

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7531313号
(P7531313)

(45)発行日 令和6年8月9日(2024.8.9)

(24)登録日 令和6年8月1日(2024.8.1)

(51)国際特許分類	F I			
F 0 4 D 19/04 (2006.01)	F 0 4 D	19/04	E	
F 0 4 D 29/00 (2006.01)	F 0 4 D	19/04	D	
	F 0 4 D	19/04	H	
	F 0 4 D	29/00	B	

請求項の数 10 (全15頁)

(21)出願番号	特願2020-98534(P2020-98534)	(73)特許権者	508275939
(22)出願日	令和2年6月5日(2020.6.5)		エドワーズ株式会社
(65)公開番号	特開2021-191950(P2021-191950 A)	(74)代理人	110000442
(43)公開日	令和3年12月16日(2021.12.16)		弁理士法人武和国際特許事務所
審査請求日	令和5年5月1日(2023.5.1)	(72)発明者	高橋 克典
			千葉県八千代市吉橋1078番地1エ ドワーズ株式会社内
		審査官	大瀬 円

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 真空ポンプおよび真空ポンプの回転体

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

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第1位置に、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ための突起部が設けられることを特徴とする真空ポンプ。

【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を特徴とする真空ポンプ。

【請求項3】

請求項1または2に記載の真空ポンプにおいて、

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を特徴とする真空ポンプ。

【請求項4】

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

10

20

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、

前記回転体の下部を構成する円筒部の底面に形成された第2位置に、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ための突起部が設けられることを特徴とする真空ポンプ。

【請求項5】

請求項4に記載の真空ポンプにおいて、

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を特徴とする真空ポンプ。

10

【請求項6】

請求項4または5に記載の真空ポンプにおいて、

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を特徴とする真空ポンプ。

【請求項7】

請求項1～6の何れか1項に記載の真空ポンプにおいて、

前記突起部は尖頭形状であることを特徴とする真空ポンプ。

【請求項8】

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、

20

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、

前記突起部にはガス抜き穴が設けられていることを特徴とする真空ポンプ。

【請求項9】

請求項1～8の何れか1項に記載の真空ポンプにおいて、

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を特徴とする真空ポンプ。

30

【請求項10】

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、

前記回転体の裏面のうち前記真空ポンプの内部に立設されたステータコラムの上端面と対向する面に形成された第1位置、また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第2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真空ポンプの回転体。

40

【発明の詳細な説明】

【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

50

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】

【文献】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第1位置に、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ための突起部が設けられることを特徴とする。

【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、上記目的を達成するために、本発明の別の態様は、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、前記回転体の下部を構成する円筒部の底面に形成された第2位置に、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ための突起部が設けられることを特徴とする。

【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。

【0014】

10

20

30

40

50

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、上記目的を達成するために、本発明の別の態様は、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、前記突起部にはガス抜き穴が設けられていることを特徴とする。

10

【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、前記回転体の裏面のうち前記真空ポンプの内部に立設されたステータコラムの上端面と対向する面に形成された第1位置、また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第2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。

20

【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ブ回路の回路図である。

30

【図3】電流指令値が検出値より大きい場合におけるアンブ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ブ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】

40

【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。

50

【 0 0 2 2 】

上側径方向電磁石 1 0 4 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 1 0 4 の近接に、かつ上側径方向電磁石 1 0 4 のそれぞれに対応されて 4 個の上側径方向センサ 1 0 7 が備えられている。上側径方向センサ 1 0 7 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 1 1 3 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 1 1 3 の位置を検出する。この上側径方向センサ 1 0 7 はロータ軸 1 1 3、すなわちそれに固定された回転体 1 0 3 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。

【 0 0 2 3 】

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 1 0 7 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 1 0 4 の励磁制御指令信号を生成し、アンプ回路 1 5 0 (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 1 0 4 を励磁制御することで、ロータ軸 1 1 3 の上側の径方向位置が調整される。

【 0 0 2 4 】

そして、このロータ軸 1 1 3 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 1 0 4 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 1 0 5 及び下側径方向センサ 1 0 8 が、上側径方向電磁石 1 0 4 及び上側径方向センサ 1 0 7 と同様に配置され、ロータ軸 1 1 3 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。

【 0 0 2 5 】

さらに、軸方向電磁石 1 0 6 A、1 0 6 B が、ロータ軸 1 1 3 の下部に備えた円板状の金属ディスク 1 1 1 を上下に挟んで配置されている。金属ディスク 1 1 1 は、鉄などの高透磁率材で構成されている。ロータ軸 1 1 3 の軸方向変位を検出するために軸方向センサ 1 0 9 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。

【 0 0 2 6 】

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 1 0 9 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 1 0 6 A と軸方向電磁石 1 0 6 B のそれぞれの励磁制御指令信号を生成し、アンプ回路 1 5 0 が、これらの励磁制御指令信号に基づいて、軸方向電磁石 1 0 6 A と軸方向電磁石 1 0 6 B をそれぞれ励磁制御することで、軸方向電磁石 1 0 6 A が磁力により金属ディスク 1 1 1 を上方に吸引し、軸方向電磁石 1 0 6 B が金属ディスク 1 1 1 を下方に吸引し、ロータ軸 1 1 3 の軸方向位置が調整される。

【 0 0 2 7 】

このように、制御装置は、この軸方向電磁石 1 0 6 A、1 0 6 B が金属ディスク 1 1 1 に及ぼす磁力を適当に調節し、ロータ軸 1 1 3 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 1 0 4、下側径方向電磁石 1 0 5 及び軸方向電磁石 1 0 6 A、1 0 6 B を励磁制御するアンプ回路 1 5 0 については、後述する。

【 0 0 2 8 】

一方、モータ 1 2 1 は、ロータ軸 1 1 3 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 1 1 3 との間で作用する電磁力を介してロータ軸 1 1 3 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 1 2 1 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 1 1 3 の回転速度が検出されるようになっている。

【 0 0 2 9 】

さらに、例えば下側径方向センサ 1 0 8 近傍に、図示しない位相センサが取り付けあ

10

20

30

40

50

り、ロータ軸 1 1 3 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。

【 0 0 3 0 】

回転翼 1 0 2 (1 0 2 a、1 0 2 b、1 0 2 c . . .) とわずかの空隙を隔てて複数枚の固定翼 1 2 3 (1 2 3 a、1 2 3 b、1 2 3 c . . .) が配設されている。回転翼 1 0 2 a、1 0 2 b、1 0 2 c . . . 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 1 1 3 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。

【 0 0 3 1 】

また、固定翼 1 2 3 も、同様にロータ軸 1 1 3 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 1 2 7 の内方に向けて回転翼 1 0 2 の段と互い違いに配設されている。そして、固定翼 1 2 3 の外周端は、複数の段積みされた固定翼スペーサ 1 2 5 (1 2 5 a、1 2 5 b、1 2 5 c . . .) の間に嵌挿された状態で支持されている。

10

【 0 0 3 2 】

固定翼スペーサ 1 2 5 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 1 2 5 の外周には、わずかの空隙を隔てて外筒 1 2 7 が固定されている。外筒 1 2 7 の底部にはベース部 1 2 9 が配設されている。ベース部 1 2 9 には排気口 1 3 3 が形成され、外部に連通されている。ベース部 1 2 9 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。

20

【 0 0 3 3 】

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。

30

【 0 0 3 4 】

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。

【 0 0 3 5 】

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。

40

【 0 0 3 6 】

固定翼スペーサ 1 2 5 は、外周部で互いに接合しており、固定翼 1 2 3 が回転翼 1 0 2 から受け取った熱や排気ガスが固定翼 1 2 3 に接触する際に生ずる摩擦熱などを外部へと

50

伝達する。

【 0 0 3 7 】

なお、上記では、ネジ付きスペーサ 1 3 1 は回転体 1 0 3 の円筒部 1 0 2 d の外周に配設し、ネジ付きスペーサ 1 3 1 の内周面にネジ溝 1 3 1 a 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 1 0 2 d 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。

【 0 0 3 8 】

また、ターボ分子ポンプ 1 0 0 の用途によっては、吸気口 1 0 1 から吸引されたガスが上側径方向電磁石 1 0 4、上側径方向センサ 1 0 7、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 0 8、軸方向電磁石 1 0 6 A、1 0 6 B、軸方向センサ 1 0 9 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 1 2 2 で覆われ、このステータコラム 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。

10

【 0 0 3 9 】

この場合には、ベース部 1 2 9 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 とロータ軸 1 1 3 間、モータ 1 2 1 のロータとステータ間、ステータコラム 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 3 へ送出される（図 1 のパージガス流路 F L 参照）。

【 0 0 4 0 】

ここに、ターボ分子ポンプ 1 0 0 は、機種の特特定と、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 1 0 0 は、その本体内に電子回路部 1 4 1 を備えている。電子回路部 1 4 1 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 1 4 3 等から構成される。この電子回路部 1 4 1 は、ターボ分子ポンプ 1 0 0 の下部を構成するベース部 1 2 9 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 1 4 5 によって閉じられている。

20

【 0 0 4 1 】

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 1 0 0 内部では、排気ガスの圧力は、吸気口 1 0 1 で最も低く排気口 1 3 3 で最も高い。プロセスガスが吸気口 1 0 1 から排気口 1 3 3 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 1 0 0 内部に付着して堆積する。

30

【 0 0 4 2 】

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 []）のとき、固体生成物（例えばAlCl₃）が析出し、ターボ分子ポンプ 1 0 0 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 1 0 0 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 1 0 0 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 1 3 1 付近の圧力が高い部分で凝固、付着し易い状況にあった。

40

【 0 0 4 3 】

そのため、この問題を解決するために、従来はベース部 1 2 9 等の外周に図示しないヒータや環状の水冷管 1 4 9 を巻着させ、かつ例えばベース部 1 2 9 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 1 2 9 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 1 4 9 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。

【 0 0 4 4 】

50

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。

10

20

30

40

50

【 0 0 5 3 】

また、トランジスタ 1 6 1、1 6 2 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 1 5 0 にフライホイール電流を流すことで、アンプ回路 1 5 0 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 1 6 1、1 6 2 を制御することにより、ターボ分子ポンプ 1 0 0 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 1 8 1 で測定することで電磁石巻線 1 5 1 を流れる電磁石電流 i_L が検出可能となる。

【 0 0 5 4 】

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 1 6 1、1 6 2 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 1 7 1 a から負極 1 7 1 b へ、トランジスタ 1 6 1、1 6 2 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。

10

【 0 0 5 5 】

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 1 6 1、1 6 2 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 1 7 1 b から正極 1 7 1 a へ、ダイオード 1 6 5、1 6 6 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。

20

【 0 0 5 6 】

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 1 6 1、1 6 2 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 1 5 0 にフライホイール電流が保持される。

【 0 0 5 7 】

次に、上記したターボ分子ポンプ 1 0 0 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 1 0 0 に侵入する。ターボ分子ポンプ 1 0 0 の回転体 1 0 3 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 1 0 3 に電荷が帯電し易い。回転体 1 0 3 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 1 0 3 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 1 0 3 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 1 0 0 内の所定の位置 P 1、P 2、P 3 に放電手段としての突起部 1 0、2 0、3 0 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。

30

【 0 0 5 8 】

図 1、図 5 (a)、(b) に示すように、本実施形態では、回転体 1 0 3 の裏面のうちステータコラム 1 2 2 の上端面 1 2 2 a 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 1 0 が設けられている。複数の突起部 1 0 は、ロータ軸 1 1 3 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 1 1 3 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 1 0 の数は 3 つに限定されない。突起部 1 0 が 2 つの場合は、2 つの突起部 1 0 の位置関係は、ロータ軸 1 1 3 の軸心に対して点对称となる。

40

【 0 0 5 9 】

突起部 1 0 の詳細を図 5 (a)、(b) に示す。図 5 (a)、(b) に示すように、突起部 1 0 は、円柱状の本体部 1 1 と、本体部 1 1 と同軸上に設けられた円錐状の先端部 1 2 とを有する。なお、先端部 1 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 1 1 の側面にはネジ部 1 1 a が形成されており、このネジ部 1 1 a を回転体 1 0 3 の裏面に設けられたネジ穴 4 0 に螺合することで、突起部 1 0 が回転体 1 0 3 に固定される。

50

【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。

10

【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P2(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R2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。

【0063】

突起部20の詳細を図6(a)、(b)に示す。図6(a)、(b)に示すように、突起部20は、円柱状の本体部21と、本体部21と同軸上に設けられた円錐状の先端部22とを有する。なお、先端部22は尖頭形状であれば良く、円錐状に限定されない。本体部21の側面にはネジ部21aが形成されており、このネジ部21aを回転体103の円筒部102dの底面に設けられたネジ穴41に螺合することで、突起部20が円筒部102dに固定される。

20

【0064】

突起部20には、中心軸と平行に本体部21および先端部22を貫通するガス抜き穴21bが形成されている。ネジ部21aとネジ穴41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21bから排出される。

【0065】

ここで、図6(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20の先端部22とベース部129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103が磁気浮上していない状態においても、突起部20の先端部22とベース部129との間には隙間が形成されている。即ち、突起部20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、ベース部129と接触しない寸法に設定されている。

30

【0066】

なお、本実施形態では、部品共通化のため突起部10と突起部20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102a、b、c・・・のうち最下段にある回転翼102の表面(上面または下面)に形成された位置P3(第3位置)に複数(本実施形態では3つ)の突起部30が設けられている。1つの回転翼102に1つの突起部30が設けられており、3つの突起部30は、ロータ軸113の軸心を中心に同一半径R3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配置されている。

40

【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

50

、先端部 3 2 の高さは回転翼 1 0 2 の表面と同じであるが、回転翼 1 0 2 の位置 P 3 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 3 1 を設けることで、先端部 3 2 を回転翼 1 0 2 の表面から若干突出するように構成しても良い。

【 0 0 6 9 】

なお、先端部 3 2 の位置は、図 7 のような回転翼 1 0 2 の中間位置（半径 R 3 ）に限定されず、回転翼 1 0 2 の付け根位置や先端位置であっても良い。

【 0 0 7 0 】

（作用・効果）

以上のように構成されたターボ分子ポンプ 1 0 0 によれば、次の作用・効果を奏する。

【 0 0 7 1 】

回転体 1 0 3 に帯電した電荷は、突起部 1 0 からステータコラム 1 2 2 に向けて放電される。突起部 1 0 から放電された電荷は、ステータコラム 1 2 2、ベース部（外装体）1 2 9 を順に流れて接地ライン G L（図 1 参照）に逃げる。一方、突起部 2 0 からベース部 1 2 9 に向けて放電された電荷は、そのまま接地ライン G L に逃げる。また、突起部 3 0 から固定翼 1 2 3 に向けて放電された電荷は、固定翼 1 2 3、固定翼スペーサ 1 2 5、外筒（外装体）1 2 7、ベース部 1 2 9 の順に流れて接地ライン G L に逃げる。このように、本実施形態では、回転体 1 0 3 に帯電した電荷を、突起部 1 0、2 0、3 0 から放電して、確実に接地ライン G L に逃がすことができる。

【 0 0 7 2 】

ここで、突起部 1 0 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は考えられるが、本実施形態では、突起部 1 0 の設けられている位置 P 1 が回転体 1 0 3 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。

【 0 0 7 3 】

また、突起部 1 0 が設けられている位置 P 1 は、パージガス流路 F L 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 F L を流れて、排気口 1 3 3 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。

【 0 0 7 4 】

突起部 2 0 についても、回転体 1 0 3 の円筒部 1 0 2 d の底面に形成された位置 P 2 に設けられており、その位置 P 2 はパージガス流路 F L の出口近傍であるため、放電時に突起部 2 0 に付着したパーティクルはパージガスと共に排気口 1 3 3 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。

【 0 0 7 5 】

突起部 3 0 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 1 0 2 の最下段に設けられているため、万一、放電時に突起部 3 0 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 1 0 2 や固定翼 1 2 3 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。

【 0 0 7 6 】

また、突起部 1 0、2 0、3 0 が尖頭形状であるため、放電の効果は高い。しかも、突起部 1 0 の高さは、回転体 1 0 3 が磁気浮上していない状態でもステータコラム 1 2 2 の上端面 1 2 2 a に接触しない寸法に設定されているため、突起部 1 0 の先端部 1 2 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 2 0 の先端部もベース部 1 2 9 に常時接触していないので、突起部 1 0 と同様に放電効果の低下が防止される。突起部 3 0 も回転体 1 0 3 の磁気浮上時においても固定翼 1 2 3 に接触しないので、突起部 1 0、2 0 と同様に放電効果の低下が防止される。

【 0 0 7 7 】

また、複数の突起部 1 0 は、ロータ軸 1 1 3 の軸心から同一半径 R 1 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等間隔で配置されているため、回転体

10

20

30

40

50

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よりパージ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	20
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	30
104	上側径方向電磁石(磁気軸受)	
105	下側径方向電磁石(磁気軸受)	
106A, 106B	軸方向電磁石(磁気軸受)	
113	ロータ軸	
122	ステータコラム	
122a	ステータコラムの上端面	
123(123a, 123b, 123c...)	固定翼	
125(125a, 125b, 125c...)	固定翼スペーサ	
127	外筒(外装体)	
129	ベース部(外装体)	40
131	ネジ付きスペーサ	
131a	ネジ溝	
133	排気口	
FL	パージガス流路	
GL	接地ライン	
P1	第1位置	
P2	第2位置	
P3	第3位置	

10

20

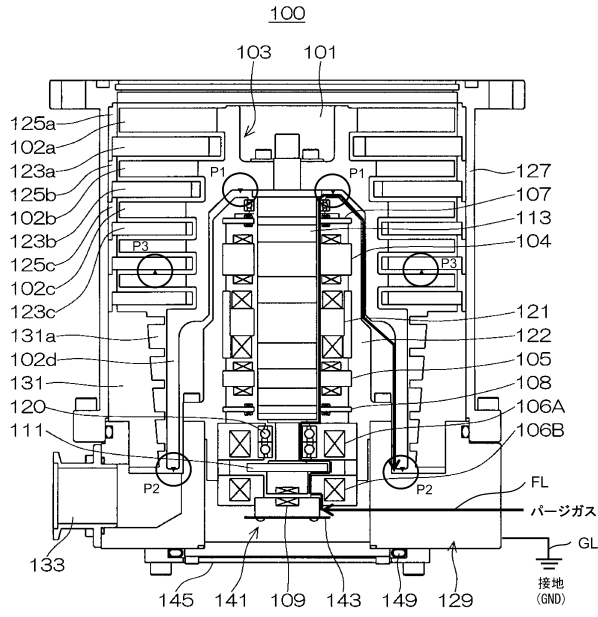
30

40

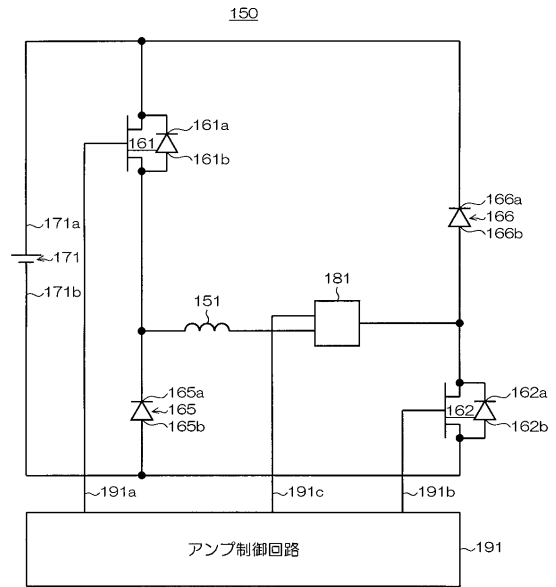
50

【図面】

【図 1】



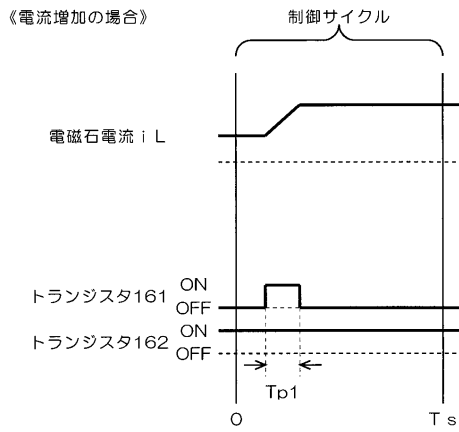
【図 2】



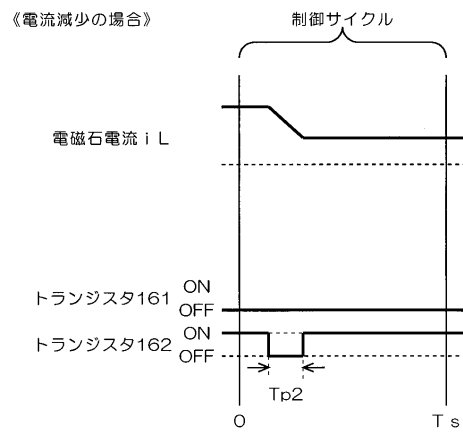
10

20

【図 3】



【図 4】

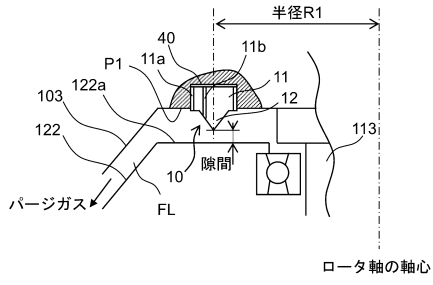


30

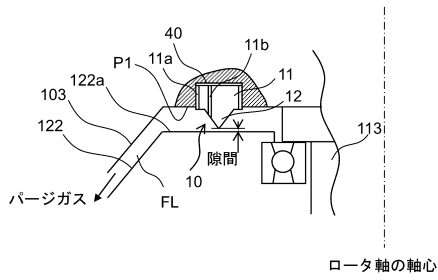
40

【 図 5 】

(a) 磁気浮上している状態

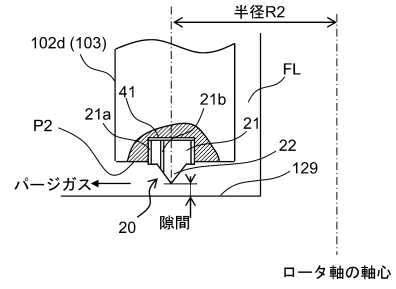


(b) 磁気浮上していない状態

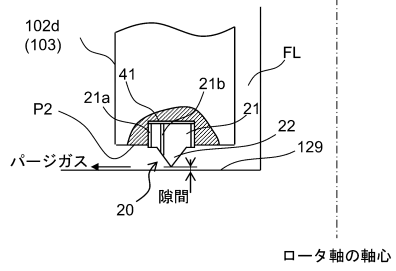


【 図 6 】

(a) 磁気浮上している状態



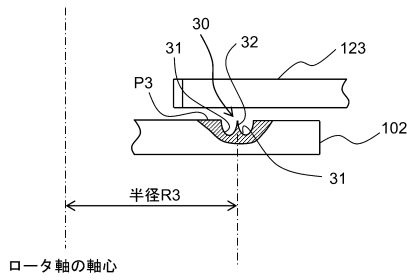
(b) 磁気浮上していない状態



10

20

【 図 7 】



30

40

50

フロントページの続き

- (56)参考文献 特表2009-504987(JP,A)
特開平11-351190(JP,A)
特表2005-519236(JP,A)
特開2001-304174(JP,A)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
F04D 19/04
F04D 29/00