

【公報種別】特許法第 17 条の 2 の規定による補正の掲載  
 【部門区分】第 5 部門第 1 区分  
 【発行日】平成23年1月6日 (2011.1.6)

【公開番号】特開2010-127157(P2010-127157A)  
 【公開日】平成22年6月10日 (2010.6.10)  
 【年通号数】公開・登録公報2010-023  
 【出願番号】特願2008-301737(P2008-301737)  
 【国際特許分類】

F 0 4 C 29/00 (2006.01)

F 0 4 C 23/00 (2006.01)

F 0 4 C 25/02 (2006.01)

【F I】

F 0 4 C 29/00 F

F 0 4 C 23/00 E

F 0 4 C 25/02 M

【手続補正書】

【提出日】平成22年11月16日 (2010.11.16)

【手続補正 1】

【補正対象書類名】特許請求の範囲

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正の内容】

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

外気圧側に配置されるメインポンプと、  
 真空側に配置されて前記メインポンプに直列に接続されるブースターポンプとを備え、  
 少なくとも前記メインポンプは、一対の平行に配置されたスクリーロータと、これら  
 一対のスクリーロータを収納するケーシングと、前記一対のスクリーロータと一体に  
 回転する一対のロータとを有し、前記一対のスクリーロータの回転軸を上下方向に向け  
 て縦置きに設置すると共に、前記ケーシングに設けた吸気口を排気口よりも上方に位置し  
 、さらに前記回転軸のスラスト軸受を回転軸上部の吸気側に設置したことを特徴とする真  
 空ポンプユニット。

【請求項 2】

請求項 1 記載の真空ポンプユニットにおいて、

前記ロータはマグネットロータであることを特徴とする真空ポンプユニット。

【請求項 3】

請求項 1 又は 2 に記載の真空ポンプユニットにおいて、

前記スラスト軸受は、セラミックボール軸受であることを特徴とする真空ポンプユニッ  
 ト。

【手続補正 2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正の内容】

【発明の詳細な説明】

【発明の名称】真空ポンプユニット

【技術分野】

【0 0 0 1】

本発明は、真空到達圧力が1 Pa程度の真空ポンプユニットに関するものである。

【背景技術】

【0002】

スパッタリング装置、ヘリウムリークディテクター、SEM等の分析装置等の用途に、真空到達圧力が1 Pa程度の排気能力を持つ真空ポンプが用いられている。またターボ分子ポンプ等の高真空ポンプの粗引き用の真空ポンプとして、また、真空乾燥・真空貼り合わせ装置等のように水蒸気等のガスを吸引する目的にも上記排気能力を持つ真空ポンプが用いられている。

【0003】

この種の真空ポンプの中で、半導体製造用途等で使用される比較的排気速度の大きい(1000 L/min以上)真空ポンプとして、従来から多段ルーツ型やスクリー型等の2軸容積移送式ドライ真空ポンプが使用されている。また、到達真空圧力が1 Pa以下の真空排気性能と、さらに大きな排気速度を得るために、メインポンプとブースターポンプの2台のポンプを直列に配管接続して、1つの真空ポンプユニットを構成しているものもある。2軸容積移送式ドライ真空ポンプは、油回転ポンプのようにガス通路に油を使用していないので油汚染が無く、またスクロール型ドライ真空ポンプのようにチップシールを用いずに非接触動作が可能なので、チップシールの摩耗によるパーティクルの発生などもなく、半導体製造などに用いて好適である。

【0004】

特許文献1には、この種のスクリー型の2軸容積移送式ドライ真空ポンプユニットが開示されている。このドライ真空ポンプユニットは、外気圧側に配置されるメインポンプ(真空ポンプ)と、真空側に配置されるブースターポンプ(真空ポンプ)とを備え、ブースターポンプとメインポンプとを直列に接続して構成されている。メインポンプとブースターポンプは、それぞれ1対のスクリー型ポンプロータと、これら1対のスクリー型ポンプロータを収納するケーシングと、前記1対のスクリー型ポンプロータと一体に回転する1対のマグネットロータとを備えている。このドライ真空ポンプによれば、小型・コンパクト化が図れ、十分な到達真空度が得られ、低消費電力で、油やチップシールなどによる汚染の問題がなく、短時間で大気圧からの排気が可能になる。

【0005】

しかしながら特許文献1に示すドライ真空ポンプは、小型化のため、そのスクリー型ポンプロータを高速で回転する必要があるが、そうすると、スラスト荷重が大きくなり、このスラスト荷重を受けるスラスト軸受(ベアリング)の負荷が増加し、同時に温度も高温となり、信頼性の確保ができなくなるという問題点があった。

【特許文献1】特開2007-231935号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

本発明は上述の点に鑑みてなされたものでありその目的は、スクリーロータの回転が高速化しても、それらのスラスト軸受の信頼性を十分確保することができる真空ポンプユニットを提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0007】

本願請求項1に記載の発明は、外気圧側に配置されるメインポンプと、真空側に配置されて前記メインポンプに直列に接続されるブースターポンプとを備え、少なくとも前記メインポンプは、1対の平行に配置されたスクリーロータと、これら1対のスクリーロータを収納するケーシングと、前記1対のスクリーロータと一体に回転する1対のロータとを有し、前記1対のスクリーロータの回転軸を上下方向に向けて縦置きに設置すると共に、前記ケーシングに設けた吸気口を排気口よりも上方に位置し、さらに前記回転軸のスラスト軸受を回転軸上部の吸気側に設置したことを特徴とする真空ポンプユニットにある。

## 【 0 0 0 8 】

本願請求項 2 に記載の発明は、請求項 1 記載の真空ポンプユニットにおいて、前記ロータはマグネットロータであることを特徴とする真空ポンプユニットにある。

## 【 0 0 0 9 】

本願請求項 3 に記載の発明は、請求項 1 又は 2 に記載の真空ポンプユニットにおいて、前記スラスト軸受は、セラミックボール軸受であることを特徴とする真空ポンプユニットにある。

## 【 発明の効果 】

## 【 0 0 1 0 】

請求項 1 又は 2 に記載の発明によれば、メインポンプのケーシングの吸気口を排気口よりも上方に位置するようにメインポンプを縦置きに設置したので、一對のスクリーロータに加わるスラスト荷重は上向きとなり、スクリーロータの自重（下向き）との間で相殺でき、スラスト荷重を低減できる。同時に回転軸のスラスト軸受を、圧縮熱が発生しない比較的低温の吸気側に設置したので、スラスト軸受の高温化も防止できる。そしてこれらの相乗効果によってたとえスクリーロータが高速回転しても、それらのスラスト軸受の信頼性を十分確保することができる。

## 【 0 0 1 1 】

請求項 3 に記載の発明によれば、スラスト軸受として耐熱性に優れ、高速回転に適したセラミックボール軸受を用いたので、さらなるスラスト軸受の信頼性の向上を図ることができる。

## 【 発明を実施するための最良の形態 】

## 【 0 0 1 2 】

以下、本発明の実施形態をドライ真空ポンプユニットを例に説明する。図 1 は本発明の一実施形態にかかるドライ真空ポンプユニット 1 の概略側面図、図 2 はドライ真空ポンプユニット 1 の模式図である。図 1 に示すようにドライ真空ポンプユニット 1 は、メインポンプ 15 とブースターポンプ 16 とをポンプ設置台 60 に取り付け、ドライ真空ポンプユニット 1 を駆動する電装機器 17 と前記ポンプ設置台 60 とを放熱板 21 上に載置して固定し、上記各部材を覆うように外装ケース 29 を取り付けて構成されている。

## 【 0 0 1 3 】

メインポンプ 15 とブースターポンプ 16 は、同一構造のポンプであり、両者は直列に接続されている。ただし、メインポンプ 15 およびブースターポンプ 16 は必ずしも同一構造でなくてもよい。2 台のポンプ 15, 16 は、それぞれ圧縮工程の無い、容積移送式の 2 軸スクリーポンプであり、タイミングギヤを用いず、非接触のマグネットカップリングを用いて、2 軸のポンプロータを同期反転させ、気体を移送する真空ポンプである。真空ポンプ 15, 16 を駆動するモータ 15m, 16m は、モータロータに永久磁石を配したブラシレス DC モータであり、それぞれのモータ 15m, 16m が電装機器 17 中の可変速のモータドライバにより駆動される。メインポンプ 15 とブースターポンプ 16（モータ 15m, 16m の部分を含む）の外周側面にはそれぞれフィン 15f、16f が取り付けられている。

## 【 0 0 1 4 】

電装機器 17 はドライ真空ポンプユニット 1 を電氣的に制御してこれを駆動するものであり、その内部に設置されるモータドライバは、メインポンプ 15 用のモータドライバと、ブースターポンプ 16 用のモータドライバとがあり、それぞれがメインポンプ 15 およびブースターポンプ 16 を独立に回転駆動する。両モータドライバは、共通の直流電源（AC / DC コンバータ）から、例えば 48V の直流電力が供給され、それぞれのモータドライバで直流電力が PWM によって矩形パルス波形に変換され、それぞれの真空ポンプ 15, 16 の駆動巻線に供給される。そして例えば、外気圧側の真空ポンプ（メインポンプ）15 の回転速度を 13000rpm 程度とし、真空側の真空ポンプ（ブースターポンプ）16 の回転速度を 15000 ~ 21000rpm とし、ブースターポンプ 16 の回転速度をメインポンプ 15 の回転速度よりも高くする。このように真空ポンプ 15, 16 を高

速で回転させることにより、小型でありながらも、1 Pa 以下の到達真空圧力が得られる。ここで「外気圧」とは、真空ポンプユニット1の周囲雰囲気圧の圧力を意味し、より詳しくは、真空ポンプユニット1に連通する排気側空間の圧力である。到達圧力時電力は240～300W程度であるので、低消費電力であり、普通の単相交流電源でドライ真空ポンプユニット1の電力を十分に供給することができる。このため、このドライ真空ポンプユニット1を、可搬型の真空ポンプとして、単相交流電源が利用可能な場所なら、どこでも使用することができる。

#### 【0015】

メインポンプ15とブースターポンプ16とは、同一構造のポンプであるが、ブースターポンプ16をメインポンプ15よりも高速で運転することにより、この種の真空ポンプの1台運転では到底得られない、真空容器側で1 Pa 程度以下（この実施形態では0.5 Pa）の到達真空度が得られる。

#### 【0016】

ポンプ設置台60は、熱伝導性の良い材料（この実施形態ではアルミニウム）からなる単一の部材で形成され、略水平に設置される略平板状の上板部60aと、上板部60aの下面に取り付けられる支柱部60bとを一体に形成して構成されている。上板部60aの上面は略水平となっており、前記ブースターポンプ16が取り付けられる。支柱部60bの側面は前記上面から略垂下する面となっており、その1側面（空気排出口29b側を向く面）に前記メインポンプ15が取り付けられる。ポンプ設置台60の内部には、ブースターポンプ16の排気口16bとメインポンプ15の吸気口15aの間を連通する連通路61と、メインポンプ15の排気口15bと下記する逆止弁32（図2参照）の間を連通する排気通路63と、前記連通路61と排気管39間をメインポンプ15をバイパスして連結するための圧力開放通路62とが設けられている。圧力開放通路62はさらに圧力開放弁（逆止弁）31と配管47を介して外気に連通する排気管39に接続されている。従って、メインポンプ15とブースターポンプ16間の連通路61内の圧力が高いときには、圧力開放弁（逆止弁）31が開き、排気管39を介して外気と連通される。ここで、圧力開放弁（逆止弁）31は、パネで与圧された弁体がO-リング（ゴムリング）等の弾性体を押圧して流路をシールする構造を有し、連通路61内の圧力が外気圧よりも高くなった場合にのみ、開くようになっている。なおポンプ設置台60の材質は、チタン、ステンレス鋼などの他の材質であってもよい。

#### 【0017】

これにより、吸込管34が接続された排気対象の真空容器を外気圧から排気する時に、ブースターポンプ16の排気速度がメインポンプ15の排気速度より大きいいため、ブースターポンプ16とメインポンプ15を接続する連通路61内の気体が過圧縮となるが、この過圧縮気体を圧力開放弁（逆止弁）31により外気中に逃がすことができる。従って、圧力開放弁（逆止弁）31は、気体の過圧縮を防止し、安全であると同時に、真空容器が外気圧時（吸気側圧力が外気圧に等しい時）の排気に要する動力増大を防止することができる。また、ブースターポンプ16の排気速度をそのままに維持しつつ、メインポンプ15の運転を継続することができ、起動時の排気流量の低下を防止し、短時間で所望の真空度に到達できる。

#### 【0018】

すなわち、圧力開放弁（逆止弁）31が無い場合には、気体の過圧縮を避けるため、まずメインポンプで排気し、ある程度真空状態となってからブースターポンプを起動するか、ブースターポンプを予め低い回転速度で運転しつつメインポンプを起動していた。この場合には、起動時の排気速度が主としてメインポンプで決まってくるため、排気流量が低く、所定真空度に到達するのにある程度の時間を要するという課題があった。圧力開放弁31を設けることで、高い排気速度のブースターポンプで外気圧の気体を直接排気することができ、短時間で所要真空度に到達することが可能となる。

#### 【0019】

ここで、圧力開放弁31の動作条件として、その上流側と下流側との間に差圧が生じる

と、即座に弁が閉じ、差圧が無くなると、即座に弁が開く。このため、吸気側が外気圧から真空圧となった時に素早く弁が閉じ、排気時間のロスが無い。また、定常運転時には、圧力開放弁 3 1 は常に閉じた状態にあるので、ブースターポンプ 1 6 の排気音が外部に漏れることがない。

#### 【 0 0 2 0 】

一方、メインポンプ 1 5 の排気口 1 5 b に接続される排気通路 6 3 に取り付けられた圧力開放弁 3 2 ( 図 2 参照。図 1 では圧力開放弁 3 1 の奥側に位置するので図示せず ) も、スプリングで与圧された弁体が O - リング ( ゴムリング ) を押圧する構造を有している。これにより、真空容器内が真空となった定常運転状態の時に、圧力開放弁 3 2 が殆ど閉じた状態となり、メインポンプ 1 5 の排気音が外部に漏れることを遮断できる。また、メインポンプ 1 5 が何らかの異常で運転を停止した時にも、圧力開放弁 3 2 が閉じた状態であるので、真空状態が破壊されることを防止できる。

#### 【 0 0 2 1 】

放熱板 2 1 は略矩形平板状に形成されており、放熱板 2 1 の下面側には放熱板冷却用の空気を通す空気流通部 2 3 が形成されている。空気流通部 2 3 の前方の端部 ( 電装機器 1 7 の前方側の端部 ) は外装ケース 2 9 の前面の下部近傍に露出していてその開口は空気を導入する空気導入口 ( 以下「第 2 空気導入口」という ) 2 3 a となっている。空気流通部 2 3 の後方の端部はメインポンプ 1 5 の下部で開口する空気導出口 2 3 b となっている。放熱板 2 1 の上面には前記ポンプ設置台 6 0 の支柱部 6 0 b の下面と電装機器 1 7 の下面とが固定されている。外装ケース 2 9 は、箱型であり、その前面 ( 第 2 空気導入口 2 3 a が位置している側の面 ) の上部近傍に空気導入口 ( 以下「第 1 空気導入口」という ) 2 9 a が設けられ、また外装ケース 2 9 の後面の上部近傍には空気排出口 2 9 b が設けられている。外装ケース 2 9 内の空気排出口 2 9 b に対向する位置には冷却ファン 4 0 が設置されている。冷却ファン 4 0 は前記第 1 , 第 2 空気導入口 2 9 a , 2 3 a から導入されて内部の機器を冷却した空気を強制的に空気排出口 2 9 b から外部に排出させるものである。

#### 【 0 0 2 2 】

図 3 はメインポンプ 1 5 の概略縦断面図、図 4 は図 3 の I V - I V 矢視断面図、図 5 はメインポンプ 1 5 とブースターポンプ 1 6 とポンプ設置台 6 0 の概略縦断面図である。これらの図に示すように、メインポンプ 1 5 は、タイミングギヤを用いず、1 組の非接触のマグネットカップリングを用いて、1 対のスクリーロータを同期反転させ、気体を移送する真空ポンプであり、容積移送式の 2 軸スクリーポンプである。また図 5 に示すように、メインポンプ 1 5 は縦置き、ブースターポンプ 1 6 は横置きに設置されている。本実施形態では、メインポンプ 1 5 とブースターポンプ 1 6 とは同一の構成を有しているので、以下ではメインポンプ 1 5 についてのみ説明する。

#### 【 0 0 2 3 】

図 3 , 図 4 に示すように、ケーシング 5 0 の内部には、2 本の回転軸 5 1 a , 5 1 b が平行に配置され、それぞれの回転軸 5 1 a , 5 1 b は上下部分がそれぞれスラスト及びラジアル軸受 5 3 - 1 と、ラジアル軸受 5 3 - 2 とによって支承されている。回転軸 5 1 a , 5 1 b の上部を支承するスラスト・ラジアル軸受 5 3 - 1 としては耐熱性に優れ、高速回転に適したセラミックボール軸受が使用されている。一方回転軸 5 1 a , 5 1 b の下部を支承するラジアル軸受 5 3 - 2 としては同様のセラミックボール軸受を使用してもよいし、それ以外の材質のものを使用してもよい。スラスト・ラジアル軸受 5 3 - 1 は、ケーシング 5 0 に対してスラスト方向 ( 軸方向 ) 及びラジアル方向 ( 回転方向 ) の両方向に対して固定されており、ラジアル軸受 5 3 - 2 はラジアル方向に対してのみ固定されていてスラスト方向には固定されていない。すなわち回転軸 5 1 a , 5 1 b の軸方向への伸縮は、ラジアル軸受 5 3 - 2 が軸方向に移動 ( 上下動 ) することで対応している。

#### 【 0 0 2 4 】

回転軸 5 1 a には右ねじのスクリーロータ ( ポンプロータ ) 5 2 a が、また回転軸 5 1 b には左ねじのスクリーロータ ( ポンプロータ ) 5 2 b がそれぞれ固定されている。スクリーロータ 5 2 a , 5 2 b とケーシング 5 0 の内面との間には流体通路 5 6 が形成

され、この流体通路 5 6 の上流側端部に吸気口 1 5 a が設けられ、流体通路 5 6 の下流側端部に排気口 1 5 b が設けられている。スクリーロータ 5 2 a , 5 2 b は僅かなクリアランスを保って非接触で相互に反転し、吸気口 1 5 a から吸込まれた気体を排気口 1 5 b に移送するようになっている。すなわちメインポンプ 1 5 は一対のスクリーロータ 5 2 a , 5 2 b の回転軸 5 1 a , 5 1 b を上下方向（この実施形態では略垂直方向）に向けて縦置きに設置すると共に、ケーシング 5 0 に設けた吸気口 1 5 a を排気口 1 5 b よりも上方に位置し、さらに回転軸 5 1 a , 5 1 b のスラスト及びラジアル軸受 5 3 - 1 を回転軸 5 1 a , 5 1 b 上部の吸気側に設置している。なおスクリーロータ 5 2 a , 5 2 b として、ピッチ線上でのみ接触する軸断面形状を有する 1 対のスクリーロータを用いてもよい。

#### 【 0 0 2 5 】

回転軸 5 1 a , 5 1 b の吸気側の軸端には、それぞれ同一の構成を有する一対のマグネットロータ 5 4 , 5 4 が配置され、ブラシレス DC モータとして回転軸 5 1 a , 5 1 b を反転駆動すると共に、マグネットカップリングにより回転軸 5 1 a , 5 1 b の同期反転を確保している。図 4 に示すように、各マグネットロータ 5 4 は、磁性材のヨーク 5 4 b の外周にリング形状のマグネット 5 4 a を周設している。本実施形態では、マグネットロータ 5 4 の外周上には 6 極に着磁したマグネット 5 4 a が周設され、互いのマグネットロータ 5 4 , 5 4 の異磁極が引き合うように対向して、かつクリアランス C を保って配置されている。なお、マグネットロータ 5 4 の極数は 4 , 6 , 8 , 1 0 , 1 2 などの偶数である。

#### 【 0 0 2 6 】

スクリーロータ 5 2 a , 5 2 b は、マグネットロータ 5 4 , 5 4 のマグネットカップリング作用により、同期して反対方向に回転する。これにより、ギヤが無くても安定した 2 軸同期反転が可能なスクリーポンプが構成されている。ギヤが無いことは、潤滑油が不要であるとともに、2 軸の完全な同期機構を含めた非接触回転が可能であり、スクリーポンプの高速運転が可能なことを意味している。すなわち、タイミングギヤを用いた接触式の同期機構では、6 0 0 0 ~ 7 0 0 0 r p m の回転速度であるが、マグネットカップリングを用いることで、上述したように、1 0 0 0 0 ~ 3 0 0 0 0 r p m 程度の同期反転高速回転が安定に出来るようになり、これにより真空ポンプを小型にしても、高い到達真空度などの排気性能の向上が達成された。

#### 【 0 0 2 7 】

各マグネットロータ 5 4 の外周面の一部に近接して、鉄心 5 7 a と巻線 5 7 b とから成る三相 ( U , V , W ) のモータステータ 5 7 が配置されている。三相のモータステータ 5 7 はマグネットロータ 5 4 同士がマグネットカップリングする側とは回転軸に関して反対側に配置されている。これにより、マグネットロータ 5 4 同士が互いに吸引するマグネットカップリング力をマグネットロータ 5 4 とモータステータ鉄心 5 7 a に作用する吸引力でキャンセルすることができる。三相の巻線 5 7 b に所要の矩形パルス状波形の直流電流を供給することで、任意の回転速度で 2 本の回転軸 5 1 a , 5 1 b を同期反転駆動することができる。

#### 【 0 0 2 8 】

容積移送式スクリーポンプの場合、スクリーロータ 5 2 a , 5 2 b の回転に伴って気体は軸方向に流れる。したがって、図 3 に示すように、メインポンプ 1 5 を縦置きとし、排気口 1 5 b を吸気口 1 5 a よりも下方に配置した場合は、気体が下方に向かって送られ、その反作用として両スクリーロータ 5 2 a , 5 2 b に加わるスラスト荷重は上向きとなる。従ってこのスラスト荷重は、両スクリーロータ 5 2 a , 5 2 b の自重（下向き）との間で相殺されて低減できる。同時に回転軸 5 1 a , 5 1 b のスラスト・ラジアル軸受 5 3 - 1 を、圧縮熱が発生しない比較的低温の吸気側に設置したので、スラスト・ラジアル軸受 5 3 - 1 の高温化も防止できる。そしてこれらの相乗効果により、たとえスクリーロータ 5 2 a , 5 2 b を高速回転しても、スラスト・ラジアル軸受 5 3 - 1 に加わるスラスト荷重が軽減されると共に圧縮熱による高温化も軽減されるので、スラスト・ラジ

アル軸受 5 3 - 1 が破損したり劣化したりすることはなく、その信頼性を十分確保することができる。さらにこの実施形態においては、スラスト・ラジアル軸受 5 3 - 1 として耐熱性に優れ、高速回転に適したセラミックボール軸受を用いているので、さらにスラスト・ラジアル軸受 5 3 - 1 が破損・劣化しにくく、その信頼性の向上が図られる。

#### 【 0 0 2 9 】

一方、ブースターポンプ 1 6 の構造は、前述のように、メインポンプ 1 5 の構造と同一構造であり、相違点はブースターポンプ 1 6 を横置き（一对のスクリーロータの回転軸を略水平）に設置した点のみである。従って上記メインポンプ 1 5 のように、両スクリーロータに加わるスラスト荷重と自重とによる相殺の効果は生じない。これは以下で説明するが、ドライ真空ポンプ 1 が接続されている真空容器内が到達真空度になると、ブースターポンプ 1 6 のスラスト荷重は小さくなり、負荷の軽い状態になり、一方メインポンプ 1 5 はスラスト荷重が最大に近い定格負荷運転になり且つ圧縮熱による高温化も生じ、これらのことからメインポンプ 1 5 の方がブースターポンプ 1 6 よりもかなりスラスト荷重が大きく、また発熱する。このためこの実施形態においては、スラスト荷重と発熱の大きいメインポンプ 1 5 を上記のように縦置きに設置し、スラスト荷重と発熱の比較的小さいブースターポンプ 1 6 を横置きに設置したのである。もちろんブースターポンプ 1 6 を縦置きに設置しても良い。

#### 【 0 0 3 0 】

またメインポンプ 1 5 を縦置きとし、排気口 1 5 b を吸気口 1 5 a よりも下方に配置したので、排気口 1 5 b が流体通路 5 6 の下端に位置することになる。したがって、重力の作用により水（凝縮水など）のケーシング 5 0 への流入を防止することができ、メインポンプ 1 5 の過負荷や腐食を防止することができる。さらに、マグネットロータ 5 4 およびモータステータ 5 7 はスクリーロータ 5 2 a , 5 2 b の上方（流体通路 5 6 の上方）に位置しているので、仮に排気口 1 5 b から水が流入したとしてもこれらの部品が水と接触することがない。このように、メインポンプ 1 5 は、排気口 1 5 b が吸気口 1 5 a よりも下方に位置するように水平方向に対して角度を有する配置とし、本実施形態では、その一例として、メインポンプ 1 5 のスクリーロータ 5 2 a , 5 2 b は略垂直に配置されている。

#### 【 0 0 3 1 】

次に、上述のように構成された真空ポンプユニット 1 の運転方法について説明する。まず、外装ケース 2 9 の所定位置に設けた運転ボタンを押して電源を ON すると、ブースターポンプ 1 6 およびメインポンプ 1 5 とともにソフトスタート起動し、排気を行なう。やがてブースターポンプ 1 6 およびメインポンプ 1 5 の回転速度は、それぞれ設定された定常運転の回転速度に達し、排気を持続する。ブースターポンプ 1 6 の排気速度はメインポンプ 1 5 の排気速度よりも高いので、連通路 6 1 内の圧力が上昇し、ブースターポンプ 1 6 の負荷動力も上昇する。そして、連通路 6 1 内の圧力が真空ポンプユニット 1 の周囲の外気圧よりも大きくなると、圧力開放弁 3 1 が開き、連通路 6 1 内の圧力が開放されるとともに、ブースターポンプ 1 6 の負荷が一定となる。

#### 【 0 0 3 2 】

真空容器内の圧力が下がると、連通路 6 1 の圧力も下がるので、圧力開放弁 3 1 が閉じる。また、ブースターポンプ 1 6 の負荷も下がる。真空容器内の圧力がさらに下がり、到達真空度になると、ブースターポンプ 1 6 の吸気側と排気側との圧力差は小さい（吸排気側共に真空状態）ため、ブースターポンプ 1 6 は無負荷運転に近い状態になる。一方、メインポンプ 1 5 では、吸気側と排気側との圧力差は大きい（吸気側は真空であり、排気側は外気圧）ため、メインポンプ 1 5 の負荷は定格値に近くなる。このとき、メインポンプ 1 5 が異常停止した場合でも、圧力開放弁 3 2 が瞬間的に閉じるので、真空容器内の真空が破壊されることを防止できる。このように、この真空ポンプユニット 1 の特徴として、圧力・流量等を検出せず、センサレスで始動・定常運転が可能である。

#### 【 0 0 3 3 】

一方前記電源の ON によって、冷却ファン 4 0 の運転が開始され、第 1 , 第 2 空気導入

口 2 9 a , 2 3 a から空気が導入され、導入された空気は、図 1 , 図 2 に矢印で示すように、ドライ真空ポンプユニット 1 の内部空間を横切るように流れ、これによって発熱する電装機器 1 7 とメインポンプ 1 5 とブースターポンプ 1 6 とを冷却した後、冷却ファン 4 0 を通じて外装ケース 2 9 の空気排出口 2 9 b から外部に排出される。

【 0 0 3 4 】

以上本発明の実施形態を説明したが、本発明は上記実施形態に限定されるものではなく、特許請求の範囲、及び明細書と図面に記載された技術的思想の範囲内において種々の変形が可能である。なお直接明細書及び図面に記載がない何れの形状や構造や材質であっても、本願発明の作用・効果を奏する以上、本願発明の技術的思想の範囲内である。たとえば、上記実施形態では、回転軸 5 1 a , 5 1 b の上部位置に、スラスト及びラジアル軸受 5 3 - 1 , 5 3 - 1 を取り付けただ、回転軸 5 1 a , 5 1 b の上部の別々の位置に、スラスト軸受とラジアル軸受とをそれぞれ設置してもよい。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 3 5 】

【図 1】ドライ真空ポンプユニット 1 の概略側面図である。

【図 2】ドライ真空ポンプユニット 1 の模式図である。

【図 3】メインポンプ 1 5 の概略縦断面図である。

【図 4】図 3 の I V - I V 矢視断面図である。

【図 5】メインポンプ 1 5 とブースターポンプ 1 6 とポンプ設置台 6 0 の概略縦断面図である。

【符号の説明】

【 0 0 3 6 】

- 1   ドライ真空ポンプユニット
- 1 5   メインポンプ（真空ポンプ）
- 1 5 a   吸気口
- 1 5 b   排気口
- 1 6   ブースターポンプ（真空ポンプ）
- 1 7   電装機器
- 2 1   放熱板
- 2 9   外装ケース
- 4 0   冷却ファン
- 5 0   ケーシング
- 5 1 a , 5 1 b   回転軸
- 5 2 a , 5 2 b   スクリーロータ
- 5 4   マグネットロータ
- 5 3 - 1   スラスト及びラジアル軸受（スラスト軸受）
- 5 3 - 2   ラジアル軸受
- 5 6   流体通路
- 6 0   ポンプ設置台