

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7619871号
(P7619871)

(45)発行日 令和7年1月22日(2025.1.22)

(24)登録日 令和7年1月14日(2025.1.14)

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

請求項の数 7 (全15頁)

(21)出願番号	特願2021-69220(P2021-69220)	(73)特許権者	508275939
(22)出願日	令和3年4月15日(2021.4.15)		エドワーズ株式会社
(65)公開番号	特開2022-164019(P2022-164019 A)	(74)代理人	千葉県八千代市吉橋1078番地1 100114971
(43)公開日	令和4年10月27日(2022.10.27)		弁理士 青木 修
審査請求日	令和6年2月13日(2024.2.13)	(72)発明者	武田 昌之 千葉県八千代市吉橋1078番地1 エ ドワーズ株式会社内
		(72)発明者	金田 浩 千葉県八千代市吉橋1078番地1 エ ドワーズ株式会社内
		(72)発明者	水野 ゆかり 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	石黒 雄一

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 ターボ分子ポンプ

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

ケーシング内にロータ部およびステータ部を備えるターボ分子ポンプにおいて、
 前記ステータ部に配置されたゲッタポンプ部と、
 前記ゲッタポンプ部における気体吸着物体の活性化および再生化の少なくとも一方を行
 うヒータ部と、
 前記気体吸着物体の温度制御を行うための温度センサと、
 制御装置とを備え、
 前記制御装置は、前記温度センサの出力信号に基づいて前記気体吸着物体の温度制御を行
 い、
 前記ステータ部は、複数段の固定翼と、前記複数段の固定翼の位置決めをする複数段の固
 定翼スペーサとを備え、
 前記温度センサは、前記ステータ部に配置されること、
 を特徴とするターボ分子ポンプ。

【請求項2】

前記ゲッタポンプ部は、前記複数段の固定翼のうちの少なくとも1段の固定翼、または前
 記複数段の固定翼スペーサのうちの少なくとも1段の固定翼スペーサに配置されているこ
 と、
 を特徴とする請求項1記載のターボ分子ポンプ。

【請求項3】

前記ヒータ部は、前記固定翼スペーサに配置されることを特徴とする請求項 2 記載のターボ分子ポンプ。

【請求項 4】

ケーシング内にロータ部およびステータ部を備えるターボ分子ポンプにおいて、前記ステータ部または前記ケーシングに配置されたゲッタポンプ部と、前記ゲッタポンプ部における気体吸着物体の活性化および再生化の少なくとも一方を行うヒータ部と、
制御装置とを備え、

前記制御装置は、前記ヒータ部の導通電流を特定し、前記導通電流に基づく定抵抗制御を行うことで前記気体吸着物体の温度制御を行うこと、

を特徴とするターボ分子ポンプ。

10

【請求項 5】

ケーシング内にロータ部およびステータ部を備えるターボ分子ポンプにおいて、前記ステータ部または前記ケーシングに配置されたゲッタポンプ部と、前記ゲッタポンプ部における気体吸着物体の活性化および再生化の少なくとも一方を行うヒータ部と、

前記ゲッタポンプ部が配置された第 1 部材と当該第 1 部材に隣接する第 2 部材との間の熱抵抗を、前記第 1 部材および前記第 2 部材とが面接触する場合に比べて増加させる熱抵抗増加手段と

を備えることを特徴とするターボ分子ポンプ。

20

【請求項 6】

前記ロータ部は、複数段の回転翼を備え、

前記ゲッタポンプ部は、前記複数段の回転翼のうちの第 1 段の回転翼より排気口側に配置されること、

を特徴とする請求項 1 記載のターボ分子ポンプ。

【請求項 7】

前記ケーシングは、前記ヒータ部と外部回路とを電氣的に接続する外部接続部を備えること、

を特徴とする請求項 1 記載のターボ分子ポンプ。

【発明の詳細な説明】

30

【技術分野】

【0001】

本発明は、ターボ分子ポンプに関するものである。

【背景技術】

【0002】

あるターボ分子ポンプは、ゲッタポンプ部を備えており、そのゲッタポンプ部は、吸気口の中空部において蛇行させた板状の気体吸着金属部およびヒータ部を備えている（例えば特許文献 1 参照）。

【先行技術文献】

【特許文献】

40

【0003】

【文献】特開平 2 - 2 1 5 9 7 7 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、上述のターボ分子ポンプでは、吸気口の中空部に、蛇行させた板状の気体吸着金属部およびヒータ部が設置されているため、軸方向における吸気口の長さが大きくなってしまふ。そして、吸気口の長さが大きくなることで、上述のターボ分子ポンプの軸方向の長さが大きくなる為、設置スペースの制約がある場合に、本構造の採用は困難である。

50

【 0 0 0 5 】

本発明は、上記の問題に鑑みてなされたもので、気体吸着物体に起因して軸方向の吸気口の長さを大きくせずに、気体吸着物体を配置したターボ分子ポンプを得ることを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 0 6 】

本発明に係るターボ分子ポンプは、ケーシング内にロータ部およびステータ部を備えるターボ分子ポンプであり、ステータ部またはケーシングに配置されたゲッタポンプ部と、ゲッタポンプ部における気体吸着物体の活性化および再生化の少なくとも一方を行うヒータ部とを備える。さらに、以下の(A)、(B)および(C)のいずれかの構成を備える。(A) 気体吸着物体の温度制御を行うための温度センサと、制御装置とをさらに備え、制御装置は、温度センサの出力信号に基づいて気体吸着物体の温度制御を行い、ゲッタポンプ部は、ステータ部に配置され、ステータ部は、複数段の固定翼と、複数段の固定翼の位置決めをする複数段の固定翼スペースとを備え、温度センサは、ステータ部に配置される。(B) 制御装置をさらに備え、制御装置は、ヒータ部の導通電流を特定し、導通電流に基づく定抵抗制御を行うことで気体吸着物体の温度制御を行う。(C) ゲッタポンプ部が配置された第1部材と当該第1部材に隣接する第2部材との間の熱抵抗を、第1部材および第2部材とが面接触する場合に比べて増加させる熱抵抗増加手段をさらに備える。

10

【発明の効果】

【 0 0 0 7 】

本発明によれば、気体吸着物体に起因して軸方向の吸気口の長さを大きくせずに、気体吸着物体を配置したターボ分子ポンプが得られる。

20

【 0 0 0 8 】

本発明の上記又は他の目的、特徴および優位性は、添付の図面とともに以下の詳細な説明から更に明らかになる。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 0 9 】

【図1】図1は、本発明の実施の形態に係る真空ポンプとしてのターボ分子ポンプを示す縦断面図である。

【図2】図2は、図1に示すターボ分子ポンプの電磁石の励磁制御をするアンプ回路を示す回路図である。

30

【図3】図3は、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4】図4は、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5】図5は、実施の形態1に係るターボ分子ポンプにおけるゲッタポンプ部の一例を示す断面図である。

【図6】図6は、実施の形態2に係るターボ分子ポンプにおけるゲッタポンプ部の一例を示す断面図である。

【図7】図7は、実施の形態3に係るターボ分子ポンプにおけるゲッタポンプ部の一例を示す断面図である。

【発明を実施するための形態】

40

【 0 0 1 0 】

以下、図に基づいて本発明の実施の形態を説明する。

【 0 0 1 1 】

実施の形態1.

【 0 0 1 2 】

このターボ分子ポンプ100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102(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

50

り、このロータ軸 1 1 3 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。回転体 1 0 3 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。

【 0 0 1 3 】

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 に近接して、かつ上側径方向電磁石 1 0 4 のそれぞれに対応して 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、制御装置 2 0 0 に送るように構成されている。

10

【 0 0 1 4 】

この制御装置 2 0 0 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、図 2 に示すアンプ回路 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 1 5 】

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。

20

【 0 0 1 6 】

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 2 0 0 に送られるように構成されている。

30

【 0 0 1 7 】

そして、制御装置 2 0 0 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 1 8 】

このように、制御装置 2 0 0 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。

40

【 0 0 1 9 】

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 2 0 0 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

50

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 0 】

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られており、ロータ軸 1 1 3 の回転の位相を検出できるようになっている。制御装置 2 0 0 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。

【 0 0 2 1 】

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 (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。固定翼 1 2 3 (1 2 3 a、1 2 3 b、1 2 3 c . . .) 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。

【 0 0 2 2 】

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。

【 0 0 2 3 】

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。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 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。

【 0 0 2 4 】

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、ネジ付スペーサ 1 3 1 が配設される。ネジ付スペーサ 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 (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。

【 0 0 2 5 】

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 2 6 】

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 を通じてチャンバから排気ガスが吸気される。回転翼 1 0 2 の回転速度は通常 2 0 0 0 0 r p m ~ 9 0 0 0 0 r p m であり、回転翼 1 0 2 の先端での周速度は 2 0 0 m / s ~ 4 0 0 m / s に達する

10

20

30

40

50

。吸気口 101 から吸気された排気ガスは、回転翼 102 と固定翼 123 の間を通り、ベース部 129 へ移送される。このとき、排気ガスが回転翼 102 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 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 側に伝達される。

【0027】

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。

【0028】

なお、上記では、ネジ付スペーサ 131 は回転体 103 の円筒部 102 d の外周に配設し、ネジ付スペーサ 131 の内周面にネジ溝 131 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 102 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。

【0029】

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 106 A、106 B、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。

【0030】

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。

【0031】

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収容され、気密性の底蓋 145 によって閉じられている。

【0032】

ところで、半導体の製造工程では、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。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。

【0033】

例えば、Al エッチング装置にプロセスガスとして SiCl_4 が使用された場合、低真空 ($760 [\text{torr}] \sim 10^{-2} [\text{torr}]$) かつ、低温 (約 $20 [^\circ\text{C}]$) のとき、固体生成物 (例えば AlCl_3) 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 133 付近やネジ付スペーサ 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。

10

20

30

40

50

【0034】

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。

【0035】

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150の回路図を図2に示す。

10

【0036】

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。

【0037】

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。

20

【0038】

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。

30

【0039】

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。

【0040】

さらに、アンプ制御回路191は、例えば、制御装置200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。

40

【0041】

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Ts内に発生させるパルス幅の大きさ(パルス幅時間Tp1、Tp2)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。

【0042】

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

50

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 50 V 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 171 a と負極 171 b 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）。

【0043】

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。

【0044】

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。

10

【0045】

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 171 a から負極 171 b 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。

20

【0046】

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 171 b から正極 171 a 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。

【0047】

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。

30

【0048】

以上のようにターボ分子ポンプ 100 は構成されている。さらに、図 1 において、回転翼 102 および回転体 103 は、当該ターボ分子ポンプ 100 のロータ部であり、固定翼 123 および固定翼スペーサ 125 は、当該ターボ分子ポンプ部分 100 のステータ部であり、ネジ付スペーサ 131 は、ターボ分子ポンプ部分の後段のネジ溝ポンプ部分のステータ部である。また、吸気口 101 および外筒 127 は、当該ターボ分子ポンプ 100 のケーシングであり、上述のロータ部、および上述の複数のステータ部を収容している。上述のロータ部は、上述のケーシング内に回転自在に保持されており、上述のステータ部は、ロータ部に対向して配設されている。

40

【0049】

さらに、図 1 に示すターボ分子ポンプ 100 は、ステータ部またはケーシングに配置されたゲッタポンプ部と、そのゲッタポンプ部における気体吸着物体の活性化および再生化の少なくとも一方を行うヒータ部とを備える。

【0050】

図 5 は、実施の形態 1 に係るターボ分子ポンプにおけるゲッタポンプ部の一例を示す断面図である。実施の形態 1 では、例えば図 5 に示すように、ゲッタポンプ部は、ステータ部におけるリング状の固定翼スペーサ 125 b に配置されている。具体的には、固定翼スペーサ 125 b の内周面において周方向に沿って円環状の溝 301 が形成されており、そ

50

の溝 3 0 1 に気体吸着物体 4 0 1 が配置されている。

【 0 0 5 1 】

実施の形態 1 では、気体吸着物体 4 0 1 は、ペレット状でもよいし粉体状でもよく、非蒸発型ゲッターポンプ (N E G ポンプ) 用の気体吸着物体である。なお、この気体吸着物体 4 0 1 は、既存の N E G ポンプ用金属とされ、例えば、チタン、ジルコニウム、バナジウム、鉄、それらのうちの複数の金属の合金などとされる。また、気体吸着物体 4 0 1 が固定翼スペーサ 1 2 5 b の中空部分に脱落しないように、例えば、気体吸着物体 4 0 1 が溝 3 0 1 に固定されているか、溝 3 0 1 の開口部にメッシュ部材が設けられる。

【 0 0 5 2 】

上述のように、当該ステータ部は、複数段の固定翼 1 2 3 (第 1 段の固定翼 1 2 3 a , 第 2 段の固定翼 1 2 3 b , 第 3 段の固定翼 1 2 3 c , . . .) と、その複数段の固定翼 1 2 3 の位置決めをする複数段の固定翼スペーサ 1 2 5 (1 2 5 a , 1 2 5 b , 1 2 5 c , . . .) とを備えており、実施の形態 1 では、当該ゲッターポンプ部は、複数段の固定翼 1 2 3 のうちの少なくとも 1 段の固定翼、または複数段の固定翼スペーサ 1 2 5 のうちの少なくとも 1 段の固定翼スペーサに配置されている。なお、図 5 に示すゲッターポンプ部は、1 段の固定翼スペーサ 1 2 5 b に配置されているが、複数段の固定翼スペーサに複数のゲッターポンプ部をそれぞれ配置してもよい。

10

【 0 0 5 3 】

実施の形態 1 では、ゲッターポンプ部は、複数段の回転翼 1 0 2 のうちの第 1 段の回転翼 1 0 2 a (吸気口 1 0 1 に最も近い回転翼) より排気口側 1 3 3 に配置される。この実施の形態では、ゲッターポンプ部は、例えば図 5 に示すように、第 1 段の固定翼スペーサ 1 2 5 b に配置されている。

20

【 0 0 5 4 】

さらに、実施の形態 1 では、上述のヒータ部 4 0 2 は、固定翼スペーサ 1 2 5 b に配置されている。具体的には、例えば図 5 に示すように、固定翼スペーサ 1 2 5 b の外周面において、溝 3 0 1 に対応して円環状の溝 3 0 2 が形成されており、溝 3 0 2 の軸方向に沿った壁面上にヒータ部 4 0 2 としての抵抗発熱体が巻きつけられている。

【 0 0 5 5 】

さらに、実施の形態 1 では、気体吸着物体 4 0 1 の温度制御を行うための温度センサ 4 0 3 が、ヒータ部 4 0 2 に隣接して、固定翼スペーサ 1 2 5 b に配置されている。温度センサ 4 0 3 の出力信号は、制御装置 2 0 0 に出力され、制御装置 2 0 0 は、温度センサ 4 0 3 の出力信号に基づいてヒータ部 4 0 2 への導通電流を制御し、これにより、活性化および/または再生化時の気体吸着物体 4 0 1 の温度制御を行う。

30

【 0 0 5 6 】

なお、活性化および/または再生化時の気体吸着物体 4 0 1 の温度制御については、温度センサ 4 0 3 を設けずに、制御装置 2 0 0 は、ヒータ部 4 0 2 の導通電流を監視し、その導通電流に基づく定抵抗制御を行うことで気体吸着物体 4 0 1 の温度制御を行うようにしてもよい。

【 0 0 5 7 】

さらに、実施の形態 1 において、当該ゲッターポンプ部が配置された第 1 部材 (つまり、固定翼スペーサ 1 2 5 b) と当該第 1 部材に隣接する第 2 部材 (つまり、固定翼 1 2 3 b) との間の熱抵抗を、両者が面接触する場合に比べて増加させる熱抵抗増加手段を設けるようにしてもよい。例えば、熱抵抗増加手段は、第 1 部材および第 2 部材の対向面の間に挟まれる断熱部材や、第 1 部材および第 2 部材の対向面の少なくとも一方の対向面上に形成されているリング状の凸条または円周上に配置された複数の凸条とされる。

40

【 0 0 5 8 】

また、当該ケーシングは、ヒータ部 4 0 2 と図示せぬ外部回路 (制御装置 2 0 0 により制御されるヒータ部 4 0 2 の駆動回路など) とを電気的に接続する外部接続部を備える。例えば図 5 に示すように、この外部接続部は、当該ケーシング (外筒 1 2 7) に形成された孔 3 0 3、並びに、当該孔 3 0 3 の外周開口部を封止するフィードスルーコネクタ 4 0

50

4 およびオリング 4 0 5 を備える。なお、フィードスルーコネクタ 4 0 4 は少なくとも 2 つの端子 4 0 4 a を有する。

【 0 0 5 9 】

次に、実施の形態 1 に係るターボ分子ポンプ 1 0 0 の動作について説明する。

【 0 0 6 0 】

(a) ポンプ運転時の動作

【 0 0 6 1 】

当該ターボ分子ポンプ 1 0 0 の運転時では、制御装置 2 0 0 による制御に基づいてモータ 1 2 1 が動作しロータ部が回転する。これにより、吸気口 1 0 1 を介して流入したガスが、ロータ部とステータ部との間のガス流路に沿って移送され、排気口 1 3 3 から外部配管へ排出される。また、ゲッタポンプ部では、気体吸着物体 4 0 1 の表面にガス分子が吸着する。なお、このとき、制御装置 2 0 0 は、ヒータ部 4 0 2 を動作させない。

10

【 0 0 6 2 】

ターボ分子ポンプ 1 0 0 におけるターボ分子ポンプ部（つまり、上述のロータ部およびステータ部によるポンプ部分）では、高真空域未満のガス圧力になると、徐々に排気速度が低下していくが、ターボ分子ポンプ 1 0 0 におけるゲッタポンプ部（つまり、上述の気体吸着物体 4 0 1 ）では、ガス圧力に拘わらず排気速度は略一定であるため、高真空域未満のガス圧力まで排気が可能となっている。

【 0 0 6 3 】

特に、例えば水素分子などの軽い分子の場合には、ターボ分子ポンプ部の排気速度が低い、ゲッタポンプ部によってそのような分子も十分排気（吸着）可能であるため、ターボ分子ポンプ部のみで残留してしまうようなガス分子もゲッタポンプ部で排気され、当該ターボ分子ポンプ 1 0 0 の上流側のチャンバ内のプロセスなどへの影響を抑制することができる。

20

【 0 0 6 4 】

(b) 活性化または再生化時の動作

【 0 0 6 5 】

活性化または再生化時には、制御装置 2 0 0 は、上述のように温度制御しつつ、図示せぬ駆動回路を制御して、ヒータ部 4 0 2 に電流を導通して気体吸着物体 4 0 1 の温度を所定温度に上昇させ、気体吸着物体 4 0 1 の温度を所定時間、所定温度に維持することで、気体吸着物体 4 0 1 の活性化または再生化を行う。例えば、活性化時には、気体吸着物体 4 0 1 の温度を摂氏 4 0 0 度程度まで上昇させ、再生化時には、気体吸着物体 4 0 1 の温度を摂氏 2 0 0 度程度まで上昇させる。その際、制御装置 2 0 0 は、モータ 1 2 1 を動作させロータ部を回転させる。これにより、活性化および再生化において気体吸着物体 4 0 1 から放出されるガスが、ガス流路に沿って排出されやすくなる。また、気体吸着物体 4 0 1 が回転翼 1 2 3 a より排気口 1 3 3 側（下流側）に配置されるため、活性化および再生化において気体吸着物体 4 0 1 からの放出ガスが逆流しにくい。

30

【 0 0 6 6 】

以上のように、上記実施の形態 1 によれば、ターボ分子ポンプ 1 0 0 が、当該ターボ分子ポンプ 1 0 0 のステータ部またはケーシングにゲッタポンプ部を備え、また、そのゲッタポンプ部における気体吸着物体 4 0 1 の活性化および再生化の少なくとも一方を行うヒータ部 4 0 2 を備える。

40

【 0 0 6 7 】

これにより、ガス流路に面するリング状または円筒状の部材の内壁部分でガスが気体吸着物体 4 0 1 に吸着されるため、気体吸着物体 4 0 1 に起因して軸方向の吸気口 1 0 1 の長さが大きくならずに済む。また、ゲッタポンプ部およびヒータ部が特定の一部材（実施の形態 1 では固定翼スペーサ 1 2 5 b ）に配置されているため、既存のターボ分子ポンプにおいて、1 つの部材を当該部材に交換することで、既存のターボ分子ポンプにゲッタポンプ機能を簡単に追加することができる。また、既存のターボ分子ポンプの構成部品のサイズをほとんど変えることはない為、ゲッタポンプ機能の追加において、ターボ分子ポン

50

プの設置スペースの制約の影響を受け難い。

【 0 0 6 8 】

実施の形態 2 .

【 0 0 6 9 】

図 6 は、実施の形態 2 に係るターボ分子ポンプ 1 0 0 におけるゲッタポンプ部の一例を示す断面図である。実施の形態 2 では、例えば図 6 に示すように、軸方向において第 1 段の固定翼 1 2 3 a より吸気口 1 0 1 側にゲッタポンプ部（気体吸着物体 6 0 1）およびヒータ部 6 0 2 が配置されている。具体的には、最前段の固定翼スペーサ 1 2 5 a の内周面において周方向に沿って円環状の溝 5 0 1 が形成されており、その溝 5 0 1 に、気体吸着物体 4 0 1 と同様の気体吸着物体 6 0 1 が配置されている。また、ヒータ部 4 0 2 と同様のヒータ部 6 0 2 が固定翼スペーサ 1 2 5 a に配置されている。具体的には、例えば図 6 に示すように、固定翼スペーサ 1 2 5 a の外周面において、溝 5 0 1 に対応して円環状の溝 5 0 2 が形成されており、溝 5 0 2 の軸方向に沿った壁面上にヒータ部 6 0 2 としての抵抗発熱体が巻きつけられている。また、溝 5 0 2 には、温度センサ 4 0 3 と同様の温度センサ 6 0 3 が配置されている。

10

【 0 0 7 0 】

さらに、当該ケーシングは、ヒータ部 6 0 2 と図示せぬ外部回路（制御装置 2 0 0 により制御されるヒータ部 6 0 2 の駆動回路など）とを電氣的に接続する外部接続部を備える。例えば図 6 に示すように、この外部接続部は、上述の孔 3 0 3、フィードスルーコネクタ 4 0 4 およびリング 4 0 5 と同様の、孔 5 0 3、フィードスルーコネクタ 6 0 4 およびリング 6 0 5 を備える。

20

【 0 0 7 1 】

なお、実施の形態 2 に係るターボ分子ポンプ 1 0 0 のその他の構成および動作については実施の形態 1 と同様であるので、その説明を省略する。

【 0 0 7 2 】

実施の形態 3 .

【 0 0 7 3 】

図 7 は、実施の形態 3 に係るターボ分子ポンプにおけるゲッタポンプ部の一例を示す断面図である。実施の形態 3 では、例えば図 7 に示すように、上述のケーシング（具体的には外筒 1 2 7）にゲッタポンプ部（気体吸着物体 8 0 1）およびヒータ部 8 0 2 が配置されている。具体的には、外筒 1 2 7 においてガス流路に面する内周面において周方向に沿って円環状の溝 7 0 1 が形成されており、その溝 7 0 1 に、気体吸着物体 4 0 1、6 0 1 と同様の気体吸着物体 8 0 1 が配置されている。また、ヒータ部 4 0 2、6 0 2 と同様のヒータ部 8 0 2 が外筒 1 2 7 に配置されている。具体的には、例えば図 8 に示すように、外筒 1 2 7 の外周面において、溝 7 0 1 に対応して円環状の溝 7 0 2 が形成されており、溝 7 0 2 の軸方向に沿った壁面上にヒータ部 8 0 2 としての抵抗発熱体が巻きつけられている。また、溝 7 0 2 には、温度センサ 4 0 3、6 0 3 と同様の温度センサ 8 0 3 が配置されている。

30

【 0 0 7 4 】

なお、実施の形態 3 に係るターボ分子ポンプ 1 0 0 のその他の構成および動作については実施の形態 1 または実施の形態 2 と同様であるので、その説明を省略する。

40

【 0 0 7 5 】

なお、上述の実施の形態に対する様々な変更および修正については、当業者には明らかである。そのような変更および修正は、その主題の趣旨および範囲から離れることなく、かつ、意図された利点を弱めることなく行われてもよい。つまり、そのような変更および修正が請求の範囲に含まれることを意図している。

【 0 0 7 6 】

例えば、上記実施の形態 1、2、3 において、ヒータ部 4 0 2、6 0 2、8 0 2 は、ゲッタポンプ部（気体吸着物体 4 0 1、6 0 1、8 0 1）が配置された部材に配置されているが、ゲッタポンプ部が配置された部材以外の部材（ゲッタポンプ部が配置された部材に

50

隣接する部材)に配置されていてもよい。

【0077】

また、上記実施の形態1, 2, 3において、ヒータ部402, 602, 802は、初期排気の際に、ポンプ内部に滞留するガスなどを放出させるベーキング用ヒータとしても機能させるようにしてもよい。これにより、ベーキング用ヒータを別途設置する必要がなく、コスト低減ができる。

【0078】

また、上記実施の形態1, 2, 3において、上述の各段の固定翼スペーサ125は、1つの部材で構成されていてもよいし、周方向に分割された複数(例えば2つ)の部材を連結して構成されるようにしてもよい。

10

【0079】

さらに、上記実施の形態1, 2, 3において、ゲッタポンプ部(気体吸着物体401, 601, 801)は、ポンプ運転時に発生する熱によって再生化の要求温度まで上昇しない位置に配置されている。

【0080】

さらに、上記実施の形態1, 2, 3において、溝301, 501, 701の代わりに複数の凹部を設け、その複数の凹部に、気体吸着物体401, 601, 801を同様にして配置するようにしてもよい。

【0081】

さらに、上記実施の形態1, 2において、外筒127において、孔303, 503の代わりに他の用途の孔(例えばベントバルブ用などの各種ポート)を使用するようにしてもよい。

20

【0082】

なお、上記の各実施の形態は、必要に応じて他の実施の形態に組み合わせてもよい。

【0083】

また、上記実施の形態1, 2, 3において、ゲッタポンプ部は、蒸発型のゲッタポンプとしてもよい。

【産業上の利用可能性】

【0084】

本発明は、例えば、ターボ分子ポンプに適用可能である。

30

【符号の説明】

【0085】

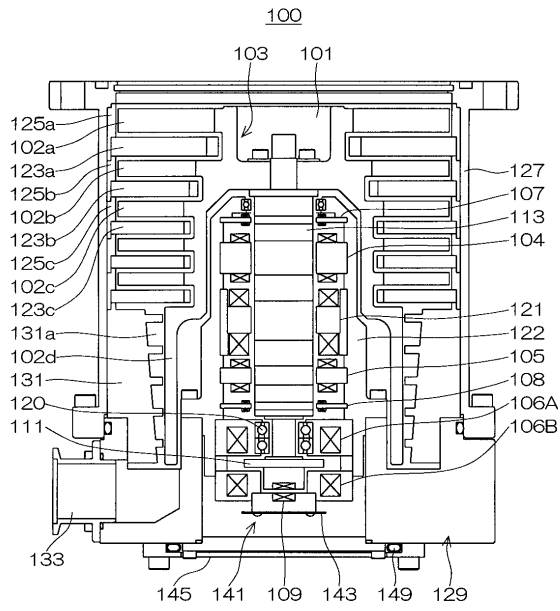
- 100 ターボ分子ポンプ
- 101 吸気口(ケーシングの一例の一部)
- 102 回転翼(ロータ部の一例の一部)
- 103 回転体(ロータ部の一例の一部)
- 123 固定翼(ステータ部の一例の一部)
- 125 固定翼スペーサ(ステータ部の一例の一部)
- 127 外筒(ケーシングの一例の一部)
- 303, 503 孔(外部接続部の例の一部)
- 401, 601, 801 気体吸着物体(ゲッタポンプ部の例)
- 402, 602, 802 ヒータ部
- 403, 603, 803 温度センサ
- 404, 604 フィードスルーコネクタ(外部接続部の例の一部)
- 405, 605 Oリング(外部接続部の例の一部)

40

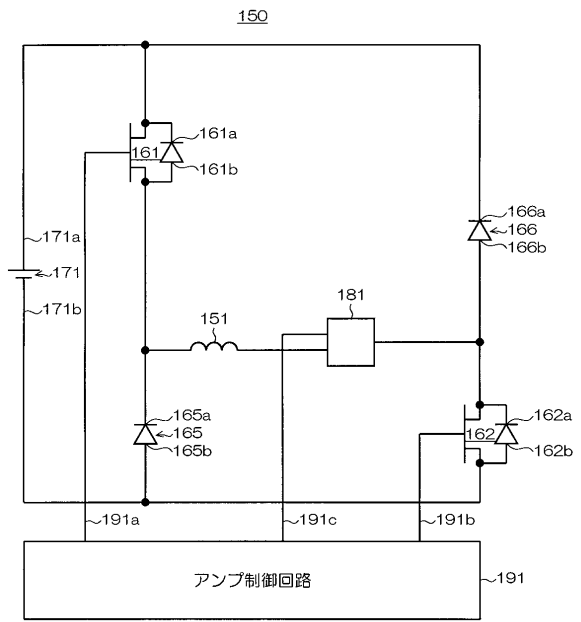
50

【図面】

【図 1】



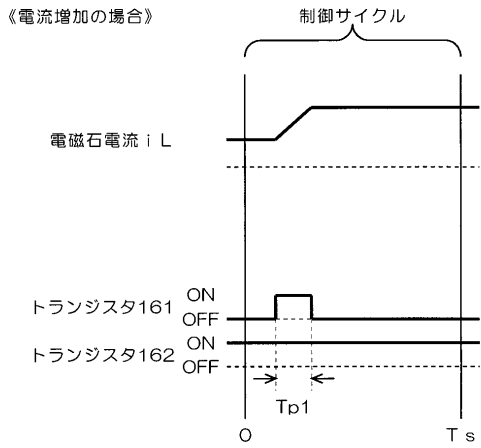
【図 2】



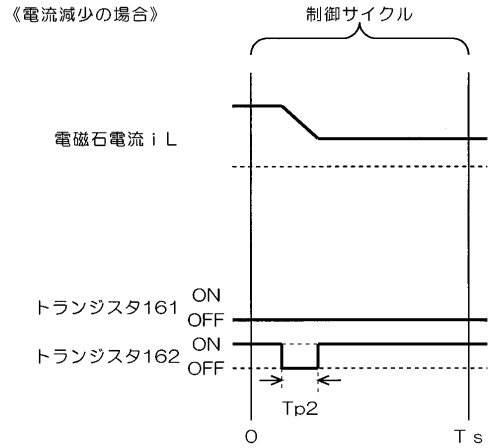
10

20

【図 3】



【図 4】

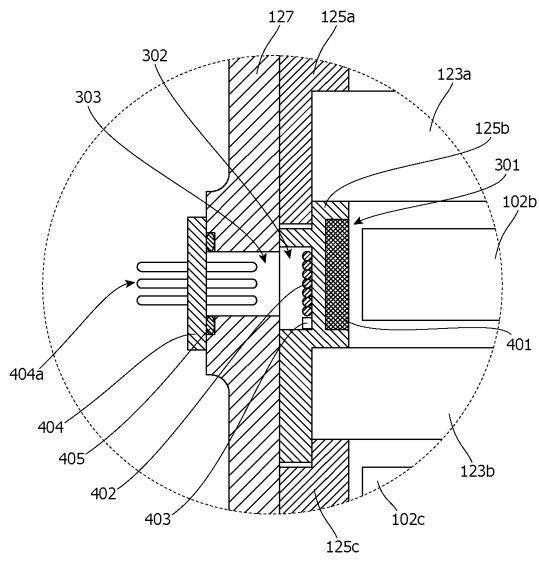


30

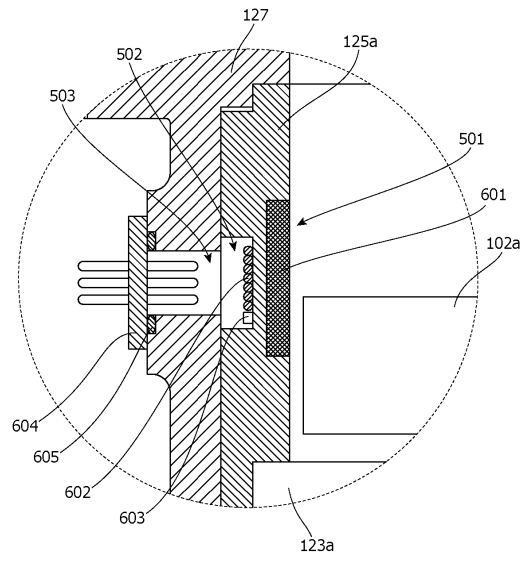
40

50

【 図 5 】

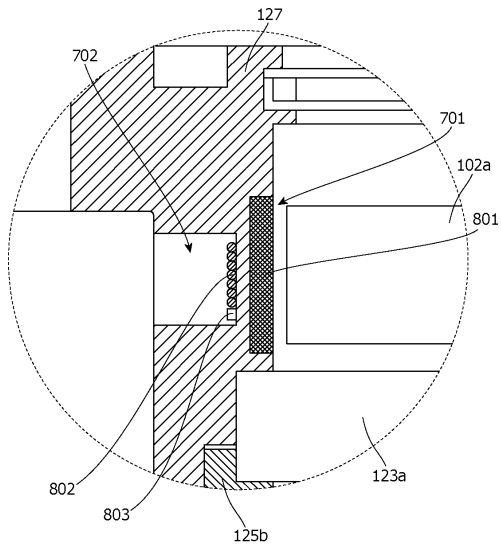


【 図 6 】



10

【 図 7 】



20

30

40

50

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開平02 - 215977 (JP, A)
特開2002 - 242877 (JP, A)
特開2004 - 278500 (JP, A)
特開平09 - 032793 (JP, A)
国際公開第98 / 032972 (WO, A1)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
F04D 1 / 00 - 35 / 00
F04C 2 / 00 - 29 / 12