

明 細 書

発明の名称：真空ポンプ

技術分野

[0001] 本発明は、真空ポンプに関するものであり、特に、半導体製造装置や分析装置等に使用される真空ポンプに関するものである。

背景技術

[0002] メモリや集積回路等の半導体装置を製造する際には、絶縁膜、金属膜及び半導体膜等の成膜を行う処理やエッチングを行う処理が行われる。これらの処理は、空気中の塵等による影響を防止するために、高真空状態のチャンバ内で行われる。チャンバは、内部に導入されたガス（気体）を排気して所定の高真空度にするために、真空ポンプに接続される。使用される真空ポンプの例として、例えば、ターボ分子ポンプとねじ溝ポンプとを組み合わせた複合ポンプが挙げられる。

[0003] ターボ分子ポンプとねじ溝ポンプとを組み合わせた真空ポンプは、例えば特許文献１に開示されるように、軸方向に交互に配列された回転翼および固定翼を有するターボポンプの下流側に、ねじ溝ポンプが配置される。吸気口より取込まれた排気ガスは、ターボ分子ポンプとねじ溝ポンプによって圧縮されて、排気口より真空ポンプの外部に排出される。

[0004] ねじ溝ポンプは、回転するロータ円筒部と、ロータを収容するケーシング側のねじ溝ステータにより構成される。ロータ円筒部またはねじ溝ステータの対向する表面には、ねじ溝が形成される。このため、ロータ円筒部がねじ溝ステータの内部で回転することで、気体を排気口側へ移送することができる。

[0005] 排気ガスは、ターボ分子ポンプでは、分子流の挙動を示すが、ねじ溝ポンプおよびそれよりも下流の流路においては、比較的圧力が高くなっていることで、粘性流のような挙動を示す。このため、ねじ溝ポンプおよびそれよりも下流の流路の、排気ガスの流れが淀む箇所、副生成物が析出しやすい。

このため、ねじ溝ステータは、排気ガス中の副生成物の析出により流路が閉塞しないように、ヒータなどで高温化される。

[0006] 副生成物としては、塩素系や硫化フッ素系のガスが一般的である。これらのガスは真空度が低くなり、圧力が高くなるほど昇華温度が高くなり、真空ポンプの内部にガスが固化して堆積しやすくなる。副生成物が真空ポンプ内部に堆積すると、副生成物が流路を狭めて真空ポンプの圧縮性能、排気性能が低下する可能性がある。

[0007] 一方で、ロータを回転駆動する電磁石やモータなどの電装品を内包するステータコラムは、電装品の性能低下および故障防止のため、水冷管などで所定温度以下となるように冷却されている。このため、流路が、高温化された高温部と冷却された冷却部の間に形成されると、ガスが、低温部において副生成物として析出しやすい。

[0008] このため、ねじ溝よりも下流側の流路に隣接する低温の部材の一部を、高温の断熱壁で覆うことが行われている。断熱壁は、ねじ溝よりも下流側の排気ガスが、低温部に接触することを制限する。

先行技術文献

特許文献

[0009] 特許文献1：特開2019-090384公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0010] ねじ溝ポンプのガスの出口は、ネジの条数分、周方向に複数ある。これに対し、排気口へつながる流路は一カ所のみである。このため、断熱壁は、周方向の一カ所に設けられる排出口へガスを移送するために、リング状に形成されている。リング状の熱隔壁の流路を形成する面には、凹部が形成されると、ガスの流れの淀みが発生し、副生成物が析出して堆積しやすいという問題がある。

[0011] 本発明は、上述した課題を解決するためになされたものであり、ねじ溝を

備える真空ポンプのねじ溝よりも下流側の流路における、副生成物の析出および堆積を抑制できる真空ポンプを提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0012] 上記目的を達成する本発明に係る真空ポンプは、外部から気体を吸引する吸気口または吸引した気体を外部へ排出する排気口を有するケーシングと、前記ケーシング内に回転可能に配置され、複数のロータ翼および当該ロータ翼よりも下流側にロータ円筒部を備えるロータと、前記ロータを回転駆動する駆動部と、前記ロータを回転可能に支持する軸受と、前記ロータの軸方向において前記ロータ翼と交互に配置されたステータ翼と、前記ステータ翼よりも下流側に配置されて前記ロータ円筒部の外周面と対面する内周面を有するねじ溝ステータと、前記ロータ円筒部の外周面または前記ねじ溝ステータの内周面に形成されるねじ溝よりも下流側に配置される断熱壁と、を有する真空ポンプであって、前記断熱壁は、リング状の環状部と、前記環状部の径方向の内側部から上流側へ延在し、外周面側に流路を形成する略円筒形状の壁部と、を有し、前記環状部の上流側の面と前記壁部の外周面との間に第1の隅部が形成され、前記ロータの回転軸を通る断面において、前記第1の隅部は、円弧状に形成されていることを特徴とする。

発明の効果

[0013] 上記のように構成した本発明に係る真空ポンプは、第1の隅部が円弧状に形成されているため、ねじ溝よりも下流側で断熱壁に沿って周方向へ流れて排気口へ向かう気体が、第1の隅部で淀み難くなる。このため、断熱壁の第1の隅部において、副生成物が析出および堆積し難くなる。したがって、本真空ポンプは、ねじ溝ポンプのねじ溝よりも下流側の流路における、副生成物の析出および堆積を抑制できる。

[0014] 前記壁部は、略円筒形状の筒状壁部と、前記筒状壁部の上流側の端部から径方向の外側へ突出するリング状の折り返し部と、を有してもよい。これにより、折り返し部の径方向の厚さを、適切な長さに確保しつつ、筒状壁部を薄くすることができる。筒状壁部が薄くなることで、筒状壁部の径方向の外

側の流路を広く確保できる。さらに、ロータの回転軸と直交する筒状壁部の断面積が小さくなるため、筒状壁部の熱抵抗が上昇し、環状部側から折り返し部へ熱が伝わり難くなる。このため、折り返し部の温度上昇を制限して、断熱壁からロータへの熱伝導を低減できる。

[0015] 前記ロータの回転軸を通る断面において、前記筒状壁部の外周面と前記折り返し部の下流側の面との間に第2の隅部が形成され、前記第2の隅部は円弧状に形成されてもよい。これにより、ねじ溝よりも下流側で断熱壁に沿って周方向へ流れて排気口へ向かう気体が、第2の隅部で淀み難くなる。このため、断熱壁の第2の隅部において、副生成物が析出および堆積し難くなる。したがって、本真空ポンプは、ねじ溝ポンプよりも下流側の流路における、副生成物の析出および堆積を抑制できる。

[0016] 前記ケーシングは、前記断熱壁よりも下流側に形成される通路と、前記排気口が形成される略円筒形状の排気管と、を有し、前記通路の内壁面と、前記排気管の内壁面は、段差なく連続して形成されてもよい。これにより、断熱壁よりも下流側で排気口へ向かう気体が、排気管の入口で淀み難くなる。このため、本真空ポンプは、排気口が形成される排気管の入口における、副生成物の析出および堆積を抑制できる。

[0017] 前記断熱壁は、当該断熱壁よりも下流側および／または径方向の内側に配置されて当該断熱壁よりも温度の低い前記ケーシングの低温部を覆うように配置されてもよい。これにより、断熱壁は、排気口へ向かう気体が低温部に接触することを制限し、低温部における、副生成物の析出および堆積を抑制できる。

[0018] 前記ねじ溝ステータまたは前記ねじ溝ステータに連結される部材は、加熱ヒータが配置され、前記断熱壁は、前記ねじ溝ステータまたは前記ねじ溝ステータに連結されて加熱ヒータが配置される部材に連結されてもよい。これにより、断熱壁は、加熱されるため、気体に接触することによる副生成物の析出および堆積を抑制できる。

[0019] 前記壁部の上流側の端面は、前記ロータ円筒部の下流側の端面と軸方向に

において近接して対面してもよい。これにより、断熱壁の端面とロータ円筒部の端面が、シール構造を構成する。このため、断熱壁とロータ円筒部の間から気体が漏れ難くなり、低温の部位における、副生成物の析出および堆積を抑制できる。

[0020] 前記断熱壁は、前記ねじ溝ステータまたは前記ねじ溝ステータに連結される部材の内周面と、前記環状部の上流側の面と、の間に第3の隅部が形成され、前記ロータの回転軸を通る断面において、前記第3の隅部は円弧状に形成されてもよい。これにより、ねじ溝よりも下流側で断熱壁に沿って周方向へ流れて排気口へ向かう気体が、第3の隅部で淀み難くなる。このため、断熱壁の第3の隅部において、副生成物が析出および堆積し難くなる。したがって、本真空ポンプは、ねじ溝ポンプのねじ溝よりも下流側の流路における、副生成物の析出および堆積を抑制できる。

図面の簡単な説明

[0021] [図1]第1実施形態に係る真空ポンプを示す断面図である。

[図2]真空ポンプの断熱壁および排気口の近傍における、回転軸と直交する概略断面である。

[図3]第1実施形態における排気管および通路の近傍を示す部分断面図である。

[図4]第1実施形態における断熱壁およびネジ溝ステータの近傍を示す部分断面図である。

[図5]第2実施形態に係る真空ポンプを示す断面図である。

[図6]第2実施形態における断熱壁およびネジ溝ステータの近傍を示す部分断面図である。

[図7]第2実施形態における排気管および通路の近傍を示す部分断面図である。

発明を実施するための形態

[0022] 以下、図面を参照して、本発明の実施の形態を説明する。なお、図面の寸法は、説明の都合上、誇張されて実際の寸法とは異なる場合がある。また、

本明細書及び図面において、実質的に同一の機能構成を有する構成要素については、同一の符号を付することにより重複説明を省略する。なお、本発明の実施形態では、便宜上、ロータの直径方向を「径方向」、ロータの直径方向と垂直な方向を「軸方向」として説明する。

＜第1実施形態＞

- [0023] 本発明の第1実施形態に係る真空ポンプ1は、図1に示すように、ロータ翼32を備えたロータ30が高速回転することで、気体分子を弾き飛ばすことにより気体を排気するターボ分子ポンプと、ターボ分子ポンプの下流側に配置されるねじ溝ポンプとを有する複合ポンプである。真空ポンプ1は、気体を吸引して排気するための真空ポンプ本体2と、真空ポンプ本体2を制御する制御装置3とを有している。
- [0024] 真空ポンプ本体2は、例えば半導体製造装置や分析装置等のチャンバから気体を吸引して排気する。真空ポンプ本体2は、吸気口12および排気口21が形成される固定部10と、固定部10の内部で回転可能なロータ30と、ロータ30を回転可能に支持する軸受と、ロータ30の変位を検出する変位センサと、ロータ30を回転駆動するモータ80（駆動部）とを有している。
- [0025] 固定部10は、吸気口12が形成されるケーシング11と、ステータ翼43が設けられる静翼部40と、ケーシング11に連結される水冷スペーサ14と、ねじ溝51が形成されるねじ溝ステータ50と、排気口21が形成される排気管20と、ベース100とを有している。固定部10は、さらに、ねじ溝ステータ50と水冷スペーサ14を断熱する断熱スペーサ18と、ねじ溝ステータ50および水冷スペーサ14をベース100から断熱する断熱材19と、ねじ溝51の下流側に設けられる断熱壁90とを有している。
- [0026] ケーシング11は、半導体製造装置等のチャンバに取り付けられるフランジ13と、チャンバに連通する吸気口12を有している。
- [0027] 静翼部40は、ケーシング11の内側に配置されている。静翼部40は、多段のステータ41と、各段のステータ41を挟持するように段積みされた

複数のステータ用スペーサ42とを有している。各々のステータ41は、複数のステータ翼43を有している。ステータ翼43は、シャフト35の軸方向に垂直な平面から所定の角度で傾斜して形成されている。ステータ翼43は、ロータ翼32の段と互い違いに配設されている。ステータ翼43の外周側の端部は、複数の段積みされたリング状のステータ用スペーサ42の間に挟まれて支持されている。ステータ用スペーサ42は、ケーシング11の内側に段積みされて配置される。ステータ翼43は、後述するロータ30のロータ翼32とともに、ターボ分子ポンプを構成する。

[0028] 水冷スペーサ14は、略円筒状に形成され、ケーシング11の下流側に配置されている。水冷スペーサ14は、ボルト15によってケーシング11に連結されている。水冷スペーサ14には、水冷管16および第1の温度センサ17が埋設されている。第1の温度センサ17は、水冷スペーサ14の温度を調節するために、水冷スペーサ14の温度を検出する。水冷管16は、水冷スペーサ14の温度を調節するために、冷却水の流通が制御される。これにより、水冷スペーサ14は、所定の温度（例えば、50℃～100℃）に維持される。

[0029] ねじ溝ステータ50は、略円筒状に形成され、水冷スペーサ14の内側に、水冷スペーサ14から断熱のために隙間を空けて配置されている。ねじ溝ステータ50は、ねじ溝51における副生成物の析出および堆積を抑制するために、加熱される構造を備えている。なお、水冷スペーサ14とねじ溝ステータ50との間には、断熱材が配置されてもよい。

[0030] ねじ溝ステータ50の内周面には、螺旋状のねじ溝51が形成されている。また、ねじ溝ステータ50には、加熱手段としてのカートリッジヒータ52（加熱ヒータ）と、ねじ溝ステータ50内の温度を検出する第2の温度センサ53が設けられている。なお、本実施形態では、ねじ溝ステータ50の内周面にねじ溝51が形成されている。しかしながら、これとは逆に、ロータ円筒部33の外周面にねじ溝が形成されてもよい。

[0031] ねじ溝51の螺旋の方向は、ロータ30の回転方向に気体の分子が移動し

たときに、この分子が排気口 21 の方へ移送される方向である。ねじ溝ステータ 50 およびロータ円筒部 33 は、ねじ溝ポンプを構成する。ねじ溝ステータ 50 は、例えばアルミニウム、ステンレス鋼、銅、鉄、またはこれらの金属を成分とする合金等の金属によって構成される。一例として、ねじ溝ステータ 50 は、アルミニウムにより構成される。なお、本実施形態では、ねじ溝ステータ 50 は、加熱手段であるカートリッジヒータ 52 が配置されているため、熱伝導性の高い材料により構成されている。しかしながら、ねじ溝ステータ 50 が、加熱手段であるカートリッジヒータ 52 が設けられる部材（ヒータスペーサ）と別構成である場合、カートリッジヒータ 52 が設けられる部材を熱伝導性の高い材料（例えば、アルミニウム）により構成し、ねじ溝ステータ 50 を、高温時の強度確保のために、強度の高い材料（例えば、ステンレス鋼）により構成してもよい。

[0032] 第 2 の温度センサ 53 は、ねじ溝ステータ 50 の温度を調節するために、ねじ溝ステータ 50 の温度を検出する。カートリッジヒータ 52 は、ねじ溝ステータ 50 に収容されている。カートリッジヒータ 52 は、通電されることにより発熱し、ねじ溝ステータ 50 の温度を調節する。カートリッジヒータ 52 は、第 2 の温度センサ 53 の検出結果に基づいて電力供給を制御される。これにより、ねじ溝ステータ 50 は、所定の温度（例えば 100℃～150℃）に維持される。

[0033] ねじ溝ステータ 50 は、ねじ溝 51 が形成される部位よりも下流側に、径方向へ貫通する 1 つの通路 54 が形成されている。なお、通路 54 が形成される部材は、ねじ溝 51 よりも下流側に設けられる部材であれば、ねじ溝ステータ 50 に限定されない。図 1～3 に示すように、通路 54 は、ねじ溝ステータ 50 の内側でねじ溝 51 から移送される気体を、径方向の外側に設けられる排気口 21 へ向かって流通させる。通路 54 は、ねじ溝ステータ 50 の内周側の通路入口部 55 から、ねじ溝ステータ 50 の外周側の通路出口部 56 まで、一定の内径で形成される。通路 54 の延在方向は、ロータ 30 の回転軸と直交している。ねじ溝ステータ 50 は、通路出口部 56 よりも排気

口 2 1 側に、排気管 2 0 が嵌合する嵌合部 5 7 と、嵌合部 5 7 よりも径方向の外側で O リング 5 9 が収容されるリング収容部 5 8 とが形成されている。嵌合部 5 7 の内径は、通路 5 4 の内径よりも大きく、リング収容部 5 8 の内径は、嵌合部 5 7 の内径よりも大きい。

[0034] 排気管 2 0 は、ボルト 2 2 により、ねじ溝ステータ 5 0 に連結される。排気管 2 0 は、排気管通路 2 3 と、排気管通路 2 3 の排気側に位置する排気口 2 1 と、排気口 2 1 の反対側でねじ溝ステータ 5 0 の嵌合部 5 7 に嵌合する排気管基端部 2 4 と、ねじ溝ステータ 5 0 の外周面と接する排気管フランジ 2 5 とを有している。排気口 2 1 は、図示しない補助ポンプに連通するように接続される。排気管通路 2 3 の内径は、通路 5 4 の内径と一致する。排気管通路 2 3 の内周面は、通路 5 4 の内周面と段差なく滑らかに連続している。排気管通路 2 3 の延在方向は、通路 5 4 の延在方向と一致し、ロータ 3 0 の回転軸と直交している。排気管通路 2 3 と通路 5 4 の境界部における、排気管通路 2 3 の内径と通路 5 4 の内径の差は、小さいほど好ましく、例えば 0.6 mm 以下、好ましくは 0.4 mm 以下、より好ましくは 0.2 mm 以下である。排気管通路 2 3 と通路 5 4 の境界部における、排気管通路 2 3 の軸心と通路 5 4 の軸心のずれは、小さいほど好ましく、例えば 0.3 mm 以下、好ましくは 0.2 mm 以下、より好ましくは 0.1 mm 以下である。排気管 2 0 は、水冷スパーサ 1 4 に接触せずに、水冷スパーサ 1 4 を貫通している。このため、排気管 2 0 は、カートリッジヒータ 5 2 が設けられて高温となるねじ溝ステータ 5 0 により加熱される。このため、排気管 2 0 において、副生成物は析出して堆積し難い。

[0035] 断熱スパーサ 1 8 は、高温となるねじ溝ステータ 5 0 と水冷スパーサ 1 4 との間を断熱する断熱手段である。断熱スパーサ 1 8 は、熱伝導率が低い、すなわち熱が伝わり難い材料により形成される。断熱スパーサ 1 8 の構成材料は、例えばアルミニウムやステンレス鋼等である。また、断熱スパーサ 1 8 は、下段側（下流側）の複数のステータ 4 1 に密着して配置されているとともに、上段側（上流側）の複数のステータ 4 1 と連結されている水冷スパーサ 1 4 と密着して配置されている。

ーサ１４の内周面から、断熱用の隙間を有して離れている。

[0036] 水冷スパーサ１４およびねじ溝ステータ５０は、いずれも、断熱材１９を介してベース１００のベース本体１０１に連結されている。したがって、水冷スパーサ１４およびねじ溝ステータ５０は、いずれも、断熱材１９によってベース１００と断熱されている。

[0037] ベース１００は、ねじ溝ステータ５０および水冷スパーサ１４が連結されるベース本体１０１と、ベース本体１０１の中央から上方側（上流側）に向かって突出するステータコラム１０２とを有している。ステータコラム１０２は、モータ８０のステータとして機能する。

[0038] ベース本体１０１には、水冷管１０３が埋設されている。水冷管１０３は、内部に冷却水が流通されることによって、ベース本体１０１、ステータコラム１０２、後述する磁気軸受、補助軸受６５、モータ８０等を常時冷却する。本実施形態では、水冷管１０３は、常に冷却水を流通されることにより、２５～７０℃の温度を維持している。

[0039] 断熱壁９０は、図４に示すように、ねじ溝ステータ５０の下流側の端面にボルト９１によって連結されている。断熱壁９０は、ねじ溝ステータ５０と熱的に接続されているため、高温化される。このために、断熱壁９０は、熱伝導性に優れる材料により構成されることが好ましい。熱伝導性に優れる材料は、例えばアルミニウム等である。なお、断熱壁９０が連結される部材は、ネジ溝５１よりも下流側の部材であれば、ねじ溝ステータ５０でなくてもよい。断熱壁９０が連結される部材は、ねじ溝ステータ５０と同様に加熱手段（加熱ヒータ）により加熱された高温部であることが好ましい。したがって、例えば、ねじ溝ステータ５０が、加熱手段が設けられる部材と別構成である場合、断熱壁９０は、加熱手段が設けられる部材に連結されてもよい。断熱壁９０は、ねじ溝５１よりも下流側の流路に近接する低温部であるステータコラム１０２およびベース本体１０１の少なくとも一部を覆っている。断熱壁９０は、ねじ溝５１よりも下流側の気体が、水冷管１０３により冷却される低温のステータコラム１０２やベース１００に接触することを制限し

て、低温部における副生成物の析出および堆積を抑制する。

[0040] 断熱壁 90 は、図 2 に示すように、ねじ溝 51 から排出される気体を、周方向の一カ所に設けられる排気口 21 に連通する通路 54 へ、気体を移送できるように形成されている。断熱壁 90 は、図 4 に示すように、ねじ溝ステータ 50 の下流側の部位から径方向の内側へ向かうリング状の環状部 92 と、環状部 92 の径方向の内側部から上流側へ延在し、外周面側に流路を形成する略円筒形状の壁部 93 とを有している。壁部 93 は、環状部 92 側に位置する円筒状の筒状壁部 94 と、筒状壁部 94 の上流側の端部から径方向の外側へ突出する折り返し部 95 とを有している。

[0041] 壁部 93 は、温度の低いステータコラム 102 の外周面から、断熱用の隙間を有して離れている。壁部 93 の上流側の端面は、ロータ 30 のロータ円筒部 33 の下流側の端面と軸方向において対面している。筒状壁部 94 の径方向の厚さ L_3 は、折り返し部 95 の径方向の厚さ L_1 よりも短い。このため、折り返し部 95 の径方向の厚さ L_3 を、適切な長さに確保しつつ、筒状壁部 94 を薄くすることができる。筒状壁部 94 が薄くなることで、筒状壁部 94 の径方向の外側の流路を広く確保できる。さらに、ロータ 30 の回転軸と直交する筒状壁部 94 の断面積が小さくなるため、筒状壁部 94 の熱抵抗が上昇し、環状部 92 側から折り返し部 95 へ熱が伝わり難くなる。このため、折り返し部 95 の温度上昇を制限して、断熱壁 90 からロータ 30 への熱伝導を低減できる。なお、折り返し部 95 は、設けられなくてもよい。

[0042] ねじ溝ステータ 50 のねじ溝 51 よりも下流側の内周面（固定部 10 の内周面）と、環状部 92 の上流側の面との間には、第 3 の隅部 96 が形成される。また、環状部 92 の上流側の面と、壁部 93 の外周面との間には、第 1 の隅部 97 が形成される。ロータ 30 の回転軸を通る断面において、第 3 の隅部 96 および第 1 の隅部 97 は、気体が淀み難いように、円弧状の凹形状（R 形状）に形成されている。ロータ 30 の回転軸を通る断面において、第 3 の隅部 96 および第 1 の隅部 97 の曲率半径は、特に限定されないが、大きければ大きいほど良い。例えば、本実施形態では 5 mm である。

- [0043] 断熱壁 90 とロータ 30 との隙間部分は、非接触のシール構造となっている。壁部 93 の上流側の端面は、ロータ円筒部の下流側の端面に対して、シール性を確保するために適切な隙間 G（ギャップ）と、適切な対向面積で対面している。一例として、壁部 93 の上流側の端面と、ロータ円筒部の下流側の端面との間の軸方向の隙間 G は、静止時で 1.5 mm 程度である。また、一例として、適切な対向面積を形成するために、壁部 93 の上流側の端面の径方向の厚さ L1 は 4 mm 程度であり、断熱壁 90 と対向するロータ円筒部 33 の下流側の端面の径方向の厚さ L2 は 8 mm 程度である。
- [0044] ロータ 30 は、ケーシング 11 の内方に回転可能に配置されている。ロータ 30 は、シャフト 35 と、軸方向に多段のロータ翼 32 と、ロータ翼 32 よりも下流に配置されるロータ円筒部 33 とを有している。ロータ翼 32 は、ターボ分子ポンプを構成し、気体を吸引排気するためのブレードである。各段の複数のロータ翼 32 は、周方向に放射状に並んでいる。
- [0045] ロータ 30 は、略円筒形状であり、内側にシャフト 35 が貫通固定されている。各々のロータ翼 32 は、気体の分子を衝突によって下方向へ移送するために、シャフト 35 の軸方向に垂直な平面から所定の角度で傾斜して形成されている。ロータ翼 32 は、ロータ 30 の外周面に一体で形成されている。または、ロータ翼 32 は、ロータ 30 の外周面に固定されていてもよい。
- [0046] ロータ円筒部 33 は、ロータ翼 32 よりも下流に配置されて、円筒状に形成されている。このロータ円筒部 33 は、ねじ溝ステータ 50 の内周面に向かって張り出して形成されている。ロータ円筒部 33 は、ねじ溝ステータ 50 の内周面と所定の隙間を隔てて近接している。
- [0047] シャフト 35 は、ロータ 30 の回転中心に配置される。シャフト 35 は、円柱状の主軸部 36 と、主軸部 36 の下部に配置される円板状のディスク 37 とを有している。主軸部 36 およびディスク 37 は、磁気によって吸引可能な高透磁率材（鉄等）により形成されている。主軸部 36 は、後述する上流側径方向電磁石 61 および下流側径方向電磁石 62 の磁力により、吸引されて位置を制御される。

- [0048] 軸受は、例えば、いわゆる5軸制御の磁気軸受であり、シャフト35を浮上支持かつ位置制御する。軸受は、主軸部36の上流側を吸引する上流側径方向電磁石61と、主軸部36の下流側を吸引する下流側径方向電磁石62と、ディスク37を吸引する軸方向電磁石63A、63Bと、補助軸受65とを有している。補助軸受65は、ロータ30の軸振れが大きくなった際に主軸部36と接触して、ロータ30が固定子側に直接接触して破損することを抑制する。
- [0049] 上流側径方向電磁石61は、回転軸と垂直な面で直交する2軸の各々において対をなして配置される4個の電磁石を有している。下流側径方向電磁石62は、回転軸と垂直な面で直交する2軸の各々において対をなして配置される4個の電磁石を有している。軸方向電磁石63A、63Bは、ディスク37を上下に挟んで配置されている。
- [0050] 変位センサは、ロータ30の変位を検出するために、ステータコラム102に配置されている。変位センサは、上流側径方向センサ71と、下流側径方向センサ72と、軸方向センサ73とを有している。上流側径方向センサ71は、4個の上流側径方向電磁石61に近接かつ対応して配置される4個の非接触型のセンサである。上流側径方向センサ71は、シャフト35の主軸部36の上部の径方向変位を検出し、その変位信号を制御装置3に送信するように構成されている。上流側径方向センサ71として用いられるセンサの例としては、インダクタンス式センサや渦電流式センサなどがある。
- [0051] 下流側径方向センサ72は、4個の下流側径方向電磁石62に近接かつ対応して配置される4個の非接触型のセンサである。下流側径方向センサ72は、主軸部36の下部の径方向変位を検出し、その変位信号を制御装置3に送信するように構成されている。下流側径方向センサ72として用いられるセンサの例としては、インダクタンス式センサや渦電流式センサなどがある。
- [0052] 軸方向センサ73は、ディスク37の下方に配置される。軸方向センサ73は、シャフト35の軸方向変位を検出し、その変位信号を制御装置3に送

信するように構成されている。

- [0053] 制御装置3は、上流側径方向センサ71が検出した変位信号に基づき、PID調節機能を有する補償回路を介して上流側径方向電磁石61を励磁制御し、主軸部36の上流側の径方向位置を調整する。この調整は、回転軸と垂直な面で直交する2軸の各々において独立して行われる。
- [0054] また、制御装置3は、下流側径方向センサ72が検出した変位信号に基づき、PID調節機能を有する補償回路を介して下流側径方向電磁石62を励磁制御し、主軸部36の下流側の径方向位置を調整する。この調整は、回転軸と垂直な面で直交する2軸の各々において独立して行われる。
- [0055] さらに、制御装置3では、軸方向センサ73が検出した変位信号に基づき、軸方向電磁石63A、63Bを励磁制御する。このとき、軸方向電磁石63Aは、磁力によりディスク37を上方に吸引し、軸方向電磁石63Bは、ディスク37を下方に吸引する。このように、磁気軸受は、シャフト35に及ぼす磁力を適当に調節することで、シャフト35を磁気浮上させ、非接触で回転可能に支持することができる。
- [0056] モータ80は、回転子側に配置される複数の永久磁石である磁極81と、固定子側に配置されるモータ電磁石82とを有している。磁極81は、モータ電磁石82から、シャフト35を回転させるトルク成分を加えられる。これにより、ロータ30が回転駆動される。
- [0057] また、モータ80は、図示しない回転数センサ及びモータ温度センサが取り付けられている。回転数センサ及びモータ温度センサは、検出した結果を、検出信号として制御装置3へ送信する。制御装置3は、回転数センサ及びモータ温度センサから受信した信号を、シャフト35の回転の制御に利用する。
- [0058] 上述した真空ポンプ本体2は、シャフト35がモータ80により駆動されると、ロータ翼32およびロータ円筒部33が回転する。これにより、ロータ翼32とステータ翼43の作用により、吸気口12を通じてチャンバからの気体が吸気される。

- [0059] 吸気口 1 2 から吸気された気体は、ロータ翼 3 2 とステータ翼 4 3 によって、ロータ円筒部とねじ溝ステータ 5 0 の間へ移送される。このとき、気体がロータ翼 3 2 に接触する際に生ずる摩擦熱や、モータ 8 0 で発生した熱の伝導等により、ロータ翼 3 2 の温度は上昇する。しかしながら、この熱は輻射または気体の気体分子等による伝導により、ステータ翼 4 3 側に伝達される。さらに、ステータ用スペーサ 4 2 は、外周部で互いに接合されている。このため、ステータ翼 4 3 がロータ翼 3 2 から受け取った熱や、気体がステータ翼 4 3 に接触する際に生ずる摩擦熱等は、ステータ用スペーサ 4 2 を介して外部へ伝達される。
- [0060] また、ロータ円筒部 3 3 とねじ溝ステータ 5 0 の間へ移送された気体は、ねじ溝ステータ 5 0 のねじ溝 5 1 によって下流側へ移送される。ねじ溝ステータ 5 0 は、カートリッジヒータ 5 2 により加熱される。これにより、低温となると副生成物が析出して堆積しやすいねじ溝 5 1 を高温に維持して、ねじ溝 5 1 に副生成物が析出して堆積することを抑制する。したがって、ねじ溝 5 1 の流路が副生成物によって狭くなることを抑制できる。
- [0061] また、吸気口 1 2 から吸引された気体が、モータ 8 0、下流側径方向電磁石 6 2、下流側径方向センサ 7 2、上流側径方向電磁石 6 1、上流側径方向センサ 7 1 等で構成される電装部側に侵入することのないよう、電装部の外周囲は、ステータコラム 1 0 2 で覆われている。電装部を囲むステータコラム 1 0 2 内は、パージガスによって所定圧に保たれている。ステータコラム 1 0 2 は、図示しない配管が配設され、この配管を通じてパージガスが導入される。この導入されたパージガスは、補助軸受 6 5 とシャフト 3 5 の間、モータ 8 0 の間、ステータコラム 1 0 2 とロータ翼 3 2 の間の隙間を通じて排気口 2 1 へ送出される。
- [0062] ベース本体 1 0 1 は、水冷管 1 0 3 によって冷却される。これにより、ベース本体 1 0 1 と、ベース本体 1 0 1 に熱的に接続されるステータコラム 1 0 2、磁気軸受、補助軸受 6 5、モータ 8 0 等が、常時冷却される。これにより、真空ポンプ本体 2 の内部に、気体が付着して堆積することを抑制する

。

[0063] ねじ溝５１よりも下流側へ移送された気体は、図２、４に示すように、ねじ溝ステータ５０の下流側に固定されたリング状の断熱壁９０により、下方への移動が制限され、周方向の一カ所に設けられるねじ溝ステータ５０の通路入口部５５へ移送される。断熱壁９０は、ねじ溝５１よりも下流側の流路に近接する低温のステータコラム１０２やベース本体１０１を覆っている。このため、断熱壁９０は、ねじ溝５１よりも下流側の気体が、低温のステータコラム１０２やベース１００に接触することを制限して、低温部における副生成物の析出および堆積を抑制する。断熱壁９０の第３の隅部９６および第１の隅部９７は、ロータ３０の回転軸を通る断面において、円弧状の凹形状で形成されている。このため、第３の隅部９６および第１の隅部９７において、流れの淀みが生じ難くなり、第３の隅部９６および第１の隅部９７に、副生成物が析出して堆積することが抑制される。また、断熱壁９０は、ねじ溝ステータ５０と熱的に接続されて高温化されるため、副生成物の析出および堆積がさらに抑制される。

[0064] また、断熱壁９０の上流側の端面と、ロータ３０のロータ円筒部３３の下流側の端面は、適切な隙間Ｇと、適切な対向面積で対面しているため、適切なシール性が確保されている。これにより、断熱壁９０とロータ円筒部３３の隙間Ｇから、気体がステータコラム１０２、ベース本体１０１、ステータコラム１０２の内部等へ到達して、副生成物が析出して堆積されることを抑制する。

[0065] 通路入口部５５へ移送された気体は、図１～３に示すように、通路５４を通って排気管２０に到達し、排気管２０の排気口２１から外部へ排気される。ねじ溝ステータ５０の通路５４と排気管通路２３は、段差なく滑らかに連続している。このため、通路入口部５５から排気口２１の間で、流れの淀みが生じ難くなり、副生成物が析出して堆積することが抑制される。

<第２実施形態>

[0066] 本発明の第２実施形態に係る真空ポンプ１は、図５～７に示すように、断

熱壁 90 およびねじ溝ステータ 50 の形状のみが、第 1 実施形態と異なる。

[0067] 断熱壁 90 は、筒状壁部 94 の外周面と折り返し部 95 の下流側の面との間に、第 2 の隅部 98 が形成されている。そして、第 2 の隅部 98 は、ロータ 30 の回転軸を通る断面において、円弧状の凹形状で形成されている。このため、ねじ溝 51 から移送された気体が断熱壁 90 に沿って周方向に流れる際に、第 2 の隅部 98 において、流れの淀みが生じ難くなる。このため、第 2 の隅部 98 に、副生成物が析出して堆積することが抑制される。第 2 の隅部 98 の曲率半径は、特に限定されないが、大きければ大きいほど良い。例えば、本実施形態では 2 mm である。

[0068] ねじ溝ステータ 50 は、図 7 に示すように、軸方向において、通路 54 の内壁面のうちの下流側の内壁面 54 A の位置が、第 3 の隅部 96 と第 1 の隅部 97 の間に位置する最も下流側（軸方向に沿って吸気口 12 が設けられる側の反対側）の最奥部 99 の位置と一致する。このため、ねじ溝ステータ 50 の通路入口部 55 は、第 3 の隅部 96 を貫通し、最奥部 99 へ平滑に連続している。したがって、断熱壁 90 に沿って周方向へ流れる気体は、ねじ溝ステータ 50 の通路 54 へ円滑に入り、排気口 21 へ円滑に流れることができる。したがって、通路入口部 55 の近傍において、副生成物が析出して堆積することが抑制される。なお、断熱壁 90 は、周方向において通路入口部 55 と通じる部位以外には、第 1 実施形態と同様に第 3 の隅部 96 が形成されている。なお、変形例として、断熱壁 90 の周方向において通路入口部 55 と通じる部位以外の第 3 の隅部 96 は、ロータ 30 の回転軸を通る断面において、円弧状でなくてもよく、曲率半径が略 0 の凹形状であってもよい。

[0069] また、ねじ溝ステータ 50 は、軸方向において、通路 54 の内壁面のうちの上流側の内壁面 54 B の位置が、折り返し部 95 の下流側の面 95 A の位置と一致する。このため、断熱壁 90 に沿って周方向へ流れる気体は、折り返し部 95 の第 2 の隅部 98 と環状部 92 の第 1 の隅部 97 の間の流路から、ねじ溝ステータ 50 の通路 54 へ円滑に入り、排気口 21 へ円滑に流れることができる。したがって、通路入口部 55 の近傍において、副生成物が析

出して堆積することが抑制される。

[0070] なお、本発明は、上述した実施形態のみに限定されるものではなく、本発明の技術的思想内において当業者により種々変更が可能である。例えば、軸受は、磁気軸受でなくてもよい。また、ケーシング 11 は、排気口 21 が形成されてもよい。また、ケーシング 11 は、吸気口 12 および排気口 21 の両方が形成されてもよい。

符号の説明

[0071]	1	真空ポンプ
	2	真空ポンプ本体
	11	ケーシング
	12	吸気口
	18	断熱スペーサ
	20	排気管
	21	排気口
	23	排気管通路
	30	ロータ
	32	ロータ翼
	41	ステータ
	43	ステータ翼
	50	ねじ溝ステータ
	51	ねじ溝
	54	通路
	55	通路入口部
	80	モータ（駆動部）
	90	断熱壁
	92	環状部
	93	壁部
	94	筒状壁部

- 9 5 折り返し部
- 9 6 第 3 の隅部
- 9 7 第 1 の隅部
- 9 8 第 2 の隅部