベアリング８とベース２の支持部２ａとの間に介装された制振機構５０は、積層された２枚の摺動部材５１、５２と、ゴム、エラストマ等により形成された弾性体５３とを備えている。

弾性体５３はリング状に形成され、その上部側が支持部２ａに形成された

凹部２２ａ内に嵌入されている。

[0016] 摺動部材５１、５２は、リング状に形成され、摺動部材５１は、ボールベアリング８の外輪８１の上面に配置され、摺動部材５１の上面に摺動部材５２が配置されている。摺動部材５１と摺動部材５２とは異なる材料により形成されている。限定する意図ではないが、ボールベアリング８の上面に接して配置された摺動部材５１は、例えば、ポリマー材料により形成され、摺動部材５１と弾性体５３との間に介装された摺動部材５２は金属材料により形成されている。ポリマー材料としては、例えば、テフロン（登録商標）等のフッ素樹脂、ポリイミド樹脂、ＰＥＥＫ（ポリエーテルエーテルケトン）樹脂、フェノール樹脂等を挙げることができる。また、ポリマー材料に潤滑油を含浸させておいてもよい。ボールベアリング８の上面と摺動部材５１との間にはグリースが塗布されている。このグリースは、必ずしも、必要とされるものではなく、塗布されていなくてもよい。

[0017] 摺動部材５１、５２の外周と、ベース２のベアリング収容部２１の周壁面２１ａとの間には僅かな間隙Ｓ１が設けられており、摺動部材５１がボールベアリング８の上面に対して摺動し、摺動部材５１が摺動部材５２に対して摺動可能となっている。

[0018] ベアリング収容部２１には、ボールベアリング８の外輪８１に対応して弾性部材６１が設けられている。弾性部材６１は、ゴムやエラストマ等によりリング状に形成されている。弾性部材６１の内面は、ボールベアリング８の外輪８１の外周面との間に僅かな間隙Ｓ２が形成される寸法に形成されている。

[0019] ボールベアリング８の外輪８１の下面および外周面には、筒形保持部材６２が嵌合されている。ベース２には、ベアリング収容部２１の内側に突き出す取付部材６３が締結部材（図示せず）等により取り付けられている。筒形保持部材６２と取付部材６３との間には、ゴム、エラストマ等からなるリング状の弾性体６５が介装されている。

ボールベアリング８は、取付部材６３に設けられた貫通孔６３ａから挿通

されるナット６８によりシャフト１の下端軸部１ａに固定されている。

[0020] シャフト１は、ロータ３に固定された永久磁石６と磁石ホルダ１１に保持された永久磁石７との反発作用により、磁石ホルダ１１、換言すれば、ケーシング１０に対して、軸方向に所定の位置に保持される。この状態で、弾性体５３が圧縮され、扁平状とされている。

[0021] ロータ３が高速回転すると、ロータ３のアンバランスによりボールベアリング８がロータ３に取り付けられたシャフト１と共に振れ回る。ボールベアリング８の半径方向の振れは、ボールベアリング８の外輪８１の外周面が弾性部材６１に接触することにより抑制される。すなわち、弾性部材６１は、ロータ３の半径方向の振動を抑制する半径方向制振機能を有する。

[0022] ボールベアリング８は、半径方向と共に軸方向にも振れる。ボールベアリング８がこのように振れ回ると、摺動部材５１は、ボールベアリング８の外輪８１の上面に対して相対的に摺動する。また、摺動部材５１に対して摺動部材５２が相対的に摺動する。つまり、ボールベアリング８の外輪８１の上面と摺動部材５１との接触面、摺動部材５１と摺動部材５２との接触面が摺動面となる。このように、複数の摺動面において摺動が生じるため、ロータ３に発生する振動を減衰する効果が大きくなる。

筒形保持部材６２と取付部材６３との間に介装された弾性体６５は、何らかの異常により、ロータ３の荷重が軸方向下方に向けて作用した場合に、振動を吸収する制振する機能を有する。

[0023] ポリマー材料と金属材料との摩擦係数は、ポリマー材料同士または金属材料同士の摩擦係数よりも小さい。従って、ボールベアリング８の外輪８１が金属材料により形成されている場合、ボールベアリング８の上面に配置される摺動部材５１をポリマー材料とすると、ボールベアリング８と摺動部材５１との摩擦係数を小さくすることができる。また、摺動部材５２を金属材料で形成すると、摺動部材５１と摺動部材５２の摩擦係数を小さくすることができる。このようにすることにより、ロータ３の振動がベース２、ケーシング１０に伝達されるのを防止する制振効果をより大きくすることができる。

[0024] このため、ロータ３が危険速度を通過する際に振れ回りが大きくなった場合でも、ボールベアリング８を介してベース２およびハウジング１０に伝達される振動エネルギを十分に吸収することができる。すなわち、制振効果を向上することができる。

制振作用は、ロータ３が危険速度を通過する際の回転数以外の回転数の場合、すなわち、定速回転時等においても得られるが、その場合にも、同様に、大きな制振効果を得ることができる。

[0025] ボールベアリング８の上面と摺動部材５１との界面に潤滑油が介在されている場合には、ボールベアリング８と摺動部材５１との摩擦係数を小さくすることができる。しかし、複数の摺動部材５１、５２を積層して介装することで、ボールベアリング８の上面と摺動部材５１との界面に潤滑油が介在されていない場合にも、摺動部材５１、５２を備えていない場合よりも制振効果を向上する。

[0026] 特に、上述した如く、摺動部材５１、５２を異なる材料、好ましい例として、一方を金属材料、他方をポリマー材料とすることで、同材料で形成する場合に比し、摺動面の摩擦係数を小さくすることができる。この場合、摺動部材５１、５２を共にポリマー材料により形成すると、摩擦抵抗が大きくなるうえに、ポリマー材料は熱伝導率が悪く、摩擦熱により両部材が固着される可能性が高いことを留意する必要がある。但し、この場合にも、摺動部材５１、５２を有していない構造よりも制振効果は大きい。なお、摺動部材５１を金属材料とし、摺動部材５２をポリマー材料としたり、摺動部材５１、５２を共に金属材料としたりしてもよい。

[0027] --実施形態２--

図３は、本発明の真空ポンプにおける制振機構の実施形態２を示す断面図である。

実施形態２における制振機構が、図２に図示された実施形態１と相違する点は、弾性部材６１の周囲に間隙を設けて、この間隙に潤滑油を注入する構造とした点である。

すなわち、ベアリング収容部２１の周壁面と弾性部材６１の外周面との間に間隙Ｓ３が設けられ、この間隙Ｓ３に潤滑油が注入されている。また、ボールベアリング８の外輪８１の外周面と弾性部材６１の内周面との間の間隙Ｓ２が、実施形態１の場合よりも拡げられ、この間隙Ｓ２に潤滑油が注入されている。

[0028] 間隙Ｓ３およびＳ２に注入される潤滑油は、ボールベアリング８が半径方向に振動した場合、オイルダンパとして作用する。つまり、弾性部材６１と共に間隙Ｓ３およびＳ２に注入された潤滑油が制振機能を果たす。このため、制振効果の向上を図ることができる。間隙Ｓ３の寸法は、０．１～０．２ｍｍ程度とすればよい。

潤滑油が注入される間隙Ｓ３、Ｓ２は、いずれか一方のみを設ける構造としてもよい。

その他は、実施形態１と同様であり、対応する部材に同一の符号を付して説明を略す。

[0029] --実施形態３--

図４は、本発明の真空ポンプにおける制振機構の実施形態３を示す断面図であり、図５は、図４に示された制振機構に用いられる弾性部材の外観斜視図である。

以下、実施形態１との相違点を主に実施形態３における制振機構を説明する。

実施形態３の制振機構５０では、１つの弾性体５３と４つの摺動部材５１、５２により構成されている。

すなわち、制振機構５０は、摺動部材５１と５２が、それぞれ、２つずつ用いられ、交互に積層されている。摺動部材５１、５２の積層順序は、実施形態１の場合と同様であり、ボールベアリング８、摺動部材５１、摺動部材５２、摺動部材５１、摺動部材５２の順である。

[0030] この構造では、摺動面が４か所となり、実施形態１の場合より多くなるので、一層、制振効果を向上することができる。

弾性部材６６は、図５に図示されるように、円筒状の金属板を半径方向に波立たせた形状を有する。弾性部材６６の最大径の部分は、ベアリング収容部２１の周壁面に接面し、最小径の部分は、ボールベアリング８の外輪８１の外周面に接面している。

[0031] 金属性の弾性部材６６は、ゴムやエラストマ製に比し、強度を大きくすることができるので、実施形態３に示された制振機構は、特に、大型の真空ポンプに対して有効である。

筒形保持部材６２は、その高さが、弾性部材６６の高さ（軸方向の長さ）に対応して低く設定されている。

ベアリング収容部２１の周壁面と弾性部材６６のいずれか一方、および／またはボールベアリング８の外周面と弾性部材６６のいずれか一方に、潤滑油を塗布するようにしてもよい。

その他は、実施形態１と同様であり、対応する部材に同一の符号を付して説明を略す。

[0032] （変形例）

図６は、図５に図示された弾性部材の変形例を示す外観斜視図である。

金属製の弾性部材６７は、円筒状の金属板に外周方向に突出す複数の突起部６７ａが形成された構造を有する。突起部６７ａは、円周方向に沿って所定間隔で配列されており、各突起部６７ａの先端部分が、ベアリング収容部２１の周壁面に接するように配置される。弾性部材６７は、その内面が、ボールベアリング８の外輪８１の外周面と間隙Ｓ２（図２参照）が形成されるような位置関係に配置される。弾性部材６７の内面またはボールベアリング８の外輪８１の外周面に潤滑油を塗布するようにしてもよい。

[0033] --実施形態４--

図７は、本発明の真空ポンプにおける制振機構の実施形態４を示す断面図である。

実施形態１～３においては、制振機構５０を構成する摺動部材５１、５２を、一方をポリマー材料、他方を金属材料により形成した構造として例示し

た。

実施形態４における制振機構５０を構成する複数（図７では２つ）の摺動部材５４は、それぞれ、潤滑油が含浸された粉末焼結金属により形成されている。

[0034] ポリマー材料で形成された摺動部材５１は、摺動面において摩擦により摩耗する。潤滑油が含浸されたポリマー材料においては、摩耗することにより潤滑油が摺動面を覆う。

摺動部材５１が摩耗すると、ロータ３に固定されている永久磁石６の位置が下方にずれる。つまり、永久磁石６と磁石ホルダ１１に固定された永久磁石７とのスラスト方向の距離が変化する。このため、永久磁石６と永久磁石７との反発力によりボールベアリング８に作用する予圧が増大する。ボールベアリング８に作用する予圧が増大すると、ボールベアリング８が損傷したり、振動が増大したりする。

[0035] 潤滑油が含浸された粉末焼結金属により形成された摺動部材５４を用いることにより、摺動部材５４の摩耗を抑制することができ、これに伴い、ボールベアリング８に作用する予圧の増大を抑制することができる。

また、粉末焼結金属により形成された摺動部材５４は熱伝達率が大きいので、ベース２とケーシング１０とを介して放熱する放熱性を向上することができ、ボールベアリング８およびロータ３の温度を下げることができる。

[0036] なお、粉末焼結金属により形成された摺動部材５４は、２つに限られるものではなく、３つ以上とすることができる。摺動部材５４のすべてに潤滑油が含浸されている必要はなく、少なくとも、１つの摺動部材５４に潤滑油が含浸されていればよい。

また、弾性部材６１、６６、６７を含む半径方向制振機構は、実施形態２および３に例示された構造としてもよい。

[0037] --実施形態５--

図８は、本発明の真空ポンプにおける制振機構の実施形態５を示す断面図である。

実施形態５における制振機構５０は、ポリマー材料で形成された摺動部材５１と、粉末焼結金属により形成された摺動部材５４とが積層されて構成されている。

図８においては、粉末焼結金属により形成された摺動部材５４を中央にして、上下にポリマー材料により形成された摺動部材５１が積層された積層構造として例示されている。しかし、図８に例示された積層構造に限定されるものではない。ポリマー材料により形成された摺動部材５１を中央にして、上下に粉末焼結金属により形成された摺動部材５４を積層した積層構造としてもよい。実施形態１のように、粉末焼結金属により形成された摺動部材５４とポリマー材料により形成された摺動部材５１とを１つずつ積層した構造としてもよい。また、実施形態２のように、粉末焼結金属により形成された摺動部材５４とポリマー材料により形成された摺動部材５１とを交互に積層した構造としてもよい。

[0038] 粉末焼結金属により形成された摺動部材５４のすべてを潤滑油が含浸されたものとする必要はない。しかし、少なくとも、１つは、潤滑油が含浸されているものを用いることが好ましい。また、ポリマー材料により形成された摺動部材５１を、潤滑油が含浸されたものとしてもよい。粉末焼結金属により形成された摺動部材５４とポリマー材料により形成された摺動部材５１との上下の位置は関係なく、摺動部材５４と摺動部材５１のどちらをボールベアリング８上に配置してもよい。また、摺動部材５４と摺動部材５１のどちらが弾性体５３に接触するようにしてもよい。

また、弾性部材６１、６６、６７を含む半径方向制振機構は、実施形態２および３に例示された構造としてもよい。

[0039] 上記各実施形態によれば下記の効果を奏する。

（１）実施形態１～５では、支持部２ａとボールベアリング８との間に制振機構５０を備えている。実施形態１～３の制振機構５０は、弾性体５３と、積層された複数の摺動部材５１、５２とを備え、実施形態４の制振機構５０は、弾性体５３と、積層された複数の摺動部材５４とを備え、実施形態５の

制振機構５０は、弾性体５３と、積層された複数の摺動部材５１，５４とを備えている。実施形態１～３では摺動部材５１と５２との間、および摺動部材５１とボールベアリング８との間において相対的に摺動する。実施形態４では２枚の摺動部材５４と５４との間、および摺動部材５４とボールベアリング８との間において相対的に摺動する。実施形態５では複数の摺動部材５１と５４との間、および摺動部材５１とボールベアリング８との間において相対的に摺動する。したがって、複数の接触面において相対的に摺動するので、大きな制振効果を得ることができる。

[0040] （２）実施形態３では、ポリマー材料により形成された摺動部材５１と金属材料により形成された摺動部材５２とを交互に積層するようにした。このため、各摺動面における摩擦係数をより小さくし、ロータ３の振動が、ベース２やケーシング１０に伝達される振動を極めて小さいものとすることができる。

[0041] （３）摺動部材５１、５２、５４を積層することにより、ボールベアリング８の上面に塗布された潤滑油が、使用により消尽した場合でも、制振効果が十分な状態に維持することができる。

[0042] （４）実施形態４、５に例示されるように、制振機構５０に、潤滑油が含浸された粉末焼結金属により形成された摺動部材５４を、少なくとも、１つ含むようにすることにより、摺動面における摩耗を抑制することができる。すなわち、例えば、ポリマー材料により形成された摺動部材５１よりも摺動面における摩耗を低減することができる。これにより、永久磁石式磁気軸受の作用によりボールベアリング８に予圧がかかる真空ポンプの予圧の変化を抑制することができる。

[0043] （５）実施形態４に例示するように、摺動部材を、粉末焼結金属により形成された熱伝達率が大きい摺動部材５４のみにより構成することにより、ベース２とケーシング１０とを介して放熱する放熱性を向上することができ、ボールベアリング８およびロータ３の温度を下げることができる。

[0044] なお、上記実施形態では、摺動部材５１、５２を、その全体が金属材料ま

たはポリマー材料により形成されているとして例示した。しかし、摺動部材５１、５２は、全体が同一の材料により形成されているものでなく、表面層が異なる材料により形成されているものでもよい。例えば、金属材料にポリマー材料をコーティングしたり、セラミックスに金属層をスパッタにより形成したりするようにしてもよい。

[0045] また、摺動部材５１、５２の一方または双方を、例えば、金属材料または金属酸化物により形成し、表面に摺動を円滑にするための円滑な微小ドーム状の隆起体を形成するようにしてもよい。

[0046] また、本発明は、ターボ分子ポンプに限らず、同様の軸受構造を有する真空ポンプ、例えば、ドラッグポンプ等の真空ポンプにも適用することができる。

その他、本発明の趣旨の範囲内において、本発明は上記実施の形態に何ら限定されるものではない。

[0047] 次の優先基礎出願の開示内容は引用文としてここに組み込まれる。

日本国特許出願２０１２年第８５４１２号（２０１２年４月４日出願）

請求の範囲

[請求項1] 排気機能部が形成されたロータを、ボールベアリングと永久磁石式磁気軸受とで支持し、前記ロータをモータにより高速回転させて真空排気する真空ポンプにおいて、

前記ロータに設けられたシャフトと、

前記シャフトに取り付けられた前記ボールベアリングと、

前記シャフトの軸方向における前記ボールベアリングと前記永久磁石式磁気軸受との間に配置された支持部材と、

前記支持部材と前記ボールベアリングとの間に介装された制振機構と、を備え、

前記制振機構は、前記支持部材と前記ボールベアリングとの間に介装された弾性体と、

前記弾性体と前記ボールベアリングとの間に積層して介装された複数の摺動部材と、を備える、真空ポンプ。

[請求項2] 請求項１に記載の真空ポンプにおいて、前記複数の摺動部材は、表面が異なる材料により形成された、少なくとも２種類の摺動部材を含む、真空ポンプ。

[請求項3] 請求項２に記載の真空ポンプにおいて、２種類の前記摺動部材の一方は、少なくとも表面が金属材料により形成され、他方は、少なくとも表面がポリマー材料により形成されている、真空ポンプ。

[請求項4] 請求項３に記載の真空ポンプにおいて、前記摺動部材の一方は粉末焼結金属により形成され、前記粉末焼結金属に潤滑油が含浸されている、真空ポンプ。

[請求項5] 請求項３または４に記載の真空ポンプにおいて、前記ポリマー材料は、フッ素樹脂、ポリイミド、ＰＥＥＫ、フェノール樹脂のいずれかである、真空ポンプ。

[請求項6] 請求項３乃至５のいずれか１項に記載の真空ポンプにおいて、前記ポリマー材料には、潤滑油が含浸されている、真空ポンプ。

[請求項7] 請求項３に記載の真空ポンプにおいて、少なくとも表面が前記金属材料により形成された前記摺動部材と、少なくとも表面が前記ポリマー材料により形成された前記摺動部材とが交互に積層されている、真空ポンプ。

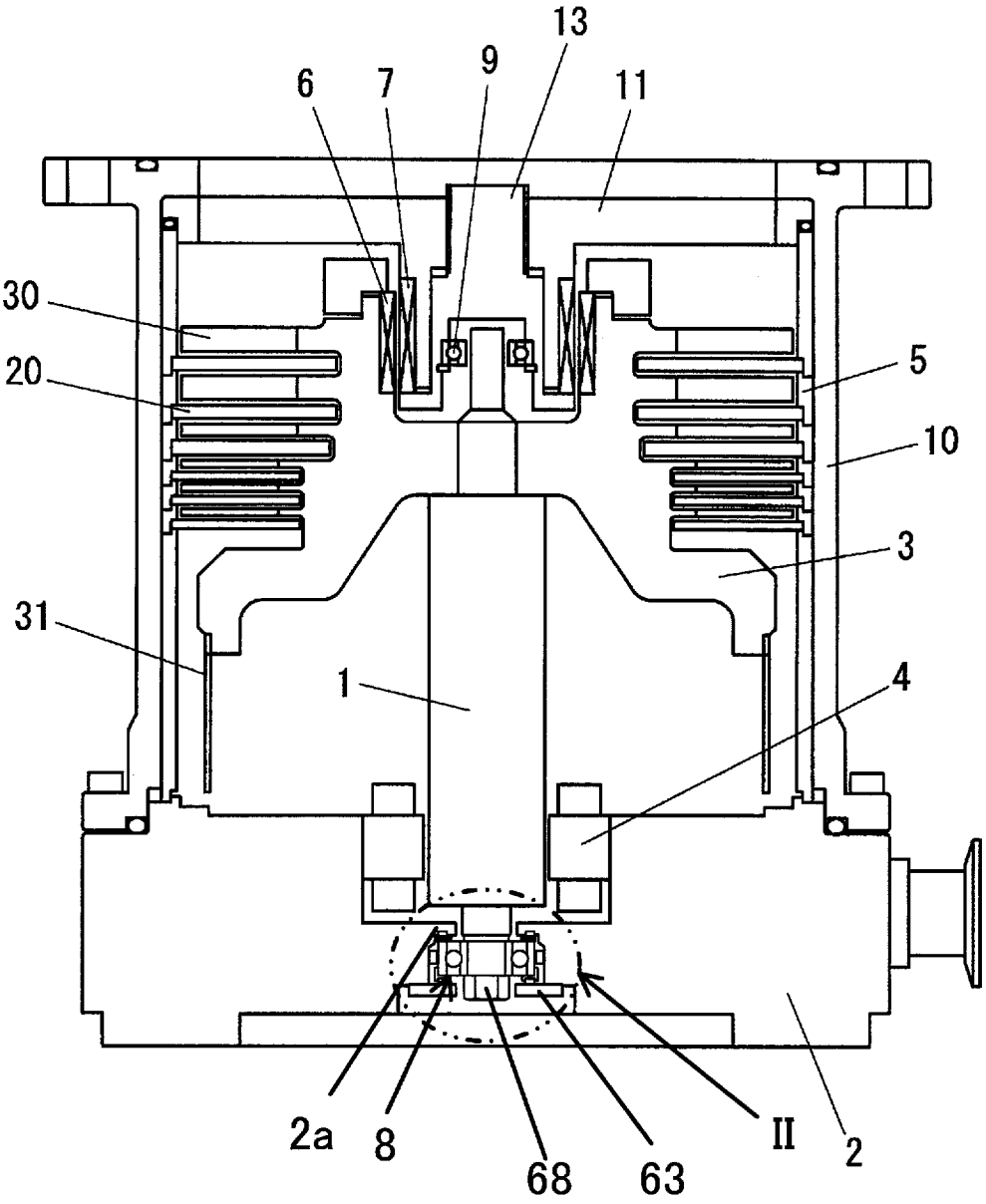
[請求項8] 請求項７に記載の真空ポンプにおいて、前記ボールベアリングに接する前記摺動部材は、少なくとも表面が前記ポリマー材料により形成され、前記弾性体に接する前記摺動部材は、少なくとも表面が前記金属材料により形成されている、真空ポンプ。

[請求項9] 請求項１に記載の真空ポンプにおいて、前記複数の摺動部材は、潤滑油が含浸された粉末焼結金属により形成された摺動部材を、少なくとも、１つ含む、真空ポンプ。

[請求項10] 請求項９に記載の真空ポンプにおいて、前記複数の摺動部材は、すべて、粉末焼結金属材料により形成されている、真空ポンプ。

[図1]

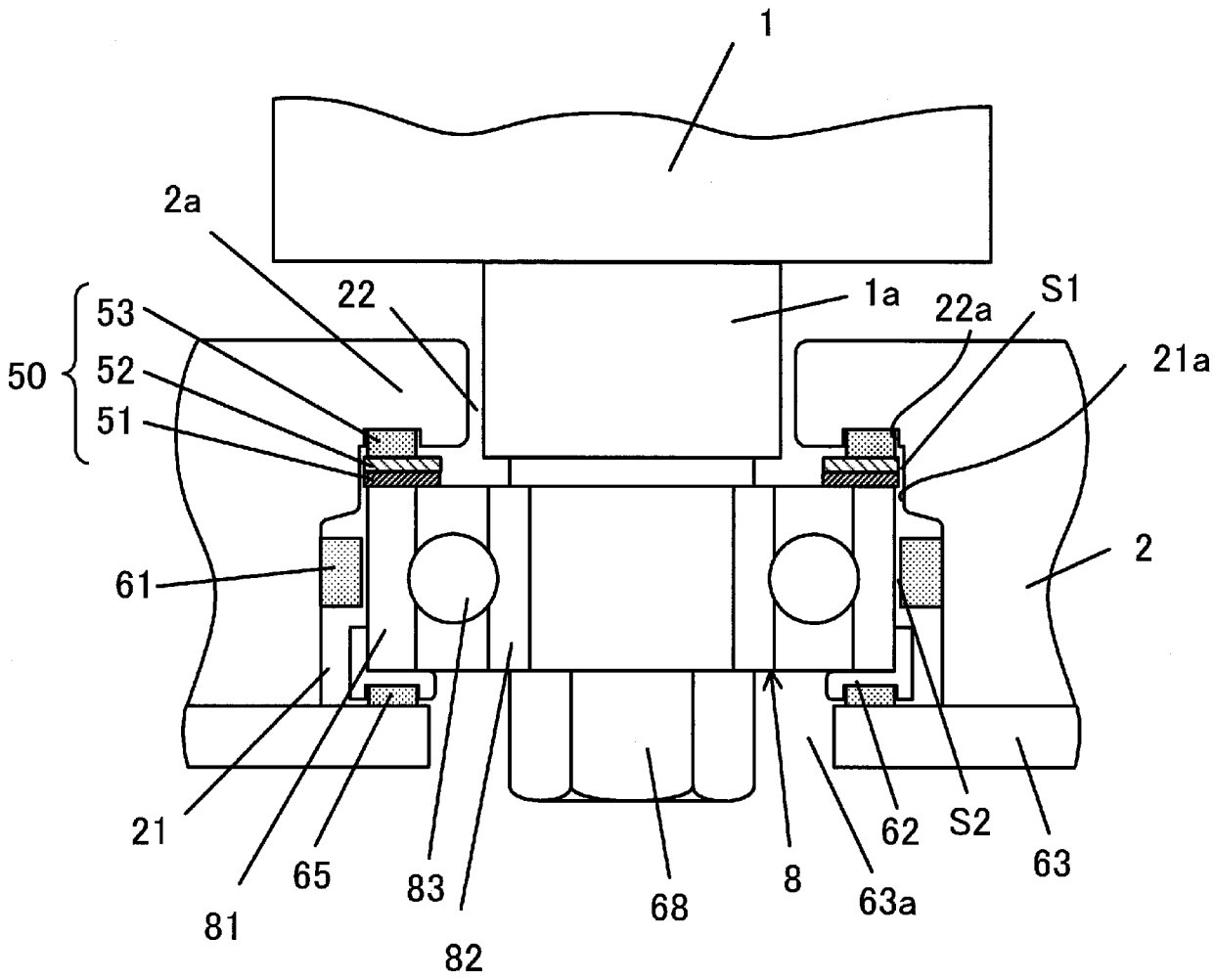
【図１】



[図2]

【図2】

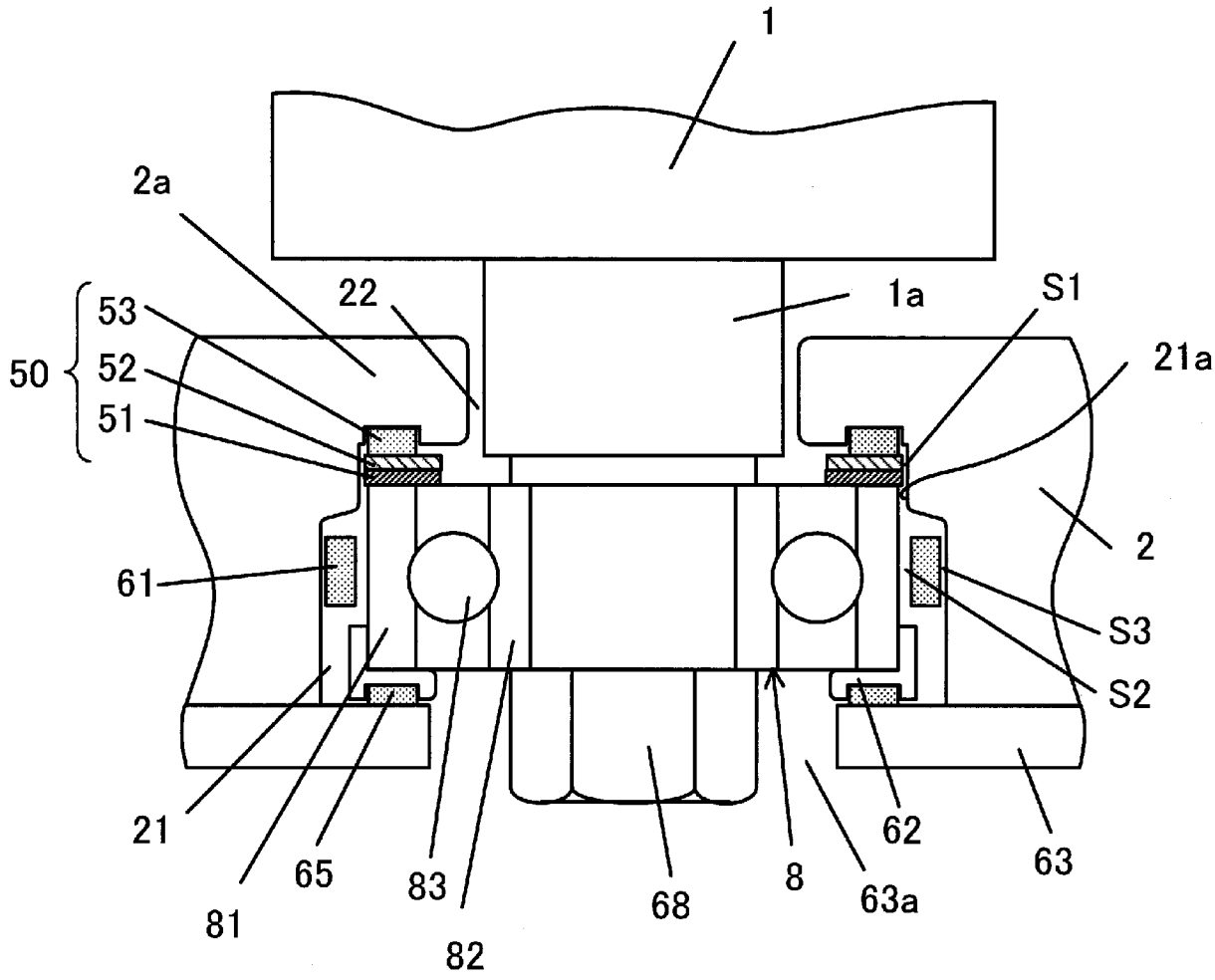
実施形態1



[図3]

【図3】

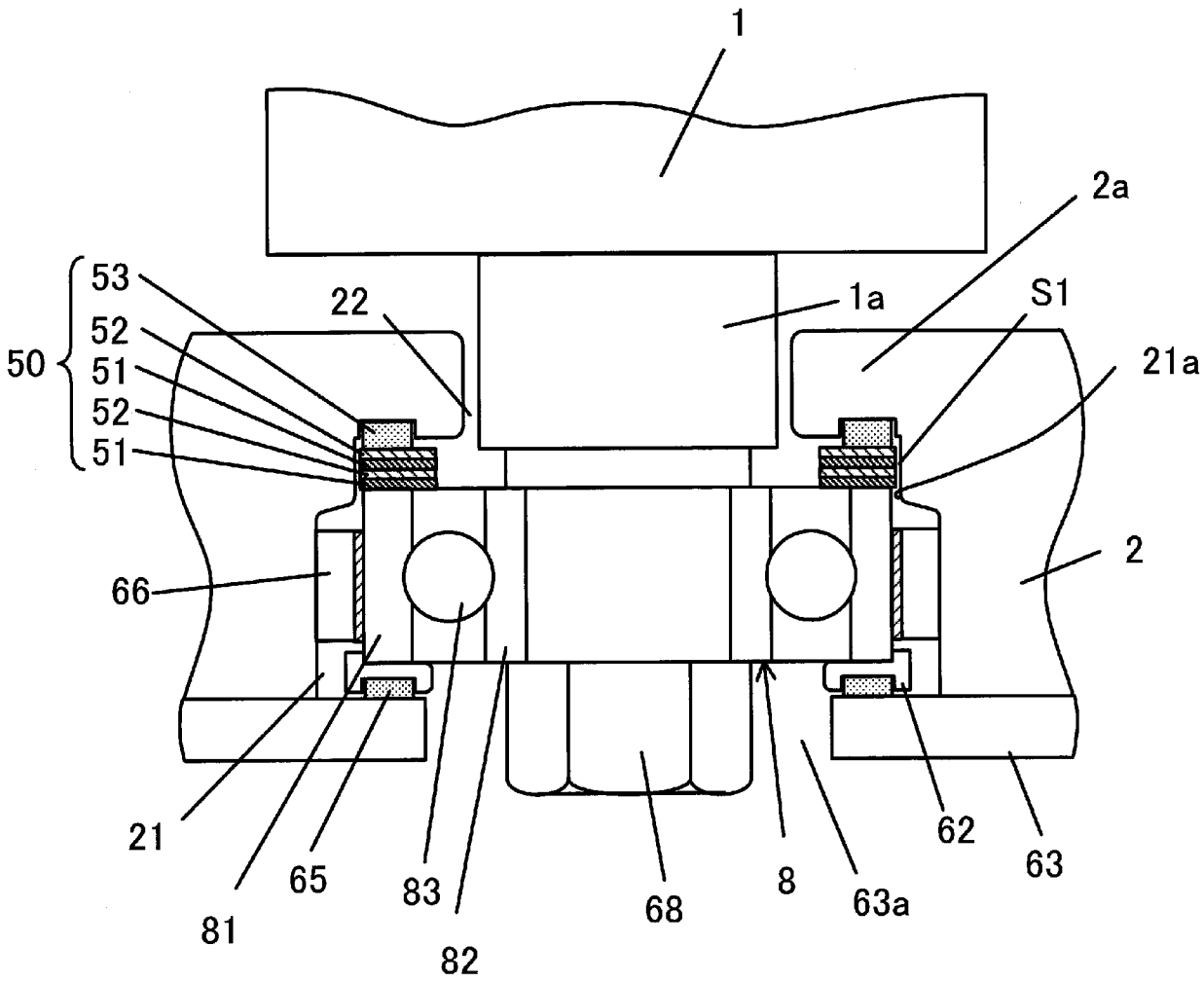
実施形態2



[図4]

【図4】

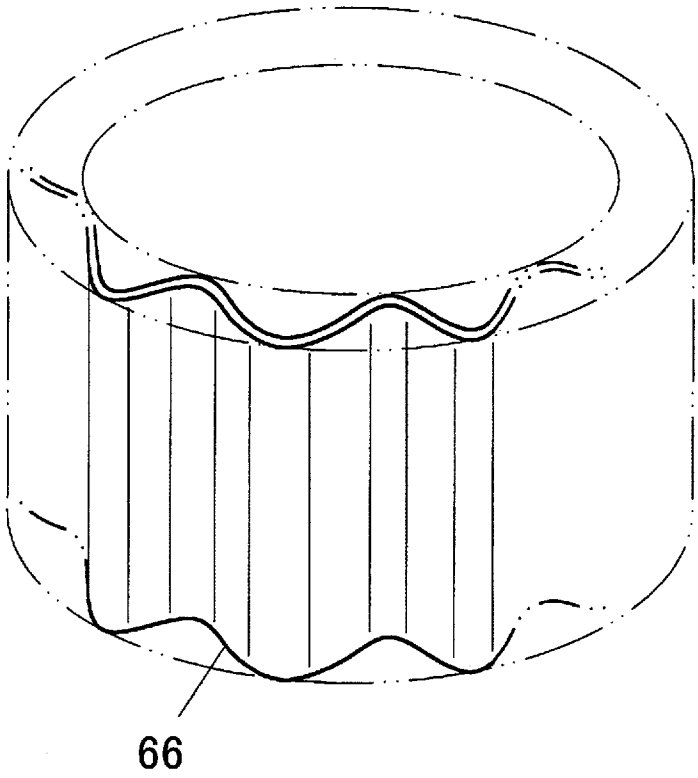
実施形態3



[図5]

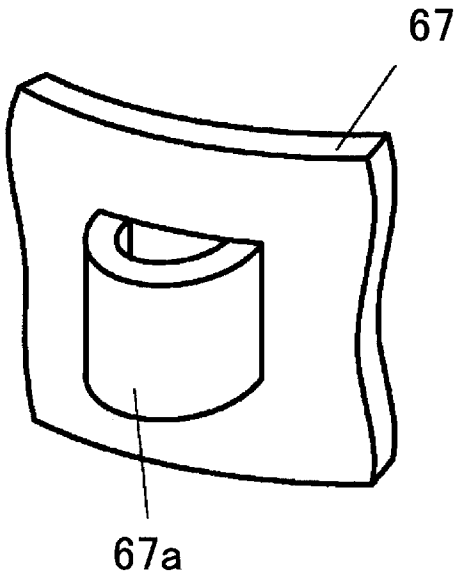
【図5】

実施形態3



[図6]

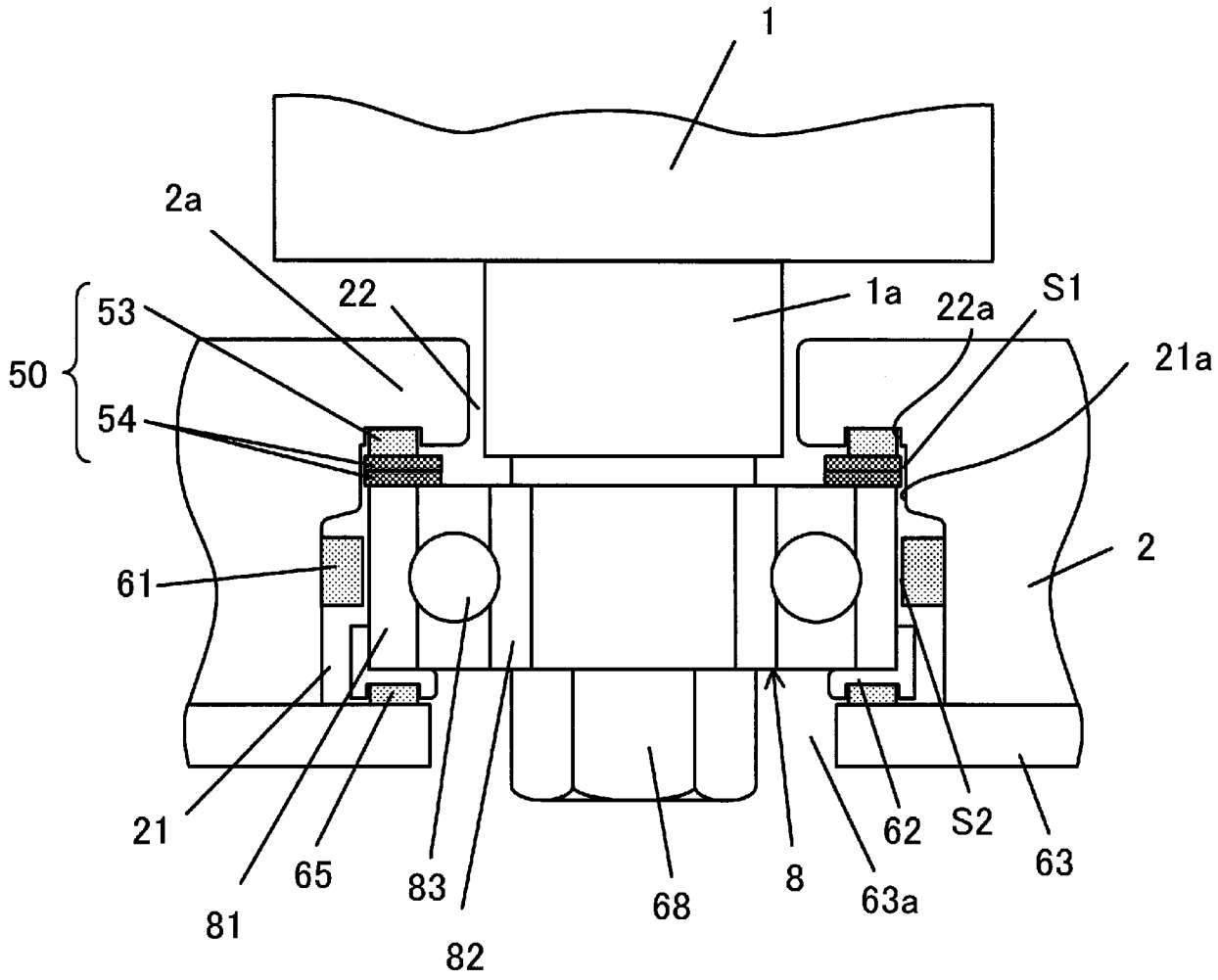
【図6】 実施形態3の変形例



[図7]

【図7】

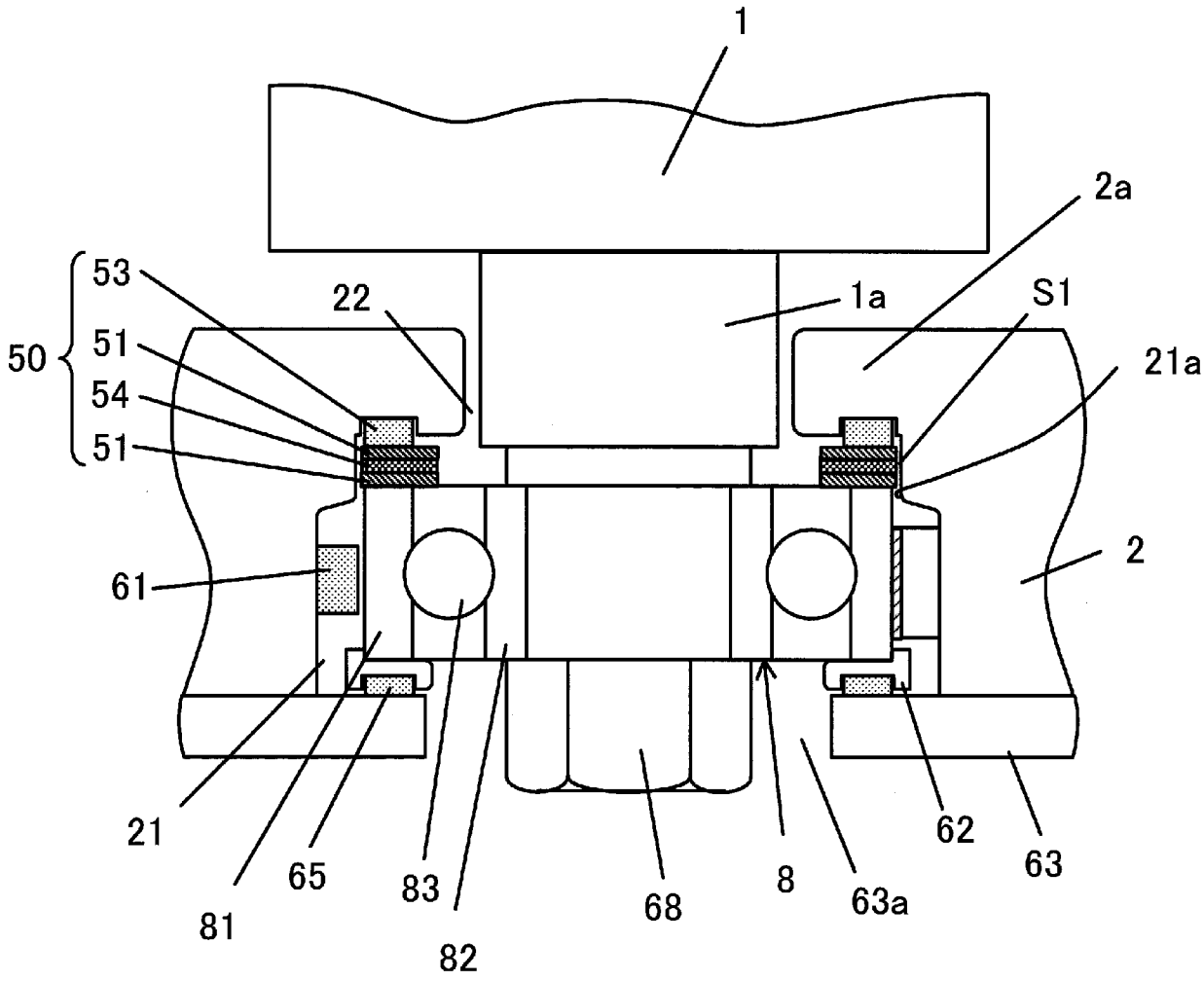
実施形態4



[図8]

【図8】

実施形態5



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2013/059961

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
F04D19/04(2006.01)i, *F04D29/056*(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)
F04D19/04, F16C19/06, F16C32/04, F16C35/077, F16C35/12

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	1996-2013
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2013	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2013

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 A	JP 2006-525466 A (The BOC Group PLC), 09 November 2006 (09.11.2006), entire text; all drawings & US 2006/0245960 A1 & WO 2004/097224 A1	1 2-10
Y	JP 2010-535969 A (Oerlikon Leybold Vacuum GmbH), 25 November 2010 (25.11.2010), paragraph [0023]; fig. 1 & US 2011/0081231 A1 & WO 2009/021809 A2 & DE 102007037792 A1 & CN 101809292 A	1
A	DE 8910040 U1 (LEYBOLD AG), 25 January 1990 (25.01.1990), entire text; all drawings (Family: none)	1-10

☒ 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	Date of mailing of the international search report
13 June, 2013 (13.06.13)	25 June, 2013 (25.06.13)
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office Facsimile No.	Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2013/059961

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 2008-39183 A (Pfeiffer Vacuum GmbH), 21 February 2008 (21.02.2008), entire text; all drawings & US 2008/0138202 A1 & EP 1890041 A2 & DE 102006037187 A1	1-10
A	JP 2008-121889 A (Pfeiffer Vacuum GmbH), 29 May 2008 (29.05.2008), entire text; all drawings & US 2008/0112660 A1 & EP 1921322 A2 & DE 102006053237 A1	1-10
A	JP 2008-261374 A (Daikin Industries, Ltd.), 30 October 2008 (30.10.2008), paragraph [0098]; fig. 1 (Family: none)	1-10

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２０１３／０５９９６１

Ａ．　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　F04D19/04(2006.01)i, F04D29/056(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.　F04D19/04, F16C19/06, F16C32/04, F16C35/077, F16C35/12

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	１９７１－２０１３年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０１３年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０１３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 A	JP 2006-525466 A (ザ　ビーオーシー　グループ　ピーエルシー) 2006.11.09, 全文, 全図 & US 2006/0245960 A1 & WO 2004/097224 A1	1 ２－１０
Y	JP 2010-535969 A (オーリコン　レイボルド　バキューム　ゲーエムベーハー) 2010.11.25, 【００２３】, 図１ & US 2011/0081231 A1 & WO 2009/021809 A2 & DE 102007037792 A1 & CN 101809292 A	1
A	DE 8910040 U1 (ＬＥＹＢＯＬＤ　ＡＧ) 1990.01.25, 全文, 全図 (ファミリーなし)	１－１０

☑　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 １３．０６．２０１３	国際調査報告の発送日 ２５．０６．２０１３
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）　３Ｏ　４１３０ 加藤　一彦 電話番号　０３－３５８１－１１０１　内線　３３５８

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 2008-39183 A (プファイファー・ヴァキューム・ゲーエムベーハー) 2008.02.21, 全文, 全図 & US 2008/0138202 A1 & EP 1890041 A2 & DE 102006037187 A1	１－１０
Ａ	JP 2008-121889 A (プファイファー・ヴァキューム・ゲーエムベーハー) 2008.05.29, 全文, 全図 & US 2008/0112660 A1 & EP 1921322 A2 & DE 102006053237 A1	１－１０
Ａ	JP 2008-261374 A (ダイキン工業株式会社) 2008.10.30, 【００９８】, 図１ (ファミリーなし)	１－１０