

(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 1

F 1 6 K 31/122 (2006.01)

F 1 6 K 31/122

F 1 6 K 7/17 (2006.01)

F 1 6 K 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 瀬織 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 に記載のダイヤフラム弁。

【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 に記載のダイヤフラム弁。

【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ヤフラムである請求項 1 ~ 3 のいずれか 1 項に記載のダイヤフラム弁。

【請求項 5】

前記金属ダイヤフラムは、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ヤフラムである請求項 4 に記載のダイヤフラム弁。

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ヤフラム弁体と、

前記ダイヤ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ヤ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、

20

前記規制部材は、金属により形成された金属ダイヤフラムであり、
前記金属ダイヤフラムは、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ヤフラムであるダイヤフラム弁。

【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ヤ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づ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 項に記載のダイヤフラム弁。

【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ヤフラム弁体と、

40

前記ダイヤ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ヤ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ヤ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づ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ヤフラム弁。

【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 に記載のダイヤフラム弁。

【請求項 10】

請求項 9 に記載のダイヤフラム弁を備え、前記ダイヤフラム弁を制御する制御装置であって、

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ヤフラム弁体を前記弁座に押し付けさせるダイヤ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 に記載のダイヤ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づ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づ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 に記載のダイヤ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、ダイヤ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ヤフラム弁体により流路を開閉するダイヤフラム弁に関する。

【背景技術】

【0002】

従来、この種のダイヤフラム弁において、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、ダイヤ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ヤ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、ダイヤフラム弁であって、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ヤフラム弁体と、

前記ダイヤ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ヤ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。樹脂製のダイヤ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、ダイヤフラム弁体が弁座に当接及び離間させられる。ダイヤ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、ダイヤフラム弁体が弁座に押し付けられる。そして、ダイヤフラム弁体が弁座に押し付けられると流路が閉じられ、ダイヤ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、ダイヤフラム弁体は樹脂製であり、ダイヤ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ヤ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、ダイヤフラム弁体と弁座がこすれたり、ダイヤ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、樹脂製のダイヤフラム弁体のダイヤ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ヤ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、ダイヤフラム弁体

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。

10

【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】

20

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ヤ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ヤフラム弁体の箇所を毎回同じにすることができるとともに、弁座に対してダイヤ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ヤフラムである。

30

【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ヤフラムであるため、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ヤ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、前記金属ダイヤフラムは、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ヤフラムである。

【0018】

上記構成によれば、金属ダイヤフラムは、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ヤフラムである。このため、金属ダイヤフラムは、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。

40

【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ヤ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づ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

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。

【 0 0 2 0 】

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、ストッパにより移動を止めさせることで、弁座とダイヤ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、弁座とダイヤフラム弁体とを当接させる前に、弁座とダイヤ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、弁座とダイヤフラム弁体との衝突を緩和しつつ、弁座にダイヤフラム弁体を当接させることができる。

【 0 0 2 1 】

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。

【 0 0 2 2 】

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づ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づ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パにより止められた状態を容易に実現することができる。

20

【 0 0 2 3 】

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づ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、ダイヤフラム弁体が弁座に近づく速度、及びダイヤ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。

【 0 0 2 4 】

第 9 の手段は、第 8 の手段のダイヤフラム弁を備え、前記ダイヤ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ヤフラム弁体を前記弁座に押し付けさせる。

【 0 0 2 5 】

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づく方向へストッパ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パ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

【 0 0 2 6 】

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ヤフラム弁体を弁座に押し付けさせる。このため、弁座とダイヤ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、ダイヤフラム弁体が弁座に近づく速度、及びダイヤ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。

【 0 0 2 7 】

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。

【 0 0 2 8 】

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パ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ヤ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、ダイヤ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、弁座とダイヤフラム弁体との衝突を緩和することができる。

【 0 0 2 9 】

第 1 1 の手段では、前記第 2 往復動部材が前記弁座に近づ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づ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

【 0 0 3 0 】

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づく方向へ移動を開始しない。

【 0 0 3 1 】

この点、上記構成によれば、第 2 往復動部材が弁座に近づ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づ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、弁座とダイヤフラム弁体との間に所定隙間がある状態から、ダイヤ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、弁座とダイヤ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 】

【 0 0 3 2 】

【 図 1 】 中立状態においてダイヤ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ヤ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ヤフラム弁体を示す拡大断面図。

【 図 5 】 ダイヤ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ヤ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 】

【 0 0 3 3 】

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ヤフラム弁を制御する制御装置として具現化している。

【 0 0 3 4 】

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、ダイヤフラム弁 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。ダイヤフラム弁 18 の A ポート 25 には、薬液の流入通路が接続されている。ダイヤフラム弁 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

【 0 0 3 5 】

そして、ポンプ等により加圧された薬液が、A ポート 25 からダイヤフラム弁 18 へ流入する。ダイヤフラム弁 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、ダイヤフラム弁 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。

【 0 0 3 6 】

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ヤフラム弁 18 の開閉状態を制御する。

【0037】

次に、ダイヤフラム弁 18 の構成について詳細に説明する。ダイヤフラム弁 18 は、第 1 ハウジング 20、ダイヤフラム弁体 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 金属ダイヤフラム 91、第 2 金属ダイヤフラム 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、ダイヤフラム弁体 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。ダイヤフラム弁体 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。ダイヤフラム弁体 40 は、弁体部 41 とダイヤフラム部 42 とを備えている。弁体部 41 は円柱状に形成されている。ダイヤフラム部 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。ダイヤフラム弁体 40 は、弁室 22 内に收容されており、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 收容部 31 と、第 1 收容部 31 よりも径の大きい円柱状の空間である第 2 收容部 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 收容部 31 の一端は弁室 32 と連通しており、第 1 收容部 31 の他端は第 2 收容部 33 と連通している。第 2 收容部 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 收容部 31、及び第 2 收容部 33 は、互いの中心軸線が一致している。

【0041】

第 1 收容部 31 及び第 2 收容部 33 で形成される空間内に、第 1 ピストン 62 が收容されている。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 收容部 31 に小径部 62a が挿入されており、第 2 收容部 33 に大径部 62b が挿入されている。第 1 收容部 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 收容部 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 收容部 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 收容部 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。

【 0 0 4 4 】

第 1 加減圧ユニット 1 1 (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 1 1 は、圧力室 3 5 への圧縮空気の供給、及び圧力室 3 5 の大気開放を制御することにより、圧力室 3 5 内の圧力を調整する。そして、圧力室 3 5 内の圧力調整に基づいて、大径部 6 2 b (第 1 ピストン 6 2) 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 1 1 は、圧縮空気の圧力により、第 1 ピストン 6 2 を弁座 2 4 から離れる方向へ付勢する。第 1 加減圧ユニット 1 1 は、上記コントローラ 1 3 により制御される。

【 0 0 4 5 】

第 2 ハウジング 3 0 の上部には、第 3 ハウジング 5 0 が取り付けられている。第 3 ハウジング 5 0 は、ステンレスや、耐薬品性を有するフッ素樹脂、例えば P V D F (Poly Vinylidene Di Fluoride) 等で形成されている。第 3 ハウジング 5 0 の内部には、円柱状の空間である第 3 収容部 5 5 が形成されている。第 3 収容部 5 5 の一端は第 2 収容部 3 3 と連通しており、第 3 収容部 5 5 の他端は第 2 ポート 5 6 と連通している。第 3 収容部 5 5 に第 2 ピストン 8 2 が収容されている。第 2 ピストン 8 2 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 5 5 と第 2 ピストン 8 2 との間がシール部材 6 7 によりシールされている。第 3 ハウジング 5 0 の内部には、第 3 ハウジング 5 0 の内周面と第 2 ピストン 8 2 の外周面とで区画された圧力室 5 7 が形成されている。第 3 収容部 5 5 において、シール部材 6 7 よりも第 2 ハウジング 3 0 側の部分は、大気開放された呼吸通路 6 8 に接続されている。

【 0 0 4 6 】

第 2 ハウジング 3 0 と第 3 ハウジング 5 0 との間には、ストッパ 7 0 が取り付けられている。ストッパ 7 0 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 7 0 a と外側に張り出した外側張出部 7 0 b とを備えている。外側張出部 7 0 b が、第 2 ハウジング 3 0 と第 3 ハウジング 5 0 とで挟持されている。すなわち、ストッパ 7 0 は、第 2 ハウジング 3 0 及び第 3 ハウジング 5 0 に固定されている。外側張出部 7 0 b と大径部 6 2 b との間には、第 1 圧縮ばね 7 1 (第 1 付勢部材) が設けられている。第 1 圧縮ばね 7 1 は、大径部 6 2 b (第 1 ピストン 6 2) を上記弁座 2 4 に近付ける方向へ付勢している。なお、第 1 ハウジング 2 0、第 2 ハウジング 3 0、及び第 3 ハウジン

【 0 0 4 7 】

グ 5 0 により、ハウジングが構成されている。

ダイアフラム弁体 4 0 における弁座 2 4 と反対側の端部は、接続部材 6 1 a を介してロッド 6 1 に接続されている。ロッド 6 1 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 6 2 に挿入されている。ロッド 6 1 の中間部には、中間部材 7 3 が取り付けられている。中間部材 7 3 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 7 3 a を備えている。

【 0 0 4 8 】

中間部材 7 3 にロッド 6 1 が挿入されている。ロッド 6 1 におけるダイアフラム弁体 4 0 と反対側の端部には、第 2 ピストン 8 2 が接続されている。中間部材 7 3 は、ロッド 6 1 と第 2 ピストン 8 2 とで挟持されている。すなわち、中間部材 7 3 は、ロッド 6 1 及び第 2 ピストン 8 2 に固定されている。

【 0 0 4 9 】

第 1 ピストン 6 2 における内周側の段差と中間部材 7 3 の張出部 7 3 a との間には、第 2 圧縮ばね 8 3 (第 2 付勢部材) が設けられている。第 2 圧縮ばね 8 3 は、中間部材 7 3 (ロッド 6 1、第 2 ピストン 8 2) を上記弁座 2 4 から離れる方向へ付勢している。すなわち、ロッド 6 1 及び第 2 ピストン 8 2 は、第 2 圧縮ばね 8 3 を介して第 1 ピストン 6 2 に支持されている。

【 0 0 5 0 】

第 1 ピストン 6 2 の上部 (弁座 2 4 と反対側の端部) には、当接部材 7 5 が取り付けら

れている。当接部材 7 5 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 7 5 a と、外側に張り出した外側張出部 7 5 b とを備えている。内側張出部 7 5 a は中間部材 7 3 の張出部 7 3 a に対向しており、外側張出部 7 5 b はストッパ 7 0 の内側張出部 7 0 a に対向している。なお、第 2 収容部 3 3 において、第 1 ピストン 6 2 の内側の部分及び第 1 ピストン 6 2 よりも上側（弁座 2 4 と反対側）の部分は呼吸孔 7 7 により大気開放されている。

【0051】

第 1 ピストン 6 2 が第 1 圧縮ばね 7 1 により弁座 2 4 に近付く方向へ移動させられると、ストッパ 7 0 の内側張出部 7 0 a に当接部材 7 5 の外側張出部 7 5 b が当接して移動が止められる。第 1 ピストン 6 2 が第 1 加減圧ユニット 1 1 により弁座 2 4 から離れる方向へ移動させられると、ストッパ 7 0 の内側張出部 7 0 a に第 1 ピストン 6 2 が当接して移動が止められる。また、中間部材 7 3 が第 2 圧縮ばね 8 3 により弁座 2 4 から離れる方向へ移動させられると、当接部材 7 5 の内側張出部 7 5 a に中間部材 7 3 の張出部 7 3 a が当接して移動が止められる。なお、ロッド 6 1、中間部材 7 3、及び第 2 ピストン 8 2 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 7 1 及び第 2 加減圧ユニット 1 2 により、押付部が構成されている。

【0052】

第 2 加減圧ユニット 1 2（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 1 2 は、第 2 ポート 5 6 を通じて第 3 収容部 5 5 への圧縮空気の供給、及び第 3 収容部 5 5 の大気開放を制御することにより、第 3 収容部 5 5 内の圧力を調整する。そして、第 3 収容部 5 5 内の圧力調整に基づいて、第 2 ピストン 8 2（中間部材 7 3、ロッド 6 1）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 1 2 は、圧縮空気の圧力により、第 2 ピストン 8 2 を弁座 2 4 に近付ける方向へ付勢する。第 2 加減圧ユニット 1 2 は、上記コントローラ 1 3 により制御される。

【0053】

ここで、上記ダイヤフラム弁体 4 0 には、薬液により、第 1 流路 2 1 から弁室 2 2（第 2 ハウジング 3 0）の方向への開弁荷重が作用している。第 1 圧縮ばね 7 1 が、ダイヤフラム弁体 4 0 を上記弁座 2 4 に近付ける方向へ、第 1 ピストン 6 2（ロッド 6 1、ダイヤフラム弁体 4 0）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 6 1 及びダイヤフラム弁体 4 0 は、弁座 2 4 に近付く方向へ移動させられ、ストッパ 7 0 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 2 4 とダイヤフラム弁体 4 0 の弁体部 4 1 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】

ダイヤフラム弁体 4 0 はフッ素樹脂製であり、ダイヤフラム部 4 2 は可撓性が必要であるため、弁座 2 4 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 6 1 が所定方向に往復動させられる際に、ロッド 6 1 の中心軸が振れることをダイヤフラム弁体 4 0 が規制する効果は小さい。そして、ロッド 6 1 の中心軸が振れた場合、ダイヤフラム弁体 4 0 の弁体部 4 1 と弁座 2 4 がこすれたり、弁体部 4 1 が傾いて弁座 2 4 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 6 1 が弁座 2 4 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 6 1 の中心軸が振れることを抑制するために、ロッド 6 1 に第 1 金属ダイヤフラム 9 1 及び第 2 金属ダイヤフラム 9 4 を取り付けられている。第 1 金属ダイヤフラム 9 1（第 1 規制部材、規制部材）及び第 2 金属ダイヤフラム 9 4（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ヤフラムで

ある。金属ダイアフラム 9 1 , 9 4 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 9 1 , 9 4 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 9 1 , 9 4 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 9 1 , 9 4 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 9 1 , 9 4 が発生する反力よりも大きく設定されている。

【0056】

第 1 金属ダイアフラム 9 1 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 9 1 の内縁部は、第 1 金属ダイアフラム 9 1 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 9 1 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 9 1 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 9 1 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 9 1 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 9 1 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 9 1 は、流体の浸入を防ぐダイアフラムとしても機能する。

【0057】

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】

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】

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

10

20

30

40

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による付勢力よりも大きくなり、ロッド６１及びダイアフラム弁体４０が弁座２４に近づ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の付勢力に抗して、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（ストッパ７０側の端部）が、ストッパ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、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の付勢力により、第１ピストン６２及び当接部材７５が弁座２４に近づ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に近づ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がストッパ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に近づく方向への移動が止められる。このとき、第２圧縮ばね８３の付勢力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 2 4 とダイヤフラム弁体 4 0 の弁体部 4 1 との間に所定隙間 G が形成されている。そして、金属ダイヤフラム 9 1 , 9 4 は、弁座 2 4 に近付く方向及び弁座 2 4 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。

【 0 0 6 5 】

時刻 t 3 において、コントローラ 1 3 により、第 2 加減圧ユニット 1 2 の操作圧力が操作圧力 P 2 1 に設定される。これにより、第 2 圧縮ばね 8 3 の付勢力及び薬液の圧力に抗して、第 2 ピストン 8 2、ロッド 6 1、及びダイヤフラム弁体 4 0 が、弁座 2 4 に近付く方向に移動し始める。その後、コントローラ 1 3 により、第 2 加減圧ユニット 1 2 の操作圧力を P 2 1 から徐々に上昇させる。すなわち、第 2 ピストン 8 2 及びロッド 6 1 が弁座 2 4 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 8 2 及びロッド 6 1 が弁座 2 4 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

【 0 0 6 6 】

そして、ダイヤフラム弁体 4 0 の弁体部 4 1 のストローク位置は、弁座 2 4 と弁体部 4 1 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 4 1 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 7 1 により第 1 ピストン 6 2 を弁座 2 4 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 1 2 により第 2 ピストン 8 2 及びロッド 6 1 を弁座 2 4 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、金属ダイヤフラム 9 1 , 9 4 により、ロッド 6 1 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 6 1 の中心軸の振れが抑制される。

20

【 0 0 6 7 】

時刻 t 4 において、コントローラ 1 3 により、第 2 加減圧ユニット 1 2 の操作圧力が操作圧力 P 2 2 に設定される。操作圧力 P 2 2 は、図 3 に示した特性に従って、弁体部 4 1 を弁座 2 4 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。

【 0 0 6 8 】

時刻 t 5 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 1 3 へ、ダイヤフラム弁 1 8 を開状態にする指令信号が送信さる。時刻 t 5 は、第 2 加減圧ユニット 1 2 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 t 5 よりも若干前に弁開指令が送信される。そして、時刻 t 5 から、コントローラ 1 3 により、第 2 加減圧ユニット 1 2 の操作圧力が操作圧力 P 2 2 から徐々に低下させられる。これにより、圧力室 5 7 内の圧力が低下して第 2 圧縮ばね 8 3 の付勢力及び薬液の圧力により、第 2 ピストン 8 2、ロッド 6 1、及びダイヤフラム弁体 4 0 が弁座 2 4 から離れる方向に移動させられる。この際にも、金属ダイヤフラム 9 1 , 9 4 により、ロッド 6 1 の中心軸の振れが抑制される。

30

【 0 0 6 9 】

時刻 t 6 において、ダイヤフラム弁体 4 0 の弁体部 4 1 のストローク位置は、弁座 2 4 と弁体部 4 1 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 1 3 により、第 2 加減圧ユニット 1 2 の操作圧力が 0 に設定され、第 1 加減圧ユニット 1 1 の操作圧力が操作圧力 P 1 に設定される。これにより、圧力室 3 5 内の圧力が上昇して第 1 圧縮ばね 7 1 の付勢力に抗して、第 1 ピストン 6 2 及び当接部材 7 5 が弁座 2 4 から離れる方向に移動させられる。その結果、中間部材 7 3、ロッド 6 1、及びダイヤフラム弁体 4 0 が弁座 2 4 から離れる方向に移動させられる。この際にも、金属ダイヤフラム 9 1 , 9 4 により、ロッド 6 1 の中心軸の振れが抑制される。

40

【 0 0 7 0 】

時刻 t 7 において、時刻 t 0 と同様に、ダイヤフラム弁体 4 0 の弁体部 4 1 のストローク位置は、全開位置になる。

【 0 0 7 1 】

以上詳述した本実施形態は、以下の利点を有する。

50

【 0 0 7 2 】

・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 9 1 , 9 4 を、ロッド 6 1 が弁座 2 4 に接近及び離間する所定方向に貫通しており、ロッド 6 1 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 4 0 のダイアフラム部 4 2 よりも強度が高い。そして、規制部材は、ロッド 6 1 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 6 1 の移動を規制する。このため、ロッド 6 1 が所定方向に往復動してダイアフラム弁体 4 0 が流路を開閉することを許容しつつ、ロッド 6 1 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 4 0 に接続されたロッド 6 1 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

【 0 0 7 3 】

・ロッド 6 1 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 6 1 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 6 1 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 9 1 と、弁座 2 4 から第 1 規制部材よりも離れた位置でロッド 6 1 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 9 4 とを含んでいる。このため、第 1 規制部材の位置と、弁座 2 4 から第 1 規制部材よりも離れた位置でロッド 6 1 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 6 1 の移動を規制することができる。したがって、ロッド 6 1 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

【 0 0 7 4 】

・第 1 規制部材は、ロッド 6 1 において弁座 2 4 側の端部に取り付けられており、第 2 規制部材は、ロッド 6 1 において弁座 2 4 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 6 1 の中心軸が傾くことを効果的に抑制することができる。

【 0 0 7 5 】

・ロッド 6 1 を中心とした第 2 ハウジング 3 0 に対する規制部材の回転が規制されているため、ロッド 6 1 及びダイアフラム弁体 4 0 の回転を規制することができる。このため、弁座 2 4 に当接するダイアフラム弁体 4 0 の箇所を毎回同じにすることができるとともに、弁座 2 4 に対してダイアフラム弁体 4 0 がロッド 6 1 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

【 0 0 7 6 】

・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 6 1 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。

【 0 0 7 7 】

・金属ダイアフラム 9 1 , 9 4 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 9 1 , 9 4 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 6 1 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 6 1 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

【 0 0 7 8 】

・第 1 圧縮ばね 7 1 により第 1 ピストン 6 2 を弁座 2 4 に近付ける方向へ移動させ、ストッパ 7 0 により移動を止めさせることで、弁座 2 4 とダイアフラム弁体 4 0 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 2 4 とダイアフラム弁体 4 0 とを当接させる前に、弁座 2 4 とダイアフラム弁体 4 0 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 1 2 により第 1 ピストン 6 2 に対してロッド 6 1 を弁座 2 4 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に近づく方向へストッパ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に近づく速度、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。

【００８１】

20

・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に近づく方向へ移動を開始しない。この点、ロッド６１が弁座２４に近づ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に近づ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に近づく方向へ移動を開始する前と後とで、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の操作圧力の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もよい。

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 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、圧電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。

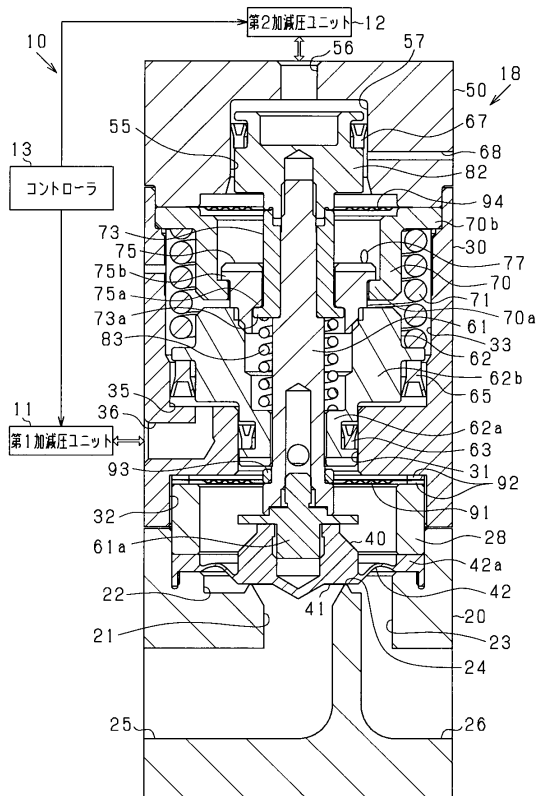
【 符号の説明 】

20

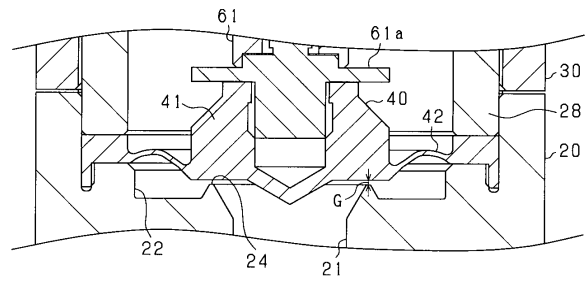
【 0 0 9 1 】

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)。

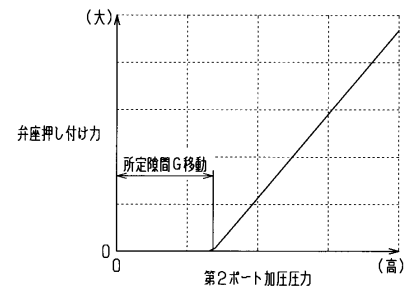
【 図 1 】



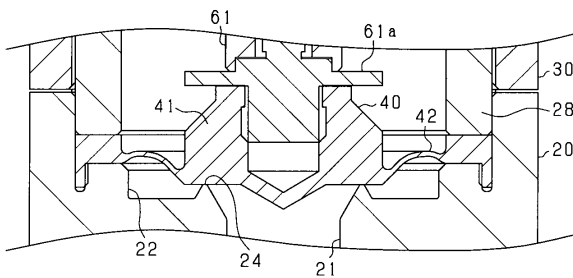
【 図 2 】



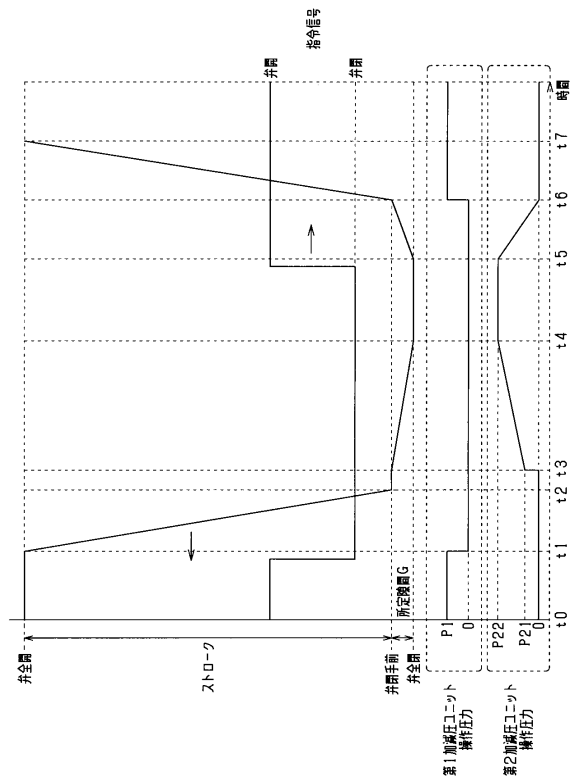
【 図 3 】



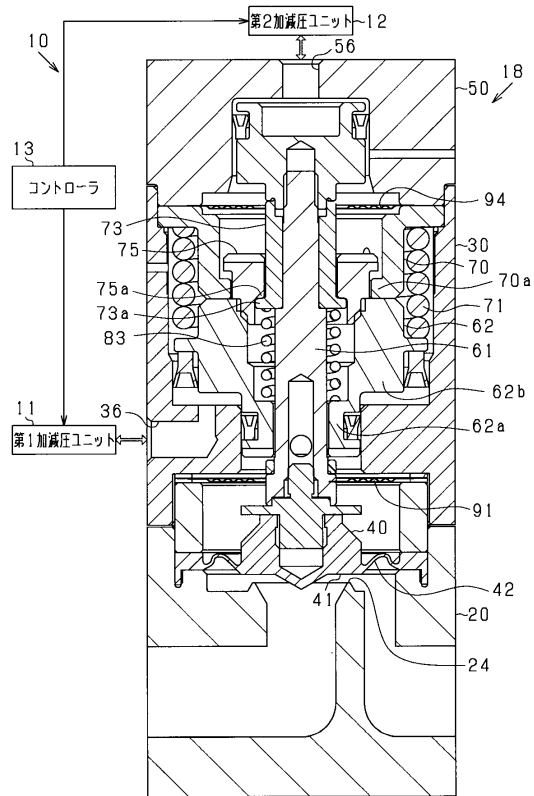
【圖 4】



【 図 5 】



【図 6】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開 2 0 0 7 - 9 2 9 5 9 (J P , A)
特開 2 0 1 2 - 1 0 7 6 9 5 (J P , A)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)
F 1 6 K 3 1 / 1 2 2
F 1 6 K 7 / 1 7