

明 細 書

発明の名称：真空ポンプ

技術分野

[0001] 本発明は、被排気室内を真空排気する真空ポンプに関する。

背景技術

[0002] 半導体、液晶、太陽電池、LED (Light Emitting Diode) 等（以下、「半導体等」と称する。）の製造装置では、真空チャンバ内にプロセスガスを流入させ、真空チャンバ内に載置されたウエハ等の被処理物に薄膜を形成したり、エッチング処理等が施される。このとき、真空チャンバ内を真空排気するのに真空ポンプが用いられる。

[0003] 真空ポンプの一種である例えばターボ分子ポンプは、高速回転するロータの外周面に設けられた回転翼と、ロータの回転軸の軸芯方向において交互に配置された固定翼との相互作用により、吸気口から吸入されたプロセスガスを排気口から排出する。

[0004] この真空ポンプにおいて、吸気口から吸入したガスの一部が排気口から排出されずに、ロータの回転軸を支持する磁気軸受、回転軸を回転駆動するモータ等の電装部を収容する収容部側に流入し、収容部内に侵入してしまうおそれがある。ガスが収容部内に侵入すると、収容部内の電装品が腐食したり、収容部内で反応生成物が堆積することにより、真空ポンプの機能に支障をきたす等の不具合が生じてしまう。

[0005] この対策として、ガスと収容部との接触を抑制する遮蔽部を備えさせた真空ポンプが例えば特許文献1に開示されている。遮蔽部は略円環状の部材からなる。遮蔽部は、その上端面がロータ円筒部の底面と対向し、その間隔が微小幅になるように配設される。これによりロータ円筒部の内側に配設された収容部とガスとの接触が抑制される。

先行技術文献

特許文献

[0006] 特許文献1：特開2021-55673号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0007] しかしながら、上述した遮蔽部を備えた真空ポンプでは、対向する遮蔽部の上端面とロータ円筒部の底面の径方向の長さが短いので、収容部へのガスの流れ込みを十分には防止できないおそれがあった。

[0008] 本発明は、上記実情に鑑みてなされたものであり、回転軸を回転可能にする電装部の収容部へのガスの流れ込みを十分に防止することが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

[0009] 上記目的を達成するため、本発明の真空ポンプは、
外装体と、
前記外装体に内包され、回転自在に支持された回転軸と、
前記回転軸を回転可能にする電装部を収容する収容部と、
前記収容部の外側に配置され、前記回転軸と一体的に構成されたロータと、
前記ロータの外周側に配置されたステータと、
前記ロータの外周面から径方向に延伸された回転円板部とを備え、
前記ロータの回転により、排気するガスが前記ロータの外側を流れる真空ポンプであって、
前記回転円板部と前記ステータとの軸方向に対向する対向面の少なくとも一部は、前記収容部への前記ガスの流れ込みを防止する非接触シール構造を構成することを特徴とする。

[0010] 上記の真空ポンプにおいて、
前記回転円板部と前記ステータとの前記対向面のうち少なくともいずれか一方が傾斜面に形成されるようにしてもよい。

[0011] 上記の真空ポンプにおいて、
前記回転円板部と前記ステータとの前記対向面が傾斜面に形成され、該傾

斜面の傾斜角度が同一であるようにしてもよい。

[0012] 上記の真空ポンプにおいて、

前記ステータは、前記回転円板部の前記ガスの上流側に軸方向に対向する固定円板部を更に備え、

前記回転円板部と前記固定円板部との対向面のうち少なくともいずれか一方に排気機構を構成するための第1の渦巻き状溝が設けられ、

前記非接触シール構造は、前記回転円板部の前記ガスの下流側である背面と前記ステータとの軸方向に対向する対向面により構成されるようにしてもよい。

[0013] 上記の真空ポンプにおいて、

前記回転円板部は、前記排気機構の最下段を構成するようにしてもよい。

[0014] 上記の真空ポンプにおいて、

前記回転円板部の前記ガスの下流側である背面と軸方向に対向する対向面を有する整流部を更に備えるようにしてもよい。

[0015] 上記の真空ポンプにおいて、

前記整流部は、円板状であるとともに、前記回転円板部との対向面に第2の渦巻き状溝が設けられた渦巻き状溝部であるようにしてもよい。

[0016] 上記の真空ポンプにおいて、

前記回転円板部と一体的に構成されるとともに、外周面が前記渦巻き状溝部の内周面と対向する円筒部を備え、

前記渦巻き状溝部の前記内周面及び前記円筒部の外周面のうち少なくともいずれか一方に設けられたネジ溝を有し、

前記非接触シール構造は、前記円筒部の前記ガスの下流側である面と前記ステータとの軸方向に対向する対向面により構成されるようにしてもよい。

[0017] 上記の真空ポンプにおいて、

前記ステータは、加熱手段により加熱され、前記ガスの流路を画定する流路画定部を備え、

前記非接触シール構造は、前記回転円板部と前記流路画定部との軸方向に

対向する対向面により構成されるようにしてもよい。

発明の効果

[0018] 本発明によれば、回転軸を回転可能にする電装部の収容部へのガスの流れ込みを十分に防止することができる真空ポンプを提供することができる。

図面の簡単な説明

[0019] [図1] (A) は本発明の第1の実施形態に係る真空ポンプの構成を示す縦断面図であり、(B) は図1 (A) 中のC部の拡大図である。

[図2] 図1 (A) 中のD-D線における真空ポンプが有する固定円板の概略構成を示す説明図である。

[図3] 本発明の第1の実施形態に係る真空ポンプが有するアンプ回路の回路図である。

[図4] 本発明の第1の実施形態に係る真空ポンプにおける電流指令値が検出値より大きい場合の制御を示すタイムチャートである。

[図5] 本発明の第1の実施形態に係る真空ポンプにおける電流指令値が検出値より小さい場合の制御を示すタイムチャートである。

[図6] (A) は本発明の第2の実施形態に係る真空ポンプの構成を示す縦断面図であり、(B) は図6 (A) 中のE部の拡大図である。

[図7] 本発明の第3の実施形態に係る真空ポンプの構成を示す縦断面図の一部拡大図である。

[図8] 本発明の第4の実施形態に係る真空ポンプの構成を示す縦断面図の一部拡大図である。

[図9] 本発明の第5の実施形態に係る真空ポンプの構成を示す縦断面図の一部拡大図である。

発明を実施するための形態

[0020] 本発明の実施の形態に係る真空ポンプについて、以下図面を参照して説明する。

[0021] (第1の実施形態)

第1の実施形態に係る真空ポンプについて、図1を参照して説明する。真

空ポンプ１００は、図１（Ａ）に示すように、流入するガスの上流側にターボ分子ポンプ部１００ａを、下流側にシーグバーン（Siegbahn）型ポンプ部１００ｂを備えた複合型の真空ポンプである。

[0022] この真空ポンプ１００には、円筒状の外筒１２７の上端に吸気口１０１が形成されている。そして、外筒１２７の内方には、ロータ１０３が備えられている。このロータ１０３の周部には、ガスを吸引排気するためのタービンブレードである複数の回転翼１０２（１０２ａ、１０２ｂ、１０２ｃ・・・）及び複数の回転円板１０７（１０７ａ、１０７ｂ、１０７ｃ）が放射状かつ多段に形成され、径方向に延伸されている。回転翼１０２はターボ分子ポンプ部１００ａの一部を構成し、回転円板１０７はシーグバーン型ポンプ部１００ｂの一部を構成する。回転翼１０２はロータ１０３の上流側に、回転円板１０７は最下段の回転翼１０２の下流側に配設される。

[0023] ロータ１０３の中心には回転軸１１３が取り付けられており、回転軸１１３とロータ１０３とは一体的に構成されている。この回転軸１１３は、回転自在に支持され、例えば５軸制御の磁気軸受により空中に浮上支持かつ位置制御されている。ロータ１０３は、一般的に、アルミニウム又はアルミニウム合金などの金属によって構成されている。

[0024] 上側径方向電磁石１０４は、４個の電磁石がＸ軸とＹ軸とに対をなして配置されている。この上側径方向電磁石１０４に近接して、かつ上側径方向電磁石１０４のそれぞれに対応して４個の上側径方向センサ１１４が備えられている。上側径方向センサ１１４は、例えば伝導巻線を有するインダクタンスセンサや渦電流センサなどが用いられ、回転軸１１３の位置に応じて変化するこの伝導巻線のインダクタンスの変化に基づいて回転軸１１３の位置を検出する。この上側径方向センサ１１４は回転軸１１３、すなわちそれに固定されたロータ１０３の径方向変位を検出し、制御装置３００に送るように構成されている。

[0025] この制御装置３００においては、例えばＰＩＤ調節機能を有する補償回路が、上側径方向センサ１１４によって検出された位置信号に基づいて、上側

径方向電磁石 104 の励磁制御指令信号を生成し、図 3 に示すアンプ回路 150（後述する）が、この励磁制御指令信号に基づいて、上側径方向電磁石 104 を励磁制御することで、回転軸 113 の上側の径方向位置が調整される。

[0026] そして、この回転軸 113 は、高透磁率材（鉄、ステンレスなど）などにより形成され、上側径方向電磁石 104 の磁力により吸引されるようになっている。かかる調整は、X 軸方向と Y 軸方向とにそれぞれ独立して行われる。また、下側径方向電磁石 105 及び下側径方向センサ 115 が、上側径方向電磁石 104 及び上側径方向センサ 114 と同様に配置され、回転軸 113 の下側の径方向位置を上側の径方向位置と同様に調整している。

[0027] さらに、軸方向電磁石 106 a、106 b が、回転軸 113 の下部に備えた円板状の金属ディスク 111 を上下に挟んで配置されている。金属ディスク 111 は、鉄などの高透磁率材で構成されている。回転軸 113 の軸方向変位を検出するために軸方向センサ 108 が備えられ、その軸方向位置信号が制御装置 300 に送られるように構成されている。

[0028] そして、制御装置 300 において、例えば P I D 調節機能を有する補償回路が、軸方向センサ 108 によって検出された軸方向位置信号に基づいて、軸方向電磁石 106 a と軸方向電磁石 106 b のそれぞれの励磁制御指令信号を生成し、アンプ回路 150 が、これらの励磁制御指令信号に基づいて、軸方向電磁石 106 a と軸方向電磁石 106 b をそれぞれ励磁制御することで、軸方向電磁石 106 a が磁力により金属ディスク 111 を上方に吸引し、軸方向電磁石 106 b が金属ディスク 111 を下方に吸引し、回転軸 113 の軸方向位置が調整される。

[0029] このように、制御装置 300 は、この軸方向電磁石 106 a、106 b が金属ディスク 111 に及ぼす磁力を適当に調節し、回転軸 113 を軸方向に磁気浮上させ、空間に非接触で保持するようになっている。なお、これら上側径方向電磁石 104、下側径方向電磁石 105 及び軸方向電磁石 106 a、106 b を励磁制御するアンプ回路 150 については、後述する。

- [0030] 一方、モータ１２１は、回転軸１１３を取り囲むように周状に配置された複数の磁極を備えている。各磁極は、回転軸１１３との間に作用する電磁力を介して回転軸１１３を回転駆動するように、制御装置３００によって制御されている。また、モータ１２１には図示しない例えばホール素子、レゾルバ、エンコーダなどの回転速度センサが組み込まれており、この回転速度センサの検出信号により回転軸１１３の回転速度が検出されるようになっている。
- [0031] さらに、例えば下側径方向センサ１１５近傍に、図示しない位相センサが取り付けられており、回転軸１１３の回転の位相を検出できるようになっている。制御装置３００では、この位相センサと回転速度センサの検出信号を共に用いて磁極の位置を検出できるようになっている。
- [0032] 回転翼１０２（１０２ａ、１０２ｂ、１０２ｃ・・・）とわずかの空隙を隔てて複数枚の固定翼１２３（１２３ａ、１２３ｂ、１２３ｃ・・・）が配設されている。ターボ分子ポンプ部１００ａは、回転翼１０２及び固定翼１２３により構成される。回転翼１０２（１０２ａ、１０２ｂ、１０２ｃ・・・）は、それぞれ排気ガスの分子を衝突により下方向に移送するため、回転軸１１３の軸線に垂直な平面から所定の角度だけ傾斜して形成されている。固定翼１２３（１２３ａ、１２３ｂ、１２３ｃ・・・）は、例えばアルミニウム、鉄、ステンレス、銅などの金属、又はこれらの金属を成分として含む合金などの金属によって構成されている。
- [0033] また、固定翼１２３も、同様に回転軸１１３の軸線に垂直な平面から所定の角度だけ傾斜して形成され、かつ外筒１２７の内方に向けて回転翼１０２の段と互い違いに配設されている。そして、固定翼１２３の外周端は、複数の段積みされた固定翼スペーサ１２５（１２５ａ、１２５ｂ、１２５ｃ・・・）の間に嵌挿された状態で支持されている。
- [0034] 一方、回転円板１０７（１０７ａ、１０７ｂ、１０７ｃ）と隙間をもって複数枚の固定円板１２６（１２６ａ、１２６ｂ）が配設されている。シーグバーン型ポンプ部１００ｂは、回転円板１０７及び固定円板１２６により構

成される。固定翼１２３及び固定円板１２６はステータの一部を構成する。

[0035] 回転円板１０７（１０７ａ、１０７ｂ、１０７ｃ）は、回転軸１１３の軸線に対し垂直に形成され、径方向の断面が周縁部に向かって細くなるテーパ状に形成されている。最下段の回転円板１０７ｃの下側面１０９ｃについては後述する。固定円板１２６（１２６ａ、１２６ｂ）のガスの上流側、下流側の両面には、複数の山部１３１（１３１ａ、１３１ｂ）及び複数の谷部１３２（１３２ａ、１３２ｂ）が形成されており、複数の山部１３１（１３１ａ、１３１ｂ）及び複数の谷部１３２（１３２ａ、１３２ｂ）により、図２に示すように、複数の渦巻き状溝（第１の渦巻き状溝に相当）が構成されている。なお、回転円板１０７と固定円板１２６との対向面のうち少なくともいずれか一方に排気機構を構成するための渦巻き状溝が設けられればよい。

[0036] また、固定円板１２６（１２６ａ、１２６ｂ）は、回転軸１１３の軸線に対し垂直に形成され、かつ外装部品１２９ａの内方に向けて回転円板１０７の段と互い違いに配設されている。そして、固定円板１２６（１２６ａ、１２６ｂ）の外周端は、複数の段積みされた固定円板スペーサ１２８（１２８ａ、１２８ｂ、１２８ｃ）の間に挿入された状態で支持されている。固定円板スペーサ１２８（１２８ａ、１２８ｂ、１２８ｃ）の軸方向の高さは、ガスの下流側に向かって低くなるように設定されている。これにより流路の容積がガスの下流側に向けて徐々に減少し、ガスを圧縮する。

[0037] シーグバーン型分子ポンプ部１００ｂは、固定円板１２６に設けられた渦巻き状溝の流路内に拡散して入ってきた気体分子に対し、回転円板１０７により接線方向の運動量を与え、渦巻き状溝の流路により排気方向へ向けて優位な方向性を与えて排気を行うことができる。

[0038] 固定翼スペーサ１２５及び固定円板スペーサ１２８はリング状の部材であり、例えばアルミニウム、鉄、ステンレス、銅などの金属、又はこれらの金属を成分として含む合金などの金属によって構成されている。固定翼スペーサ１２５の外周には、わずかの空隙を隔てて外筒１２７が固定され、固定円板スペーサ１２８の外周には、わずかの空隙を隔てて外装部品１２９ａが固

定されている。ガスの上流側から外筒 1 2 7、外装部品 1 2 9 a 及び外装部品 1 2 9 b の順に配設され、真空ポンプ 1 0 0 の外装体を構成する。この外装体に回転軸 1 1 3 は内包される。外装体の底部にはベース部 1 3 3 が配設されている。外装部品 1 2 9 b には排気口 1 3 4 が形成され、外部に連通されている。被排気室であるチャンバ（真空チャンバ）側から吸気口 1 0 1 に入ってベース部 1 3 3 側に移送されてきた排気ガスは、排気口 1 3 4 へと送られる。

[0039] ベース部 1 3 3 は、真空ポンプ 1 0 0 の基底部を構成する円盤状の部材であり、一般には鉄、アルミニウム、ステンレスなどの金属によって構成されている。ベース部 1 3 3 は真空ポンプ 1 0 0 を物理的に保持すると共に、熱の伝導路の機能も兼ね備えているので、鉄、アルミニウムや銅などの剛性があり、熱伝導率も高い金属が使用されるのが望ましい。また、ベース部 1 3 3 にはモータ 1 2 1 等の電装品を冷却するための水冷管 1 3 3 a が設けられている。

[0040] また、上側径方向電磁石 1 0 4、上側径方向センサ 1 1 4、モータ 1 2 1、下側径方向電磁石 1 0 5、下側径方向センサ 1 1 5、軸方向電磁石 1 0 6 a、1 0 6 b、軸方向センサ 1 0 8 などで構成され、回転軸 1 1 3 を回転可能にする電装部に、吸気口 1 0 1 から吸引されたガスが侵入することを防止するため、電装部は周囲を収容部 1 2 2 で覆われる。すなわち電装部は収容部 1 2 2 に収容される。この収容部 1 2 2 内はパージガスにて所定圧に保たれる場合もある。

[0041] この場合には、ベース部 1 3 3 に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。導入されたパージガスは、保護ベアリング 1 2 0 と回転軸 1 1 3 間、モータ 1 2 1 のロータと固定子間、収容部 1 2 2 と回転翼 1 0 2 の内周側円筒部の間の隙間を通じて排気口 1 3 4 へ送出される。

[0042] ここに、真空ポンプ 1 0 0 は、機種の特定制と、個々に調整された固有のパラメータ（例えば、機種に対応する諸特性）に基づいた制御を要する。この

制御パラメータを格納するために、上記真空ポンプ100は、その本体内に電子回路部144を備えている。電子回路部144は、EEPROM等の半導体メモリ及びそのアクセスのための半導体素子等の電子部品、それらの実装用の基板146等から構成される。この電子回路部144は、真空分子ポンプ100の下部を構成するベース部133の例えば中央付近の図示しない回転速度センサの下部に収容され、気密性の底蓋147によって閉じられている。

[0043] 次に、このように構成される真空ポンプ100に関して、その上側径方向電磁石104、下側径方向電磁石105及び軸方向電磁石106a、106bを励磁制御するアンプ回路150について図3を用いて説明する。

[0044] 上側径方向電磁石104等を構成する電磁石巻線151は、その一端がトランジスタ161を介して電源171の正極171aに接続されており、また、その他端が電流検出回路181及びトランジスタ162を介して電源171の負極171bに接続されている。そして、トランジスタ161、162は、いわゆるパワーMOSFETとなっており、そのソースドレイン間にダイオードが接続された構造を有している。

[0045] このとき、トランジスタ161は、そのダイオードのカソード端子161aが正極171aに接続されるとともに、アノード端子161bが電磁石巻線151の一端と接続されるようになっている。また、トランジスタ162は、そのダイオードのカソード端子162aが電流検出回路181に接続されるとともに、アノード端子162bが負極171bと接続されるようになっている。

[0046] 一方、電流回生用のダイオード165は、そのカソード端子165aが電磁石巻線151の一端に接続されるとともに、そのアノード端子165bが負極171bに接続されるようになっている。また、これと同様に、電流回生用のダイオード166は、そのカソード端子166aが正極171aに接続されるとともに、そのアノード端子166bが電流検出回路181を介して電磁石巻線151の他端に接続されるようになっている。そして、電流検

出回路 181 は、例えばホールセンサ式電流センサや電気抵抗素子で構成されている。

[0047] 以上のように構成されるアンプ回路 150 は、一つの電磁石に対応されるものである。そのため、磁気軸受が 5 軸制御で、電磁石 104、105、106a、106b が合計 10 個ある場合には、電磁石のそれぞれについて同様のアンプ回路 150 が構成され、電源 171 に対して 10 個のアンプ回路 150 が並列に接続されるようになっている。

[0048] さらに、アンプ制御回路 191 は、例えば、制御装置 300 の図示しないデジタル・シグナル・プロセッサ部（以下、DSP 部という）によって構成され、このアンプ制御回路 191 は、トランジスタ 161、162 の on/off を切り替えるようになっている。

[0049] アンプ制御回路 191 は、電流検出回路 181 が検出した電流値（この電流値を反映した信号を電流検出信号 191c という）と所定の電流指令値とを比較するようになっている。そして、この比較結果に基づき、PWM 制御による 1 周期である制御サイクル T_s 内に発生させるパルス幅の大きさ（パルス幅時間 T_{p1} 、 T_{p2} ）を決めるようになっている。その結果、このパルス幅を有するゲート駆動信号 191a、191b を、アンプ制御回路 191 からトランジスタ 161、162 のゲート端子に出力するようになっている。

[0050] なお、ロータ 103 の回転速度の加速運転中に共振点を通過する際や定速運転中に外乱が発生した際等に、高速かつ強い力での回転体 103 の位置制御をする必要がある。そのため、電磁石巻線 151 に流れる電流の急激な増加（あるいは減少）ができるように、電源 171 としては、例えば 50V 程度の高電圧が使用されるようになっている。また、電源 171 の正極 171a と負極 171b との間には、電源 171 の安定化のために、通常コンデンサが接続されている（図示略）。

[0051] かかる構成において、トランジスタ 161、162 の両方を on にすると、電磁石巻線 151 に流れる電流（以下、電磁石電流 i_L という）が増加し

、両方を *o f f* にすると、電磁石電流 i_L が減少する。

[0052] また、トランジスタ 161、162 の一方を *o n* にし他方を *o f f* にすると、いわゆるフライホイール電流が保持される。そして、このようにアンプ回路 150 にフライホイール電流を流すことで、アンプ回路 150 におけるヒステリシス損を減少させ、回路全体としての消費電力を低く抑えることができる。また、このようにトランジスタ 161、162 を制御することにより、真空ポンプ 100 に生じる高調波等の高周波ノイズを低減することができる。さらに、このフライホイール電流を電流検出回路 181 で測定することで電磁石巻線 151 を流れる電磁石電流 i_L が検出可能となる。

[0053] すなわち、検出した電流値が電流指令値より小さい場合には、図 4 に示すように、制御サイクル T_s (例えば $100\mu s$) 中で 1 回だけ、パルス幅時間 T_{p1} に相当する時間分だけトランジスタ 161、162 の両方を *o n* にする。そのため、この期間中の電磁石電流 i_L は、正極 171a から負極 171b へ、トランジスタ 161、162 を介して流し得る電流値 i_{Lmax} (図示せず) に向かって増加する。

[0054] 一方、検出した電流値が電流指令値より大きい場合には、図 5 に示すように、制御サイクル T_s 中で 1 回だけパルス幅時間 T_{p2} に相当する時間分だけトランジスタ 161、162 の両方を *o f f* にする。そのため、この期間中の電磁石電流 i_L は、負極 171b から正極 171a へ、ダイオード 165、166 を介して回生し得る電流値 i_{Lmin} (図示せず) に向かって減少する。

[0055] そして、いずれの場合にも、パルス幅時間 T_{p1} 、 T_{p2} の経過後は、トランジスタ 161、162 のどちらか 1 個を *o n* にする。そのため、この期間中は、アンプ回路 150 にフライホイール電流が保持される。

[0056] ここで、真空ポンプ 100 において、どのように排気ガスが吸気され、排出されるかについて説明する。上流側のターボ分子ポンプ部 100a では、回転翼 102 が回転軸 113 と共にモータ 121 により回転駆動されると、回転翼 102 と固定翼 123 の作用により、吸気口 101 を通じて被排気室

であるチャンバから排気ガスが吸気される。回転翼102の回転速度は通常20000rpm~90000rpmであり、回転翼102の先端での周速度は200m/s~400m/sに達する。吸気口101から吸気された排気ガスは、ロータ103の外側である回転翼102と固定翼123の間を通り、下流側のシーグバーン型ポンプ部100bへ移送される。シーグバーン型分子ポンプ部100bでは、回転翼102と同様に回転駆動された回転円板107と渦巻き状溝が設けられた固定円板126との相互作用により、移送されたガスの分子に排気口134に向けて優位な方向性が与えられる。そして、排気ガスは、ロータ103の外側である回転円板107と固定円板126の間を通り、排気口134から排出される。

[0057] このとき、排気ガスが回転翼102及び回転円板107に接触する際に生ずる摩擦熱や、モータ121で発生した熱の伝導などにより、回転翼102及び回転円板107の温度は上昇するが、この熱は、輻射又は排気ガスの気体分子などによる伝導により固定翼123または固定円板126側に伝達される。

[0058] 固定翼スペーサ125は、外周部で互いに接合しており、固定翼123が回転翼102から受け取った熱や排気ガスが固定翼123に接触する際に生ずる摩擦熱などを外部へと伝達する。また、固定円板スペーサ128も同様に、外周部で互いに接合しており、固定円板126が回転円板107から受け取った熱や排気ガスが固定円板126に接触する際に生ずる摩擦熱などを外部へと伝達する。

[0059] 次に、実施形態に係る真空ポンプ100の特徴部分について説明する。下流側のシーグバーン型分子ポンプ部100bにより移送された排気ガスが、排気口134へと送られずに、回転軸113を回転可能にする電装部を収容する収容部122へ流れ込んで、収容部122内に侵入してしまうと、収容部122内の電装品が腐食したり、収容部122内で反応生成物が堆積して、真空ポンプ100の性能に支障が生じてしまう。このため、本実施の形態の真空ポンプ100は、収容部122へのガスの流れ込みを防止する非接触

シール構造を有する。

[0060] この非接触シール構造について説明する。隔壁部 141 は、排気するガスの流路 142 を画定する。隔壁部 141 は、図 1 (B) に示すように、基部 141a と、基部 141a から立設した円筒部 141b と、円筒部 141b の上端から径方向内方に張り出した内向フランジ部 141c とから構成される。隔壁部 141 は、収容部 122 及びロータ 103 の外周側に配設される。なお、隔壁部 141 はステータの一部を構成する。なお、図 1 において、理解を容易にするために隔壁部 141 及びロータ 103 のみにハッチングを施している。

[0061] 最下段の回転円板（回転円板部）107c のガスの下流側である下側面 109c（最下段の固定円板 126b と対向しない背面）と、内向フランジ部 141c の上面 141d とは軸方向に対向する。この対向面は、収容部 122 へのガスの流れ込みを防止する非接触シール構造を構成する。なお、この対向面は全周に渡っているが、少なくとも一部が非接触シール構造を構成するように対向面を設ければよい。回転円板 107c の下側面 109c と内向フランジ部 141c の上面 141d との隙間 G1 を微小隙間とする。回転円板 107c の下側面 109c と内向フランジ部 141c の上面 141d との隙間 G1 を例えば 1mm～1.5mm 程度に適切に設定する。

[0062] この非接触シール構造では、回転円板 107c の回転によるドラッグ効果により、回転円板 107c の下側面 109c と内向フランジ部 141c の上面 141d との隙間 G1 から径方向外側に向かってガスの流路 142、排気口 134 の方向にガスが排出される。回転円板 107c の下側面 109c と内向フランジ部 141c の上面 141d とが軸方向に対向する面の長さ（上面 141d の長さに相当）は長いほど、ドラッグ効果による排気性能およびシール性能はよくなる。回転円板 107c の下側面 109c 及び内向フランジ部 141c との上面 141d は、内側から外側に向かって上昇する傾斜面に形成され傾斜方向は同じであり、傾斜角度もほぼ同一である。このため回転円板 107c の下側面 109c と内向フランジ部 141c の上面 141d

とが軸方向に対向する面の長さは、回転円板 107c の下側面 109c 及び内向フランジ部 141c との上面 141d が共に水平な面である場合と比べ長くなり、排気性能が向上する。

[0063] また、回転円板 107c によるドラッグ効果による排気性能は、回転円板 107c の周速が大きいほど向上するので、回転円板 107c のなるべく外周側に非接触シール構造を設けるとよい。回転円板 107c の外周側に非接触シール構造を設けることにより、隙間 G1 を広げる余裕ができ、回転円板 107c、隔壁部 141 の加工や組み立てが容易になる。ただし、ガスの流路面積とのバランスを考慮する必要がある。なお、隔壁部 141 の内向フランジ部 141c とロータ 103 との径方向の隙間の大きさは、隙間 G1 と同じ程度でよい。

[0064] 隔壁部 141 は、加熱手段としてヒータ 143 が基部 141a に設けられている。よって、隔壁部 141 はヒータスペーサの役割も果たす。隔壁部 141 は断熱部材を介してベース部 133、外装部品 129b などに固定される。ところで、半導体等の製造工程では、チャンバに導入されるプロセスガスの中には、その圧力が所定値よりも高くなり、或いは、その温度が所定値よりも低くなると、固体となる性質を有するものがある。真空ポンプ 100 内部では、排気ガスの圧力は、吸気口 101 で最も低く排気口 134 で最も高い。プロセスガスが吸気口 101 から排気口 134 へ移送される途中で、その圧力が所定値よりも高くなったり、その温度が所定値よりも低くなったりすると、プロセスガスは、固体状となり、真空ポンプ 100 内部に付着して堆積する。

[0065] 例えば、Al エッチング装置にプロセスガスとして SiCl₄ が使用された場合、低真空 (760 [torr] ~ 10⁻² [torr]) かつ、低温 (約 20 [°C]) のとき、固体生成物 (例えば AlCl₃) が析出し、真空ポンプ 100 内部に付着堆積することが蒸気圧曲線からわかる。これにより、真空ポンプ 100 内部にプロセスガスの析出物が堆積すると、この堆積物がポンプ流路を狭め、真空ポンプ 100 の性能を低下させる原因となる。そ

して、前述した生成物は、排気口 1 3 4 付近の圧力が高い部分で凝固、付着し易い状況にあった。

[0066] そのため、この問題を解決するために、ガスの流路 1 4 2 を画定する隔壁部 1 4 1 等にヒータ 1 4 3 や図示しない環状の水冷管を巻着させ、かつ例えば隔壁部 1 4 1 に図示しない温度センサ（例えばサーミスタ）を埋め込み、この温度センサの信号に基づいて隔壁部 1 4 1 の温度を一定の高い温度（設定温度）に保つようにヒータ 1 4 3 の加熱や水冷管による冷却の制御（以下 TMS という。TMS ; Temperature Management System）が行われている。

[0067] このように本実施の形態では、最下段の回転円板 1 0 7 c の下側面 1 0 9 c と、内向フランジ部 1 4 1 c の上面 1 4 1 d と軸方向に対向する対向面により、収容部 1 2 2 へのガスの流れ込みを防止する非接触シール構造を構成するようにしたので、比較的長い対向面による非接触シール構造を実現できる。したがって、収容部 1 2 2 への排気ガスの流れ込みを十分に防止することができる真空ポンプを提供することができる。

[0068] （第 2 の実施形態）

第 2 の実施形態に係る真空ポンプについて、図 6 を参照して説明する。なお、第 2 の実施の形態においては、第 1 の実施形態に係る真空ポンプと同様な構成要素には同一の符号を付してその説明を省略し、第 1 の実施形態と異なる点について説明する。第 2 の実施形態に係る真空ポンプ 2 0 0 は、図 6 (A) に示すように、ターボ分子ポンプ部 1 0 0 a のみからなる真空ポンプである。ロータ 2 0 3 の周部には、複数の回転翼 1 0 2 (1 0 2 a、1 0 2 b、1 0 2 c・・・) が放射状かつ多段に形成されており、その最下段の回転翼 1 0 2 の下流側に回転円板部 2 0 1 が径方向に延伸されている。回転円板部 2 0 1 は、回転軸 1 1 3 の軸線に対し垂直に形成され、上側面は傾斜面、下側面 2 0 1 a は水平面に形成されている。回転円板部 2 0 1 は、回転翼 1 0 2 とは異なり、排気ガスの排出に直接的には関与しない。なお、図 6 において、理解を容易にするために収容部 1 2 2 及びロータ 2 0 3 のみにハッ

チングを施している。

[0069] 立設部 241 は、収容部 122 及びロータ 203 の外周に沿って立設されている。立設部 241 は低円筒状である。立設部 241 はステータの一部を構成する。回転円板部 201 の下流側の下側面 201a と、立設部 241 の上面 241a とは、図 6 (B) に示すように、軸方向に対向する。この対向面は、収容部 122 へのガスの流れ込みを防止する非接触シール構造を構成する。なお、この対向面は全周に渡っているが、少なくとも一部が非接触シール構造を構成するように対向面を設ければよい。回転円板部 201 の下側面 201a と立設部 241 の上面 241a との隙間 G2 は微小隙間であり、隙間 G2 の大きさ等は隙間 G1 と同様である。なお、回転円板部 201 の下側面 201a 及び立設部 241 の上面 241a は傾斜面ではなく水平面である。

[0070] このように本実施の形態では、排気ガスの排出に直接的には関与しない回転円板部 201 をロータ 203 の周部から延伸させて設けることによっても、収容部 122 へのガスの流れ込みを防止する非接触シール構造を構成することができる。

[0071] (第 3 の実施形態)

第 3 の実施形態に係る真空ポンプについて、図 7 を参照して説明する。なお、第 3 の実施の形態においては、第 1 の実施形態に係る真空ポンプと同様な構成要素には同一の符号を付してその説明を基本的には省略し、第 1 の実施形態と異なる点について説明する。第 3 の実施形態に係る真空ポンプ 400 は、最下段の回転円板 107c のガスの下流側に急激な流路拡張部がある場合などに排気性能が低下するという課題を解決することができる。真空ポンプ 400 は、図 7 に示すように、最下段の回転円板 107c のガスの下流側である背面側に、円板状に形成された渦巻き状溝部 (シーグバーン部) 410 を有している。渦巻き状溝部 410 は、ガスの上流側で最下段の回転円板 107c との対向面に、固定円板 126 と同様に、複数の山部 411 及び複数の谷部 412 が形成されており、複数の山部 411 及び複数の谷部 41

2により複数の渦巻き状溝（第2の渦巻き状溝に相当）が構成されている。
渦巻き状溝部410は、その外周端が最下段の固定円板スペーサ128cと隔壁部141の基部141aとの間に嵌挿された状態で支持されている。

[0072] 第3の実施の形態では、最下段の回転円板107cの背面側に渦巻き状溝部410を設けるようにしたので、最下段の回転円板107cと渦巻き状溝が設けられた渦巻き状溝部410との相互作用により、移送されたガスの分子に排気口134に向けて優位な方向性が与えられる。すなわち、渦巻き状溝部410は排気ガスを整流する整流部としての役割を果たすとともに排気作用と相まって排気ガスの排気性能を向上させる。これにより、真空ポンプ400は排気性能が向上するとともに、非接触シール構造を備えているために、収容部122への排気ガスの流れ込みを十分に防止することができる。

[0073] （第4の実施形態）

第4の実施形態に係る真空ポンプについて、図8を参照して説明する。なお、第4の実施の形態においては、第3の実施形態に係る真空ポンプと同様な構成要素には同一の符号を付してその説明を基本的には省略し、第3の実施形態と異なる点について説明する。第4の実施形態に係る真空ポンプ500は、図8に示すように、円筒部510を有している。円筒部510は、ロータ103に嵌合されるとともに最下段の回転円板107cの下部に一体的に固定され、最下段の回転円板107cと円筒部510とは一体的に構成される。円筒部510は、回転円板107c、ロータ103とともに回転する。円筒部510の外周面にはネジ溝（らせん状溝）510aが形成されており、このネジ溝510aが形成された円筒部510外周面は、渦巻き状溝部410の内外周面と対向している。ネジ溝510aが外周面に形成された円筒部510と、渦巻き状溝部410によりネジ溝ポンプ部が構成される。

[0074] 円筒部510のガスの下流側の面である下側面510bと、内向フランジ部141cの上面141dとは軸方向に対向する。この対向面は、収容部122へのガスの流れ込みを防止する非接触シール構造を構成する。なお、この対向面は全周に渡っているが、少なくとも一部が非接触シール構造を構成

するように対向面を設ければよい。円筒部510の下側面510bと内向フランジ部141cの上面141dとの隙間G3を微小隙間とする。なお、円筒部510の下側面510b及び内向フランジ部141cとの上面141dは、傾斜面ではなく水平面に形成されている。

[0075] 第4の実施の形態では、ネジ溝510aが形成された円筒部510がロータ103とともに回転することにより、排気ガスがネジ溝510aに案内されて排気口134に向けて移送されるので、ネジ溝510aが外周面に対向する渦巻き状溝部410による排気ガスの整流の効果や排気作用と相まって排気ガスの排気性能を向上させることができる。これにより、真空ポンプ500は排気性能が更に向上するとともに、円筒部510の下側面510b及び内向フランジ部141cとの上面141dによる非接触シール構造を備えているために、収容部122への排気ガスの流れ込みを十分に防止することができる。

[0076] (第5の実施形態)

第5の実施形態に係る真空ポンプについて、図9を参照して説明する。なお、第5の実施の形態においては、第4の実施形態に係る真空ポンプと同様な構成要素には同一の符号を付してその説明を基本的には省略し、第4の実施形態と異なる点について説明する。第5の実施形態に係る真空ポンプ600では、図9に示すように、円筒部510の外周面ではなく、円筒部510の外周面と対向する渦巻き状溝部410の内周面にネジ溝(らせん状溝)410aが形成されている。円筒部510と、内周面にネジ溝410aが形成された渦巻き状溝部410によりネジ溝ポンプ部が構成される。

[0077] 第5の実施形態では、円筒部510がロータ103とともに回転することにより、排気ガスが渦巻き状溝部410の内周面に形成されたネジ溝510aに案内されて排気口134に向けて移送されるので、渦巻き状溝部410による排気ガスの整流の効果や排気作用と相まって排気ガスの排気性能を向上させることができる。これにより、真空ポンプ600は排気性能が更に向上するとともに、円筒部510の下側面510b及び内向フランジ部141

cとの上面141dによる非接触シール構造を備えているために、収容部122への排気ガスの流れ込みを十分に防止することができる。

[0078] 以上、実施の形態を挙げて本発明を説明したが、本発明は上記各実施形態に限定されるものではなく、上述した変形例以外にも種々変形や組合せが可能である。例えば、上記第1の実施形態では、ターボ分子ポンプ部100aとシーグバーン型ポンプ部100bとを備えた複合型の真空ポンプの例、上記第2の実施形態では、ターボ分子ポンプ部100aのみからなる真空ポンプの例について説明したが、例えばシーグバーン型ポンプ部100bのみの真空ポンプについて、最下段の回転円板を利用して非接触シール構造を構成することも可能であるし、新たに排気ガスの排出に直接的には関与しない回転円板部を設けて非接触シール構造を構成することも可能である。

[0079] また、上記第1、第3乃至第5の実施形態では、回転円板107（107a、107b、107c）が径方向の断面が周縁部に向かって細くなるテーパ状に形成された例について説明したが、必ずしもテーパ状に形成する必要はなく、例えば上流側、下流側の両面が水平面に形成されるようにしてもよい。

[0080] また、上記第1、第3乃至第5の実施形態では、隔壁部141がヒータスペーサと一体である例について説明したが、隔壁部141をヒータスペーサとは別部品としてもよい。

[0081] また、上記第1及び第3の実施形態では、回転円板107cの下側面109c及び内向フランジ部141cとの上面141dが、いずれも傾斜面に形成されている例について説明したが、どちらかの面のみが傾斜面に形成されていても本発明を適用することは可能である。

[0082] また、上記第2の実施形態では、回転円板部201の下側面201a及び立設部241の上面241aが、上記第4及び第5の実施形態では、円筒部510の下側面510b及び内向フランジ部141cとの上面141dが、水平面である例について説明したが、これらの面を傾斜方向が同じで、傾斜角度がほぼ同一である傾斜面に形成するようにしてもよい。

[0083] また、上記第4の実施形態では、円筒部510の外周面にネジ溝510aを、上記第5の実施形態では、渦巻き状溝部410の内周面にネジ溝410aを設ける例について説明したが、ネジ溝510a、ネジ溝410aをいずれも設けることにより、ねじ溝ポンプ部を構成するようにしてもよい。

[0084] また、上記第2の実施形態において、上記第3の実施形態における渦巻き状溝部410を回転円板部201のガスの下流側である背面側に設けるようにしてもよい。また、上記第2の実施形態において、更に、上記第4の実施形態における円筒部510をロータ203に嵌合するとともに回転円板部201の下部に一体的に固定して設けるようにしてもよい。

[0085] また、上記第4及び第5の実施形態において、円筒部510は、最下段の回転円板107c及びロータ103と一体的に形成するようにしてもよい。

符号の説明

- [0086] 100, 200, 400, 500, 600 真空ポンプ
- | | |
|----------|-------------------------|
| 100a | ターボ分子ポンプ部 |
| 100b | シーグバーン (Siegbahn) 型ポンプ部 |
| 103, 203 | ロータ |
| 107c | 回転円板 |
| 109c | 下側面 |
| 113 | 回転軸 |
| 122 | 収容部 |
| 126 | 固定円板 |
| 141 | 隔壁部 |
| 141c | 内向フランジ部 |
| 141d | 上面 |
| 142 | 流路 |
| 143 | ヒータ |
| 201 | 回転円板部 |
| 201a | 下側面 |

2 4 1	立設部
2 4 1 a	上面
4 1 0	渦巻き状溝部
4 1 0 a	ネジ溝（らせん状溝）
5 1 0	円筒部
5 1 0 a	ネジ溝（らせん状溝）
5 1 0 b	下側面

請求の範囲

- [請求項1] 外装体と、
前記外装体に内包され、回転自在に支持された回転軸と、
前記回転軸を回転可能にする電装部を収容する収容部と、
前記収容部の外側に配置され、前記回転軸と一体的に構成されたロータと、
前記ロータの外周側に配置されたステータと、
前記ロータの外周面から径方向に延伸された回転円板部とを備え、
前記ロータの回転により、排気するガスが前記ロータの外側を流れる真空ポンプであって、
前記回転円板部と前記ステータとの軸方向に対向する対向面の少なくとも一部は、前記収容部への前記ガスの流れ込みを防止する非接触シール構造を構成することを特徴とする真空ポンプ。
- [請求項2] 前記回転円板部と前記ステータとの前記対向面のうち少なくともいずれか一方が傾斜面に形成されたことを特徴とする請求項1に記載の真空ポンプ。
- [請求項3] 前記回転円板部と前記ステータとの前記対向面が傾斜面に形成され、該傾斜面の傾斜角度が同一であることを特徴とする請求項2に記載の真空ポンプ。
- [請求項4] 前記ステータは、前記回転円板部の前記ガスの上流側に軸方向に対向する固定円板部を更に備え、
前記回転円板部と前記固定円板部との対向面のうち少なくともいずれか一方に排気機構を構成するための第1の渦巻き状溝が設けられ、
前記非接触シール構造は、前記回転円板部の前記ガスの下流側である背面と前記ステータとの軸方向に対向する対向面により構成されることを特徴とする請求項1に記載の真空ポンプ。
- [請求項5] 前記回転円板部は、前記排気機構の最下段を構成することを特徴とする請求項4に記載の真空ポンプ。

- [請求項6] 前記回転円板部の前記ガスの下流側である背面と軸方向に対向する対向面を有する整流部を更に備えたことを特徴とする請求項5に記載の真空ポンプ。
- [請求項7] 前記整流部は、円板状であるとともに、前記回転円板部との対向面に第2の渦巻き状溝が設けられた渦巻き状溝部であることを特徴とする請求項6に記載の真空ポンプ。
- [請求項8] 前記回転円板部と一体的に構成されるとともに、外周面が前記渦巻き状溝部の内周面と対向する円筒部を備え、
前記渦巻き状溝部の前記内周面及び前記円筒部の外周面のうち少なくともいずれか一方に設けられたネジ溝を有し、
前記非接触シール構造は、前記円筒部の前記ガスの下流側である面と前記ステータとの軸方向に対向する対向面により構成されることを特徴とする請求項7に記載の真空ポンプ。
- [請求項9] 前記ステータは、加熱手段により加熱され、前記ガスの流路を画定する流路画定部を備え、
前記非接触シール構造は、前記回転円板部と前記流路画定部との軸方向に対向する対向面により構成されることを特徴とする請求項1から請求項8のうちのいずれか1項記載の真空ポンプ。