

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6714468号
(P6714468)

(45) 発行日 令和2年6月24日(2020.6.24)

(24) 登録日 令和2年6月9日(2020.6.9)

(51) Int.Cl.

F 16K 31/122 (2006.01)
F 16K 7/17 (2006.01)

F 1

F 16K 31/122
F 16K 7/17

A

請求項の数 12 (全 19 頁)

(21) 出願番号 特願2016-163996 (P2016-163996)
 (22) 出願日 平成28年8月24日 (2016.8.24)
 (65) 公開番号 特開2018-31428 (P2018-31428A)
 (43) 公開日 平成30年3月1日 (2018.3.1)
 審査請求日 令和1年5月20日 (2019.5.20)

(73) 特許権者 000106760
 C K D 株式会社
 愛知県小牧市応時二丁目250番地
 (74) 代理人 100121821
 弁理士 山田 強
 (74) 代理人 100125575
 弁理士 松田 洋
 (72) 発明者 板藤 寛
 愛知県小牧市応時二丁目250番地 C K
 D 株式会社内
 (72) 発明者 繢繢 雅之
 愛知県小牧市応時二丁目250番地 C K
 D 株式会社内

審査官 橋本 敏行

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】ダイアフラム弁

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

流体の流路及び弁室が形成されたハウジングと、
 前記ハウジングにおいて、前記弁室に対する前記流路の開口の周囲に環状に設けられた
 弁座と、
 前記弁室を前記流体の流路と非流路とに区画し、前記弁座に当接及び離間する樹脂製の
 ダイアフラム弁体と、
 前記ダイアフラム弁体に接続され、前記弁座に接近及び離間する方向である所定方向に
 往復動する往復動部材と、

前記往復動部材に力を加えて前記ダイアフラム弁体を前記弁座に押し付ける押付部と、
 金属により薄板状に形成され前記所定方向に貫通した前記往復動部材の外縁に取り付けられ、前記往復動部材の前記往復動を前記所定方向に変形して許容し、且つ前記所定方向に垂直な方向への前記往復動部材の移動を規制する規制部材と、
 を備え、

前記規制部材は、第1規制部材と、前記弁座から前記第1規制部材よりも離れた位置で前記往復動部材の外縁に取り付けられた第2規制部材とを含んでいるダイアフラム弁。

【請求項 2】

前記第1規制部材は、前記往復動部材において前記弁座側の端部に取り付けられており、
 前記第2規制部材は、前記往復動部材において前記弁座と反対側の端部に取り付けられ

10

20

ている請求項1に記載のダイアフラム弁。

【請求項3】

前記往復動部材を中心とした前記ハウジングに対する前記規制部材の回転が規制されている請求項1又は2に記載のダイアフラム弁。

【請求項4】

前記規制部材は、金属により形成された金属ダイアフラムである請求項1～3のいずれか1項に記載のダイアフラム弁。

【請求項5】

前記金属ダイアフラムは、中央を通る厚み方向の断面の形状が波状である波状金属ダイアフラムである請求項4に記載のダイアフラム弁。

10

【請求項6】

流体の流路及び弁室が形成されたハウジングと、

前記ハウジングにおいて、前記弁室に対する前記流路の開口の周囲に環状に設けられた弁座と、

前記弁室を前記流体の流路と非流路とに区画し、前記弁座に当接及び離間する樹脂製のダイアフラム弁体と、

前記ダイアフラム弁体に接続され、前記弁座に接近及び離間する方向である所定方向に往復動する往復動部材と、

前記往復動部材に力を加えて前記ダイアフラム弁体を前記弁座に押し付ける押付部と、

金属により薄板状に形成され前記所定方向に貫通した前記往復動部材の外縁に取り付けられ、前記往復動部材の前記往復動を前記所定方向に変形して許容し、且つ前記所定方向に垂直な方向への前記往復動部材の移動を規制する規制部材と、

20

を備え、

前記規制部材は、金属により形成された金属ダイアフラムであり、

前記金属ダイアフラムは、中央を通る厚み方向の断面の形状が波状である波状金属ダイアフラムであるダイアフラム弁。

【請求項7】

前記往復動部材は、前記ハウジングに対して前記所定方向に往復動する第1往復動部材と、前記第1往復動部材に支持され前記第1往復動部材に対して前記所定方向に往復動する第2往復動部材とを含んでおり、

30

前記押付部は、前記ハウジングに対して前記所定方向に前記第1往復動部材を往復動させる第1アクチュエータと、前記弁座と前記ダイアフラム弁体との間に所定隙間がある状態で前記第1往復動部材の前記弁座に近付く方向への移動を止めるストッパと、前記第1往復動部材に対して前記所定方向に前記第2往復動部材を往復動させる第2アクチュエータとを含んでいる請求項1～6のいずれか1項に記載のダイアフラム弁。

【請求項8】

流体の流路及び弁室が形成されたハウジングと、

前記ハウジングにおいて、前記弁室に対する前記流路の開口の周囲に環状に設けられた弁座と、

前記弁室を前記流体の流路と非流路とに区画し、前記弁座に当接及び離間する樹脂製のダイアフラム弁体と、

40

前記ダイアフラム弁体に接続され、前記弁座に接近及び離間する方向である所定方向に往復動する往復動部材と、

前記往復動部材に力を加えて前記ダイアフラム弁体を前記弁座に押し付ける押付部と、

金属により薄板状に形成され前記所定方向に貫通した前記往復動部材の外縁に取り付けられ、前記往復動部材の前記往復動を前記所定方向に変形して許容し、且つ前記所定方向に垂直な方向への前記往復動部材の移動を規制する規制部材と、

を備え、

前記往復動部材は、前記ハウジングに対して前記所定方向に往復動する第1往復動部材と、前記第1往復動部材に支持され前記第1往復動部材に対して前記所定方向に往復動す

50

る第2往復動部材とを含んでおり、

前記押付部は、前記ハウジングに対して前記所定方向に前記第1往復動部材を往復動させる第1アクチュエータと、前記弁座と前記ダイアフラム弁体との間に所定隙間がある状態で前記第1往復動部材の前記弁座に近付く方向への移動を止めるストッパと、前記第1往復動部材に対して前記所定方向に前記第2往復動部材を往復動させる第2アクチュエータとを含んでいるダイアフラム弁。

【請求項9】

前記第1アクチュエータは、前記第1往復動部材を前記弁座に近付ける方向へ付勢する第1付勢部材を備え、第1気体圧により前記第1往復動部材を前記弁座から離れる方向へ移動させる気体圧アクチュエータであり、

10

前記第2アクチュエータは、前記第2往復動部材を前記弁座から離れる方向へ付勢する第2付勢部材を備え、第2気体圧により前記第2往復動部材を前記弁座に近付ける方向へ移動させる気体圧アクチュエータである請求項7又は8に記載のダイアフラム弁。

【請求項10】

請求項9に記載のダイアフラム弁を備え、前記ダイアフラム弁を制御する制御装置であつて、

前記第1アクチュエータによって、前記第1往復動部材を前記弁座から離れる方向へ移動させた状態から前記第1気体圧を低下させることで、前記第1往復動部材を前記弁座に近付ける方向へ前記ストッパにより止められるまで移動させた後、

前記第2アクチュエータによって、前記第2気体圧を上昇させることで、前記第2往復動部材を前記弁座に近付ける方向へ移動させて前記ダイアフラム弁体を前記弁座に押し付けさせるダイアフラム弁の制御装置。

20

【請求項11】

前記第1アクチュエータにより前記第1往復動部材を前記弁座に近付ける方向へ移動させる速度は、前記第2アクチュエータにより前記第2往復動部材を前記弁座に近付ける方向へ移動させる速度よりも高く設定されている請求項10に記載のダイアフラム弁の制御装置。

【請求項12】

前記第2往復動部材が前記弁座に近付く方向へ移動を開始する前の前記第2気体圧の上昇速度は、前記第2往復動部材が前記弁座に近付く方向へ移動を開始した後の前記第2気体圧の上昇速度よりも高く設定されている請求項10又は11に記載のダイアフラム弁の制御装置。

30

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、ダイアフラム弁体を往復動部材に接続して、往復動部材を往復動させることでダイアフラム弁体により流路を開閉するダイアフラム弁に関する。

【背景技術】

【0002】

従来、この種のダイアフラム弁において、第1ばねにより弁座に近付ける方向へ付勢される第1ピストン部と、ハウジングボディ内に摺動可能に収容され、第1ピストン部を内部に収容して第2ばねにより弁座に近付ける方向へ付勢される第2ピストン部とを備えるものがある（特許文献1参照）。特許文献1に記載のものでは、第1ピストン部が第2ピストン部よりも先行して降下し、その後に第2ピストン部が降下することにより、弁体が弁座に着座する時の衝撃を緩和して、パーティクルの発生を抑制している。

40

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献1】特開2012-107695号公報

【発明の概要】

50

【発明が解決しようとする課題】**【0004】**

ところで、特許文献1に記載のものは、弁体が弁座に着座する時の衝撃によるパーティクルの発生を抑制している。しかしながら、特許文献1に記載のものは、第1ピストン及び第2ピストン(往復動部材)の中心軸が振れることに起因して、弁体と弁座がこすれることによるパーティクルの発生や、弁体が傾いて弁座に当たることによるパーティクルの発生を抑制することはできない。

【0005】

本発明は、こうした課題を解決するためになされたものであり、ダイアフラム弁体に接続された往復動部材の中心軸が振れることに起因するパーティクルの発生を抑制することのできるダイアフラム弁を提供することにある。10

【課題を解決するための手段】**【0006】**

上記課題を解決するための第1の手段は、ダイアフラム弁であって、
流体の流路及び弁室が形成されたハウジングと、

前記ハウジングにおいて、前記弁室に対する前記流路の開口の周囲に環状に設けられた弁座と、

前記弁室を前記流体の流路と非流路とに区画し、前記弁座に当接及び離間する樹脂製のダイアフラム弁体と、

前記ダイアフラム弁体に接続され、前記弁座に接近及び離間する方向である所定方向に往復動する往復動部材と、20

前記往復動部材に力を加えて前記ダイアフラム弁体を前記弁座に押し付ける押付部と、
金属により薄板状に形成され前記所定方向に貫通した前記往復動部材の外縁に取り付けられ、前記往復動部材の前記往復動を前記所定方向に変形して許容し、且つ前記所定方向に垂直な方向への前記往復動部材の移動を規制する規制部材と、
を備える。

【0007】

上記構成によれば、ハウジングに流体の流路及び弁室が形成されている。ハウジングにおいて、弁室に対する流路の開口の周囲に環状に弁座が設けられている。樹脂製のダイアフラム弁体により弁室が流体の流路と非流路とに区画されており、ダイアフラム弁体が弁座に当接及び離間させられる。ダイアフラム弁体に往復動部材が接続されており、往復動部材が弁座に接近及び離間する方向である所定方向に往復動させられる。押付部により、往復動部材に力を加えられ、ダイアフラム弁体が弁座に押し付けられる。そして、ダイアフラム弁体が弁座に押し付けられると流路が閉じられ、ダイアフラム弁体が弁座から離間させられると流路が開かれる。30

【0008】

ここで、ダイアフラム弁体は樹脂製であり、ダイアフラム部分は可撓性が必要であるため、弁座に当接及び離間する方向以外の方向へも変形し得る。このため、往復動部材が所定方向に往復動させられる際に、往復動部材の中心軸が振れることをダイアフラム弁体が規制する効果は小さい。そして、往復動部材の中心軸が振れた場合、ダイアフラム弁体と弁座がこすれたり、ダイアフラム弁体が傾いて弁座に当たったりすることで、パーティクルが発生するおそれがある。40

【0009】

この点、上記構成によれば、金属により薄板状に形成された規制部材を、往復動部材が上記所定方向に貫通しており、往復動部材の外縁に規制部材が取り付けられている。規制部材は、金属により薄板状に形成されているため、樹脂製のダイアフラム弁体のダイアフラム部分よりも強度が高い。そして、規制部材は、往復動部材の往復動を所定方向に変形して許容し、且つ所定方向に垂直な方向への往復動部材の移動を規制する。このため、往復動部材が所定方向に往復動してダイアフラム弁体が流路を開閉することを許容しつつ、往復動部材の中心軸が振れることを抑制することができる。その結果、ダイアフラム弁体50

に接続された往復動部材の中心軸が振れることに起因するパーティクルの発生を抑制することができる。

【0010】

往復動部材の外縁に規制部材が1つのみ取り付けられている場合、その規制部材の位置では上記所定方向に垂直な方向への往復動部材の移動を規制することができる。しかしながら、その規制部材の位置を支点として、往復動部材の中心軸が傾くおそれがある。

【0011】

この点、第2の手段では、前記規制部材は、第1規制部材と、前記弁座から前記第1規制部材よりも離れた位置で前記往復動部材の外縁に取り付けられた第2規制部材とを含んでいる。このため、第1規制部材の位置と、弁座から第1規制部材よりも離れた位置で往復動部材の外縁に取り付けられた第2規制部材の位置とで、所定方向に垂直な方向への往復動部材の移動を規制することができる。したがって、往復動部材の中心軸が傾くことを抑制することができ、パーティクルの発生を更に抑制することができる。

【0012】

具体的には、第3の手段のように、前記第1規制部材は、前記往復動部材において前記弁座側の端部に取り付けられており、前記第2規制部材は、前記往復動部材において前記弁座と反対側の端部に取り付けられているといった構成を採用することができる。こうした構成によれば、第1規制部材と第2規制部材との間隔を広くすることができ、往復動部材の中心軸が傾くことを効果的に抑制することができる。

【0013】

第4の手段では、前記往復動部材を中心とした前記ハウジングに対する前記規制部材の回転が規制されている。

【0014】

上記構成によれば、往復動部材を中心としたハウジングに対する規制部材の回転が規制されているため、往復動部材及びダイアフラム弁体の回転を規制することができる。このため、弁座に当接するダイアフラム弁体の箇所を毎回同じにするとともに、弁座に対してダイアフラム弁体が往復動部材を中心とした回転方向にこすれることを抑制することができる。したがって、パーティクルの発生を更に抑制することができる。

【0015】

第5の手段では、前記規制部材は、金属により形成された金属ダイアフラムである。

【0016】

上記構成によれば、規制部材は、金属により形成された金属ダイアフラムであるため、往復動部材の中心軸の振れを抑制するとともに、流体の浸入を防ぐダイアフラムとして機能させることができる。

【0017】

第6の手段では、前記金属ダイアフラムは、中央を通る厚み方向の断面の形状が波状である波状金属ダイアフラムである。

【0018】

上記構成によれば、金属ダイアフラムは、中央を通る厚み方向の断面の形状が波状である波状金属ダイアフラムである。このため、金属ダイアフラムは、上記所定方向に変形し易く、所定方向に垂直な方向に変形しにくい特性を有する。したがって、往復動部材が所定方向に往復動することを適切に許容しつつ、往復動部材の中心軸が振れることを効果的に抑制することができる。

【0019】

第7の手段では、前記往復動部材は、前記ハウジングに対して前記所定方向に往復動する第1往復動部材と、前記第1往復動部材に支持され前記第1往復動部材に対して前記所定方向に往復動する第2往復動部材とを含んでおり、前記押付部は、前記ハウジングに対して前記所定方向に前記第1往復動部材を往復動させる第1アクチュエータと、前記弁座と前記ダイアフラム弁体との間に所定隙間がある状態で前記第1往復動部材の前記弁座に近付く方向への移動を止めるストッパと、前記第1往復動部材に対して前記所定方向に前

10

20

30

40

50

記第2往復動部材を往復動させる第2アクチュエータとを含んでいる。

【0020】

上記構成によれば、第1アクチュエータにより第1往復動部材を弁座に近付ける方向へ移動させ、ストップにより移動を止めさせることで、弁座とダイアフラム弁体との間に所定隙間がある状態にすることができる。このため、弁座とダイアフラム弁体とを当接させる前に、弁座とダイアフラム弁体との間に所定隙間がある状態を確実に実現することができる。そして、その状態から、第2アクチュエータにより第1往復動部材に対して第2往復動部材を弁座に近付ける方向へ移動させることで、弁座とダイアフラム弁体との衝突を緩和しつつ、弁座にダイアフラム弁体を当接させることができる。

【0021】

10

第8の手段では、前記第1アクチュエータは、前記第1往復動部材を前記弁座に近付ける方向へ付勢する第1付勢部材を備え、第1気体圧により前記第1往復動部材を前記弁座から離れる方向へ移動させる気体圧アクチュエータであり、前記第2アクチュエータは、前記第2往復動部材を前記弁座から離れる方向へ付勢する第2付勢部材を備え、第2気体圧により前記第2往復動部材を前記弁座に近付ける方向へ移動させる気体圧アクチュエータである。

【0022】

20

上記構成によれば、第1付勢部材により、第1往復動部材が弁座に近付く方向へ付勢される。そして、第1気体圧により、第1往復動部材が弁座から離れる方向へ移動させられる。このため、第1気体圧を低下させることで第1往復動部材を弁座に近付く方向へ移動させることができ、第1往復動部材の移動がストップにより止められた状態を容易に実現することができる。

【0023】

また、第2付勢部材により、第2往復動部材が弁座から離れる方向へ付勢される。そして、第2気体圧により、第2往復動部材が弁座に近付く方向へ移動させられる。このため、第2気体圧を調節することで、ダイアフラム弁体が弁座に近付く速度、及びダイアフラム弁体が弁座に押し付けられる力を調節することができる。

【0024】

第9の手段は、第8の手段のダイアフラム弁を備え、前記ダイアフラム弁を制御する制御装置であって、

30

前記第1アクチュエータによって、前記第1往復動部材を前記弁座から離れる方向へ移動させた状態から前記第1気体圧を低下させることで、前記第1往復動部材を前記弁座に近付ける方向へ前記ストップにより止められるまで移動させた後、

前記第2アクチュエータによって、前記第2気体圧を上昇させることで、前記第2往復動部材を前記弁座に近付ける方向へ移動させて前記ダイアフラム弁体を前記弁座に押し付けさせる。

【0025】

上記構成によれば、第1アクチュエータによって、第1往復動部材を弁座から離れる方向へ移動させた状態から第1気体圧を低下させることで、第1往復動部材が弁座に近付く方向へストップにより止められるまで移動させられる。このため、第1往復動部材の移動がストップにより止められた状態を容易に実現することができる。

40

【0026】

その後、第2アクチュエータによって、第2気体圧を上昇させることで、第2往復動部材を弁座に近付ける方向へ移動させてダイアフラム弁体を弁座に押し付けさせる。このため、弁座とダイアフラム弁体との間に所定隙間がある状態から、第2気体圧を調節することで、ダイアフラム弁体が弁座に近付く速度、及びダイアフラム弁体が弁座に押し付けられる力を調節することができる。

【0027】

第10の手段では、前記第1アクチュエータにより前記第1往復動部材を前記弁座に近付ける方向へ移動させる速度は、前記第2アクチュエータにより前記第2往復動部材を前

50

記弁座に近付ける方向へ移動させる速度よりも高く設定されている。

【0028】

上記構成によれば、第1往復動部材を弁座に近付ける方向へストップにより止められるまで移動させた後に、それよりも遅い速度でダイアフラム弁体を弁座に押し付けさせることができる。したがって、ダイアフラム弁体により流路を閉じるのに要する時間が長くなることを抑制しつつ、弁座とダイアフラム弁体との衝突を緩和することができる。

【0029】

第11の手段では、前記第2往復動部材が前記弁座に近付く方向へ移動を開始する前の前記第2気体圧の上昇速度は、前記第2往復動部材が前記弁座に近付く方向へ移動を開始した後の前記第2気体圧の上昇速度よりも高く設定されている。

10

【0030】

第2往復動部材は、弁座から離れる方向へ第2付勢部材により付勢されている。このため、第2気体圧を上昇させても、第2付勢部材が第2往復動部材を付勢する力よりも、第2気体圧により第2往復動部材が押される力が小さい間は、第2往復動部材は弁座に近付く方向へ移動を開始しない。

【0031】

この点、上記構成によれば、第2往復動部材が弁座に近付く方向へ移動を開始する前に第2気体圧を上昇させ、第2往復動部材が弁座に近付く方向へ移動を開始した後にそれよりも遅い速度で第2気体圧を上昇させることができる。したがって、弁座とダイアフラム弁体との間に所定隙間がある状態から、ダイアフラム弁体により流路を閉じるのに要する時間が長くなることを抑制しつつ、弁座とダイアフラム弁体との衝突を緩和することができる。

20

【図面の簡単な説明】

【0032】

【図1】中立状態においてダイアフラム弁の制御装置を示す断面図。

【図2】中立状態における弁座及びダイアフラム弁体を示す拡大断面図。

【図3】第2ポート加圧圧力と弁座押し付け力との関係を示すグラフ。

【図4】閉状態における弁座及びダイアフラム弁体を示す拡大断面図。

【図5】ダイアフラム弁の作動状態を示すタイムチャート。

【図6】開状態においてダイアフラム弁の制御装置を示す断面図。

30

【発明を実施するための形態】

【0033】

以下、一実施形態について図面を参照しつつ説明する。本実施形態では、半導体製造装置等において、薬液（流体）の流路を開閉するダイアフラム弁を制御する制御装置として具現化している。

【0034】

初めに図1を参照して、制御装置10の概要を説明する。同図に示すように、制御装置10は、ダイアフラム弁18、第1加減圧ユニット11、第2加減圧ユニット12、及びコントローラ13を備えている。ダイアフラム弁18のAポート25には、薬液の流入通路が接続されている。ダイアフラム弁18のBポート26には、薬液の流出通路が接続されている。

40

【0035】

そして、ポンプ等により加圧された薬液が、Aポート25からダイアフラム弁18へ流入する。ダイアフラム弁18は、Aポート25からBポート26へ繋がる薬液の流路を開閉する。すなわち、ダイアフラム弁18は、薬液を流通させる状態と遮断する状態とを切り替える。

【0036】

コントローラ13は、CPUや、各種メモリ、入出力インターフェース等からなるマイクロコンピュータを主体として構成された電子制御装置である。コントローラ13には、制御装置10を統括して管理する管理コンピュータ（ホストコンピュータ）等から、ダイ

50

アフラム弁18を開閉する指令信号が入力される。コントローラ13は、それら各入力に基づいてダイアフラム弁18の開閉状態を制御する。

【0037】

次に、ダイアフラム弁18の構成について詳細に説明する。ダイアフラム弁18は、第1ハウジング20、ダイアフラム弁体40、第2ハウジング30、第1ピストン62、第1圧縮ばね71、ロッド61、第3ハウジング50、第2ピストン82、第2圧縮ばね83、第1金属ダイアフラム91、第2金属ダイアフラム94等を備えている。

【0038】

第1ハウジング20(ハウジング)には、薬液(流体)の流入するAポート25と、薬液の流出するBポート26とが形成されている。第1ハウジング20は、耐薬品性を有するフッ素樹脂、例えばPTFE(Poly Tetra Fluoro Ethylene)で形成されている。第1ハウジング20の内部には、Aポート25に接続された第1流路21(流路)と、Bポート26に接続された第2流路23(流路)と、これら流路21, 23を接続する弁室22とが設けられている。弁室22は、円柱状の空間として形成されており、第1ハウジング20の上面(所定面)に開口している。弁室22と第1流路21との接続部、すなわち弁室22に対する第1流路21の開口の周囲には、環状の弁座24が設けられている。

【0039】

弁室22は、ダイアフラム弁体40により、流路(流路21, 23側)と非流路(第2ハウジング30側)とに区画されている。ダイアフラム弁体40は、耐薬品性を有するフッ素樹脂、例えばPTFEで形成されている。ダイアフラム弁体40は、弁体部41とダイアフラム部42とを備えている。弁体部41は円柱状に形成されている。ダイアフラム部42の外縁部42aは、第1ハウジング20と押圧部材28とで挟持されている。押圧部材28は、耐薬品性を有するフッ素樹脂、例えばPTFEで円筒状に形成されている。ダイアフラム弁体40は、弁室22内に収容されており、弁体部41が弁座24に対向するように配置されている。弁体部41が弁座24に当接して押し付けられることにより、第1流路21から弁室22への薬液の流通が遮断される。

【0040】

第1ハウジング20の上部には、第2ハウジング30が取り付けられている。第2ハウジング30は、ステンレスや耐薬品性を有するフッ素樹脂等で形成されている。第2ハウジング30の内部には、弁室32と、円柱状の空間である第1収容部31と、第1収容部31よりも径の大きい円柱状の空間である第2収容部33とが形成されている。弁室32は上記弁室22と連通している。第1収容部31の一端は弁室32と連通しており、第1収容部31の他端は第2収容部33と連通している。第2収容部33は第2ハウジング30の上面(所定面)に開口している。上記弁室22、弁室32、第1収容部31、及び第2収容部33は、互いの中心軸線が一致している。

【0041】

第1収容部31及び第2収容部33で形成される空間内に、第1ピストン62が収容されている。第1ピストン62(第1往復動部材)は、金属や樹脂等により、円筒状に形成されており、小径部62aと大径部62bとを備えている。小径部62aと大径部62bとは、互いの中心軸線が一致している。

【0042】

第1収容部31に小径部62aが挿入されており、第2収容部33に大径部62bが挿入されている。第1収容部31と小径部62aとの間がシール部材63によりシールされており、第2収容部33と大径部62bとの間がシール部材65によりシールされている。第2収容部33の中心軸線と大径部62bの中心軸線とが一致しており、第1収容部31の中心軸線と小径部62aの中心軸線とが一致している。

【0043】

第2ハウジング30の内部には、第2ハウジング30の内周面と第1ピストン62の外周面とで区画された圧力室35が形成されている。圧力室35は、第1ポート36を通じて第1加減圧ユニット11に接続されている。

10

20

30

40

50

【0044】

第1加減圧ユニット11（第1アクチュエータ、気体圧アクチュエータ）は、圧縮空気の供給源、電磁弁等を備える空気圧回路により構成されている。第1加減圧ユニット11は、圧力室35への圧縮空気の供給、及び圧力室35の大気開放を制御することにより、圧力室35内の圧力を調整する。そして、圧力室35内の圧力調整に基づいて、大径部62b（第1ピストン62）に中心軸線方向（往復動方向、所定方向）の静荷重が作用させられる。具体的には、第1加減圧ユニット11は、圧縮空気の圧力により、第1ピストン62を弁座24から離れる方向へ付勢する。第1加減圧ユニット11は、上記コントローラ13により制御される。

【0045】

第2ハウジング30の上部には、第3ハウジング50が取り付けられている。第3ハウジング50は、ステンレスや、耐薬品性を有するフッ素樹脂、例えばPVDF（Poly Vinylidene Di Fluoride）等で形成されている。第3ハウジング50の内部には、円柱状の空間である第3収容部55が形成されている。第3収容部55の一端は第2収容部33と連通しており、第3収容部55の他端は第2ポート56と連通している。第3収容部55に第2ピストン82が収容されている。第2ピストン82は、金属や樹脂等により、円柱状に形成されている。第3収容部55と第2ピストン82との間がシール部材67によりシールされている。第3ハウジング50の内部には、第3ハウジング50の内周面と第2ピストン82の外周面とで区画された圧力室57が形成されている。第3収容部55において、シール部材67よりも第2ハウジング30側の部分は、大気に開放された呼吸通路68に接続されている。

10

【0046】

第2ハウジング30と第3ハウジング50との間には、ストッパ70が取り付けられている。ストッパ70は、金属や樹脂等により、円筒状に形成されており、内側に張り出した内側張出部70aと外側に張り出した外側張出部70bとを備えている。外側張出部70bが、第2ハウジング30と第3ハウジング50とで挟持されている。すなわち、ストッパ70は、第2ハウジング30及び第3ハウジング50に固定されている。外側張出部70bと大径部62bとの間には、第1圧縮ばね71（第1付勢部材）が設けられている。第1圧縮ばね71は、大径部62b（第1ピストン62）を上記弁座24に近付ける方向へ付勢している。なお、第1ハウジング20、第2ハウジング30、及び第3ハウジング50により、ハウジングが構成されている。

20

【0047】

ダイアフラム弁体40における弁座24と反対側の端部は、接続部材61aを介してロッド61に接続されている。ロッド61は、ステンレスや耐薬品性を有するフッ素樹脂等により、円柱状に形成されており、第1ピストン62に挿入されている。ロッド61の中間部には、中間部材73が取り付けられている。中間部材73は、金属や樹脂等により、円筒状に形成されており、外側に張り出した張出部73aを備えている。

30

【0048】

中間部材73にロッド61が挿入されている。ロッド61におけるダイアフラム弁体40と反対側の端部には、第2ピストン82が接続されている。中間部材73は、ロッド61と第2ピストン82とで挟持されている。すなわち、中間部材73は、ロッド61及び第2ピストン82に固定されている。

40

【0049】

第1ピストン62における内周側の段差と中間部材73の張出部73aとの間には、第2圧縮ばね83（第2付勢部材）が設けられている。第2圧縮ばね83は、中間部材73（ロッド61、第2ピストン82）を上記弁座24から離れる方向へ付勢している。すなわち、ロッド61及び第2ピストン82は、第2圧縮ばね83を介して第1ピストン62に支持されている。

【0050】

第1ピストン62の上部（弁座24と反対側の端部）には、当接部材75が取り付けら

50

れている。当接部材 75 は、円筒状に形成されており、内側に張り出した内側張出部 75a と、外側に張り出した外側張出部 75b を備えている。内側張出部 75a は中間部材 73 の張出部 73a に対向しており、外側張出部 75b はストッパ 70 の内側張出部 70a に対向している。なお、第 2 収容部 33 において、第 1 ピストン 62 の内側の部分及び第 1 ピストン 62 よりも上側（弁座 24 と反対側）の部分は呼吸孔 77 により大気に開放されている。

【0051】

第 1 ピストン 62 が第 1 圧縮ばね 71 により弁座 24 に近付く方向へ移動させられると、ストッパ 70 の内側張出部 70a に当接部材 75 の外側張出部 75b が当接して移動が止められる。第 1 ピストン 62 が第 1 加減圧ユニット 11 により弁座 24 から離れる方向へ移動させられると、ストッパ 70 の内側張出部 70a に第 1 ピストン 62 が当接して移動が止められる。また、中間部材 73 が第 2 圧縮ばね 83 により弁座 24 から離れる方向へ移動させられると、当接部材 75 の内側張出部 75a に中間部材 73 の張出部 73a が当接して移動が止められる。なお、ロッド 61、中間部材 73、及び第 2 ピストン 82 により、第 2 往復動部材が構成されている。そして、上記第 1 往復動部材及び第 2 往復動部材により、往復動部材が構成されている。また、第 1 圧縮ばね 71 及び第 2 加減圧ユニット 12 により、押付部が構成されている。

【0052】

第 2 加減圧ユニット 12（第 2 アクチュエータ、気体圧アクチュエータ）は、圧縮空気の供給源、電磁弁、及び真空源等を備える電空レギュレータにより構成されている。第 2 加減圧ユニット 12 は、第 2 ポート 56 を通じて第 3 収容部 55 への圧縮空気の供給、及び第 3 収容部 55 の大気開放を制御することにより、第 3 収容部 55 内の圧力を調整する。そして、第 3 収容部 55 内の圧力調整に基づいて、第 2 ピストン 82（中間部材 73、ロッド 61）に中心軸線方向（往復動方向、所定方向）の静荷重が作用させられる。具体的には、第 2 加減圧ユニット 12 は、圧縮空気の圧力により、第 2 ピストン 82 を弁座 24 に近付ける方向へ付勢する。第 2 加減圧ユニット 12 は、上記コントローラ 13 により制御される。

【0053】

ここで、上記ダイアフラム弁体 40 には、薬液により、第 1 流路 21 から弁室 22（第 2 ハウジング 30）の方向への開弁荷重が作用している。第 1 圧縮ばね 71 が、ダイアフラム弁体 40 を上記弁座 24 に近付ける方向へ、第 1 ピストン 62（ロッド 61、ダイアフラム弁体 40）を付勢する荷重（閉弁荷重）の大きさは、上記開弁荷重よりも大きく設定されている。このため、ロッド 61 及びダイアフラム弁体 40 は、弁座 24 に近付く方向へ移動させられ、ストッパ 70 により移動が止められている。この状態では、図 2 に示すように、弁座 24 とダイアフラム弁体 40 の弁体部 41 との間には、所定隙間 G が形成されている。なお、図 2 では、所定隙間 G を誇張して示している。所定隙間 G は、50～200 μm に設定されており、好ましくは 50～100 μm に設定されている。

【0054】

ダイアフラム弁体 40 はフッ素樹脂製であり、ダイアフラム部 42 は可撓性が必要であるため、弁座 24 に当接及び離間する方向（所定方向）以外の方向へも変形し得る。このため、ロッド 61 が所定方向に往復動させられる際に、ロッド 61 の中心軸が振れることをダイアフラム弁体 40 が規制する効果は小さい。そして、ロッド 61 の中心軸が振れた場合、ダイアフラム弁体 40 の弁体部 41 と弁座 24 がこすれたり、弁体部 41 が傾いて弁座 24 に当たったりすることで、パーティクルが発生するおそれがある。

【0055】

そこで、本実施形態では、ロッド 61 が弁座 24 に接近及び離間する方向（所定方向）に往復動する際に、ロッド 61 の中心軸が振れることを抑制するために、ロッド 61 に第 1 金属ダイアフラム 91 及び第 2 金属ダイアフラム 94 を取り付けている。第 1 金属ダイアフラム 91（第 1 規制部材、規制部材）及び第 2 金属ダイアフラム 94（第 2 規制部材、規制部材）は、ステンレス等の金属により薄い円板状に形成された金属ダイアフラムで

10

20

30

40

50

ある。金属ダイアフラム 91, 94 の厚みは、30 ~ 100 μm に設定されており、好ましくは 50 ~ 80 μm に設定されている。金属ダイアフラム 91, 94 は、その中央を通る厚み方向の断面（図 1 で示す断面）の形状が波状である波状金属ダイアフラムである。金属ダイアフラム 91, 94 の剛性（強度）は、ダイアフラム弁体 40 のダイアフラム部 42 よりも高い。特に、金属ダイアフラム 91, 94 は、波状金属ダイアフラムであるため、内周側部分と外周側部分とが上記所定方向に相対移動する変形はし易いが、それ以外の変形はしにくい。ただし、第 2 圧縮ばね 83 が中間部材 73（ロッド 61）を上記弁座 24 から離れる方向へ付勢する力は、金属ダイアフラム 91, 94 が発生する反力よりも大きく設定されている。

【0056】

10

第 1 金属ダイアフラム 91 は、ロッド 61 において弁座 24 側の端部に取り付けられている。第 1 金属ダイアフラム 91 の内縁部は、第 1 金属ダイアフラム 91 を上記所定方向に貫通したロッド 61 の外縁に固定部材 93 により固定されている。第 1 金属ダイアフラム 91 の外縁部は、スペーサ 92、押圧部材 28、及びダイアフラム部 42 の外縁部 42a を介して、第 1 ハウジング 20 及び第 2 ハウジング 30 に固定されている。このため、第 1 金属ダイアフラム 91 は、ロッド 61 を中心とした第 2 ハウジング 30 に対する回転が規制されている。第 1 金属ダイアフラム 91 は、周方向にほとんどねじれ変形しない（変形しにくい）。このため、第 1 金属ダイアフラム 91 は、ロッド 61 の中心軸を中心としたロッド 61 の回転を規制している。また、第 1 金属ダイアフラム 91 は、弁室 32 をダイアフラム弁体 40 側の部分と第 1 ピストン 62 側の部分とに区画している。すなわち、第 1 金属ダイアフラム 91 は、流体の浸入を防ぐダイアフラムとしても機能する。

【0057】

20

第 2 金属ダイアフラム 94 は、ロッド 61 において弁座 24 と反対側の端部、すなわち弁座 24 から第 1 金属ダイアフラム 91 よりも離れた位置に取り付けられている。これにより、第 1 金属ダイアフラム 91 と第 2 金属ダイアフラム 94 との間隔が広くされている。第 2 金属ダイアフラム 94 の内縁部は、第 2 金属ダイアフラム 94 を上記所定方向に貫通したロッド 61 の外縁に、中間部材 73 及び第 2 ピストン 82 を介して固定されている。第 2 金属ダイアフラム 94 の外縁部は、ストッパ 70 を介して、第 2 ハウジング 30 及び第 3 ハウジング 50 に固定されている。このため、第 2 金属ダイアフラム 94 は、ロッド 61 を中心とした第 2 ハウジング 30 に対する回転が規制されている。第 2 金属ダイアフラム 94 は、周方向にほとんどねじれ変形しない（変形しにくい）。このため、第 2 金属ダイアフラム 94 は、ロッド 61 の中心軸を中心としたロッド 61 の回転を規制している。また、第 2 金属ダイアフラム 94 は、第 2 収容部 33 を第 1 ピストン 62 側の部分と第 2 ピストン 82 側の部分とに区画している。すなわち、第 2 金属ダイアフラム 94 は、流体の浸入を防ぐダイアフラムとしても機能する。

【0058】

30

図 2 に示すように、弁座 24 とダイアフラム弁体 40 の弁体部 41 との間に所定隙間 G が形成された状態において、金属ダイアフラム 91, 94 は、弁座 24 に近付く方向及び弁座 24 から離れる方向のいずれにも変形していない自然状態（中立状態）になっている。そして、金属ダイアフラム 91, 94 は、ロッド 61 の往復動を弁座 24 に接近及び離間する方向（所定方向）にそれぞれ弾性変形（変形）して許容する。すなわち、金属ダイアフラム 91, 94 は、薄板の面（最も面積が大きい面である主面）に垂直な方向に容易に弾性変形する。一方、金属ダイアフラム 91, 94 は、ロッド 61 の中心軸線方向（所定方向）に垂直な方向へのロッド 61 の移動をそれぞれ規制する。すなわち、金属ダイアフラム 91, 94 は、薄板の面に沿った方向（径方向）にほとんど弾性変形（変形）しない（変形しにくい）。

【0059】

40

図 3 は、第 2 ポート加圧圧力と弁座押し付け力との関係を示すグラフである。第 2 ポート 56 から供給される圧縮空気による加圧圧力が 0 の状態（大気開放状態）では、図 2 に示したように弁座 24 とダイアフラム弁体 40 の弁体部 41 との間に所定隙間 G が形成さ

50

れている。そして、加圧圧力を上昇させていくと、第2ピストン82に作用する力が第2圧縮ばね83による付勢よりも大きくなり、ロッド61及びダイアフラム弁体40が弁座24に近付く方向に移動し始める。しかしながら、ダイアフラム弁体40が所定隙間Gの距離を移動するまでは、ダイアフラム弁体40の弁体部41を弁座24に押し付ける力は発生しない。そして、ダイアフラム弁体40が所定隙間Gの距離を移動すると、図4に示すように弁座24に弁体部41が当接した状態になる。さらに、加圧圧力を上昇させていくと、図3に示すように弁体部41を弁座24に押し付ける力が大きくなっていく。詳しくは、加圧圧力の上昇に比例して押し付け力が大きくなる。このため、加圧圧力を調節することにより、弁体部41を弁座24に押し付ける力を調節することができる。

【0060】

10

図5は、ダイアフラム弁18の作動状態を示すタイムチャートである。ダイアフラム弁18を全開状態から全閉状態にした後に、再び全開状態にする動作を説明する。

【0061】

時刻t0では、管理コンピュータからコントローラ13へ、ダイアフラム弁18を開状態にする指令信号が送信されている。このため、コントローラ13により、第1加減圧ユニット11から第1ポート36へ供給される圧縮空気による操作圧力(第1気体圧)は、操作圧力P1に設定されている。操作圧力P1は、第1圧縮ばね71の付勢に抗して、第1ピストン62を弁座24から離れる方向へ移動させることのできる圧力である。このとき、コントローラ13により、第2加減圧ユニット12から第2ポート56へ供給される圧縮空気による操作圧力(第2気体圧)は、0(大気圧開放)に設定されている。このため、ダイアフラム弁体40の弁体部41のストローク位置は、全開位置になっている。

20

【0062】

図6に示すように、ダイアフラム弁18の全開状態では、第1ピストン62が弁座24から離れる方向へ移動させられている。そして、第1ピストン62の大径部62bの上端部(ストップ70側の端部)が、ストップ70の内側張出部70aの下端部(第1ピストン62側の端部)に当接している。中間部材73が第2圧縮ばね83により弁座24から離れる方向へ付勢されること、及びダイアフラム弁体40に薬液の圧力が作用することでの、ロッド61及びダイアフラム弁体40が弁座24から離れる方向へ移動させられている。そして、中間部材73の張出部73aの上端部(当接部材75側の端部)が、当接部材75の内側張出部75aの下端部(弁座24側の端部)に当接している。この状態では、弁座24とダイアフラム弁体40の弁体部41との間に所定隙間Gよりも広い隙間が形成されている。金属ダイアフラム91, 94は、弁座24から離れる方向へ弾性変形しており、ロッド61の径方向へのロッド61の移動をそれぞれ規制している。

30

【0063】

時刻t1よりも若干前において、管理コンピュータからコントローラ13へ、ダイアフラム弁18を閉状態にする指令信号が送信される。時刻t1は、第1加減圧ユニット11の操作圧力を0に設定して弁閉動作を開始する時刻であり、応答遅れ等を考慮して時刻t1よりも若干前に弁閉指令が送信される。そして、時刻t1において、コントローラ13により、第1加減圧ユニット11の操作圧力が0(大気圧開放)に設定される。これにより、圧力室35内の圧力が低下して第1圧縮ばね71の付勢により、第1ピストン62及び当接部材75が弁座24に近付く方向に移動させられる。その結果、当接部材75に当接した中間部材73と共に、ロッド61及びダイアフラム弁体40が弁座24に近付く方向に移動させられる。この際に、金属ダイアフラム91, 94により、ロッド61の中心軸の振れが抑制される。

40

【0064】

時刻t2において、図1に示すように、当接部材75の外側張出部75bがストップ70の内側張出部70aに当接し、第1ピストン62及び当接部材75の弁座24に近付く方向への移動が止められる。このとき、第2圧縮ばね83の付勢及び薬液の圧力により、ロッド61及びダイアフラム弁体40は弁座24から離れる方向へ付勢されている。そして、中間部材73の張出部73aが当接部材75の内側張出部75aに当接している。

50

この状態では、図2に示すように、弁座24とダイアフラム弁体40の弁体部41との間に所定隙間Gが形成されている。そして、金属ダイアフラム91, 94は、弁座24に近付く方向及び弁座24から離れる方向のいずれにも変形してない自然状態（中立状態）になっている。

【0065】

時刻t3において、コントローラ13により、第2加減圧ユニット12の操作圧力が操作圧力P21に設定される。これにより、第2圧縮ばね83の付勢力及び薬液の圧力に抗して、第2ピストン82、ロッド61、及びダイアフラム弁体40が、弁座24に近付く方向に移動し始める。その後、コントローラ13により、第2加減圧ユニット12の操作圧力をP21から徐々に上昇させる。すなわち、第2ピストン82及びロッド61が弁座24に近付く方向へ移動を開始する前の操作圧力の上昇速度は、第2ピストン82及びロッド61が弁座24に近付く方向へ移動を開始した後の操作圧力の上昇速度よりも高く設定されている。10

【0066】

そして、ダイアフラム弁体40の弁体部41のストローク位置は、弁座24と弁体部41との間に所定隙間Gが形成された弁閉手前の位置から、所定隙間Gが0となり弁体部41が弁座に押し付けられる全閉位置へと徐々に変化する。すなわち、第1圧縮ばね71により第1ピストン62を弁座24に近付ける方向へ移動させる速度は、第2加減圧ユニット12により第2ピストン82及びロッド61を弁座24に近付ける方向へ移動させる速度よりも高く設定されている。この際に、金属ダイアフラム91, 94により、ロッド61の上記所定方向に垂直な方向への移動が規制されることで、ロッド61の中心軸の振れが抑制される。20

【0067】

時刻t4において、コントローラ13により、第2加減圧ユニット12の操作圧力が操作圧力P22に設定される。操作圧力P22は、図3に示した特性に従って、弁体部41を弁座24に最適の力で押し付けることのできる加圧圧力に設定されている。

【0068】

時刻t5よりも若干前において、管理コンピュータからコントローラ13へ、ダイアフラム弁18を開状態にする指令信号が送信される。時刻t5は、第2加減圧ユニット12の操作圧力を低下させて弁開動作を開始する時刻であり、応答遅れ等を考慮して時刻t5よりも若干前に弁開指令が送信される。そして、時刻t5から、コントローラ13により、第2加減圧ユニット12の操作圧力が操作圧力P22から徐々に低下させられる。これにより、圧力室57内の圧力が低下して第2圧縮ばね83の付勢力及び薬液の圧力により、第2ピストン82、ロッド61、及びダイアフラム弁体40が弁座24から離れる方向に移動させられる。この際にも、金属ダイアフラム91, 94により、ロッド61の中心軸の振れが抑制される。30

【0069】

時刻t6において、ダイアフラム弁体40の弁体部41のストローク位置は、弁座24と弁体部41との間に所定隙間Gが形成された弁閉手前の位置になる。コントローラ13により、第2加減圧ユニット12の操作圧力が0に設定され、第1加減圧ユニット11の操作圧力が操作圧力P1に設定される。これにより、圧力室35内の圧力が上昇して第1圧縮ばね71の付勢力に抗して、第1ピストン62及び当接部材75が弁座24から離れる方向に移動させられる。その結果、中間部材73、ロッド61、及びダイアフラム弁体40が弁座24から離れる方向に移動させられる。この際にも、金属ダイアフラム91, 94により、ロッド61の中心軸の振れが抑制される。40

【0070】

時刻t7において、時刻t0と同様に、ダイアフラム弁体40の弁体部41のストローク位置は、全開位置になる。

【0071】

以上詳述した本実施形態は、以下の利点を有する。

【0072】

・金属により薄板状に形成された規制部材としての金属ダイアフラム91, 94を、ロッド61が弁座24に接近及び離間する所定方向に貫通しており、ロッド61の外縁に規制部材が取り付けられている。規制部材は、金属により薄板状に形成されているため、樹脂製のダイアフラム弁体40のダイアフラム部42よりも強度が高い。そして、規制部材は、ロッド61の往復動を所定方向に変形して許容し、且つ所定方向に垂直な方向へのロッド61の移動を規制する。このため、ロッド61が所定方向に往復動してダイアフラム弁体40が流路を開閉することを許容しつつ、ロッド61の中心軸が振れることを抑制することができる。その結果、ダイアフラム弁体40に接続されたロッド61の中心軸が振れることに起因するパーティクルの発生を抑制することができる。

10

【0073】

・ロッド61の外縁に規制部材が1つのみ取り付けられている場合、その規制部材の位置では上記所定方向に垂直な方向へのロッド61の移動を規制することができる。しかしながら、その規制部材の位置を支点として、ロッド61の中心軸が傾くおそれがある。この点、規制部材は、第1規制部材としての第1金属ダイアフラム91と、弁座24から第1規制部材よりも離れた位置でロッド61の外縁に取り付けられた第2規制部材としての第2金属ダイアフラム94とを含んでいる。このため、第1規制部材の位置と、弁座24から第1規制部材よりも離れた位置でロッド61の外縁に取り付けられた第2規制部材の位置とで、所定方向に垂直な方向へのロッド61の移動を規制することができる。したがって、ロッド61の中心軸が傾くことを抑制することができ、パーティクルの発生を更に抑制することができる。

20

【0074】

・第1規制部材は、ロッド61において弁座24側の端部に取り付けられており、第2規制部材は、ロッド61において弁座24と反対側の端部に取り付けられている。こうした構成によれば、第1規制部材と第2規制部材との間隔を広くすることができ、ロッド61の中心軸が傾くことを効果的に抑制することができる。

【0075】

・ロッド61を中心とした第2ハウジング30に対する規制部材の回転が規制されているため、ロッド61及びダイアフラム弁体40の回転を規制することができる。このため、弁座24に当接するダイアフラム弁体40の箇所を毎回同じにするとともに、弁座24に対してダイアフラム弁体40がロッド61を中心とした回転方向にこすれることを抑制することができる。したがって、パーティクルの発生を更に抑制することができる。

30

【0076】

・規制部材は、金属により形成された金属ダイアフラムであるため、ロッド61の中心軸の振れを抑制するとともに、流体の浸入を防ぐダイアフラムとして機能させることができる。

【0077】

・金属ダイアフラム91, 94は、中央を通る厚み方向の断面の形状が波状である波状金属ダイアフラムである。このため、金属ダイアフラム91, 94は、上記所定方向に変形し易く、所定方向に垂直な方向に変形しにくい特性を有する。したがって、ロッド61が所定方向に往復動することを適切に許容しつつ、ロッド61の中心軸が振れることを効果的に抑制することができる。

40

【0078】

・第1圧縮ばね71により第1ピストン62を弁座24に近付ける方向へ移動させ、ストッパ70により移動を止めさせることで、弁座24とダイアフラム弁体40との間に所定隙間Gがある状態にすることができる。このため、弁座24とダイアフラム弁体40とを当接させる前に、弁座24とダイアフラム弁体40との間に所定隙間Gがある状態を確実に実現することができる。そして、その状態から、第2加減圧ユニット12により第1ピストン62に対してロッド61を弁座24に近付ける方向へ移動させることで、弁座2

50

4とダイアフラム弁体40との衝突を緩和しつつ、弁座24にダイアフラム弁体40を当接させることができる。

【0079】

・第1加減圧ユニット11によって第1ピストン62を弁座24から離れる方向へ移動させた状態から第1ポート36の操作圧力を低下させることで、第1ピストン62が弁座24に近付く方向へストッパ70により止められるまで移動させられる。このため、第1ピストン62の移動がストッパ70により止められた状態を容易に実現することができる。その後、第2加減圧ユニット12によって、第2ポート56の操作圧力を上昇させることで、ロッド61を弁座24に近付ける方向へ移動させてダイアフラム弁体40を弁座24に押し付けさせる。このため、弁座24とダイアフラム弁体40との間に所定隙間Gがある状態から、第2ポート56の操作圧力を調節することで、ダイアフラム弁体40が弁座24に近付く速度、及びダイアフラム弁体40が弁座24に押し付けられる力を調節することができる。10

【0080】

・第1ピストン62を弁座24に近付ける方向へストッパ70により止められるまで移動させた後に、それよりも遅い速度でダイアフラム弁体40を弁座24に押し付けさせることができる。したがって、ダイアフラム弁体40により第1流路21を閉じるのに要する時間が長くなることを抑制しつつ、弁座24とダイアフラム弁体40との衝突を緩和することができる。20

【0081】

・ロッド61は、弁座24から離れる方向へ第2圧縮ばね83の付勢力及び薬液の圧力により付勢されている。このため、第2ポート56の操作圧力を上昇させても、第2圧縮ばね83の付勢力及び薬液の圧力による力よりも、第2ポート56の操作圧力によりロッド61が押される力が小さい間は、ロッド61は弁座24に近付く方向へ移動を開始しない。この点、ロッド61が弁座24に近付く方向へ移動を開始する前に第2ポート56の操作圧力を上昇させ、ロッド61が弁座24に近付く方向へ移動を開始した後にそれよりも遅い速度で操作圧力を上昇させている。したがって、弁座24とダイアフラム弁体40との間に所定隙間Gがある状態から、ダイアフラム弁体40により第1流路21を閉じるのに要する時間が長くなることを抑制しつつ、弁座24とダイアフラム弁体40との衝突を緩和することができる。30

【0082】

なお、上記実施形態を、以下のように変更して実施することもできる。

【0083】

・図2の状態において、ロッド61が弁座24に近付く方向へ移動を開始する前と後で、同一の速度で第2ポート56の操作圧力を徐々に上昇させることもできる。

【0084】

・第1ポート36の操作圧力が0になる少し前（所定時間前）に、第2ポート56の操作圧力を上昇を開始することもできる。

【0085】

・金属ダイアフラム91, 94は、波状金属ダイアフラムに限らず、平板状に形成された平板状金属ダイアフラムであってもよい。金属ダイアフラム91, 94の材料として、ステンレスに限らず、Tiや、Al、Cu等を採用することもできる。金属ダイアフラム91, 94は、ダイアフラムの機能を有しておらず、規制部材の機能のみを有していてよい。40

【0086】

・金属ダイアフラム91, 94を、ロッド61の中心軸線方向の両端部に限らず、ロッド61の中間部等に取り付けることもできる。その場合であっても、第1金属ダイアフラム91と第2金属ダイアフラム94との間隔が広いことが望ましい。また、第1金属ダイアフラム91及び第2金属ダイアフラム94だけでなく、同様の第3金属ダイアフラムや第4金属ダイアフラムを設けることもできる。50

【 0 0 8 7 】

・ロッド 6 1 を中心とした第 2 ハウジング 3 0 に対する金属ダイアフラム 9 1 , 9 4 の回転が規制されていない構成を採用することもできる。

【 0 0 8 8 】

・ダイアフラム弁 1 8 により流通状態と遮断状態とを切り替える流体として、薬液に限らず、純水等のその他の液体や、気体を採用することもできる。そして、流体の種類に応じて、ダイアフラム弁体 4 0 の材料として、フッ素樹脂に限らず、その他の樹脂を採用することもできる。

【 0 0 8 9 】

・圧縮ばねにより第 1 ピストン 6 2 を弁座 2 4 から離れる方向に付勢し、第 1 ピストン 6 2 に印加する操作圧力を上昇させることで、第 1 ピストン 6 2 を弁座 2 4 に近付ける方向に移動させる構成を採用することもできる。気体圧として、圧縮空気による圧力に限らず、圧縮窒素等による圧力を採用することもできる。また、ピストン 6 2 , 8 2 を弁座 2 4 に接近及び離間させる方向に往復動させるアクチュエータとして、気体圧アクチュエータに限らず、電磁アクチュエータや、ピエゾ素子アクチュエータ等を採用することもできる。10

【 0 0 9 0 】

・ロッド 6 1 が 1 つのアクチュエータのみにより、弁座 2 4 に接近及び離間する方向に往復動させられる構成を採用することもできる。

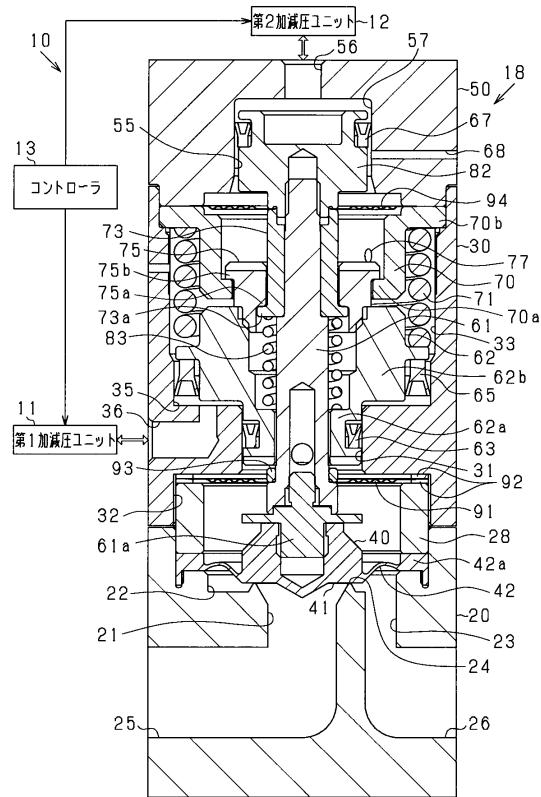
【 符号の説明 】

20

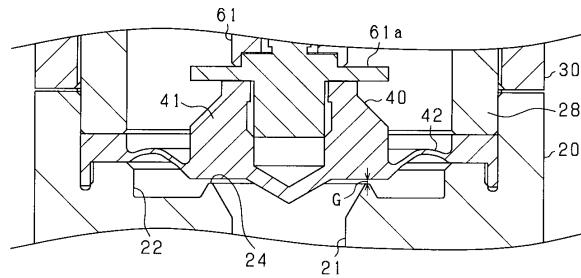
【 0 0 9 1 】

1 0 ... 制御装置、1 1 ... 第 1 加減圧ユニット（第 1 アクチュエータ）、1 2 ... 第 2 加減圧ユニット（第 2 アクチュエータ）、1 8 ... ダイアフラム弁、2 0 ... 第 1 ハウジング（ハウジング）、2 1 ... 第 1 流路（流路）、2 2 ... 弁室、2 4 ... 弁座、3 0 ... 第 2 ハウジング（ハウジング）、3 2 ... 弁室、4 0 ... ダイアフラム弁体、5 0 ... 第 3 ハウジング（ハウジング）、6 1 ... ロッド（第 2 往復動部材）、6 2 ... 第 1 ピストン（第 1 往復動部材）、7 0 ... ストップ、7 1 ... 第 1 圧縮ばね（第 1 付勢部材）、8 2 ... 第 2 ピストン（第 2 往復動部材）、8 3 ... 第 2 圧縮ばね（第 2 付勢部材）、9 1 ... 第 1 金属ダイアフラム（第 1 規制部材）、9 4 ... 第 2 金属ダイアフラム（第 2 規制部材）。

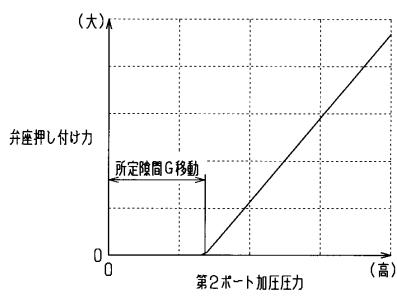
【 図 1 】



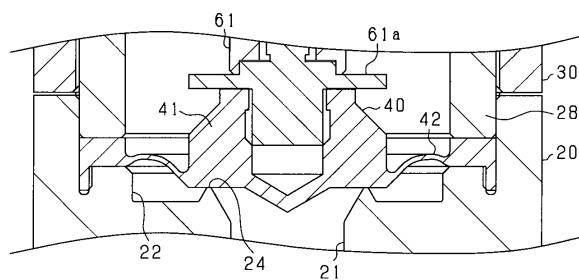
【 四 2 】



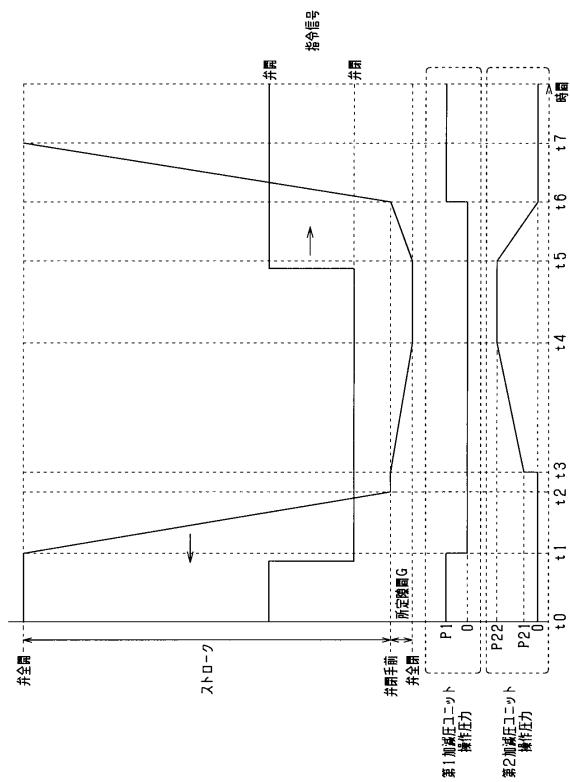
【図3】



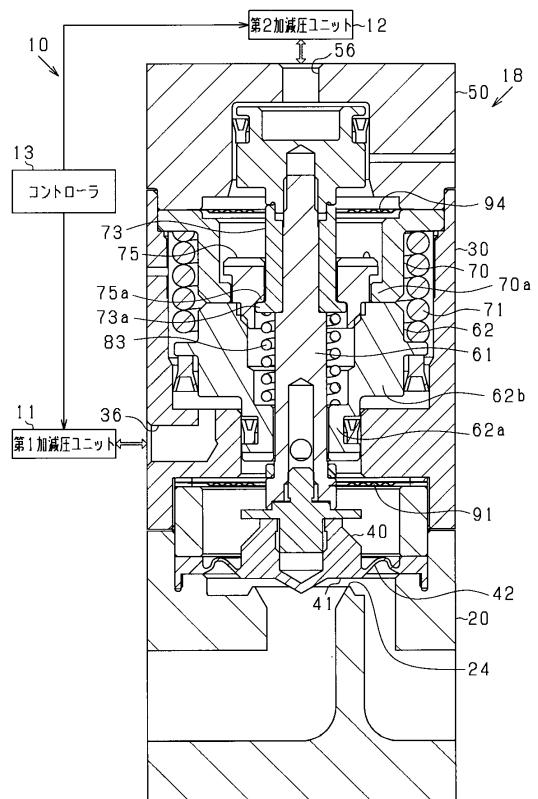
【図4】



【 四 5 】



【図6】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開2007-92959(JP,A)
特開2012-107695(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

F 16 K 31 / 122

F 16 K 7 / 17