

明 細 書

発明の名称： 真空ポンプおよび真空ポンプの回転体

技術分野

[0001] 本発明は、真空ポンプおよび真空ポンプの回転体に関する。

背景技術

[0002] 真空ポンプのロータに帯電した電荷を放電手段を介して放電する技術が知られている。例えば、特許文献1には、「回転翼が設けられたロータと、回転翼と対をなしてタービンを形成する固定翼が設けられたステータと、ロータの回転軸心を軸心としてロータに設けられた回転軸と、回転軸に回転力を与える電磁力モータと、回転軸を磁気浮上させて軸支する磁気軸受とを備え、ロータの回転軸心に沿ってロータ若しくはステータに設けられた放電針により、ロータにチャージされた電荷がステータに放電される」構成のターボ分子ポンプが記載されている（要約参照）。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開2002-206497号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] しかしながら、特許文献1では、放電針が真空ポンプの吸入口近傍に配置されているため、放電時において、放電針に付着したパーティクルが排気ガス中に飛散して、そのパーティクルが真空ポンプの上流側に配置された真空チャンバに向かって逆流し、真空チャンバ内のコンタミネーションの原因となる。

[0005] 本発明は、上記した実状に鑑みてなされたものであり、その目的は、放電時にパーティクルが逆流するのを防止できる真空ポンプおよび真空ポンプの回転体を提供することにある。

課題を解決するための手段

- [0006] 上記目的を達成するために、本発明の一態様は、吸気口および排気口が設けられた外装体と、前記外装体の内部に立設したステータコラムと、前記ステータコラムの外周を囲む形状の回転体と、前記回転体の回転軸を磁気浮上させて支持する磁気軸受と、を備え、前記回転体の回転により前記吸気口からガスを吸気して前記排気口から排出する真空ポンプにおいて、前記回転体の裏面側に形成された第1位置、前記回転体の底面側に形成された第2位置、および前記回転体の前記ガスの流路の途中に形成された第3位置のうち少なくとも何れかの位置に、前記回転体に帯電した電荷を放電するための突起部が設けられることを特徴とする。
- [0007] また、上記構成において、前記突起部は、前記回転体の裏面のうち前記ステータコラムの上端面と対向する面に形成された前記第1位置に設けられて、前記回転体に帯電した電荷を前記ステータコラムに向けて放電することが好ましい。
- [0008] また、上記構成において、前記突起部は、前記回転体が磁気浮上していない状態であっても、前記ステータコラムの上端面と物理的に接触しない高さに設定されていることが好ましい。
- [0009] また、上記構成において、前記回転体の裏面と前記ステータコラムの上端面との間にパージガスが流れるパージガス流路が形成されることが好ましい。
- [0010] また、上記構成において、前記突起部は、前記回転体の下部を構成する円筒部の底面に形成された前記第2位置に設けられて、前記回転体に帯電した電荷を前記外装体の底部を構成するベース部に向けて放電することが好ましい。
- [0011] また、上記構成において、前記突起部は、前記回転体が磁気浮上していない状態であっても、前記ベース部と物理的に接触しない高さに設定されていることが好ましい。
- [0012] また、上記構成において、前記円筒部の底面と前記ベース部との間にパージガスが流れるパージガス流路が形成されることが好ましい。

- [0013] また、上記構成において、前記回転体には、複数の回転翼が多段に設けられ、前記外装体には、前記複数の回転翼と段違いで複数の固定翼が多段に設けられ、前記突起部は、下段側に配置された前記回転翼の表面に形成された前記第3位置に設けられて、前記回転体に帯電した電荷を前記下段側に配置された前記回転翼の上下の段の一方に配置された前記固定翼に向けて放電することが好ましい。
- [0014] また、上記構成において、前記突起部は尖頭形状であることが好ましい。
- [0015] また、上記構成において、前記突起部にはガス抜き穴が設けられていることが好ましい。
- [0016] また、上記構成において、前記突起部は複数設けられ、前記複数の突起部は、前記回転体の軸心を中心にして同一半径上に配置され、かつ、互いに前記回転体の軸心に対して回転方向に等間隔で配置されることが好ましい。
- [0017] 上記目的を達成するために、本発明の別の態様は、吸気口からガスを吸気して排気口から排出する真空ポンプに組み込まれ、磁気軸受により磁気浮上して回転可能に支持される真空ポンプの回転体であって、前記回転体の裏面側に形成された第1位置、前記回転体の底面側に形成された第2位置、および前記回転体の前記ガスの流路の途中に形成された第3位置の少なくとも何れかの位置に、前記回転体に帯電した電荷を放電するための突起部が設けられたことを特徴とする。

発明の効果

- [0018] 本発明によれば、放電時にパーティクルが逆流するのを防止できる。その結果、真空チャンバ内のコンタミネーションを防止できる。なお、上記した以外の課題、構成および効果は、以下の実施形態の説明により明らかにされる。

図面の簡単な説明

- [0019] [図1]本発明の実施形態に係るターボ分子ポンプの縦断面図である。
- [図2]図1に示すターボ分子ポンプのアンプ回路の回路図である。
- [図3]電流指令値が検出値より大きい場合におけるアンプ制御回路の制御を示

すタイムチャートである。

[図4]電流指令値が検出値より小さい場合におけるアンプ制御回路の制御を示すタイムチャートである。

[図5]突起部10の詳細を示す図であって、(a)は回転体が磁気浮上した状態を示す図、(b)回転体が磁気浮上していない状態を示す図である。

[図6]突起部20の詳細を示す図であって、(a)は回転体が磁気浮上した状態を示す図、(b)回転体が磁気浮上していない状態を示す図である。

[図7]突起部30の詳細を示す図である。

発明を実施するための形態

[0020] 以下、本発明に係る真空ポンプの実施形態について、ターボ分子ポンプを例に挙げて、図面を参照しながら説明する。

[0021] このターボ分子ポンプの縦断面図を図1に示す。図1において、ターボ分子ポンプ100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、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102a、102b、102c・・・を周部に放射状かつ多段に形成した回転体103が備えられている。この回転体103の中心にはロータ軸113が取り付けられており、このロータ軸113は、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。

[0022] 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の近接に、かつ上側径方向電磁石104のそれぞれに対応されて4個の上側径方向センサ107が備えられている。上側径方向センサ107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、ロータ軸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ロータ軸113の位置を検出する。この上側径方向センサ107はロータ軸113、すなわちそれに固定された回転体103の径方向変位を検出し、図示せぬ制御装置に送るように構成されている。

- [0023] この制御装置においては、例えばP I D調節機能を有する補償回路が、上側径方向センサ107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、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、ロータ軸113の上側の径方向位置が調整される。
- [0024] そして、このロータ軸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108が、上側径方向電磁石104及び上側径方向センサ107と同様に配置され、ロータ軸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。
- [0025] さらに、軸方向電磁石106A、106Bが、ロータ軸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。ロータ軸113の軸方向変位を検出するために軸方向センサ109が備えられ、その軸方向位置信号が制御装置に送られるように構成されている。
- [0026] そして、制御装置において、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109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106Aと軸方向電磁石106B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106Aと軸方向電磁石106Bをそれぞれ励磁制御することで、軸方向電磁石106A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106Bが金属ディスク111を下方に吸引し、ロータ軸113の軸方向位置が調整される。
- [0027] このように、制御装置は、この軸方向電磁石106A、106Bが金属ディスク111に及ぼす磁力を適当に調節し、ロータ軸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106A、1

06Bを励磁制御するアンプ回路150については、後述する。

- [0028] 一方、モータ121は、ロータ軸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、ロータ軸113との間に作用する電磁力を介してロータ軸113を回転駆動するように、制御装置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ロータ軸113の回転速度が検出されるようになっている。
- [0029] さらに、例えば下側径方向センサ108近傍に、図示しない位相センサが取り付けられてあり、ロータ軸113の回転の位相を検出するようになっている。制御装置では、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するようになっている。
- [0030] 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。回転翼102a、102b、102c・・・は、それぞれ排気ガスの分子を衝突により下方方向に移送するため、ロータ軸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。
- [0031] また、固定翼123も、同様にロータ軸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。
- [0032] 固定翼スペーサ125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が固定されている。外筒127の底部にはベース部129が配設されている。ベース部129には排気口133が形成され、外部に連通されている。ベース部129に移送されてきた排気ガスは、排気

口 1 3 3 へと送られる。なお、ベース部 1 2 9 は接地されている。但し、接地部は、ベース部 1 2 9 に限定されず、外筒 1 2 7 であっても良い。

[0033] さらに、ターボ分子ポンプ 1 0 0 の用途によって、固定翼スペーサ 1 2 5 の下部とベース部 1 2 9 の間には、ネジ付きスペーサ 1 3 1 が配設される。ネジ付きスペーサ 1 3 1 は、アルミニウム、銅、ステンレス、鉄、又はこれらの金属を成分とする合金などの金属によって構成された円筒状の部材であり、その内周面に螺旋状のネジ溝 1 3 1 a が複数条刻設されている。ネジ溝 1 3 1 a の螺旋の方向は、回転体 1 0 3 の回転方向に排気ガスの分子が移動したときに、この分子が排気口 1 3 3 の方へ移送される方向である。回転体 1 0 3 の回転翼 1 0 2 a、1 0 2 b、1 0 2 c・・・に続く最下部には円筒部 1 0 2 d が垂下されている。この円筒部 1 0 2 d の外周面は、円筒状で、かつネジ付きスペーサ 1 3 1 の内周面に向かって張り出されており、このネジ付きスペーサ 1 3 1 の内周面と所定の隙間を隔てて近接されている。回転翼 1 0 2 および固定翼 1 2 3 によってネジ溝 1 3 1 a に移送されてきた排気ガスは、ネジ溝 1 3 1 a に案内されつつベース部 1 2 9 へと送られる。

[0034] ベース部 1 2 9 は、ターボ分子ポンプ 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 2 9 はターボ分子ポンプ 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。

[0035] かかる構成において、回転翼 1 0 2 がロータ軸 1 1 3 と共にモータ 1 2 1 により回転駆動されると、回転翼 1 0 2 と固定翼 1 2 3 の作用により、吸気口 1 0 1 を通じて真空チャンバから排気ガスが吸気される。吸気口 1 0 1 から吸気された排気ガスは、回転翼 1 0 2 と固定翼 1 2 3 の間を通り、ベース部 1 2 9 へ移送される。このとき、排気ガスが回転翼 1 0 2 に接触する際に生ずる摩擦熱や、モータ 1 2 1 で発生した熱の伝導などにより、回転翼 1 0 2 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 1 2 3 側に伝達される。

- [0036] 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。
- [0037] なお、上記では、ネジ付きスペーサ１３１は回転体１０３の円筒部１０２ｄの外周に配設し、ネジ付きスペーサ１３１の内周面にネジ溝１３１ａが刻設されているとして説明した。しかしながら、これとは逆に円筒部１０２ｄの外周面にネジ溝が刻設され、その周囲に円筒状の内周面を有するスペーサが配置される場合もある。
- [0038] また、ターボ分子ポンプ１００の用途によっては、吸気口１０１から吸引されたガスが上側径方向電磁石１０４、上側径方向センサ１０７、モータ１２１、下側径方向電磁石１０５、下側径方向センサ１０８、軸方向電磁石１０６Ａ、１０６Ｂ、軸方向センサ１０９などで構成される電装部に侵入することのないよう、電装部は周囲をステータコラム１２２で覆われ、このステータコラム１２２内はパージガスにて所定圧に保たれる場合もある。
- [0039] この場合には、ベース部１２９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１２０とロータ軸１１３間、モータ１２１のロータとステータ間、ステータコラム１２２と回転翼１０２の内周側円筒部の間の隙間を通じて排気口１３３へ送出される（図１のパージガス流路ＦＬ参照）。
- [0040] ここに、ターボ分子ポンプ１００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、上記ターボ分子ポンプ１００は、その本体内に電子回路部１４１を備えている。電子回路部１４１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１４３等から構成される。この電子回路部１４１は、ターボ分子ポンプ１００の下部を構成するベース部１２９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收容され、気密性の底蓋１４５によって閉じられている。

- [0041] ところで、半導体の製造工程では、真空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。ターボ分子ポンプ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133で最も高い。プロセスガスが吸気口101から排気口133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、ターボ分子ポンプ100内部に付着して堆積する。
- [0042] 例えば、A1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、ターボ分子ポンプ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、ターボ分子ポンプ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、ターボ分子ポンプ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、排気口付近やネジ付きスペーサ131付近の圧力が高い部分で凝固、付着し易い状況にあった。
- [0043] そのため、この問題を解決するために、従来はベース部129等の外周に図示しないヒータや環状の水冷管149を巻着させ、かつ例えばベース部129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ベース部129の温度を一定の高い温度（設定温度）に保つようにヒータの加熱や水冷管149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。
- [0044] 次に、このように構成されるターボ分子ポンプ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について説明する。このアンプ回路の回路図を図2に示す。
- [0045] 図2において、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。

[0046] 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。

[0047] 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。

[0048] 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。

[0049] さらに、アンプ制御回路191は、例えば、制御装置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。

- [0050] 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。
- [0051] なお、回転体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）。
- [0052] 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offにすると、電磁石電流 i_L が減少する。
- [0053] また、トランジスタ161、162の一方をonにし他方をoff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、ターボ分子ポンプ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。
- [0054] 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3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on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。

[0055] 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4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off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。

[0056] 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on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。

[0057] 次に、上記したターボ分子ポンプ100の帯電防止構造について説明する。例えば半導体の製造工程において、真空チャンバ内でプラズマが発生すると、このプラズマがターボ分子ポンプ100に侵入する。ターボ分子ポンプ100の回転体103は磁気軸受により浮上しているため、放電が出来難く、プラズマにより回転体103に電荷が帯電し易い。回転体103に帯電した電荷は放電する必要があるが、例えば、回転体の103の排気ガス流路に面した表面から放電を起した場合、放電時に回転体103の表面にパーティクルが付着していると、そのパーティクルがガス中に飛散して、パーティクルの逆流が発生し、真空チャンバ内のコンタミネーションの原因となる。そこで、本実施形態では、真空チャンバ内のコンタミネーションを防止するため、ターボ分子ポンプ100内の所定の位置P1、P2、P3に放電手段としての突起部10、20、30を設けている。以下、図1、図5～図7を参照して詳しく説明する。

[0058] 図1、図5(a)、(b)に示すように、本実施形態では、回転体103の裏面のうちステータコラム122の上端面122aと対向する面に形成さ

れた位置P 1（第1位置）に、複数（本実施形態では3つ）の突起部10が設けられている。複数の突起部10は、ロータ軸113の軸心を中心に同一半径R 1上に配置され、かつ互いにロータ軸113の軸心に対して回転方向に120度ずつ間隔を空けて設けられている。なお、突起部10の数は3つに限定されない。突起部10が2つの場合は、2つの突起部10の位置関係は、ロータ軸113の軸心に対して点対称となる。

[0059] 突起部10の詳細を図5（a）、（b）に示す。図5（a）、（b）に示すように、突起部10は、円柱状の本体部11と、本体部11と同軸上に設けられた円錐状の先端部12とを有する。なお、先端部12は尖頭形状であれば良く、円錐状に限定されない。本体部11の側面にはネジ部11aが形成されており、このネジ部11aを回転体103の裏面に設けられたネジ穴40に螺合することで、突起部10が回転体103に固定される。

[0060] 突起部10には、中心軸と平行に本体部11および先端部12を貫通するガス抜き穴11bが形成されている。ネジ部11aとネジ穴40との間からパージガスが入り込んだ場合には、パージガスはこのガス抜き穴11bから排出される。

[0061] ここで、図5（a）に示すように、回転体103が磁気浮上している状態において、突起部10の先端部12とステータコラム122の上端面122aとの間には隙間が形成されている。さらに、図5（b）に示すように、回転体103が磁気浮上していない状態においても、突起部10の先端部12とステータコラム122の上端面122aとの間には隙間が形成されている。即ち、突起部10の高さは、回転体103が磁気浮上していない状態であっても、ステータコラム122の上端面122aと接触しない寸法に設定されている。

[0062] また、図1、図6（a）、（b）に示すように、回転体103の下部を構成する円筒部102dの底面に形成された位置P 2（第2位置）に複数（本実施形態では3つ）の突起部20が設けられている。複数の突起部20は、ロータ軸113の軸心を中心に同一半径R 2上に配置され、かつ互いにロー

タ軸 1 1 3 の軸心に対して回転方向に 1 2 0 度ずつ間隔を空けて設けられている。

[0063] 突起部 2 0 の詳細を図 6 (a), (b) に示す。図 6 (a), (b) に示すように、突起部 2 0 は、円柱状の本体部 2 1 と、本体部 2 1 と同軸上に設けられた円錐状の先端部 2 2 とを有する。なお、先端部 2 2 は尖頭形状であれば良く、円錐状に限定されない。本体部 2 1 の側面にはネジ部 2 1 a が形成されており、このネジ部 2 1 a を回転体 1 0 3 の円筒部 1 0 2 d の底面に設けられたネジ穴 4 1 に螺合することで、突起部 2 0 が円筒部 1 0 2 d に固定される。

[0064] 突起部 2 0 には、中心軸と平行に本体部 2 1 および先端部 2 2 を貫通するガス抜き穴 2 1 b が形成されている。ネジ部 2 1 a とネジ穴 4 1 との間からパージガスが入り込んだ場合には、パージガスはこのガス抜き穴 2 1 b から排出される。

[0065] ここで、図 6 (a) に示すように、回転体 1 0 3 が磁気浮上している状態において、突起部 2 0 の先端部 2 2 とベース部 1 2 9 との間には隙間が形成されている。さらに、図 6 (b) に示すように、回転体 1 0 3 が磁気浮上していない状態においても、突起部 2 0 の先端部 2 2 とベース部 1 2 9 との間には隙間が形成されている。即ち、突起部 2 0 の高さは、回転体 1 0 3 が磁気浮上していない状態であっても、ベース部 1 2 9 と接触しない寸法に設定されている。

[0066] なお、本実施形態では、部品共通化のため突起部 1 0 と突起部 2 0 とは同じ形状にしているが、両者の形状は互いに異なっても良い。

[0067] また、図 1, 図 7 に示すように、多段の回転翼 1 0 2 a, b, c . . . のうち最下段にある回転翼 1 0 2 の表面（上面または下面）に形成された位置 P 3（第 3 位置）に複数（本実施形態では 3 つ）の突起部 3 0 が設けられている。1 つの回転翼 1 0 2 に 1 つの突起部 3 0 が設けられており、3 つの突起部 3 0 は、ロータ軸 1 1 3 の軸心を中心に同一半径 R 3 上に配置され、かつ互いにロータ軸 1 1 3 の軸心に対して回転方向に 1 2 0 度ずつ間隔を空け

て配置されている。

[0068] 突起部30の詳細を図7に示す。突起部30は、回転翼102の表面の一部を切り欠いて形成されている。具体的には、回転翼102の表面に2つの凹部31が形成され、これら2つの凹部31の間に尖頭形状の先端部32が形成されている。なお、本実施形態では、先端部32の高さは回転翼102の表面と同じであるが、回転翼102の位置P3の部分を予め盛り上げておき、盛り上げた部分に2つの凹部31を設けることで、先端部32を回転翼102の表面から若干突出するように構成しても良い。

[0069] なお、先端部32の位置は、図7のような回転翼102の中間位置（半径R3）に限定されず、回転翼102の付け根位置や先端位置であっても良い。

[0070] （作用・効果）

以上のように構成されたターボ分子ポンプ100によれば、次の作用・効果を奏する。

[0071] 回転体103に帯電した電荷は、突起部10からステータコラム122に向けて放電される。突起部10から放電された電荷は、ステータコラム122、ベース部（外装体）129を順に流れて接地ラインGL（図1参照）に逃げる。一方、突起部20からベース部129に向けて放電された電荷は、そのまま接地ラインGLに逃げる。また、突起部30から固定翼123に向けて放電された電荷は、固定翼123、固定翼スペーサ125、外筒（外装体）127、ベース部129の順に流れて接地ラインGLに逃げる。このように、本実施形態では、回転体103に帯電した電荷を、突起部10、20、30から放電して、確実に接地ラインGLに逃がすことができる。

[0072] ここで、突起部10にパーティクルが付着していると、放電時にパーティクルが飛散する場合が考えられるが、本実施形態では、突起部10の設けられている位置P1が回転体103の裏面側であるため、パーティクルが排気ガス中に混入して逆流することがない。その結果、真空チャンバ内のコンタミネーションが生じる心配がない。

- [0073] また、突起部10が設けられている位置P1は、パージガス流路FL内であるため、万一、パーティクルが飛散しても、パーティクルはパージガスと共にパージガス流路FLを流れて、排気口133から排出される。そのため、真空チャンバ内のコンタミネーションを防止できる。
- [0074] 突起部20についても、回転体103の円筒部102dの底面に形成された位置P2に設けられており、その位置P2はパージガス流路FLの出口近傍であるため、放電時に突起部20に付着したパーティクルはパージガスと共に排気口133から排出される。そのため、真空チャンバ内のコンタミネーションを防止できる。
- [0075] 突起部30は、排気ガスの流路上に設けられているが、排気ガスの流れの下流側であって、回転翼102の最下段に設けられているため、万一、放電時に突起部30に付着したパーティクルが排気ガス中に飛散したとしても、真空チャンバへの逆流に対し回転翼102や固定翼123が障害となる為、真空チャンバ内のコンタミネーションによる悪影響を最小限に抑えることができる。
- [0076] また、突起部10、20、30が尖頭形状であるため、放電の効果は高い。しかも、突起部10の高さは、回転体103が磁気浮上していない状態でもステータコラム122の上端面122aに接触しない寸法に設定されているため、突起部10の先端部12が摩耗や損傷することがなく、形状変化が起こり難い。よって、放電効果の低下が防止される。突起部20の先端部もベース部129に常時接触していないので、突起部10と同様に放電効果の低下が防止される。突起部30も回転体103の磁気浮上時においても固定翼123に接触しないので、突起部10、20と同様に放電効果の低下が防止される。
- [0077] また、複数の突起部10は、ロータ軸113の軸心から同一半径R1上に配置され、かつ互いにロータ軸113の軸心に対して回転方向に等間隔で配置されているため、回転体103の回転バランスが崩れることがない。突起部20、30についても同様の作用効果を奏し得る。

[0078] なお、突起部 10, 20, 30 を必ずしも全て設ける必要はなく、これらのうち少なくとも何れかが設けられていれば良いが、なるべく放電が起こり易い位置に設けるのが好ましい。ここで、位置 P1の方が位置 P2よりパーティガスの流れの上流側に位置するため圧力が高く、放電が起こり易い。そのため、突起部の数を少なくしたい場合には、回転体 103 のステータコラム 122 の上端面 122a と対向する裏面側の位置 P1 に、少なくとも突起部 10 を設けると良い。

[0079] なお、本発明は上記した実施形態に限定されず、本発明の要旨を逸脱しない範囲で種々の変形が可能であり、特許請求の範囲に記載された技術思想に含まれる技術的事項の全てが本発明の対象となる。前記実施形態は、好適な例を示したものであるが、当業者ならば、本明細書に開示の内容から、各種の代替例、修正例、変形例あるいは改良例を実現することができ、これらは添付の特許請求の範囲に記載された技術的範囲に含まれる。

符号の説明

- [0080] 10, 20 突起部
11, 21 本体部
11a, 21a ネジ部
12, 22 先端部
30 突起部
31 凹部
32 先端部
40 ネジ穴
100 ターボ分子ポンプ（真空ポンプ）
101 吸気口
102 (102a、102b、102c・・・) 回転翼
102d 円筒部
103 回転体
104 上側径方向電磁石（磁気軸受）

- 1 0 5 下側径方向電磁石（磁気軸受）
- 1 0 6 A, 1 0 6 B 軸方向電磁石（磁気軸受）
- 1 1 3 ロータ軸
- 1 2 2 ステータコラム
- 1 2 2 a ステータコラムの上端面
- 1 2 3 (1 2 3 a、1 2 3 b、1 2 3 c . . .) 固定翼
- 1 2 5 (1 2 5 a、1 2 5 b、1 2 5 c . . .) 固定翼スペーサ
- 1 2 7 外筒（外装体）
- 1 2 9 ベース部（外装体）
- 1 3 1 ネジ付きスペーサ
- 1 3 1 a ネジ溝
- 1 3 3 排気口
- F L パージガス流路
- G L 接地ライン
- P 1 第 1 位置
- P 2 第 2 位置
- P 3 第 3 位置