

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2014-141925

(P2014-141925A)

(43) 公開日 平成26年8月7日(2014.8.7)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
F04C 29/00 (2006.01)	F O 4 C 29/00 S	3 H 1 2 9
F04C 25/02 (2006.01)	F O 4 C 25/02 M	
F04C 29/04 (2006.01)	F O 4 C 25/02 K	
	F O 4 C 29/04 J	

審査請求 未請求 請求項の数 18 O L (全 17 頁)

(21) 出願番号	特願2013-10756 (P2013-10756)	(71) 出願人	000000239
(22) 出願日	平成25年1月24日 (2013.1.24)		株式会社荏原製作所
			東京都大田区羽田旭町 1 1 番 1 号
		(74) 代理人	100091498
			弁理士 渡邊 勇
		(74) 代理人	100118500
			弁理士 廣澤 哲也
		(72) 発明者	松島 圭亮
			東京都大田区羽田旭町 1 1 番 1 号 株式会
			社荏原製作所内
		(72) 発明者	穂積 崇史
			東京都大田区羽田旭町 1 1 番 1 号 株式会
			社荏原製作所内

最終頁に続く

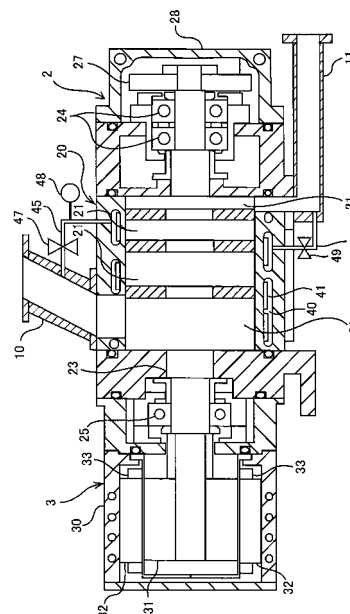
(54) 【発明の名称】 真空ポンプ装置およびその運転方法

(57) 【要約】

【課題】 ポンプの回転速度を低下させた場合でもポンプの温度の低下を抑制することができる真空ポンプ装置を提供する。

【解決手段】 ドライ真空ポンプ 2 と、ドライ真空ポンプ 2 を駆動するモータ 3 とを備えた真空ポンプ装置 1 であって、ドライ真空ポンプ 2 は、1 対のポンプロータ 2 1 と、ポンプロータ 2 1 を収容するポンプケーシング 2 0 とを備えており、ポンプケーシング 2 0 内には、ポンプロータ 2 1 を囲むように密閉室 4 0 が形成されており、密閉室 4 0 内に真空を形成することでポンプケーシング 2 0 の保温性を高めるように構成されている。

【選択図】 図 2



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

ドライ真空ポンプと、
前記ドライ真空ポンプを駆動するモータとを備えた真空ポンプ装置であって、
前記ドライ真空ポンプは、1 対のポンプロータと、前記ポンプロータを収容するポンプケーシングとを備えており、
前記ポンプケーシングには、前記ポンプロータを囲むように密閉室が形成されており、
前記密閉室内に真空を形成することで前記ポンプケーシングの保温性を高めるように構成されたことを特徴とする真空ポンプ装置。

【請求項 2】

前記ドライ真空ポンプの吸気ポートと前記密閉室とを連通する第 1 の流路をさらに備えたことを特徴とする請求項 1 に記載の真空ポンプ装置。

【請求項 3】

前記密閉室は、螺旋状に形成されていることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の真空ポンプ装置。

【請求項 4】

前記第 1 の流路に取り付けられた第 1 の開閉弁と、
前記ドライ真空ポンプの周囲空間と前記密閉室とを連通する第 2 の流路と、
前記第 2 の流路に取り付けられた第 2 の開閉弁とをさらに備えたことを特徴とする請求項 2 または 3 に記載の真空ポンプ装置。

【請求項 5】

前記ポンプケーシングを加熱する発熱体を前記密閉室の内周面に接触するように配置したことを特徴とする請求項 1 乃至 4 のいずれか一項に記載の真空ポンプ装置。

【請求項 6】

前記発熱体はシート状のヒーターであることを特徴とする請求項 5 に記載の真空ポンプ装置。

【請求項 7】

ブースターポンプと、
前記ブースターポンプの排気ポートに接続されたメインポンプと、
前記ブースターポンプおよび前記メインポンプをそれぞれ駆動するモータとを備えた真空ポンプ装置であって、
前記ブースターポンプのポンプケーシングには、前記ブースターポンプのポンプロータを囲むように第 1 の密閉室が形成されており、
前記メインポンプのポンプケーシングには、前記メインポンプのポンプロータを囲むように第 2 の密閉室が形成されており、
前記第 1 の密閉室内および前記第 2 の密閉室内に真空を形成することで前記ブースターポンプのポンプケーシングおよび前記メインポンプのポンプケーシングの保温性を高めるように構成されたことを特徴とする真空ポンプ装置。

【請求項 8】

前記第 1 の密閉室と前記第 2 の密閉室とを連通する連通流路と、
前記メインポンプの吸気ポートと前記連通流路とを連通する第 1 の流路とをさらに備えていることを特徴とする請求項 7 に記載の真空ポンプ装置。

【請求項 9】

前記第 1 の流路に取り付けられた第 1 の開閉弁と、
前記メインポンプの周囲空間と前記第 2 の密閉室とを連通する第 2 の流路と、
前記第 2 の流路に取り付けられた第 2 の開閉弁とをさらに備えたことを特徴とする請求項 8 に記載の真空ポンプ装置。

【請求項 10】

前記第 1 の密閉室と前記メインポンプの吸気ポートとを連通する第 1 の流路と、
前記第 1 の密閉室と前記第 2 の密閉室とを連通する連通流路を備えたことを特徴とする

10

20

30

40

50

請求項 7 に記載の真空ポンプ装置。

【請求項 1 1】

前記第 2 の密閉室と前記メインポンプの周囲空間とを連通する第 2 の流路と、

前記第 2 の流路に取り付けられた第 2 の開閉弁とをさらに備えたことを特徴とする請求項 1 0 に記載の真空ポンプ装置。

【請求項 1 2】

請求項 4 に記載の真空ポンプ装置の運転方法であって、

前記ドライ真空ポンプを駆動し、前記第 1 の開閉弁を開くことで、前記ドライ真空ポンプにより前記密閉室内の気体を吸引することを特徴とする真空ポンプ装置の運転方法。

【請求項 1 3】

前記第 1 の開閉弁を閉じ、前記第 2 の開閉弁を開くことで、前記密閉室内を大気開放することを特徴とする請求項 1 2 に記載の真空ポンプ装置の運転方法。

【請求項 1 4】

前記第 1 の開閉弁を閉じて、前記第 2 の開閉弁を開き、

前記密閉室に連通するガス導入管を通じて気体を該密閉室に導入して、前記ドライ真空ポンプの温度を低下させることを特徴とする請求項 1 2 に記載の真空ポンプ装置の運転方法。

【請求項 1 5】

請求項 9 に記載の真空ポンプ装置の運転方法であって、

前記メインポンプを駆動し、前記第 1 の開閉弁を開き、前記第 1 の密閉室および前記第 2 の密閉室の気体を前記メインポンプにより吸引して前記第 1 の密閉室内および前記第 2 の密閉室内に真空を形成することを特徴とする真空ポンプ装置の運転方法。

【請求項 1 6】

前記第 1 の開閉弁を閉じて、前記第 2 の開閉弁を開き、

前記第 1 の密閉室に連通するガス導入管を通じて気体を該第 1 の密閉室および前記第 2 の密閉室に導入して、前記ブースターポンプおよび前記メインポンプの温度を低下させることを特徴とする請求項 1 5 に記載の真空ポンプ装置の運転方法。

【請求項 1 7】

請求項 1 0 に記載の真空ポンプ装置の運転方法であって、

前記メインポンプを駆動し、前記第 1 の開閉弁を開くことで、前記メインポンプにより前記第 1 の密閉室内および前記第 2 の密閉室内の気体を吸引することを特徴とする真空ポンプ装置の運転方法。

【請求項 1 8】

請求項 1 1 に記載の真空ポンプ装置の運転方法であって、

前記第 1 の開閉弁および前記第 2 の開閉弁を開き、気体を前記第 2 の流路を通じて前記第 2 の密閉室に導入して該気体を加熱し、

前記加熱された気体を、前記連通流路を通じて前記第 2 の密閉室から前記第 1 の密閉室に移送して、前記ブースターポンプを加熱することを特徴とする真空ポンプ装置の運転方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は半導体製造装置に使用されるプロセスチャンバなどの真空チャンバを真空排気するための真空ポンプ装置およびその運転方法に関するものである。

【背景技術】

【0002】

半導体製造装置などにおいては、真空チャンバ内のガスを排出するために、ドライ真空ポンプが用いられる。ドライ真空ポンプの代表例として、一対のポンプロータが互いに反対方向に回転し、真空チャンバ内のガスをポンプロータの上流側（すなわち、ポンプの吸気側）から下流側（すなわち、ポンプの排気側）に移送して排気する容積式ドライ真空ポ

10

20

30

40

50

ンプがある。

【 0 0 0 3 】

真空チャンバ内のガスの種類によっては、温度低下に伴って副生成物を生成するものがある。このような副生成物は、例えば真空チャンバの内壁面に付着することがある。このような副生成物が真空チャンバの内壁面に堆積すると、真空チャンバ内の処理環境に悪影響を及ぼす。このため、副生成物を除去するガス（いわゆるクリーニングガス）を真空チャンバ内に供給して、真空チャンバの内壁面に付着した副生成物を除去するクリーニングプロセスが行われる。

【 0 0 0 4 】

真空ポンプを駆動してクリーニングガスを真空チャンバから排出するとき、ポンプの回転速度を通常の運転時よりも低下させることで省エネルギー化が図られている。しかしながら、ポンプの回転速度を低下させると、ポンプロータで空気を圧縮したときに発生する熱（圧縮熱）が十分に得られなくなり、ポンプの温度が低下する。ポンプの温度が低下すると、副生成物がポンプケーシング内で析出してしまい、ポンプロータが副生成物を噛み込むことがある。

10

【 先行技術文献 】

【 特許文献 】

【 0 0 0 5 】

【 特許文献 1 】 特開 2 0 0 1 - 2 8 9 1 8 6 号 公 報

【 特許文献 2 】 特開 2 0 0 2 - 6 1 5 8 9 号 公 報

20

【 特許文献 3 】 特開 2 0 1 0 - 1 2 7 1 5 7 号 公 報

【 発明の概要 】

【 発明が解決しようとする課題 】

【 0 0 0 6 】

本発明は、上述した従来技術の問題点に鑑みてなされたもので、ポンプの回転速度を低下させた場合でもポンプの温度低下を抑制することができる真空ポンプ装置を提供することを目的とする。また、本発明は、そのような真空ポンプ装置の運転方法を提供することを目的とする。

【 課題を解決するための手段 】

【 0 0 0 7 】

30

上述した課題を解決するための本発明の一態様は、ドライ真空ポンプと、前記ドライ真空ポンプを駆動するモータとを備えた真空ポンプ装置であって、前記ドライ真空ポンプは、1対のポンプロータと、前記ポンプロータを収容するポンプケーシングとを備えており、前記ポンプケーシングには、前記ポンプロータを囲むように密閉室が形成されており、前記密閉室内に真空を形成することで前記ポンプケーシングの保温性を高めるように構成されたことを特徴とする。

【 0 0 0 8 】

前記ドライ真空ポンプの吸気ポートと前記密閉室とを連通する第1の流路をさらに備えたことを特徴とする。

40

前記密閉室は、螺旋状に形成されていることを特徴とする。

前記第1の流路に取り付けられた第1の開閉弁と、前記ドライ真空ポンプの周囲空間と前記密閉室とを連通する第2の流路と、前記第2の流路に取り付けられた第2の開閉弁とをさらに備えたことを特徴とする。

前記ポンプケーシングを加熱する発熱体を前記密閉室の内周面に接触するように配置したことを特徴とする。

前記発熱体はシート状のヒーターであることを特徴とする。

【 0 0 0 9 】

ブースターポンプと、前記ブースターポンプの排気ポートに接続されたメインポンプと、前記ブースターポンプおよび前記メインポンプをそれぞれ駆動するモータとを備えた真空ポンプ装置であって、前記ブースターポンプのポンプケーシングには、前記ブースター

50

ポンプのポンプロータを囲むように第 1 の密閉室が形成されており、前記メインポンプのポンプケーシングには、前記メインポンプのポンプロータを囲むように第 2 の密閉室が形成されており、前記第 1 の密閉室内および前記第 2 の密閉室内に真空を形成することで前記ブースターポンプのポンプケーシングおよび前記メインポンプのポンプケーシングの保温性を高めるように構成されたことを特徴とする。

【 0 0 1 0 】

前記第 1 の密閉室と前記第 2 の密閉室とを連通する連通流路と、前記メインポンプの吸気ポートと前記連通流路とを連通する第 1 の流路とをさらに備えていることを特徴とする。

前記第 1 の流路に取り付けられた第 1 の開閉弁と、前記メインポンプの周囲空間と前記第 2 の密閉室とを連通する第 2 の流路と、前記第 2 の流路に取り付けられた第 2 の開閉弁とをさらに備えたことを特徴とする。

前記第 1 の密閉室と前記メインポンプの吸気ポートとを連通する第 1 の流路と、前記第 1 の密閉室と前記第 2 の密閉室とを連通する連通流路を備えたことを特徴とする。

前記第 2 の密閉室と前記メインポンプの周囲空間とを連通する第 2 の流路と、前記第 2 の流路に取り付けられた第 2 の開閉弁とをさらに備えたことを特徴とする。

【 0 0 1 1 】

上記真空ポンプ装置の運転方法であって、前記ドライ真空ポンプを駆動し、前記第 1 の開閉弁を開くことで、前記ドライ真空ポンプにより前記密閉室内の気体を吸引することを特徴とする。

前記第 1 の開閉弁を閉じ、前記第 2 の開閉弁を開くことで、前記密閉室内を大気開放することを特徴とする。

前記第 1 の開閉弁を閉じて、前記第 2 の開閉弁を開き、前記密閉室に連通するガス導入管を通じて気体を該密閉室に導入して、前記ドライ真空ポンプの温度を低下させることを特徴とする。

【 0 0 1 2 】

上記真空ポンプ装置の運転方法であって、前記メインポンプを駆動し、前記第 1 の開閉弁を開き、前記第 1 の密閉室および前記第 2 の密閉室の気体を前記メインポンプにより吸引して前記第 1 の密閉室内および前記第 2 の密閉室内に真空を形成することを特徴とする。

前記第 1 の開閉弁を閉じて、前記第 2 の開閉弁を開き、前記第 1 の密閉室に連通するガス導入管を通じて気体を該第 1 の密閉室および前記第 2 の密閉室に導入して、前記ブースターポンプおよび前記メインポンプの温度を低下させることを特徴とする。

【 0 0 1 3 】

上記真空ポンプ装置の運転方法であって、前記メインポンプを駆動し、前記第 1 の開閉弁を開くことで、前記メインポンプにより前記第 1 の密閉室内および前記第 2 の密閉室内の気体を吸引することを特徴とする。

【 0 0 1 4 】

上記真空ポンプ装置の運転方法であって、前記第 1 の開閉弁および前記第 2 の開閉弁を開き、気体を前記第 2 の流路を通じて前記第 2 の密閉室に導入して該気体を加熱し、前記加熱された気体を、前記連通流路を通じて前記第 2 の密閉室から前記第 1 の密閉室に移送して、前記ブースターポンプを加熱することを特徴とする。

【 発明の効果 】

【 0 0 1 5 】

本発明によれば、ポンプケーシング内に密閉室を形成し、この密閉室内を真空にすることで、ポンプケーシングの保温性を向上させる。これにより、ポンプの温度の低下を抑制することができる。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 1 6 】

【 図 1 】 第 1 の実施形態に係る真空ポンプ装置を示す図である。

10

20

30

40

50

【図 2】ポンプおよびモータの断面図である。

【図 3】ポンプの拡大図である。

【図 4】螺旋状の密閉室を示す模式図である。

【図 5】ガス導入管が接続されたポンプを示す図である。

【図 6】第 2 の実施形態に係る真空ポンプ装置を示す図である。

【図 7】メインポンプユニットおよびブースターポンプユニットを示す断面図である。

【図 8】第 1 の密閉室を示す模式図である。

【図 9】バルブの開閉動作シーケンスとモータの回転速度および真空チャンバ内の圧力との関係を示す図である。

【図 10】メインポンプおよびブースターポンプの温度を低下させずに、真空チャンバをクリーニングするときのバルブの開閉動作シーケンスとモータの回転速度および真空チャンバ内の圧力との関係を示す図である。

【図 11】メインポンプおよびブースターポンプの温度を低下させて、真空チャンバをクリーニングするときのバルブの開閉動作シーケンスとモータの回転速度および真空チャンバ内の圧力との関係を示す図である。

【図 12】第 3 の実施形態に係る真空ポンプ装置を示す図である。

【図 13】メインポンプに形成された螺旋状の第 2 の密閉室を示す模式図である。

【図 14】ブースターポンプの加熱方法を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0017】

以下、本発明の実施形態について図面を参照して説明する。なお、図 1 から図 14 において、同一または相当する構成要素には、同一の符号を付して重複した説明を省略する。図 1 は、本発明の第 1 の実施形態に係る真空ポンプ装置 1 を示す図である。この真空ポンプ装置 1 は、ポンプ 2 と、ポンプ 2 を駆動するモータ 3 と、モータ 3 に可変周波数の電圧を印加するインバータ 4 と、インバータ 4 の動作を制御する制御装置 5 とを備えている。インバータ 4 は商用電源などの電源 6 に接続されている。制御装置 5 は予め設定された目標回転速度でモータ 3 を駆動するようにインバータ 4 に対して指令を出し、インバータ 4 は、制御装置 5 からの指令を受けて目標回転速度に対応する電圧をモータ 3 に印加する。

【0018】

ポンプ 2 は、気体の流路内にオイルを使用しないドライ真空ポンプである。ポンプ 2 とモータ 3 とインバータ 4 とで 1 つのポンプユニットが構成される。ポンプ 2 には図示しない外部空間（例えば真空チャンバであり、以下、外部空間を真空チャンバとして説明する）に連通する吸気ポート 10 と、吸引した気体を排出するための排気ポート 11 とが設けられている。ポンプ 2 の運転により真空チャンバ内の気体は、吸気ポート 10 を通ってポンプ 2 に吸い込まれ、排気ポート 11 から排出される。

【0019】

ポンプ 2 およびモータ 3 の詳細について図 2 を参照しつつ説明する。図 2 は、ポンプ 2 およびモータ 3 の断面図である。本実施形態で説明するポンプはルーツ型真空ポンプであるが、ルーツ型真空ポンプの他にスクリー型真空ポンプなどを選択することができる。図 2 に示すように、ポンプ 2 は、ポンプケーシング 20 と、ポンプケーシング 20 内に配置された一対の多段ポンプロータ（ルーツロータ）21 とを有している。一対のポンプロータ 21 は一対の回転軸 23 にそれぞれ固定されている。回転軸 23 は、軸受 24、25 によって回転自在に支持されている。回転軸 23 の一端部には、互いに噛み合う一対のタイミングギヤ 27 が設けられており、これらタイミングギヤ 27 はギヤケース 28 内に收容されている。なお、図 2 には一方のポンプロータ 21、一方の回転軸 23、および一方のタイミングギヤ 27 のみが描かれている。

【0020】

モータ 3 は、回転軸 23 の他端部に固定された一対のモータロータ 31（図 2 では片方のモータロータ 31 のみを図示する。）と、ステータコア 32 と、ステータコア 32 に巻かれたコイル 33 と、これらモータロータ 31、ステータコア 32、およびコイル 33 を

10

20

30

40

50

収容するモータケーシング 30 とを備えている。ステータコア 32 はモータロータ 31 の周囲を囲むように配置されており、モータケーシング 30 の内周面に固定されている。モータ 3 の駆動により一対のポンプロータ 21 が互いに反対方向に回転すると、真空チャンバ内の気体は、吸気ポート 10 を通じてポンプ 2 に吸い込まれ、ポンプロータ 21 によって圧縮され、排気ポート 11 から外部に排出される。

【0021】

図 3 は、ポンプ 2 の拡大図である。図 3 に示すように、ポンプケーシング 20 の外壁面 20a と内壁面 20b との間には密閉室 40 が形成されている。この密閉室 40 内には真空が形成されるようになっており、その真空断熱効果によってポンプケーシング 20 の保温性が高められるようになっている。密閉室 40 は、ポンプロータ 21 を囲むようにポンプケーシング 20 の全周に亘って螺旋状に形成されている。図 4 は、螺旋状の密閉室 40 を示す模式図である。図 4 では、螺旋状の密閉室 40 の一部は点線で示されている。このように密閉室 40 を螺旋状に形成することにより、ポンプケーシング 20 の強度を維持することができる。ただし、密閉室 40 は螺旋状の形状に限定されることはなく、例えば楕円円筒形状であってもよい。ポンプケーシング 20 を上下 2 つに分割し、上下に分割したポンプケーシングを組み合わせることでポンプケーシング 20 を形成するようにしてもよい。

10

【0022】

図 3 に示すように、密閉室 40 内にヒーターなどの発熱体 41 を配置することが好ましい。この発熱体 41 は密閉室 40 の内周面に接触するように配置される。これは、発熱体 41 の熱を効率的にポンプケーシング 20 の内壁面 20b に伝達させるためである。このように配置された発熱体 41 により、ポンプケーシング 20 の内部空間およびポンプケーシング 20 内に配置されたポンプロータ 21 を効率よく加熱することができる。発熱体 41 としてシート状のヒーターを使用することが好ましい。これは、発熱体 41 の内面を密閉室 40 の内周面に接触させつつ、発熱体 41 の外面上に空間を形成することができるためである。このように配置されたシート状の発熱体 41 により、発熱体 41 の熱を効率的にポンプケーシング 20 の内壁面 20b に伝達させることができる。

20

【0023】

図 3 に示すように、吸気ポート 10 と密閉室 40 とを連通する第 1 の流路 45 が設けられており、さらにポンプ 2 の周囲空間（大気空間）と密閉室 40 とを連通する第 2 の流路 46 が設けられている。本実施形態では、第 2 の流路 46 は排気ポート 11 に接続されており、排気ポート 11 と密閉室 40 とを連通している。第 1 の流路 45 および / または第 2 の流路 46 は配管から構成されてもよいし、または気体の通路が内部に形成されたブロック材であってもよい。第 1 の流路 45 には、第 1 の開閉弁 47 が取り付けられている。さらに、第 1 の流路 45 には、密閉室 40 内の圧力を測定する圧力計 48 が取り付けられている。第 2 の流路 46 には、第 2 の開閉弁 49 が取り付けられている。なお、図 3 において、圧力計 48 は第 1 の流路 45 に取り付けられているが、第 2 の流路 46 に取り付けられてもよい。

30

【0024】

密閉室 40 内を真空にするときの動作について図 2 を参照しつつ説明する。モータ 3 を駆動してポンプ 2 を運転すると、真空チャンバ内の気体が吸気ポート 10 を通じてポンプロータ 21 に移送される。この状態で、第 2 の開閉弁 49 を閉じて、第 1 の開閉弁 47 を開くと、吸気ポート 10 内は負圧になっているため、密閉室 40 内の気体は第 1 の流路 45 を通って吸気ポート 10 に吸引され、密閉室 40 内は真空になる。このように、ポンプ 2 は、それ自身が有する排気機能で密閉室 40 内を真空にすることができる。他の実施形態として、ポンプ 2 とは別のポンプを密閉室 40 に接続し、このポンプにより密閉室 40 内の気体を吸引して、密閉室 40 内を真空にしてもよい。

40

【0025】

密閉室 40 内を真空にすることで真空断熱効果が得られ、ポンプケーシング 20 の保温性が向上する。ポンプケーシング 20 の保温性が向上することで、ポンプ 2 の温度の低下

50

を抑制することができる。その結果、ポンプケーシング 20 内での副生成物の析出を防止することができる。さらに、密閉室 40 内に配置された発熱体 41 でポンプケーシング 20 を加熱することで、ポンプケーシング 20 内での副生成物の析出をより確実に防止することができる。

【0026】

このように、ポンプケーシング 20 の温度を真空断熱効果により維持することができるので、ポンプ 2 の昇温時間を短縮することができる。さらに、ポンプ 2 の温度を上昇させるために必要な電力も削減することができるため、省エネルギー化を図ることができる。

【0027】

真空チャンバのクリーニングプロセスで使用されるクリーニングガスの種類によっては、金属との反応性が高いものがあり、高温状態のポンプ 2 がクリーニングガスを吸引すると、ポンプ 2 がクリーニングガスによって腐食するおそれがある。このような場合は、密閉室 40 内の真空圧状態を解除してポンプ 2 の温度を低下させる必要がある。そこで、第 1 の開閉弁 47 を閉じ、第 2 の開閉弁 49 を開くことで、第 2 の流路 46 を通じて大気圧の空気が密閉室 40 内に流入し、密閉室 40 内が大気開放される。これにより、ポンプケーシング 20 の保温性が低下するため、ポンプ 2 の温度を下げる可以降低。

【0028】

密閉室 40 内を大気開放する方法のほか、窒素ガス（不活性ガス）などの気体を密閉室 40 内に導入してポンプ 2 の温度を下げてよい。図 5 に示す例では、密閉室 40 には、ガス導入バルブ 51 が取り付けられたガス導入管 50 が接続されている。ガス導入管 50 は図示しないガス供給源に接続されている。第 1 の開閉弁 47 を閉じてガス導入バルブ 51 および第 2 の開閉弁 49 を開き、窒素ガスをガス導入管 50 から密閉室 40 内に導入する。密閉室 40 内に導入された窒素ガスは密閉室 40 内を流れ、第 2 の流路 46 から外部に排出される。このような窒素ガスの流れを密閉室 40 内に形成することにより、ポンプ 2 の温度を下げる可以降低。なお、窒素ガスに変えて、空気などの他の気体をガス導入管 50 を通じて密閉室 40 に供給してもよい。

【0029】

次に、本発明の第 2 の実施形態について説明する。図 6 は、第 2 の実施形態に係る真空ポンプ装置 60 を示す図である。真空ポンプ装置 60 は、真空チャンバ内の気体を大気圧から排出するメインポンプユニット 61 と、真空チャンバ内の気体をさらに排出して真空度を高めるブースターポンプユニット 62 と、メインポンプユニット 61 およびブースターポンプユニット 62 を制御する制御装置 5 とを備えている。メインポンプユニット 61 は、図 1 に示すポンプユニットと同じ構成を有しており、ポンプ 2 と、モータ 3 と、インバータ 4 とを備えているので、その重複する説明を省略する。以下の説明では、ポンプ 2 をメインポンプ 2 と呼ぶ。

【0030】

ブースターポンプユニット 62 は、ブースターポンプ 66 と、このブースターポンプ 66 を駆動するモータ 67 と、モータ 67 に可変周波数の電圧を印加するインバータ 68 とを備えている。モータ 67 の構成は、メインポンプユニット 61 のモータ 3 と同じ構成を有しているので、その重複する説明を省略する。また、特に説明しないブースターポンプユニット 62 の構成は、メインポンプユニット 61 と同じである。ブースターポンプ 66 はモータ 67 に接続されており、モータ 67 はインバータ 68 に接続されている。インバータ 4 およびインバータ 68 の近傍にはインバータ 4 およびインバータ 68 の動作を制御する制御装置 5 が配置されている。

【0031】

第 2 の実施形態に係る真空ポンプ装置 60 の詳細について図 7 を参照しつつ説明する。図 7 はメインポンプユニット 61 およびブースターポンプユニット 62 を示す断面図である。図 7 に示すように、ブースターポンプ 66 はメインポンプ 2 より少ない段数の一対のポンプロータ 82 と、ポンプロータ 82 を収容するポンプケーシング 80 とを備えている。ブースターポンプ 66 は、真空チャンバに接続される吸気ポート 83 と、吸引された気

体を排出する排気ポート 8 4 とを備えている。ブースターポンプ 6 6 の排気ポート 8 4 は、メインポンプ 2 の吸気ポート 1 0 に接続されている。

【 0 0 3 2 】

ブースターポンプ 6 6 のポンプケーシング 8 0 の外壁面 8 0 a と内壁面 8 0 b との間には第 1 の密閉室 8 1 が形成されている。図 8 は、第 1 の密閉室 8 1 を示す模式図である。図 8 では、螺旋状の第 1 の密閉室 8 1 の一部は点線で示されている。第 1 の密閉室 8 1 は、ポンプロータ 8 2 を囲むようにポンプケーシング 8 0 の全周に亘って螺旋状に形成されている。第 1 の密閉室 8 1 には、ガス導入バルブ 9 0 が取り付けられたガス導入管 9 1 が接続されている。ガス導入管 9 1 は、図示しないガス供給源に接続されている。図 7 に示すように、ブースターポンプ 6 6 の第 1 の密閉室 8 1 とメインポンプ 2 の密閉室 4 0 (以下、第 2 の密閉室 4 0 という) とを連通する連通流路 1 0 0 と、連通流路 1 0 0 と吸気ポート 1 0 とを連通する第 1 の流路 9 2 が設けられている。第 1 の流路 9 2 には、第 1 の開閉弁 9 3 が取り付けられている。連通流路 1 0 0 には第 1 の密閉室 8 1 内および第 2 の密閉室 4 0 内の圧力を測定する圧力計 4 8 が取り付けられている。

【 0 0 3 3 】

次に、本実施形態の真空ポンプ装置を用いて第 1 の密閉室 8 1 内および第 2 の密閉室 4 0 内を真空にする動作について図 7 を参照しつつ説明する。第 1 の開閉弁 9 3、第 2 の開閉弁 4 9、およびガス導入バルブ 9 0 を閉じた状態で、モータ 3 を駆動してメインポンプ 2 を運転し、真空チャンバ内の気体を排出する。メインポンプ 2 の起動と同時に、またはメインポンプ 2 の起動後にモータ 6 7 を駆動してブースターポンプ 6 6 を運転し、真空チャンバ内の気体をさらに排出する。この状態で、第 1 の開閉弁 9 3 を開くと、第 1 の密閉室 8 1 内および第 2 の密閉室 4 0 内の気体は、連通流路 1 0 0 および第 1 の流路 9 2 を通って吸気ポート 1 0 に移送され、第 1 の密閉室 8 1 内および第 2 の密閉室 4 0 内は真空になる。第 1 の密閉室 8 1 内および第 2 の密閉室 4 0 内を真空にすることにより、ポンプケーシング 8 0 およびポンプケーシング 2 0 の保温性が向上するため、ブースターポンプ 6 6 およびメインポンプ 2 の温度の低下を抑制することができる。なお、予め第 2 の開閉弁 4 9 およびガス導入バルブ 9 0 を閉じて第 1 の開閉弁 9 3 を開いておき、その後にメインポンプ 2 を起動してもよい。

【 0 0 3 4 】

第 1 の密閉室 8 1 および第 2 の密閉室 4 0 に発熱体 9 5 および発熱体 4 1 をそれぞれ配置してもよい。この発熱体 9 5 および発熱体 4 1 は、それぞれ第 1 の密閉室 8 1 および第 2 の密閉室 4 0 の内周面に接触するように配置されている。これは、発熱体 9 5、4 1 の熱を効率的にポンプケーシング 8 0 の内壁面 8 0 b およびポンプケーシング 2 0 の内壁面 2 0 b に伝達するためである。このように配置された発熱体 9 5 および発熱体 4 1 により、ポンプケーシング 8 0、2 0 の内部空間およびポンプケーシング 8 0、2 0 内に配置されたポンプロータ 8 2、2 1 を効率よく加熱することができる。これにより、ポンプケーシング 8 0 およびポンプケーシング 2 0 内での副生成物の析出をより確実に防止することができる。

【 0 0 3 5 】

図 9 は、第 1 の開閉弁 9 3、第 2 の開閉弁 4 9、およびガス導入バルブ 9 0 の開閉動作シーケンスとモータの回転速度および真空チャンバ内の圧力との関係を示す図である。図 9 において、横軸は時間を示し、右側の縦軸はモータの回転速度を示し、左側の縦軸は真空チャンバ内の圧力を示す。モータ 3 の回転速度とモータ 6 7 の回転速度とは異なるが、モータ 3 およびモータ 6 7 の回転速度の変化は同じであるため、図 9、図 1 0、および図 1 1 において、右側の縦軸に示すモータの回転速度はモータ 3 の回転速度を表す。図 9 に示すように、モータ 3 の起動時は、第 1 の開閉弁 9 3、第 2 の開閉弁 4 9 およびガス導入バルブ 9 0 は閉じられている。モータ 3 を起動した後、モータ 3 の回転速度は定格速度まで上昇し、真空チャンバ内は目標の真空圧まで減圧される。真空チャンバ内を減圧しているとき、第 2 の開閉弁 4 9 およびガス導入バルブ 9 0 を閉じたまま、第 1 の開閉弁 9 3 を所定時間開くことで、第 1 の密閉室 8 1 内および第 2 の密閉室 4 0 内は真空になる。モータ

タ 3 の回転速度が定格速度に到達し、真空チャンバ内の圧力が目標の圧力になると、モータ 3 の回転速度を定格速度に維持し、真空チャンバ内を真空状態に維持する。その後、モータ 3 の回転速度を徐々に低下させて、ブースターポンプ 6 6 およびメインポンプ 2 を待機運転（アイドル運転）させる。モータ 3 の回転速度を低下させると、真空チャンバ内の真空度が低くなる（真空チャンバ内の圧力が大気圧に近づく）。待機運転が終了すると、再度モータ 3 の回転速度を定格速度まで上昇させ、真空チャンバ内を目標の真空圧まで減圧する。

【 0 0 3 6 】

一般に、モータの回転速度を低下させると、ポンプの温度が低下してしまうが、本実施形態では、第 1 の密閉室 8 1 内および第 2 の密閉室 4 0 内を真空にすることで、真空断熱効果によりポンプケーシング 8 0 およびポンプケーシング 2 0 の保温性が向上する。これにより、ブースターポンプ 6 6 およびメインポンプ 2 の温度の低下を抑制することができ、ポンプケーシング 8 0 およびポンプケーシング 2 0 内での副生成物の析出を防止することができる。ポンプケーシング 8 0 およびポンプケーシング 2 0 の温度を真空断熱効果により維持することができるので、ブースターポンプ 6 6 およびメインポンプ 2 の昇温時間を短縮することができる。さらに、ブースターポンプ 6 6 およびメインポンプ 2 の温度を上昇させるために必要な電力を削減することができるため、省エネルギー化を図ることができる。

【 0 0 3 7 】

次に、ブースターポンプ 6 6 およびメインポンプ 2 の温度を低下させる場合の動作について図 7 を参照しつつ説明する。ガス導入バルブ 9 0 および第 1 の開閉弁 9 3 を閉じた状態で、第 2 の開閉弁 4 9 を開くことで、第 1 の密閉室 8 1 内および第 2 の密閉室 4 0 内は大気開放される。第 1 の密閉室 8 1 および第 2 の密閉室 4 0 を大気開放することで、ポンプケーシング 8 0 およびポンプケーシング 2 0 の保温性が低下するため、ブースターポンプ 6 6 およびメインポンプ 2 の温度を下げるができる。

【 0 0 3 8 】

窒素ガスを第 1 の密閉室 8 1 および第 2 の密閉室 4 0 に導入してポンプケーシング 8 0 およびポンプケーシング 2 0 の温度を低下させてもよい。この場合は、第 1 の開閉弁 9 3 を閉じて、第 2 の開閉弁 4 9 およびガス導入バルブ 9 0 を開く。窒素ガスをガス導入管 9 1 から第 1 の密閉室 8 1 内に導入することで、窒素ガスは第 1 の密閉室 8 1 内を流れ、連通流路 1 0 0 を通って第 2 の密閉室 4 0 に移送される。窒素ガスはさらに第 2 の密閉室 4 0 内を流れ、第 2 の流路 4 6 を通り外部へ排出される。このような窒素ガスの流れを第 1 の密閉室 8 1 および第 2 の密閉室 4 0 に形成することにより、ブースターポンプ 6 6 およびメインポンプ 2 の温度が低下する。窒素ガスに代えて、他の不活性ガスまたは空気を用いてもよい。

【 0 0 3 9 】

図 1 0 は、ブースターポンプ 6 6 およびメインポンプ 2 の温度を低下させずに、真空チャンバをクリーニングするときの第 1 の開閉弁 9 3、第 2 の開閉弁 4 9、およびガス導入バルブ 9 0 の開閉動作シーケンスとモータ 3 の回転速度および真空チャンバ内の圧力との関係を示す図である。図 1 0 において、横軸は時間を示し、右側の縦軸はモータ 3 の回転速度を示し、左側の縦軸は真空チャンバ内の圧力を示す。図 1 0 に示すように、真空ポンプ装置 6 0 の起動から真空チャンバのクリーニング開始までのモータ 3、第 1 の開閉弁 9 3、第 2 の開閉弁 4 9、およびガス導入バルブ 9 0 の動作は図 9 で示す動作と同一であるため、その説明を省略する。真空チャンバ内のクリーニングは、第 1 の開閉弁 9 3、第 2 の開閉弁 4 9、およびガス導入バルブ 9 0 を閉じたままの状態で行われる。クリーニングガスが真空チャンバ内に供給されることで、真空チャンバの内壁面に付着した副生成物を除去する。このとき、モータ 3 の回転速度を若干低下させることで、省エネルギー化が図られる。その後、再度モータ 3 の回転速度を定格速度まで上昇させ、真空チャンバ内を目標の真空圧まで減圧させる。このとき、第 1 の開閉弁 9 3 を所定時間開き、第 1 の密閉室 8 1 内および第 2 の密閉室 4 0 内を真空にする。

【 0 0 4 0 】

図 1 1 は、ブースターポンプ 6 6 およびメインポンプ 2 の温度を低下させて、真空チャンバをクリーニングするときの第 1 の開閉弁 9 3、第 2 の開閉弁 4 9、およびガス導入バルブ 9 0 の開閉動作シーケンスとモータ 3 の回転速度および真空チャンバ内の圧力との関係を示す図である。図 1 1 において、横軸は時間を示し、右側の縦軸はモータ 3 の回転速度を示し、左側の縦軸は真空チャンバ内の圧力を示す。上述したように、クリーニングプロセスで使用されるクリーニングガスの種類によっては、金属との反応性が高いものがあり、高温状態のブースターポンプ 6 6 およびメインポンプ 2 がクリーニングガスを吸引すると、ブースターポンプ 6 6 およびメインポンプ 2 がクリーニングガスによって腐食するおそれがある。そのため、このようなクリーニングガスを使用する場合は、第 1 の密閉室 8 1 および第 2 の密閉室 4 0 に窒素ガスを導入してブースターポンプ 6 6 およびメインポンプ 2 の温度を低下させることが好ましい。

10

【 0 0 4 1 】

クリーニングガスを真空チャンバ内に供給して、真空チャンバの内壁面に付着した副生成物を除去するとき、図 1 1 に示すようにモータ 3 の回転速度が下げられる。このとき、第 1 の開閉弁 9 3 を閉じたままにして第 2 の開閉弁 4 9 およびガス導入バルブ 9 0 を開き、窒素ガスをガス導入管 9 1 から第 1 の密閉室 8 1 内および第 2 の密閉室 4 0 内に導入し、ブースターポンプ 6 6 およびメインポンプ 2 の温度を低下させる。クリーニングガスを導入している間、第 2 の開閉弁 4 9 およびガス導入バルブ 9 0 は開かれたままである。クリーニングガスの導入が終了すると、第 2 の開閉弁 4 9 およびガス導入バルブ 9 0 を閉じる。次いで、第 1 の開閉弁 9 3 を開き、再度、モータ 3 の回転速度を定格速度まで上昇させ、真空チャンバ内を目標の真空圧まで減圧する。

20

【 0 0 4 2 】

図 1 2 は、第 3 の実施形態に係る真空ポンプ装置を示す図である。図 1 2 に示すように、第 1 の密閉室 8 1 には連通路 1 0 0 の一端部が接続され、第 2 の密閉室 4 0 には連通路 1 0 0 の他端部が接続されている。この連通路 1 0 0 により、第 1 の密閉室 8 1 と第 2 の密閉室 4 0 とは連通している。さらに、第 2 の密閉室 4 0 とメインポンプ 2 の周囲空間とを連通する第 2 の流路 1 0 5 が設けられている。この第 2 の流路 1 0 5 には第 2 の開閉弁 1 0 6 が取り付けられている。吸気ポート 1 0 と第 1 の密閉室 8 1 とを連通する第 1 の流路 1 0 1 が設けられている。第 1 の流路 1 0 1 には第 1 の開閉弁 1 0 2 が取り付けられている。第 1 の流路 1 0 1 には第 1 の密閉室 8 1 内および第 2 の密閉室 4 0 内の圧力を測定する圧力計 4 8 が取り付けられている。

30

【 0 0 4 3 】

図 1 3 は、メインポンプ 2 に形成された螺旋状の第 2 の密閉室 4 0 を示す模式図である。図 1 3 では、第 2 の密閉室 4 0 の一部は点線で示されている。図 1 3 に示す第 2 の密閉室 4 0 は、図 4 に示す密閉室 4 0 とは異なる螺旋形状を有しているが、図 4 と同じ螺旋形状を有してもよい。

【 0 0 4 4 】

次に、本実施形態の真空ポンプ装置を用いて第 1 の密閉室 8 1 内および第 2 の密閉室 4 0 内を真空にする動作について図 1 2 を参照しつつ説明する。第 1 の開閉弁 1 0 2 および第 2 の開閉弁 1 0 6 を閉じた状態で、モータ 3 を駆動してメインポンプ 2 を運転し、真空チャンバ内の気体を排出する。メインポンプ 2 の起動と同時に、またはメインポンプ 2 の起動後にモータ 6 7 を駆動してブースターポンプ 6 6 を運転し、真空チャンバ内の気体をさらに排出する。この状態で、第 1 の開閉弁 1 0 2 を開くと、第 1 の密閉室 8 1 内の気体は第 1 の流路 1 0 1 を通って吸気ポート 1 0 に移送され、第 2 の密閉室 4 0 内の気体は連通路 1 0 0 および第 1 の密閉室 8 1 内を通って吸気ポート 1 0 に移送される。これにより、第 1 の密閉室 8 1 内および第 2 の密閉室 4 0 内は真空になる。第 1 の密閉室 8 1 内および第 2 の密閉室 4 0 内を真空にすることにより、ポンプケーシング 8 0 およびポンプケーシング 2 0 の保温性が向上するため、ブースターポンプ 6 6 およびメインポンプ 2 の温度の低下を抑制することができる。なお、予め第 2 の開閉弁 1 0 6 を閉じて第 1 の開閉弁 1

40

50

02を開いておき、その後にメインポンプ2を起動してもよい。

【0045】

第1の密閉室81内および第2の密閉室40内に真空を形成した後、第1の開閉弁102を閉じ、第2の開閉弁106を開くことで、第2の流路105を通じて大気圧の空気が第1の密閉室81内および第2の密閉室40内に流入し、第1の密閉室81内および第2の密閉室40内が大気開放される。これにより、ポンプケーシング20の保温性が低下するため、ポンプ2の温度を下げることができる。

【0046】

図12に示すように、メインポンプ2は多段ポンプロータ21を備えるので、メインポンプ2の吸気側と排気側との圧力差は大きくなる。したがって、メインポンプ2では高い圧縮熱が発生する。これに対し、ブースターポンプ66は単段ポンプロータ82を備える。このため、ブースターポンプ66の吸気側と排気側との圧力差は小さく、ブースターポンプ66で発生する圧縮熱はメインポンプ2で発生する圧縮熱よりも低い。その結果、ブースターポンプ66の温度は、メインポンプ2よりも低くなってしまふ。

【0047】

そこで、メインポンプ2で発生した熱をブースターポンプ66に伝達して、ブースターポンプ66を加熱することが好ましい。ブースターポンプ66の加熱方法について図14を参照しつつ説明する。第2の流路105を図示しないガス供給源に接続し、第2の開閉弁106および第1の開閉弁102を開き、窒素ガスを第2の流路105から第2の密閉室40内に導入する。第2の密閉室40内に導入された窒素ガスはメインポンプ2で発生する圧縮熱で加熱される。図14の矢印に示すように、加熱された窒素ガスは連通流路100を通り、第1の密閉室81に導入される。そして、加熱された窒素ガスが第1の密閉室81内を流れることにより、ブースターポンプ66が加熱される。第1の密閉室81内を流れた窒素ガスは、第1の流路101からメインポンプ2内に流入し、排気ポート11を通じて外部に排出される。本実施形態では、第2の流路105は、気体を第1の密閉室81および第2の密閉室40に導入するガス導入管としても機能する。なお、窒素ガスに代えて、他の不活性ガスまたは空気を用いてもよい。

【0048】

第2の密閉室40で加熱された窒素ガスを第1の密閉室81に導入することにより、より早く、かつ効率的にブースターポンプ66を加熱することができる。

【0049】

これまで本発明の実施形態について説明したが、本発明は上述の実施形態に限定されず、その技術的思想の範囲内において種々異なる形態にて実施されてよいことは言うまでもない。

【符号の説明】

【0050】

- 1, 60 真空ポンプ装置
- 2 ポンプ、メインポンプ
- 3, 67 モータ
- 4, 68 インバータ
- 5 制御装置
- 6 電源
- 10, 83 吸気ポート
- 11, 84 排気ポート
- 20, 80 ポンプケーシング
- 21, 82 ポンプロータ(ルーツロータ)
- 23 回転軸
- 24, 25 軸受
- 27 タイミングギヤ
- 28 ギヤケース

10

20

30

40

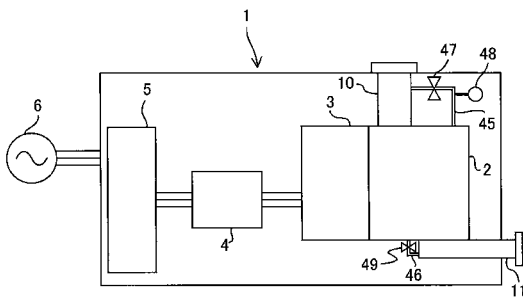
50

- | | |
|-----------|--------------|
| 3 0 | モータケージング |
| 3 1 | モータロータ |
| 3 2 | ステータコア |
| 3 3 | コイル |
| 4 0 | 密閉室、第 2 の密閉室 |
| 4 1 , 9 5 | 発熱体 |
| 4 5 | 第 1 の流路 |
| 4 6 | 第 2 の流路 |
| 4 7 | 第 1 の開閉弁 |
| 4 8 | 圧力計 |
| 4 9 | 第 2 の開閉弁 |
| 5 0 , 9 1 | ガス導入管 |
| 5 1 , 9 0 | ガス導入バルブ |
| 6 1 | メインポンプユニット |
| 6 2 | ブースターポンプユニット |
| 6 6 | ブースターポンプ |
| 8 1 | 第 1 の密閉室 |
| 9 2 | 第 1 の流路 |
| 9 3 | 第 1 の開閉弁 |
| 1 0 0 | 連通流路 |
| 1 0 1 | 第 1 の流路 |
| 1 0 2 | 第 1 の開閉弁 |
| 1 0 5 | 第 2 の流路 |
| 1 0 6 | 第 2 の開閉弁 |

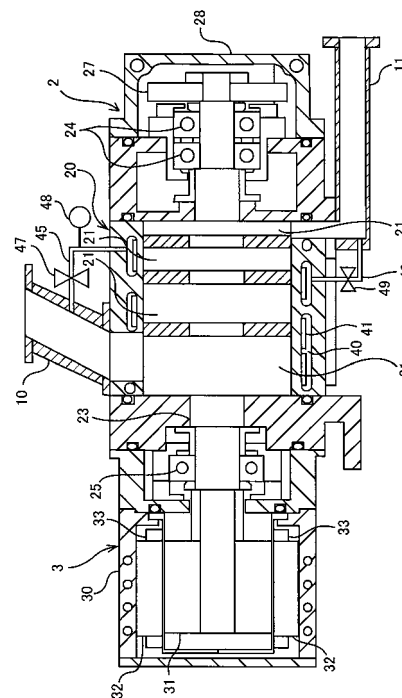
10

20

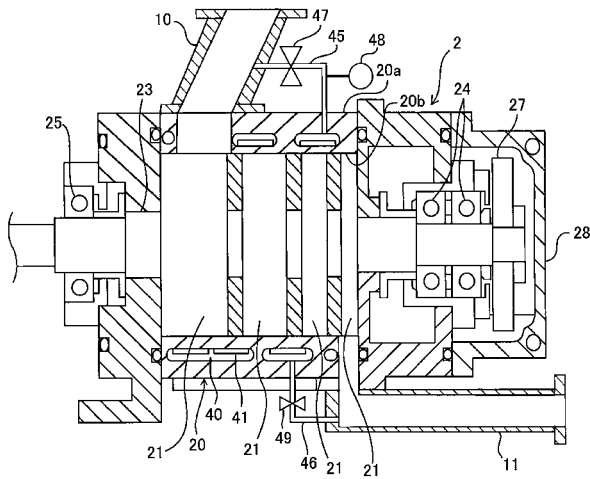
【 図 1 】



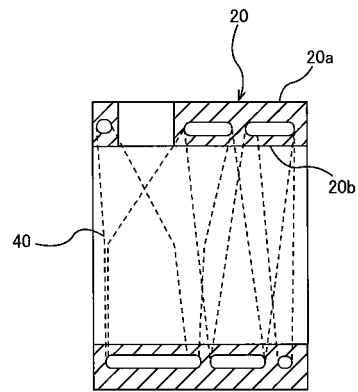
【圖 2】



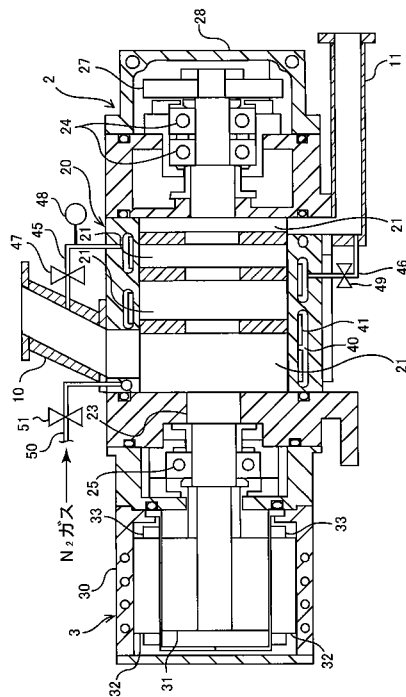
【図 3】



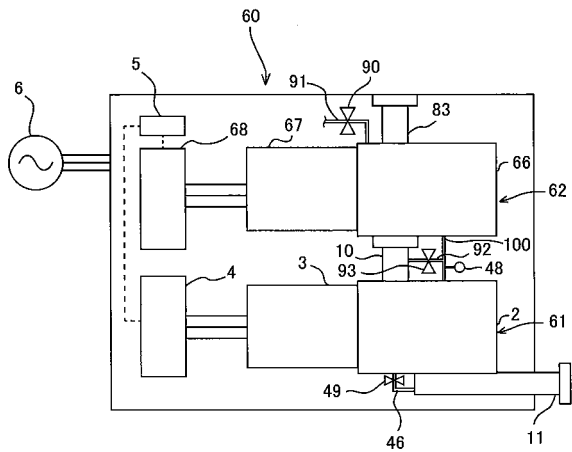
【図 4】



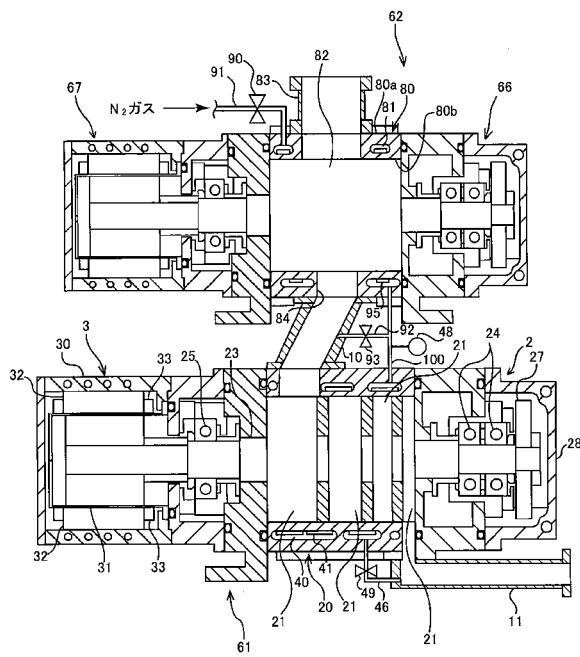
【図 5】



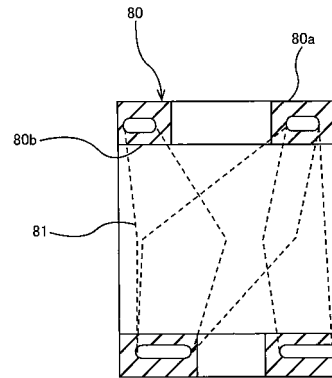
【図 6】



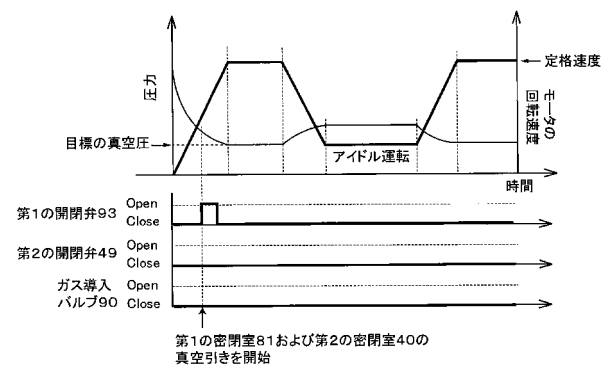
【図 7】



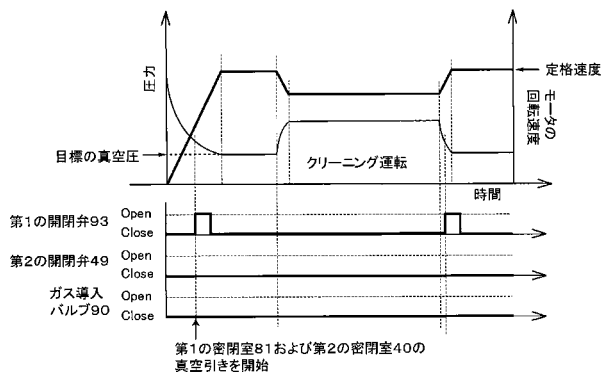
【図 8】



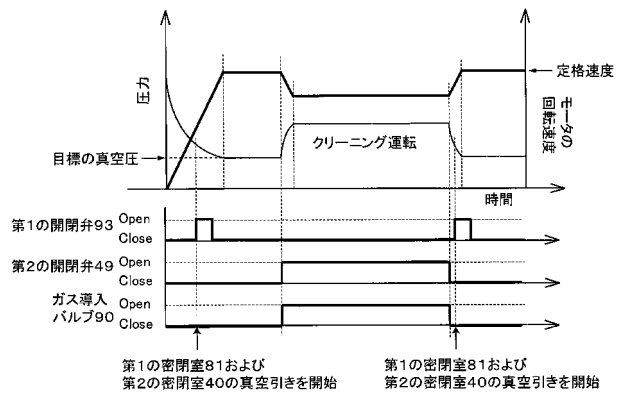
【図 9】



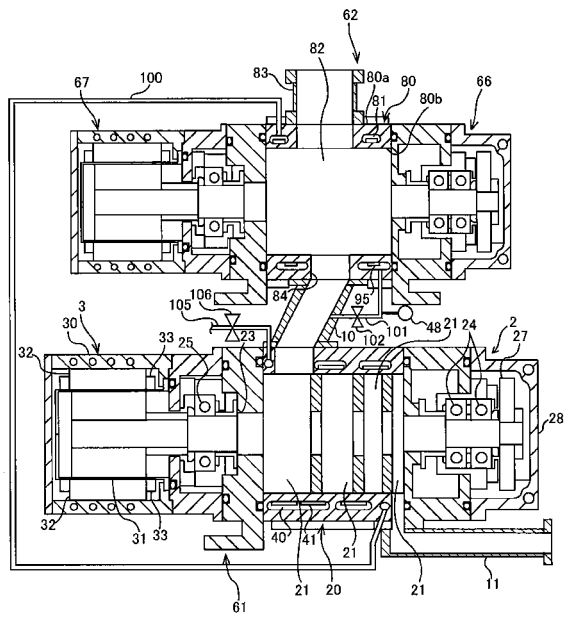
【図 10】



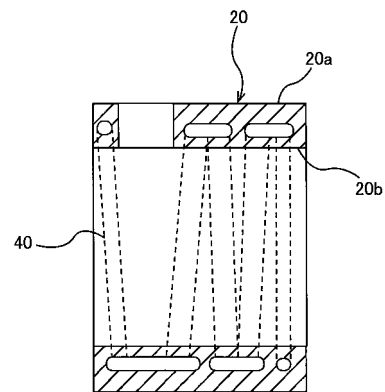
【図 11】



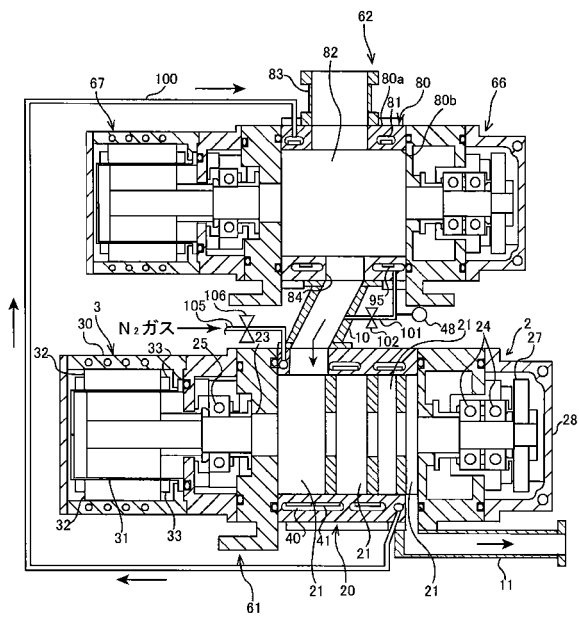
【図 1 2】



【図 1 3】



【図 1 4】



フロントページの続き

(72)発明者 吉田 真也

東京都大田区羽田旭町 1 1 番 1 号 株式会社荏原製作所内

(72)発明者 中澤 敏治

東京都大田区羽田旭町 1 1 番 1 号 株式会社荏原製作所内

Fターム(参考) 3H129 AA03 AA06 AA16 AB06 BB14 BB31 CC09 CC46