

明 細 書

発明の名称： 温度制御装置

技術分野

[0001] 本発明は、温度制御装置に関する。

背景技術

[0002] 従来、温度制御装置に関する技術としては、例えば、特許文献 1 や特許文献 2 等に開示されたものが既に提案されている。

[0003] 特許文献 1 は、内部に部材流路が設けられた被温度調整部材と、第 1 温度調整媒体の温度を第 1 温度に制御する第 1 温度制御部と、第 2 温度調整媒体の温度を前記第 1 温度とは異なる第 2 温度に制御する第 2 温度制御部と、前記部材流路と前記第 1 温度制御部とで前記第 1 温度調整媒体が流れる第 1 流路と、前記部材流路と前記第 2 温度制御部とで前記第 2 温度調整媒体が流れる第 2 流路と、前記部材流路を経由せず、前記第 1 温度制御部を前記第 1 温度調整媒体が流れる第 3 流路と、前記部材流路を経由せず、前記第 2 温度制御部を前記第 2 温度調整媒体が流れる第 4 流路と、前記第 1 流路と前記第 3 流路の分岐部に設けられた第 1 三方弁と、前記第 2 流路と前記第 4 流路の分岐部に設けられた第 2 三方弁と、前記第 1 流路と前記第 2 流路の分岐部に設けられた第 3 三方弁と、を備えるように構成したものである。

[0004] 特許文献 2 は、プラズマ処理装置の処理容器内に配置され、基板を載置する載置台の内部に設けられた流路に供給される熱媒体を、前記基板に対するエッチング処理を行う場合に第 1 温度制御部から供給される第 1 の温度の前記熱媒体から、前記基板を前記処理容器から搬出した後に、前記載置台の上部に設けられた静電チャックに付着した反応生成物を除去するクリーニング処理を行う場合に第 2 温度制御部から供給される第 2 の温度の前記熱媒体に切り替える切り替え工程と、前記処理容器内にクリーニングガスの供給を開始し、プラズマを着火する着火工程と、前記流路の出口側における前記熱媒体の温度に基づいて、前記熱媒体の温度変化の傾きを算出する傾き算出工程

と、前記流路の出口側における前記熱媒体の温度が、予め定めた設定値よりも低い第3の温度に安定するまで、前記第2温度制御部を制御する第1制御工程と、前記流路の出口側における前記熱媒体の温度が前記設定値となるように、前記第2温度制御部を制御する第2制御工程と、を有するように構成したものである。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：特開2020-107684

特許文献2：特開2021-145095

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] 本発明は、温度制御対象の熱負荷を検出する検出手段の検出結果に基づいて供給手段における温度調整能力を制御する制御手段を備えない場合に比較して、温度制御対象に供給する温度制御用流体の温度を高い精度で制御することが可能な温度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

[0007] 請求項1に記載された発明は、温度制御用流体を予め定められた温度に調整して供給する供給手段と、

前記供給手段から前記温度制御用流体が供給される温度制御対象側に配置され、前記温度制御対象の熱負荷を検出する検出手段と、

前記検出手段の検出結果に基づいて前記供給手段における温度調整能力を制御する制御手段と、

を備えた温度制御装置である。

[0008] 請求項2に記載された発明は、前記検出手段は、

前記供給手段から前記温度制御対象に供給する前記温度制御用流体と前記温度制御対象に供給せず前記供給手段へ帰還させる前記温度制御用流体に分配する第1の流量制御用三方弁と、

前記第 1 の流量制御用三方弁によって前記温度制御対象に供給される前記温度制御用流体の温度を検知する第 1 の温度検知手段と、

前記温度制御対象から帰還する前記温度制御用流体の温度を検知する第 2 の温度検知手段と、

を備える請求項 1 に記載の温度制御装置である。

[0009] 請求項 3 に記載された発明は、前記供給手段は、低温側の予め定められた第 1 の温度に調整された低温側流体を供給する第 1 の供給手段と、高温側の予め定められた第 2 の温度に調整された高温側流体を供給する第 2 の供給手段と、

を備え、

前記検知手段は、前記第 1 の供給手段から供給される前記低温側流体と前記第 2 の供給手段から供給される前記高温側流体の流量を制御しつつ混合し前記温度制御用流体として前記温度制御対象に供給する第 2 の流量制御用三方弁と、

前記温度制御対象を流通した前記温度制御用流体を前記第 1 の供給手段と前記第 2 の供給手段に流量を制御しつつ分配する第 3 の流量制御用三方弁と、

前記第 2 の流量制御用三方弁によって前記温度制御対象に供給される前記温度制御用流体の温度を検知する第 3 の温度検知手段と、

前記温度制御対象から帰還する前記温度制御用流体の温度を検知する第 4 の温度検知手段と、

を備える請求項 1 に記載の温度制御装置である。

[0010] 請求項 4 に記載された発明は、前記制御手段は、前記供給手段において前記温度制御用流体の温度を熱交換器を介して調整する熱交換媒体の流量を増減させることにより前記供給手段における温度調整能力を制御する請求項 1 乃至 3 のいずれかに記載の温度制御装置である。

[0011] 請求項 5 に記載された発明は、前記制御手段は、前記第 1 の流量制御用三方弁の分配情報のうち、前記温度制御対象に供給される前記温度制御用流体

の流量と、前記第 1 及び第 2 の温度検知手段の検知結果に基づいて前記温度制御対象の熱負荷を算出する請求項 2 に記載の温度制御装置である。

- [0012] 請求項 6 に記載された発明は、前記制御手段は、前記温度制御対象の熱負荷の算出結果 H 1 に基づいて以下の演算式によって前記供給手段における温度調整能力 F 1 を制御する請求項 5 に記載の温度制御装置である。

$$F 1 = ((H 1 - b) / a)^{0.5}$$

- [0013] 請求項 7 に記載された発明は、前記制御手段は、前記供給手段における冷凍機を駆動する駆動源の回転数を制御する請求項 6 に記載の温度制御装置である。

- [0014] 請求項 8 に記載された発明は、前記制御手段は、前記第 1 の流量制御用三方弁における分配比率を制御する請求項 1 に記載の温度制御装置である。

- [0015] 請求項 9 に記載された発明は、前記供給手段は、当該供給手段から前記温度制御対象に供給する前記温度制御用流体と前記温度制御対象に供給せずに帰還させる前記温度制御用流体に分配する第 4 の流量制御用三方弁を備える請求項 1 に記載の温度制御装置である。

- [0016] 請求項 10 に記載された発明は、前記制御手段は、前記第 4 の流量制御用三方弁に流入する前記温度制御用流体の流量が一定値となるよう制御する請求項 9 に記載の温度制御装置である。

- [0017] 請求項 11 に記載された発明は、前記供給手段は、
前記温度制御対象から帰還する前記温度制御用流体を貯蔵する貯蔵タンクと、

前記貯蔵タンクに貯蔵された前記温度制御用流体を冷却する冷却手段と、
を備える請求項 1 に記載の温度制御装置である。

- [0018] 請求項 12 に記載された発明は、前記第 1 の流量制御用三方弁は、
前記温度制御用流体が流入する流入口と、前記流入口から流入する前記温度制御用流体を前記温度制御対象に供給する前記温度制御用流体と前記温度制御対象に供給せず前記供給手段へ帰還させる前記温度制御用流体とに分配する第 1 及び第 2 の弁口を有する請求項 2 に記載の温度制御装置である。

発明の効果

[0019] 本発明によれば、温度制御対象の熱負荷を検出する検出手段の検出結果に基づいて供給手段における温度調整能力を制御する制御手段を備えない場合に比較して、温度制御対象に供給する温度制御用流体の温度を高い精度で制御することが可能な温度制御装置を提供することができる。

図面の簡単な説明

[0020] [図1]本発明の実施の形態1に係る温度制御装置としての恒温維持装置（チラー装置）を示す概略構成図である。

[図2]本発明の実施の形態1に係る温度制御装置としての恒温維持装置（チラー装置）の冷凍装置を示す回路構成図である。

[図3]プラズマ処理装置を示す断面構成図である。

[図4]本発明の実施の形態1に係る温度制御装置としての恒温維持装置（チラー装置）の動作を示す概略構成図である。

[図5]本発明の実施の形態1に係る温度制御装置としての恒温維持装置（チラー装置）の動作を示す特性図である。

[図6]従来のチラー装置の動作を示す特性図である。

[図7]本発明の実施の形態2に係る温度制御装置としての恒温維持装置（チラー装置）を示す概略構成図である。

[図8]チラー装置の温度特性を示すグラフである。

[図9]本発明の実施の形態2に係る温度制御装置としての恒温維持装置（チラー装置）の動作を示す概略構成図である。

[図10]本発明の実施の形態2に係る温度制御装置としての恒温維持装置（チラー装置）の動作を示す概略構成図である。

[図11]流量制御用三方弁の切替特性を示すグラフである。

[図12(a)]本発明の実施の形態1に係る流量制御用三方弁の一例としての三方弁型モータバルブを示す正面図である。

[図12(b)]本発明の実施の形態1に係る流量制御用三方弁の一例としての三方弁型モータバルブを示す右側面図である。

[図12(c)]本発明の実施の形態1に係る流量制御用三方弁の一例としての三方弁型モータバルブを示すアクチュエータ部の底面図である。

[図13]本発明の実施の形態1に係る流量制御用三方弁の一例としての三方弁型モータバルブを示す図12(b)のA-A線断面図である。

[図14]本発明の実施の形態1に係る流量制御用三方弁の一例としての三方弁型モータバルブを示す図12(a)のB-B線断面図である。

[図15]本発明の実施の形態1に係る流量制御用三方弁の一例としての三方弁型モータバルブを示す要部の断面斜視図である。

[図16(a)]バルブシートを示す斜視構成図である。

[図16(b)]バルブシートを示す正面構成図である。

[図17]バルブシートと弁軸との関係を示す構成図である。

[図18(a)]オムニシールを示す一部破断の斜視構成図である。

[図18(b)]オムニシールを示す断面構成図である。

[図19]オムニシールの装着状態を示す断面図である。

[図20]オムニシールの変形例を示す構成図である。

[図21(a)]ウェーブワッシャーを示す斜視構成図である。

[図21(b)]ウェーブワッシャーを示す側面構成図である。

[図21(c)]ウェーブワッシャーを示す一部判断の正面構成図である。

[図22]調整リングを示す斜視構成図である。

[図23(a)]弁軸の動作を示す構成図である。

[図23(b)]弁軸の動作を示す構成図である。

[図24(a)]弁軸を示す斜視構成図である。

[図24(b)]弁軸を示す正面構成図である。

[図25(a)]弁軸の動作を示す構成図である。

[図25(b)]弁軸の動作を示す構成図である。

[図26]本発明の実施の形態1に係る流量制御用三方弁の一例としての三方弁型モータバルブの動作を示す断面構成図である。

発明を実施するための形態

[0021] 以下に、本発明の実施の形態について図面を参照して説明する。

[0022] [実施の形態 1]

＜チラー装置の概略構成＞

図 1 は本発明の実施の形態 1 に係る温度制御装置の一例としての恒温維持装置（チラー装置）を示す概略構成図である。

[0023] このチラー装置 100 は、例えば、後述するようにプラズマエッチング処理などを伴う半導体製造装置等に使用され、温度制御対象（ワーク）Wの一例としての半導体ウエハ等の温度を一定温度に維持するよう制御するものである。

[0024] チラー装置 100 は、図 1 に示すように、大別して、温度制御用流体 101 を予め定められた温度に調整して温度制御対象の一例としての温調対象装置 102 に供給配管 103 を介して供給する供給手段の一例としての流体供給部 104 と、チラー装置 100 の外部であって、流体供給部 104 によって温度制御用流体 101 が供給される温調対象装置 102 側において当該温調対象装置 102 の直前に配置され、温調対象装置 102 の熱負荷を検出する検出手段 105 と、検出手段 105 の検出結果に基づいて流体供給部 104 における温度調整能力を制御する制御手段の一例としての制御装置 300 とを備えている。

[0025] 流体供給部 104 は、温度制御用流体 101 を貯蔵する貯蔵タンク 106 と、貯蔵タンク 106 から温度制御用流体 101 を供給する供給ポンプ 107 と、供給ポンプ 107 によって供給される温度制御用流体 101 を制御装置 300 によって指示された温度に冷却する冷凍装置 108 とを備えている。

[0026] 検出手段 105 は、チラー装置 100 から温調対象装置 102 に供給する温度制御用流体 101 と温調対象装置 102 に供給せず貯蔵タンク 106 に帰還配管 112 を介して帰還させる温度制御用流体 101 に分配する第 1 の流量制御用三方弁 109 と、温調対象装置 102 に供給される直前の温度制御用流体 101 の温度を検知する第 1 の温度検知手段の一例としての第 1 の

温度センサ 110 と、温調対象装置 102 から流出した直後の温度制御用流体 101 の温度を検知する第 2 の温度検知手段の一例としての第 2 の温度センサ 111 とを備えている。第 1 の流量制御用三方弁 109 の帰還用の流出部は、第 1 のバイパス配管 125 を介して帰還配管 112 に接続されている。

[0027] 検出手段 105 は、温調対象装置 102 の熱負荷を検出するものである。第 1 の流量制御用三方弁 109 は、当該第 1 の流量制御用三方弁 109 に流入する温度制御用流体 101 のうち、温調対象装置 102 に供給される温度制御用流体 101 の割合（分配比）を決定している。したがって、第 1 の流量制御用三方弁 109 に流入する温度制御用流体 101 の流量が既知であれば、温調対象装置 102 に供給される温度制御用流体 101 の流量が求まる。また、第 1 の温度センサ 110 によって検知される温調対象装置 102 に供給される直前の温度制御用流体 101 の温度（ $Sup Temp 1$ ）と、第 2 の温度センサ 111 によって検知される温調対象装置 102 から流出した直後の温度制御用流体 101 の温度（ $Ret Temp 1$ ）との差分を算出することにより、温度制御用流体 101 が温調対象装置 102 を通過することに伴う温度変化 $\Delta T = (Ret Temp 1 - Sup Temp 1)$ が求まる。その結果、第 1 の流量制御用三方弁 109 に流入する温度制御用流体 101 の流量と、当該第 1 の流量制御用三方弁 109 における温度制御用流体 101 の分配比と、第 1 及び第 2 の温度センサ 110, 111 によって検知される温度制御用流体 101 の温度差に基づいて、温調対象装置 102 の熱負荷 $H 1$ が次の演算式（1）に基づいて検出（算出）される。

$$H 1 = m \cdot c \cdot \Delta T \quad (1)$$

ここで、 m は温度制御用流体 101 の質量流量（ Kg/h ）、すなわち温度制御用流体 101 の単位時間当たりの流量に比重を乗算したものであり、 c は温度制御用流体 101 の比熱（ $Kw/Kg/^\circ C$ ）である。

[0028] 仮に、温調対象装置 102 に供給される直前の温度制御用流体 101 の温度（ $Sup Temp 1$ ）と、温調対象装置 102 から流出した直後の温度

制御用流体101の温度(Ret Temp1)が等しい場合は、温調対象装置102の熱負荷H1はゼロということになる。

[0029] 一方、温調対象装置102に供給される直前の温度制御用流体101の温度(Sup Temp1)と、温調対象装置102から流出した直後の温度制御用流体101の温度(Ret Temp1)との温度差(Ret Temp1 - Sup Temp1)が大きな値となり、及び／又は温度制御用流体101の流量Q1が多い場合は、温調対象装置102の熱負荷H1が大きいことになる。

[0030] さらに、貯蔵タンク106に温度制御用流体101が帰還配管112を介して帰還する直前の流入部には、温度制御用流体101の温度を検知する第3の温度検知手段の一例としての第3の温度センサ113が配置されている。

[0031] また、貯蔵タンク106から供給ポンプ107によって温度制御用流体101を冷凍装置108に供給する配管124には、貯蔵タンク106から供給される温度制御用流体101の温度を検知する第4の温度検知手段の一例としての第4の温度センサ114が配置されている。

[0032] 冷凍装置108から温度制御用流体101が流出する供給配管103の最上流部には、冷凍装置108から流出した直後の温度制御用流体101の温度を検知する第5の温度検知手段の一例としての第5の温度センサ115と、冷凍装置108から流出する温度制御用流体101の流量を検知する第1の流量検知手段の一例としての第1の流量センサ116が配置されている。

[0033] 流体供給部104は、その内部に、冷凍装置108によって冷却された温度制御用流体101を温調対象装置102に向けて供給する温度制御用流体101と温調対象装置102に向けて供給せず貯蔵タンク106に帰還配管112を介して帰還させる温度制御用流体101に分配する第2の流量制御用三方弁117を備えている。第2の流量制御用三方弁117の温調対象装置102に向けた流出側には、流体供給部104から供給される温度制御用流体101の流量を検知する第2の流量検知手段の一例としての第2の流量

センサ 118 が配置されている。第 2 の流量制御用三方弁 117 の帰還用の流出部は、第 2 のバイパス配管 126 を介して帰還配管 112 に接続されている。

[0034] 供給ポンプ 107 は、第 1 のインバータモータ 119 によって駆動される。また、冷凍装置 108 は、第 2 のインバータモータ 123 によって駆動される。第 1 及び第 2 のインバータモータ 119, 123 は、それぞれ図示しない駆動回路により駆動され、制御装置 300 によって回転数などが制御される。第 1 及び第 2 のインバータモータ 119, 123 は、当該第 1 及び第 2 のインバータモータ 119, 123 に供給される交流電力の周波数を変化させることによって回転数が制御される。

[0035] 冷凍装置 108 は、図 2 に示されるように、冷媒のガスを電動式圧縮機 131 により圧縮して高圧ガスとして吐出側の凝縮器 132 へ送り、凝縮器 132 では高圧ガスを凝縮して減圧機構の膨張弁 133 を経由して減圧させてから蒸発器 134 へ送り、蒸発器 134 では減圧された低圧ガスを蒸発させて電動式圧縮機 131 の吸入側に吸い込ませることで再び圧縮を繰り返す回路構成となっている。

[0036] 冷凍装置 108 は、蒸発器 134 に設けられた熱交換器によって温度制御用流体 101 を冷却する。電動式圧縮機 131 は、第 2 のインバータモータ 123 によって駆動される。冷凍装置 108 は、第 2 のインバータモータ 123 の回転数を増加させることにより、凝縮器 132 における冷媒の凝縮効果が高まり、蒸発器 134 における冷媒の気化作用が上昇して冷却能力が向上する。

[0037] 第 1 の流量制御用三方弁 109 は、例えば、第 1 の温度センサ 110 の検知温度 (Sup Temp1) と第 2 の温度センサ 111 の検知温度 (Ret Temp1) の差分 (Ret Temp1 - Sup Temp1) に応じて温調対象装置 102 に供給する温度制御用流体 101 の分配比を増減させるよう制御装置 300 によって切り替えられる構成とすることが可能である。

[0038] 具体的には、第1の流量制御用三方弁109は、第2の温度センサ111の検知温度(Ret Temp1)が第1の温度センサ110の検知温度(Sup Temp1)より高い場合は、温調対象装置102に供給する温度制御用流体101の流量を増加させるように切り替えられる。

[0039] 温調対象装置102は、流体供給部104によって予め定められた温度に調整された温度制御用流体101が連続して流れる温度制御用流路135(図3参照)を内部に有している。

[0040] なお、温度制御用流体101として使用される熱媒体(ブライン)としては、例えば、圧力が0~1MPa、-85~+120℃程度の温度範囲において、オプテオン(登録商標)(三井・ケマーズフロロプロダクツ社製)やノベック(登録商標)(3M社製)等のフッ素系不活性液体などが使用される。

制御装置300は、チラー装置100の全体の動作を統括的に制御するものである。制御装置300は、図示しないCPU(Central Processing Unit)やROM(Read Only Memory)、RAM(Random Access Memory)、あるいはこれらCPUやROM等を接続するバスなどを備えている。制御装置300には、第1乃至第5の温度センサ110, 111, 113, 114, 115や、第1及び第2の流量センサ116, 118等からの検知信号が入力されている。また、制御装置300は、図示しないROMに予め記憶されたプログラムに基づいて所要の演算処理や第1及び第2の流量制御用三方弁の109, 117の開度(分配比)を制御するよう構成されている。

[0041] <プラズマ処理装置の構成>

チラー装置100が適用される半導体製造装置としては、プラズマ処理を伴うプラズマ処理装置200を挙げることができる。

[0042] プラズマ処理装置200は、図3に示すように、真空容器(チャンバ)201を備えている。真空容器(チャンバ)201の内部には、温度制御対象である半導体ウエハWを静電的に吸着した状態で保持する温度制御対象の一例としての静電チャック136(ESC: Electro Static Chuck)を備えて

いる。静電チャック１３６の内部には、チラー装置１００から供給される温度制御用流体１０１が流れる温度制御用流路１３５が連続して設けられている。また、プラズマ処理装置２００は、静電チャック１３６と兼用され、蓋部に結合された下部電極（カソード電極）２０２と、当該下部電極２０２に対向して配置されると共に、蓋部を一体的に有する上部電極（アノード電極）２０３とを備えている。なお、温度制御対象としては、下部電極（カソード電極）２０２のみならず、上部電極（アノード電極）２０３を含んでも良い。

[0043] また、真空容器２０１には、エッチング用の活性ガス（反応性ガス）を導入するためのガス吸入口２０１aが開口されている。上部電極２０３は、外方に延びた蓋部を介して接地電位（GND）に接続されている。また、下部電極２０２は、外方に延びた蓋部を介して高周波（RF）発振器２０４及びブロッキングコンデンサ２０５に接続されている。高周波（RF）発振器２０４の一端は、接地電位（GND）に接続されている。さらに、真空容器２０１には、ガス吸入口２０１aと対向する壁に設けられた窓部の外側に、エッチング用のプラズマを生成させてプラズマ処理によるエッチングが行われるときの発光状態を監視する発光検出器２０６が設けられている。

[0044] 半導体ウエハWのエッチングに使用されるプラズマは、極短時間に高温となる特性を有しており、半導体ウエハWを静電的に吸着した状態で保持する静電チャック１３６は、プラズマ処理の進行に伴って温度が急激に上昇する傾向にある。

[0045] プラズマ処理により活性ガスが電離された状態では、活性ガスのプラスイオンがカソード電極としての下部電極２０２側に位置する温度制御対象Wへ引き寄せられてエッチングに供される。プラズマ処理により活性ガスが電離されて発生する電子は、多様な振る舞いをする。電子は、温度制御対象Wへ向かうものの他、上部電極２０３を通して接地電位へ流れるものや、相当部分が下部電極２０２を通してブロッキングコンデンサ２０５に蓄えられる。

[0046] チラー装置１００によって温度が制御される温度制御対象Wとしては、例

えば、３次元ＮＡＮＤ型のフラッシュメモリ等の半導体素子やフラットパネルディスプレイ（ＦＰＤ）、あるいは太陽電池などが挙げられる。

[0047] <チラー装置の基本的な動作>

チラー装置１００は、基本的に次のように動作する。

[0048] チラー装置１００は、例えば、温調対象装置１０２に供給する温度制御用流体１０１の温度を例えば－３０℃等の予め定められた温度と等しくなるよう制御する。ここで、流体供給部１０４が供給する温度制御用流体１０１の温度は、例えば、温調制御対象の温度が処理の進行に伴って上昇することを考慮して０℃より低い予め定められた温度である－３０℃程度に設定されるのが望ましい。なお、温度制御用流体１０１の温度は、－３０℃程度に限定されるものではなく、これより高い温度であっても低い温度であっても良いことは勿論である。

[0049] チラー装置１００は、図４に示すように、温調対象装置１０２の温度を－３０℃程度に制御する場合、第１の流量制御用三方弁１０９の開度を例えば５０％に設定し、供給配管１０３を介して温調対象装置１０２に流入する温度制御用流体１０１と、流体供給部１０４に帰還させる温度制御用流体１０１とを等しい量に制御する。

[0050] また、チラー装置１００は、第２の流量制御用三方弁１１７の開度を例えば１００％に設定し、冷凍装置１０８から供給される温度制御用流体１０１のすべてを第１の流量制御用三方弁１０９に流入させる。

[0051] その結果、温調対象装置１０２の温度制御用流路１３５には、流体供給部１０４から温度が予め定められた温度である－３０℃に調整された温度制御用流体１０１のうち、５０％の温度制御用流体１０１が供給され、温調対象装置１０２の温度は、流体供給部１０４から供給される温度制御用流体１０１の温度である－３０℃に制御される。

[0052] 制御装置３００は、第２の流量センサ１１８によって検知された第１の流量制御用三方弁１０９に供給される温度制御用流体１０１の流量に基づいて、第１の流量制御用三方弁１０９の開度情報に応じて温調対象装置１０２へ

供給される温度制御用流体１０１の流量Ｑ１と、チラー装置１００側へ戻る温度制御用流体１０１の流量Ｑ２を算出する。

- [0053] 次に、制御装置３００は、温調対象装置１０２へ供給される温度制御用流体１０１の流量Ｑ１と、第１及び第２の温度センサ１１０，１１１の検知結果に基づいて、温調対象装置１０２の熱負荷Ｈ１を演算式（１）に基づいて算出する。

$$H1 = m \cdot c \cdot \Delta t \quad (1)$$

- [0054] 制御装置３００は、検出手段１０５によって検出された温調対象装置１０２の熱負荷Ｈ１に基づいて演算式（２）により冷凍装置１０８の第２のインバータモータ１２３の回転数を決定する周波数Ｆ１を制御する。

$$F1 = ((H1 - b) / a)^{0.5} \quad (2)$$

- [0055] いま、温調対象装置１０２としてのプラズマ処理装置２００において、半導体ウエハＷのプラズマ処理によるエッチング工程が開始されると、図５に示すように、半導体ウエハＷを静電的に吸着した状態で保持する静電チャック１３６から流出し、第２の温度センサ１１１によって検知される温度制御用流体１０１の温度Ｔ２が急激に上昇する。

- [0056] すると、制御装置３００は、上述した式（１）に基づいて温調対象装置１０２の熱負荷Ｈ１を算出し、図５に示すように、算出された急激に上昇する熱負荷Ｈ１に対応して冷凍装置１０８の第２のインバータモータ１２３の回転数を決定する交流電力の周波数Ｆ１を直ちに急激に増加させるよう制御する。

- [0057] そのため、制御装置３００は、第１及び第２の温度センサ１１０，１１１によって温調対象装置１０２の熱負荷Ｈ１の急激な上昇を検知すると、直ちに冷凍装置１０８の第２のインバータモータ１２３の回転数を大幅に増加させて冷却能力を増大させることができる。

- [0058] その結果、温調対象装置１０２を通過して急激に温度が上昇した温度制御用流体１０１は、貯蔵タンク１０６を通過した後、冷却能力が予め増大された冷凍装置１０８によって効率良く冷却されて、予め定められた温度である

− 3 0℃に略等しい温度の温度制御用流体 1 0 1 として温調対象装置 1 0 2 に供給される。

[0059] 同時に、制御装置 3 0 0 は、必要に応じて、第 1 の流量制御用三方弁 1 0 9 の分配比を制御して、温調対象装置 1 0 2 に供給される温度制御用流体 1 0 1 の流量を増加させる。

[0060] このように、本実施の形態 1 に係るチラー装置 1 0 0 によれば、温調対象装置 1 0 2 の熱負荷を検出する検出手段 1 0 5 の検出結果に基づいて流体供給部 1 0 4 における温度調整能力（冷却能力）を制御する制御装置 3 0 0 を備えない場合に比較して、温調対象装置 1 0 2 に供給する温度制御用流体 1 0 1 の温度を高い精度で制御することが可能となる。

[0061] 比較例

これに対して、従来は、図 6 に示すように、貯蔵タンク 1 0 6 の上流側に配置された第 3 の温度センサ 1 1 3 によって温度制御用流体 1 0 1 の温度 T_4 の上昇を検知してから、比例制御によって冷凍装置 1 0 8 の第 2 のインバータモータ 1 2 3 の回転数を決定する周波数 F_1 を制御しているため、プラズマ処理装置 2 0 0 における半導体ウエハ W のプラズマ処理によるエッチング工程が開始されると、温調対象装置 1 0 2 に供給される温度制御用流体 1 0 1 の温度 T_1 がオーバーシュートにより上昇してしまい、温調対象装置 1 0 2 のワーク W の温度が上昇してしまい加工精度が低下するなど、温調対象装置 1 0 2 に供給する温度制御用流体 1 0 1 の温度を高い精度で制御することが困難であった。

[0062] [実施の形態 2]

図 7 は本発明の実施の形態 2 に係る温度制御装置の一例としての恒温維持装置（チラー装置）を示す概略構成図である。

[0063] 前記実施の形態 1 に係るチラー装置 1 0 0 は、温度制御用流体 1 0 1 として温度設定が 1 種類の温度制御用流体のみを用いた場合について説明したが、本実施の形態 2 に係るチラー装置 1 0 0 では、温度制御用流体として、低温側の予め定められた第 1 の温度に調整された低温側流体と、高温側の予め

定められた第2の温度に調整された高温側流体の2種類の温度制御用流体を用いるように構成されている。

[0064] すなわち、本実施の形態2に係るチラー装置100は、図7に示されるように、低温側の予め定められた一定の温度に調整された低温側流体を供給する第1の供給手段の一例としての低温側流体供給部104-1と、高温側の予め定められた一定の温度に調整された高温側流体を供給する第2の供給手段の一例としての高温側流体供給部104-2とを備える。低温側流体供給部104-1から供給される低温側流体101-1と、高温側流体供給部104-2から供給される高温側流体101-2は、第3の流量制御用三方弁109-1を介して混合比が調整された状態で混合され、供給配管103によって温度制御用流体として温度制御対象（ワーク）Wを保持する静電チャック（ESC）等からなる温度制御対象の一例としての温調対象装置102に送られる。

[0065] 温調対象装置102は、低温側流体と高温側流体が所要の混合比で混合されて所要の温度に調整された温度制御用流体が流れる温度制御用流路135（図3参照）を内部に有している。温度制御用流路135の流出側には、温度制御用流路135を流通した温度制御用流体を帰還配管112を介して低温側流体供給部104-1と高温側流体供給部104-2とに所要の比率（分配比）で分配する第4の流量制御用三方弁109-2を備えている。

[0066] 低温側流体供給部104-1は、当該低温側流体供給部104-1から低温側の混合配管103-1を介して第3の流量制御用三方弁109-1へ供給される低温側流体のうち、第3の流量制御用三方弁109-1へ供給されない低温側流体を低温側流体供給部104-1に還流する第1のバイパス配管126-1を備えている。低温側流体供給部104-1の供給側には、温度制御用流路135を流通して第4の流量制御用三方弁109-2により低温側の分配配管112-1を介して低温側流体供給部104-1へ分配される温度制御用流体と、低温側流体供給部104-1から第3の流量制御用三方弁109-1へ供給されず第1のバイパス配管126-1を介して低温側

流体供給部 104-1 に還流する低温側流体との流量を制御する第 5 の流量制御用三方弁 117-1 が設けられている。

[0067] 一方、高温側流体供給部 104-2 は、当該高温側流体供給部 104-2 から高温側の混合配管 103-2 を介して第 3 の流量制御用三方弁 109-1 へ供給される高温側流体のうち、第 3 の流量制御用三方弁 109-1 へ供給されない高温側流体を高温側流体供給部 104-2 に還流する第 4 のバイパス配管 126-2 を備えている。高温側流体供給部 104-2 の供給側には、温度制御用流路 135 を流通して第 4 の流量制御用三方弁 109-2 により高温側の分配配管 112-2 を介して高温側流体供給部 104-2 へ分配される温度制御用流体と、高温側流体供給部 104-2 から第 4 の流量制御用三方弁 109-2 へ供給されず第 2 のバイパス配管 126-2 を介して高温側流体供給部 104-2 に還流する高温側流体との流量を制御する第 6 の流量制御用三方弁 117-2 が設けられている。なお、低温側流体及び高温側流体としては、同一の熱媒体（ブライン）が用いられる。

[0068] 低温側流体供給部 104-1 は、図 7 に示すように、ブラインを低温側の予め定められた一定の温度に調整する冷却側のブライン温調回路 141 を備えている。冷却側のブライン温調回路 141 には、低温側の循環配管 142 を介して蒸発器 134 の二次側が接続されている。蒸発器 134 の一次側には、当該蒸発器 134 の二次側を流れるブラインを所要の温度に冷却する冷凍機回路 143 が接続されている。冷凍機回路 143 は、凝縮器 132 によって凝縮された熱媒体を膨張させて蒸発器 134 の一次側に送ることで蒸発器 134 の二次側を流れるブラインを所要の温度に冷却する。また、冷凍機回路 143 を流れるブラインは、凝縮器 132 によって凝縮される。凝縮器 132 には、冷却水配管 144 を介して外部冷却水 145 が供給される。

[0069] また、高温側流体供給部 104-2 は、ブラインを高温側の予め定められた一定の温度に調整する加温側のブライン温調回路 146 を備えている。加温側のブライン温調回路 146 は、図示しないヒータ等の加熱手段を有している。加温側のブライン温調回路 146 には、高温側の循環配管 147 を介

して熱交換器 148 が接続されている。加温側のブライン温調回路 146 と熱交換器 148 との間には、加温側のブライン温調回路 146 から熱交換器 148 へと流れる熱媒体を加温側のブライン温調回路 146 へとバイパスさせる第 5 のバイパス配管 149 が接続されている。また、第 5 のバイパス配管 149 の流出側には、熱交換器 148 に供給する温度制御用流体の流量と、熱交換器 148 をバイパスして加温側のブライン温調回路 146 に還流させる温度制御用流体の流量とを制御する第 7 の流量制御用三方弁 151 が介在されている。熱交換器 148 には、冷却水配管 144 を介して外部冷却水 145 が供給される。熱交換器 148 は、ブラインを冷却する。第 7 の流量制御用三方弁 151 は、例えば、高温側の循環配管 147 を流れる高温側流体の温度が予め定められた閾値以下の場合に、当該高温側の循環配管 147 を流れる高温側流体の一部又は全部を加温側のブライン温調回路 146 に直接還流させるように開度を調節する。

[0070] <チラー装置の基本的な動作>

チラー装置 100 は、基本的に次のように動作する。

[0071] チラー装置 100 は、図 8 に示すように、例えば、温調対象装置 102 に供給する温度制御用流体の温度を -30°C 、 -10°C 、 10°C 、 50°C というように複数段階にわたりステップ状に変化するように制御する。ここで、低温側流体供給部 104-1 が供給する低温側流体の温度は、例えば、複数段階の制御温度のうち最も温度が低い -30°C に等しい温度に設定される。また、高温側流体供給部 104-2 が供給する高温側流体の温度は、例えば、複数段階の制御温度のうち最も温度が高い約 50°C に等しい温度に設定される。但し、本実施の形態では、低温側流体及び高温側流体の温度が複数段階の制御温度のうち最も低い温度及び最も高い温度に限定されるものではなく、複数段階の制御温度のうち最も低い温度及び最も高い温度より低い温度など、任意の温度に設定しても良いことは勿論である。

[0072] チラー装置 100 は、図 9 に示すように、複数段階の制御温度のうち最も低い温度である -30°C に制御する場合、第 3 の流量制御用三方弁 109-

1 に高温側の混合配管 103-2 を介して流入する高温側流体を遮断して高温側流体の流量をゼロにするとともに、第3の流量制御用三方弁 109-1 に低温側の混合配管 103-1 を介して流入する低温側流体を開放して低温側流体の流量を 100% とする。また、チラー装置 100 は、第4の流量制御用三方弁 109-2 から高温側流体供給部 104-2 へ高温側の分配配管 112-2 を介して分配する高温側流体を遮断して高温側流体への分配量をゼロにするとともに、第4の流量制御用三方弁 109-2 から低温側流体供給部 104-1 へ低温側の分配配管 112-1 を介して分配する低温側流体を開放して低温側流体の分配量を 100% とする。これに伴い、チラー装置 100 は、第6の流量制御用三方弁 117-2 によって高温側流体供給部 104-2 へ第2のバイパス配管 123-2 を介して還流する高温側流体を開放して高温側流体供給部 104-2 から供給される高温側流体のすべてを高温側流体供給部 104-2 へ還流させる。また、チラー装置 100 は、第5の流量制御用三方弁 117-1 によって低温側流体供給部 104-1 へ第1のバイパス配管 123-1 を介して還流する低温側流体の流量を 50% にして低温側流体供給部 104-1 から供給される低温側流体の流量の 50% を第3の流量制御用三方弁 109-1 へ供給する。

[0073] その結果、温調対象装置 102 の温度制御用流路 135 には、低温側流体供給部 104-1 から温度 -30℃ に調整された温度制御用流体が供給され、温調対象装置 102 の温度は、低温側流体のみからなる温度制御用流体の温度である -30℃ に制御される。

[0074] また、チラー装置 100 は、図 10 に示すように、複数段階の制御温度のうち最も高い温度である 50℃ に制御する場合、第3の流量制御用三方弁 109-1 に高温側の混合配管 103-1 を介して流入する高温側流体を開放して高温側流体の流量を 100% にするとともに、第3の流量制御用三方弁 109-1 に低温側の混合配管 103-2 を介して流入する低温側流体を遮断して低温側流体の流量をゼロとする。また、チラー装置 100 は、第4の流量制御用三方弁 109-2 から高温側流体供給部 104-2 へ高温側の分

配配管 112-2 を介して分配する高温側流体を開放して高温側流体への分配量を 100% にするとともに、第 4 の流量制御用三方弁 109-2 から低温側流体供給部 104-1 へ低温側の分配配管 112-1 を介して分配する低温側流体を遮断して低温側流体への分配量をゼロとする。これに伴い、チラー装置 100 は、第 4 の流量制御用三方弁 109-2 によって高温側流体供給部 104-2 へ第 2 のバイパス配管 123-2 を介して還流する高温側流体を遮断して高温側流体供給部 104-2 から供給される高温側流体のすべてを第 3 の流量制御用三方弁 109-1 へ供給する。また、チラー装置 100 は、第 5 の流量制御用三方弁 117-1 によって低温側流体供給部 104-1 へ第 1 のバイパス配管 123-1 を介して還流する低温側流体を開放して低温側流体供給部 104-1 から供給される低温側流体のすべてを低温側流体供給部 104-1 へと還流させる。さらに、チラー装置 100 は、第 6 の流量制御用三方弁 117-2 によって高温側流体供給部 104-2 へ第 2 のバイパス配管 123-2 を介して還流する低温側流体の流量を 50% にして高温側流体供給部 104-2 から供給される高温側流体の 50% を高温側流体供給部 104-2 へと還流させる。

[0075] その結果、温調対象装置 102 の温度制御用流路 135 には、高温側流体供給部 104-2 から温度 50℃ に調整された温度制御用流体が供給され、温調対象装置 102 の温度は、高温側流体のみからなる温度制御用流体の温度である 50℃ に制御される。

[0076] さらに、チラー装置 100 は、図 8 に示すように、複数段階の制御温度のうち中間温度である -10℃ 又は 10℃ に制御する場合、温調対象装置 102 の目標とする中間温度に応じて第 3 の流量制御用三方弁 109-1 の開度を調節し、低温側流体供給部 104-1 から低温側の混合配管 103-1 を介して供給される低温側流体と高温側流体供給部 104-2 から高温側の混合配管 103-2 を介して供給される高温側流体との混合比を所要の値に制御する。チラー装置 100 からは、第 3 の流量制御用三方弁 109-1 の開度に応じて混合された低温側流体及び高温側流体からなる温度制御用流体が

温調対象装置 102 の温度制御用流路 135 に供給される。また、チラー装置 100 は、第 4 の流量制御用三方弁 109-2 の開度を調節し、第 3 の流量制御用三方弁 109-1 で混合される低温側流体と高温側流体との混合比に応じて、低温側流体供給部 104-1 と高温側流体供給部 104-2 に分配する低温側流体と高温側流体との分配比を制御する。

[0077] 第 4 の流量制御用三方弁 109-2 は、例えば、第 3 の流量制御用三方弁 109-1 における低温側流体と高温側流体との混合比が 4 : 6 である場合、低温側流体と高温側流体との分配比が同じ 4 : 6 となるように開度を制御して温度制御用流体を低温側流体供給部 104-1 と高温側流体供給部 104-2 に分配する。

[0078] これに伴い、チラー装置 100 は、第 6 の流量制御用三方弁 117-2 によって高温側流体供給部 104-2 へ第 2 のバイパス配管 123-2 を介して還流する高温側流体の流量を制御して高温側流体供給部 104-2 から第 3 の流量制御用三方弁 109-1 へ供給する高温側流体の残りを高温側流体供給部 104-2 へ還流させる。同様に、チラー装置 100 は、第 5 の流量制御用三方弁 117-1 によって低温側流体供給部 104-1 へ第 1 のバイパス配管 123-1 を介して還流する低温側流体の流量を制御して低温側流体供給部 104-1 から第 3 の流量制御用三方弁 109-1 へ供給する低温側流体の残りを低温側流体供給部 104-1 へと還流させる。

[0079] 上記の例では、第 6 の流量制御用三方弁 117-2 は、例えば、第 3 の流量制御用三方弁 109-1 における低温側流体と高温側流体との混合比が 4 : 6 である場合、高温側流体供給部 104-2 へ第 2 のバイパス配管 123-2 を介して還流する高温側流体と、第 4 の流量制御用三方弁 109-2 によって高温側流体供給部 104-2 へ分配される温度制御用流体の割合（流量比）を 4 : 6 に制御する。

[0080] 同様に、上記の例では、第 5 の流量制御用三方弁 117-1 は、例えば、第 3 の流量制御用三方弁 109-1 における低温側流体と高温側流体との混合比が 4 : 6 である場合、低温側流体供給部 104-1 へ第 1 のバイパス配

管 1 2 3 - 1 を介して還流する低温側流体と、第 4 の流量制御用三方弁 1 0 9 - 2 によって低温側流体供給部 1 0 4 - 1 へ分配される温度制御用流体の割合（流量比）を 6 : 4 に制御する。

[0081] その結果、温調対象装置 1 0 2 の温度制御用流路 1 3 5 には、低温側流体供給部 1 0 4 - 1 から供給される低温側流体と、高温側流体供給部 1 0 4 - 2 から供給される高温側流体が第 3 の流量制御用三方弁 1 0 9 - 1 の開度に応じて混合された温度制御用流体が供給され、温調対象装置 1 0 2 は、低温側流体と高温側流体の混合比に応じて決定される温度制御用流体の温度と等しい温度に制御される。

[0082] そのとき、制御装置 3 0 0 は、温調対象装置 1 0 2 へ第 3 及び第 4 の流量制御用三方弁 1 0 9 - 1、1 0 9 - 2 を介して供給される温度制御用流体 1 0 1 - 1、1 0 1 - 2 の流量 Q と、第 1 及び第 2 の温度センサ 1 1 0、1 1 1 の検知結果に基づいて、温調対象装置 1 0 2 の熱負荷 H_2 を演算式（3）に基づいて算出する。

$$H_2 = (m_1 + m_2) \cdot c \cdot \Delta t \quad (3)$$

[0083] ここで、第 3 及び第 4 の流量制御用三方弁 1 0 9 - 1、1 0 9 - 2 は、図 1 1 に示すように、流体の分配比が概略リニアな特性を有している。そのため、温度制御用流体 1 0 1 - 1、1 0 1 - 2 の流量 Q_m は、第 3 の流量制御用三方弁 1 0 9 - 1 の開度を x ($1 \geq x \geq 0$) とすると、一方の流体の流量は、 $Q_m x$ となり、他方の流体の流量は、 $Q_m (1 - x)$ となる。なお、添え字 m は 1 又は 2 である。

[0084] 制御装置 3 0 0 は、検出手段 1 0 5 によって検出された温調対象装置 1 0 2 の熱負荷 H_1 に基づいて演算式（4）により冷凍装置 1 0 8 の第 2 のインバータモータ 1 2 3 の回転数を決める周波数 F_2 を制御する。

$$F_2 = ((H_2 - b) / a)^{0.5} \quad (4)$$

[0085] <第 1 乃至第 7 の流量制御用三方弁の構成>

チラー装置 1 0 0 は、上述したように、第 1 乃至第 7 の流量制御用三方弁 1 0 9、1 1 1 7、1 0 9 - 1、1 0 9 - 2、1 1 7 - 1、1 1 7 - 2、1

51を備えている。第1乃至第7の流量制御用三方弁109, 1117, 109-1, 109-2, 117-1, 117-2, 151は、配置に応じて流入口と流出口の関係が逆の関係になるなど異なる以外、基本的に同様に構成されている。ここでは、分配手段としての第1の流量制御用三方弁109として用いられる三方弁型モータバルブについて代表して説明する。

[0086] 図12(a)(b)(c)は本発明の実施の形態1に係る流量制御用三方弁の一例としての三方弁型モータバルブを示す正面図、同左側面図及び同底面図、図13は図12(b)のA-A線断面図、図14は図12(a)のB-B線断面図、図15は三方弁型モータバルブの要部を示す断面斜視図である。

[0087] 三方弁型モータバルブ1は、回転型3方向弁として構成されている。三方弁型モータバルブ1は、図12に示すように、大別して、下部に配置されたバルブ部2と、上部に配置されたアクチュエータ部3と、バルブ部2とアクチュエータ部3の間に配置されたシール部4及びカップリング部5から構成されている。

[0088] バルブ部2は、図13乃至図15に示すように、SUS等の金属により略立方体状に形成されたバルブ本体6を備えている。バルブ本体6には、図13及び図14に示すように、その一方の側面（図示例では、左側面）に流体が流出する第1の流出口7と、円柱形状の空所からなる弁座8に連通した流通口の一例である断面矩形状の第1の弁口9がそれぞれ設けられている。

[0089] 本実施の形態1では、第1の流出口7及び第1の弁口9をバルブ本体6に直接設けるのではなく、第1の弁口9を形成する第1の弁口形成部材の一例である第1のバルブシート70と、第1の流出口7を形成する第1の流路形成部材15をバルブ本体6に装着することにより、第1の流出口7及び第1の弁口9を設けている。

[0090] 第1のバルブシート70は、図16に示すように、バルブ本体6の外側に配置される円筒形状に形成された円筒部71と、バルブ本体6の内側へ向けて先端の外径が小さくなるよう先細り形状に形成されたテーパ部72を一

体的に備えている。第1のバルブシート70のテーパ部72の内部には、矩形形状（本実施の形態1では、正方形形状）の断面を有する角柱形状の第1の弁口9が形成されている。また、第1のバルブシート70の円筒部71の内部には、後述するように、第1の流出口7を形成する第1の流路形成部材15の一端部が密封（封止）された状態で挿入されるよう構成されている。

[0091] 第1のバルブシート70の材料としては、例えば、ポリイミド（PI）樹脂が用いられる。また、第1のバルブシート70の材料としては、例えば、所謂“スーパーエンジニアリングプラスチック”を用いることが可能である。スーパーエンジニアリングプラスチックは、通常のエンジニアリングプラスチックを上回る耐熱性や高温時の機械的強度を有するものである。スーパーエンジニアリングプラスチックとしては、ポリエーテルエーテルケトン（PEEK）、ポリフェニレンサルファイド（PPS）、ポリエーテルスルホン（PES）、ポリアミドイミド（PAI）、液晶ポリマー（LCP）、ポリテトラフルオロエチレン（PTFE）、ポリクロロトリフルオロエチレン（PCTFE）、ポリフッ化ビニリデン（PVDF）、あるいはこれらの複合材料などが挙げられる。また、第1のバルブシート70の材料としては、例えば、エンズインガー・ジャパン株式会社製の切削加工用PEEK樹脂素材である「TECAPEEK」（登録商標）、特に10%PTFEを配合して摺動性に優れた「TECAPEEK TF 10 blue」（商品名）なども使用可能である。

[0092] バルブ本体6には、図14及び図15に示されるように、第1のバルブシート70の外形状に対応し当該第1のバルブシート70と相似形状の凹所75が切削加工等により形成されている。凹所75は、第1のバルブシート70の円筒部71に対応した円筒部75aと、テーパ部72に対応したテーパ部75bとを備えている。バルブ本体6の円筒部75aは、第1のバルブシート70の円筒部71より長さが長く設定されている。バルブ本体6の円筒部75aは、後述するように、第1の圧力作用部94の一部を形成している。第1のバルブシート70は、バルブ本体6の凹所75に対して弁体と

しての弁軸34に接離する方向に移動可能に装着される。

[0093] 第1のバルブシート70は、バルブ本体6の凹所75に装着された状態で、第1のバルブシート70の外周面とバルブ本体6の凹所75の内周面との間には、微小な間隙が形成されている。弁座8の内部に流入した流体は、第1のバルブシート70の外周の領域に微小な間隙を介して漏れて流入可能となっている。また、第1のバルブシート70の外周の領域へと漏れた流体は、当該第1のバルブシート70の円筒部71の外側に位置する空間からなる第1の圧力作用部94へと導入される。この第1の圧力作用部94は、流体の圧力を第1のバルブシート70の弁軸34と反対側の面70aに作用させるものである。弁座8の内部に流入する流体は、第1の弁口9を介して流出する流体の他、後述するように、第2の弁口18を介して流出する流体である。第1の圧力作用部94は、第1の流出口7との間が第1の流路形成部材15によって密封された状態で区画されている。

[0094] 弁座8の内部に配置された弁軸34に作用する流体の圧力は、弁軸34の開閉度による流体の流量に依存する。弁座8の内部に流入する流体は、第1の弁口9と第2の弁口18を介して弁座8と弁軸34の外周面との間に形成される微小な間隙にも流れ込む（漏れ入る）。したがって、第1のバルブシート70に対応した第1の圧力作用部94には、第1の弁口9から流出する流体以外に、弁座8と弁軸34の外周面との間に形成される微小な間隙に流れ込んだ第2の弁口18から流出する流体も流れ込む（漏れ入る）。

[0095] 第1のバルブシート70のテーパ部72の先端には、図16（b）に示すように、バルブ本体6に形成された円柱形状の弁座8に対応した円柱形状の曲面の一部を成す平面円弧形状の間隙縮小部の一例としての凹部74が設けられている。凹部74の曲率半径Rは、弁座8の曲率半径又は弁軸34の曲率半径と略等しい値に設定される。バルブ本体6の弁座8は、当該弁座8の内部で回転する弁軸34の齧りを防止するため、弁軸34の外周面との間に僅かな間隙を形成している。第1のバルブシート70の凹部74は、図17に示すように、当該第1のバルブシート70をバルブ本体6に装着した状

態でバルブ本体 6 の弁座 8 より弁軸 3 4 側に突出するように装着されるか、又は弁軸 3 4 の外周面に接触するように装着される。その結果、弁軸 3 4 と当該弁軸 3 4 と対向する部材としてのバルブ本体 6 の弁座 8 の内面との間隙 G は、第 1 のバルブシート 7 0 の凹部 7 4 が突出した分だけ弁座 8 の他の部分に比較して部分的に縮小された値となる。このように、第 1 のバルブシート 7 0 の凹部 7 4 と弁軸 3 4 との間隙 G_1 は、弁軸 3 4 と弁座 8 の内面との間隙 G_2 より狭い（小さい）所要の値（ $G_1 < G_2$ ）に設定されている。なお、第 1 のバルブシート 7 0 の凹部 7 4 と弁軸 3 4 との間隙 G_1 は、第 1 のバルブシート 7 0 の凹部 7 4 が弁軸 3 4 に接触した状態、つまり間隙無しの状態（間隙 $G_1 = 0$ ）であっても良い。

[0096] ただし、第 1 のバルブシート 7 0 の凹部 7 4 が弁軸 3 4 に接触する場合は、弁軸 3 4 を回転駆動する際に凹部 7 4 の接触抵抗によって弁軸 3 4 の駆動トルクが上昇する虞れがある。そのため、第 1 のバルブシート 7 0 の凹部 7 4 が弁軸 3 4 に接触する程度は、弁軸 3 4 の回転トルクを考慮して調整される。すなわち、弁軸 3 4 の駆動トルクが増加しないか、増加してもその増加量が小さく、弁軸 3 4 の回転に支障がない程度に調整される。

[0097] 第 1 の流路形成部材 1 5 は、図 1 4 及び図 1 5 に示すように、SUS 等の金属、あるいはポリイミド（PI）樹脂等の合成樹脂によって円筒形状に形成されている。第 1 の流路形成部材 1 5 は、第 1 のバルブシート 7 0 の位置変動にかかわらず、第 1 の弁口 9 に連通した第 1 の流出口 7 を内部に形成している。第 1 の流路形成部材 1 5 は、第 1 のバルブシート 7 0 側に位置する約 $1/2$ の部分が相対的に薄肉円筒形状の薄肉円筒部 1 5 a として形成されている。また、第 1 の流路形成部材 1 5 は、第 1 のバルブシート 7 0 と反対側に位置する約 $1/2$ の部分が薄肉の円筒形状の部分に比べて厚肉な円筒形状の厚肉円筒部 1 5 b として形成されている。第 1 の流路形成部材 1 5 の内面は、円筒形状に貫通している。第 1 の流路形成部材 1 5 の外周には、薄肉円筒部 1 5 a と厚肉円筒部 1 5 b の間に、半径方向外方へ向けて比較的厚肉に形成された環状のフランジ部 1 5 c が設けられている。フランジ部 1 5 c

の外周端は、凹所 7 5 の内周面に移動可能に接触するよう配置されている。

[0098] 第 1 のバルブシート 7 0 の円筒部 7 1 と第 1 の流路形成部材 1 5 の薄肉円筒部 1 5 a との間は、図 1 5 に示すように、金属製のバネ部材により開く方向に付勢された断面略 U 字形状の合成樹脂からなる第 1 の封止手段の一例としてのオムニシール 1 2 0 によって密封（封止）されている。第 1 のバルブシート 7 0 の円筒部 7 1 における内周面には、図 1 6 に示すように、バルブ本体 6 の外側に位置する端部にオムニシール 1 2 0 を収容する段差部 7 3 が設けられている。

[0099] オムニシール 1 2 0 は、図 1 8 に示すように、第 1 のバルブシート 7 0 の円筒部 7 1 における内周面に全周にわたり配置される環状（リング状）の部材である。オムニシール 1 2 0 は、断面略 U 字形状のステンレス等の金属からなるバネ部材 1 2 1 と、バネ部材 1 2 1 によって開く方向に付勢された断面略 U 字形状のポリテトラフルオロエチレン（P T F E）等の合成樹脂からなるシール部材 1 2 2 から構成されている。バネ部材 1 2 1 は、ステンレス等の金属によって断面略 U 字形状に形成されている。バネ部材 1 2 1 は、長手方向に沿って一定の間隔でスリットや溝を設けたり肉厚を適宜設定することにより弾性率が調整されている。シール部材 1 2 2 は、図 1 8 及び図 1 9 に示すように、封止する第 1 のバルブシート 7 0 の円筒部 7 1 に設けられた段差部 7 3 と第 1 の流路形成部材 1 5 の薄肉円筒部 1 5 a との間に位置するよう封止する方向に沿って配置される基端部 1 2 2 a と、基端部 1 2 2 a の両端から封止する 2 つの部材の周面に沿った同一方向（第 1 のバルブシート 7 0 の軸方向に沿った外側）へ向けて互いに対向するよう平行に配置された 2 つのリップ部 1 2 2 b, 1 2 2 c を備えている。2 つのリップ部 1 2 2 b, 1 2 2 c の先端は、第 1 のバルブシート 7 0 の軸方向に沿った外側へ向けて開口されている。オムニシール 1 2 0 の開口部は、第 1 の圧力作用部 9 4 に向かって開口されており、当該第 1 の圧力作用部 9 4 の圧力を受ける。一方のリップ部 1 2 2 b の先端には、図 1 8 (b) に示すように、バネ部材 1 2 1 の肉厚に相当する厚さで内側へ突出し、バネ部材 1 2 1 の離脱を防止す

る突出部 1 2 2 d が設けられている。リップ部 1 2 2 b, 1 2 2 c の先端部 1 2 2 b', 1 2 2 c' は、その外周面が中間から先端へ向けて半径方向外方へ向けて突出する円弧状に湾曲した湾曲形状に形成されている。リップ部 1 2 2 b, 1 2 2 c の先端部 1 2 2 b', 1 2 2 c' は、第 1 のバルブシート 7 0 の内周面と第 1 の流路形成部材 1 5 の外周面に密着して密封度を高めている。

[0100] なお、オムニシール 1 2 0 のバネ部材 1 2 1 は、断面略 U 字形状に形成されたものに限定されるものではなく、図 2 0 に示すように、帯状の金属を断面円形又は断面橢円形の螺旋状に形成したものであっても良い。

[0101] オムニシール 1 2 0 は、流体の圧力が作用しないか又は流体の圧力が相対的に低いときは、バネ部材 1 2 1 の弾性復元力によって第 1 のバルブシート 7 0 と第 1 の流路形成部材 1 5 の間隙を密封する。一方、オムニシール 1 2 0 は、流体の圧力が相対的に高いときは、バネ部材 1 2 1 の弾性復元力及び流体の圧力によって第 1 のバルブシート 7 0 と第 1 の流路形成部材 1 5 の間隙を密封する。したがって、バルブ本体 6 の内周面と第 1 のバルブシート 7 0 の外周面との間隙から第 1 の圧力作用部 9 4 に流体が流入した場合においても、当該流体は、オムニシール 1 2 0 によって封止されて第 1 のバルブシート 7 0 と第 1 の流路形成部材 1 5 の間隙から第 1 の流路形成部材 1 5 の内部に流入することはない。

[0102] オムニシール 1 2 0 は、金属製のバネ部材 1 2 1 と合成樹脂製のシール部材 1 2 2 の組み合わせからなる。金属製のバネ部材 1 2 1 は勿論のこと、シール部材 1 2 2 を構成する合成樹脂であるポリテトラフルオロエチレン (PTFE) は、耐熱性に優れており、低温では -85℃程度、高温では 260℃程度の温度において長時間の使用に耐えることが可能となっている。

[0103] 第 1 のバルブシート 7 0 の円筒部 7 1 の端面 7 0 a は、図 1 3 及び図 1 4 に示すように、第 1 の圧力作用部 9 4 によって流体の圧力を受ける領域 (受圧面) である。

[0104] 本実施の形態 1 では、第 1 のバルブシート 7 0 の円筒部 7 1 の端面 7 0 a

にオムニシール１２０を装着するための段差部７３が設けられている。そのため、第１のバルブシート７０の円筒部７１の端面７０ａは、段差部７３が設けられている分だけ第１の圧力作用部９４から流体の全圧力を受け難い構造となっている。

[0105] そこで、本実施の形態１では、図１３及び図１４に示すように、第１の圧力作用部９４から流体の圧力を第１のバルブシート７０の円筒部７１の端面７０ａに効果的に作用させるよう、第１のバルブシート７０の段差部７３を含めて当該第１のバルブシート７０の円筒部７１の端面７０ａを覆うことによって閉塞する環状の第１の受圧プレート７６が設けられている。つまり、第１の受圧プレート７６は、第１のバルブシート７０の円筒部７１の端面７０ａに接触するとともに、段差部７３を閉塞するよう配置されている。第１の受圧プレート７６は、第１のバルブシート７０と同一の材料によって形成される。また、第１の受圧プレート７６の半径方向に沿った外周端面とバルブ本体６の凹所７５との間には、流体が第１の圧力作用部９４に漏れ入ることが可能となるよう微小な間隙が設定されている。

[0106] 一方、第１の流路形成部材１５の他端部である厚肉円筒部１５ｂの端部は、バルブ本体６の内周面との間が、金属製のバネ部材により開く方向に付勢された断面略Ｕ字形状の合成樹脂からなる第２の封止手段の一例としての第２のオムニシール１３０によって密封（封止）されている。バルブ本体６の内周面には、図１６に示すように、凹所７５の円筒部７５ａの軸方向に沿った外側の端部に、当該凹所７５の円筒部７５ａより僅かに外径が大きいオムニシール１３０を装着するための円筒部７５ｃが短く形成されている。円筒部７５ｃの長さは、第２のオムニシール１３０より長く設定されている。

[0107] そして、バルブ本体６の円筒部７５ｃと第１の流路形成部材１５の厚肉円筒部１５ｂとの間隙は、第２のオムニシール１３０によって密封（封止）されている。第２のオムニシール１３０は、第１の圧力作用部９４へ向けて開口されている。つまり、第２のオムニシール１３０は、その開口部が第１の圧力作用部９４から流体の圧力を受けるよう配置されている。なお、第２の

オムニシール１３０は、第１のオムニシール１２０より外径が大きいものの、基本的に、第１のオムニシール１２０と同様に構成されている。

[0108] 第１のバルブシート７０の円筒部７１の軸方向に沿った外側には、当該第１のバルブシート７０が弁軸３４に対して接離する方向に変位するのを許容しつつ、当該第１のバルブシート７０を弁軸３４に対して接離する方向に弾性変形する弾性部材の一例としての第１のウェーブワッシャー（波状ワッシャー）１６が設けられている。第１のウェーブワッシャー１６は、図２１に示すように、ステンレスや鉄、あるいは磷青銅などからなり、正面に投影した形状が所要の幅を有する円環状に形成されている。また、第１のウェーブワッシャー１６は、側面形状がウェーブ状（波状）に形成されており、その厚さ方向に沿って弾性変形が可能となっている。第１のウェーブワッシャー１６の弾性率は、厚さや材質、あるいは波の数等によって決定される。第１のウェーブワッシャー１６は、第１の圧力作用部９４に収容されている。

[0109] さらに、第１のウェーブワッシャー１６の外側には、当該第１のウェーブワッシャー１６を介して弁軸３４と第１のバルブシート７０の凹部７４との間隙Ｇ１を調整する環状の調整部材の一例である第１の調整リング７７が配置される。第１の調整リング７７は、図２２に示すように、ＳＵＳ等の金属又は耐熱性を有するポリイミド（ＰＩ）樹脂等の合成樹脂によって外周面に雄ネジ７７ａが形成された相対的に長さが短く設定された円筒形状の部材からなる。第１の調整リング７７の外側の端面には、当該第１の調整リング７７をバルブ本体６に設けられた第１の雌ネジ部７８に締め付けて装着する際に、締付量を調整するための図示しない治具を係止して当該第１の調整リング７７を回転させるための凹溝７７ｂが１８０度対向する位置にそれぞれ設けられている。

[0110] バルブ本体６には、図１５に示すように、第１の調整リング７７を装着するための第１の雌ネジ部７８が設けられている。バルブ本体６の開口端部には、第１の調整リング７７の外径と略等しい外径を有する短い円筒部７９が設けられている。また、バルブ本体６の第１の雌ネジ部７８と円筒部７５ｃ

との間には、第1の雌ネジ部78を所要の長さにわたって加工することが可能となるよう、当該第1の雌ネジ部78より内径が大きい加工用円筒部75dが短く設けられている。

[0111] 第1の調整リング77は、バルブ本体6の第1の雌ネジ部78に対する締め込み量を調整することにより、当該第1の調整リング77が第1のウェーブワッシャー16を介して第1のバルブシート70を内側に向けて押動する量（距離）を調整するものである。第1の調整リング77の締め込み量を増加させると、第1のバルブシート70は、図17に示すように、第1の調整リング77によって第1のウェーブワッシャー16及び第1の受圧プレート76を介して押され、凹部74が弁座8の内周面から突出して弁軸34に近接する方向に変位し、当該凹部74と弁軸34との間隙G1が減少する。また、第1の調整リング77の締め込み量を予め少ない量に設定すると、第1のバルブシート70は、第1の調整リング77によって押動される距離が減少し、弁軸34から離間した位置に配置され、第1のバルブシート70の凹部74と弁軸34との間隙G1が相対的に増大する。第1の調整リング77の雄ネジ77a及びバルブ本体6の第1の雌ネジ部78は、そのピッチが小さく設定されており、第1のバルブシート70の突出量を微調整可能に構成されている。

[0112] また、バルブ本体6の一側面には、図13に示すように、流体を流出させる図示しない配管等を接続するため接続部材の一例としての第1のフランジ部材10が4本の六角穴付きボルト11により取り付けられている。図12（b）中、符号11aは、六角穴付きボルト11が締結されるネジ孔を示している。第1のフランジ部材10は、バルブ本体6と同様にSUS等の金属により形成される。第1のフランジ部材10は、バルブ本体6の側面形状と略同一の側面矩形状に形成されたフランジ部12と、フランジ部12の内側面に円筒形状に短く突設された挿入部13と、フランジ部12の外側面に厚肉の略円筒形状に突設され、図示しない配管が接続される配管接続部14とを有している。第1のフランジ部材10のフランジ部12とバルブ本体6と

の間は、図 13 に示すように、オーシール 13 a によって密封されている。第 1 のフランジ部材 10 のフランジ部 12 の内周面には、オーシール 13 a を収容する凹溝 13 b が設けられている。配管接続部 14 の内周は、例えば、その口径が直径約 21 mm のテーパ付き雌ネジである Rc 1/2 や直径約 0.58 インチの雌ネジに設定されている。なお、配管接続部 14 の形状は、テーパ付き雌ネジ或いは雌ネジに限定されるものではなく、チューブを装着するチューブフィッティングなどでもよく、第 1 の流出口 7 から流体を流出可能なものであれば良い。

[0113] ここで、オーシール 13 a は、断面円形状又は断面楕円形状の螺旋状に形成されたステンレス等からなるバネ部材の外側をテフロン（登録商標）FEP（四フッ化エチレンと六フッ化プロピレンの共重合体）等からなる弾性変形可能な合成樹脂で完全に被覆したＯリング形状のシール部材である。オーシール 13 a は、 -85°C 程度の低温においても密封性を維持することが可能となっている。

[0114] バルブ本体 6 には、図 13 に示すように、その他方の側面（図中、右側面）に流体が流出する第 2 の流出口 17 と、円柱形状の空所からなる弁座 8 に連通した流通口の一部である断面矩形状の第 2 の弁口 18 がそれぞれ設けられている。

[0115] 本実施の形態 1 では、第 2 の流出口 17 及び第 2 の弁口 18 をバルブ本体 6 に直接設けるのではなく、第 2 の弁口 18 を形成した弁口形成部材の一例としての第 2 のバルブシート 80 と、第 2 の流出口 17 を形成した第 2 の流路形成部材 25 とをバルブ本体 6 に装着することにより、第 2 の流出口 17 及び第 2 の弁口 18 を設けている。

[0116] 第 2 のバルブシート 80 は、図 16 に括弧付きの符号で示すように、第 1 のバルブシート 70 と同様に構成されている。すなわち、第 2 のバルブシート 80 は、バルブ本体 6 の外側に配置される円筒形状に形成された円筒部 81 と、バルブ本体 6 の内側へ向けて外径が小さくなるように形成されたテーパ部 82 を一体的に備えている。第 2 のバルブシート 80 のテーパ部 8

2の内部には、矩形状（本実施の形態1では、正方形状）の断面を有する角柱形状の第2の弁口18が形成されている。また、第2のバルブシート80の円筒部81の内部には、第2の流出口17を形成する第2の流路形成部材25の一端部が密封された状態で挿入されるよう配置されている。

[0117] バルブ本体6には、図14に示されるように、第2のバルブシート80の外形状に対応し当該第2のバルブシート80と相似形状の凹所85が切削加工等により形成されている。凹所85は、第2のバルブシート80の円筒部81に対応した円筒部85aと、テーパ部82に対応したテーパ部85bとを備えている。バルブ本体6の円筒部85aは、第2のバルブシート80の円筒部81より長さが長く設定されている。バルブ本体6の円筒部85aは、後述するように、第2の圧力作用部96を形成している。第2のバルブシート80は、バルブ本体6の凹所85に対して弁体としての弁軸34に接離する方向に移動可能に装着される。

[0118] 第2のバルブシート80は、バルブ本体6の凹所85に装着された状態で、第2のバルブシート80とバルブ本体6の凹所85との間には、微小な間隙が形成されている。弁座8の内部に流入した流体は、微小な間隙を介して第2のバルブシート80の外周の領域に流入可能となっている。また、第2のバルブシート80の外周の領域へと流入した流体は、当該第2のバルブシート80の円筒部81の外側に位置する空間からなる第2の圧力作用部96へと導入される。この第2の圧力作用部96は、流体の圧力を第2のバルブシート80の弁軸34と反対側の面80aに作用させるものである。弁座8の内部に流入する流体は、第2の弁口18を介して流出する流体の他、第1の弁口9を介して流出する流体がある。第2の圧力作用部98は、第2の流出口17との間が第2の流路形成部材25によって密封された状態で区画されている。

[0119] 弁座8の内部に配置された弁軸34に作用する流体の圧力は、弁軸34の開閉度による流体の流量に依存する。弁座8の内部に流入する流体は、第1の弁口9と第2の弁口18を介して弁座8と弁軸34の外周面との間に形成

される微小な間隙にも流れ込む（漏れ入る）。したがって、第2のバルブシート80に対応した第2の圧力作用部96には、第2の弁口18から流出する流体以外に、弁座8と弁軸34の外周面との間に形成される微小な間隙に流れ込んだ第1の弁口9から流出する流体も流入する。なお、第2のバルブシート80は、第1のバルブシート70と同じ材料により形成されている。

[0120] 第2のバルブシート80のテーパ部82の先端には、図16（b）に示すように、バルブ本体6に形成された円柱形状の弁座8に対応した円柱形状の曲面の一部を成す平面円弧形状の間隙縮小部の一例としての凹部84が設けられている。凹部84の曲率半径Rは、弁座8の曲率半径又は弁軸34の曲率半径と略等しい値に設定される。バルブ本体6の弁座8は、後述するように、当該弁座8の内部で回転する弁軸34の齧りを防止するため、弁軸34の外周面との間に僅かな間隙を形成している。第2のバルブシート80の凹部84は、当該第2のバルブシート80をバルブ本体6に装着した状態でバルブ本体6の弁座8より弁軸34側に突出するように装着されるか、又は弁軸34の外周面に接触するように装着される。その結果、弁軸34と当該弁軸34と対向する部材としてのバルブ本体6の弁座8の内面との間隙Gは、第2のバルブシート80の凹部84が突出した分だけ弁座8の他の部分に比較して部分的に縮小された値に設定される。このように、第2のバルブシート80の凹部84と弁軸34との間隙G3は、弁軸34と弁座8の内面との間隙G2より狭い（小さい）所要の値（ $G3 < G2$ ）に設定されている。なお、第2のバルブシート80の凹部84と弁軸34との間隙G3は、第2のバルブシート80の凹部84が弁軸34に接触した状態、つまり間隙無しの状態（間隙 $G3 = 0$ ）であっても良い。

[0121] ただし、第2のバルブシート80の凹部84が弁軸34に接触する場合には、弁軸34を回転駆動する際に凹部84の接触抵抗によって弁軸34の駆動トルクが上昇する虞れがある。そのため、第2のバルブシート80の凹部84が弁軸34に接触する程度は、初期的に、弁軸34の回転トルクを考慮して調整される。すなわち、弁軸34の駆動トルクが増加しないか、増加し

てもその増加量が小さく、弁軸 34 の回転に支障がない程度に調整される。

[0122] 第 2 の流路形成部材 25 は、図 15 に示すように、SUS 等の金属、あるいはポリイミド (PI) 樹脂等の合成樹脂によって円筒形状に形成されている。第 2 の流路形成部材 25 は、第 2 のバルブシート 80 の位置変動にかかわらず、第 2 の弁口 18 に連通した第 2 の流出口 17 を内部に形成している。第 2 の流路形成部材 25 は、第 2 のバルブシート 80 側に位置する約 1/2 の部分が相対的に薄肉円筒形状の薄肉円筒部 25a として形成されている。また、第 2 の流路形成部材 25 は、第 2 のバルブシート 80 と反対側に位置する約 1/2 の部分が薄肉の円筒形状の部分に比べて厚肉な円筒形状の厚肉円筒部 25b として形成されている。第 2 の流路形成部材 25 の内面は、円筒形状に貫通している。第 2 の流路形成部材 25 の外周には、薄肉円筒部 25a と厚肉円筒部 25b の間に、半径方向外方へ向けて比較的厚肉に形成された環状のフランジ部 25c が設けられている。フランジ部 25c の外周端は、凹所 85 の内周面に移動可能に接触するよう配置されている。

[0123] 第 2 のバルブシート 80 の円筒部 81 と第 2 の流路形成部材 25 の薄肉円筒部 25a との間は、図 13 に示すように、金属製のバネ部材により開く方向に付勢された断面略 U 字形状の合成樹脂からなる第 1 の封止手段の一例としての第 1 のオムニシール 140 によって密封 (封止) されている。第 2 のバルブシート 80 の円筒部 81 における内周面には、図 16 に示すように、バルブ本体 6 の外側に位置する端部に第 1 のオムニシール 140 を収容する段差部 83 が設けられている。

[0124] 第 1 のオムニシール 140 は、図 18 に示すように、第 1 のオムニシール 120 と同様に構成されている。第 1 のオムニシール 140 は、バネ部材とシール部材を有する。第 1 のオムニシール 140 は、流体の圧力が作用しないか又は流体の圧力が相対的に低いときは、バネ部材の弾性復元力によって第 2 のバルブシート 80 と第 2 の流路形成部材 25 の間隙を密封する。一方、第 1 のオムニシール 140 は、流体の圧力が相対的に高いときは、バネ部材の弾性復元力及び流体の圧力によって第 2 のバルブシート 80 と第 2 の流

路形成部材 25 の間隙を密封する。したがって、バルブ本体 6 の内周面と第 2 のバルブシート 80 の外周面との間隙から第 2 の圧力作用部 96 に流体が流入した場合においても、当該流体は、第 1 のオムニシール 140 によって封止されて第 2 のバルブシート 80 と第 2 の流路形成部材 25 の間隙から第 2 の流路形成部材 25 の内部に流入することはない。

[0125] 第 2 のバルブシート 80 の円筒部 81 の端面 80 a は、図 13 及び図 14 に示すように、第 2 の圧力作用部 96 によって流体の圧力を受ける領域（受圧面）である。

[0126] 本実施の形態 1 では、第 2 のバルブシート 80 の円筒部 81 の端面 80 a に第 1 のオムニシール 140 を装着するための段差部 83 が設けられている。そのため、第 2 のバルブシート 80 の円筒部 81 の端面 80 a は、段差部 83 が設けられている分だけ第 2 の圧力作用部 96 から流体の圧力の全圧力を受け難い構造となっている。

[0127] そこで、本実施の形態 1 では、図 13 及び図 14 に示すように、第 2 の圧力作用部 96 から流体の圧力を第 2 のバルブシート 80 の円筒部 81 の端面 80 a に効果的に作用させるよう、第 2 のバルブシート 80 の段差部 83 を含めて当該第 2 のバルブシート 80 の円筒部 81 の端面 80 a を覆うことによって閉塞する環状の第 2 の受圧プレート 86 が設けられている。つまり、第 2 の受圧プレート 86 は、第 2 のバルブシート 80 の円筒部 81 の端面 80 a に接触するとともに、段差部 83 を閉塞するよう配置されている。第 2 の受圧プレート 86 は、第 2 のバルブシート 80 と同一の材料によって形成される。また、第 2 の受圧プレート 86 の半径方向に沿った外周端面とバルブ本体 6 の凹所 85 との間には、流体が第 2 の圧力作用部 96 に漏れ入ることが可能となるよう微小な間隙が設定されている。

[0128] 一方、第 2 の流路形成部材 25 の他端部である厚肉円筒部 25 b の端部は、バルブ本体 6 の内周面との間が、金属製のバネ部材により開く方向に付勢された断面略 U 字形状の合成樹脂からなる第 2 の封止手段の一例としての第 2 のオムニシール 150 によって密封（封止）されている。バルブ本体 6 の

内周面には、図 15 に示すように、凹所 85 の円筒部 85 a の軸方向に沿った外側の端部に、当該凹所 85 の円筒部 85 a より僅かに外径が大きい第 2 のオムニシール 150 を装着するための円筒部 85 c が短く形成されている。円筒部 85 c の長さは、第 2 のオムニシール 150 より長く設定されている。

[0129] そして、バルブ本体 6 の円筒部 85 c と第 2 の流路形成部材 25 の厚肉円筒部 25 b との間隙は、第 2 のオムニシール 150 によって密封（封止）されている。第 2 のオムニシール 150 は、第 2 の圧力作用部 96 へ向けて開口されている。つまり、第 2 のオムニシール 150 は、その開口部が第 2 の圧力作用部 96 から流体の圧力を受けるよう配置されている。なお、第 2 のオムニシール 150 は、第 1 のオムニシール 140 より外径が大きいものの、基本的に、第 1 のオムニシール 140 と同様に構成されている。

[0130] 第 2 のバルブシート 80 の円筒部 81 の外側には、当該第 2 のバルブシート 80 が弁軸 34 に対して接離する方向に変位するのを許容しつつ、当該第 2 のバルブシート 80 を弁軸 34 に対して接触する方向に押動する弾性部材の一例としての第 2 のウェーブワッシャー（波形ワッシャー）26 が設けられている。第 2 のウェーブワッシャー 26 は、図 21 に示すように、ステンレスや鉄、あるいは磷青銅などからなり、正面に投影した形状が所要の幅を有する円環状に形成されている。また、第 2 のウェーブワッシャー 26 は、側面形状がウェーブ状（波状）に形成されており、その厚さ方向に沿って弾性変形が可能となっている。第 2 のウェーブワッシャー 26 の弾性率は、厚さや材質、あるいは波の数等によって決定される。第 2 のウェーブワッシャー 26 としては、第 1 のウェーブワッシャー 16 と同一のものが使用される。

[0131] さらに、第 2 のウェーブワッシャー 26 の外側には、当該第 2 のウェーブワッシャー 26 を介して弁軸 34 と第 2 のバルブシート 80 の凹部 84 との間隙 G3 を調整する調整部材の一例としての第 2 の調整リング 87 が配置される。第 2 の調整リング 87 は、図 22 に示すように、耐熱性を有する合成

樹脂又は金属によって外周面に雄ネジ 8 7 a が形成された相対的に長さが短く設定された円筒形状の部材からなる。第 2 の調整リング 8 7 の外側の端面には、当該第 2 の調整リング 8 7 をバルブ本体 6 に設けられた第 2 の雌ネジ部 8 8 に締め付けて装着する際に、締付量を調整するための図示しない治具を係止して当該第 2 の調整リング 8 7 を回転させるための凹溝 8 7 b が 1 8 0 度対向する位置にそれぞれ設けられている。

[0132] バルブ本体 6 には、図 1 5 に示すように、第 2 の調整リング 8 7 を装着するための第 2 の雌ネジ部 8 8 が設けられている。バルブ本体 6 の開口端部には、第 2 の調整リング 8 7 の外径と略等しい外径を有する短い円筒部 8 9 が設けられている。また、バルブ本体 6 の第 2 の雌ネジ部 8 8 と円筒部 8 5 c との間には、第 2 の雌ネジ部 8 8 を所要の長さにわたって加工することが可能となるよう、当該第 2 の雌ネジ部 8 8 より内径が大きい加工用円筒部 8 5 d が短く設けられている。

[0133] 第 2 の調整リング 8 7 は、バルブ本体 6 の第 2 の雌ネジ部 8 8 に対する締め込み量を調整することにより、当該第 2 の調整リング 8 7 が第 2 のウェーブワッシャー 2 6 を介して第 2 のバルブシート 8 0 を内側に向けて押動する量（距離）を調整するものである。第 2 の調整リング 8 7 の締め込み量を増加させると、第 2 のバルブシート 8 0 は、図 1 7 に示すように、第 2 の調整リング 8 7 によって第 2 のウェーブワッシャー 2 6 を介して押され、凹部 8 4 が弁座 8 の内周面から突出して弁軸 3 4 に近接する方向に変位し、当該凹部 8 4 と弁軸 3 4 との間隙 G 3 が減少する。また、第 2 の調整リング 8 7 の締め込み量を予め少ない量に設定すると、第 2 のバルブシート 8 0 は、第 2 の調整リング 8 7 によって押動される距離が減少し、弁軸 3 4 から離間した位置に配置され、第 2 のバルブシート 8 0 の凹部 8 4 と弁軸 3 4 との間隙 G 3 が相対的に増大する。第 2 の調整リング 8 7 の雄ネジ 8 7 a 及びバルブ本体 6 の第 2 の雌ネジ部 8 8 は、そのピッチが小さく設定されており、第 2 のバルブシート 8 0 の突出量を微調整可能に構成されている。

[0134] バルブ本体 6 の他方の側面には、図 1 3 に示すように、流体を流出させる

図示しない配管を接続するため接続部材の一例としての第2のフランジ部材19が4本の六角穴付きボルト20により取り付けられている。第2のフランジ部材19は、第1のフランジ部材10と同様にSUS等の金属により形成される。第2のフランジ部材19は、バルブ本体6の側面形状と同一の側面矩形状に形成されたフランジ部21と、フランジ部21の内側面に円筒形状に突設された挿入部22と、フランジ部21の外側面に厚肉の略円筒形状に突設され、図示しない配管が接続される配管接続部23とを有している。第2のフランジ部材19のフランジ部21とバルブ本体6との間は、図2に示すように、オーシール21aによって密封されている。第2のフランジ部材19のフランジ部21の内周面には、オーシール21aを収容する環状の凹溝21bが設けられている。配管接続部23の内周は、例えば、その口径が直径約21mmのテーパ付き雌ネジであるRc1/2や、直径約0.58インチの雌ネジに設定されている。なお、配管接続部23の形状は、配管接続部14と同様、テーパ付き雌ネジ或いは雌ネジに限定されるものではなく、チューブを装着するチューブフィッティングなどでもよく、第2の流出口17から流体を流出可能なものであれば良い。

[0135] ここで、流体（ブライン）としては、例えば、圧力が0～1MPa、-85～+120℃程度の温度範囲において適応可能なオプテオン（登録商標）（三井・ケマーズフロロプロダクツ社製）やノベック（登録商標）（3M社製）等のフッ素系不活性液体などが使用される。

[0136] また、バルブ本体6には、図13に示すように、その下端面に流体が流入する第3の弁口として断面円形状の流入口26bが開口されている。バルブ本体6の下端面には、流体を流入させる図示しない配管を接続するため接続部材の一例としての第3のフランジ部材27が4本の六角穴付きボルト28により取り付けられている。流入口26bの下端部には、第3のフランジ部材27を装着するため流入口26bより内径が大きい円筒部26aが開口されている。第3のフランジ部材27は、底面矩形状に形成されたフランジ部29と、フランジ部29の内側面に円筒形状に短く突設された挿入部30（

図 1 3 参照) と、フランジ部 2 9 の外側面に厚肉の略円筒形状に突設され、図示しない配管が接続される配管接続部 3 1 とを有している。第 3 のフランジ部材 2 7 のフランジ部 2 9 とバルブ本体 6 との間は、図 2 に示すように、オーシール 2 9 a によって密封されている。第 3 のフランジ部材 2 7 のフランジ部 2 9 の内周面には、オーシール 2 9 a を収容する凹溝 2 9 b が設けられている。配管接続部 3 1 の内周は、例えば、その口径が直径約 2 1 mm のテーパ付き雌ネジである R c 1 / 2 や直径約 0 . 5 8 インチの雌ネジに設定されている。なお、配管接続部 3 1 の形状は、テーパ付き雌ネジ或いは雌ネジに限定されるものではなく、チューブを装着するチューブフィッティングなどでもよく、流入口 2 6 b から流体を流入可能なものであれば良い。

[0137] バルブ本体 6 の中央には、図 1 4 に示すように、第 1 及び第 2 のバルブシート 7 0 , 8 0 を装着することによって断面矩形状の第 1 の弁口 9 及び断面矩形状の第 2 の弁口 1 8 が設けられる弁座 8 を備えている。弁座 8 は、後述する弁体の外形状に対応した円柱形状に形成された空所からなる。また、弁座 8 の一部は、第 1 及び第 2 のバルブシート 7 0 , 8 0 によって形成されている。円柱形状に形成された弁座 8 は、バルブ本体 6 の上端面に貫通した状態で設けられる。バルブ本体 6 に設けられる第 1 の弁口 9 及び第 2 の弁口 1 8 は、図 2 3 に示すように、円柱形状に形成された弁座 8 の中心軸（回転軸）C に対して軸対称に配置されている。更に説明すると、第 1 の弁口 9 及び第 2 の弁口 1 8 は、円柱形状に形成された弁座 8 に対して直交するように配置されており、第 1 の弁口 9 の一方の端縁は、中心軸 C を介して第 2 の弁口 1 8 の他方の端縁と対向する位置（1 8 0 度異なる位置）に開口されている。また、第 1 の弁口 9 の他方の端縁は、中心軸 C を介して第 2 の弁口 1 8 の一方の端縁と対向する位置（1 8 0 度異なる位置）に開口されている。なお、図 1 3 では、便宜上、弁座 8 と弁軸 3 4 との間隙は図示が省略されている。

[0138] また、第 1 の弁口 9 及び第 2 の弁口 1 8 は、図 1 3 に示すように、上記のごとく、バルブ本体 6 に第 1 及び第 2 のバルブシート 7 0 , 8 0 を装着する

ことによって形成される断面正形状等の断面矩形状に形成された開口部からなる。第1の弁口9及び第2の弁口18は、その一辺の長さが第1の流出口7及び第2の流出口17の直径より小さく設定されており、当該第1の流出口7及び第2の流出口17に内接する断面矩形の角筒形状に形成されている。

[0139] 弁体の一例としての弁軸34は、図24に示すように、SUS等の金属により外形が略円柱形状に形成されている。弁軸34は、大別して、弁体として機能する弁体部35と、当該弁体部35の上下にそれぞれ設けられて弁軸34を回転自在に支持する上下の軸支部36、37と、上軸支部36と同一の部分から構成されるシール部38と、シール部38の上部に設けられたカップリング部39とを一体的に備えている。

[0140] 上下の軸支部36、37は、弁体部35より外径が小さく同一又は異なる直径を有するよう設定された円筒形状にそれぞれ形成されている。下軸支部37は、図15に示すように、バルブ本体6に設けられた弁座8の下端部に軸受部材としてのベアリング41を介して回転可能に支持されている。弁座8の下部には、ベアリング41を支持する環状の支持部42が設けられている。ベアリング41、支持部42及び流入口26bは、略同一の内径に設定されており、弁体部35の内部へと温度制御用流体が抵抗を殆ど生じることなく流入するよう構成されている。

[0141] また、弁体部35は、図13及び図24(b)に示すように、第1及び第2の弁口9、18の開口高 H_{g1} より高さが低い開口高 H_{g2} を有する略半円筒形状の開口部44が設けられた円筒形状に形成されている。弁体部35の開口部44が設けられた弁動作部45は、予め定められた中心角 α （例えば、180度）を有する半円筒形状（円筒形状の部分のうち、開口部44を除いた略半円筒形状）に形成されている。弁動作部45は、開口部44の上下に位置する弁体部35を含めて第1の弁口9を閉状態から開状態に切り替えると同時に、第2の弁口18を逆方向の開状態から閉状態に切り替えるよう弁座8内に且つ弁座8の内周面に金属同士の齧りを防止するため微小な間

隙を介して非接触状態となるよう回転自在に配置されている。弁動作部45の上下に配置された上下の弁軸部46, 47は、図13に示すように、弁動作部45と同一の外径を有する円筒形状に形成されており、弁座8の内周面に微小な間隙を介して非接触状態にて回転自在となっている。弁動作部45及び上下の弁軸部46, 47の内部には、円柱形状の空所48が下端部に向けて貫通した状態で設けられている。

[0142] また、弁動作部45は、周方向（回転方向）に沿った両端面45a, 45bがその中心軸Cと交差する（直交する）方向に沿った断面形状が平面形状に形成されている。更に説明すると、弁動作部45は、図24に示すように、周方向に沿った両端部45a, 45bの回転軸Cと交差する断面形状が開口部44に向けて平面形状に形成されている。両端部45a, 45bの肉厚は、例えば、弁動作部45の厚さTと等しい値に設定される。

[0143] 弁動作部45は、周方向に沿った両端部45a, 45bの回転軸Cと交差する断面形状が平面形状に限定されるものではなく、周方向（回転方向）に沿った両端面45a, 45bが曲面形状に形成されても良い。

[0144] 弁動作部45の周方向に沿った両端部45a, 45bは、図25に示すように、弁軸34が回転駆動されて第1及び第2の弁口9, 18を開閉する際に、流体の流れの中において、第1及び第2の弁口9, 18の周方向に沿った端部から突出する又は退避するように移動（回転）することで第1及び第2の弁口9, 18を開状態から閉状態あるいは閉状態から開状態へと移行させる。このとき、弁動作部45の周方向に沿った両端部45a, 45bは、弁軸34の回転角度に対する第1及び第2の弁口9, 18の開口面積をリニア（直線状）に変化させるため、断面形状が平面形状に形成されていることが望ましい。

[0145] シール部4は、図13に示すように、弁軸34をバルブ本体6に対して回転可能となるよう液密状態に密封（封止）するものである。シール部4は、バルブ本体6と、弁軸34と、バルブ本体6と弁軸34との間に配置されて両者の間を液密状に封止する金属製のバネ部材により開く方向に付勢された

断面略U字形状の合成樹脂からなる封止手段の一例としてのオムニシール 160、170と、弁軸34を弁本体に対して回転可能に支持する軸受部材180とを備えている。

[0146] バルブ本体6の上端部には、図13に示すように、弁軸34を回転可能に支持するための円柱形状に形成された支持用凹部51が設けられている。支持用凹部51の上端には、テーパ部51aを介して内径が大きな円筒部51bが形成されている。弁軸34は、上述したように、上方の弁軸部46が支持用凹部51の下端部に軸受部材の一例としてのベアリング180及びオムニシール160、170を介して回転可能かつ液密状に支持されている。

[0147] カップリング部5は、図12に示すように、シール部4が内蔵されたバルブ本体6とアクチュエータ部3との間に配置されている。カップリング部5は、弁軸34と当該弁軸34を一体に回転させる図示しない回転軸とを連結するためのものである。

[0148] カップリング部5は、図13に示すように、シール部4とアクチュエータ部3の間に配置されたスペーサ部材59と、スペーサ部材59の上部に固定されたアダプタプレート60と、スペーサ部材59及びアダプタプレート60の内部に貫通状態で形成された円柱形状の空間61に收容され、弁軸34と図示しない回転軸とを連結するカップリング部材62とから構成されている。スペーサ部材59は、ポリイミド（PI）樹脂等の合成樹脂によりバルブ本体6の一部と略同一の平面形状を有する比較的高さが高い角筒状に形成されている。スペーサ部材59は、その下端に設けられたフランジ部59aがネジ59b止め等の手段によってバルブ本体6及びアダプタプレート60の双方に固定される。また、アダプタプレート60は、図12（c）に示すように、SUS等の金属により平面多角形の板状に形成されている。アダプタプレート60は、六角孔付きボルト63によりアクチュエータ部3の基盤64に固定した状態で取り付けられる。

[0149] 弁軸34の上端には、図24（a）に示すように、水平方向に沿って貫通するように凹溝65が設けられている。そして、弁軸34は、カップリング

部材 6 2 に設けられた凸部 6 6 を凹溝 6 5 に嵌合することによりカップリング部材 6 2 に連結固定されている。一方、カップリング部材 6 2 の上端には、水平方向に沿って貫通するように凹溝 6 7 が設けられている。図示しない回転軸は、カップリング部材 6 2 に設けられた凹溝 6 7 に図示しない凸部を嵌合することによりカップリング部材 6 2 に連結固定される。スペーサ部材 5 9 は、シール部 4 から液体が漏洩した際、液体がアクチュエータ部 3 に到達するのを阻止するオーシール 1 9 0 を上端部に備えている。

[0150] アクチュエータ部 3 は、図 1 2 に示すように、平面矩形状に形成された基盤 6 4 を備えている。基盤 6 4 の上部には、ステッピングモータやエンコーダ等からなる駆動手段を内蔵した直方体形状の箱体として構成されたケーシング 9 0 がビス 9 1 止めにより装着されている。アクチュエータ部 3 の駆動手段は、制御信号に基づいて図示しない回転軸を所望の方向に所定の精度で回転可能なものであれば良く、その構成は限定されない。駆動手段は、ステッピングモータ及び当該ステッピングモータの回転駆動力をギア等の駆動力伝達手段を介して回転軸に伝達する駆動力伝達機構、並びに回転軸の回転角度を検出するエンコーダ等の角度センサにより構成される。

[0151] なお、図 1 2 中、符号 9 2 はステッピングモータ側ケーブルを、9 3 は角度センサ側ケーブルをそれぞれ示している。これらステッピングモータ側ケーブル 9 2 及び角度センサ側ケーブル 9 3 は、三方弁型モータバルブ 1 を制御する図示しない制御装置にそれぞれ接続される。

[0152] <環境条件>

本実施の形態 1 に係る三方弁型モータバルブ 1 は、上述したように、例えば、 $-85 \sim +120^{\circ}\text{C}$ 程度の温度、特に -85°C 程度の大幅に低い温度の流体に対して使用可能となるよう構成されている。そのため、三方弁型モータバルブ 1 を使用する周囲の環境条件は、 $-85 \sim +120^{\circ}\text{C}$ 程度の温度範囲に対応したものであることが望ましい。すなわち、三方弁型モータバルブ 1 は、 -85°C 程度の流体を流した場合、弁本体 4 自体が -85°C 程度の流体と等しい温度となる。その結果、三方弁型モータバルブ 1 を使用する条件

が空気中の水分である湿度を含む環境下では、空気中の水分が三方弁型モータバルブ 1 に付着して凍結し、三方弁型モータバルブ 1 に誤動作が生じる要因となると考えられる。

[0153] そこで、本実施の形態 1 では、三方弁型モータバルブ 1 を使用する環境条件として、窒素 (N_2) ガスによって置換された環境下において、周囲湿度（相対湿度）が 0.10% 以下、好ましくは 0.01% 程度であることが望ましい。

[0154] <三方弁型モータバルブの動作>

本実施の形態 1 に係る三方弁型モータバルブ 1 では、 $-85^{\circ}C$ 程度の低温の流体を流通させた場合、次のようにして流体の流量が制御される。

[0155] 三方弁型モータバルブ 1 は、図 15 に示すように、組立時又は使用する際の調整時に、第 1 及び第 2 のフランジ部材 10, 19 がバルブ本体 6 から一旦取り外され、調整リング 77, 87 が外部に露出した状態とされる。この状態で、図示しない治具を用いて調整リング 77, 87 のバルブ本体 6 に対する締付量を調整することにより、図 17 に示すように、第 1 及び第 2 のバルブシート 70, 80 におけるバルブ本体 6 の弁座 8 に対する突出量を変化させる。調整リング 77, 87 のバルブ本体 6 に対する締付量を増加させた場合には、第 1 及び第 2 のバルブシート 70, 80 の凹部 74, 84 がバルブ本体 6 の弁座 8 の内周面から突出し、第 1 及び第 2 のバルブシート 70, 80 の凹部 74, 84 と弁軸 34 の外周面との間隙 G1 が減少して、第 1 及び第 2 のバルブシート 70, 80 の凹部 74, 84 と弁軸 34 の外周面とが接触するに至る。一方、調整リング 77, 87 のバルブ本体 6 に対する締付量を減少させた場合には、第 1 及び第 2 のバルブシート 70, 80 の凹部 74, 84 がバルブ本体 6 の弁座 8 の内周面から突出する長さが減少し、第 1 及び第 2 のバルブシート 70, 80 の凹部 74, 84 と弁軸 34 の外周面との間隙 G1 が増加する。

[0156] 本実施の形態 1 では、例えば、第 1 及び第 2 のバルブシート 70, 80 の凹部 74, 84 と弁軸 34 の外周面との間隙 G1 が $10\mu m$ 未満に設定され

る。ただし、第1及び第2のバルブシート70、80の凹部74、84と弁軸34の外周面との間隙G1は、この値に限定されるものではなく、当該値より小さい値、例えば間隙 $G1 = 0 \mu m$ （接触状態）であっても良く、 $10 \mu m$ 以上に設定しても良い。

[0157] 三方弁型モータバルブ1は、図13に示すように、第3のフランジ部材27を介して流体が図示しない配管を介して流入し、第1のフランジ部材10及び第2のフランジ部材19を介して流体が図示しない配管を介して流出する。また、三方弁型モータバルブ1は、図14(a)に示すように、例えば、動作を開始する前の初期状態において、弁軸34の弁動作部45が第1の弁口9を閉塞（全閉）すると同時に第2の弁口18を開放（全開）した状態とされる。

[0158] 三方弁型モータバルブ1は、図12に示すように、アクチュエータ部3に設けられた図示しないステッピングモータを所定量だけ回転駆動させると、ステッピングモータの回転量に応じて図示しない回転軸が回転駆動される。三方弁型モータバルブ1は、回転軸が回転駆動されると、当該回転軸に連結固定された弁軸34が回転軸の回転量（回転角）と同一の角度だけ回転する。弁軸34の回転に伴って弁動作部45が弁座8の内部において回転し、図23(a)に示すように、弁動作部45の周方向に沿った一端部45aが第1の弁口9を徐々に開放して、流入口26bから流入した流体が弁座8の内部に流入するとともに、第1のフランジ部材10から第1の流出口7を介して流出する。

[0159] このとき、弁動作部45の周方向に沿った他端部45bは、図25(a)に示すように、第2の弁口18を開放しているため、流入口26bから流入した流体が弁座8の内部に流入して弁軸34の回転量に応じて分配されるとともに、第2のフランジ部材19から第2の流出口17を介して外部に流出する。

[0160] 三方弁型モータバルブ1は、図25(a)に示すように、弁軸34が回転駆動されて弁動作部45の周方向に沿った一端部45aが第1の弁口9を徐

々に開放すると、弁座8並びに弁軸34の内部を通して流体が第1及び第2の弁口9, 18を介して第1及び第2の流出口9, 18を介して外部に供給される。

[0161] また、三方弁型モータバルブ1は、弁動作部45の周方向に沿った両端部45a, 45bが断面曲面形状又は断面平面形状に形成されているため、弁軸34の回転角度に対して第1及び第2の弁口9, 18の開口面積をリニア（直線状）に変化させることが可能となる。また、弁動作部45の両端部45a, 45bによって流量が規制される流体が層流に近い状態で流動すると考えられ、第1の弁口9及び第2の弁口18の開口面積に応じて流体の分配比（流量）を精度良く制御することができる。

[0162] 本実施の形態に係る三方弁型モータバルブ1では、上述したように、初期的に、弁軸34の弁動作部45が第1の弁口9を閉塞（全閉）すると同時に第2の弁口18を開放（全開）した状態とされる。

[0163] このとき、三方弁型モータバルブ1は、弁軸34の弁動作部45が第1の弁口9を閉塞（全閉）すると、理想的には、流体の流量がゼロとなる筈である。

[0164] しかしながら、三方弁型モータバルブ1は、図17に示すように、弁軸34が弁座8の内周面に対して金属同士の齧りを防止するために、弁軸34の外周面と弁座8の内周面との間に微小な間隙を介して非接触状態となるよう回転自在に配置されている。その結果、弁軸34の外周面と弁座8の内周面との間には、微小な間隙G2が形成されている。そのため、三方弁型モータバルブ1は、弁軸34の弁動作部45が第1の弁口9を閉塞（全閉）した場合であっても、流体の流量がゼロとならず、弁軸34の外周面と弁座8の内周面との間に存在する微小な間隙G2を介して流体が少量ながら第2の弁口18側へ流れ込もうとする。

[0165] ところで、本実施の形態に係る三方弁型モータバルブ1では、図17に示すように、第1及び第2のバルブシート70, 80に凹部74, 84が設けられており、当該凹部74, 84が弁座8の内周面から弁軸34側に突出し

て、弁軸 34 の外周面と弁座 8 の内周面との間の間隙 G 1 を部分的に縮小している。

[0166] したがって、三方弁型モータバルブ 1 は、弁軸 34 が弁座 8 の内周面に対して金属同士の齧りを防止するため、弁軸 34 の外周面と弁座 8 の内周面との間に微小な間隙を介して非接触状態となるよう回転自在に配置されていても、流体が第 1 の弁口 9 から弁軸 34 の外周面と弁座 8 の内周面との間に存在する微小な間隙 G 2 へ流れ込むことが、弁軸 34 の外周面と弁座 8 の内周面との間隙が部分的に縮小された領域である間隙 G 1 により大幅に制限されて抑制される。

[0167] そのため、三方弁型モータバルブ 1 では、弁軸 34 と当該弁軸 34 と対向する第 1 及び第 2 のバルブシート 70, 80 との間隙を部分的に縮小するよう設けられた凹部 74, 84 を備えない三方弁型モータバルブに比較して、当該三方弁型モータバルブ 1 の全閉時における流体の漏れを大幅に抑制することが可能となる。

[0168] 望ましくは、本実施の形態に係る三方弁型モータバルブ 1 は、第 1 及び第 2 のバルブシート 70, 80 の凹部 74, 84 を弁軸 34 の外周面と接触させることにより、間隙 G 1, G 2 を大幅に縮小することができ、当該三方弁型モータバルブ 1 の全閉時における流体の漏れが大幅に抑制される。

[0169] また同様に、三方弁型モータバルブ 1 は、弁軸 34 の弁動作部 45 が第 2 の弁口 18 を閉塞（全閉）とした場合にも、流体が第 2 の弁口 18 を介して、他方の第 1 の弁口 9 側に漏れて流出するのを大幅に抑制することができる。

[0170] さらに、本実施の形態 1 では、図 14 及び図 16 に示すように、第 1 及び第 2 のバルブシート 70, 80 の弁軸 34 と反対側の面 70a, 80a に、弁軸 34 の外周面と弁座 8 の内周面との間に微小な間隙を介して流体の圧力を作用させる第 1 及び第 2 の圧力作用部 94, 96 が設けられている。そのため、三方弁型モータバルブ 1 は、図 23 (a) に示すように、開度 0%つまり第 1 の弁口 9 が全閉の付近、及び開度 100%つまり第 1 の弁口 9 が全

開の付近において、第1及び第2の弁口9, 18が全閉に近づくと、当該第1及び第2の弁口9, 18から流出する流体の量が大幅に減少する。これに伴って、三方弁型モータバルブ1は、全閉状態に近づく弁口では、流出する流体の圧力が低下する。そのため、例えば開度0%つまり第1の弁口9が全閉のとき、流入口26bから圧力700KPa程度の流体が流入し、略700KPaのまま第2の弁口18から流出する。このとき、全閉に近い状態である第1の弁口9側は、出口側の圧力が例えば100KPa程度まで低下する。その結果、第2の弁口18と第1の弁口9との間に600KPa程度の圧力差が生じることになる。

[0171] したがって、対策を講じない三方弁型モータバルブ1では、第2の弁口18と第1の弁口9との間の圧力差によって弁軸34が相対的に圧力の低い第1の弁口9側に移動（変位）し、弁軸34がベアリング41に片当たりした状態となる。そのため、弁軸34を閉じる方向に回転駆動する際の駆動トルクが増大して、動作不良を生じる虞れがある。

[0172] これに対して、本実施の形態に係る三方弁型モータバルブ1では、図26に示すように、第1及び第2のバルブシート70, 80の弁軸34と反対側の面に、弁軸34の外周面と弁座8の内周面との間に微小な間隙を介して漏れる流体の圧力を第1及び第2のバルブシート70, 80に作用させる第1及び第2の圧力作用部94, 96が設けられている。そのため、本実施の形態に係る三方弁型モータバルブ1では、第2の弁口18と第1の弁口9との間の圧力差が生じる場合であっても、相対的に圧力が高い側の流体の圧力が弁軸34の外周面と弁座8の内周面との微小な間隙を介して第1及び第2の圧力作用部94, 96に作用する。その結果、相対的に100KPa程度と圧力が低い側の第1のバルブシート70は、当該第1の圧力作用部94に作用する相対的に圧力が100KPa程度と高い側の流体の圧力によって、弁軸34を適正な位置へと戻すように作用する。したがって、本実施の形態に係る三方弁型モータバルブ1では、第2の弁口18と第1の弁口9との間の圧力差によって弁軸34が相対的に圧力の低い第1の弁口9側に移動（変位

）するのを防止乃至抑制し、弁軸３４がベアリング４１によって滑らかに支持された状態を維持することができ、弁軸３４を閉じる方向に回転駆動する際の駆動トルクが増大するのを防止乃至抑制することができる。

[0173] また、本実施の形態に係る三方弁型モータバルブ１では、第１の弁口９が全開の付近、つまり第２の弁口１８が全閉状態に近いときにも同様に動作し、弁軸３４を回転駆動する際の駆動トルクが増大するのを防止乃至抑制することができる。

[0174] 本実施の形態１に係る三方弁型モータバルブ１は、流体（ブライン）として、例えば、圧力が０～１ＭＰａ、－８５～＋１２０℃程度の温度範囲において適応可能なオプテオン（登録商標）（三井・ケマーズフロロプロダクツ社製）やノベック（登録商標）（３Ｍ社製）等のフッ素系不活性液体などが使用される。

[0175] 三方弁型モータバルブ１は、－８５℃程度の流体の流出量を切り替える場合、流体が流通する弁本体６自体が－８５℃程度の温度となる。

[0176] 三方弁型モータバルブ１は、第１及び第２のバルブシート７０，８０と第１及び第２の流路形成部材１５，２５との間、及び第１及び第２の流路形成部材１５，２５とバルブ本体６との間を密封（封止）するため、第１及び第２のオムニシール１２０，１３０，１４０，１５０を使用している。また、第１及び第２のオムニシール１２０，１３０，１４０，１５０は、第１及び第２の圧力作用部９４，９６へ向けて開口するようそれぞれ配置されている。また、第１のオムニシール１２０は、金属製のバネ部材１２１と合成樹脂製のシール部材１２２の組み合わせからなる。金属製のバネ部材１２１は勿論のこと、シール部材１２２を構成する合成樹脂であるポリテトラフルオロエチレン（ＰＴＦＥ）は、耐熱性に優れており、低温では－８５℃程度、高温では２６０℃程度の温度において長時間の使用に耐えることが可能となっている。なお、他の第１及び第２のオムニシール１３０，１４０，１５０についても同様である。

[0177] そのため、本実施の形態１に係る三方弁型モータバルブ１は、第１及び第

2の圧力作用部が、バルブ本体6に装着されて第1及び第2の流出口7, 17を形成する部材であって、金属製のバネ部材により開く方向に付勢された断面略U字形状の合成樹脂からなる封止手段により長手方向に沿った両端部がそれぞれ封止された第1及び第2の流路形成部材を有せず、第1及び第2のバルブシート70, 80と第1及び第2の流路形成部材15, 25との間、及び第1及び第2の流路形成部材15, 25とバルブ本体6との間をリングによって封止した場合に比較して、−85℃程度の低温の流体に対するシール性を向上させることが可能となる。

[0178] すなわち、第1及び第2のバルブシート70, 80と第1及び第2の流路形成部材15, 25との間、及び第1及び第2の流路形成部材15, 25とバルブ本体6との間を、第1及び第2のオムニシール120, 130, 140, 150を用いて封止することにより、−85℃程度の低温の流体に対しても高いシール性を発揮することができる。また、第1及び第2のオムニシール120, 130, 140, 150は、第1及び第2のバルブシート70, 80と第1及び第2の流路形成部材15, 25との間、及び第1及び第2の流路形成部材15, 25とバルブ本体6との間において相対的に大きな接触面積を有しており、この点からも高いシール性を発揮することが可能となる。

産業上の利用可能性

[0179] 温度制御対象の熱負荷を検出する検出手段の検出結果に基づいて供給手段における温度調整能力を制御する制御手段を備えない場合に比較して、温度制御対象に供給する温度制御用流体の温度を高い精度で制御することが可能な温度制御装置を提供することができる。

符号の説明

[0180] 100…温度制御装置
101…温度制御用流体
102…温調対象装置
103…供給配管

- 1 0 4 …流体供給部
- 1 0 5 …検出手段
- 1 0 6 …貯蔵タンク
- 1 0 9 …第 1 の流量制御用三方弁
- 1 1 0 …第 1 の温度センサ
- 1 1 1 …第 2 の温度センサ
- 1 1 7 …第 2 の流量制御用三方弁

請求の範囲

- [請求項1] 温度制御用流体を予め定められた温度に調整して供給する供給手段と、
- 前記供給手段から前記温度制御用流体が供給される温度制御対象側に配置され、前記温度制御対象の熱負荷を検出する検出手段と、
- 前記検出手段の検出結果に基づいて前記供給手段における温度調整能力を制御する制御手段と、
- を備えた温度制御装置。
- [請求項2] 前記検出手段は、
- 前記供給手段から前記温度制御対象に供給する前記温度制御用流体と前記温度制御対象に供給せず前記供給手段へ帰還させる前記温度制御用流体に分配する第1の流量制御用三方弁と、
- 前記第1の流量制御用三方弁によって前記温度制御対象に供給される前記温度制御用流体の温度を検知する第1の温度検知手段と、
- 前記温度制御対象から帰還する前記温度制御用流体の温度を検知する第2の温度検知手段と、
- を備える請求項1に記載の温度制御装置。
- [請求項3] 前記供給手段は、低温側の予め定められた第1の温度に調整された低温側流体を供給する第1の供給手段と、高温側の予め定められた第2の温度に調整された高温側流体を供給する第2の供給手段と、
- を備え、
- 前記検知手段は、前記第1の供給手段から供給される前記低温側流体と前記第2の供給手段から供給される前記高温側流体の流量を制御しつつ混合し前記温度制御用流体として前記温度制御対象に供給する第2の流量制御用三方弁と、
- 前記温度制御対象を流通した前記温度制御用流体を前記第1の供給手段と前記第2の供給手段に流量を制御しつつ分配する第3の流量制御用三方弁と、

前記第2の流量制御用三方弁によって前記温度制御対象に供給される前記温度制御用流体の温度を検知する第3の温度検知手段と、

前記温度制御対象から帰還する前記温度制御用流体の温度を検知する第4の温度検知手段と、

を備える請求項1に記載の温度制御装置。

[請求項4] 前記制御手段は、前記供給手段において前記温度制御用流体の温度を熱交換器を介して調整する熱交換媒体の流量を増減させることにより前記供給手段における温度調整能力を制御する請求項1乃至3のいずれかに記載の温度制御装置。

[請求項5] 前記制御手段は、前記第1の流量制御用三方弁の分配情報のうち、前記温度制御対象に供給される前記温度制御用流体の流量と、前記第1及び第2の温度検知手段の検知結果に基づいて前記温度制御対象の熱負荷を算出する請求項2に記載の温度制御装置。

[請求項6] 前記制御手段は、前記温度制御対象の熱負荷の算出結果H1に基づいて以下の演算式によって前記供給手段における温度調整能力F1を制御する請求項5に記載の温度制御装置。

$$F1 = ((H1 - b) / a)^{0.5}$$

[請求項7] 前記制御手段は、前記供給手段における冷凍機を駆動する駆動源の回転数を制御する請求項6に記載の温度制御装置。

[請求項8] 前記制御手段は、前記第1の流量制御用三方弁における分配比率を制御する請求項1に記載の温度制御装置。

[請求項9] 前記供給手段は、当該供給手段から前記温度制御対象に供給する前記温度制御用流体と前記温度制御対象に供給せずに帰還させる前記温度制御用流体に分配する第4の流量制御用三方弁を備える請求項1に記載の温度制御装置。

[請求項10] 前記制御手段は、前記第4の流量制御用三方弁に流入する前記温度制御用流体の流量が一定値となるよう制御する請求項9に記載の温度制御装置。

- [請求項11] 前記供給手段は、
前記温度制御対象から帰還する前記温度制御用流体を貯蔵する貯蔵タンクと、
前記貯蔵タンクに貯蔵された前記温度制御用流体を冷却する冷却手段と、
を備える請求項1に記載の温度制御装置。
- [請求項12] 前記第1の流量制御用三方弁は、
前記温度制御用流体が流入する流入口と、前記流入口から流入する前記温度制御用流体を前記温度制御対象に供給する前記温度制御用流体と前記温度制御対象に供給せず前記供給手段へ帰還させる前記温度制御用流体とに分配する第1及び第2の弁口を有する請求項2に記載の温度制御装置。