

明 細 書

発明の名称： 温調システムおよび温調システムの制御方法

技術分野

[0001] 本開示は、温調システムおよび温調システムの制御方法に関する。

背景技術

[0002] 特許文献1に開示されている温調媒体処理装置は、温調媒体を使用するモジュールに対して、当該温調媒体を回収又は補充する温調媒体処理装置であって、温調媒体を貯留するタンクと、タンクの第1の流入口に接続され、温調媒体が流入する第1の流入流路と、第1の流入流路と、モジュールからの流路とを接続する流入接続部と、タンクの流出口に接続され、温調媒体が流出する流出流路と、流出流路とモジュールへの流路とを接続する流出接続部と、流出流路に設けられ、タンクに貯留された温調媒体を送出するポンプと、を有する。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開2021-136372号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 本開示は、低温領域で 사용할 ことができる温調システムおよび温調システムの制御方法を提供する。

課題を解決するための手段

[0005] 本開示の一態様による温調システムは、プラズマ処理チャンバ内の部材を冷却する温調システムであって、タンクと、冷却機構と、流出流路と、流入流路と、ポンプとを有する。タンクは、常温常圧で気体の温調媒体を貯留するように構成される。冷却機構は、タンク内に貯留された温調媒体を液化するように構成される。流出流路は、タンクの流出口に接続され、温調媒体による熱交換によって部材を冷却する温調部へと温調媒体が流出するように構

成される。流入流路は、タンクの流入口に接続され、温調部から熱交換後の温調媒体が流入するように構成される。ポンプは、流出流路に設けられ、タンクに貯留された温調媒体を送出するように構成される。

発明の効果

[0006] 本開示によれば、低温領域で使用することができる。

図面の簡単な説明

[0007] [図1]図1は、本開示の一実施形態における温調システムの一例を示す図である。

[図2]図2は、タンクに温調媒体を貯留する状態の一例を示す図である。

[図3]図3は、温調システムの運用時の状態の一例を示す図である。

[図4]図4は、温調部側の配管内の温調媒体を排気する状態の一例を示す図である。

[図5]図5は、温調媒体のP-H特性の一例を示すグラフである。

[図6]図6は、温調媒体の押圧による流量の変化の一例を示すグラフである。

[図7]図7は、本実施形態における貯留および循環時の温調システムの制御方法の一例を示すフローチャートである。

[図8]図8は、本実施形態における排気時の温調システムの制御方法の一例を示すフローチャートである。

発明を実施するための形態

[0008] 以下に、開示する温調システムおよび温調システムの制御方法の実施形態について、図面に基づいて詳細に説明する。なお、以下の実施形態により開示技術が限定されるものではない。

[0009] 従来のチラーでは、常温常圧で揮発性の低い温調媒体を用いている。このような温調媒体は、環境に対して無害と認識されていたため、温調媒体の大気放出を許容する運用が主流となっている。ところが、近年、PFAS（ペルフルオロアルキルおよびポリフルオロアルキル化合物）による環境汚染が指摘されるようになり、温調媒体、チラーの構成および運用の見直しが行われると想定される。そこで、温調媒体を気密状態で供給することで、大気放

出を抑制するとともに、温調媒体の使用可能な温度範囲を拡大することが期待されている。つまり、温調システムは、低温領域で使用することが期待されている。

[0010] [温調システムの構成]

図1は、本開示の一実施形態における温調システムの一例を示す図である。図1に示すように、温調システム1は、チラー部2と、制御部3とを有する。チラー部2は、タンク30と、タンク30内に設けられる冷却機構31と、ポンプ34と、供給機構50と、押圧機構53と、パージ機構56と、除害機構60とを有する。すなわち、温調システム1は、プラズマ処理チャンバ10内の部材を冷却する温調システム1であって、タンク30と、冷却機構31と、流出流路（配管32，37）と、流入流路（配管33，38）と、ポンプ34とを有する。なお、温調システム1は、プラズマ処理チャンバ10を備えるプラズマ処理装置に含まれてもよい。

[0011] タンク30は、供給機構50から配管51およびバルブ52を介して供給される常温常圧で気体の温調媒体を、冷却機構31により液化して貯留する。すなわち、タンク30は、常温常圧で気体の温調媒体を貯留するように構成される。タンク30は、例えば、気密状態のリザーブタンクである。タンク30は、流出口に流出流路である配管32が接続され、流入口に流入流路である配管33が接続される。

[0012] 配管32は、配管58と接続され、配管37として、プラズマ処理チャンバ10内の温調部11に接続される。すなわち、流出流路の一例である配管32，37は、タンク30の流出口に接続され、温調媒体による熱交換によって部材を冷却する温調部11へと温調媒体が流出するように構成される。なお、温調部11は、例えば、基板支持部や上部電極等の熱負荷がかかる部材に設けられ、内部の流路に温調媒体が流れることで熱交換によって当該部材が冷却される。配管32には、ポンプ34およびバルブ35が設けられる。配管58は、パージ機構56にバルブ57を介して接続される。配管33は、配管39，41と接続され、配管38として、プラズマ処理チャンバ1

0内の温調部11に接続される。すなわち、流入流路の一例である配管33, 38は、タンク30の流入口に接続され、温調部11から熱交換後の温調媒体が流入するように構成される。配管33には、バルブ36が設けられる。配管38には、圧力計43および温度計44が設けられる。配管39は、タンク30の上部にバルブ40を介して接続される。配管41は、除害機構60にバルブ42を介して接続される。すなわち、タンク30から流出する温調媒体は、配管32, 37、温調部11、および、配管38, 33の経路で循環される。つまり、配管32, 37は、流出流路の一例であり、配管33, 38は、流入流路の一例である。なお、配管41は、排気流路の一例である。すなわち、排気流路（配管41）は、タンク30および流入流路（配管32, 37）に接続され、温調媒体を排気するように構成される。また、バルブ35は、第1のバルブの一例であり、バルブ36は、第2のバルブの一例である。

[0013] 冷却機構31は、タンク30内に供給された常温常圧で気体の温調媒体を液化するように制御される。すなわち、冷却機構31は、タンク30内に貯留された温調媒体を液化するように構成される。冷却機構31では、例えば、熱交換器等により温調媒体を沸点以下の所定の温度まで冷却することで液化させる。また、冷却機構31は、例えば、熱交換器において、液体窒素および液体ヘリウム等の冷媒を用いて、温調媒体をさらに冷却してもよい。所定の温度は、例えば、 $+20^{\circ}\text{C}$ ～ -120°C の範囲の温度とすることができる。なお、冷却機構31は、タンク30とは別に、例えば、配管33に設けられるようにしてもよい。すなわち、冷却機構31は、タンク30内または流入流路（配管33）に設けられる。また、冷却機構31は、所定の温度まで冷却可能であれば、他の方式の冷却機構であってもよい。

[0014] ポンプ34は、タンク30の配管32に設けられ、タンク30に貯留された液化された温調媒体をプラズマ処理チャンバ10内の温調部11に送出して循環させる。すなわち、ポンプ34は、流出流路に設けられ、タンク30に貯留された温調媒体を送出するように構成される。

- [0015] 圧力計 4 3 は、配管 3 8 内の圧力を測定するセンサである。温度計 4 4 は、配管 3 8 内の温度を測定するセンサである。すなわち、流入流路（配管 3 8）には、圧力計 4 3 および温度計 4 4 のうち、少なくとも 1 つが設けられる。圧力計 4 3 および温度計 4 4 の測定結果は、制御部 3 に出力される。圧力計 4 3 および温度計 4 4 の測定結果からは、配管 3 8 内の温調媒体の気液の状態を把握できる。例えば、圧力計 4 3 および温度計 4 4 は、温調媒体が配管 3 8 内から排気されたことの検出に用いることができる。
- [0016] ヒータ 4 5, 4 6 は、それぞれ配管 3 7, 3 8 に設けられる。すなわち、流出流路（配管 3 7）および流入流路（配管 3 8）のうち、少なくとも 1 つには、ヒータ（ヒータ 4 5, 4 6）が設けられる。ヒータ 4 5, 4 6 は、配管 3 7, 3 8 および温調部 1 1 内をパージする際に、配管 3 7, 3 8 を加熱することで、温調媒体を気化させる。なお、ヒータ 4 5, 4 6 は、いずれか 1 つが設けられるようにしてもよい。また、ヒータ 4 5, 4 6 は、圧力計 4 3 および温度計 4 4 の測定結果に基づいて、出力が制御されてもよい。
- [0017] 供給機構 5 0 は、配管 5 1 およびバルブ 5 2 を介してタンク 3 0 に接続され、気体の温調媒体を供給するように制御される。供給機構 5 0 は、矢印 6 1 で示すように、例えば、 C_3F_8 、 $C_3H_2F_4$ といったガスを温調媒体としてタンク 3 0 に供給する。すなわち、供給機構 5 0 は、タンク 3 0 に接続され、気体の温調媒体を供給するように構成される。また、温調媒体は、 C_3F_8 および $C_3H_2F_4$ のうち、少なくとも一方を含む。なお、供給機構 5 0 は、温調システム 1 が設置される工場設備（用力）への接続部としてもよい。この場合、制御部 3 がバルブ 5 2 の開閉を制御することが、供給機構 5 0 を制御することに相当する。
- [0018] 押圧機構 5 3 は、配管 5 4 およびバルブ 5 5 を介してタンク 3 0 に接続され、押圧用のガスを供給するように制御される。押圧機構 5 3 は、矢印 6 2 で示すように、例えば、窒素ガス（例えば、 N_2 ガス）を押圧用のガスとしてタンク 3 0 に供給する。押圧用のガスは、温調媒体よりも沸点が低く、温調媒体と反応しないガスであれば、他のガスであってもよい。押圧機構 5 3

は、押圧用のガスをタンク 30 内に供給することで、液体の温調媒体を押圧する。すなわち、押圧機構 53 は、タンク 30 内に貯留された液体の温調媒体を押圧するように構成される。つまり、押圧機構 53 は、押圧用のガスをタンク 30 内に供給して温調媒体を押圧する。言い換えると、押圧用のガスは、温調媒体よりも沸点が低いガスである。また、押圧機構 53 は、例えば、ピストン等の機械的な構成によって液体の温調媒体を押圧するようにしてもよい。すなわち、押圧機構 53 は、ピストンによって温調媒体を押圧するようにしてもよい。また、押圧機構 53 は、温調媒体を温調媒体の蒸気圧以上に押圧するようにしてもよい。なお、押圧機構 53 は、温調システム 1 が設置される工場設備（用力）への接続部としてもよい。この場合、制御部 3 がバルブ 55 の開閉を制御することが、押圧機構 53 を制御することに相当する。

[0019] パージ機構 56 は、配管 58 およびバルブ 57 を介して配管 37 に接続され、パージ用のガス（以下、単にパージガスともいう。）を温調部 11 内に供給するように制御される。パージ機構 56 は、矢印 63 で示すように、例えば、窒素ガスをパージガスとして配管 37 を介して温調部 11 内に供給する。すなわち、パージ機構 56 は、流出流路（配管 37）に接続され、パージ用のガスを温調部 11 内に供給可能なように構成される。温調部 11 内に供給されたパージガスは、配管 38, 41 を介して、除害機構 60 へと排気される。なお、パージ機構 56 は、温調システム 1 が設置される工場設備（用力）への接続部としてもよい。この場合、制御部 3 がバルブ 57 の開閉を制御することが、パージ機構 56 を制御することに相当する。

[0020] 除害機構 60 は、排気される温調媒体に対して、例えば、プラズマ除害等を用いて無害化を行うように制御される。除害機構 60 には、配管 41 およびバルブ 42 を介して配管 38 が接続され、配管 47 およびバルブ 48 を介してタンク 30 が接続される。除害機構 60 は、例えば、真空ポンプを備え、矢印 64, 65 で示すように、配管 41, 47 を真空引きすることで、パージ機構 56 とともに、温調部 11 またはタンク 30 の内部および各配管内

のパージを行うように制御される。つまり、除害機構 60 は、パージ機構 56 によって配管 37, 38 および温調部 11 の内部からパージされた温調媒体と、タンク 30 のメンテナンス時等においてタンク 30 の内部からパージされた温調媒体との除害処理を行うように制御される。なお、タンク 30 内のパージは、例えば、押圧機構 53 の押圧用のガスを利用することができる。また、除害機構 60 は、温調システム 1 が設置される工場設備（用力）への接続部としてもよい。この場合、制御部 3 がバルブ 42, 48 の開閉を制御することが、除害機構 60 を制御することに相当する。

[0021] 制御部 3 は、本開示において述べられる種々の工程をチラー部 2 に実行させるコンピュータ実行可能な命令を処理する。制御部 3 は、ここで述べられる種々の工程を実行するようにチラー部 2 の各要素を制御するように構成され得る。一実施形態において、制御部 3 の一部または全てがチラー部 2 に含まれてもよい。制御部 3 は、処理部 3a1、記憶部 3a2 および通信インターフェース 3a3 を含んでもよい。制御部 3 は、例えばコンピュータ 3a により実現される。処理部 3a1 は、記憶部 3a2 からプログラムを読み出し、読み出されたプログラムを実行することにより種々の制御動作を行うように構成され得る。このプログラムは、予め記憶部 3a2 に格納されていてもよく、必要なときに、媒体を介して取得されてもよい。取得されたプログラムは、記憶部 3a2 に格納され、処理部 3a1 によって記憶部 3a2 から読み出されて実行される。媒体は、コンピュータ 3a に読み取り可能な種々の記憶媒体であってもよく、通信インターフェース 3a3 に接続されている通信回線であってもよい。処理部 3a1 は、CPU (Central Processing Unit) であってもよい。記憶部 3a2 は、RAM (Random Access Memory)、ROM (Read Only Memory)、HDD (Hard Disk Drive)、SSD (Solid State Drive)、またはこれらの組み合わせを含んでもよい。通信インターフェース 3a3 は、LAN (Local Area Network) 等の通信回線を介してチラー部 2 との間で通信してもよい。

[0022] [温調システムの動作]

次に、図2から図4を用いて、温調システム1の動作について説明する。

なお、図2から図4において、開状態のバルブは白抜きで表し、閉状態のバルブは黒塗りで表している。図2は、タンクに温調媒体を貯留する状態の一例を示す図である。図2に示すように、タンク30に温調媒体を貯留する場合、バルブ35、36、40、42、48、55、57が閉状態となり、バルブ52が開状態となるように制御される。供給機構50は、矢印61に示すように、気体の温調媒体を供給するように制御され、タンク30内には、気体の温調媒体が貯留される。つまり、温調媒体は、大気暴露されずに供給機構50からタンク30に供給される。その後、温調媒体は、冷却機構31により冷却されて液化される。なお、図2の各バルブの開閉状態から、バルブ57を開状態にすることで、配管37、38および温調部11の内部にパージガスを充填させ、圧力を圧力計43で測定することで、配管37、38および温調部11の気密試験を行うことができる。また、気密試験は、プラズマ処理チャンバ10（温調部11）側のパーツ交換後における装置立ち上げ時等に行うことができる。

[0023] 図3は、温調システムの運用時の状態の一例を示す図である。図3に示すように、温調システム1の運用時には、バルブ42、48、52、57が閉状態となり、バルブ35、36、40、55が開状態となるように制御される。押圧機構53は、矢印62に示すように、押圧用のガスを供給するように制御され、押圧された温調媒体は、ポンプ34により、配管32、37、温調部11、配管38、33の経路で循環される。なお、循環中に気化した温調媒体は、配管39からタンク30の上部に戻される。温調媒体は、押圧機構53により押圧されることで高圧化され、温調部11でのドライアウトを緩和することができる。また、温調媒体が押圧されることで、押圧がポンプ34の揚程に加算されることにより（圧損抑制により）ポンプ34の負荷を低減することができる。さらに、循環する温調媒体の流量が増加するので、冷却性能を向上させることができる。

[0024] 図4は、温調部側の配管内の温調媒体を排気する状態の一例を示す図であ

る。図4に示すように、配管37、38および温調部11の内部に残留する温調媒体の排気時には、バルブ35、36、40、48、52、55が閉状態となり、バルブ42、57が開状態となるように制御される。パージ機構56は、矢印63に示すように、パージガスを温調部11内に供給するように制御されるとともに、除害機構60は、配管41を真空引きするように制御され、配管37、38および温調部11の内部が、パージおよび排気される。また、配管37、38は、ヒータ45、46によって昇温される。つまり、温調媒体は、大気暴露されずに除害機構60へと排気される。なお、パージ機構56および除害機構60は、サイクルパージを行ってもよい。サイクルパージの完了後には、プラズマ処理チャンバ10（温調部11）側のパーツ交換を行うことができる。なお、配管37、38は、プラズマ処理チャンバ10側と分離可能な接続部を備えていてもよい。また、タンク30および冷却機構31をメンテナンスする場合には、バルブ35、36、40、42、52、57を閉状態とし、バルブ48、55を開状態とすることで、押圧機構53の押圧用のガスを利用してタンク30をパージすることができる。この場合、除害機構60は、配管47を真空引きするように制御される。

[0025] [温調媒体の押圧]

続いて、図5および図6を用いて、液体の温調媒体を押圧した場合におけるP-H特性と、流量の変化とについて説明する。なお、図5および図6では、温調媒体としてC3F8を使用し、押圧用のガスとして窒素ガスを用いた場合を示している。図5は、温調媒体のP-H特性の一例を示すグラフである。図5に示すように、P-H線図100は、温調システム1における温調媒体のP-H特性を示している。P-H線図100は、縦軸に圧力P [MPa]を示し、横軸に比エンタルピーH [kJ/kg]を示す。サイクル101は、窒素ガスによる押圧ありの場合のサイクルである。一方、サイクル102は、窒素ガスによる押圧なしの場合のサイクルである。また、P-H線図100の飽和液線103よりも右下の領域104は、気液混合（ドライアウト）領域である。なお、サイクル101、102における温調媒体の温

度は、等温線 105 で表している。サイクル 101, 102 は、それぞれ冷却工程 111、加圧工程 112、熱負荷工程 113 およびリターン工程 114 を有する。サイクル 101 は、サイクル 102 よりも冷却工程 111 およびリターン工程 114 が飽和液線 103 から遠いので、窒素ガスによる押圧ありの場合にドライアウトに対するマージンが広がることになる。

[0026] 図 6 は、温調媒体の押圧による流量の変化の一例を示すグラフである。図 6 では、縦軸に温調媒体の流量 $[m^3/h]$ を示し、横軸にポンプ 34 の回転周波数 $[Hz]$ を示す。図 6 に示すグラフ 120 は、窒素ガスによる押圧ありの場合における温調媒体の流量と、ポンプ 34 の回転周波数との関係を示している。また、グラフ 121 は、窒素ガスによる押圧なしの場合における温調媒体の流量と、ポンプ 34 の回転周波数との関係を示している。グラフ 120, 121 を比較すると、窒素ガスによる押圧ありの場合、ポンプ 34 の回転周波数が同じであっても温調媒体の流量が増加していることがわかる。

[0027] [温調システムの制御方法]

次に、本実施形態における温調システムの制御方法について説明する。図 7 は、本実施形態における貯留および循環時の温調システムの制御方法の一例を示すフローチャートである。

[0028] 温調媒体の貯留および循環開始時において、制御部 3 は、バルブ 35, 36, 40, 42, 48, 55, 57 を閉じるように制御し、バルブ 52 を開くように制御する。制御部 3 は、供給機構 50 を制御して、常温常圧で気体の温調媒体をタンク 30 に供給して貯留させる（ステップ S1）。すなわち、ステップ S1 は、常温常圧で気体の温調媒体をタンク 30 に貯留する工程の一例である。制御部 3 は、冷却機構 31 を制御して、タンク 30 内に貯留された温調媒体を液化する（ステップ S2）。すなわち、ステップ S2 は、タンク 30 内に貯留された温調媒体を液化する工程の一例である。

[0029] 制御部 3 は、バルブ 52 を閉じるように制御し、バルブ 35, 36, 40, 55 を開くように制御する。制御部 3 は、押圧機構 53 を制御して、押圧

用のガスのタンク 30 への供給を開始する。制御部 3 は、ポンプ 34 を制御して、配管 32, 37、温調部 11、配管 38, 33 の経路で、押圧された温調媒体の循環を開始する（ステップ S3）。つまり、制御部 3 は、液化した温調媒体を押圧しつつ、部材を冷却する温調部 11 に循環させるように各部を制御する。言い換えると、ステップ S3 は、液化した温調媒体を押圧しつつ、部材を冷却する温調部 11 に循環させる工程の一例である。これにより、温調システム 1 は、温調媒体を気密状態で供給することで、大気放出を抑制できる。すなわち、温調システム 1 は、温調媒体の使用可能な温度範囲を拡大することができるので、低温領域で使用する事ができる。また、温調システム 1 は、ドライアウトに対するマージンを広げることができるとともに、温調媒体の流量を増加させることができる。

[0030] 図 8 は、本実施形態における排気時の温調システムの制御方法の一例を示すフローチャートである。

[0031] 温調媒体の排気時において、制御部 3 は、押圧機構 53 を制御して、押圧用のガスのタンク 30 への供給を停止する。また、制御部 3 は、ポンプ 34 を制御して、温調媒体の循環を停止する（ステップ S11）。すなわち、ステップ S11 は、温調媒体の温調部 11 への循環を停止させる工程の一例である。制御部 3 は、バルブ 35, 36, 40, 48, 52, 55 を閉じるように制御し、バルブ 42, 57 を開くように制御する。つまり、制御部 3 は、温調媒体を排気するように各バルブを切り替える（ステップ S12）。言い換えると、ステップ S12 は、タンク 30 から温調部 11 に温調媒体が流出する側の流出流路に設けられた第 1 のバルブ（バルブ 35）と、温調部 11 からタンク 30 に温調媒体が流入する側の流入流路に設けられた第 2 のバルブ（バルブ 36）とを閉じる工程の一例である。制御部 3 は、ヒータ 45, 46 を制御して、配管 37, 38 を加熱し、配管 37、温調部 11 および配管 38 の流路内を昇温させる（ステップ S13）。すなわち、ステップ S13 は、流出流路および流入流路のうち少なくとも 1 つに設けられたヒータにより、流路内を昇温する工程の一例である。このとき、制御部 3 は、温調

媒体の沸点以上の温度まで、配管 37、温調部 11 および配管 38 の流路内を昇温するように制御することが好ましい。また、制御部 3 は、流入流路（配管 38）から分岐してタンク 30 の上部に接続される流路（配管 39）に設けられた第 3 のバルブ（バルブ 40）を開いて、気化した温調媒体をタンク 30 に戻すように制御する。

- [0032] 制御部 3 は、パージ機構 56 および除害機構 60 を制御して、配管 37、温調部 11 および配管 38 の流路内に対するパージガスの供給および排気を開始する（ステップ S14）。すなわち、ステップ S14 は、流出流路の第 1 のバルブよりも温調部 11 側に接続されたパージ機構 56 から、パージ用のガスを流出流路と、温調部 11 と、流入流路とに供給するとともに、パージ用のガスを流入流路の第 2 のバルブよりも温調部側に接続された排気流路に排気する工程の一例である。制御部 3 は、圧力計 43 および温度計 44 から入力された測定結果に基づいて、温調媒体が配管 38 内から排気されたことを検出する。例えば、制御部 3 は、温度計 44 で測定された温度が温調媒体の沸点以上であること、および、圧力計 43 で測定された圧力が測定された温度における蒸気圧以下であることを基準として、温調媒体が配管 38（流入流路）内から排気されたことを検出する。つまり、配管 38 は、排気時の流路の下流側であるので、配管 38 に設けられた圧力計 43 および温度計 44 の測定結果から、配管 37、温調部 11 および配管 38 の流路内から温調媒体が排気されたことが検出できる。制御部 3 は、温調媒体が配管 38 内から排気されたことを検出すると、パージ機構 56 および除害機構 60 を制御して、配管 37、温調部 11 および配管 38 の流路内に対するパージガスの供給および排気を停止する（ステップ S15）。すなわち、ステップ S15 は、流入流路に設けられた圧力計 43 および温度計 44 のうち、少なくとも 1 つで測定された値に基づいて、温調媒体が流入流路内から排気されたことを検出すると、排気を停止することの一例である。なお、制御部 3 は、排気の停止時において、圧力計 43 の測定結果に基づいて、配管 37、温調部 11 および配管 38 の流路内が常圧（大気圧）となるように、パージ機構 5

6および除害機構60を制御するのが好ましい。制御部3は、バルブ42, 57を閉じるように制御する。これにより、温調システム1は、温調媒体を大気暴露させずに除害機構60へと排気することができる。また、温調システム1は、温調媒体を大気暴露させないので、使用可能な温調媒体の種類を増加させることができる。

[0033] 以上、本実施形態によれば、温調システム1は、プラズマ処理チャンバ10内の部材を冷却する温調システム1であって、タンク30と、冷却機構31と、流出流路（配管32, 37）と、流入流路（配管33, 38）と、ポンプ34とを有する。タンク30は、常温常圧で気体の温調媒体を貯留するように構成される。冷却機構31は、タンク30内に貯留された温調媒体を液化するように構成される。流出流路は、タンク30の流出口に接続され、温調媒体による熱交換によって部材を冷却する温調部11へと温調媒体が流出するように構成される。流入流路は、タンク30の流入口に接続され、温調部11から熱交換後の温調媒体が流入するように構成される。ポンプ34は、流出流路に設けられ、タンク30に貯留された温調媒体を送出するように構成される。その結果、温調媒体の大気放出を抑制できるとともに、温調媒体の使用可能な温度範囲を拡大することができる。つまり、温調システム1は、低温領域で使用することができる。

[0034] また、本実施形態によれば、温調システム1は、タンク30に接続され、気体の温調媒体を供給するように構成される供給機構50をさらに有する。その結果、温調媒体を大気暴露させずにタンク30に供給できる。

[0035] また、本実施形態によれば、温調媒体は、 C_3F_8 および $C_3H_2F_4$ のうち、少なくとも一方を含む。その結果、温調システム1は、低温領域で使用することができる。

[0036] また、本実施形態によれば、タンク30内に貯留された液体の温調媒体を押圧するように構成される押圧機構53をさらに有する。その結果、ドライアウトに対するマージンを広げることができるとともに、温調媒体の流量を増加させることができる。

- [0037] また、本実施形態によれば、押圧機構 53 は、押圧用のガスをタンク 30 内に供給して温調媒体を押圧する。その結果、ドライアウトに対するマージンを広げることができるとともに、温調媒体の流量を増加させることができる。
- [0038] また、本実施形態によれば、押圧用のガスは、温調媒体よりも沸点が低いガスである。その結果、温調媒体が液化する低温領域においても、ガスによって温調媒体を押圧することができる。
- [0039] また、本実施形態によれば、押圧機構 53 は、ピストンによって温調媒体を押圧する。その結果、温調システム 1 が設置される工場設備（用力）から押圧用のガスが用意できない場合であっても、温調媒体を押圧することができる。
- [0040] また、本実施形態によれば、押圧機構 53 は、温調媒体を温調媒体の蒸気圧以上に押圧する。その結果、ドライアウトに対するマージンを広げることができるとともに、温調媒体の流量を増加させることができる。
- [0041] また、本実施形態によれば、流出流路および流入流路のうち、少なくとも 1 つには、ヒータ（ヒータ 45, 46）が設けられる。その結果、配管 37, 38 および温調部 11 内において、温調媒体を気化させることができる。
- [0042] また、本実施形態によれば、流入流路には、圧力計 43 および温度計 44 のうち、少なくとも 1 つが設けられる。その結果、温調媒体が配管 37, 38 および温調部 11 内から排気されたことを検出することができる。
- [0043] また、本実施形態によれば、タンク 30 および流入流路に接続され、温調媒体を排気するように構成される排気流路（配管 41）をさらに有する。その結果、温調媒体を大気暴露させずに除害機構 60 へと排気することができる。
- [0044] また、本実施形態によれば、冷却機構 31 は、タンク 30 内または流入流路に設けられる。その結果、温調媒体を液化することができる。
- [0045] また、本実施形態によれば、流出流路に接続され、パージ用のガスを温調部 11 内に供給可能なように構成されるパージ機構 56 をさらに有する。そ

の結果、配管 37, 38 および温調部 11 内をパージすることができる。

[0046] また、本実施形態によれば、温調システム 1 の制御方法は、プラズマ処理チャンバ 10 内の部材を冷却する温調システム 1 の制御方法であって、常温常圧で気体の温調媒体をタンク 30 に貯留する工程と、タンク 30 内に貯留された温調媒体を液化する工程と、液化した温調媒体を押圧しつつ、部材を冷却する温調部 11 に循環させる工程と、を有する。その結果、温調媒体の大気放出を抑制できるとともに、温調媒体の使用可能な温度範囲を拡大することができる。つまり、温調システム 1 は、低温領域で 사용할 ことができる。

[0047] また、本実施形態によれば、温調システム 1 の制御方法は、温調媒体の温調部 11 への循環を停止させる工程と、タンク 30 から温調部 11 に温調媒体が流出する側の流出流路（配管 32, 37）に設けられた第 1 のバルブ（バルブ 35）と、温調部 11 からタンク 30 に温調媒体が流入する側の流入流路（配管 33, 38）に設けられた第 2 のバルブ（バルブ 36）とを閉じる工程と、流出流路の第 1 のバルブよりも温調部 11 側に接続されたパージ機構 56 から、パージ用のガスを流出流路と、温調部 11 と、流入流路とに供給するとともに、パージ用のガスを流入流路の第 2 のバルブよりも温調部側に接続された排気流路（配管 41）に排気する工程と、をさらに有する。その結果、温調媒体を大気暴露させずに除害機構 60 へと排気することができる。

[0048] また、本実施形態によれば、排気する工程の前に、流出流路および流入流路のうち少なくとも 1 つに設けられたヒータ（ヒータ 45, 46）により、流路内を昇温する工程、をさらに有する。その結果、配管 37, 38 および温調部 11 内において、温調媒体を気化させることができる。

[0049] また、本実施形態によれば、昇温する工程は、温調媒体の沸点以上の温度まで流路内を昇温する。その結果、配管 37, 38 および温調部 11 内において、温調媒体をより気化させることができる。

[0050] また、本実施形態によれば、昇温する工程は、流入流路から分岐してタン

ク 30 の上部に接続される流路（配管 39）に設けられた第 3 のバルブ（バルブ 40）を開いて、気化した温調媒体をタンク 30 に戻す。その結果、タンク 30 に回収可能な温調媒体の量を増加させることができる。

[0051] また、本実施形態によれば、排気する工程は、流入流路に設けられた圧力計 43 および温度計 44 のうち、少なくとも 1 つで測定された値に基づいて、温調媒体が流入流路内から排気されたことを検出すると、排気を停止する。その結果、プラズマ処理チャンバ 10 側において、パーツ交換等のメンテナンスを行うことができる。

[0052] また、本実施形態によれば、排気する工程は、温度計 44 で測定された温度が温調媒体の沸点以上であること、および、圧力計 43 で測定された圧力が測定された温度における蒸気圧以下であることを基準として、温調媒体が流入流路内から排気されたことを検出する。その結果、より正確に温調媒体の流入流路内からの排気完了を検出することができる。

[0053] 今回開示された実施形態は、すべての点で例示であって、制限的なものではないと考えられるべきである。上記の実施形態は、添付の請求の範囲およびその主旨を逸脱することなく、様々な形態で省略、置換、変更されてもよい。

[0054] また、上記した実施形態では、温調システム 1 は、プラズマ処理チャンバ 10 を備えるプラズマ処理装置と接続され、プラズマ処理チャンバ 10 内の部材を冷却する場合を説明したが、これに限定されない。例えば、冷却対象の部材であれば、アニール処理等を行う改質装置、または、基板を洗浄する洗浄装置等に含まれる部材に対して適用してもよい。

[0055] なお、本開示は以下のような構成も取ることができる。

(1)

プラズマ処理チャンバ内の部材を冷却する温調システムであって、
常温常圧で気体の温調媒体を貯留するように構成されるタンクと、
前記タンク内に貯留された前記温調媒体を液化するように構成される冷却機構と、

前記タンクの流出口に接続され、前記温調媒体による熱交換によって前記部材を冷却する温調部へと前記温調媒体が流出するように構成される流出流路と、

前記タンクの流入口に接続され、前記温調部から熱交換後の前記温調媒体が流入するように構成される流入流路と、

前記流出流路に設けられ、前記タンクに貯留された前記温調媒体を送出するように構成されるポンプと、

を有する温調システム。

(2)

前記タンクに接続され、気体の前記温調媒体を供給するように構成される供給機構、をさらに有する、

前記(1)に記載の温調システム。

(3)

前記温調媒体は、 C_3F_8 および $C_3H_2F_4$ のうち、少なくとも一方を含む、

前記(1)または(2)に記載の温調システム。

(4)

前記タンク内に貯留された液体の前記温調媒体を押圧するように構成される押圧機構、をさらに有する、

前記(1)～(3)のいずれか1つに記載の温調システム。

(5)

前記押圧機構は、押圧用のガスを前記タンク内に供給して前記温調媒体を押圧する、

前記(4)に記載の温調システム。

(6)

前記押圧用のガスは、前記温調媒体よりも沸点が低いガスである、

前記(5)に記載の温調システム。

(7)

前記押圧機構は、ピストンによって前記温調媒体を押圧する、
前記（４）に記載の温調システム。

（８）

前記押圧機構は、前記温調媒体を前記温調媒体の蒸気圧以上に押圧する、
前記（４）～（７）のいずれか１つに記載の温調システム。

（９）

前記流出流路および前記流入流路のうち、少なくとも１つには、ヒータが
設けられる、

前記（１）～（８）のいずれか１つに記載の温調システム。

（１０）

前記流入流路には、圧力計および温度計のうち、少なくとも１つが設けら
れる、

前記（１）～（９）のいずれか１つに記載の温調システム。

（１１）

前記タンクおよび前記流入流路に接続され、前記温調媒体を排気するよう
に構成される排气流路、をさらに有する、

前記（１）～（１０）のいずれか１つに記載の温調システム。

（１２）

前記冷却機構は、前記タンク内または前記流入流路に設けられる、
前記（１）～（１１）のいずれか１つに記載の温調システム。

（１３）

前記流出流路に接続され、パージ用のガスを前記温調部内に供給可能なよ
うに構成されるパージ機構、をさらに有する、

前記（１）～（１２）のいずれか１つに記載の温調システム。

（１４）

プラズマ処理チャンバ内の部材を冷却する温調システムの制御方法であっ
て、

常温常圧で気体の温調媒体をタンクに貯留する工程と、

前記タンク内に貯留された前記温調媒体を液化する工程と、
液化した前記温調媒体を押圧しつつ、前記部材を冷却する温調部に循環させる工程と、
を有する温調システムの制御方法。

(15)

前記温調媒体の前記温調部への循環を停止させる工程と、
前記タンクから前記温調部に前記温調媒体が流出する側の流出流路に設けられた第1のバルブと、前記温調部から前記タンクに前記温調媒体が流入する側の流入流路に設けられた第2のバルブとを閉じる工程と、
前記流出流路の前記第1のバルブよりも前記温調部側に接続されたパージ機構から、パージ用のガスを前記流出流路と、前記温調部と、前記流入流路とに供給するとともに、前記パージ用のガスを前記流入流路の前記第2のバルブよりも前記温調部側に接続された排気流路に排気する工程と、をさらに有する、

前記(14)に記載の温調システムの制御方法。

(16)

前記排気する工程の前に、前記流出流路および前記流入流路のうち少なくとも1つに設けられたヒータにより、流路内を昇温する工程、をさらに有する、

前記(15)に記載の温調システムの制御方法。

(17)

前記昇温する工程は、前記温調媒体の沸点以上の温度まで前記流路内を昇温する、

前記(16)に記載の温調システムの制御方法。

(18)

前記昇温する工程は、前記流入流路から分岐して前記タンクの上部に接続される流路に設けられた第3のバルブを開いて、気化した前記温調媒体を前記タンクに戻す、

前記（１７）に記載の温調システムの制御方法。

（１９）

前記排気する工程は、前記流入流路に設けられた圧力計および温度計のうち、少なくとも１つで測定された値に基づいて、前記温調媒体が前記流入流路内から排気されたことを検出すると、前記排気を停止する、

前記（１５）～（１８）のいずれか１つに記載の温調システムの制御方法。

（２０）

前記排気する工程は、前記温度計で測定された温度が前記温調媒体の沸点以上であること、および、前記圧力計で測定された圧力が測定された前記温度における蒸気圧以下であることを基準として、前記温調媒体が前記流入流路内から排気されたことを検出する、

前記（１９）に記載の温調システムの制御方法。

符号の説明

- [0056]
- １ 温調システム
 - ２ チラー部
 - ３ 制御部
 - １０ プラズマ処理チャンバ
 - １１ 温調部
 - ３０ タンク
 - ３１ 冷却機構
 - ３２，３３，３７，３８，３９，４１，４７，５１，５４，５８ 配管
 - ３４ ポンプ
 - ３５，３６，４０，４２，４８，５２，５５，５７ バルブ
 - ４３ 圧力計
 - ４４ 温度計
 - ４５，４６ ヒータ
 - ５０ 供給機構

5 3 押圧機構

5 6 パージ機構

6 0 除害機構

請求の範囲

- [請求項1] プラズマ処理チャンバ内の部材を冷却する温調システムであって、
 常温常圧で気体の温調媒体を貯留するように構成されるタンクと、
 前記タンク内に貯留された前記温調媒体を液化するように構成される冷却機構と、
 前記タンクの流出口に接続され、前記温調媒体による熱交換によって前記部材を冷却する温調部へと前記温調媒体が流出するように構成される流出流路と、
 前記タンクの流入口に接続され、前記温調部から熱交換後の前記温調媒体が流入するように構成される流入流路と、
 前記流出流路に設けられ、前記タンクに貯留された前記温調媒体を送出するように構成されるポンプと、
 を有する温調システム。
- [請求項2] 前記タンクに接続され、気体の前記温調媒体を供給するように構成される供給機構、をさらに有する、
 請求項1に記載の温調システム。
- [請求項3] 前記温調媒体は、 C_3F_8 および $C_3H_2F_4$ のうち、少なくとも一方を含む、
 請求項1または2に記載の温調システム。
- [請求項4] 前記タンク内に貯留された液体の前記温調媒体を押圧するように構成される押圧機構、をさらに有する、
 請求項1または2に記載の温調システム。
- [請求項5] 前記押圧機構は、押圧用のガスを前記タンク内に供給して前記温調媒体を押圧する、
 請求項4に記載の温調システム。
- [請求項6] 前記押圧用のガスは、前記温調媒体よりも沸点が低いガスである、
 請求項5に記載の温調システム。
- [請求項7] 前記押圧機構は、ピストンによって前記温調媒体を押圧する、

- 請求項 4 に記載の温調システム。
- [請求項8] 前記押圧機構は、前記温調媒体を前記温調媒体の蒸気圧以上に押圧する、
- 請求項 4 に記載の温調システム。
- [請求項9] 前記流出流路および前記流入流路のうち、少なくとも 1 つには、ヒータが設けられる、
- 請求項 1 または 2 に記載の温調システム。
- [請求項10] 前記流入流路には、圧力計および温度計のうち、少なくとも 1 つが設けられる、
- 請求項 1 または 2 に記載の温調システム。
- [請求項11] 前記タンクおよび前記流入流路に接続され、前記温調媒体を排気するように構成される排気流路、をさらに有する、
- 請求項 1 または 2 に記載の温調システム。
- [請求項12] 前記冷却機構は、前記タンク内または前記流入流路に設けられる、
- 請求項 1 または 2 に記載の温調システム。
- [請求項13] 前記流出流路に接続され、パージ用のガスを前記温調部内に供給可能なように構成されるパージ機構、をさらに有する、
- 請求項 1 または 2 に記載の温調システム。
- [請求項14] プラズマ処理チャンバ内の部材を冷却する温調システムの制御方法であって、
- 常温常圧で気体の温調媒体をタンクに貯留する工程と、
- 前記タンク内に貯留された前記温調媒体を液化する工程と、
- 液化した前記温調媒体を押圧しつつ、前記部材を冷却する温調部に循環させる工程と、
- を有する温調システムの制御方法。
- [請求項15] 前記温調媒体の前記温調部への循環を停止させる工程と、
- 前記タンクから前記温調部に前記温調媒体が流出する側の流出流路に設けられた第 1 のバルブと、前記温調部から前記タンクに前記温調

媒体が流入する側の流入流路に設けられた第2のバルブとを閉じる工程と、

前記流出流路の前記第1のバルブよりも前記温調部側に接続されたパージ機構から、パージ用のガスを前記流出流路と、前記温調部と、前記流入流路とに供給するとともに、前記パージ用のガスを前記流入流路の前記第2のバルブよりも前記温調部側に接続された排气流路に排気する工程と、をさらに有する、

請求項14に記載の温調システムの制御方法。

[請求項16] 前記排気する工程の前に、前記流出流路および前記流入流路のうち少なくとも1つに設けられたヒータにより、流路内を昇温する工程、をさらに有する、

請求項15に記載の温調システムの制御方法。

[請求項17] 前記昇温する工程は、前記温調媒体の沸点以上の温度まで前記流路内を昇温する、

請求項16に記載の温調システムの制御方法。

[請求項18] 前記昇温する工程は、前記流入流路から分岐して前記タンクの上部に接続される流路に設けられた第3のバルブを開いて、気化した前記温調媒体を前記タンクに戻す、

請求項17に記載の温調システムの制御方法。

[請求項19] 前記排気する工程は、前記流入流路に設けられた圧力計および温度計のうち、少なくとも1つで測定された値に基づいて、前記温調媒体が前記流入流路内から排気されたことを検出すると、前記排気を停止する、

請求項15～18のいずれか1つに記載の温調システムの制御方法。

[請求項20] 前記排気する工程は、前記温度計で測定された温度が前記温調媒体の沸点以上であること、および、前記圧力計で測定された圧力が測定された前記温度における蒸気圧以下であることを基準として、前記温

調媒体が前記流入流路内から排気されたことを検出する、
請求項 19 に記載の温調システムの制御方法。