

明 細 書

発明の名称：

真空ポンプ、真空ポンプの制御装置及びリモート制御装置

技術分野

[0001] 本発明は、真空ポンプ、真空ポンプの制御装置及びリモート制御装置に関する。

背景技術

[0002] 排気対象装置の内部の気体を排気する真空ポンプの一種として、ポンプ本体内に吸い込んだ気体の分子を回転翼で弾き飛ばすことにより気体を排気するターボ分子ポンプが知られている。例えば、特許文献1には、半導体製造装置のチャンバ内を真空にしたり、半導体の製造に使用されるプロセスガスを当該チャンバ内から排気したりするターボ分子ポンプを開示されている。

[0003] 特許文献1に記載されたターボ分子ポンプの外筒の底部にはベース部が設けられており、ベース部の外周には、ベース部を加熱するヒータと、ベース部を冷却する水冷管と、が配置されている。特許文献1に記載されたターボ分子ポンプは、回転翼を回転させるモータの温度を測定するセンサと、ベース部の内部温度を測定するセンサと、ベース部の外部側温度を測定するセンサとを備え、これらのセンサの検出信号を制御装置に送る。この制御装置は、ターボ分子ポンプが備えるヒータに対しオンオフ制御指令信号を送ったり、ターボ分子ポンプが備える水冷管への冷却水の流れを制御する電磁弁に対してオンオフ制御指令を送ったりできるように構成されている。制御装置が電磁弁にオン指令信号を送ると、電磁弁が開いて水冷管に冷却水が流れ、オフ指令信号を送ると電磁弁が閉じて水冷管に冷却水が流れなくなる。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特許第5782378号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

- [0005] 特許文献 1 に記載されたターボ分子ポンプが取り付けられた半導体製造装置では、所定のプロセスに合わせた最適なポンプが選定されることが通常であるが、昨今のプロセスの複雑化も合わさって、多くの仕様のポンプを準備することが必要となっていた。
- [0006] また一方で、上記半導体製造装置の 1 台当たりのチャンバ数も増えており、ターボ分子ポンプのメンテナンスに備えて、仕様毎の予備が必要となり、結果として在庫を多く抱えることになっていた。
- [0007] 上記の課題を解決する方法の一つとして、ターボ分子ポンプが取り付けられた半導体製造装置において、ユーザがターボ分子ポンプの運転仕様を変更することを所望する場合がある。この場合、ユーザやフィールドサービスエンジニアは、ターボ分子ポンプ及び制御装置が設置された場所まで赴き、ターボ分子ポンプの運転仕様を変更する仕様変更デバイスの脱着作業を行ったり、そのデバイスの脱着後に制御装置を手動で操作することにより、ターボ分子ポンプの運転仕様に関する設定を変更する指示を入力しなければならなかったりするので、ユーザやフィールドサービスのエンジニアにかかる作業負担が大きいという問題があった。
- [0008] 本発明は、上記実情に鑑みてなされたものであり、ユーザやフィールドサービスのエンジニアの作業負担を軽減させることができる真空ポンプ、真空ポンプの制御装置及びリモート制御装置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

- [0009] 上記目的を達成するため、本発明の真空ポンプは、
排気対象装置の内部の気体を排気するポンプ本体と、
前記ポンプ本体に対する制御を行う制御装置と、
を備えた真空ポンプであって、
前記制御装置は、
前記ポンプ本体をリモート制御するリモート制御装置から指令信号を受信するリモート信号受信手段を備え、

前記リモート信号受信手段が受信した前記指令信号に基づき、前記ポンプ本体の運転仕様に関わる設定を変更することを特徴とする。

[0010] 上記の真空ポンプにおいて、

前記制御装置は、前記ポンプ本体が動作しているときに、前記リモート信号受信手段が前記指令信号を前記リモート制御装置から受信した場合、前記ポンプ本体の動作を停止することなく、前記指令信号に基づき前記設定を変更するようにしてもよい。

[0011] 上記の真空ポンプにおいて、

前記ポンプ本体の運転仕様を変更する仕様変更デバイスをさらに備え、
前記制御装置は、前記リモート信号受信手段が受信した前記指令信号に基づき、前記仕様変更デバイスの動作に関する設定を変更するようにしてもよい。

[0012] 上記の真空ポンプにおいて、

前記仕様変更デバイスは、前記ポンプ本体を加熱する加熱手段又は前記ポンプ本体を冷却する冷却手段であるようにしてもよい。

[0013] また、上記目的を達成するため、本発明の他の真空ポンプは、

排気対象装置の内部の気体を排気するポンプ本体を有する真空ポンプであって、

前記ポンプ本体が有する運転仕様を変更可能な制御対象デバイスと、
前記制御対象デバイスの運転仕様を変更することにより、前記ポンプ本体の運転仕様に関わる設定を変更する仕様設定デバイスを備えたことを特徴とする。

[0014] また、上記目的を達成するため、本発明の真空ポンプの制御装置は、

排気対象装置の内部の気体を排気するポンプ本体に対する制御を行う制御手段と、

前記ポンプ本体をリモート制御するリモート制御装置から指令信号を受信するリモート信号受信手段と、

を備えた真空ポンプの制御装置であって、

前記制御手段は、前記リモート信号受信手段が受信した前記指令信号に基づき、前記ポンプ本体の運転仕様に關わる設定を変更することを特徴とする。

- [0015] また、上記目的を達成するため、本発明のリモート制御装置は、
排気対象装置の内部の気体を排気するポンプ本体に対する制御を行う制御装置へ指令信号を送信するリモート信号送信手段と、
前記リモート信号送信手段に前記指令信号を前記制御装置へ送信させることにより、前記ポンプ本体をリモート制御するリモート制御手段と、
を備えたりリモート制御装置であって、
前記リモート制御手段は、前記リモート信号送信手段に前記指令信号を前記制御装置へ送信させることにより、前記制御装置に、受信した前記指令信号に基づき、前記ポンプ本体の運転仕様に關わる設定を変更させることを特徴とする。

発明の効果

- [0016] 本発明によれば、ユーザやフィールドサービスのエンジニアの作業負担を軽減させることができる真空ポンプ、真空ポンプの制御装置及びリモート制御装置を提供することができる。

図面の簡単な説明

- [0017] [図1]本発明の実施形態に係る真空ポンプシステムの全体構成を示す図である。
[図2]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3]本発明の実施形態に係るアンプ回路の回路図である。
[図4]本発明の実施形態に係る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5]本発明の実施形態に係る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6]本発明の実施形態に係る制御装置の構成を示す図である。
[図7]本発明の実施形態に係るターボ分子ポンプの仕様について説明するため

の図である。

[図8]本発明の実施形態に係るリモート制御装置の構成を示す図である。

[図9]本発明の実施形態に係るターボ分子ポンプの仕様の変更について説明するためのタイミングチャートである。

発明を実施するための形態

[0018] 本発明の実施形態について、以下図面を参照して説明する。図中、互いに同一又は同等の構成には、互いに同一の符号を付す。

[0019] 図1に示す真空ポンプシステム1は、半導体製造装置Xの内部の空気、プロセスガス等の気体を排気する。半導体製造装置Xは、チャンバXRを備え、チャンバXRの内部で、半導体を製造するための各種プロセスを実行することにより半導体を製造する。半導体製造装置XがチャンバXRの内部で実行するプロセスの具体例としては、エッチングや成膜により半導体基板上に回路を形成するプロセス、チャンバXRの内部にプロセスガスを導入し当該プロセスガスを半導体基板に作用させるプロセス等が挙げられる。半導体製造装置Xは、排気対象装置の一例である。なお、本実施形態では、排気対象装置が半導体製造装置Xであるものとして説明するが、これは一例に過ぎず、排気対象装置は、任意の装置であってよい。

[0020] 真空ポンプシステム1は、図1に示すように、真空ポンプ10と、リモート制御装置300と、を備えている。真空ポンプ10は、半導体製造装置XのチャンバXRに取り付けられ、チャンバXRの内部の気体を排気するターボ分子ポンプ100と、ターボ分子ポンプ100に対する制御及び運転状態の監視を行う制御装置200と、を備えている。ターボ分子ポンプ100は、ポンプ本体の一例である。なお、本実施形態では、ポンプ本体がターボ分子ポンプ100であるものとして説明するが、これは一例に過ぎず、ポンプ本体は、例えば油回転真空ポンプ、ダイアフラム型真空ポンプ等のターボ分子ポンプ以外の真空ポンプであってもよい。

[0021] 制御装置200は、信号の伝送経路である接続ケーブル11によってターボ分子ポンプ100に接続されており、ターボ分子ポンプ100との間で接

続ケーブル 11 を介して有線通信を行うことにより信号を送受信する。具体的に、制御装置 200 は、接続ケーブル 11 を介して指令信号をターボ分子ポンプ 100 へ送信することにより、ターボ分子ポンプ 100 の動作を制御する。また、制御装置 200 は、ターボ分子ポンプ 100 が備える各種センサから出力された検出信号を、接続ケーブル 11 を介して受信することにより、ターボ分子ポンプ 100 の運転状態を監視する。なお、本実施形態では、ターボ分子ポンプ 100 と制御装置 200 とが互いに独立して設けられ、接続ケーブル 11 を介して互いに接続されるものとして説明するが、これは一例に過ぎず、ターボ分子ポンプ 100 と制御装置 200 とを一体化し、単一の装置としてもよい。

[0022] 制御装置 200 は、リモート制御装置 300 との間でリモート通信を行うことにより信号を送受信する。なお、制御装置 200 は、リモート制御装置 300 との間で通信ケーブルを介してリモート通信を行うことにより信号を送受信してもよいし、リモート制御装置 300 との間で無線通信を行うことにより信号を送受信してもよい。制御装置 200 は、リモート制御装置 300 からリモート通信により指令信号を受信し、受信した指令信号に従ってターボ分子ポンプ 100 に対する制御を行う。リモート制御装置 300 は、ユーザ（例えば、半導体製造装置 X が設置されている工場の作業員）による指示に従い、ターボ分子ポンプ 100 をリモート制御する。具体的に、リモート制御装置 300 は、ユーザによる指示の入力を受け付け、受け付けた指示に応じた指令信号をリモート通信により制御装置 200 へ送信し、制御装置 200 に、受信した指令信号に従ってターボ分子ポンプ 100 に対する制御を行わせることにより、ターボ分子ポンプ 100 をリモート制御する。なお、本実施形態では、リモート制御装置 300 がターボ分子ポンプ 100 をリモート制御するものとして説明するが、これは一例に過ぎず、ホストコンピュータ（サーバ）を備える監視システムが、リモート制御装置として機能することにより、ターボ分子ポンプ 100 をリモート制御するように構成してもよい。リモート制御装置 300 は、半導体製造装置 X が設置されている工

場内において半導体製造装置X及び真空ポンプ10が設置されている場所から離れた場所に設置されている。なお、これは一例に過ぎず、リモート制御装置300を、半導体製造装置X及び真空ポンプ10が設置されている工場から離れた場所に設置してもよい。

[0023] このターボ分子ポンプ100の縦断面図を図2に示す。図2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プ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。回転体103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。

[0024] 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に近接して、かつ上側径方向電磁石104のそれぞれに対応して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。

[0025] 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。

- [0026] 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。
- [0027] さらに、軸方向電磁石 106 A、106 B 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。
- [0028] そして、制御装置 200 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 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 106 A と軸方向電磁石 106 B 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 106 A と軸方向電磁石 106 B をそれぞれ励磁制御することで、軸方向電磁石 106 A 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 106 B 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。
- [0029] このように、制御装置 200 は、この軸方向電磁石 106 A、106 B 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 106 A、106 B を励磁制御するアンプ回路 150 については、後述する。
- [0030] 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 113 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。

[0031] 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す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するようになっている。

[0032] 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 123 (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。固定翼 123 (123a、123b、123c・・・) 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。

[0033] 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・・・) の間に挿入された状態で支持されている。

[0034] 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 (真空チャンバ) 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。

- [0035] さらに、ターボ分子ポンプ100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102dが垂下されている。この円筒部102d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。
- [0036] ベース部129は、ターボ分子ポンプ100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100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。
- [0037] 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。回転翼102の回転速度は通常20000rpm~90000rpmであり、回転翼102の先端での周速度は200m/s~400m/sに達する。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。

- [0038] 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。
- [0039] なお、上記では、ネジ付スペーサ 131 は回転体 103 の円筒部 102d の外周に配設し、ネジ付スペーサ 131 の内周面にネジ溝 131a 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 102d 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。
- [0040] 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 106A、106B、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。
- [0041] 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。
- [0042] 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收容され、気密性の底蓋 145 によって閉じられている。

- [0043] 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。
- [0044] 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。
- [0045] 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。
- [0046] 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3に示す。
- [0047] 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。

[0048] 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。

[0049] 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。

[0050] 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。

[0051] 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。

- [0052] 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。
- [0053] 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）。
- [0054] 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。
- [0055] 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。
- [0056] 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171aから負極171b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。

[0057] 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171bから正極171a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。

[0058] 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。

[0059] 次に、制御装置200の構成及び機能について説明する。制御装置200は、図6に示すように、CPU (Central Processing Unit) 201と、記憶部202と、有線通信部203と、リモート通信部204と、出力インタフェース205と、操作部206と、システムバス207と、を備えている。

[0060] CPU 201は、記憶部202に記憶されたプログラム及びデータに従って各種処理を実行する。記憶部202は、ROM (Read Only Memory)、フラッシュメモリ、EPROM (Erasable Programmable Read Only memory) 等の不揮発性メモリ（図示せず）を備え、CPU 201が各種処理を実行するために用いるプログラム及びデータを不揮発的に記憶する。さらに、記憶部202は、CPU 201のワークエリアとして機能するRAM (Random Access Memory)（図示せず）を備えている。

[0061] 有線通信部203は、CPU 201による制御に従って、制御装置200の外部の装置との間で有線通信を行い、信号を送受信する。具体的に、有線通信部203は、上述した接続ケーブル11が接続されるコネクタ（図示せず）を備え、接続ケーブル11を介してターボ分子ポンプ100との間で信

号を送受信する。より具体的に、有線通信部203は、CPU201が生成した指令信号を、接続ケーブル11を介してターボ分子ポンプ100へ送信する。また、有線通信部203は、ターボ分子ポンプ100が備える各種センサからの検出信号を、接続ケーブル11を介して受信し、受信した検出信号をCPU201へ出力する。リモート通信部204は、制御装置200の外部の装置との間でリモート通信を行い、信号を送受信する。具体的に、リモート通信部204は、リモートI/O (Input/Output) ユニット (図示せず) を備え、当該リモートI/Oユニットを用い、リモート制御装置300との間で、通信網を介したシリアル通信方式のリモート通信を行うことにより、信号を送受信する。リモート通信部204は、リモート制御装置300との間でリモート通信を行うことにより、リモート制御装置300から指令信号を受信する。リモート通信部204は、リモート信号受信手段の一例である。

[0062] 出力インタフェース205は、ターボ分子ポンプ100の運転状態に関する情報をユーザに提示する。具体的に、出力インタフェース205は、LCD (Liquid Crystal Display) パネル (図示せず) を備え、当該LCDパネルに、ターボ分子ポンプ100の運転状態の設定を示すメッセージ、ターボ分子ポンプ100の現在の運転状態を示すメッセージ、ターボ分子ポンプ100の動作異常を報知するエラーメッセージ等のターボ分子ポンプ100の運転状態を報知する各種画像を表示する。さらに、出力インタフェース205は、ターボ分子ポンプ100の電源がオン状態であるときに点灯するパワーランプ (図示せず)、ターボ分子ポンプ100の動作異常が発生したときに点灯するエラーランプ (図示せず) 等のターボ分子ポンプ100の運転状態を報知する報知ランプ (図示せず) を備え、当該報知ランプの点灯/消灯を切り替えることによりターボ分子ポンプ100の運転状態をユーザに報知する。

[0063] 操作部206は、操作子を備え、当該操作子に対するユーザの操作に従って、ユーザによる各種指示の入力を受け付ける。具体的に、操作部206は

、操作子として、ターボ分子ポンプ１００の起動指示を受け付ける起動スイッチ、ターボ分子ポンプ１００の停止指示を受け付ける停止スイッチ等の操作スイッチを備え、当該操作スイッチに対するユーザの操作に応じて各種指示の入力を受け付ける。操作部２０６が備える操作スイッチには、制御装置２００の動作モードを、リモート通信部２０４がリモート制御装置３００から受信した指令信号に従ってターボ分子ポンプ１００に対する制御を行うリモート制御モードと、ユーザが操作部２０６を操作することにより入力した指示に従ってターボ分子ポンプ１００に対する制御を行う手動操作制御モードと、の間で切り替えるモード切替スイッチが含まれている。制御装置２００がリモート制御モードで動作している場合、ＣＰＵ２０１は、リモート制御装置３００から受信した指令信号に応じた指令信号を、有線通信部２０３を介してターボ分子ポンプ１００へ送信することにより、受信した指令信号に応じてターボ分子ポンプ１００の制御パラメータを設定し、ターボ分子ポンプ１００の動作を制御する。制御装置２００が手動操作制御モードで動作している場合、ＣＰＵ２０１は、ユーザが操作部２０６を操作することにより入力した指示に応じた指令信号を、有線通信部２０３を介してターボ分子ポンプ１００へ送信することにより、入力された指示に応じてターボ分子ポンプ１００の制御パラメータを設定し、ターボ分子ポンプ１００の動作を制御する。以下、本実施形態では、制御装置２００の動作モードが、リモート制御モードに設定されているものとして説明を行う。システムバス２０７は、コマンド及びデータの伝送経路であり、ＣＰＵ２０１～操作部２０６を相互に接続している。

[0064] 以下、ＣＰＵ２０１の機能について詳細に説明する。ＣＰＵ２０１は、有線通信部２０３に接続ケーブル１１を介して指令信号をターボ分子ポンプ１００へ送信させ、ターボ分子ポンプ１００の制御パラメータを設定することにより、ターボ分子ポンプ１００の動作を制御する。ＣＰＵ２０１は、制御手段の一例である。ＣＰＵ２０１は、リモート通信部２０４がリモート制御装置３００から受信した指令信号に従ってターボ分子ポンプ１００の動作を

制御する。具体的に、CPU 201は、リモート通信部204が、ターボ分子ポンプ100の起動を指示する指令信号をリモート制御装置300から受信した場合、有線通信部203を介して指令信号を送信することにより、ターボ分子ポンプ100を起動させる。CPU 201は、リモート通信部204が、ターボ分子ポンプ100の停止を指示する指令信号をリモート制御装置300から受信した場合、有線通信部203を介して指令信号を送信することにより、ターボ分子ポンプ100を停止させる。

[0065] CPU 201は、リモート通信部204が、ターボ分子ポンプ100の運転仕様の設定の確認を指示する指令信号をリモート制御装置300から受信した場合、当該運転仕様の設定を示す信号を生成し、生成した信号を、リモート通信部204を介してリモート制御装置300へ送信する。CPU 201は、リモート通信部204が、ターボ分子ポンプ100の現在の運転仕様の確認を指示する指令信号をリモート制御装置300から受信した場合、ターボ分子ポンプ100が備える各センサから有線通信部203を介して入力された検出信号に基づいて当該運転仕様を示す信号を生成し、生成した信号を、リモート通信部204を介してリモート制御装置300へ送信する。

[0066] 上述したターボ分子ポンプ100は、ターボ分子ポンプ100の運転仕様の一例であるターボ分子ポンプ100の内部の温度を変更する（制御する）仕様変更デバイスとして、ヒータ（図示せず）と、水冷管149と、を備えている。ヒータは、例えば、ターボ分子ポンプ100のベース部129に配置され、ベース部129を加熱する。ヒータは、加熱手段の一例である。水冷管149は、ターボ分子ポンプ100のベース部129に配置され、ベース部129を冷却する。水冷管149は、冷却手段の一例である。ターボ分子ポンプ100のベース部129には、ベース部129の温度を測定する図示しない温度センサ（例えばサーミスタ）が配置されており、CPU 201は、当該温度センサが出力した検出信号を、有線通信部203を介して受信する。CPU 201は、温度センサから受信した検出信号に従い、ベース部129の温度を予め設定されたTMS設定温度に保つように、ヒータによる

ベース部 129 の加熱と、水冷管 149 によるベース部 129 の冷却と、を制御する TMS 制御を行う。

[0067] TMS 制御において、CPU 201 は、ヒータへ有線通信部 203 を介してオン制御指令信号を送ってベース部 129 の加熱を開始させたり、ヒータへオフ制御指令信号を送ってベース部 129 の加熱を停止させたりする制御を行う。さらに、TMS 制御において、CPU 201 は、水冷管 149 への冷却水の流れを制御する電磁弁（図示せず）へ有線通信部 203 を介してオン指令信号を送って電磁弁を開かせたり、電磁弁へオフ指令信号を送って電磁弁を閉じさせたりする制御を行う。CPU 201 が電磁弁へオン指令信号を送って電磁弁を開かせると、水冷管 149 に冷却水が流れ、水冷管 149 によるベース部 129 の冷却が開始される。CPU 201 が電磁弁へオフ指令信号を送って電磁弁を閉じさせると、水冷管 149 に冷却水が流れなくなり、水冷管 149 によるベース部 129 の冷却が停止される。

[0068] CPU 201 は、ターボ分子ポンプ 100 の動作を制御し、TMS 制御を行うことにより、ターボ分子ポンプ 100 を、図 7 に示す仕様 1 ～仕様 4 のうち何れかの仕様（運転仕様）で動作させる。図 7 に示すように、仕様にに応じて、ターボ分子ポンプ 100 の回転翼 102 を回転駆動するモータ 121 の定格回転速度の設定が異なっている。具体的に、仕様 2 におけるモータ 121 の定格回転速度として設定された回転速度 ω_2 と、仕様 3 におけるモータ 121 の定格回転速度として設定された回転速度 ω_3 とは、仕様 1 におけるモータ 121 の定格回転速度として設定された回転速度 ω_1 と同一である。これに対し、仕様 4 におけるモータ 121 の定格回転速度として設定された回転速度 ω_4 は、回転速度 ω_1 より小さい。

[0069] さらに、図 7 に示すように、仕様にに応じて、CPU 201 が実行する TMS 制御の制御モードと、TMS 制御における目標温度である TMS 設定温度と、も異なっている。仕様 1 では、TMS 制御が実行されず、TMS 設定温度も設定されていない。なお、仕様 1 では、水冷管 149 への冷却水の流れを制御する電磁弁が常時開かれており、水冷管 149 による冷却が常時行わ

れている。仕様2では、温度T2をTMS設定温度とするTMS標準モードのTMS制御が行われる。仕様3では、温度T2より高い温度T3をTMS設定温度とするTMS第1特殊モードのTMS制御が行われる。仕様4では、温度T3より高い温度T4をTMS設定温度とするTMS第2特殊モードのTMS制御が行われる。TMS制御が行われない仕様1では、ヒータによる加熱の制御も、水冷管149による冷却の制御も行われない。TMS標準モード、TMS第1特殊モード又はTMS第2特殊モードのTMS制御が行われる仕様2～仕様3では、ヒータによる加熱の制御と、水冷管149による冷却の制御と、が行われる。このように、仕様に応じて、TMS制御の制御モードが異なることにより、ヒータによる加熱の制御の実行有無や、水冷管149による冷却の制御の実行有無が異なる。

[0070] ターボ分子ポンプ100の排気速度、ターボ分子ポンプ100の圧縮比、ターボ分子ポンプ100の到達圧力といったターボ分子ポンプ100の排気性能と、ターボ分子ポンプ100の許容流量と、ターボ分子ポンプ100内部のガス流路の温度であるポンプ内温度とは、何れもモータ121の定格回転速度及びTMS設定温度に依存し、仕様に応じて異なっている。具体的に、仕様2及び仕様3では、ターボ分子ポンプ100の排気速度、圧縮比及び到達圧力が、基準である仕様1と同等であるのに対し、仕様4では、仕様1に比べて低い。ターボ分子ポンプ100の許容流量は、仕様2では仕様1より低く、仕様3では仕様2より低く、仕様4では、仕様2より低く仕様3より高い。仕様2におけるポンプ内温度TP2は、仕様1におけるポンプ内温度である温度TP1より高く、仕様3におけるポンプ内温度TP3は、仕様2におけるポンプ内温度TP2より高く、仕様4におけるポンプ内温度TP4は、仕様3におけるポンプ内温度TP3より高い。

[0071] なお、本実施形態では、ターボ分子ポンプ100の仕様が、仕様1～仕様4の4種類であるものとして説明するが、これは一例に過ぎず、ターボ分子ポンプ100の仕様は、3種類以下であってもよいし、5種類以上であってもよい。また、図7に示す仕様の設定は一例に過ぎず、ターボ分子ポンプ1

〇〇の仕様は任意に設定できる。

[0072] 制御装置200が備える記憶部202には、図7に示す仕様1～仕様4におけるターボ分子ポンプ100の運転状態に関する設定を示す仕様情報が予め記憶されている。CPU201は、当該仕様情報に従い、ターボ分子ポンプ100の動作を制御すると共に、TMS制御を行うことで、ターボ分子ポンプ100を、仕様1～仕様4の何れかの仕様で動作させる。具体的に、CPU201は、現在設定されている仕様に対応するモータ121の定格回転速度を、仕様情報を参照することにより特定し、有線通信部203を介してターボ分子ポンプ100へ指令信号を送信することにより、モータ121の定格回転速度が特定された定格回転速度となるようにターボ分子ポンプ100の制御パラメータを設定する。さらに、CPU201は、現在設定されている仕様に対応するTMS制御の制御モードとTMS設定温度とを、仕様情報を参照することにより特定し、特定されたTMS設定温度を目標温度とする特定された制御モードのTMS制御を行う。

[0073] 後述するように、リモート制御装置300は、ユーザからターボ分子ポンプ100の仕様をユーザが指定した仕様へ変更させる指示を受け付けた場合、ユーザが指定した仕様へのターボ分子ポンプ100の仕様の変更を指示する指令信号である設定変更指令信号をリモート通信により制御装置200へ送信する。CPU201は、リモート通信部204が設定変更指令信号をリモート制御装置300から受信した場合、受信された設定変更指令信号に基づき、ターボ分子ポンプ100の運転状態に関わる設定の一例であるターボ分子ポンプ100の仕様（運転仕様）を変更する。

[0074] 具体的に、CPU201は、リモート通信部204が設定変更指令信号を受信した場合、上述した仕様情報を参照することにより、当該設定変更指令信号が示す変更後のターボ分子ポンプ100の仕様に対応するモータ121の定格回転速度を特定する。そして、CPU201は、有線通信部203を介してターボ分子ポンプ100へ指令信号を送信し、ターボ分子ポンプ100の制御パラメータを変更することにより、モータ121の定格回転速度を

、現在設定されているターボ分子ポンプ１００の仕様に対応する定格回転速度から、特定された変更後のターボ分子ポンプ１００の仕様に対応する定格回転速度へ変更させる。

[0075] さらに、ＣＰＵ２０１は、リモート通信部２０４が設定変更指令信号を受信した場合、仕様情報を参照することにより、当該設定変更指令信号が示す変更後のターボ分子ポンプ１００の仕様に対応するＴＭＳ制御の制御モード及びＴＭＳ設定温度を特定する。そして、ＣＰＵ２０１は、ＴＭＳ制御の制御モードを、現在設定されているターボ分子ポンプ１００の仕様に対応する制御モードから、特定された変更後のターボ分子ポンプ１００の仕様に対応する制御モードへ変更すると共に、ＴＭＳ設定温度を、現在設定されているターボ分子ポンプ１００の仕様に対応するＴＭＳ設定温度から、特定された変更後のターボ分子ポンプ１００の仕様に対応するＴＭＳ設定温度へ変更する。このように、ＣＰＵ２０１は、リモート通信部２０４が設定変更指令信号をリモート制御装置３００から受信した場合、受信された設定変更指令信号に基づき、ターボ分子ポンプ１００の運転仕様を変更する仕様変更デバイスとしてのヒータ及び水冷管１４９の動作に関する設定であるＴＭＳ制御の制御モード及びＴＭＳ設定温度を変更する。

[0076] ＣＰＵ２０１は、ターボ分子ポンプ１００が動作しており、ＴＭＳ制御が行われているときに、リモート通信部２０４が設定変更指令信号を受信した場合、ターボ分子ポンプ１００の動作を停止することなく、かつ、ＴＭＳ制御を停止することなく、受信された設定変更指令信号に基づきターボ分子ポンプ１００の仕様を変更し、ＴＭＳ制御の制御モード及びＴＭＳ設定温度を変更する。具体的に、ＣＰＵ２０１は、ターボ分子ポンプ１００が動作しているときに、リモート通信部２０４が設定変更指令信号を受信した場合、有線通信部２０３を介してターボ分子ポンプ１００へ指令信号を送信することにより、モータ１２１による回転翼１０２の回転駆動を停止することなく、モータ１２１の定格回転速度を、現在設定されている定格回転速度から、変更後のターボ分子ポンプ１００の仕様に対応する定格回転速度へ変更させる

。また、CPU201は、TMS制御を行っているときに、リモート通信部204が設定変更指令信号を受信した場合、TMS制御を停止することなく、TMS制御の制御モードを、現在設定されている制御モードから変更後のターボ分子ポンプ100の仕様に対応する制御モードへ変更すると共に、TMS設定温度を、現在設定されているTMS設定温度から変更後のターボ分子ポンプ100の仕様に対応するTMS設定温度へ変更する。

[0077] 次に、リモート制御装置300の構成及び機能について説明する。リモート制御装置300は、図8に示すように、CPU301と、記憶部302と、リモート通信部303と、出力インタフェース304と、操作部305と、システムバス306と、を備えている。

[0078] CPU301は、記憶部302に記憶されたプログラム及びデータに従って各種処理を実行する。記憶部302は、ROM、フラッシュメモリ、EPROM等の不揮発性メモリ（図示せず）を備え、CPU301が各種処理を実行するために用いるプログラム及びデータを不揮発的に記憶する。さらに、記憶部302は、CPU301のワークエリアとして機能するRAM（図示せず）を備えている。リモート通信部303は、リモート制御装置300の外部の装置との間でリモート通信を行い、信号を送受信する。具体的に、リモート通信部303は、リモートI/Oユニット（図示せず）を備え、当該リモートI/Oユニットを用い、制御装置200との間で、通信網を介したシリアル通信方式のリモート通信を行うことにより、信号を送受信する。リモート通信部303は、制御装置200との間でリモート通信を行うことにより、制御装置200へ指令信号を送信する。リモート通信部303は、リモート信号送信手段の一例である。

[0079] 出力インタフェース304は、ターボ分子ポンプ100の運転状態に関する情報をユーザに提示する。具体的に、出力インタフェース304は、LCDパネル（図示せず）を備え、当該LCDパネルに、ターボ分子ポンプ100の運転仕様の設定を示すメッセージ、ターボ分子ポンプ100の現在の運転状態を示すメッセージ、ターボ分子ポンプ100の動作異常を報知するエ

ラーメッセージ等のターボ分子ポンプ１００の運転状態を報知する各種画像を表示する。操作部３０５は、キーボード、タッチパネル、操作スイッチ等の操作子を備え、当該操作子に対するユーザの操作に従って、ユーザによる各種指示の入力を受け付ける。システムバス３０６は、コマンド及びデータの伝送経路であり、ＣＰＵ３０１～操作部３０５を相互に接続している。

[0080] 以下、ＣＰＵ３０１の機能について詳細に説明する。ＣＰＵ３０１は、ユーザが操作部３０５を操作して入力した指示に応じて、ターボ分子ポンプ１００をリモート制御する。具体的に、ＣＰＵ３０１は、操作部３０５が受け付けた指示に応じた指令信号をリモート通信部３０３に制御装置２００へ送信させ、制御装置２００に、受信した指令信号に従ってターボ分子ポンプ１００の動作を制御させることにより、ターボ分子ポンプ１００をリモート制御する。ＣＰＵ３０１は、リモート制御手段の一例である。具体的に、ＣＰＵ３０１は、ユーザが操作部３０５を操作してターボ分子ポンプ１００の起動指示を入力した場合、ターボ分子ポンプ１００の起動を指示する指令信号をリモート通信部３０３に制御装置２００へ送信させる。ＣＰＵ３０１は、ユーザが操作部３０５を操作してターボ分子ポンプ１００の停止指示を入力した場合、ターボ分子ポンプ１００の停止を指示する指令信号をリモート通信部３０３に制御装置２００へ送信させる。

[0081] ＣＰＵ３０１は、ユーザが操作部３０５を操作してターボ分子ポンプ１００の運転仕様の設定の確認指示を入力した場合、当該設定の確認を指示する指令信号をリモート通信部３０３に制御装置２００へ送信させる。制御装置２００が、当該指令信号を受信したことに応じて、ターボ分子ポンプ１００の運転仕様の設定を示す信号をリモート制御装置３００へ送信すると、ＣＰＵ３０１は、リモート通信部３０３を介して当該信号を受信し、出力インタフェース３０４に、受信された当該信号に基づいて当該設定をユーザへ提示させる。ＣＰＵ３０１は、ユーザが操作部３０５を操作してターボ分子ポンプ１００の現在の運転仕様の確認指示を入力した場合、当該運転仕様の確認を指示する指令信号をリモート通信部３０３に制御装置２００へ送信させる。

。制御装置200が、当該指令信号を受信したことに応じて、ターボ分子ポンプ100の現在の運転仕様を示す信号をリモート制御装置300へ送信すると、CPU301は、リモート通信部303を介して当該信号を受信し、出力インタフェース304に、受信された当該信号に基づいて当該運転仕様をユーザへ提示させる。

[0082] CPU301は、ユーザが操作部305を操作してターボ分子ポンプ100の仕様をユーザが指定した仕様へ変更させる指示を受け付けた場合、ユーザが指定した仕様へのターボ分子ポンプ100の仕様の変更を指示する指令信号である設定変更指令信号をリモート通信部303に制御装置200へ送信させることにより、制御装置200に、受信した設定変更指令信号に基づきターボ分子ポンプ100の仕様を変更させる。一例として、ユーザは、半導体製造装置XのチャンバXR内で行われるプロセスのスケジュールを参照し、チャンバXR内で行われるプロセスが切り替えられたタイミングで、操作部305を操作してターボ分子ポンプ100の仕様の切り替えを指示する。

[0083] 以下、図9のタイミングチャートを参照し、チャンバXR内でプロセス1とプロセス2とが行われる場合を例に用いてターボ分子ポンプ100の仕様の変更について説明する。プロセス1では、半導体製造装置Xによって、ガスA、ガスB及びガスCがプロセスガスとしてチャンバXR内に導入されるものとする。プロセス2では、半導体製造装置Xによって、ガスD、ガスE及びガスFがプロセスガスとしてチャンバXR内に導入されるものとする。以下、制御装置200が、時刻0から、プロセス1に対応する仕様である仕様2に従った動作をターボ分子ポンプ100に開始させると共に、仕様2に対応するTMS制御を開始する場合を例に用いて説明する。すなわち、制御装置200は、時刻0から、ターボ分子ポンプ100のモータ121に、仕様2に対応する定格回転速度である回転速度 ω_2 での回転を開始させる。さらに、制御装置200は、時刻0から、温度T2をTMS設定温度とするTMS標準モードのTMS制御を開始する。

[0084] 半導体製造装置Xは、プロセス1において、時刻 t_1 からガスAの導入を開始し、時刻 t_2 でガスAの導入を停止してガスBの導入を開始し、時刻 t_3 でガスBの導入を停止してガスCの導入を開始し、時刻 t_4 でガスCの導入を停止するものとする。そして、半導体製造装置Xは、プロセス2において、時刻 t_4 より後の時刻 t_6 からガスDの導入を開始し、時刻 t_7 でガスDの導入を停止してガスEの導入を開始し、時刻 t_8 でガスEの導入を停止してガスFの導入を開始し、時刻 t_9 でガスFの導入を停止するものとする。次に、半導体製造装置Xは、プロセス1において、時刻 t_9 より後の時刻 t_{11} からガスAの導入を開始し、時刻 t_{12} でガスAの導入を停止してガスBの導入を開始するものとする。

[0085] 以下、プロセス1でガスCの導入が停止される時刻 t_4 より後で、プロセス2でガスDの導入が開始される時刻 t_6 より前のタイミングにおいて、ユーザが、リモート制御装置300を操作し、ターボ分子ポンプ100の仕様を、現在設定されている仕様である仕様2から、プロセス2に対応する仕様である仕様3へ変更させる指示を入力した場合を例に用いて説明する。この場合、リモート制御装置300は、ユーザによる指示に応じて、ターボ分子ポンプ100の仕様を、仕様2から、ユーザが指定した仕様である仕様3へ切り替えるように指示する設定変更指令信号を制御装置200へ送信する。以下、時刻 t_4 より後で時刻 t_6 より前の時刻 t_5 において、制御装置200が、リモート制御装置300から設定変更指令信号を受信したことに応じて、ターボ分子ポンプ100の仕様を仕様2から仕様3へ変更するものとして説明する。

[0086] 制御装置200は、時刻 t_5 において、ターボ分子ポンプ100の動作を停止することなく、かつ、TMS制御を停止することなく、ターボ分子ポンプ100の仕様を、仕様2から仕様3へ切り替える。具体的に、制御装置200は、記憶部202に記憶された仕様情報を参照することにより、仕様3に対応する定格回転速度である回転速度 ω_3 を特定する。そして、制御装置200は、ターボ分子ポンプ100へ指令信号を送信して制御パラメータを

変更することにより、モータ121による回転翼102の回転駆動を停止することなく、モータ121の定格回転速度を、仕様2に対応する定格回転速度である回転速度 ω_2 から回転速度 ω_3 へ変更させる。さらに、制御装置200は、仕様情報を参照することにより、仕様3に対応するTMS制御の制御モードであるTMS第1特殊モードと、仕様3に対応するTMS設定温度である温度T3と、を特定する。そして、制御装置200は、TMS制御を停止することなく、TMS制御の制御モードを、仕様2に対応するTMS標準モードからTMS第1特殊モードへ変更すると共に、TMS設定温度を、仕様2に対応する温度T2から温度T3へ変更する。

[0087] 以下、プロセス2でガスFの導入が停止される時刻t9より後で、プロセス1でガスAの導入が開始される時刻t11より前のタイミングにおいて、ユーザが、リモート制御装置300を操作し、ターボ分子ポンプ100の仕様を、現在設定されている仕様である仕様3から、プロセス1に対応する仕様である仕様2へ変更させる指示を入力した場合を例に用いて説明する。この場合、リモート制御装置300は、ユーザによる指示に応じて、ターボ分子ポンプ100の仕様を、仕様3から、ユーザが指定した仕様である仕様2へ切り替えるように指示する設定変更指令信号を制御装置200へ送信する。以下、時刻t9より後で時刻t11より前の時刻t10において、制御装置200が、リモート制御装置300から設定変更指令信号を受信したことに応じて、ターボ分子ポンプ100の仕様を仕様3から仕様2へ変更するものとして説明する。

[0088] 制御装置200は、時刻t10において、ターボ分子ポンプ100の動作を停止することなく、かつ、TMS制御を停止することなく、ターボ分子ポンプ100の仕様を、仕様3から仕様2へ切り替える。すなわち、制御装置200は、ターボ分子ポンプ100へ指令信号を送信して制御パラメータを変更することにより、モータ121による回転翼102の回転駆動を停止することなく、モータ121の定格回転速度を、仕様3に対応する定格回転速度である回転速度 ω_3 から、仕様2に対応する回転速度 ω_2 へ変更させる。

さらに、制御装置200は、TMS制御を停止することなく、TMS制御の制御モードを、仕様3に対応するTMS第1特殊モードから、仕様2に対応するTMS標準モードへ変更すると共に、TMS設定温度を、仕様3に対応する温度T3から、仕様2に対応する温度T2へ変更する。

[0089] 以上説明したように、真空ポンプ10が備えるターボ分子ポンプ100は、仕様1～仕様4の何れの仕様でも動作可能に構成されており、真空ポンプ10が備える制御装置200による制御に従い、仕様1～仕様4の何れかの仕様で動作する。このような構成によれば、半導体製造装置Xが設置された工場において、仕様1の真空ポンプと、仕様2の真空ポンプと、仕様3の真空ポンプと、仕様4の真空ポンプと、をそれぞれ購入し保有しておく場合に比べて、真空ポンプの購入費用を削減すると共に、真空ポンプの保管に要するスペースを削減することができる。

[0090] 本発明に係る真空ポンプ10が有するこのような利点は、半導体製造装置Xが複数のチャンバXRを備え、各チャンバで異なる種類のプロセスを行う場合、特に顕著となる。具体的に、半導体製造装置Xが複数のチャンバXRを備え、各チャンバXRで異なる種類のプロセスを行う場合、各チャンバXRに、それぞれのチャンバXRで行われるプロセスに応じた仕様で動作する異なる種類の真空ポンプを取り付けていると、真空ポンプが故障したり真空ポンプをメンテナンスしたりするときに交換するための予備の真空ポンプを準備しようとしたとき、チャンバXRごとに異なる種類の真空ポンプを予備の真空ポンプとしてそれぞれ準備しなければならない。このため、大量の予備の真空ポンプを購入するために要する費用や、大量の予備の真空ポンプを保管するために要するスペースの確保がユーザにとって負担となってしまう虞がある。

[0091] これに対し、半導体製造装置Xが備える複数のチャンバXRそれぞれに、各チャンバXRで行われるプロセスそれぞれで要求される仕様のうち何れの仕様でも動作可能な真空ポンプである共通化ポンプとして、本発明に係る真空ポンプ10を取り付けた場合、一つのチャンバXRのための予備の真空ポ

ンプ10を、他のチャンバXRのための予備の真空ポンプ10として兼用することができる。従って、チャンバXRごとに異なる種類の真空ポンプを予備の真空ポンプとして準備する上述の例に比べて、予備の真空ポンプとして準備すべき真空ポンプの数を削減し、真空ポンプの購入費用を削減し、真空ポンプの保管に要するスペースを削減することができる。

[0092] このように本実施の形態では、制御装置200は、リモート通信部204が設定変更指令信号をリモート制御装置300から受信した場合、受信された設定変更指令信号に基づき、ターボ分子ポンプ100の運転状態に関わる設定の一例であるターボ分子ポンプ100の仕様を変更する。このような構成によれば、ユーザは、真空ポンプ10から離れた場所に設置されたりリモート制御装置300を操作することにより、真空ポンプ10が設置された場所まで赴いて制御装置200を操作することなくターボ分子ポンプ100の仕様を変更することができる。従って、このような構成によれば、ユーザの作業負担を軽減させることができる。

[0093] 本発明に係る真空ポンプ10が有するこのような利点は、半導体製造装置Xが複数のチャンバXRを備え、各チャンバに上述した共通化ポンプとして真空ポンプ10が取り付けられている場合、特に顕著となる。具体的に、半導体製造装置Xが備える複数のチャンバXRそれぞれに取り付けられた真空ポンプ10の仕様を、ユーザが、各真空ポンプ10が設置された場所へ赴き、制御装置200を手動で操作することにより、各チャンバXRで行われるプロセスに応じた仕様に設定しなければならないとすれば、ユーザの作業負担が大きくなる。しかしながら、真空ポンプ10は、ユーザがリモート制御装置300を操作して入力した指示に応じて、仕様を変更可能に構成されているため、ユーザは、真空ポンプ10が設置された場所まで赴いて制御装置200を操作することなく真空ポンプ10の仕様を変更することができる。従って、このような構成によれば、ユーザの作業負担を軽減させることができる。

[0094] また、本実施の形態では、制御装置200は、リモート通信部204が設

定変更指令信号を受信した場合、受信された設定変更指令信号に基づき、ターボ分子ポンプ100の運転仕様を変更する仕様変更デバイスとしてのヒータ及び水冷管149の動作に関する設定であるTMS制御の制御モード及びTMS設定温度を変更する。このような構成によれば、ユーザは、リモート制御装置300を操作することにより、真空ポンプ10が設置された場所まで赴いて制御装置200を操作することなく仕様変更デバイスの動作に関する設定を変更し、ターボ分子ポンプ100の運転仕様を変更することができる。従って、このような構成によれば、ユーザの作業負担を軽減させることができる。より具体的には、ユーザは、リモート制御装置300を操作することにより、真空ポンプ10が設置された場所まで赴いて制御装置200を操作することなく、仕様変更デバイスとしてのベース部129を加熱するヒータ及びベース部129を冷却する水冷管149の動作に関する設定を変更し、ターボ分子ポンプ100の運転仕様としてのターボ分子ポンプ100の内部の温度を変更することができる。

[0095] また、本実施の形態では、制御装置200は、ターボ分子ポンプ100が動作しているときに、リモート通信部204が設定変更指令信号を受信した場合、ターボ分子ポンプ100の動作を停止することなく、受信された設定変更指令信号に基づき、ターボ分子ポンプ100の仕様を変更する。このような構成によれば、動作しているターボ分子ポンプ100を一旦停止させてからターボ分子ポンプ100の仕様を変更し、仕様の変更が完了してからターボ分子ポンプ100の動作を再開させる場合に比べて、作業時間を短縮し、ユーザの利便性を向上させることができる。

[0096] 本発明に係る真空ポンプ10が有するこのような利点は、半導体製造装置Xが、チャンバXR内で複合プロセスを行う場合、すなわち一つのチャンバXRの内部で複数のプロセスを行う場合、特に顕著となる。具体的に、一つのチャンバXRの内部で複数のプロセスを行うことにより、それぞれのプロセスを異なるチャンバXRで行う場合に比べて半導体製造装置Xを小型化することができると共に、一つのチャンバXRでプロセスを行った後、半導体

基板を、他のプロセスが行われるチャンバXRへ移動させるために要する時間を省き、プロセスの実行に要する時間を短縮することができる。一つのチャンバXRの内部で複数のプロセスを行う場合の具体例としては、一つのチャンバXRの内部で、半導体基板に対してエッチングを行うプロセスと、半導体基板に対する成膜プロセスと、を行う場合が挙げられる。

[0097] また、本実施の形態では、真空ポンプ10が備える制御装置200は、真空ポンプ10が備えるターボ分子ポンプ100が動作しているときに、設定変更指令信号をリモート制御装置300から受信した場合、ターボ分子ポンプ100の動作を停止することなく、受信された設定変更指令信号に基づきターボ分子ポンプ100の仕様を変更する。このような構成によれば、チャンバXRの内部で、第1のプロセスを行った後に第2のプロセスを行う場合、チャンバXRに取り付けられた真空ポンプ10の仕様を、第1のプロセスに応じた仕様から第2のプロセスに応じた仕様へ、真空ポンプ10の動作を停止させることなく変更することができる。このため、第1のプロセスに応じた仕様で動作していたターボ分子ポンプ100を一旦停止させてからターボ分子ポンプ100の仕様を第2のプロセスに応じた仕様へ変更し、仕様の変更が完了してからターボ分子ポンプ100の動作を再開させる場合に比べて、作業時間を短縮し、ユーザの利便性を向上させることができる。

[0098] また、本実施の形態では、制御装置200は、TMS制御を行っているときに、リモート通信部204が設定変更指令信号を受信した場合、TMS制御を停止することなく、受信された設定変更指令信号に基づきターボ分子ポンプ100の仕様を変更し、TMS制御の制御モード及びTMS設定温度を変更する。このような構成によれば、実行中のTMS制御を一旦停止させてからターボ分子ポンプ100の仕様を変更してTMS制御の制御モード及びTMS設定温度を変更し、仕様の変更が完了してからTMS制御を再開させる場合に比べて、作業時間を短縮し、ユーザの利便性を向上させることができる。

[0099] 以上説明したように、真空ポンプ10は、排気対象装置の一例である半導

体製造装置Xの内部の気体を排気するターボ分子ポンプ100と、ターボ分子ポンプ100に対する制御を行う制御装置200と、を備えている。制御装置200は、ターボ分子ポンプ100をリモート制御するリモート制御装置300から指令信号を受信するリモート通信部204を備え、リモート通信部204が受信した設定変更指令信号に基づき、ターボ分子ポンプ100の運転仕様に関わる設定の一例であるターボ分子ポンプ100の仕様を変更する。このような構成によれば、ユーザやフィールドサービスのエンジニアの作業負担を軽減させることができる。

[0100] 制御装置200は、ターボ分子ポンプ100が動作しているときに、リモート通信部204が設定変更指令信号をリモート制御装置300から受信した場合、ターボ分子ポンプ100の動作を停止することなく、設定変更指令信号に基づきターボ分子ポンプ100の仕様を変更する。このような構成によれば、ユーザの利便性を向上させることができる。

[0101] 真空ポンプ10は、ターボ分子ポンプ100の運転仕様を変更する仕様変更デバイスとして、ターボ分子ポンプ100を加熱するヒータと、ターボ分子ポンプ100を冷却する水冷管149と、を備えている。制御装置200は、リモート通信部204が受信した設定変更指令信号に基づき、仕様変更デバイスの動作に関する設定を変更する。このような構成によれば、ユーザやフィールドサービスのエンジニアの作業負担を軽減させることができる。

[0102] リモート制御装置300は、真空ポンプ10に設けられ、半導体製造装置Xの内部の気体を排気するターボ分子ポンプ100に対する制御を行う制御装置200へ指令信号を送信するリモート通信部303と、リモート通信部303に指令信号を制御装置200へ送信させることにより、ターボ分子ポンプ100をリモート制御するCPU301と、を備えている。CPU301は、リモート通信部303に設定変更指令信号を制御装置200へ送信させることにより、制御装置200に、受信した設定変更指令信号に基づき、ターボ分子ポンプ100の仕様を変更させる。このような構成によれば、ユーザやフィールドサービスのエンジニアの作業負担を軽減させることができ

る。

[0103] 以上、実施の形態を挙げて本発明を説明したが、本発明は上記実施形態に限定されるものではなく、本発明の要旨を逸脱しない範囲で種々変形が可能であり、上記実施形態及び各変形例は、種々組み合わせることができる。

[0104] 例えば、上記実施形態において、仕様設定デバイスの一例である制御装置200が、リモート通信部204が設定変更指令信号を受信したときに、ターボ分子ポンプ100が備える運転仕様を変更可能な制御対象デバイスの運転仕様を変更することにより、当該設定変更指令信号に基づいて、ターボ分子ポンプ100の運転仕様に関わる設定を変更するように構成してもよい。このような構成によれば、ユーザやフィールドサービスのエンジニアの作業負担を軽減させることができる。一例として、制御装置200が、制御対象デバイスの一例であるモータ121の回転速度を変更することにより、ターボ分子ポンプ100の運転仕様に関わる設定を変更するように構成してもよい。モータ121の回転速度は、モータ121の運転仕様の一例である。

[0105] なお、上述の変形例において、制御装置200を、ターボ分子ポンプ100とは別個に設けると共に、ターボ分子ポンプ100から離れた場所に配置し、制御装置200が上述した手動操作制御モードで動作しているときに、ユーザが、操作部206を操作することにより、ターボ分子ポンプ100の仕様を変更する指示を入力した場合、CPU201が、制御対象デバイス（例えばモータ121）の運転仕様（例えば回転速度）を変更することにより、ターボ分子ポンプ100の仕様を変更するように構成してもよい。このような構成によれば、ユーザにとっての利便性を向上させることができる。

[0106] なお、上記実施形態では、制御装置200が、リモート制御装置300から受信した設定変更指令信号に基づき、ターボ分子ポンプ100の仕様を変更するものとして説明したが、これは一例に過ぎない。制御装置200は、リモート制御装置300から受信した指令信号に基づき、ターボ分子ポンプ100の運転仕様に関わる任意の設定を変更することができる。例えば、制御装置200が、リモート制御装置300から受信した指令信号に基づき、モ

ータ１２１の回転速度のみを変更するように構成してもよい。以下、制御装置２００が、リモート制御装置３００から受信した指令信号に基づきモータ１２１の回転速度のみを変更する変形例について説明する。

[0107] 本変形例では、ターボ分子ポンプ１００が、回転翼１０２の温度を測定する回転翼温度センサ（図示せず）を備えている。制御装置２００は、当該回転翼温度センサから出力された検出信号を、有線通信部２０３を介して受信し、受信した検出信号に基づき、回転翼１０２の温度を示す回転翼温度信号をリモート制御装置３００へ送信する。リモート制御装置３００は、制御装置２００から受信した回転翼温度信号に基づき、回転翼１０２の温度を常時監視している。

[0108] リモート制御装置３００は、制御装置２００から受信した回転翼温度信号が示す回転翼１０２の現在の温度と、予め設定された設定温度と、の差に基づき、モータ１２１に対し引き出し得る最大の設定回転速度を算出する。リモート制御装置３００は、算出された設定回転速度でモータ１２１を回転させるように指示する回転速度変更指令信号を制御装置２００へ送信することにより、制御装置２００に、当該設定回転速度でモータ１２１を回転させる制御を行わせる。制御装置２００は、リモート制御装置３００から受信した回転速度変更指令信号が示す算出された設定回転速度と、モータ１２１が備える回転速度センサの検出信号が示すモータ１２１の現在の回転速度と、の差に基づきモータ１２１を駆動することにより、モータ１２１を当該算出された設定回転速度で回転させる。このような構成によれば、回転翼１０２の温度を制限範囲に維持しつつモータ１２１の回転速度を高め、ターボ分子ポンプ１００の排気性能を最大限に引き出すことができる。

[0109] リモート制御装置３００は、制御装置２００から受信した回転翼温度信号が示す回転翼１０２の現在の温度が予め設定された許容値を超えた場合、モータ１２１の回転速度を下げるように指示する指令信号を制御装置２００へ送信することにより、制御装置２００に、モータ１２１の回転速度を下げさせ、回転翼１０２と気体分子との衝突頻度を低下させる。このような構成に

より、回転翼 102 の温度を低下させ、熱による回転翼 102 の劣化を抑制できる。

[0110] また、プログラムの適用により、既存の真空ポンプの制御装置及びリモート制御装置を、本発明に係る真空ポンプの制御装置及びリモート制御装置として機能させることもできる。すなわち、本発明に係る真空ポンプの制御装置及びリモート制御装置の各機能を実現させるためのプログラムを、既存の真空ポンプの制御装置及びリモート制御装置を制御する CPU 等のプロセッサが実行できるように適用することで、当該既存の真空ポンプの制御装置及びリモート制御装置を本発明に係る真空ポンプの制御装置及びリモート制御装置として機能させることができる。

[0111] なお、このようなプログラムの適用方法は任意である。プログラムを、例えば、フレキシブルディスク、CD (Compact Disc) - ROM、DVD (Digital Versatile Disc) - ROM、メモリーカード等のコンピュータ読み取り可能な記憶媒体に格納して適用できる。さらに、プログラムを搬送波に重畳し、インターネット等の通信媒体を介して適用することもできる。例えば、通信ネットワーク上の掲示板 (BBS : Bulletin Board System) にプログラムを掲示して配信してもよい。そして、このプログラムを起動し、OS (Operating System) の制御下で、他のアプリケーションプログラムと同様に実行することにより、上記の処理を実行できるように構成してもよい。

符号の説明

- [0112] 1 真空ポンプシステム
- 10 真空ポンプ
 - 11 接続ケーブル
 - 100 ターボ分子ポンプ
 - 102、102a、102b、102c 回転翼
 - 121 モータ
 - 149 水冷管
 - 200 制御装置

201、301 CPU
202、302 記憶部
203 有線通信部
204、303 リモート通信部
205、304 出力インタフェース
206、305 操作部
207、306 システムバス
300 リモート制御装置
X 半導体製造装置
XR チャンバ

請求の範囲

- [請求項1] 排気対象装置の内部の気体を排気するポンプ本体と、
前記ポンプ本体に対する制御を行う制御装置と、
を備えた真空ポンプであって、
前記制御装置は、
前記ポンプ本体をリモート制御するリモート制御装置から指令信号を受信するリモート信号受信手段を備え、
前記リモート信号受信手段が受信した前記指令信号に基づき、前記ポンプ本体の運転仕様に關わる設定を変更することを特徴とする真空ポンプ。
- [請求項2] 前記制御装置は、前記ポンプ本体が動作しているときに、前記リモート信号受信手段が前記指令信号を前記リモート制御装置から受信した場合、前記ポンプ本体の動作を停止することなく、前記指令信号に基づき前記設定を変更す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] 前記ポンプ本体の運転仕様を変更する仕様変更デバイスをさらに備え、
前記制御装置は、前記リモート信号受信手段が受信した前記指令信号に基づき、前記仕様変更デバイスの動作に関する設定を変更することを特徴とする請求項1又は2に記載の真空ポンプ。
- [請求項4] 前記仕様変更デバイスは、前記ポンプ本体を加熱する加熱手段又は前記ポンプ本体を冷却する冷却手段であることを特徴とする請求項3に記載の真空ポンプ。
- [請求項5] 排気対象装置の内部の気体を排気するポンプ本体を有する真空ポンプであって、
前記ポンプ本体が有する運転仕様を変更可能な制御対象デバイスと、
前記制御対象デバイスの運転仕様を変更することにより、前記ポン

プ本体の運転仕様に関わる設定を変更する仕様設定デバイスとを備えたことを特徴とする真空ポンプ。

[請求項6] 排気対象装置の内部の気体を排気するポンプ本体に対する制御を行う制御手段と、

前記ポンプ本体をリモート制御するリモート制御装置から指令信号を受信するリモート信号受信手段と、

を備えた真空ポンプの制御装置であって、

前記制御手段は、前記リモート信号受信手段が受信した前記指令信号に基づき、前記ポンプ本体の運転仕様に関わる設定を変更することを特徴とする真空ポンプの制御装置。

[請求項7] 排気対象装置の内部の気体を排気するポンプ本体に対する制御を行う制御装置へ指令信号を送信するリモート信号送信手段と、

前記リモート信号送信手段に前記指令信号を前記制御装置へ送信させることにより、前記ポンプ本体をリモート制御するリモート制御手段と、

を備えたリモート制御装置であって、

前記リモート制御手段は、前記リモート信号送信手段に前記指令信号を前記制御装置へ送信させることにより、前記制御装置に、受信した前記指令信号に基づき、前記ポンプ本体の運転仕様に関わる設定を変更させることを特徴とするリモート制御装置。