

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4855226号
(P4855226)

(45) 発行日 平成24年1月18日(2012.1.18)

(24) 登録日 平成23年11月4日(2011.11.4)

(51) Int.Cl.

F04B 49/08 (2006.01)
F04B 43/02 (2006.01)

F 1

F O 4 B 49/08 3 2 1
F O 4 B 43/02 A
F O 4 B 43/02 F

請求項の数 14 (全 20 頁)

(21) 出願番号	特願2006-316937 (P2006-316937)
(22) 出願日	平成18年11月24日 (2006.11.24)
(65) 公開番号	特開2008-128178 (P2008-128178A)
(43) 公開日	平成20年6月5日 (2008.6.5)
審査請求日	平成21年5月25日 (2009.5.25)

(73) 特許権者	000106760 シーケーディ株式会社 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
(72) 発明者	加藤 孝 愛知県小牧市応時二丁目250番地 シー ケーディ株式会社内
(72) 発明者	鈴木 伸弥 愛知県小牧市応時二丁目250番地 シー ケーディ株式会社内
審査官	大谷 謙仁

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 薬液供給システム及び薬液供給制御装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

容積可変部材の変位に伴うポンプ室内の容積変化により吸入口から吸入された薬液を吐出口を介して吐出する薬液供給ポンプと、

前記吐出口及び前記吸入口の少なくとも一方を電気的に開閉する開閉手段と、

前記容積可変部材を介して前記ポンプ室内に圧力を印加する圧力印加手段と、

前記容積可変部材の変位量を検出する検出手段と、

前記少なくとも一方を開口させる際に前記検出手段によって検出される変動量をフィードバック制御すべく、該変動量の検出の後であって且つ前記少なくとも一方についての前記開閉手段が閉状態とされているときに前記圧力印加手段によって前記ポンプ室内に印加される圧力を操作するフィードバック手段とを備えることを特徴とする薬液供給システム。

【請求項 2】

前記フィードバック手段は、前記変動量の目標値をゼロとすることを特徴とする請求項1記載の薬液供給システム。

【請求項 3】

前記開閉手段は、前記吐出口を電気的に開閉する手段であり、

前記フィードバック手段は、前記吐出口を開口させる際に前記検出手段によって検出される変動量をフィードバック制御することを特徴とする請求項1又は2記載の薬液供給システム。

【請求項 4】

前記薬液供給ポンプを複数備え、

該複数の薬液供給ポンプの吐出口を共通の薬液供給口に接続するとともに、薬液の吸入期間と吐出期間とを複数の薬液供給ポンプ間で重複させることで前記薬液供給口を介して連続的に薬液を外部に供給することを特徴とする請求項3記載の薬液供給システム。

【請求項 5】

前記容積可変部材の変位により前記ポンプ室内の容積を拡大することで薬液を吸入する際、前記容積可変部材の変位量を前記ポンプ室内の容積が最大値未満となるように制限する制限手段を備えることを特徴とする請求項3又は4記載の薬液供給システム。

【請求項 6】

前記圧力印加手段は、前記容積可変部材を介して前記ポンプ室から仕切られる圧力作用室内の気体の圧力によって前記ポンプ室内に圧力を印加する手段であることを特徴とする請求項1～5のいずれかに記載の薬液供給システム。

10

【請求項 7】

前記薬液の吐出に際し、前記容積可変部材の変位速度の目標値を設定する設定手段と、前記検出手段の検出結果に基づき前記容積可変部材の実際の変位速度を算出する算出手段と、

前記実際の変位速度をその目標値にフィードバック制御すべく、前記圧力作用室内の圧力を調節する手段とを更に備えることを特徴とする請求項6記載の薬液供給システム。

【請求項 8】

前記容積可変部材は、軸方向に伸縮可能なベローズを備えて構成され、

前記検出手段は、前記ベローズの伸縮量を前記変位量として検出することを特徴とする請求項1～7のいずれかに記載の薬液供給システム。

20

【請求項 9】

容積可変部材の変位に伴うポンプ室内の容積変化により吸入口から吸入された薬液を吐出口を介して吐出する薬液供給ポンプと、前記吐出口及び前記吸入口の少なくとも一方を電気的に開閉する開閉手段と、前記容積可変部材を介して前記ポンプ室内に圧力を印加する圧力印加手段と、前記容積可変部材の変位量を検出する検出手段とを備える薬液供給装置について、前記検出手段の検出結果に基づき薬液の供給量を制御する薬液供給制御装置において、

30

前記少なくとも一方を開口させる際に前記検出手段によって検出される変動量をフィードバック制御すべく、該変動量の検出の後であって且つ前記少なくとも一方についての前記開閉手段が閉状態とされているときに前記圧力印加手段によって前記ポンプ室内に印加される圧力を操作するフィードバック手段を備えることを特徴とする薬液供給制御装置。

【請求項 10】

前記フィードバック手段は、前記変動量の目標値をゼロとすることを特徴とする請求項9記載の薬液供給制御装置。

【請求項 11】

前記開閉手段は、前記吐出口を電気的に開閉する手段であり、

前記フィードバック手段は、前記吐出口を開口させる際に前記検出手段によって検出される変動量をフィードバック制御することを特徴とする請求項9又は10記載の薬液供給制御装置。

40

【請求項 12】

前記薬液供給装置は、前記薬液供給ポンプを複数備えて且つ、該複数の薬液供給ポンプの吐出口が共通の薬液供給口に接続されており、

薬液の吸入期間と吐出期間とを前記複数の薬液供給ポンプ間で重複させるように制御することで前記薬液供給口を介して連続的に薬液を外部に供給することを特徴とする請求項11記載の薬液供給制御装置。

【請求項 13】

前記容積可変部材の変位により前記ポンプ室内の容積を拡大することで薬液を吸入する

50

際、前記容積可変部材の変位量を前記ポンプ室内の容積が最大値未満となるように制限する制限手段を備えることを特徴とする請求項11又は12記載の薬液供給制御装置。

【請求項14】

前記圧力印加手段は、前記容積可変部材を介して前記ポンプ室から仕切られる圧力作用室内の気体の圧力を調節する手段であり、

前記薬液の吐出に際し、前記容積可変部材の変位速度の目標値を設定する設定手段と、

前記検出手段の検出結果に基づき前記容積可変部材の実際の変位速度を算出する算出手段と、

前記実際の変位速度をその目標値にフィードバック制御すべく、前記圧力作用室内の圧力を調節する手段とを更に備えることを特徴とする請求項9～13のいずれかに記載の薬液供給制御装置。10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、容積可変部材の変位に伴うポンプ室内の容積変化により吸入口から吸入された薬液を吐出口を介して吐出する薬液供給ポンプを用いて薬液を供給する薬液供給システム及び同システム内の薬液供給制御装置に関する。

【背景技術】

【0002】

例えば半導体製造工程においては、フォトレジスト液等の薬液を半導体ウエハに所定量ずつ滴下するために薬液供給装置が用いられている。具体的には、例えば下記特許文献1に見られるように、一対のポンプ室をそれぞれ区画する容積可変部材(ベローズ)と、これら各ベローズを伸縮させる電動機と、一対のポンプのそれぞれの吐出口及び吸入口に設けられる逆止弁とを備えるものも提案されている。これにより、ベローズが収縮するときには、吸入口側の逆止弁が機械的に開弁されポンプ室内に薬液が吸入される。一方、ベローズが伸長するときには、吐出口側の逆止弁が機械的に開弁されポンプ室から外部へと薬液が吐出される。そして、一対のベローズを交互に伸長及び収縮させることにより、薬液を連続的に吐出することが可能となる。20

【特許文献1】特開平10-54368号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0003】

ところで、上記薬液供給装置にあっては、薬液を吐出する側のポンプ室が切り替るときに圧力の変動が生じるおそれがある。すなわち、逆止弁は上流及び下流間の圧力差に応じて開閉するものであるため、吐出口側の逆止弁が開弁する際には、薬液の吐出圧が逆止弁の下流側の圧力よりも高くなる傾向にある。このため、一対のポンプ室の吐出口同士の合流部において圧力の変動が生じ、ひいては薬液の流量に脈動が生じるおそれがある。

【0004】

なお、上記装置に限らず、容積可変部材の変位に伴うポンプ室内の容積変化により吸入口から吸入された薬液を吐出口を介して吐出する薬液供給ポンプを用いるものにあっては、薬液の吐出や吸入に際して薬液の状態に変動が生じるこうした問題も概ね共通したものとなっている。40

【0005】

本発明は、上記課題を解決するためになされたものであり、その目的は、容積可変部材の変位に伴うポンプ室内の容積変化により吸入口から吸入された薬液を吐出口を介して吐出する薬液供給ポンプを用いるものにあって、薬液の吐出や吸入に際して薬液の状態の変動を好適に抑制することのできる薬液供給システム及び薬液供給装置を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0006】

10

20

30

40

50

以下、上記課題を解決するための手段、及びその作用効果について記載する。

【0007】

手段1記載の発明は、容積可変部材の変位に伴うポンプ室内の容積変化により吸入口から吸入された薬液を吐出口を介して吐出する薬液供給ポンプと、前記吐出口及び前記吸入口の少なくとも一方を電気的に開閉する開閉手段と、前記容積可変部材を介して前記ポンプ室内に圧力を印加する圧力印加手段と、前記容積可変部材の変位量を検出する検出手段と、前記少なくとも一方を開口させる際に前記検出手段によって検出される変動量をフィードバック制御すべく、前記少なくとも一方の開口前に前記圧力印加手段によって前記ポンプ室内に印加される圧力を操作するフィードバック手段とを備えることを特徴とする薬液供給システムである。

10

【0008】

上記構成において、上記少なくとも一方の開口に際して容積可変部材が変動する場合には、開閉手段の上流側及び下流側の圧力に差が生じてあり、開口に伴って上流側及び下流側間で薬液の急激な流動が生じたと考えられる。そして、この変動量は、開閉手段の開口前のポンプ室内の圧力を操作することでフィードバック制御することができる。これにより、フィードバック制御が反映されるときには、変動量を所望に制御することができ、ひいては開閉手段の開口に際しての薬液の状態の変動を好適に抑制することができる。

【0009】

手段2記載の発明は、手段1記載の発明において、前記フィードバック手段は、前記変動量の目標値をゼロとすることを特徴とする。

20

【0010】

開閉手段の開口時に容積可変部材の位置状態が変動しないなら、薬液は安定した状態にあると考えられる。この点、上記構成では、変動量の目標値をゼロとすることで、開閉手段の開口に伴う容積可変部材の変動を好適に抑制することができ、ひいては、薬液の状態変動を好適に抑制又は回避することができる。

【0011】

手段3記載の発明は、手段1又は2記載の発明において、前記開閉手段は、前記吐出口を電気的に開閉する手段であり、前記フィードバック手段は、前記吐出口を開口させる際に前記検出手段によって検出される変動量をフィードバック制御することを特徴とする。

【0012】

上記構成では、フィードバック制御によって吐出口を開口させる際の容積可変部材の変動量を制限することができるため、安定した状態で薬液を供給することができる。

30

【0013】

手段4記載の発明は、手段3記載の発明において、前記薬液供給ポンプを複数備え、該複数の薬液供給ポンプの吐出口を共通の薬液供給口に接続するとともに、薬液の吸入期間と吐出期間とを複数の薬液供給ポンプ間で重複させることで前記薬液供給口を介して連続的に薬液を外部に供給することを特徴とする。

【0014】

上記構成では、吐出期間と吸入期間とを複数の薬液供給ポンプ間で重複させることで薬液を連続的に外部に供給する。この際、各薬液供給ポンプの吐出口の開口に際しての容積可変部材の位置状態の変動量をフィードバック制御することで、薬液の変動を制限することができる。このため、安定した状態で薬液を連続的に供給することができる。特に、上記フィードバック制御によって薬液の変動を制限することで、薬液供給口を介して供給される薬液の流量を高精度に一定とすることも可能となる。

40

【0015】

なお、複数の薬液供給ポンプを2つの薬液供給ポンプとする場合、これら薬液供給ポンプから薬液を交互に吐出するようにすることが望ましい。

【0016】

手段5記載の発明は、手段3又は4記載の発明において、前記容積可変部材の変位により前記ポンプ室内の容積を拡大することで薬液を吸入する際、前記容積可変部材の変位量

50

を前記ポンプ室内の容積が最大値未満となるように制限する制限手段を備えることを特徴とする。

【0017】

ポンプ室内の圧力の方が吐出口の下流側の圧力よりも低いときには、吐出口を開口することで、ポンプ室内の容積を拡大するように容積可変部材を変位させる方向の力が加わる。ただし、吐出口の開口前にポンプ室の容積が最大値となっているときには、容積可変部材の位置状態は変化しない。このため、検出手段によっては、ポンプ室内の圧力の方が吐出口の下流側の圧力よりも低いことを検出することができない。しかし、この場合には、吐出口の開口にかかわらずポンプ室内への薬液の逆流は生じないものの、吐出口の上流側及び下流側間の圧力差を制限するような制御ができないため、吐出口の開口後に容積可変部材を変位させるに際し、実際に変位を開始するまでにタイムギャップが生じ、ひいては薬液の制御性が低下する。これに対し、上記構成では、吐出口の開口前のポンプ室内の容積が最大値未満となるように吸入工程における容積可変部材の変位に制限を設けることと、検出手段によって、ポンプ室内の圧力の方が吐出口の下流側の圧力よりも低いことを好適に検出することができる。10

【0018】

手段6記載の発明は、手段1～5のいずれかに記載の発明において、前記圧力印加手段は、前記容積可変部材を介して前記ポンプ室から仕切られる圧力作用室内の気体の圧力によって前記ポンプ室内に圧力を印加する手段であることを特徴とする。20

【0019】

上記構成では、圧力作用室内の気体の圧力によってポンプ室内に圧力が印加される。このため、圧力印加手段を適切に構成することができる。

【0020】

手段7記載の発明は、手段6記載の発明において、前記薬液の吐出に際し、前記容積可変部材の変位速度の目標値を設定する設定手段と、前記検出手段の検出結果に基づき前記容積可変部材の実際の変位速度を算出する算出手段と、前記実際の変位速度をその目標値にフィードバック制御すべく、前記圧力作用室内の圧力を調節する手段とを更に備えることを特徴とする。

【0021】

上記構成では、容積可変手段の変位速度が目標値にフィードバック制御するために、各吐出工程において、吐出量等を高精度に制御することができる。30

【0022】

手段8記載の発明は、手段1～7のいずれかに記載の発明において、前記容積可変部材は、軸方向に伸縮可能なベローズを備えて構成され、前記検出手段は、前記ベローズの伸縮量を前記変位量として検出することを特徴とする。

【0023】

ベローズは、その軸方向に伸縮し、しかも、ベローズの伸縮量に対するポンプ室の容積変化量が略線形となる。このため、ベローズの伸縮量を調節することにより、薬液の吸入量や吐出量を簡易且つ高精度に制御することができる。

【0024】

手段9記載の発明は、容積可変部材の変位に伴うポンプ室内の容積変化により吸入口から吸入された薬液を吐出口を介して吐出する薬液供給ポンプと、前記吐出口及び前記吸入口の少なくとも一方を電気的に開閉する開閉手段と、前記容積可変部材を介して前記ポンプ室内に圧力を印加する圧力印加手段と、前記容積可変部材の変位量を検出する検出手段とを備える薬液供給装置について、前記検出手段の検出結果に基づき薬液の供給量を制御する薬液供給制御装置において、前記少なくとも一方を開口させる際に前記検出手段によって検出される変動量をフィードバック制御すべく、前記少なくとも一方の開口前に前記圧力印加手段によって前記ポンプ室内に印加される圧力を操作するフィードバック手段を備えることを特徴とする薬液供給制御装置。40

【0025】

50

上記構成において、上記少なくとも一方の開口に際して容積可変部材が変動する場合には、開閉手段の上流側及び下流側の圧力に差が生じておあり、開口に伴って上流側及び下流側間で薬液の急激な流動が生じたと考えられる。そして、この変動量は、開閉手段の開口前のポンプ室内の圧力を操作することでフィードバック制御することができる。これにより、フィードバック制御が反映されるときには、変動量を所望に制御することができ、ひいては開閉手段の開口に際しての薬液の状態の変動を好適に抑制することができる。

【0026】

手段10記載の発明は、手段9記載の発明において、前記フィードバック手段は、前記変動量の目標値をゼロとすることを特徴とする。

【0027】

10

開閉手段の開口時に容積可変部材の位置状態が変動しないなら、薬液は安定した状態にあると考えられる。この点、上記構成では、変動量の目標値をゼロとすることで、開閉手段の開口に伴う容積可変部材の変動を好適に抑制することができ、ひいては、薬液の状態変動を好適に抑制又は回避することができる。

【0028】

手段11記載の発明は、手段9又は10記載の発明において、前記開閉手段は、前記吐出口を電気的に開閉する手段であり、前記フィードバック手段は、前記吐出口を開口させる際に前記検出手段によって検出される変動量をフィードバック制御することを特徴とする。

【0029】

20

上記構成では、フィードバック制御によって吐出口を開口させる際の容積可変部材の変動量を制限することができるため、安定した状態で薬液を供給することができる。

【0030】

手段12記載の発明は、手段11記載の発明において、前記薬液供給装置は、前記薬液供給ポンプを複数備えて且つ、該複数の薬液供給ポンプの吐出口が共通の薬液供給口に接続されており、薬液の吸入期間と吐出期間とを前記複数の薬液供給ポンプ間で重複させるように制御することで前記薬液供給口を介して連続的に薬液を外部に供給することを特徴とする。

【0031】

30

上記構成では、吐出期間と吸入期間とを複数の薬液供給ポンプ間で重複させることで薬液を連続的に外部に供給する。この際、各薬液供給ポンプの吐出口の開口に際しての容積可変部材の変動量をフィードバック制御することで、薬液の変動を制限することができる。このため、安定した状態で薬液を連続的に供給することができる。特に、上記フィードバック制御によって薬液の変動を制限することで、薬液供給口を介して供給される薬液の流量を高精度に一定とすることも可能となる。

【0032】

なお、複数の薬液供給ポンプを2つの薬液供給ポンプとする場合、これら薬液供給ポンプから薬液を交互に吐出するようにすることが望ましい。

【0033】

40

手段13記載の発明は、手段11又は12記載の発明において、前記容積可変部材の変位により前記ポンプ室内の容積を拡大することで薬液を吸入する際、前記容積可変部材の変位量を前記ポンプ室内の容積が最大値未満となるように制限する制限手段を備えることを特徴とする。

【0034】

ポンプ室内の圧力の方が吐出口の下流側の圧力よりも低いときには、吐出口を開口することで、ポンプ室内の容積を拡大するように容積可変部材を変位させる方向の力が加わる。ただし、吐出口の開口前にポンプ室の容積が最大値となっているときには、容積可変部材の位置状態は変化しない。このため、検出手段によっては、ポンプ室内の圧力の方が吐出口の下流側の圧力よりも低いことを検出することができない。しかし、この場合には、吐出口の開口にかかわらずポンプ室内への薬液の逆流は生じないものの、吐出口の上流側

50

及び下流側間の圧力差を制限するような制御ができないため、吐出口の開口後に容積可変部材を変位させるに際し、実際に変位を開始するまでにタイムギャップが生じ、ひいては薬液の制御性が低下する。これに対し、上記構成では、吐出口の開口前のポンプ室内の容積が最大値未満となるように吸入工程における容積可変部材の変位に制限を設けることと、検出手段によって、ポンプ室内の圧力の方が吐出口の下流側の圧力よりも低いことを好適に検出することができる。

【0035】

手段14記載の発明は、手段13記載の発明において、前記圧力印加手段は、前記容積可変部材を介して前記ポンプ室から仕切られる圧力作用室内の気体の圧力を調節する手段であり、前記薬液の吐出に際し、前記容積可変部材の変位速度の目標値を設定する設定手段と、前記検出手段の検出結果に基づき前記容積可変部材の実際の変位速度を算出する算出手段と、前記実際の変位速度をその目標値にフィードバック制御すべく、前記圧力作用室内の圧力を調節する手段とを更に備えることを特徴とする。10

【0036】

上記構成では、容積可変手段の変位速度が目標値にフィードバック制御されるために、各吐出工程において、吐出量等を高精度に制御することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0037】

(第1の実施形態)

以下、本発明にかかる薬液供給システムを半導体製造工程において用いられる薬液供給システムに適用した第1の実施の形態について、図面を参照しつつ説明する。20

【0038】

図1に、本実施形態にかかる薬液供給システムを示す。

【0039】

薬液供給ポンプ10は、薬液の吸入及び吐出を行うものである。薬液供給ポンプ10において、ポンプハウジング12内には、容積可変部材としてのベローズ式仕切部材14が収容されており、このベローズ式仕切部材14によってポンプ室16と圧力作用室18とが仕切られている。ベローズ式仕切部材14は、軸方向に伸縮自在のベローズ14aと、該ベローズ14aの一端部(図の下端部)に取り付けられた仕切板14bとを有しており、ベローズ14aの他端部(図の上端部)が環状の固定板20に固定されている。ベローズ14aの伸縮により仕切板14bが移動し、ポンプ室16と圧力作用室18との容積が各々変化する。この場合、ポンプ室16と圧力作用室18との合計容積は、ベローズ14aの伸縮に関係なく不变であるため、例えばポンプ室16の容積増加量は圧力作用室18の容積減少量に相当する(もちろん増減が逆の場合も同様である)。30

【0040】

ポンプハウジング12には、ポンプ室16に連通する吸入ポート22と吐出ポート24とが形成されており、吸入ポート22に吸入配管26が接続され、吐出ポート24に吐出配管28が接続されている。吸入配管26には吸入側バルブ30が設けられており、吐出配管28には吐出側バルブ32が設けられている。そして、これら吸入側バルブ30及び吐出側バルブ32は、電磁弁34及び電磁弁36の通電状態に応じてそれぞれ開閉される。例えば、吸入側バルブ30及び吐出側バルブ32は、空気圧力により開閉操作されるエアオペレートバルブで構成されており、電磁弁34, 36の通電状態に応じて吸入側バルブ30及び吐出側バルブ32に作用する空気圧力が調節され、それに伴い吸入側バルブ30及び吐出側バルブ32が開閉される。40

【0041】

吸入配管26は、ポンプ室16に向けてレジスト液等の薬液を供給するための薬液供給通路を構成するものであり、この吸入配管26を介して、図示しない薬液ボトル(薬液貯留容器)内に貯留された薬液、或いは工場の薬液配管より供給される薬液がポンプ室16に供給される。これにより、ポンプ室16内に薬液が充填される。また、吐出配管28は、ポンプ室16内に充填された薬液を吐出するための薬液吐出通路を構成するものあり50

、ポンプ室16から排出される薬液が吐出配管28を通じて薬液吐出ノズル（図示略）に供給される。薬液吐出ノズルは、下方に指向されるとともに、回転板等の上に載置された半導体ウエハの中心位置に薬液が滴下されるように配置されており、薬液吐出ノズルから半導体ウエハ上に適量の薬液が滴下されることで、ウエハ表面への薬液の塗布作業が行われるようになっている。

【0042】

同じくポンプハウジング12には、圧力作用室18に連通するエア入出ポート38が形成されており、このエア入出ポート38に電空レギュレータ40が接続されている。電空レギュレータ40は、圧力作用室18内の空気圧力を調整することでポンプ室16内に圧力を印加する圧力印加手段を構成するものであり、内蔵された電磁式切替弁の切替操作によって、圧力作用室18に圧縮空気を流入させる圧縮空気流入状態と、同圧力作用室18内の空気を外部に流出させる大気開放状態とを切り替える。10

【0043】

ポンプハウジング12にはケース体42が組み付けられており、ポンプハウジング12に形成された貫通孔44にはケース体42側に突出するようにして細長円柱状のロッド46が摺動可能に挿通されている。すなわち、ロッド46は、一端が圧力作用室18内に突出し、他端がケース体42で囲まれた内部空間に突出している。ロッド46の圧力作用室18側の端部にはベローズ式仕切部材14の仕切板14bが結合されており、仕切板14bの移動（すなわちベローズ14aの伸縮動作）に伴いロッド46が図の上下方向に往復動する。20

【0044】

また、ロッド46のケース体42側の端部にはバネ受け板48が連結されており、このバネ受け板48とポンプハウジング12の外壁面との間にはコイルスプリング50が介在されている。ロッド46は、コイルスプリング50の弾性力により常に図の上方に力を及ぼされている。コイルスプリング50は、圧力作用室18内の空気圧力とは相反する向きにベローズ式仕切部材14を付勢するための付勢手段に相当する。

【0045】

なお、ロッド46は、リニアベアリング52によって往復動可能に保持されており、また、ケース体42及び圧力作用室18間は、軸シール54によってシールされている。

【0046】

上記構成により、圧力作用室18内に圧縮空気が導入されない状態（大気開放状態）では、コイルスプリング50の弾性力により、バネ受け板48がストップ56に接触するまでベローズ式仕切部材14のベローズ14aが収縮可能となる。そして、ベローズ14aの収縮に伴い、ポンプ室16内の容積が増加する。このとき、図2(a)に示すように、吸入側バルブ30を開弁、吐出側バルブ32を閉弁させることにより、吸入配管26を通じてポンプ室16内に薬液が吸入される。一方、圧縮空気流入状態では、図示しない空圧源から供給される圧縮空気が、先の図1に示した電空レギュレータ40とエア入出ポート38とを通じて圧力作用室18内に導入され、圧力作用室18内の空気圧力とコイルスプリング50の弾性力とのバランスに応じてベローズ14aが伸長されてポンプ室16内の容積が減少する。このとき、図2(b)に示すように、吸入側バルブ30を閉弁、吐出側バルブ32を開弁させることにより、ポンプ室16内に充填されている薬液が吐出配管28を通じて吐出される。40

【0047】

先の図2に示したケース体42内には、ロッド46の位置状態や変位量（すなわちベローズ14aの位置状態や収縮量）を検出するための変位量センサ58が設けられている。

【0048】

コントローラ60は、本システム全体を統括して管理する管理コンピュータ62からの指令に応じて、薬液供給ポンプ10による薬液の供給制御を行う専用の制御装置である。すなわち、コントローラ60には、上記管理コンピュータ62から、吐出及び吸入の指令信号や、吐出流量についての指令信号を取り込むとともに、上記変位量センサ58の検出50

する変位量を取り込む。そして、これらに基づき、電磁弁 3 4 , 3 6 を通電又は非通電の状態として吸入側バルブ 3 0 と吐出側バルブ 3 2 とを開閉操作する一方、電空レギュレータ 4 0 に圧力指令信号を出力して電空レギュレータ 4 0 の状態を操作する。更に、コントローラ 6 0 は、変位量センサ 5 8 の検出する変位量に基づいて吐出流量値を算出し、該算出値を管理コンピュータ 6 2 等に出力する。

【 0 0 4 9 】

次に、コントローラ 6 0 における薬液供給制御にかかる処理を図 3 を用いて説明する。

【 0 0 5 0 】

目標変位速度算出部 B 2 は、上記管理コンピュータ 6 2 からの吐出流量の指令値に基づき、ベローズ式仕切部材 1 4 の変位速度の目標値を算出する。ここでは、吐出流量と変位量との関係を表すポンプ吐出特性に基づいて同変位速度の目標値の算出が行われる。具体的には、仕切板 1 4 b の変位量と薬液供給ポンプ 1 0 の吐出量との間には、図 4 に示す関係にある。図 4 によれば、仕切板 1 4 b の移動量に対するポンプ吐出量が略線形となり、この関係を用いてベローズ式仕切部材 1 4 の変位速度が算出される。10

【 0 0 5 1 】

実変位速度算出部 B 4 は、変位量センサ 5 8 によって検出される変位量の時間微分に基づき、ベローズ式仕切部材 1 4 の実際の変位速度（実変位速度）を算出する。偏差算出部 B 6 は、目標変位速度と実変位速度との差を算出する。圧力指令値算出部 B 8 は、実変位速度を目標変位速度にフィードバック制御するための操作量である圧力作用室 1 8 内の圧力の指令値を算出する。20

【 0 0 5 2 】

吸入用圧力指令値設定部 B 1 0 は、薬液の吸入時の圧力指令値を設定する。セレクタ B 1 2 は、上記管理コンピュータ 6 2 からの吸入指令、及び吐出指令に応じて、圧力指令値算出部 B 8 の出力と吸入用圧力指令値設定部 B 1 0 の出力とのいずれかを選択する。このセレクタ B 1 2 の出力が、最終的な圧力指令値となる。すなわち、本実施形態では、薬液の吐出に際してはベローズ式仕切部材 1 4 の変位速度がフィードバック制御される一方、薬液の吸入に際してはベローズ式仕切部材 1 4 の変位速度は開ループ制御される。なお、セレクタ B 1 2 では、変位量センサ 5 8 によって検出される変位量に基づき、吸入工程に伴うベローズ 1 4 a の位置状態が所定値となることで吸入を停止すべく、実変位速度がゼロとなるように圧力指令値を調節する。30

【 0 0 5 3 】

吐出流量算出部 B 1 4 は、実変位速度を吐出流量に変換し、その結果を吐出流量値として管理コンピュータ 6 2 に出力する。なお、この変換に際しては、先の図 4 に示した関係が用いられる。

【 0 0 5 4 】

上記のように、本実施形態では、薬液の吐出に際してロッド 4 6 の変位速度を目標変位速度にフィードバック制御することで、吐出量を高精度に制御することが可能となる。

【 0 0 5 5 】

ところで、薬液を吐出すべく、吐出側バルブ 3 2 を開弁させる際に、吐出側バルブ 3 2 の上流及び下流間に圧力差が生じていると、吐出側バルブ 3 2 を開弁することで吐出側バルブ 3 2 を介して薬液の急激な流動が生じるおそれがある。以下、これについて詳述する。40

【 0 0 5 6 】

図 5 (a) は、ポンプ室 1 6 への薬液の吸入が終了し、吸入側バルブ 3 0 及び吐出側バルブ 3 2 が閉弁された状態を示している。なお、図 5 (a) において、ポンプ室 1 6 内の圧力を圧力 P_p 、吐出側バルブ 3 2 の下流側の圧力を圧力 P_{out} としている。ここで、ポンプ室 1 6 内の圧力 P_p が吐出側バルブ 3 2 の下流側の圧力 P_{out} よりも高い場合、図 5 (b) に示すように、吐出側バルブ 3 2 を開弁することで、ポンプ室 1 6 内の薬液が外部へと急激に流出する。図 6 に、吐出側バルブ 3 2 の圧力 P_p が吐出側バルブ 3 2 の下流側の圧力 P_{out} よりも高い場合の薬液供給ポンプ 1 0 による薬液の供給流量の推移を50

示す。詳しくは、図6(a)は、ベローズ式仕切部材14の変位量(ロッド46の変位量)の推移を示し、図6(b)は、吸入側バルブ30の開閉状態の推移を示し、図6(c)は、吐出側バルブ32の開閉状態の推移を示し、図6(d)は、薬液供給ポンプ10からの薬液の吐出流量の推移を示し、図6(e)は、ポンプ室16内の圧力の推移を示す。

【0057】

図示されるように、吸入側バルブ30の上流側の圧力の方がポンプ室16内よりも高い場合には、吸入側バルブ30の開弁に伴ってポンプ室16内の圧力が上昇する。そしてその後、吐出側バルブ32の開弁に伴って、ポンプ室16内の薬液が外部へと急激に流出するため、ポンプ室16内の圧力が低下する。そして、その後、ベローズ14aの伸長側の変位に伴って一定流量の薬液が吐出される。

10

【0058】

これに対し、ポンプ室16内の圧力 P_p が吐出側バルブ32の下流側の圧力 P_{out} よりも低い場合、図5(c)に示すように、吐出側バルブ32を開弁することで、外部からポンプ室16内へと薬液が急激に流入する。図7に、吐出側バルブ32の圧力 P_p が吐出側バルブ32の下流側の圧力 P_{out} よりも低い場合の薬液供給ポンプ10による薬液の供給流量の推移を示す。なお、図7(a)～(e)は、先の図6(a)～図6(e)と対応している。

【0059】

図示されるように、吸入側バルブ30の上流側の圧力の方がポンプ室16内よりも低い場合には、吸入側バルブ30の開弁に伴ってポンプ室16内の圧力が低下する。そしてその後、吐出側バルブ32の開弁に伴って、ポンプ室16内へと薬液が急激に流入するため、ポンプ室16内の圧力が上昇する。そして、その後、ベローズ14aの伸長側の変位に伴って一定流量の薬液が吐出される。

20

【0060】

このように、吐出側バルブ32の開弁に際して、ポンプ室16内の圧力 P_p と外部の圧力 P_{out} との間に差が生じている場合、吐出側バルブ32の開弁に伴い薬液の急激な流動が生じるおそれがある。このため、薬液供給ポンプ10を用いて薬液を外部に吐出供給する際、その供給流量を高精度に制御することが困難となるおそれがある。

【0061】

こうした事態を解消する手法として、ポンプ室16内及び吐出側バルブ32の下流側の双方に圧力センサを設け、吐出側バルブ32の開弁前にこれら2つの圧力センサの検出値を一致させるようにポンプ室16内の圧力を調節することが考えられる。しかし、この場合、薬液供給システムの部品点数の増加を招くことに加えて、圧力センサを設けることによるシステムの大型化も避けられない。更には、圧力センサが薬液に浸されるため、圧力センサの劣化も問題となる。

30

【0062】

そこで本実施形態では、変位量センサ58を用いて、吐出側バルブ32の開弁に伴うベローズ式仕切部材14の位置状態の変動量を検出し、同変動量をフィードバック制御すべく、ポンプ室16内の圧力を操作する。すなわち、先の図5(b)及び図5(c)に示したように、ポンプ室16内の圧力 P_p と外部の圧力 P_{out} との間に差がある場合には、吐出側バルブ32の開弁に伴って薬液の急激な流動が生じる際、ベローズ式仕切部材14の位置状態が変動する。このため、この変動量は、ポンプ室16内の圧力 P_p と外部の圧力 P_{out} との差圧と相関を有するパラメータとなる。したがって、ベローズ式仕切部材14の位置状態の変動量を検出することで、ポンプ室16内の圧力 P_p と外部の圧力 P_{out} との差圧を間接的に検出することができる。そして、この変動量を低減するようにポンプ室16内の圧力を操作することで、吐出側バルブ32の開弁に伴う薬液の急激な流動を抑制又は回避することができる。

40

【0063】

具体的には、ポンプ室16内の圧力は、圧力作用室18内の圧力に応じて定まるものの、ベローズ14aやコイルスプリング50の弾性力等にも依存するため、ポンプ室16内

50

の圧力を直接操作することはできない。そこで、圧力作用室18内の空気の圧力を調節することで、ポンプ室16内の圧力を間接的に操作する。

【0064】

こうした処理を実行すべく、先の図3に示すように、変動抑制部B16を備えている。変動抑制部B16は、変位量センサ58によって検出される位置状態の変動量を低減するための目標圧力を算出する。これにより、吸入工程の終了後、セレクタB12では、変動抑制部B16の算出する目標圧力を圧力指令値として採用する。

【0065】

図8に、本実施形態にかかる変動量のフィードバック制御の処理手順を示す。この処理は、コントローラ60により、例えば所定周期で繰り返し実行される。

10

【0066】

この一連の処理では、まずステップS10において、吸入動作が終了したか否かを判断する。そして、吸入動作が終了したと判断されると、ステップS12において、そのときのベローズ式仕切部材14の位置Lbを記憶するとともに、圧力作用室18内の圧力を後述する目標圧力に調節する。ステップS12の処理が完了すると、吐出側バルブ32が開弁するまで待機する(ステップS14)。そして、吐出側バルブ32が開弁すると、変位量センサ58によって検出される位置Lを取得する。続くステップS18においては、位置Lが安定したか否かを判断する。ここでは、位置Lの変化量が、安定状態を判断するための所定の閾値以下となったか否かを判断すればよい。ここで、位置Lの変化量は、前回のサンプリング値と今回のサンプリング値との差によって定量化すればよい。また、これに代えて、複数回のサンプリング値の平均値同士の差をとる等、検出されるサンプリング値のノイズの影響を抑制する処理を更に施してもよい。

20

【0067】

そして、ステップS18において位置Lが安定したと判断されたときには、ステップS20に移行する。ステップS20においては、位置の変動量のフィードバック制御を行う。ここで変動量は、ステップS12において記憶された位置Lbに対するステップS18において安定状態にあると判断されたときの位置Lの差分「L - Lb」にて定量化される。そして、変動量の目標値を「0」とする積分制御をすべく、圧力作用室18内の圧力の目標値(目標圧力P)を更新する。すなわち、積分ゲインKと前回の目標圧力P(n-1)とを用いて、今回の目標圧力P(n)を以下の値とする。

30

【0068】

$$P(n) = P(n-1) + K \times (L - L_b)$$

これにより、図9に示すように、変動量「L - Lb」の絶対値が大きいほど、目標圧力Pが大きい補正量「K × (L - Lb)」にて補正される。なお、本実施形態では、ベローズ14aが伸長するほど位置Lは正の大きい値をとるように設定している。このため、変動量「L - Lb」が正であるときには、吐出側バルブ32の開弁に伴いベローズ14aが伸長したことを意味する。すなわち、ポンプ室16内の圧力Ppが外部の圧力Poutよりも高いことを意味する。このため、この場合には、目標圧力Pを減少補正する。こうした観点から、積分ゲインKは、負の値とされている。

40

【0069】

図10に、吸入される薬液の圧力が吐出側バルブ32の外部の圧力Poutよりも高い状況下において、上記フィードバック制御が反映されたときの(換言すれば、目標圧力Pが定常的な値となったときの)薬液供給ポンプ10による薬液の供給流量の推移を示す。なお、図10(a)~図10(e)は、先の図6(a)~図6(e)と対応している。

【0070】

図示されるように、吐出側バルブ32が開弁する前にポンプ室16内の圧力を外部の圧力Poutと等しくすることで、吐出側バルブ32の開弁に際して薬液が急激に流動することがない。このため、薬液供給ポンプ10による薬液の供給流量を高精度に制御することができる。

【0071】

50

なお、図示されるように、本実施形態では、ベローズ式仕切部材14の位置状態が、先の図1に示したストップ56によって定まる下限値（ポンプ室16内の容積を最大とする値）となる前に吸入工程を停止する。これにより、吐出側バルブ32の開弁におけるポンプ室16内の圧力 P_p が外部の圧力 P_{out} よりも小さいとき、吐出側バルブ32の開弁に伴ってベローズ14aを収縮させることができ、ひいては、ポンプ室16内の圧力 P_p が外部の圧力 P_{out} よりも小さいことを検出することができる。これに対し、ベローズ式仕切部材14を下限値まで収縮させる場合には、吐出側バルブ32の開弁におけるポンプ室16内の圧力 P_p が外部の圧力 P_{out} よりも小さいとき、吐出側バルブ32の下流側の圧力 P_{out} とポンプ室16内の圧力との差を縮める制御をすることができず、ひいては薬液供給の制御性の低下を招くおそれがある。なお、この設定は、先の図3に示したセレクタB12内に、ベローズ14aが上記下限値となる前に吸入工程を停止するためのロジックを設けることで実現される。

【0072】

以上詳述した本実施形態によれば、以下の効果が得られるようになる。

【0073】

(1) 吐出側バルブ32を開弁させるときに変位量センサ58によって検出されるベローズ式仕切部材14の位置状態の変動量をフィードバック制御すべく、ポンプ室16内に印加される圧力を操作した。これにより、変動量を所望に制御することができ、ひいては吐出側バルブ32の開弁に際しての薬液の状態の変動を好適に抑制することができる。このため、薬液供給ポンプ10による薬液の供給流量を高精度に制御することができる。

【0074】

(2) 上記フィードバック制御に際してのベローズ式仕切部材14の位置状態の変動量の目標値をゼロとした。これにより、薬液の状態変動をいっそう好適に抑制又は回避することができる。

【0075】

(3) ベローズ14aの収縮によりポンプ室16内の容積を拡大することで薬液を吸入する際、ベローズ14aの変位量をポンプ室16内の容積が最大値とならないように制限した。これにより、ポンプ室16内の圧力 P_p の方が外部の圧力 P_{out} よりも低い場合であっても、吐出側バルブ32の開弁に伴ってベローズ14aの変動が可能となり、ひいては、ポンプ室16内の圧力 P_p の方が外部の圧力 P_{out} よりも低いことを検出することができる。

【0076】

(4) ベローズ式仕切部材14によってポンプ室16から仕切られる圧力作用室18内の空気の圧力によってポンプ室16内に圧力を印加する構成とした。ここで、空気は圧縮性流体であるために、ポンプ室16の圧力 P_p と外部の圧力 P_{out} とに差がある場合、圧力作用室18内の容積が容易に変化する。このため、吐出側バルブ32の開弁に伴うベローズ式仕切部材14の変動として、上記差を好適に検出することができる。

【0077】

(5) ベローズ14aの伸長時、ベローズ式仕切部材14の実際の変位速度をその目標値にフィードバック制御すべく、圧力作用室18内の圧力を調節した。これにより、各吐出工程において、吐出量等を高精度に制御することができる。

【0078】

(6) ポンプ室16内の容積を可変とする部材として、ベローズ14aを用いた。ベローズ14aは、その軸方向に伸縮し、しかも、ベローズ14aの伸縮量に対するポンプ室16の容積変化量が略線形となる。このため、ベローズ14aの伸縮量を調節することにより、薬液の吸入量や吐出量を簡易且つ高精度に制御することができる。

【0079】

（第2の実施形態）

以下、第2の実施形態について、先の第1の実施形態との相違点を中心に図面を参照しつつ説明する。

10

20

30

40

50

【0080】

図11に、本実施形態にかかる薬液供給システムを示す。

【0081】

図示されるように、本実施形態にかかる薬液供給システムは、薬液供給ポンプを複数設けており、各ポンプが交互に吐出動作と供給動作とを繰り返し実行することにより、連続的な薬液供給動作が実現可能となっている。なお、図11に示す2つの薬液供給ポンプ10a, 10bはいずれも先の図1で説明した薬液供給ポンプ10と同様の構成を有するものであり、各ポンプの構成部材については、便宜上同一の符号を付している。

【0082】

図示されるように、各薬液供給ポンプ10a, 10bの吸入配管26は共通の薬液吸込口（薬液ボトル或いは工場の薬液配管）に接続されるとともに、吐出配管28は共通の薬液供給口（薬液吐出ノズル）に接続されている。

10

【0083】

図では、薬液供給ポンプ10aはベローズ14aが収縮状態にあり、かかる状態では、その後ベローズ14aが伸長することによりポンプ室16内に充填された薬液の吐出が行われる。また、薬液供給ポンプ10bはベローズ14aが伸長状態にあり、かかる状態では、その後ベローズ14aが収縮することによりポンプ室16への薬液吸入が行われる。

【0084】

コントローラ60は、2つの薬液供給ポンプ10a, 10bを制御対象として、前述したとおり都度入力される信号に基づいて吸入側バルブ30と吐出側バルブ32との開閉状態を制御する一方、各電空レギュレータ40に圧力指令値を出力して電空レギュレータ40を操作する。

20

【0085】

図12に、本実施形態にかかる薬液供給態様を示す。詳しくは、図12(a)に、薬液供給ポンプ10a側の動作を示し、図12(b)に、薬液供給ポンプ10b側の動作を示す。また、図12(c)に、これら2つの薬液供給ポンプ10a, 10bによる合計の薬液の吐出流量を示す。

【0086】

図示されるように、タイミングt1以前は、薬液供給ポンプ10a, 10bは、先の図11に示した状態にあり、吸入側バルブ30及び吐出側バルブ32は何れも閉弁されている。そして、タイミングt1以降、管理コンピュータ62からコントローラ60に、吐出流量が「0」よりも多量の値として指令されると、薬液供給ポンプ10a, 10bでの薬液吸入動作及び吐出動作が開始される。

30

【0087】

すなわち、薬液供給ポンプ10a側では、タイミングt1で吐出側バルブ32が開弁された後、電空レギュレータ40による空気圧上昇に伴いベローズ14aが伸長し、薬液が吐出される(タイミングt2~t6)。また、薬液供給ポンプ10aでの薬液吐出に並行して、薬液供給ポンプ10b側では、タイミングt3~t4で吸入側バルブ30が開弁されて薬液の吸入が行われる。そして、薬液の吸入完了後のタイミングt5で吐出側バルブ32が開弁される。タイミングt6では、薬液供給ポンプ10b側で電空レギュレータ40による空気圧上昇に伴いベローズ14aが伸長し、薬液が吐出される(タイミングt6~t7)。以後、薬液供給ポンプ10a, 10b間で交互に薬液の吸入/吐出動作が行われ、薬液吐出ノズルの先端部からは連続的に薬液が吐出される。

40

【0088】

かかる場合、薬液供給ポンプ10aによる薬液の吐出期間TAと、薬液供給ポンプ10bによる薬液の吐出期間TBとが連続して設定され、途切れることなく薬液が連続吐出される。また、薬液の吐出速度が一定に制御されることから、各吐出期間TA, TBが同一となり、薬液の安定供給が可能となる。

【0089】

ただし、この場合であっても、吐出側バルブ32の開弁に際して、ポンプ室16内の圧

50

力 P_p と薬液供給口側の圧力 P_{out} とに差があると、吐出側バルブ 32 の開弁に伴って薬液の急激な流動が生じ、薬液供給口を介した薬液の供給流量が変動するおそれがある。ここで、例えば薬液供給ポンプ 10a 側の吐出側バルブ 32 の開弁に際して、薬液供給ポンプ 10a の圧力作用室 18 内の圧力を薬液供給ポンプ 10b の圧力作用室 18 内の圧力と一致させるように調節したとしても、薬液供給ポンプ 10a のポンプ室 16 内の圧力を薬液供給口側の圧力 P_{out} と一致させることは困難である。これは、ポンプ室 16 内の圧力が圧力作用室 18 内の圧力によっては一義的に定まらず、ベローズ 14a やコイルスプリング 50 の弾性力等に依存すること、及びこれらベローズ 14a やコイルスプリング 50 の弾性力等に固体差が生じ得ることなどによる。

【0090】

10

そこで本実施形態でも、先の第 1 の実施形態と同様、先の図 8 に示した態様にて、吐出側バルブ 32 の開弁に伴うベローズ 14a の変度量をフィードバック制御する。

【0091】

以上説明した本実施形態によれば、先の第 1 の実施形態の上記 (1) ~ (6) の効果に加えて、更に以下の効果が得られるようになる。

【0092】

(7) 一対の薬液供給ポンプ 10a, 10b を備え、これらの吐出配管 28 を共通の薬液供給口に接続するとともに、薬液の吸入期間と吐出期間とを一対の薬液供給ポンプ 10a, 10b 間で重複させることで薬液供給口を介して連続的に薬液を外部に供給した。こうした設定において、上記変動量のフィードバック制御を行うことで、薬液供給口を介して供給される薬液の流量を高精度に一定とすることができる。

20

【0093】

(第 3 の実施形態)

以下、第 3 の実施形態について、先の第 1 の実施形態との相違点を中心に図面を参照しつつ説明する。

【0094】

図 13 に、本実施形態にかかる薬液供給システムを示す。なお、図 13 において、先の図 1 に示した部材と対応する部材については、便宜上同一の符号を付している。

【0095】

図示されるように、本実施形態にかかる薬液供給ポンプ 10 は、ダイアフラム式のポンプとして構成されている。すなわち、先の図 1 に示したベローズ式仕切部材 14 に代えて、ダイアフラム 70a 及び仕切板 70b を備えて構成されるダイアフラム式仕切部材 70 を備えている。そして、このダイアフラム式仕切部材 70 によって、ポンプ室 16 及び圧力作用室 18 が仕切られ、且つダイアフラム式仕切部材 70 の変位によって、ポンプ室 16 内の容積を可変とことができ、ひいては、ポンプ室 16 に薬液を吸入させたりポンプ室 16 から薬液を吐出させたりすることができる。

30

【0096】

この薬液供給ポンプ 10 のメリットとしては、ベローズ式のものと比較して、ポンプ室 16 内への残留薬液が少ないことが挙げられる。ただし、ダイアフラム式のものの場合、一般に、ダイアフラム式仕切部材 70 の変位量と薬液の吐出量との関係が非線形となる傾向にある。このため、先の図 4 に示した線形な関係を用いることはできない。このため、先の図 3 に示した目標変位速度算出部 B2 や吐出流量算出部 B14 においては、ダイアフラム式特有の上記非線形性を考慮した処理を行なう。

40

【0097】

この薬液供給ポンプ 10 を用いる場合であっても、吐出側バルブ 32 の開弁に伴う薬液の急激な流動を抑制すべく、先の図 8 に示したフィードバック制御を行うことは有効である。

【0098】

以上説明した本実施形態によっても、先の第 1 の実施形態の上記 (1) ~ (6) の効果を得ることはできる。

50

【0099】

(その他の実施形態)

なお、上記各実施形態は、以下のように変更して実施してもよい。

【0100】

・上記各実施形態では、ベローズ式仕切部材14やダイアフラム式仕切部材70の変動量のフィードバック制御を積分制御にて行なったがこれに限らない。例えば比例積分制御であってもよい。

【0101】

・上記各実施形態では、ベローズ式仕切部材14やダイアフラム式仕切部材70の変動量をフィードバック制御するための操作量としてのポンプ室16内の圧力を、圧力作用室18内の圧力を調節することで間接的に操作すべく、圧力作用室18内の圧力の目標値を定めたがこれに限らない。例えば吸入工程終了後の圧力作用室18内の圧力の補正量を、変動量に応じて調節するようにしてもよい。更に、例えばポンプ室16内に圧力センサを備え、吐出側バルブ32の開弁前の圧力センサの検出値を、上記変動量に応じて直接操作してもよい。これによつても、吐出側バルブ32の下流側に圧力センサを設けることなく、変位量センサ58及び上流側の圧力センサによって、吐出側バルブ32の上流及び下流間の圧力差を低減するように制御することはできる。

10

【0102】

・上記第2の実施形態において、薬液供給ポンプ10の数を3個以上としてもよい。この場合であつても、吐出期間及び吸入期間を複数の薬液供給ポンプ間で重複させることで薬液供給口を介して連続的に薬液を供給することは有効である。特にこの際、薬液供給ポンプから薬液供給口へと吐出される合計の吐出量が一定となるようになることが望ましい。これにより、薬液供給システムによる薬液の供給流量の制御を好適に行なうことができる。そしてこうした設定にあつては、任意の薬液供給ポンプの吐出側バルブ32の開弁に伴う急激な薬液の流動が供給量を高精度に制御する際の妨げとなり得るため、上記変動量のフィードバック制御が特に有効である。

20

【0103】

・吸入側バルブ30を電気的に開閉するものとする代わりに、これを逆止弁として機械的に開閉するようにしてもよい。ただし、吐出工程におけるポンプ室16内の圧力よりも吸入側バルブ30の上流側の圧力の方が高くなり得る状況にあつては、逆止弁を用いることは適切ではなく、上記各実施形態で例示したように電気的に開閉されるものとすることが望ましい。

30

【0104】

・上記各実施形態及びそれらの変形例では、吐出側バルブ32の開弁に伴う薬液の状態の変動を抑制すべく、ベローズ式仕切部材14やダイアフラム式仕切部材70の変動量のフィードバック制御を行なったが、これに限らない。吸入側バルブ30の開弁に伴う吸入側バルブ30の上流側の薬液の状態等の変動を抑制したい要求がある場合には、吸入側バルブ30の開弁に伴う薬液の状態の変動を抑制すべく、ベローズ式仕切部材14やダイアフラム式仕切部材70の変動量のフィードバック制御を行うことが有効である。

40

【0105】

・吐出量の制御手法としては、ベローズ式仕切部材14やダイアフラム式仕切部材70の変位速度を目標速度にフィードバック制御する手法に限らない。例えば都度の目標位置に実際の位置をフィードバック制御してもよい。

【0106】

・薬液供給ポンプとしては、ポンプ室16の容積を可変とする容積可変部材を介して圧縮空気によってポンプ室16内に圧力を印加するものに限らない。ただし、圧縮気体を用いる場合には、気体の圧縮性のために、容積可変部材の変動量に基づきポンプ室16及びその外部間の圧力差を検出することが容易となる。

【0107】

・薬液供給システムとしては、半導体製造工程に用いるものに限らず、例えば化学製品

50

の製造工程に用いるものであってもよい。

【図面の簡単な説明】

【0108】

【図1】第1の実施形態にかかる薬液供給システムの構成を示す図。

【図2】同実施形態にかかる薬液供給ポンプによる薬液の吸入及び吐出態様を示す図。

【図3】同実施形態にかかる薬液の吸入及び吐出の処理を示すブロック図。

【図4】同実施形態にかかるベローズ式仕切部材の変位量と吐出量との関係を示す図。

【図5】同実施形態において、吐出側バルブの開弁に伴う問題点を説明する図。

【図6】同実施形態において、吐出側バルブの開弁に伴う問題点を説明するタイムチャート。

10

【図7】同実施形態において、吐出側バルブの開弁に伴う問題点を説明する別のタイムチャート。

【図8】同実施形態にかかる吐出側バルブの開弁に伴うベローズ式仕切部材の変動量のフィードバック制御の処理手順を示す流れ図。

【図9】上記フィードバック制御における補正量の算出態様を示す図。

【図10】上記フィードバック制御の反映された後の薬液の供給制御態様を示すタイムチャート。

【図11】第2の実施形態にかかる薬液供給システムの構成を示す図。

【図12】同実施形態にかかる薬液の供給制御態様を示すタイムチャート。

【図13】第3の実施形態にかかる薬液供給システムの構成を示す図。

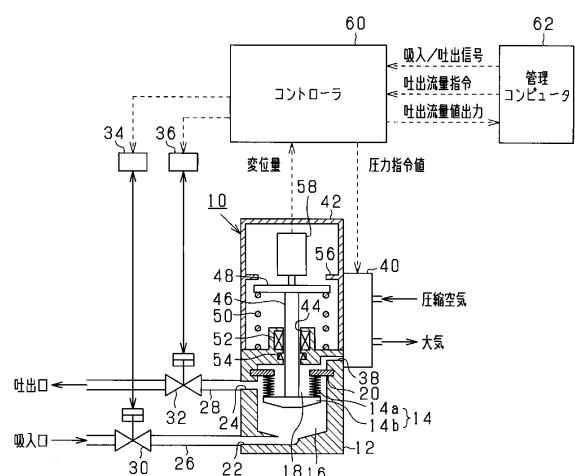
20

【符号の説明】

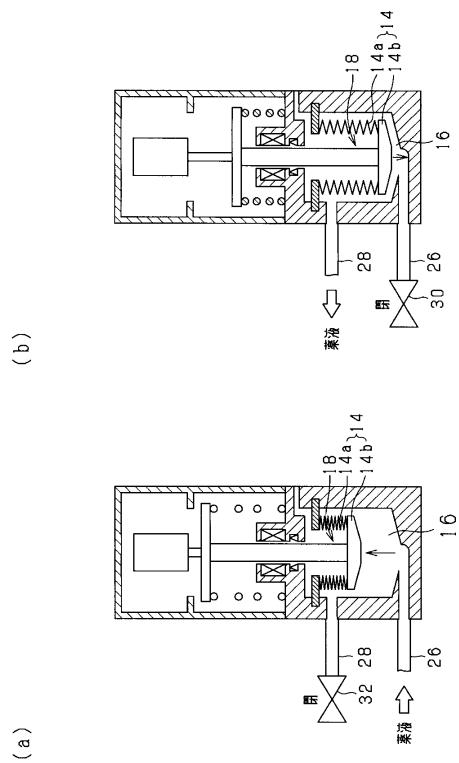
【0109】

10...薬液供給ポンプ、14...ベローズ式仕切部材（容積可変部材の一実施形態）、16...ポンプ室、18...圧力作用室、32...吐出側バルブ（開閉手段の一実施形態）、58...変位量センサ（検出手段の一実施形態）、70...ベローズ式仕切部材（容積可変部材の一実施形態）。

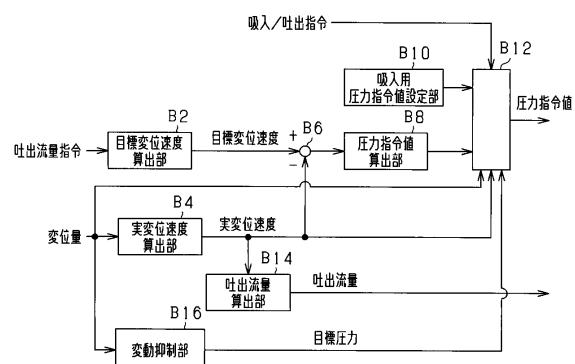
【図1】



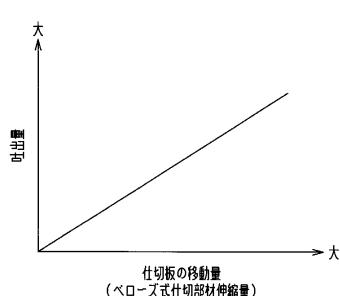
【図2】



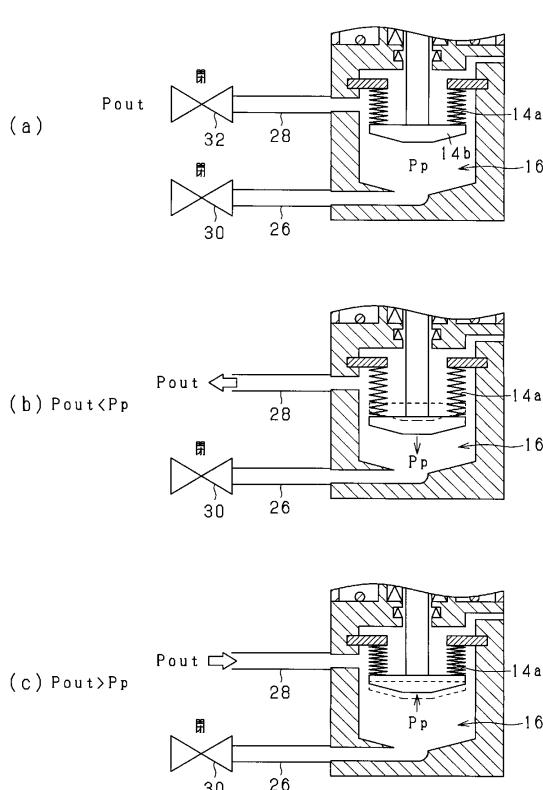
【図3】



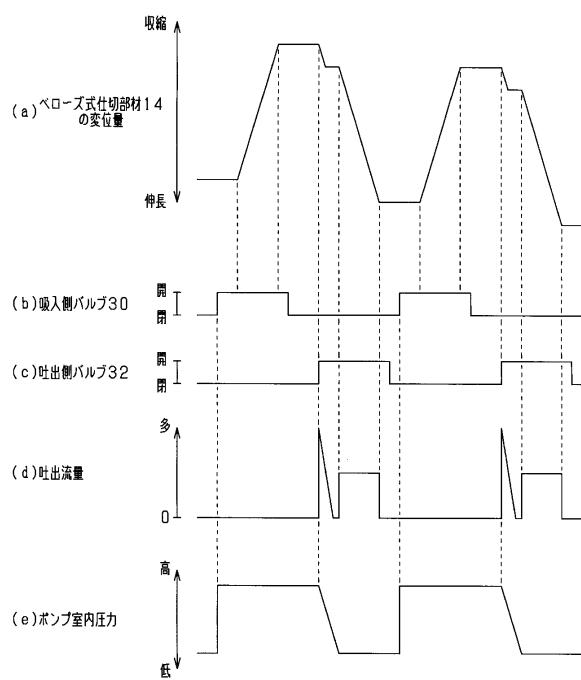
【図4】



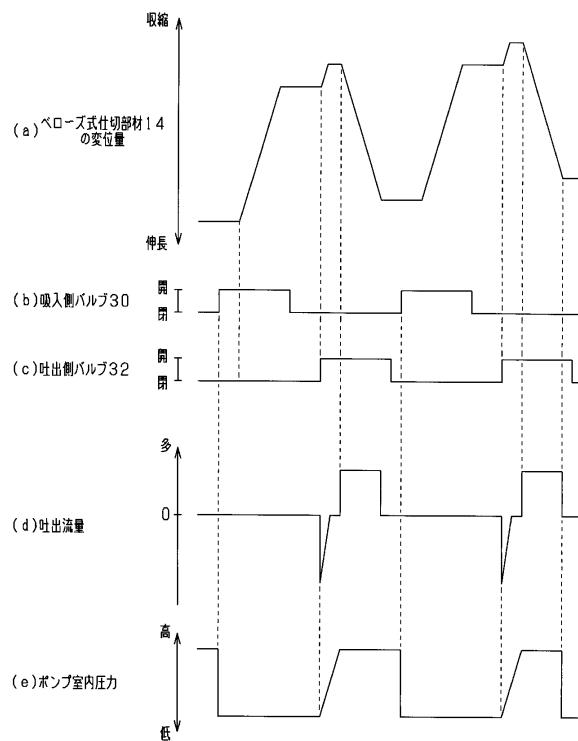
【図5】



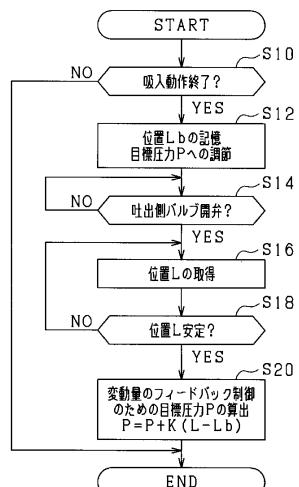
【図6】



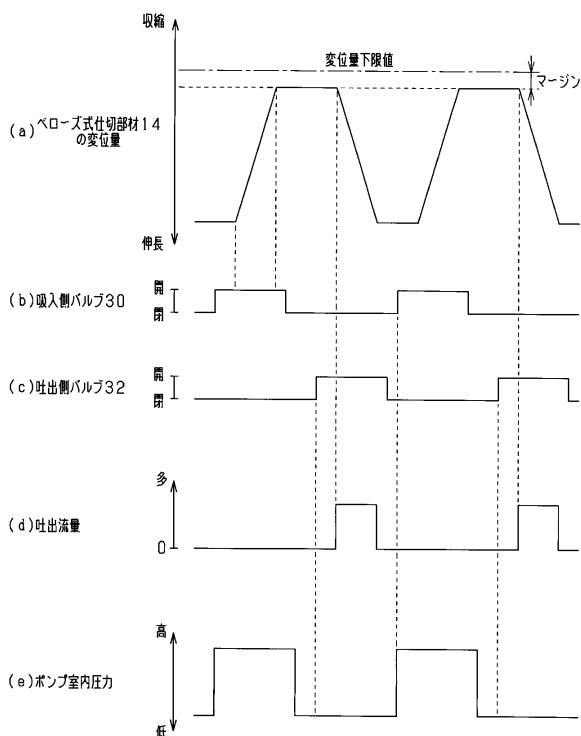
【図7】



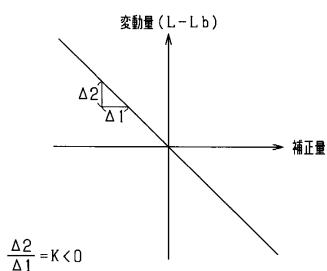
【図8】



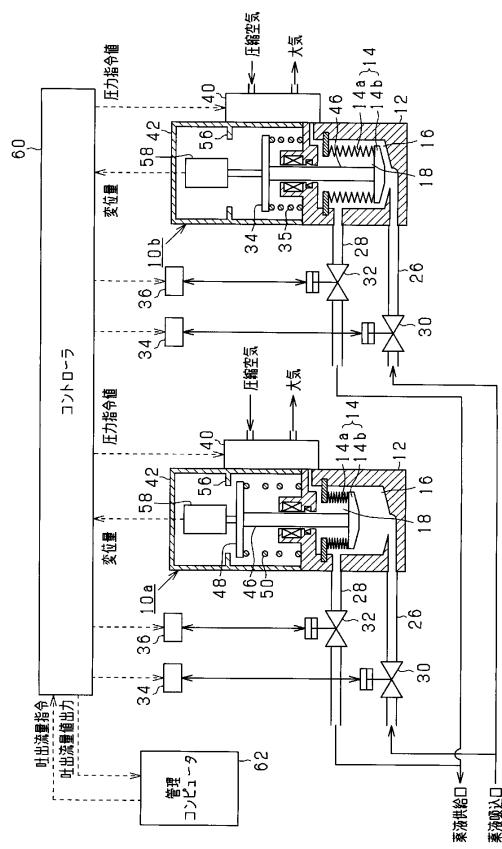
【図10】



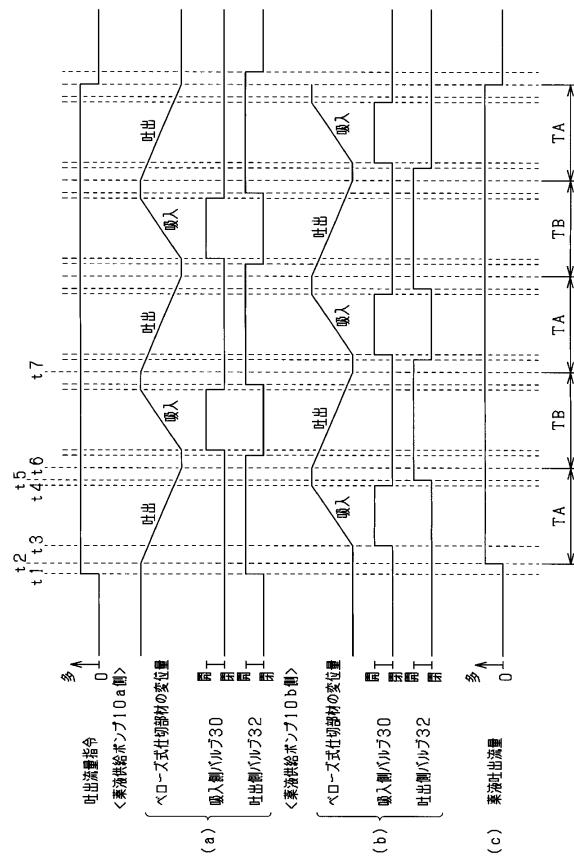
【図9】



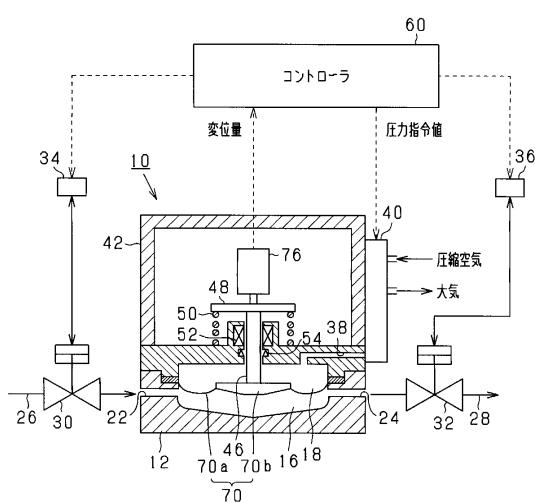
【図11】



【図12】



【図13】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開平11-343978(JP,A)
特開平08-296564(JP,A)
実開昭48-023103(JP,U)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

F 04 B 49 / 08
F 04 B 43 / 02