

明 細 書

発明の名称：バルブ装置

技術分野

[0001] 本発明は、半導体プロセスにおけるプロセスガスの供給制御等に用いられる流体制御器としてのバルブ装置に関する。

背景技術

[0002] 半導体ウエハの表面に薄膜を形成する成膜処理においては薄膜の微細化が求められ、近年の半導体プロセスでは、原子レベルや分子レベルの厚さで薄膜を形成するALD (Atomic Layer Deposition) という成膜方法が使われている。

このような半導体プロセスにおいては、正確に計量したプロセスガスを処理チャンバに供給するために、ガスボックスから供給されるプロセスガスをバッファとしてのタンクに一時的に貯留し、処理チャンバの直近に設けられた開閉バルブを高頻度で開閉させてタンクからのプロセスガスを真空雰囲気処理チャンバへ供給することが行われている。なお、処理チャンバの直近に設けられる開閉バルブとしては、例えば、特許文献1、2を参照。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開2007-64333号公報

特許文献2：特開2016-121776号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 特許文献1、2に開示された開閉バルブは、常時作用するばね部材の付勢力で閉弁し、圧力室に駆動ガスとしての圧縮空気を供給してばね部材の付勢力に抗して開弁する、いわゆるノーマルクローズタイプの開閉バルブである。

ノーマルクローズタイプの開閉バルブでは、供給される駆動ガスの圧力に

応じて弁開時間および弁閉時間が変化することが知られている。ここで、弁開時間とは開閉バルブの圧力室への駆動ガスの供給が開始されてから弁開が完了するまでに要する時間であり、弁閉時間とは圧力室に溜まっている駆動ガスの排出が開始されてばね部材の付勢力により弁閉が完了するまでの時間とする。

プロセスガスの流量を高精度に制御するうえで、各開閉バルブにおける弁開時間と弁閉時間とはできるだけ一致している、かつ調整可能であることが好ましい。しかしながら、弁開時間と弁閉時間はユーザが使用する駆動ガスの設定圧力に依存するため、ユーザ毎の要求に沿って調整することは困難であった。

また、駆動ガスの設定圧力が同じであっても、開閉バルブ間の機差により、弁開時間と弁閉時間とが異なることがある。この場合、処理チャンバに供給されるプロセスガスの濃度にムラができてしまう可能性があるため、処理チャンバ直近に設けられている開閉バルブ間の弁開時間を一致させることも求められている。

[0005] 本発明は上記課題に鑑みてなされたものであって、各開閉バルブにおける弁開時間と弁閉時間、または、複数の開閉バルブにおける弁開時間をほぼ一致させるように調整可能な調整機構付のバルブ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

[0006] 本発明のバルブは、流路を画定するバルブボディと、
前記流路を開閉する弁体と、
前記弁体を前記バルブボディに備わるバルブシートに離着座させるステムと、
前記ステムを弁閉方向へ常時付勢するばね部材と、
前記ステムと連結されたピストンと、
前記ピストンを摺動自在に収容するアクチュエータボディと、を有し、
前記アクチュエータボディ内は、前記ピストンによって、駆動ガスが供給

される圧力室と、当該アクチュエータボディに形成された通気孔を介して大気と連通する大気室とに区画されており、

前記アクチュエータボディは、前記通気孔の通気量を制限することが可能な調整機構を備える。

前記調整機構は、弁閉に要する弁閉時間と弁開に要する弁開時間とをほぼ一致するように調整する。

[0007] 上記構成において、前記調整機構による調整前の状態において、弁閉状態から弁開状態に移行する際に要する前記ピストンの移動時間である弁開移動時間と、弁開状態から弁閉状態に移行する際に要する前記ピストンの移動時間である弁閉移動時間とが互いに異なる。さらに、前記弁開移動時間は、前記弁閉移動時間よりも短い。

[0008] 上記構成において、前記調整機構による前記通気量の制限により、前記弁開移動時間および前記弁閉移動時間がそれぞれ延長され、かつ、前記弁開移動時間の延長量が前記弁閉移動時間の延長量よりも大きい。

[0009] 本発明では、前記圧力室への前記駆動ガスの供給開始から前記ピストンに作用する前記駆動ガスの力が前記ばね部材の付勢力を超えて前記ピストンが移動開始するまでに要する時間である弁開移動開始時間と、前記圧力室内の前記駆動ガスの排出開始から前記ばね部材の付勢力が前記ピストンに作用する前記駆動ガスの力を超えるまでに要する時間である弁閉移動開始時間とが互いに異なる。また、弁開移動開始時間は、前記弁閉移動開始時間よりも長い。

[0010] 好適には、前記調整機構は、前記アクチュエータボディの上部外周を覆うように当該アクチュエータボディに螺合するカバー部材を有し、当該カバー部材の一部を用いて、前記通気孔の通気量を調整可能に制限する、構成を採用できる。

[0011] さらに好適には、前記調整機構は、前記アクチュエータボディの上部外周を覆うように当該アクチュエータボディに回動可能に設けられたカバー部材を有し、

前記カバー部材は、前記アクチュエータボディに対する回動位置を調整することにより前記通気孔の通気量を調整可能に形成されている、構成を採用することも可能である。

発明の効果

- [0012] 本発明によれば、使用される駆動ガスの設定圧力の下で、各開閉バルブにおける弁開時間と弁閉時間、または、複数の開閉バルブにおける弁開時間をほぼ一致させるように調整可能な調整機構付のバルブ装置が提供される。

図面の簡単な説明

- [0013] [図1]本発明の一実施形態に係るバルブ装置の縦断面図。
[図2]通気量を制限する調整機構の作動を示す断面図。
[図3]通気量の制限が無い場合のピストンに作用する力と動作時間との関係を示すグラフ。
[図4]通気量制限をした場合のピストンに作用する力と動作時間との関係を示すグラフ。
[図5]通気量を制限しかつ制限量を調整した場合のピストンに作用する力と動作時間との関係を示すグラフ。
[図6]本発明の調整機構の他の構造例およびその作動を示す断面図。
[図7]本発明の調整機構のさらに他の構造例を示す断面図。
[図8A]図7のカバー部材の上方から見た外観斜視図。
[図8B]図7のカバー部材の下方から見た外観斜視図。

発明を実施するための形態

- [0014] 以下、本発明の実施形態について図面を参照して説明する。説明において同様の要素には同一の符号を付して、重複する説明を適宜省略する。

図1は、本発明の一実施形態に係る開状態におけるバルブ装置1の構成を示す断面図である。なお、図1において、矢印A1、A2は上下方向を示しており、A1が上方向、A2が下方向を示している。

バルブ装置1は、バルブボディ2と、バルブシート3と、弁体としてのダイヤフラム4と、ステム7と、ボンネット10と、ばね部材としてのコイル

ばね 15 と、アクチュエータボディ 20 とを有している。

[0015] バルブボディ 2 は、ステンレス鋼等の金属によりブロック状に形成されており、上部側に円筒部 2 a を有し、プロセスガス等の流体が流通する流路 2 b 及び流路 2 c が形成されている。円筒部 2 a の底面には、流路 2 b が開口しており、この流路 2 b の開口の周囲に P F A、P A、P I、P C T F E、P T F E 等の合成樹脂で形成されたバルブシート 3 が設けられている。バルブシート 3 は、カシメ加工によりバルブボディ 2 に固定されているが、カシメ加工によらずに配置することも可能である。

[0016] ダイヤフラム 4 は、バルブシート 3 に対向するようにバルブボディ 2 の円筒部 2 a 内の底面に設置されている。具体的には、ダイヤフラム 4 の下面側の周縁部が、バルブボディ 2 の円筒部 2 a 内の底面に形成された円環状の突起からなる支持部に支持され、ダイヤフラム 4 の上面側の周縁部が環状の押えアダプタ 5 により下方向 A 2 に向けて押圧されることにより、バルブボディ 2 に気密に固定されている。すなわち、ダイヤフラム 4 は、バルブボディ 2 と協働して流路 2 b と流路 2 c とを連通する流路の一部を画定するように周縁部がバルブボディ 2 に気密に接触している。

本実施形態では、ダイヤフラム 4 は、特殊ステンレス鋼等の金属製薄板及びニッケル・コバルト合金薄板の中央部を上方へ膨出させることにより、上に凸の円弧状が自然状態の球殻状とされている。ダイヤフラム 4 は、例えば、ステンレス、N i C o 系合金などの金属やフッ素系樹脂で球殻状に弾性変形可能に形成されている。ダイヤフラム 4 は、バルブシート 3 に対して押圧される弁閉位置及び離間する弁開位置の間で移動する、すなわち、離着座することにより流路 2 b と流路 2 c との連通及び遮断を行う。

[0017] ボンネット 10 は、バルブボディ 2 の円筒部 2 a の内周面に形成されたねじ部に螺合することにより、バルブボディ 2 に連結されており、ボンネット 10 の円環状の下端面が押えアダプタ 5 を下方に向けて押圧することで、ダイヤフラム 4 がバルブボディ 2 に対して固定されている。

[0018] ステム 7 は、下端部にダイヤフラム押え 8 を保持しているとともに、上端

部側がピストンロッド４０に連結されており、ボンネット１０の内部で上下方向Ａ１，Ａ２に移動可能に配置されている。ダイヤフラム押え８は、ダイヤフラム４の上面の中心部に当接する凸状の湾曲面を備えており、ポリイミド等の合成樹脂製の部材で形成される。

[0019] コイルばね１５は、ステム７を包囲するように設けられ、コイルばね１５の下端部はステム７の下端部に形成されたフランジ部７ａによって受け止められ、コイルばね１５の上端部はボンネット１０の内部の天井面によって受け止められている。このコイルばね１５は、自然長から圧縮された状態にあり、ステム７をダイヤフラム４側の下方に向けて常時付勢している。

[0020] アクチュエータボディ２０は、本体部２１と下蓋部２２とからなり、下端側が開口した本体部２１の内周のねじ部に下蓋部２２の外周に形成されたねじ部が螺合している。

下蓋部２２の中心部には、下方に向けて延在する円筒状部２２ａが形成されており、この円筒状部２２ａの外周に形成されたねじ部が、ボンネット１０の上端部の中心部に形成されたねじ孔に螺合することにより、ボンネット１０にアクチュエータボディ２０が接続される。下蓋部２２の円筒状部２２ａに螺合しつつボンネット１０の上端面に当接するロックナット１１により、ボンネット１０に対するアクチュエータボディ２０の位置がロックされる。ボンネット１０に対するアクチュエータボディ２０の位置によってバルブ全開時のステム７の位置が規定される。

[0021] アクチュエータボディ２０の内部は、ピストンロッド４０に摺動自在に貫通する隔壁部材３５により上下の空間に隔てられ、上側の空間には、ピストンロッド４０と係合するピストン３０が上下方向に摺動自在に設けられている。下側の空間には、ピストンロッド４０と係合するピストン３６が上下方向に摺動自在に設けられている。なお、図１において、ＳＲはＯリング等のシール部材を示している。

ピストン３０は、アクチュエータボディ２０の上側の空間を圧力室３１と大気室３２とに区画しており、ピストン３６は、アクチュエータボディ２０

の下側の空間を圧力室３７と大気室３８とに区画している。

圧力室３１は、ピストンロッド４０の中心部に形成された流通路４１と分岐路４１ａを介して連通しており、圧力室３７は、ピストンロッド４０の中心部に形成された流通路４１と分岐路４１ｂを介して連通している。ピストンロッド４０の流通路４１の上端側の開口は、アクチュエータボディ２０の本体部２１の上側の中心部に形成された供給路２１ｃと連通している。供給路２１ｃを通じて供給される駆動ガスＤＧが、圧力室３１および圧力室３７に供給される。

[0022] 大気室３２は、アクチュエータボディ２０の本体部２１の上部に形成された通気孔２１ａを通じて大気と連通している。

大気室３８は、アクチュエータボディ２０の本体部２１の円筒部分および上部に形成された通気孔２１ｂを通じて大気と連通している。

[0023] 三方弁１００は、電磁弁で構成され、制御信号ＳＧがオンになると、駆動ガスＤＧを供給する図示しないバルブを開いて所定圧力の駆動ガスＤＧを圧力室３１、３７に供給し、圧力室３１、３７の内部の圧力を所定圧力に保つ。制御信号ＳＧがオフになると、駆動ガスＤＧを供給するバルブを閉じるとともに、供給路２１ｃを図１の点線で示すように大気に開放し、圧力室３１、３７に溜まった駆動ガスＤＧは外部に排出される。

[0024] 調整機構５０は、通気孔２１ａおよび通気孔２１ｂの中途に設けられ、通気孔２１ａおよび通気孔２１ｂを通じて大気室３２および大気室３８から外部へ排出される空気の通気量又は通気孔２１ａおよび通気孔２１ｂを通じて大気室３２および大気室３８へ吸引される空気の通気量を調整可能に制限するために設けられている。調整機構５０は、通気孔２１ａおよび通気孔２１ｂの一部で空気が通過可能な断面積を狭めることにより、通気量の調整が可能になっている。

[0025] 具体的には、アクチュエータボディ２０の本体部２１の半径方向に通気孔２１ａおよび２１ｂを横切るようにねじ穴が形成され、このねじ穴に螺合するねじ部材５１により通気量を調整する。

ねじ部材 5 1 は、先端部にねじが形成されていないピン部 5 1 a と、ねじ部材 5 1 の中途に形成された溝部 5 1 b とを有する。

図 2 は、調整機構 5 0 による通気量の制限の例を示しており、(a) は通気量の制限量が相対的に大きい場合を示しており、(b) は制限量が中程度の場合を示しており、(c) は通気量の制限量が相対的に小さい場合を示している。(a) に示すように、ピン部 5 1 a が通気孔 2 1 a に大きく進入し、かつ、溝部 5 1 b が通気孔 2 1 b 外に位置付けられた状態では、通気量の制限量が大きい。一方、(c) に示すように、ピン部 5 1 a が通気孔 2 1 a から後退し、溝部 5 1 b が通気孔 2 1 b 内に位置付けられた状態では、通気量の制限量は小さい。(b) は (a) と (c) との中間の状態である。このように、ねじ部材 5 1 の位置を調整することで、通気量の制限量を任意に調整できる。なお、5 2 はロックナットであり、ねじ部材 5 1 の調整後の位置をロックするために設けられている。

[0026] 次に、バルブ装置 1 の基本動作について説明する。

アクチュエータボディ 2 0 に供給路 2 1 c を通じて駆動ガス D G が供給されていない状態では、コイルばね 1 5 の力により、ステム 7 が下方向 A 2 に付勢され、ダイヤフラム 4 はダイヤフラム押え 8 によって押圧されてバルブシート 3 に押し付けられることで、流路 2 b と流路 2 c との間が遮断される。この状態が弁閉状態である。

[0027] 三方弁 1 0 0 に対する制御信号 S G がオンになると、駆動ガス D G が供給路 2 1 c、流通路 4 1 を通じて圧力室 3 1, 3 7 に供給され、これにより、ピストン 3 0, 3 6 がコイルばね 1 5 の力に抗して上方向 A 1 に押し上げられる。大気室 3 2, 3 8 からは、通気孔 2 1 a, 2 1 b を通じて空気が外部に排出される。ピストン 3 0, 3 6 とともにステム 7 が上方向 A 1 に移動することで、ダイヤフラム 4 がバルブシート 3 から離間し、流路 2 b と流路 2 c との間が連通する。上方向 A 1 に移動するステム 7 の上端面 7 b がアクチュエータボディ 2 0 の円筒状部 2 2 a の下端部 2 2 b に当接する位置でステム 7 の移動が規制される。ステム 7 の上方向 A 1 への移動が規制される位置が

弁閉状態となる位置である。

[0028] 三方弁 100 に対する制御信号 SG がオフになると、三方弁 100 において駆動ガス DG の供給が遮断されるとともに、供給路 21c が大気に開放され、圧力室 31, 37 に溜まった駆動ガス DG が供給路 21c を通じて外部に排出される。圧力室 31, 37 の圧力が下がると、コイルばね 15 の力によってピストン 30, 36 が下方向 A2 に押し下げられつつ、通気孔 21a, 21b を通じて外部の空気が大気室 32, 38 に流入し、最終的に、ダイヤフラム 4 がバルブシート 3 に押し付けられて、弁閉状態となる。

[0029] 次に、調整機構 50 による弁閉時間と弁開時間の調整方法について説明する。

ここで、弁開時間とは、バルブ装置 1 のダイヤフラム 4 がバルブシート 3 にコイルばね 15 の付勢力により押し付けられて流路 2b と流路 2c との間が遮断された弁閉状態から、三方弁 100 に対する制御信号 SG がオンになって所定の設定圧力の駆動ガス DG が圧力室 31, 37 に供給され、コイルばね 15 の付勢力に抗ってピストン 30 およびピストン 36 を上昇させ、ステム 7 が所定位置まで上昇して流路 2b と流路 2c とが連通する弁開状態になるまでに要する時間とする。

また、弁閉時間とは、上記した弁開状態から、三方弁 100 に対する制御信号 SG がオフになって、三方弁 100 において駆動ガス DG を供給するバルブが遮断されかつ供給路 21c が大気に開放されることにより、圧力室 31, 37 に溜まった駆動ガス DG が外部に排出されて圧力室 31, 37 の圧力が下がり、コイルばね 15 の付勢力によりバルブ装置 1 のダイヤフラム 4 がバルブシート 3 に押し付けられて弁閉状態になるのに要する時間とする。

なお、弁開時間および弁閉時間は、例えば、制御信号 SG およびバルブ装置 1 に設けた位置検出器からの信号等に基づいて計測される。

[0030] 図 3 に、調整機構 50 による調整がされていない状態のバルブ装置 1 におけるピストンに作用する力と時間の関係の一例を模式的に示したグラフを示す。図 3 において、力は下方向 A2 に作用する力をマイナスと表し、上方向

A 1 に作用する力をプラスと表している。各数値は説明の簡略化のためのものを用いているため、実際の数値とは異なる。

グラフ N 1 は、弁閉状態から弁開状態に移行する場合の力と時間との関係を示しており、グラフ N 2 は、弁開状態から弁閉状態に移行する場合の力と時間との関係を示している。

[0031] グラフ N 1 において、初期状態として、コイルばね 1 5 が自然長から縮まった状態で組み立てられているため、ピストン 3 0, 3 6 には、コイルばね 1 5 から下方向 A 2 に 600 N の力が作用している。

アクチュエータボディ 2 0 に駆動ガス D G を導入すると、圧力室 3 1, 3 7 の内圧が次第に上昇していき、ピストン 3 0, 3 6 を上方向 A 1 に押し上げる向きの力が増加する。制御信号 S G がオンになってから T 1 a 時間が経過するとコイルばね 1 5 の付勢力と駆動ガス D G の力とが釣り合い、その後、駆動ガス D G からの力がコイルばね 1 5 の付勢力を超えることにより、ピストン 3 0, 3 6 が上方向 A 1 に移動開始する。以下、T 1 a 時間を弁開移動開始時間とする。

弁開移動開始時間 T 1 a を経過後は、コイルばね 1 5 が縮まりながらピストン 3 0, 3 6 が上方向 A 1 に移動する。大気室 3 2, 3 8 内の空気は、通気孔 2 1 a, 2 1 b を通じて外部に排出される。このとき、コイルばね 1 5 が縮まっていくので、コイルばね 1 5 の下方向 A 2 に向かう反力が増加していくことから、ピストン 3 0, 3 6 に作用する力の増加量は減り、グラフ N 1 の傾きは小さくなる。

ピストン 3 0, 3 6 が所定位置に達すると、ピストン 3 0, 3 6 は停止する。ここで、ピストン 3 0, 3 6 が移動を開始してから停止するまでの時間を弁開移動時間 T 1 b とする。

[0032] グラフ N 2 において、制御信号 S G がオフになって、圧力室 3 1, 3 7 に溜まった駆動ガス D G が抜け圧力が下がっていくと、ピストン 3 0, 3 6 に作用する上方向 A 1 の力が徐々に減少していく。T 2 a 時間を経過すると、コイルばね 1 5 の力と駆動ガス D G からの力が釣り合い、その後、コイルばね

15の力が駆動ガスDGからの力を超えることで、ピストン30, 36が下方向A2に移動開始する。このT2a時間を弁閉移動開始時間T2aとする。コイルばね15の力と駆動ガスDGからの力が釣り合った後は、コイルばね15が伸長していき、コイルばね15の反力が次第に減少していくため、力の増加量はそれまでより小さくなり、グラフN2の傾きは小さくなる。ピストン30, 36が所定位置に達すると、ピストン30, 36は停止する。ここで、ピストン30, 36が移動を開始してから停止するまでの時間を弁閉移動時間T2bとする。

[0033] グラフN1とグラフN2とを比較すると、弁開時間T1と弁閉時間T2とが異なっているのが分かる。また、弁開移動開始時間T1aと弁閉移動開始時間T2aとが異なっており、弁開移動開始時間T1aは、弁閉移動開始時間T2aよりも長いことがわかる。さらに、弁開移動時間T1bと弁閉移動時間T2bとは異なっており、弁開移動時間T1bのほうが短いことがわかる。すなわち、弁開状態から弁開状態に移行するときと、弁開状態から弁閉状態に移行するときとで、ピストン30, 36の移動時間がそれぞれ異なることがわかる。

このような相違は、弁開状態から弁閉状態へ移行する際および弁閉状態から弁開状態へ移行する際のそれぞれの初期状態において、ピストン30, 36に作用する力の大きさが異なるようにコイルばね15の剛性や駆動ガスDGの設定圧力などの設計がなされていることが理由であると考えられる。

[0034] 図4に、調整機構50により通気孔21a, 21bの通気量に制限を加えたときの、バルブ装置1におけるピストンに作用する力と時間の関係の一例を模式的に示したグラフを示す。

グラフK1は、弁閉状態から弁開状態に移行する場合の力と時間との関係を示しており、グラフK2は、弁開状態から弁閉状態に移行する場合の力と時間との関係を示している。なお、通気孔21a, 21bの通気量を制限しない場合との比較のために、図4には、上記したグラフN1およびN2も併せて表示している。また、使用した駆動ガスDGの設定圧力も図3の場合と同

じである。

[0035] グラフK 1において、弁開移動開始時間T 1 aは、グラフN 1の弁開移動開始時間T 1 aと全く同じである。グラフK 1では、グラフN 1の場合と同様に、上方向A 1の力と下方向A 2の力が釣り合った段階でピストン3 0, 3 6が上方向A 1に動き始めるが、通気孔2 1 a, 2 1 bの通気量をある程度制限することで、大気室3 2, 3 8内の空気が通気孔2 1 a, 2 1 bを通じて外部に排出されにくくなり、これが抵抗力としてピストン3 0, 3 6に作用する。この結果、グラフN 1の場合と比べて、弁開移動時間T 1 bが延長化される。このときの延長量を $E \times 1$ とする。弁開移動時間T 1 bが延長化されると、弁開時間T 1も延長化される。

[0036] グラフK 2において、弁閉移動開始時間T 2 aは、グラフN 2の弁閉移動開始時間T 2 aと全く同じである。グラフK 2では、グラフN 2の場合と同様に、上方向A 1の力と下方向A 2の力が釣り合った段階でピストン3 0, 3 6が下方向A 2に動き始めるが、通気孔2 1 a, 2 1 bの通気量をある程度制限することで、外部の空気が通気孔2 1 a, 2 1 bを通じて大気室3 2, 3 8へ吸引されにくくなり、これが抵抗力となってピストン3 0, 3 6に作用する。この結果、グラフN 2の場合と比べて、弁閉移動時間T 2 bが延長化される。このときの延長量を $E \times 2$ とする。弁閉移動時間T 2 bが延長化されると、弁閉時間T 2も延長化される。

[0037] 通気孔2 1 a, 2 1 bの通気量を制限すると、弁開時間T 1および弁閉時間T 2がいずれも延長化されるが、ここで、重要な点は、弁開移動時間T 1 bの延長量 $E \times 1$ と、弁閉移動時間T 2 bの延長量 $E \times 2$ とが異なり、延長量 $E \times 1$ のほうが延長量 $E \times 2$ よりも大きいことを新たに見出したことである。

調整機構5 0の通気量制限により、ピストン3 0, 3 6が受ける抵抗力の総量は弁開時および弁閉時のいずれの動作でも変わらないと考えられる。しかしながら、ピストン3 0, 3 6の受ける通気量制限による単位時間当たりの抵抗力の大きさは、ピストン3 0, 3 6の移動時間が短いほど大きくなり

、ピストン 30, 36 の移動時間の延長化に与える影響が大きくなると考えられる。すなわち、調整機構 50 の通気量制限は、弁閉移動時間 $T2b$ と比べて弁開移動時間 $T1b$ の延長化により大きな影響を及ぼす。このことが、弁開移動時間 $T1b$ の延長量 $E \times 1$ が、弁閉移動時間 $T2b$ の延長量 $E \times 2$ よりも長くなる理由と考えられる。

[0038] 本実施形態の調整機構 50 による弁開時間 $T1$ と弁閉時間 $T2$ の調整方法は、上記した弁開移動時間 $T1b$ の延長量 $E \times 1$ が弁閉移動時間 $T2b$ の延長量 $E \times 2$ よりも大きくなるという現象を利用することにより、互いに相違する弁開時間 $T1$ と弁閉時間 $T2$ を近づけるように調整することである。

すなわち、調整機構 50 の通気量の制限量を調整し、延長量 $E \times 1$ および延長量 $E \times 2$ を適宜変更すれば、例えば、図 5 に示すグラフ $K1A$, $K2A$ のように、弁開時間 $T1$ と弁閉時間 $T2$ とを略同じに調整することが可能となる。グラフ $K1A$ は通気量の制限量を調整したときの弁閉状態から弁開状態に移行する場合の力と時間との関係を示しており、グラフ $K2A$ は、通気量の制限量を調整したときの弁開状態から弁閉状態に移行する場合の力と時間との関係を示している。

具体的には、図 4 に示した状態から、延長量 $E \times 1$ および延長量 $E \times 2$ が小さくなる方向、すなわち、通気孔 $21a$, $21b$ の制限量を小さくする方向に調整すれば、図 5 に示すような弁開時間 $T1$ と弁閉時間 $T2$ とがほぼ一致する通気孔 $21a$, $21b$ の制限量を見出すことができる。

[0039] 以上のように、本実施形態によれば、アクチュエータボディ 20 の通気孔 $21a$, $21b$ の通気量を制限しない状態において、使用される駆動ガス DG の設定圧力の下で、例えば、図 3 に示したような弁開時間 $T1$ と弁閉時間 $T2$ とが互いに異なる場合に、調整機構 50 を用いて通気孔 $21a$, $21b$ の通気量を調整することで、弁開時間 $T1$ と弁閉時間 $T2$ とをほぼ一致させることが可能となる。

[0040] 図 6 に調整機構の変形例を示す。なお、図 6 において、上記実施形態と同一構成部分には同一の符号を使用している。なお、図 6 の (a) は通気量の

制限量が比較的大きい場合、（b）は通気量の制限量が中程度の場合、（c）は通気量の制限量が比較的小さい場合を示している。

図6に示すアクチュエータボディ20Aは、本体部21Aの上部側の外径が下端側よりも縮径しており、本体部21Aの縮径された部分の外周面には、ねじ部21Aaが形成されている。円筒状に形成されたカバー部材55は、アクチュエータボディ20Aの上部外周を覆うように設けられている。カバー部材55の内周面にはねじ部55aが形成され、このねじ部55aが本体部21Aのねじ部21Aaに螺合している。カバー部材55は、回転方向R1および回転方向R2に回転自在になっており、回転方向R1および回転方向R2の一方に回すことでカバー部材55がアクチュエータボディ20Aに対して上方向に移動し、回転方向R1および回転方向R2の他方に回すことでカバー部材55がアクチュエータボディ20Aに対して下方向に移動するようになっている。

カバー部材55は、その外径が本体部21Aの下側の外径と略同じになるように形成されており、アクチュエータボディ20Aの外周面には突起物が存在しない。

本体部21Aに形成された通気孔21aと通気孔21bは、本体部21Aの上端側で合流しており、本体部21Aの外側面で開口している。

[0041] カバー部材55の下端部に形成された円環状の突出部55bは、通気孔21aと通気孔21bの合流部21xに対向するように配置されている。図6の（a）～（c）に示すように、突出部55bが合流部21xに接近していると通気量の制限量が大きくなり、突出部55bが合流部21xから離れるにしたがって通気量の制限量が小さくなる。したがって、カバー部材55の回転量を調整することで、通気量の制限量を任意に調整できる。カバー部材55の調整後の位置は、カバー部材55に設けられたロックねじ60で固定することができる。

[0042] 図7に調整機構のさらに他の変形例を示す。なお、図7において、上記実施形態と同一構成部分には同一の符号を使用している。

図 7 に示すアクチュエータボディ 20 B は、本体部 21 B の上部側にねじ部は形成されていない。この外周部に当該外周部を覆うように円環状のカバー部材 55 B が嵌っている。

カバー部材 55 B はアクチュエータボディ 20 B の本体部 21 B に対して回転方向 R1 および回転方向 R2 に回転可能となっており、カバー部材 55 B を回転させてもアクチュエータボディ 20 B に対して上下動はしない。

カバー部材 55 B には、図 8 A、図 8 B に示すように、下端側の内周面 55 B f1 と外周面 55 B f2 で開口する半径方向の通気孔 55 B a と、下端面 55 B e で開口し通気孔 55 B a の途中で合流する通気孔 55 B b が形成されている。また、カバー部材 55 B には、複数カ所にロックねじ 60 が螺合するねじ孔 56 が形成されている。

通気孔 55 B a と通気孔 55 B b は、通気孔 21 a と通気孔 21 b に対応しており、カバー部材 55 B を回転させて通気孔 55 B a と通気孔 21 a および通気孔 55 B b と通気孔 21 b の重なりを調整することで、通気孔 21 a と通気孔 21 b の通気量を調整可能となっている。通気孔 55 B a と通気孔 21 a および通気孔 55 B b と通気孔 21 b の重なりが最大するとき、通気量は最大であり、重なりが小さくなるにしたがって、通気孔 21 a と通気孔 21 b がそれぞれ内周面 55 B f1 と下端面 55 B e によって塞がれることで、通気量も減少していく。これにより、カバー部材 55 B のアクチュエータボディ 20 B に対する回転位置を調整することにより、通気孔 21 a と通気孔 21 b の通気量を調整可能となる。

図 7 のカバー部材 55 B は、本体部 21 A に対して回転したとしても、上下動しないので、アクチュエータボディ 20 B に段差が生じないというメリットがある。

なお、通気孔 21 a および通気孔 21 b は、複数存在していてもよく、その場合には、その数に合わせてカバー部材 55 B の通気孔 55 B a、55 B b の数を増やせばよい。

[0043] 上記実施形態では、弁体として金属製ダイヤフラムを用いた場合を例示し

たが、これに限定されるわけではなく、ステムの先端部に直接接続された弁体を用いることも可能である。

上記実施形態では、アクチュエータボディの位置を調節し流路の流量を調整可能なバルブを用いた場合を例示したが、これに限定されるわけではなく、アクチュエータボディとボンネットが一体であってもよく、またアクチュエータボディをボンネットで直接バルブボディに固定しているバルブを用いることも可能である。

上記実施形態では、駆動ガスDGとして圧縮空気を用いた場合を例示したが、これ以外のガスを用いることも可能である。

[0044] 以上、本発明の実施形態について詳述したが、本発明はかかる特定の実施例に限定されるものではなく、特許請求の範囲に記載された本発明の要旨の範囲内において、種々の変形・変更が可能である。

符号の説明

- [0045] 1 : バルブ装置
2 : バルブボディ
2 a : 円筒部
2 b、2 c : 流路
3 : バルブシート
4 : ダイアフラム
5 : 押えアダプタ
7 : ステム
7 a : フランジ部
7 b : 上端面
8 : ダイアフラム押え
10 : ボンネット
11 : ロックナット
15 : コイルばね
20、20A、20B : アクチュエータボディ

2 1、2 1 A、2 1 B : 本体部
2 1 A a : ねじ部
2 1 a、2 1 b : 通気孔
2 1 c : 供給路
2 1 x : 合流部
2 2 : 下蓋部
2 2 a : 円筒状部
2 2 b : 下端面
3 0 : ピストン
3 1、3 7 : 圧力室
3 2、3 8 : 大気室
3 5 : 隔壁部材
3 6 : ピストン
4 0 : ピストンロッド
4 1 : 流通路
4 1 a、4 1 b : 分岐路
5 0 : 調整機構
5 1 : ねじ部材
5 1 a : ピン部
5 1 b : 溝部
5 5、5 5 B : カバー部材
5 5 B a、5 5 B b : 通気孔
5 5 B e : 下端面
5 5 B f 1 : 内周面
5 5 B f 2 : 外周面
5 5 a : ねじ部
5 5 b : 突出部
5 6 : ねじ孔

6 0 : ロックねじ
1 0 0 : 三方弁
A 1 : 上方向
A 2 : 下方向
D G : 駆動ガス
E x 1、E x 2 : 延長量
K 1、K 1 A、K 2、K 2 A、N 1、N 2 : グラフ
R 1、R 2 : 回転方向
S G : 制御信号
T 1 : 弁開時間
T 1 a : 弁開移動開始時間
T 1 b : 弁開移動時間
T 2 : 弁閉時間
T 2 a : 弁閉移動開始時間
T 2 b : 弁閉移動時間

請求の範囲

- [請求項1] 流路を画定するバルブボディと、
前記流路を開閉する弁体と、
前記弁体を前記バルブボディに備わるバルブシートに離着座させる
ステムと、
前記ステムを弁閉方向へ常時付勢するばね部材と、
前記ステムと連結されたピストンと、
前記ピストンを摺動自在に収容するアクチュエータボディと、を有
し、
前記アクチュエータボディ内は、前記ピストンによって、駆動ガス
が供給される圧力室と、当該アクチュエータボディに形成された通気
孔を介して大気と連通する大気室とに区画されており、
前記アクチュエータボディは、前記通気孔の通気量を制限すること
が可能な調整機構を備える、バルブ装置。
- [請求項2] 前記調整機構は、弁閉に要する弁閉時間と弁開に要する弁開時間と
をほぼ一致するように調整する、請求項1に記載のバルブ装置。
- [請求項3] 前記調整機構による調整前の状態において、弁閉状態から弁開状態
に移行する際に要する前記ピストンの移動時間である弁開移動時間と
、弁開状態から弁閉状態に移行する際に要する前記ピストンの移動時
間である弁閉移動時間とが互いに異なる、請求項2に記載のバルブ装
置。
- [請求項4] 前記弁開移動時間は、前記弁閉移動時間よりも短い、請求項3に記
載のバルブ装置。
- [請求項5] 前記調整機構による前記通気量の制限により、前記弁開移動時間お
よび前記弁閉移動時間がそれぞれ延長され、かつ、前記弁開移動時間
の延長量が前記弁閉移動時間の延長量よりも大きい、請求項4に記載
のバルブ装置。
- [請求項6] 前記圧力室への前記駆動ガスの供給開始から前記ピストンに作用す

る前記駆動ガスの力が前記ばね部材の付勢力を超えて前記ピストンが移動開始するまでに要する時間である弁開移動開始時間と、前記圧力室内の前記駆動ガスの排出開始から前記ばね部材の付勢力が前記ピストンに作用する前記駆動ガスの力を超えるまでに要する時間である弁閉移動開始時間とが互いに異なる、請求項 1 ないし 5 のいずれかに記載のバルブ装置。

[請求項7] 前記弁開移動開始時間は、前記弁閉移動開始時間よりも長い、請求項 6 に記載のバルブ装置。

[請求項8] 前記調整機構は、前記アクチュエータボディの上部外周を覆うように当該アクチュエータボディに螺合するカバー部材を有し、当該カバー部材の一部を用いて、前記通気孔の通気量を調整可能に制限する、請求項 1 ないし 5 のいずれかに記載のバルブ装置。

[請求項9] 前記調整機構は、前記アクチュエータボディの上部外周を覆うように当該アクチュエータボディに回動可能に設けられたカバー部材を有し、

前記カバー部材は、前記アクチュエータボディに対する回動位置を調整することにより前記通気孔の通気量を調整可能に形成されている、請求項 1 ないし 5 のいずれかに記載のバルブ装置。