

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7546621号
(P7546621)

(45)発行日 令和6年9月6日(2024.9.6)

(24)登録日 令和6年8月29日(2024.8.29)

(51)国際特許分類	F I			
F 0 4 D 19/04 (2006.01)	F 0 4 D	19/04	Z	
	F 0 4 D	19/04	G	

請求項の数 8 (全26頁)

(21)出願番号	特願2022-86185(P2022-86185)	(73)特許権者	508275939
(22)出願日	令和4年5月26日(2022.5.26)		エドワーズ株式会社
(65)公開番号	特開2023-173733(P2023-173733 A)	(74)代理人	100169960
(43)公開日	令和5年12月7日(2023.12.7)		弁理士 清水 貴光
審査請求日	令和5年6月5日(2023.6.5)	(72)発明者	樺澤 剛志
			千葉県八千代市吉橋1078番地1 工 ドワーズ株式会社内
		審査官	森 秀太

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 真空ポンプ及び真空排気システム

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

吸気口と排気口を有するハウジングと前記ハウジングの内側に配設された排気機構とを備えた真空ポンプであって、

前記排気機構の排気側出口近傍に配設され、前記ハウジング内に貫通して設けられたラジカル供給口と、

前記ラジカル供給口から前記ハウジング内にラジカルを供給し、前記供給したラジカルを前記ラジカル供給口より吸気口側に流して前記排気機構内の反応生成物が堆積する箇所に流すラジカル供給手段と、

を備える、ことを特徴とする真空ポンプ。

10

【請求項2】

前記吸気口と前記ラジカル供給口との間に、前記ラジカルを前記ハウジング外に排出する中間ポートを備える、ことを特徴とする請求項1に記載の真空ポンプ。

【請求項3】

前記ハウジング内に供給された前記ラジカルを前記排気口又は前記中間ポートを通して吸引して前記ハウジング外に排出可能な吸引・排気手段と、

前記ラジカルを前記排気口又は前記中間ポートの何れかに切替可能な排気切替弁と、

を備える、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】

20

前記排気機構の少なくとも一部が、軸方向に多段状に配列された複数の回転翼を有する回転体と、前記複数の回転翼間に配設された複数の固定翼と、を有するターボ分子ポンプ機構である、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】

前記排気機構の少なくとも一部が、回転円板と、固定円板と、前記回転円板と前記固定円板の対向面の少なくとも一部に設けられた渦状溝とを有するシグバーン型ポンプ機構である、ことを特徴とする請求項 1 に記載の真空ポンプ。

【請求項 6】

前記排気機構の少なくとも一部が、回転円筒と、固定円筒と、前記回転円筒と前記固定円筒の対向面の少なくとも一部に設けられたネジ溝と、を備えるホルベック型ポンプ機構である、ことを特徴とする請求項 1 に記載の真空ポンプ。

10

【請求項 7】

前記排気機構は、軸方向に多段状に配列された複数の回転翼を有する回転体と前記複数の回転翼間に配設された複数の固定翼とを有するターボ分子ポンプ機構、回転円板と固定円板と前記回転円板と前記固定円板の対向面の少なくとも一部に設けられた渦状溝とを有するシグバーン型ポンプ機構、又は回転円筒と固定円筒と前記回転円筒と前記固定円筒の対向面の少なくとも一部に設けられたネジ溝とを備えるホルベック型ポンプ機構のうち少なくとも 2 つ以上で構成され、

前記中間ポートは、隣り合う前記ターボ分子ポンプ機構、前記シグバーン型ポンプ機構又は前記ホルベック型ポンプ機構の境界付近に配設されている、ことを特徴とする請求項 2 に記載の真空ポンプ。

20

【請求項 8】

吸気口と排気口を有するハウジングと、前記ハウジングの内側に配設された排気機構と、前記排気機構の排気側出口近傍に配設され、前記ハウジング内に貫通して設けられたラジカル供給口と、を備えた真空ポンプと、

前記ラジカル供給口から前記ハウジング内にラジカルを供給し、前記供給したラジカルを前記ラジカル供給口より吸気口側に流して前記排気機構内の反応生成物が堆積する箇所に供給するラジカル供給手段と、

を備える、

ことを特徴とする真空排気システム。

30

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は真空ポンプ及び真空排気システムに関するものであり、特に、低真空から超高真空に亘る圧力範囲で利用可能な真空ポンプ及び真空排気システムに関するものである。

【背景技術】

【0002】

メモリや集積回路の半導体装置を製造する際、空気中の塵等による影響を避けるために、高真空状態のチャンバ内で高純度の半導体基板（ウエハ）にドーピングやエッチングを行う必要があり、チャンバ内の排気には、例えば、ターボ分子等の真空ポンプが使用されている。

40

【0003】

このような真空ポンプとして、円筒状のケーシングと、ケーシング内に入れ子で固定されると共にネジ溝が配設された円筒状のステータと、ステータ内で高速回転可能に支持されたロータと、を備えているもの等が知られている。

【0004】

真空ポンプでは、ケーシングの吸気口から吸引したガスによっては、ポンプ内部（ケーシングの内部）で圧縮される過程で気体から固体に相変化を起こし、ポンプ内部で固化する可能性がある。その結果、ポンプ内部に固化物（以下、これを「反応生成物」という）が堆積し、ガス流路が閉塞するという不具合が生じる場合がある。

50

【 0 0 0 5 】

その不具合を解決する方法として、真空ポンプの内部にラジカルを供給し、反応生成物を洗浄する技術が提案されている（例えば、特許文献 1 参照）。

ラジカルは、三フッ化窒素（ NF_3 ）等の原料ガスに高電圧を印加してポンプ内部に堆積した固化物を強制的に引き剥がし、活性化して除去するものである。しかし、ラジカルはポンプ内に導入化する導入管や、ポンプの構成部品の表面に触れると活性を失う問題点がある。そのため、特許文献 1 に記載される真空ポンプのように、真空ポンプの吸気口付近にラジカル発生装置を設置した場合には、吸気口付近の洗浄効果は高いが、排気口付近に堆積する反応生成物はほとんど洗浄できない場合が多い。

【 0 0 0 6 】

一方、反応生成物は、真空ポンプの排気口付近に堆積するケースが多く、排気口付近を効果的に洗浄する必要がある。そこで、吸気口付近だけでなく、真空ポンプの排気機構の中間付近にもラジカル発生装置を設置し、ラジカルが活性を失う前に、洗浄したい部分までラジカルを届ける技術を採用した真空ポンプも提案されている（例えば、特許文献 2 参照）。

【 先行技術文献 】

【 特許文献 】

【 0 0 0 7 】

【 文献 】 特開 2 0 0 8 - 2 4 8 8 2 5 号 公 報

【 文献 】 特開 2 0 2 2 - 1 7 8 6 4 号 公 報

【 発明の概要 】

【 発明が解決しようとする課題 】

【 0 0 0 8 】

しかしながら、特許文献 2 に記載の真空ポンプは、吸気口付近と排気口付近の両方を効果的に洗浄できるようになったが、ラジカル発生装置を複数の箇所に設置する必要があり、コストが高くなるという問題点があった。

また、特許文献 2 に記載の真空ポンプは、供給されたラジカルは、吸気口側から排気口側へ向かって 1 方向に流れるため、例えば、反応生成物が堆積する箇所の中央付近にラジカル供給口を設置した場合には、ラジカル供給口より下流側は洗浄できるが、ラジカル供給口より上流側は洗浄できない。そのため、ラジカル供給口より上流側を洗浄するためには、上流側を洗浄するためのラジカル供給口が別途必要となる。

【 0 0 0 9 】

そこで、ラジカル発生装置による洗浄効率を向上させて、少ないラジカル発生装置で真空ポンプ内に堆積する反応生成物を効果的に洗浄できるようにすると同時に、運用コストの低減を可能にすることができる真空ポンプ及び真空排気システムを提供するために解決すべき技術的課題が生じてくるのであり、本発明はこの課題を解決することを目的とする。

【 課題を解決するための手段 】

【 0 0 1 0 】

本発明は上記目的を達成するために提案されたものであり、請求項 1 に記載の発明は、吸気口と排気口を有するハウジングと前記ハウジングの内側に配設された排気機構とを備えた真空ポンプであって、前記排気機構の排気側出口近傍に配設され、前記ハウジング内に貫通して設けられたラジカル供給口と、前記ラジカル供給口から前記ハウジング内にラジカルを供給し、前記供給したラジカルを前記ラジカル供給口より吸気口側に流して前記排気機構内の反応生成物が堆積する箇所に流すラジカル供給手段と、を備える、真空ポンプを提供する。

【 0 0 1 1 】

この構成によれば、吸気口と排気口との間に設けられているラジカル供給口からハウジング内にラジカルを供給し、ラジカル供給口より下流側へラジカルを流す経路と、ラジカル供給口より上流側へラジカル経路を切り替えることで、供給したラジカルがハウジング内のクリーニングを必要とする箇所全体に行き渡る。そして、ハウジング内における排気

10

20

30

40

50

機構等に堆積している反応生成物を活性化し、効果的に除去することができる。これにより、少ない数のラジカル発生装置であっても反応生成物を効果的に除去することができるので、真空ポンプ内部の洗浄システムにおける洗浄部品コストの低減と運用コストの低減を両立させることが可能になる。

【0012】

請求項2に記載の発明は、請求項1に記載の構成において、前記吸気口と前記ラジカル供給口との間に、前記ラジカルを前記ハウジング外に排出する中間ポートを備える、真空ポンプを提供する。

【0013】

この構成によれば、ラジカル供給口から供給したラジカルを、排気口だけでなく、中間ポートを通してハウジングの外側に排出することができる。すなわち、ハウジング内における排気機構に堆積している反応生成物を活性化して効果的に除去できる位置に中間ポートを設け、必要に応じて中間ポートを通してラジカルをハウジングの外側に排出することにより、洗浄効果を最大限に発揮させることができる。また、除去した反応生成物が上流側を流れないため、上流側が汚染されるのを防ぐことができる。

10

【0014】

請求項3に記載の発明は、請求項2に記載の構成において、前記ハウジング内に供給された前記ラジカルを前記排気口又は前記中間ポートを通して吸引して前記ハウジング外に排出可能な吸引・排気手段と、前記ラジカルの排出経路を前記排気口又は前記中間ポートの何れかに切替可能な排気切替弁と、を備える、真空ポンプを提供する。

20

【0015】

この構成によれば、ラジカル供給口からハウジング内に供給されたラジカルを、排気切替弁による排出系路の切り換え操作により、排気口又は中間ポートの何れかよりハウジング外に排出することができる。したがって、ハウジング内における排気機構に堆積している反応生成物を活性化して効果的に除去できる排気口又は中間ポートの位置を選択して、排気切替弁によりラジカルの排出経路を切り換えることにより、洗浄効果を最大限に発揮させることができる。

【0016】

請求項4に記載の発明は、請求項1に記載の構成において、前記排気機構の少なくとも一部が、軸方向に多段状に配列された複数の回転翼を有する回転体と、前記複数の回転翼間に配設された複数の固定翼と、を有するターボ分子ポンプ機構である、真空ポンプを提供する。

30

【0017】

この構成によれば、排気機構の少なくとも一部が、軸方向に多段状に配列された複数の回転翼を有する回転体と、複数の回転翼間に配設された複数の固定翼と、を有するターボ分子ポンプ機構において、ハウジング内における排気機構に堆積している反応生成物を活性化し、効果的に除去することができる。

【0018】

請求項5に記載の発明は、請求項1に記載の構成において、前記排気機構の少なくとも一部が、回転円板と、固定円板と、前記回転円板と前記固定円板の対向面の少なくとも一部に設けられた渦状溝とを有するシグバーン型ポンプ機構である、真空ポンプを提供する。

40

【0019】

この構成によれば、排気機構の少なくとも一部が、回転円板と、固定円板と、回転円板と固定円板の対向面の少なくとも一部に設けられた渦状溝とを有するシグバーン型ポンプ機構において、ハウジング内における排気機構に堆積している反応生成物を活性化し、効果的に除去することができる。

【0020】

請求項6に記載の発明は、請求項1に記載の構成において、前記排気機構の少なくとも一部が、回転円筒と、固定円筒と、前記回転円筒と前記固定円筒の対向面の少なくとも一部に設けられたネジ溝と、を備えるホルベック型ポンプ機構である、真空ポンプを提供す

50

る。

【0021】

この構成によれば、排気機構の少なくとも一部が、回転円筒と、固定円筒と、回転円筒と固定円筒の対向面の少なくとも一部に設けられたネジ溝と、を備えるホルベック型ポンプ機構において、ハウジング内における排気機構に堆積している反応生成物を活性化し、効果的に除去することができる。

【0022】

請求項7に記載の発明は、請求項2に記載の構成において、前記排気機構は、軸方向に多段状に配列された複数の回転翼を有する回転体と前記複数の回転翼間に配設された複数の固定翼とを有するターボ分子ポンプ機構、回転円板と固定円板と前記回転円板と前記固定円板の対向面の少なくとも一部に設けられた渦状溝とを有するシグバーン型ポンプ機構、又は回転円筒と固定円筒と前記回転円筒と前記固定円筒の対向面の少なくとも一部に設けられたネジ溝とを備えるホルベック型ポンプ機構のうち少なくとも2つ以上で構成され、前記中間ポートは、隣り合う前記ターボ分子ポンプ機構、前記シグバーン型ポンプ機構又は前記ホルベック型ポンプ機構の境界付近に配設されている、真空ポンプを提供する。

10

【0023】

この構成によれば、排気機構の少なくとも一部が、回転円板と、固定円板と、回転円板と固定円板の対向面の少なくとも一部に設けられた渦状溝とを有するシグバーン型ポンプ機構、又は回転円筒と固定円筒と回転円筒と固定円筒の対向面の少なくとも一部に設けられたネジ溝とを備えるホルベック型ポンプ機構のうち少なくとも2つ以上で構成された真空ポンプにおいて、ハウジング内における排気機構に堆積している反応生成物を活性化し、効果的に除去することができる。

20

【0024】

請求項8に記載の発明は、吸気口と排気口を有するハウジングと、前記ハウジングの内側に配設された排気機構と、前記排気機構の排気側出口近傍に配設され、前記ハウジング内に貫通して設けられたラジカル供給口と、を備えた真空ポンプと、前記ラジカル供給口から前記ハウジング内にラジカルを供給し、前記供給したラジカルを前記ラジカル供給口より吸気口側に流して前記排気機構内の反応生成物が堆積する箇所に供給するラジカル供給手段と、を備える、真空排気システムを提供する。

【0025】

この構成によれば、吸気口と排気口との間に設けられているラジカル供給口からハウジング内にラジカルを供給し、ラジカル供給口より下流側へラジカルを流す経路と、ラジカル供給口より上流側へラジカル経路を切り替えることで、供給したラジカルがハウジング内のクリーニングを必要とする箇所全体に行き渡る。そして、ハウジング内における排気機構等に堆積している反応生成物を活性化し、効果的に除去することができる。これにより、少ない数のラジカル発生装置であっても反応生成物を効果的に除去することができるので、真空ポンプ内部の洗浄システムにおける洗浄部品コストの低減と運用コストの低減を両立させることが可能な真空排気システムの実現が図れる。

30

【発明の効果】

【0026】

本発明によれば、吸気口と排気口との間に設けられているラジカル供給口からハウジング内にラジカルを供給すると、供給したラジカルがハウジング内のクリーニングを必要とする箇所全体に行き渡り、ハウジング内の排気機構等に堆積している反応生成物を活性化し、効果的に除去することができる。これにより、少ない数のラジカル発生装置で反応生成物を効果的に除去できるので、真空ポンプ内部の洗浄システムにおける洗浄部品コストの低減と運用コストの低減を両立できる。

40

【図面の簡単な説明】

【0027】

【図1】本発明の実施の形態に係る真空ポンプの第1実施例として示すターボ分子ポンプの縦断面図であり、ラジカルを中間ポートから排出する時の状態に切り換えている場合の

50

排出経路を説明する図である。

【図 2】本発明の実施の形態に係る真空ポンプの第 1 実施例として示すターボ分子ポンプの縦断面図であり、ラジカルを排出口から排出する時の状態に切り換えている場合の排出経路を説明する図である。

【図 3】同上第 1 実施例のターボ分子ポンプにおけるアンブ回路の一例を示す図である。

【図 4】同上第 1 実施例のターボ分子ポンプにおけるアンブ回路で検出した電流指令値が検出値より大きい場合の一制御例を示すタイムチャートである。

【図 5】同上第 1 実施例のターボ分子ポンプにおけるアンブ回路で検出した電流指令値が検出値より小さい場合の一制御例を示すタイムチャートである。

【図 6】本発明の実施の形態に係る真空ポンプの第 2 実施例として示すターボ分子ポンプの縦断面図である。

10

【図 7】本発明の実施の形態に係る真空ポンプの第 3 実施例として示すターボ分子ポンプの縦断面図である。

【図 8】本発明の実施の形態に係る真空ポンプの第 4 実施例として示すターボ分子ポンプの縦断面図である。

【図 9】本発明の実施の形態に係る真空ポンプの第 5 実施例として示すターボ分子ポンプの縦断面図である。

【発明を実施するための形態】

【0028】

本発明は、ラジカル発生装置による洗浄効率を向上させて、少ないラジカル発生装置で真空ポンプ内に堆積する反応生成物を効果的に洗浄できるようにすると同時に、運用コストの低減を可能にする真空ポンプ及び真空排気システムを提供するという目的を達成するために、吸気口と排気口を有するハウジングと前記ハウジングの内側に配設された排気機構とを備えた真空ポンプであって、前記排気機構の排気側出口近傍に配設され、前記ハウジング内に貫通して設けられたラジカル供給口と、前記ラジカル供給口から前記ハウジング内にラジカルを供給し、前記供給したラジカルを前記排気機構内の反応生成物が堆積する箇所に流すラジカル供給手段と、を備える、構成としたことにより実現した。

20

【実施例】

【0029】

以下、本発明の実施形態に係る一実施例を添付図面に基づいて詳細に説明する。なお、以下の実施例において、構成要素の数、数値、量、範囲等に言及する場合、特に明示した場合及び原理的に明らかに特定の数に限定される場合を除き、その特定の数に限定されるものではなく、特定の数以上でも以下でも構わない。

30

【0030】

また、構成要素等の形状、位置関係に言及するときは、特に明示した場合及び原理的に明らかにそうでないと考えられる場合等を除き、実質的にその形状等に近似又は類似するもの等を含む。

【0031】

また、図面は、特徴を分かり易くするために特徴的な部分を拡大する等して誇張する場合があります。構成要素の寸法比率等が実際と同じであるとは限らない。また、断面図では、構成要素の断面構造を分かり易くするために、一部の構成要素のハッチングを省略することがある。

40

【0032】

また、以下の説明において、上下や左右等の方向を示す表現は、絶対的なものではなく、本発明の真空ポンプの各部が描かれている姿勢である場合に適切であるが、その姿勢が変化した場合には姿勢の変化に応じて変更して解釈されるべきものである。また、実施例の説明の全体を通じて同じ要素には同じ符号を付している。

【0033】

このターボ分子ポンプ 100A の縦断面図を図 1 及び図 2 に示す。図 1 及び図 2 において、ターボ分子ポンプ 100A は、ハウジングである円筒状の外筒 127 の上端に吸気口

50

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。

【0034】

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、制御装置200に送るように構成されている。

10

【0035】

この制御装置200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、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、ロータ軸113の上側の径方向位置が調整される。

20

【0036】

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。

【0037】

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200に送られるように構成されている。

30

【0038】

そして、制御装置200において、例えばPID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。

40

【0039】

このように、制御装置200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、106Bを励磁制御するアンプ回路150については、後述する。

【0040】

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11

50

3を回転駆動するように、制御装置200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。

【0041】

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おり、ロータ軸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200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。

【0042】

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123a、123b、123c・・・が配設されている。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、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。

【0043】

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。

【0044】

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。チャンバ側から吸気口101に入ってベース部129に移送されてきた排気ガスは、排気口133へと送られる。

【0045】

さらに、ターボ分子ポンプ100Aの用途によって、固定翼スペーサ125の下部とベース部129の間には、ネジ付スペーサ131が配設される。ネジ付スペーサ131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131aが複数条刻設されている。ネジ溝131aの螺旋の方向は、回転体103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133の方へ移送される方向である。回転体103の回転翼102(102a、102b、102c・・・)に続く最下部には円筒部102mが垂下されている。この円筒部102mの外周面は、円筒状で、かつネジ付スペーサ131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131の内周面と所定の隙間を隔てて近接されている。回転翼102および固定翼123によってネジ溝131aに移送されてきた排気ガスは、ネジ溝131aに案内されつつベース部129へと送られる。

【0046】

ベース部129は、ターボ分子ポンプ100A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129はターボ分子ポンプ100A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。

【0047】

かかる構成において、回転翼102がロータ軸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を通じてチャンバから排気ガスが吸気される。吸気口101から吸気された排気ガスは、回転翼102と固

10

20

30

40

50

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。

【 0 0 4 8 】

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伝達する。

【 0 0 4 9 】

なお、上記では、ネジ付スペーサ 1 3 1 は回転体 1 0 3 の円筒部 1 0 2 m の外周に配設し、ネジ付スペーサ 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 m 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。

また、ターボ分子ポンプ 1 0 0 A 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。

【 0 0 5 0 】

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。

【 0 0 5 1 】

ここに、ターボ分子ポンプ 1 0 0 A は、機種の特定と、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 A 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 A 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收容され、気密性の底蓋 1 4 5 によって閉じられている。

【 0 0 5 2 】

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 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 A の内部に付着して堆積する。

【 0 0 5 3 】

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、ターボ分子ポンプ 1 0 0 A の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 A の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 A 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。

【 0 0 5 4 】

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

10

20

30

40

50

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。

【0055】

次に、このように構成されるターボ分子ポンプ 100A 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 3 に示す。

【0056】

図 3 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。

【0057】

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。

【0058】

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。

【0059】

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。

【0060】

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。

【0061】

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。

【0062】

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

10

20

30

40

50

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）。

【0063】

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。

【0064】

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 A 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。

【0065】

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 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。

【0066】

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 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。

【0067】

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。

【0068】

ところで、上述したターボ分子ポンプ 100 A にあっては、外筒 127 とベース部 129 とを有して概略円筒状に形成されているハウジング 110 A の吸気口 101 から吸引したガスによっては、ハウジング 110 A の内部で圧縮する過程で気体から固体に相変化を起こし、ハウジング 110 A の内部で固化する場合がある。その結果、ハウジング 110 A の内部に固化物（以下、これを「反応生成物」という）が堆積し、ガス流路が閉塞するという不具合が生じる場合がある。

【0069】

また、この第 1 の実施例のターボ分子ポンプ 100 A では、ハウジング 110 A の上流側にターボ分子ポンプ機構部 301 を構成し、下流側にネジ溝ポンプ機構部 302 を構成している排気機構 132 を有している。そして、ターボ分子ポンプ機構部 301 には、軸方向に多段状に配列された複数の回転翼 102 を有する回転体 103 と複数の回転翼 102 間に配設された複数の固定翼 123 を設けている。一方、ネジ溝ポンプ機構部 302 には、回転体 103 と一体に回転する回転円筒としての円筒部 102 m と、固定円筒としてのネジ付スペーサ 131 と、回転する円筒部 102 m の外周面と対向する対向面であるネジ付スペーサ 131 の内周面にネジ溝 131 a を設けて、いわゆるホルベック型ポンプ機構として構成している。また、ハウジング 110 A の上流側と下流側との略中間部分、すなわちターボ分子ポンプ機構部 301 とホルベック型ポンプ機構として構成しているネジ溝ポンプ機構部 302 の境界付近にハウジング 110 A 内に貫通している中間ポート 112 を設けているとともに、排気機構 132 の排気側出口近傍である排気口 133 の近傍に

10

20

30

40

50

、ハウジング 1 1 0 A 内に貫通してラジカル供給口 1 3 4 A を設けている。そして、ラジカル供給口 1 3 4 A にラジカル供給手段 1 3 5 を接続し、そのラジカル供給手段 1 3 5 からラジカル供給口 1 3 4 A を通してハウジング 1 1 0 A 内にラジカル 1 3 6 を供給し、その供給したラジカル 1 3 6 を排気機構 1 3 2 の反応生成物が堆積している箇所に流すし、そのラジカル 1 3 6 で排気機構 1 3 2 等に堆積している反応生成物を活性化して除去するようにしている。ラジカル供給手段 1 3 5 からのラジカル 1 3 6 の供給は、制御装置 2 0 0 により制御されて適正量供給される。また、ラジカル供給手段 1 3 5 とラジカル供給口 1 3 4 A との間には、ラジカル供給手段 1 3 5 からのラジカル 1 3 6 の供給をオン・オフ制御する開閉弁 1 4 0 A が設けられている。開閉弁 1 4 0 A の開閉は、制御装置 2 0 0 により制御される。

10

【 0 0 7 0 】

また、ハウジング 1 1 0 A における吸気口 1 0 1 と排気口 1 3 3 との間には、パージガス供給手段 1 3 7 からのパージガス 1 3 8 をハウジング 1 1 0 A 内に供給するパージガス供給口 1 3 9 を設けている。パージガス供給口 1 3 9 は、中間ポート 1 1 2 よりも上流側（ターボ分子ポンプ機構部 3 0 1 側）で、かつ吸気口 1 0 1 よりも下流側に設けられている。パージガス供給手段 1 3 7 からのパージガス 1 3 8 の供給は、制御装置 2 0 0 により制御されて適正量供給される。

【 0 0 7 1 】

なお、ラジカル 1 3 6 は、ハウジング 1 1 0 A の内部に堆積している固化物を除去可能な、例えば三フッ化窒素（ NF_3 ）等の原料ガスに高電圧を印加して生成したフッ素ラジカルなどである。一方、パージガス 1 3 8 は、ラジカル供給口 1 3 4 A からハウジング 1 1 0 A 内に供給されたラジカル 1 3 6 が、ハウジング 1 1 0 A 内で吸気口 1 0 1 側に向かって所定の位置まで流れたら、それ以上は吸気口 1 0 1 側に向かって流れないように、ラジカル 1 3 6 を下流側に向かって押し流す役割をする不活性ガスであり、例えば窒素ガス（ N_2 ）である。

20

【 0 0 7 2 】

また、中間ポート 1 1 2 と排気口 1 3 3 は、それぞれ排気切換弁 2 0 2 A 又は排気切換弁 2 0 2 B を介して、吸引・排気手段 2 0 1 と接続されている。吸引・排気手段 2 0 1 は、中間ポート 1 1 2 及び排気口 1 3 3 を通して、ハウジング 1 1 0 A 内のラジカル 1 3 6 及びパージガス 1 3 8 を、ハウジング 1 1 0 A の外側へ強制的に吸引・排出する吸引ポンプを有している。中間ポート 1 1 2 と吸引・排気手段 2 0 1 との間に介装されている排気切換弁 2 0 2 A と、排気口 1 3 3 と吸引・排気手段 2 0 1 との間に介装されている排気切換弁 2 0 2 B は、それぞれ制御装置 2 0 0 により開閉制御される開閉弁である。ここでの排気切換弁 2 0 2 A と排気切換弁 2 0 2 B は、ラジカル 1 3 6 及びパージガス 1 3 8 を用いてハウジング 1 1 0 A の内部に堆積している反応生成物を除去するためのクリーニングを行うときには、制御装置 2 0 0 により択一的に開閉制御され、その切り換え操作により、後述するようにしてラジカル 1 3 6 及びパージガス 1 3 8 の排出経路を切り換えて、ハウジング 1 1 0 A 内の排気機構 1 3 2 のクリーニングと、排気機構 1 3 2 の出口から排気口 1 3 3 までの排気経路のクリーニングを効果的に行うことができる。

30

【 0 0 7 3 】

次に、ハウジング 1 1 0 A の内部に堆積している反応生成物を除去するためのクリーニング動作を説明する。ハウジング 1 1 0 A の内部に堆積している反応生成物を除去するクリーニングを行う場合は、吸気口 1 0 1 からの送り込まれるプロセスガスは停止される。そして、このクリーニングでは、ハウジング 1 1 0 A 内の反応生成物をより効果的に除去するために、ハウジング 1 1 0 A 内における排気機構 1 3 2 のクリーニングと、排気機構 1 3 2 の出口から排気口 1 3 3 までの排気経路のクリーニングの、2 回のクリーニングに分けて行う。

40

【 0 0 7 4 】

まず、ハウジング 1 1 0 A 内の排気機構 1 3 2 の上流側におけるクリーニングを行う場合は、制御装置 2 0 0 の制御により、排気切換弁 2 0 2 A が開、排気切換弁 2 0 2 B が閉

50

に切り換えられ、中間ポート 1 1 2 が開、排気口 1 3 3 が閉となる。図 1 は、この状態を示している。その後、開閉弁 1 4 0 A が開かれ、ラジカル供給手段 1 3 5 からラジカル 1 3 6 がハウジング 1 1 0 A 内にラジカル供給口 1 3 4 A を通して供給されるとともに、パージガス供給手段 1 3 7 からパージガス 1 3 8 がハウジング 1 1 0 A 内にパージガス供給口 1 3 9 を通して供給される。また、ラジカル供給手段 1 3 5 からのラジカル 1 3 6 の供給と、パージガス供給手段 1 3 7 からのパージガス 1 3 8 の供給に合わせて吸引・排気手段 2 0 1 が駆動され、ハウジング 1 1 0 A 内に供給されたラジカル 1 3 6 及びパージガス 1 3 8 が中間ポート 1 1 2 を通してハウジング 1 1 0 A の外側に吸引されて排出される。

【 0 0 7 5 】

そして、ハウジング 1 1 0 A 内に供給されたラジカル 1 3 6 は、ハウジング 1 1 0 A の内部を流れるとき、ハウジング 1 1 0 A の内部に堆積している反応生成物を活性化して分解・除去し、反応生成物及びパージガス 1 3 8 と共にハウジング 1 1 0 A の外に排出されて処理される。なお、ハウジング 1 1 0 A 内の上流側（吸気口 1 0 1 側）のパージガス供給口 1 3 9 から供給されて中間ポート 1 1 2 からラジカル 1 3 6 と共にハウジング 1 1 0 A の外に排出されて流されるパージガス 1 3 8 は、ラジカル 1 3 6 がハウジング 1 1 0 A 内を流れるとき、ラジカル 1 3 6 をパージガス 1 3 8 の流れに乗せて中間ポート 1 1 2 に誘導し、ラジカル 1 3 6 が、反応生成物と共にハウジング 1 1 0 A 内の規定の高さ箇所を超えて吸気口 1 0 1 側に流れるのを阻止する。すなわち、ラジカル 1 3 6 が分解した反応生成物がターボ分子ポンプ機構部 3 0 1 に流れ、ターボ分子ポンプ機構部 3 0 1 の上流側に堆積するのを阻止する。

【 0 0 7 6 】

これにより、排気機構 1 3 2 に堆積している反応生成物をラジカル 1 3 6 で効果的に分解して、その分解したガスを中間ポート 1 1 2 からハウジング 1 1 0 A の外側に排出することができる。

【 0 0 7 7 】

なお、この排気機構 1 3 2 のクリーニング操作時に、パージガス供給手段 1 3 7 からハウジング 1 1 0 A 内に流されるパージガス 1 3 8 の量は約 1 , 0 0 0 s c c m、ラジカル供給手段 1 3 5 からハウジング 1 1 0 A 内に流されるラジカル 1 3 6 の量は約 5 0 s c c m であり、ラジカル供給手段 1 3 5 での供給電力は約 3 0 0 ワット (W) である。

【 0 0 7 8 】

次に、ハウジング 1 1 0 A 内の排気機構 1 3 2 の出口から排気口 1 3 3 までの排気経路のクリーニングを行う場合は、制御装置 2 0 0 の制御により、排気切換弁 2 0 2 A が閉、排気切換弁 2 0 2 B が開に切り換えられ、中間ポート 1 1 2 が閉、排気口 1 3 3 が開となる。図 2 は、この状態を示している。その後、開閉弁 1 4 0 A が開かれ、ラジカル供給手段 1 3 5 から、ラジカル 1 3 6 がハウジング 1 1 0 A 内にラジカル供給口 1 3 4 A を通して供給されるとともに、パージガス供給手段 1 3 7 から、パージガス 1 3 8 がハウジング 1 1 0 A 内にパージガス供給口 1 3 9 を通して供給される。また、ラジカル供給手段 1 3 5 からのラジカル 1 3 6 の供給と、パージガス供給手段 1 3 7 からのパージガス 1 3 8 の供給に合わせて吸引・排気手段 2 0 1 が駆動され、ハウジング 1 1 0 A 内に供給されたラジカル 1 3 6 及びパージガス 1 3 8 が排気口 1 3 3 を通してハウジング 1 1 0 A の外側に吸引されて排出される。なお、この下流側における排気機構 1 3 2 のクリーニング操作時に、パージガス供給手段 1 3 7 からハウジング 1 1 0 A 内に流されるパージガス 1 3 8 の量は約 5 0 s c c m、ラジカル供給手段 1 3 5 からハウジング 1 1 0 A 内に流されるラジカル 1 3 6 の量は約 5 0 s c c m で、供給電力は約 3 0 0 ワット (W) である。

【 0 0 7 9 】

そして、ハウジング 1 1 0 A 内に供給されたラジカル 1 3 6 は、ハウジング 1 1 0 A の内部を流れるとき、ハウジング 1 1 0 A の内部に堆積している反応生成物を活性化して分解・除去し、反応生成物及びパージガス 1 3 8 と共にハウジング 1 1 0 A の外側に排出されて処理される。また、排気機構 1 3 2 の下流側（ネジ溝ポンプ機構部 3 0 2 側）におけるクリーニングを行う場合も、ハウジング 1 1 0 A 内の上流側のパージガス供給口 1 3 9

からパージガス 138 が供給されて、排気口 133 からラジカル 136 と共にハウジング 110A の外側に流されて排出される。そのパージガス 138 は、ラジカル 136 がハウジング 110A 内を流れるとき、ラジカル 136 をパージガス 138 の流れに乗せて排気口 133 に誘導し、ラジカル 136 が反応生成物や塵と共にハウジング 110A 内の規定の高さ箇所を超えて吸気口 101 側に流れるのを阻止する。

【0080】

したがって、このように構成された第 1 実施例におけるターボ分子ポンプ 100A では、ハウジング 110A の内部に堆積している反応生成物を除去する際、吸気口 101 と排気口 133 との間に設けられているラジカル供給口 134A からハウジング 110A 内にラジカル 136 を供給するようにしているので、供給したラジカル 136 がハウジング 110A 内のクリーニングを必要とする箇所全体に行き渡り、堆積している反応生成物を活性化させて効果的に除去することができる。特に、排気機構 132 におけるクリーニングと、排気機構 132 の出口から排気口 133 までの排気経路におけるクリーニングとに分けて、クリーニングを行うことにより、クリーニングを必要としない他の構成部品の表面にラジカル 136 ができるだけ触れずに、そしてラジカル 136 の活性を失わせることなく、短い経路で効果的にクリーニングを行うことができる。これにより、少ない数のラジカル発生装置（ラジカル供給手段 135）であっても反応生成物を効果的に除去することができるので、ターボ分子ポンプ 100A の内部の洗浄システムにおける洗浄部品コストの低減と運用コストの低減を両立させることが可能になる。

【0081】

なお、第 1 実施例のターボ分子ポンプ 100A におけるハウジング 110A の内部のクリーニングにおいて、中間ポート 112 からパージガス 138 及びラジカル 136 を排出する場合、分解されたガスがハウジング 110A の吸気口 101 まで確実に流れないようにするには、吸気口 101 の上部に開閉弁を設置し、洗浄中は開閉弁を閉じるとよい。

【0082】

また、クリーニング操作中、排気機構 132 を、例えば定格回転数の約半分である 13,500rpm 程度の低速で回転をさせてもよい。排気機構 132 を低速回転させると、未反応のラジカル 136 を中間ポート 112 から排出されることが少なくなり、生成したラジカル 136 を有効に利用できる。また、排気機構 132 の回転数を徐々に下げながらクリーニングすると、排気口 133 付近から吸気口 101 まで効果的に洗浄することが可能になる。一方、排気機構 132 の回転数が高すぎると、未反応のラジカル 136 が上流側まで到達しにくくなる。したがって、ハウジング 110A 内における上流側のクリーニング効果が低い場合は、排気機構の一部を構成している回転体 103 の回転数を少し下げるとよい。また、上流側のクリーニング効果を更にあげるためには、排気機構の一部を構成している回転体 103 を逆回転させてもよい。

【0083】

図 6 は、図 1 及び図 2 に示したターボ分子ポンプ 100A の一部を変形した第 2 実施例としてのターボ分子ポンプ 100B を示すものである。図 6 に示す第 2 実施例のターボ分子ポンプ 100B は、図 1 及び図 2 に示したターボ分子ポンプ 100A が、ハウジング 110A の外側に、ラジカル供給手段 135 からのラジカル 136 の供給を開閉制御する開閉弁 140A を設けていたのに対して、ラジカル供給手段 135 からのラジカル 136 の供給を受けるラジカル供給口 134B と、ラジカル供給口 134B の開閉を制御する開閉弁 140B を、それぞれハウジング 110B の内部に設けたものであり、他の構成及び作用効果は第 1 実施例のターボ分子ポンプ 100A と同じである。したがって、以下の説明では、図 1 及び図 2 に示した第 1 の実施例のターボ分子ポンプ 100A と同じ構成部材には同じ符号を付して説明を省略し、異なる構造の部分についてのみ説明する。なお、図 6 中に示すハウジング 110B は、図 1 及び図 2 中に示すハウジング 110A に対応するものであり、またラジカル供給口 134B は、同じく図 1 及び図 2 中に示すラジカル供給口 134A に対応するものである。

【0084】

図 6 に示す第 2 実施例のターボ分子ポンプ 1 0 0 B では、ラジカル供給口 1 3 4 B を、ハウジング 1 1 0 B におけるベース部 1 2 9 の内部に設けているとともに、ラジカル供給口 1 3 4 B を開閉操作する開閉弁 1 4 0 B もベース部 1 2 9 内に、開閉弁 1 4 0 B の一部（弁体 1 4 2）を突出させて設けている。開閉弁 1 4 0 B は、例えば電磁操作弁である。そして、電磁操作により弁体 1 4 2 が開閉弁 1 4 0 B から突き出されると、弁体 1 4 2 がラジカル供給口 1 3 4 B を塞いで閉じ、ラジカル供給手段 1 3 5 からのラジカル 1 3 6 がラジカル供給口 1 3 4 B を通してハウジング 1 1 0 B の内部に流れるのを阻止する。また、ハウジング 1 1 0 B の内部を流れるプロセスガスが、ラジカル供給手段 1 3 5 の内部に流れるのも阻止する。反対に、電磁操作により弁体 1 4 2 がラジカル供給口 1 3 4 B から離れる方向（開閉弁 1 4 0 B の本体側）に引かれると、ラジカル供給口 1 3 4 B が開き、ラジカル供給手段 1 3 5 からのラジカル 1 3 6 がラジカル供給口 1 3 4 B を通してハウジング 1 1 0 B の内部に流れる設定になっている。

10

【 0 0 8 5 】

次に、第 2 実施例のターボ分子ポンプ 1 0 0 B における、ハウジング 1 1 0 B の内部に堆積している反応生成物を除去してクリーニングを行う場合の動作について説明する。この場合も、ハウジング 1 1 0 B の内部に堆積している反応生成物を除去するクリーニングを行う場合は、吸気口 1 0 1 からの送り込まれるプロセスガスは停止される。そして、このクリーニングでも、ハウジング 1 1 0 B 内の反応生成物をより効果的に除去するために、ハウジング 1 1 0 B 内における排気機構 1 3 2 のクリーニングと、排気機構 1 3 2 の出口から排気口 1 3 3 までの排気経路のクリーニングの、2 回のクリーニングに分けて行う。

20

【 0 0 8 6 】

まず、ハウジング 1 1 0 B 内の排気機構 1 3 2 におけるクリーニングを行う場合は、制御装置 2 0 0 の制御により、排気切換弁 2 0 2 A が開、排気切換弁 2 0 2 B が閉に切り換えられ、中間ポート 1 1 2 が開、排気口 1 3 3 が閉となる。その後、開閉弁 1 4 0 B の弁体 1 4 2 が開かれ、ラジカル供給手段 1 3 5 から、ラジカル 1 3 6 がラジカル供給口 1 3 4 B を通してハウジング 1 1 0 B の内部に供給されるとともに、パージガス供給手段 1 3 7 からパージガス 1 3 8 がパージガス供給口 1 3 9 を通してハウジング 1 1 0 B の内部に供給される。また、ラジカル供給手段 1 3 5 からのラジカル 1 3 6 の供給と、パージガス供給手段 1 3 7 からのパージガス 1 3 8 の供給に合わせて吸引・排気手段 2 0 1 が駆動され、ハウジング 1 1 0 B の内部に供給されたラジカル 1 3 6 及びパージガス 1 3 8 が、中間ポート 1 1 2 を通してハウジング 1 1 0 B の外側に吸引されて排出される。

30

【 0 0 8 7 】

そして、ハウジング 1 1 0 B 内に供給されたラジカル 1 3 6 は、ハウジング 1 1 0 B の内部を流れるとき、ハウジング 1 1 0 B の内部に堆積している反応生成物を活性化して分解・除去し、反応生成物及びパージガス 1 3 8 と共にハウジング 1 1 0 B の外側に排出されて処理される。なお、ハウジング 1 1 0 B 内の上流側（吸気口 1 0 1 側）のパージガス供給口 1 3 9 から供給されて中間ポート 1 1 2 からラジカル 1 3 6 と共にハウジング 1 1 0 B の外に流されるパージガス 1 3 8 は、ラジカル 1 3 6 がハウジング 1 1 0 B の内部を流れるとき、ラジカル 1 3 6 をパージガス 1 3 8 の流れに乗せて中間ポート 1 1 2 に誘導し、ラジカル 1 3 6 が反応生成物と共にハウジング 1 1 0 B 内の規定の高さ位置を超えて吸気口 1 0 1 側に流れるのを阻止する。

40

【 0 0 8 8 】

これにより、排気機構 1 3 2 に堆積している反応生成物をラジカル 1 3 6 で効果的に分解し、分解したガスを中間ポート 1 1 2 からハウジング 1 1 0 B の外側に排出できる。

【 0 0 8 9 】

なお、この排気機構 1 3 2 のクリーニングで、パージガス供給手段 1 3 7 からハウジング 1 1 0 B の内部に流されるパージガス 1 3 8 の量は約 1 , 0 0 0 s c c m、ラジカル供給手段 1 3 5 からハウジング 1 1 0 B の内部に流されるラジカル 1 3 6 の量は約 5 0 s c c m であり、ラジカル供給手段 1 3 5 での供給電力は約 3 0 0 ワット（W）である。

【 0 0 9 0 】

50

次に、ハウジング 110B 内の排気機構 132 の出口から排気口 133 までの排気経路のクリーニングを行う場合を説明する。下流側のクリーニングを行う場合は、制御装置 200 の制御により、排気切換弁 202A が閉、排気切換弁 202B が開に切り換えられ、中間ポート 112 が閉、排気口 133 が開となる。その後、開閉弁 140B が開かれ、ラジカル供給手段 135 から、ラジカル 136 がラジカル供給口 134B を通してハウジング 110B の内部に供給されるとともに、パージガス供給手段 137 から、パージガス 138 がパージガス供給口 139 を通してハウジング 110B の内部に供給される。また、ラジカル供給手段 135 からのラジカル 136 の供給と、パージガス供給手段 137 からのパージガス 138 の供給に合わせて吸引・排気手段 201 が駆動され、ハウジング 110B の内部に供給されたラジカル 136 及びパージガス 138 が、排気口 133 を通してハウジング 110B の外側に吸引されて排出される。なお、排気機構 132 の出口から排気口 133 までの排気経路のクリーニング操作時に、パージガス供給手段 137 からハウジング 110B 内に流されるパージガス 138 の量は約 50 s c c m、ラジカル供給手段 135 からハウジング 110B 内に流されるラジカル 136 の量は約 50 s c c m で、供給電力は約 300 ワット (W) である。

【0091】

そして、ハウジング 110B 内に供給されたラジカル 136 は、ハウジング 110B の内部を流れるとき、ハウジング 110B の内部に堆積している反応生成物を活性化して分解・除去し、反応生成物及びパージガス 138 と共にハウジング 110B の外側に排出されて処理される。また、排気機構 132 の下流側におけるクリーニングを行う場合も、ハウジング 110B 内の上流側のパージガス供給口 139 から供給されて排気口 133 からラジカル 136 と共にハウジング 110B の外に流されるパージガス 138 は、ラジカル 136 がハウジング 110B の内部を流れるとき、ラジカル 136 をパージガス 138 の流れに乗せて排気口 133 に誘導し、ラジカル 136 が反応生成物と共にハウジング 110B 内の規定の高さ位置を超えて吸気口 101 側に流れるのを阻止する。

【0092】

したがって、このように構成された第 2 実施例のターボ分子ポンプ 100B では、ハウジング 110B の内部に堆積している反応生成物を除去する際、吸気口 101 と排気口 133 との間に設けられているラジカル供給口 134B からハウジング 110B の内部にラジカル 136 を供給するようにしているので、供給したラジカル 136 がハウジング 110B 内のクリーニングを必要とする箇所全体に行き渡り、堆積している反応生成物を活性化させて効果的に除去できる。特に、排気機構 132 におけるクリーニングと、排気機構 132 の出口から排気口 133 までの排気経路におけるクリーニングとに分けてクリーニングを行うことにより、クリーニングを必要としない他の構成部材の表面にラジカル 136 ができるだけ触れずに、そしてラジカル 136 の活性を失わせることなく短い経路で効果的にクリーニングを行うことができる。これにより、少ない数のラジカル発生装置 (ラジカル供給手段 135) であっても反応生成物を効果的に除去することができ、ターボ分子ポンプ 100B の内部の洗浄システムにおける洗浄部品コストの低減と運用コストの低減を両立させることが可能になる。

【0093】

図 7 は、図 1 及び図 2 に示したターボ分子ポンプ 100A の一部を変形した第 3 実施例としてのターボ分子ポンプ 100C を示すものである。図 7 に示す第 3 実施例のターボ分子ポンプ 100C は、図 1 及び図 2 に示したターボ分子ポンプ 100A が、吸気口 101 と排気口 133 との間にラジカル供給口 134 を設けていたのに対して、排気口 133 からラジカル 136 を供給するようにしたものであり、他の構成及び作用効果は第 1 実施例のターボ分子ポンプ 100A と同じである。したがって、以下の説明では、図 1 及び図 2 に示した第 1 の実施例のターボ分子ポンプ 100A と同じ構成部材には同じ符号付して説明を省略し、異なる構造の部分についてのみ説明する。なお、図 7 中に示すハウジング 110C は、図 1 及び図 2 中に示すハウジング 110A に対応するものであり、またラジカル供給口 134C は、同じく図 1 及び図 2 中に示すラジカル供給口 134A に対応するも

のである。

【 0 0 9 4 】

図 7 に示す第 3 実施例のターボ分子ポンプ 1 0 0 C では、中間ポート 1 1 2 を、排気機構 1 3 2 の軸方向における略中間部分に対応して設けている。より具体的に説明すると、図 7 に示すように、中間ポート 1 1 2 を、排気機構 1 3 2 における軸方向に多段状に配列された複数の回転翼 1 0 2 と複数の回転翼 1 0 2 間に配設された複数の固定翼 1 2 3 とを有する上流部分（ターボ分子ポンプ機構部 3 0 1）と、円筒部 1 0 2 m と円筒部 1 0 2 m の外周面と対向するネジ付スペーサ 1 3 1 の内周面にネジ溝 1 3 1 a を有する下流部分（ネジ溝ポンプ機構部 3 0 2）と、の間にほぼ対応させて設けている。

【 0 0 9 5 】

また、ターボ分子ポンプ 1 0 0 B の中間ポート 1 1 2 には、開閉弁 2 0 2 C を介して吸引・排気手段 2 0 1 が接続されている。吸引・排気手段 2 0 1 は、クリーニングを行う際、中間ポート 1 1 2 を通して、ハウジング 1 1 0 C 内のラジカル 1 3 6 及びパージガス 1 3 8 をハウジング 1 1 0 C の外側へ強制的に吸引・排出する吸引ポンプを有している。ここでの開閉弁 2 0 2 C は、制御装置 2 0 0 により開閉制御される弁である。そして、開閉弁 2 0 2 C は、ラジカル 1 3 6 及びパージガス 1 3 8 を用いてハウジング 1 1 0 C 内に堆積している反応生成物を除去するクリーニングを行う際には、制御装置 2 0 0 により開に制御され、中間ポート 1 1 2 を吸引・排気手段 2 0 1 に接続し、ハウジング 1 1 0 C 内のガスをハウジング 1 1 0 C の外に吸引・排出して、ハウジング 1 1 0 C の内部における排気機構 1 3 2 等のクリーニングが効果的に行えるようにしている。

【 0 0 9 6 】

次に、ハウジング 1 1 0 C の内部に堆積している反応生成物を除去するクリーニングを行う場合の動作を説明する。ハウジング 1 1 0 C 内の排気機構 1 3 2 等のクリーニングを行う場合は、制御装置 2 0 0 の制御により、開閉弁 2 0 2 C が閉から開に切り換えられる。その後、三方弁 1 4 0 C が切り換えられ、ラジカル供給手段 1 3 5 からラジカル 1 3 6 が、排気口 1 3 3 を通してハウジング 1 1 0 C 内に供給されるとともに、パージガス供給手段 1 3 7 からパージガス 1 3 8 が、パージガス供給口 1 3 9 を通してハウジング 1 1 0 C 内に供給される。また、ラジカル供給手段 1 3 5 からのラジカル 1 3 6 の供給と、パージガス供給手段 1 3 7 からのパージガス 1 3 8 の供給に合わせて吸引・排気手段 2 0 1 が駆動され、ハウジング 1 1 0 C 内に供給されたラジカル 1 3 6 及びパージガス 1 3 8 が、中間ポート 1 1 2 を通してハウジング 1 1 0 C の外側に排出される。

【 0 0 9 7 】

そして、ハウジング 1 1 0 C 内に供給されたラジカル 1 3 6 は、ハウジング 1 1 0 C の内部を流れるとき、ハウジング 1 1 0 C の内部に堆積している反応生成物を活性化して分解・除去し、反応生成物及びパージガス 1 3 8 と共にハウジング 1 1 0 C の外側に排出されて処理される。なお、ハウジング 1 1 0 C 内の上流側（吸気口 1 0 1 側）のパージガス供給口 1 3 9 から供給されて中間ポート 1 1 2 からラジカル 1 3 6 と共にハウジング 1 1 0 C の外に流されるパージガス 1 3 8 は、ラジカル 1 3 6 がハウジング 1 1 0 C の内部を流れるとき、ラジカル 1 3 6 をパージガス 1 3 8 の流れに乗せて中間ポート 1 1 2 に誘導し、ラジカル 1 3 6 が反応生成物と共にハウジング 1 1 0 A 内の規定の高さ位置を超えて吸気口 1 0 1 側に流れるのを阻止する。したがって、第 3 実施例の構造では、パージガス供給手段 1 3 7 からハウジング 1 1 0 C 内に流されるパージガス 1 3 8 の量とラジカル供給手段 1 3 5 からハウジング 1 1 0 C 内に流されるラジカル 1 3 6 の量とのバランスを取りながら調整して、ラジカル 1 3 6 が反応生成物と共にハウジング 1 1 0 C の上流側に向かう流れを制御する。そして、このパージガス 1 3 8 とラジカル 1 3 6 との高さ位置の調整でハウジング 1 1 0 C 内のクリーニング範囲を設定し、その設定範囲以内でのクリーニングを行う。

【 0 0 9 8 】

図 8 は、図 1 及び図 2 に示したターボ分子ポンプ 1 0 0 A の一部を変形した第 4 実施例としてのターボ分子ポンプ 1 0 0 D を示すものである。図 8 示す第 4 実施例のターボ分子

10

20

30

40

50

ポンプ100Dは、図1及び図2に示したターボ分子ポンプ100Aが、ラジカル供給口134Aの位置を、排気機構132の軸方向において排気口133と略同じ高さ位置に設けていたのに対して、ラジカル供給口134Dの位置を、排気口133よりも上方で、かつ、排気機構132における円筒部102mと円筒部102mの外周面と対向するネジ付スペーサ131の内周面にネジ溝131aを有する下流部分(ネジ溝ポンプ機構部302)とほぼ対応している位置に設けたもので、他の構成及び作用効果は第1実施例のターボ分子ポンプ100Aと同じである。したがって、以下の説明では、図1及び図2に示した第1の実施例のターボ分子ポンプ100Aと同じ構成部材には同じ符号付して説明を省略し、異なる構造の部分についてのみ説明する。なお、図8中に示すハウジング110Dは、図1及び図2中に示すハウジング110Aに対応するものであり、またラジカル供給口134Dは、同じく図1及び図2中に示すラジカル供給口134Aに対応するものである。

10

【0099】

図8に示す第4実施例のターボ分子ポンプ100Dにおけるラジカル供給口134Dは、排気口133よりも上方で、かつ排気機構132における円筒部102mと円筒部102mの外周面と対向するネジ付スペーサ131の内周面にネジ溝131aを有する下流部分(ネジ溝ポンプ機構部302)とほぼ対応する位置で、かつネジ付スペーサ131の外周面に、ハウジング110D及びネジ付スペーサ131を貫通した状態にして設けている。

【0100】

この第4実施例のターボ分子ポンプ100Dにおける、ハウジング110Dの内部に堆積している反応生成物を除去してクリーニングを行う場合の動作について次に説明する。この場合も、ハウジング110Dの内部に堆積している反応生成物を除去するクリーニングを行う場合は、吸気口101からの送り込まれるプロセスガスは停止される。

20

【0101】

そして、第4実施例のターボ分子ポンプ100Dにおいて、ラジカル供給口134Dより上流側をクリーニングする場合は、制御装置200の制御により、排気切換弁202Aが開、排気切換弁202Bが閉に切り換えられ、中間ポート112が開、排気口133が閉となる。その後、開閉弁140Aが開かれ、ラジカル供給手段135からラジカル136が、ラジカル供給口134Dを通してハウジング110D内に供給されるとともに、パージガス供給手段137からパージガス138が、パージガス供給口139を通してハウジング110D内に供給される。また、ラジカル供給手段135からのラジカル136の供給と、パージガス供給手段137からのパージガス138の供給に合わせて吸引・排気手段201が駆動され、ハウジング110D内に供給されたラジカル136及びパージガス138が中間ポート112を通してハウジング110Dの外側に吸引されて排出される。

30

【0102】

そして、ハウジング110D内に供給されたラジカル136は、ハウジング110Dの内部を流れるとき、排気機構132の内部に堆積している反応生成物を活性化して分解・除去し、反応生成物及びパージガス138と共にハウジング110D外に排出されて処理される。なお、ハウジング110D内の上流側(吸気口101側)のパージガス供給口139から供給されて中間ポート112からラジカル136と共にハウジング110Dの外に流されるパージガス138は、ラジカル136がハウジング110D内を流れるとき、ラジカル136をパージガス138の流れに乗せて中間ポート112に誘導し、ラジカル136が反応生成物と共にハウジング110D内の規定の高さ位置を超えて吸気口101側に流れるのを阻止する。

40

【0103】

これにより、ハウジング110Dの下流側(排気口133)から中間ポート112を超えた上流側の所定の高さ位置まで、広い範囲に渡って堆積している反応生成物をラジカル136で効果的に分解して、分解したガスを中間ポート112からハウジング110Dの外側に排出することができる。

【0104】

なお、この上流側における排気機構132のクリーニングでパージガス供給手段137

50

からハウジング 110D の内部に流されるパージガス 138 の量は約 1,000 s c c m、ラジカル供給手段 135 からハウジング 110A 内に流されるラジカル 136 の量は約 50 s c c m であり、ラジカル供給手段 135 での供給電力は約 300 ワット (W) である。

【0105】

次に、ラジカル供給口 134D より下流側の範囲を、集中的にクリーニングを行う場合は、制御装置 200 の制御により、排気切換弁 202A が閉、排気切換弁 202B が開に切り換えられ、中間ポート 112 が閉、排気口 133 が開となる。その後、開閉弁 140A が開かれ、ラジカル供給手段 135 からラジカル 136 が、ラジカル供給口 134D を通してハウジング 110D の内部に供給されるとともに、パージガス供給手段 137 からパージガス 138 が、パージガス供給口 139 を通してハウジング 110D 内に供給される。また、ラジカル供給手段 135 からのラジカル 136 の供給と、パージガス供給手段 137 からのパージガス 138 の供給に合わせて吸引・排気手段 201 が駆動され、ハウジング 110D の内部に供給されたラジカル 136 及びパージガス 138 が排気口 133 を通してハウジング 110D の外側に吸引されて排出される。なお、この下流側における排気機構 132 のクリーニングでパージガス供給手段 137 からハウジング 110D の内部に流されるパージガス 138 の量は約 50 s c c m、ラジカル供給手段 135 からハウジング 110B 内に流されるラジカル 136 の量は約 50 s c c m で、供給電力は約 300 ワット (W) である。

【0106】

そして、ハウジング 110D の内部に供給されたラジカル 136 は、ハウジング 110D の内部を流れるとき、ハウジング 110D の内部に堆積している反応生成物を活性化して分解・除去し、反応生成物及びパージガス 138 と共にハウジング 110D の外側に排出されて処理される。また、排気機構 132 の下流側 (ネジ溝ポンプ機構部 302) におけるクリーニングを行う場合も、ハウジング 110D 内の上流側のパージガス供給口 139 から供給されて排気口 133 からラジカル 136 と共にハウジング 110D の外側に流されるパージガス 138 は、ラジカル 136 がハウジング 110D 内を流れるとき、ラジカル 136 をパージガス 138 の流れに乗せて排気口 133 に誘導し、ラジカル 136 が反応生成物と共にハウジング 110B 内の規定の高さ位置を超えて吸気口 101 側に流れるのを阻止する。

【0107】

したがって、このように構成された第 4 実施例におけるターボ分子ポンプ 100D では、ハウジング 110D 内に堆積している反応生成物を除去する際、吸気口 101 と排気口 133 との間に設けられているラジカル供給口 134D からハウジング 110D 内にラジカル 136 を供給するようにしているので、供給したラジカル 136 がハウジング 110D 内のクリーニングを必要とする箇所全体に行き渡り、堆積している反応生成物を活性化させて効果的に除去することができる。特に、ラジカル供給口 134D より上流側におけるクリーニングと、ラジカル供給口 134D より下流側におけるクリーニングとに分けて行うことにより、短い経路でクリーニングを必要としない他の構成部品の表面にラジカル 136 ができるだけ触れずに、ラジカル 136 の活性を失わせることなくクリーニングを行うことができる。これにより、少ない数のラジカル発生装置 (ラジカル供給手段 135) であっても反応生成物を効果的に除去することができるので、ターボ分子ポンプ 100D の内部の洗浄システムにおける洗浄部品コストの低減と運用コストの低減の両方を抑えることが可能になる。

【0108】

図 9 は、図 1 及び図 2 に示したターボ分子ポンプ 100A の一部を変形した第 5 実施例としてのターボ分子ポンプ 100E を示すものである。図 9 に示す第 5 実施例のターボ分子ポンプ 100E は、図 1 及び図 2、図 6、図 7、図 8 にそれぞれ示したターボ分子ポンプ 100A、100B、100C、100D のネジ溝ポンプ機構部 302 の構成がいずれもホルベック型ポンプ機構であったのに対して、シグバーン型ポンプ機構とした場合であ

り、他の構成及び作用効果は第1実施例のターボ分子ポンプ100Aと同じである。したがって、以下の説明では、図1及び図2に示した第1の実施例のターボ分子ポンプ100Aと同じ構成部材には同じ符号付して説明を省略し、異なる構造の部分についてのみ説明する。なお、図9中に示すハウジング110Eは、図1及び図2中に示すハウジング110Aに対応するものであり、またラジカル供給口134Eは、同じく図1及び図2中に示すラジカル供給口134Aに対応するものである。

【0109】

ネジ溝ポンプ機構部302をシグバーン型ポンプ機構として構成している図9に示すターボ分子ポンプ100Eにおけるネジ溝ポンプ機構部302は、軸方向で互に対向する回転円板302Aと固定円板302Bとを有している。そして、回転円板302Aと対向する固定円板302Bの両面に、それぞれ渦巻き状山部302Dと渦巻き状谷部302Eを設けてなる渦状溝としての、ネジ溝302Fが形成されている構造になっている。

10

【0110】

また、図9に示すターボ分子ポンプ100Eでの中間ポート112は、ターボ分子ポンプ機構部301とシグバーン型ポンプ機構として構成しているネジ溝ポンプ機構部302の境界付近に、ハウジング110A内に貫通した状態にして設けている。一方、ターボ分子ポンプ100Eでのラジカル供給口134Eは、排気口133よりも上方で、かつ、排気機構132における下流部分の下側（回転円板302Aの下面）とほぼ対応する位置であり、ハウジング110Eを貫通した状態にして設けている。

【0111】

この第5実施例のターボ分子ポンプ100Eにおける、ハウジング110Eの内部に堆積している反応生成物を除去してクリーニングを行う場合の動作について次に説明する。この場合も、ハウジング110Eの内部に堆積している反応生成物を除去するクリーニング作業を行う場合は、吸気口101から送り込まれるプロセスガスは停止される。

20

【0112】

そして、第5実施例のターボ分子ポンプ100Eにおいて、ハウジング110E内の下流側から上流側の範囲に渡ってクリーニングをする場合は、制御装置200の制御により、排気切換弁202Aが開、排気切換弁202Bが閉に切り換えられ、中間ポート112が開、排気口133が閉となる。その後、開閉弁140Aが開かれ、ラジカル供給手段135からラジカル136が、ラジカル供給口134Eを通してハウジング110E内に供給されるとともに、パージガス供給手段137からパージガス138が、パージガス供給口139を通してハウジング110E内に供給される。また、ラジカル供給手段135からのラジカル136の供給と、パージガス供給手段137からのパージガス138の供給に合わせて吸引・排気手段201が駆動され、ハウジング110E内に供給されたラジカル136及びパージガス138が、中間ポート112を通してハウジング110Eの外側に吸引されて排出される。

30

【0113】

そして、ハウジング110E内に供給されたラジカル136は、ハウジング110Eの内部を流れるとき、ハウジング110Eの内部に堆積している反応生成物を活性化して分解・除去し、反応生成物及びパージガス138と共にハウジング110E外に排出されて処理される。なお、ハウジング110E内の上流側（吸気口101側）のパージガス供給口139から供給されて中間ポート112からラジカル136と共にハウジング110Eの外側に流されるパージガス138は、ラジカル136がハウジング110B内を流れるとき、ラジカル136をパージガス138の流れに乗せて中間ポート112に誘導し、ラジカル136が反応生成物と共にハウジング110E内の規定の高さ位置を超えて吸気口101側に流れるのを阻止する。

40

【0114】

これにより、ハウジング110Eの下流側（排気口133）から中間ポート112を超えた上流側の所定の高さ位置まで、広い範囲に渡って堆積している反応生成物をラジカル136で効果的に分解して、分解したガスを中間ポート112からハウジング110Eの

50

外に排出することができる。

【0115】

なお、この上流側における排気機構132のクリーニングでパージガス供給手段137からハウジング110Eの内部に流されるパージガス138の量は約1,000sccm、ラジカル供給手段135からハウジング110E内に流される、ラジカル136の量は約50sccmであり、ラジカル供給手段135での供給電力は約300ワット(W)である。

【0116】

次に、ハウジング110E内の排気機構132の下流側の範囲(本例では、シグバーン型ポンプ機構の部分)だけを集中的にクリーニングを行う場合は、制御装置200の制御により、排気切換弁202Aが閉、排気切換弁202Bが開に切り換えられ、中間ポート112が閉、排気口133が開となる。その後、開閉弁140Aが開かれ、ラジカル供給手段135からラジカル136が、ラジカル供給口134Eを通してハウジング110E内に供給されるとともに、パージガス供給手段137からパージガス138が、パージガス供給口139を通してハウジング110D内に供給される。また、ラジカル供給手段135からのラジカル136の供給と、パージガス供給手段137からのパージガス138の供給に合わせて吸引・排気手段201が駆動され、ハウジング110E内に供給されたラジカル136及びパージガス138が排気口133を通してハウジング110Eの外側に吸引されて排出される。なお、この下流側における排気機構132のクリーニングでパージガス供給手段137からハウジング110E内に流されるパージガス138の量は約50sccm、ラジカル供給手段135からハウジング110E内に流されるラジカル136の量は約50sccmで、供給電力は約300ワット(W)である。

【0117】

そして、ハウジング110E内に供給されたラジカル136は、ハウジング110Eの内部を流れるとき、ハウジング110Eの内部に堆積している反応生成物を活性化して分解・除去し、反応生成物及びパージガス138と共にハウジング110Eの外側に排出されて処理される。また、排気機構132の下流側(本例では、シグバーン型ポンプ機構の部分)におけるクリーニングを行う場合も、ハウジング110Eの上流側のパージガス供給口139から供給されて排気口133からラジカル136と共にハウジング110Eの外側に流されて排出されるパージガス138は、ラジカル136がハウジング110Eの内部を流れるとき、ラジカル136をパージガス138の流れに乗せて排気口133に誘導し、ラジカル136が反応生成物と共にハウジング110E内の規定の高さ位置を超えて吸気口101側に流れるのを阻止する。

【0118】

したがって、このように構成された第5実施例によるターボ分子ポンプ100Eでは、ハウジング110E内に堆積している反応生成物を除去する際、吸気口101と排気口133との間に設けられているラジカル供給口134Eからハウジング110E内にラジカル136を供給するようにしているので、供給したラジカル136がハウジング110E内のクリーニングを必要とする箇所全体に行き渡り、堆積している反応生成物を活性化させて効果的に除去することができる。特に、排気機構132の上流側におけるクリーニングと下流側におけるクリーニングとに分けて行うことにより、短い経路でクリーニングを必要としない他の構成部品の表面にラジカル136ができるだけ触れずに、ラジカル136の活性を失わせることなくクリーニングを行うことができる。これにより、少ない数のラジカル発生装置(ラジカル供給手段135)であっても反応生成物を効果的に除去することができ、ターボ分子ポンプ100Eの内部を洗浄するシステムにおける洗浄部品コストの低減と運用コストの低減の両方を抑えることが可能になる。

【0119】

なお、本発明は、本発明の精神を逸脱しない限り種々の改変や組み合わせを成すことができ、そして、本発明が該改変や該組み合わせされたものに及ぶことは当然である。

また、各実施例では、ラジカル供給手段135をターボ分子ポンプ100A~100E

10

20

30

40

50

の外側に設置する構造を用いて説明したが、ラジカル発生装置をハウジング 1 1 0 A ~ 1 0 0 E に内蔵するように設置してもよい。

【符号の説明】

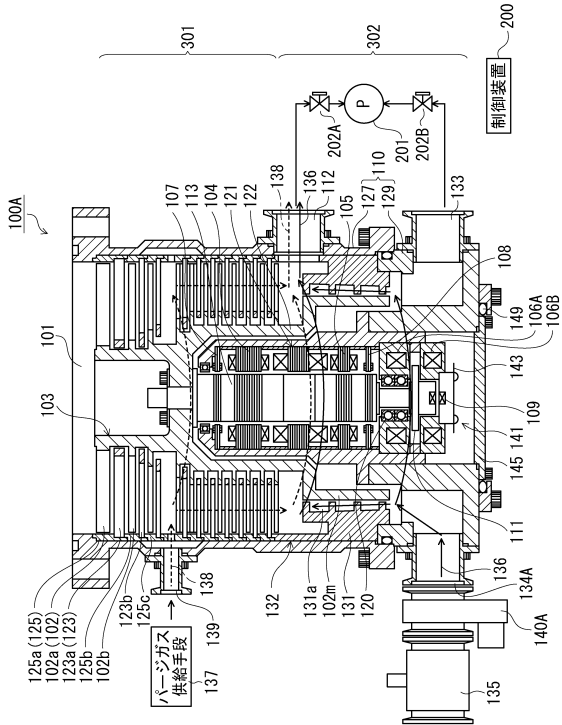
【 0 1 2 0 】

1 0 0 A	: ターボ分子ポンプ	
1 0 0 B	: ターボ分子ポンプ	
1 0 0 C	: ターボ分子ポンプ	
1 0 0 D	: ターボ分子ポンプ	
1 0 0 E	: ターボ分子ポンプ	
1 0 1	: 吸気口	10
1 0 2	: 回転翼	
1 0 2 m	: 円筒部	
1 0 3	: 回転体 (排気機構)	
1 1 0 A	: ハウジング	
1 1 0 B	: ハウジング	
1 1 0 C	: ハウジング	
1 1 0 D	: ハウジング	
1 1 0 E	: ハウジング	
1 1 2	: 中間ポート	
1 1 3	: ロータ軸	20
1 2 3	: 固定翼	
1 2 3 a	: 固定翼	
1 2 3 b	: 固定翼	
1 2 3 c	: 固定翼	
1 2 5	: 固定翼スペーサ	
1 2 7	: 外筒	
1 2 9	: ベース部	
1 3 1	: ネジ付スペーサ	
1 3 1 a	: ネジ溝	
1 3 2	: 排気機構	30
1 3 3	: 排気口	
1 3 4 A	: ラジカル供給口	
1 3 4 B	: ラジカル供給口	
1 3 4 C	: ラジカル供給口	
1 3 4 D	: ラジカル供給口	
1 3 4 E	: ラジカル供給口	
1 3 5	: ラジカル供給手段	
1 3 6	: ラジカル	
1 3 7	: パージガス供給手段	
1 3 8	: パージガス	40
1 3 9	: パージガス供給口	
1 4 0 A	: 開閉弁	
1 4 0 B	: 開閉弁	
1 4 0 C	: 三方弁	
2 0 0	: 制御装置	
2 0 1	: 吸引・排気手段	
2 0 2 A	: 排気切換弁	
2 0 2 B	: 排気切換弁	
2 0 2 C	: 開閉弁	
3 0 1	: ターボ分子ポンプ機構部	50

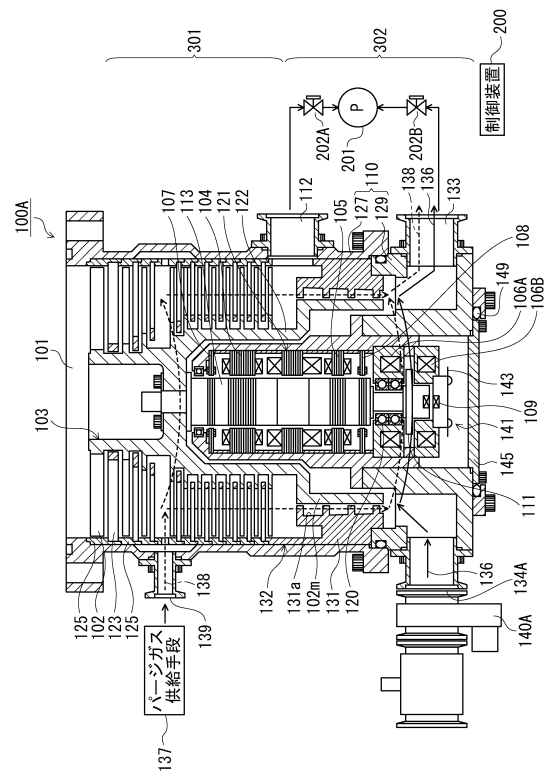
- 302 : ネジ溝ポンプ機構部
- 302A : 回転円板
- 302B : 固定円板
- 302D : 渦巻き状山部
- 302E : 渦巻き状谷部
- 302F : ネジ溝

【図面】

【図1】



【図2】



10

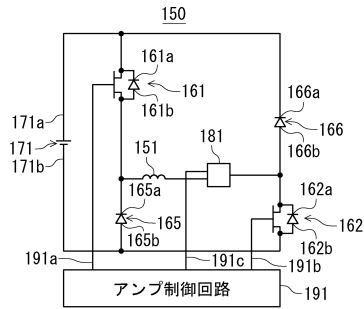
20

30

40

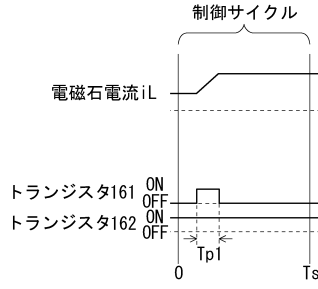
50

【 図 3 】



【 図 4 】

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
《電流増加の場合》

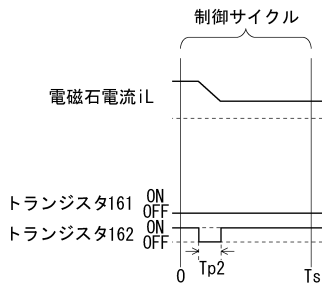


10

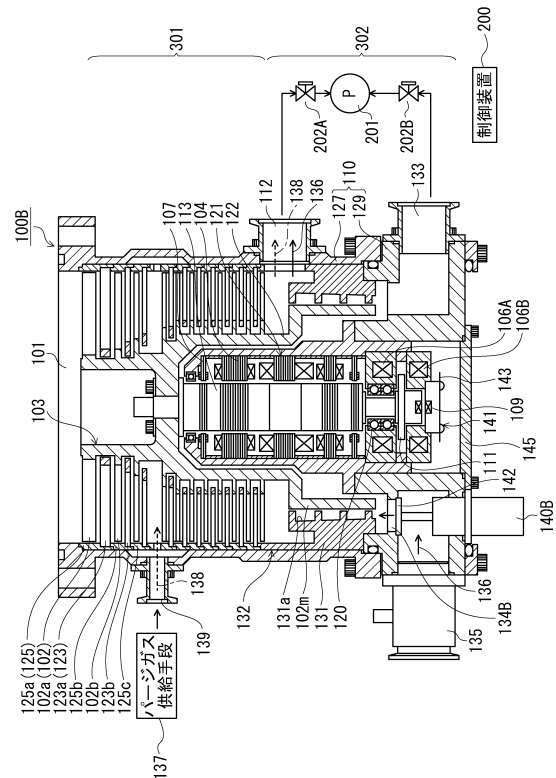
20

【 図 5 】

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
《電流減少の場合》



【 図 6 】

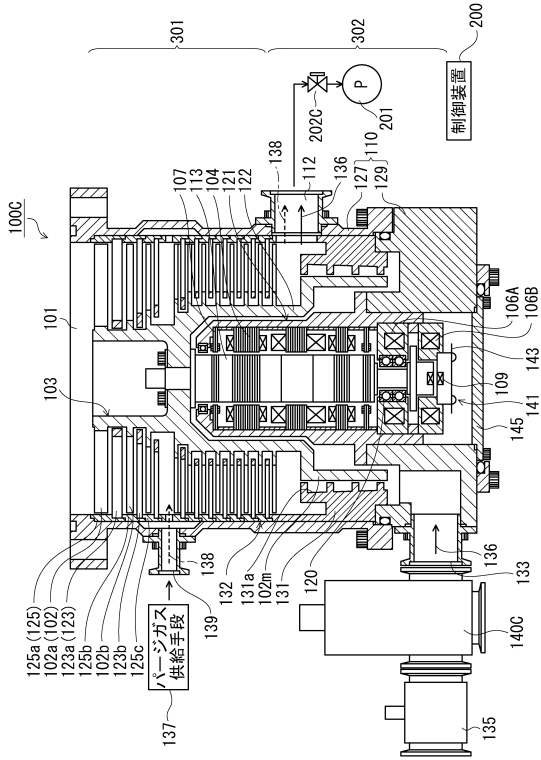


30

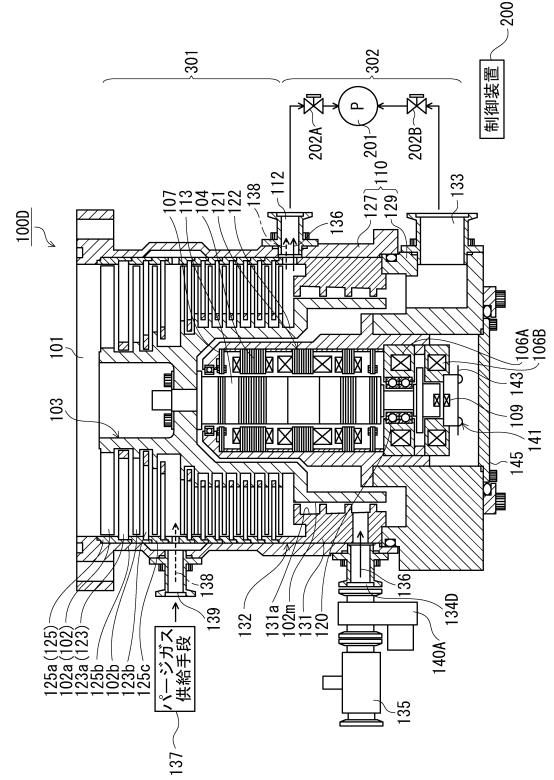
40

50

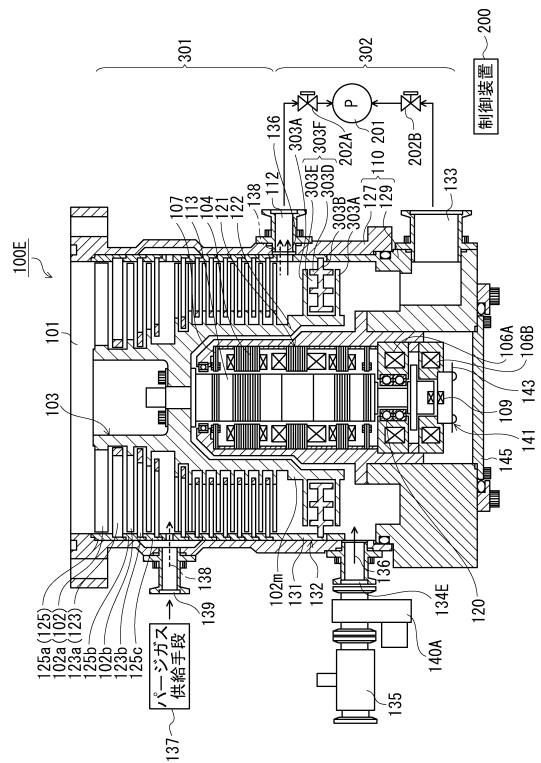
【図7】



【図8】



【図9】



10

20

30

40

50

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開 2022 - 017864 (JP, A)
特開 2008 - 248825 (JP, A)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
F04D 19/04