

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公表特許公報(A)

(11) 特許出願公表番号

特表2005-534111

(P2005-534111A)

(43) 公表日 平成17年11月10日(2005. 11. 10)

(51) Int. Cl.⁷

G05D 7/06

F I

G05D 7/06

Z

テーマコード (参考)

5H307

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 42 頁)

(21) 出願番号 特願2004-523603 (P2004-523603)
 (86) (22) 出願日 平成15年7月18日 (2003. 7. 18)
 (85) 翻訳文提出日 平成17年2月23日 (2005. 2. 23)
 (86) 国際出願番号 PCT/US2003/022579
 (87) 国際公開番号 W02004/010474
 (87) 国際公開日 平成16年1月29日 (2004. 1. 29)
 (31) 優先権主張番号 60/397, 053
 (32) 優先日 平成14年7月19日 (2002. 7. 19)
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

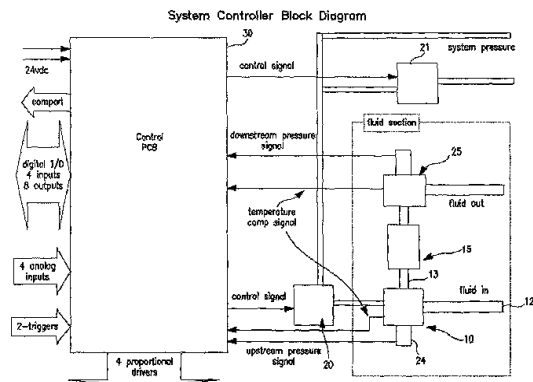
(71) 出願人 501290986
 マイクロリス・コーポレーション
 アメリカ合衆国マサチューセッツ州018
 21-4600, ビレリカ, コンコード・
 ロード 129
 (74) 代理人 100089705
 弁理士 社本 一夫
 (74) 代理人 100076691
 弁理士 増井 忠武
 (74) 代理人 100075270
 弁理士 小林 泰
 (74) 代理人 100080137
 弁理士 千葉 昭男
 (74) 代理人 100096013
 弁理士 富田 博行

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 液体流量制御器および精密分注装置およびシステム

(57) 【要約】

比例流体制御バルブなどの空気式負荷への圧力を（好ましくはデジタルで）モニタし、かつ／または、制御するため、および、流量に応答する流体測定デバイスからの測定入力を使用する装置および制御システムである。液体測定入力は、空気式負荷への気圧を制御し、流体の流量を所望の流量に変更するために空気式負荷を（空気式バルブを比例的に開放または閉鎖するために）増大または減少できるように、使用される。空気式負荷は、流体の温度および粘度の変化を収容するために（空気式バルブを比例的に開放または閉鎖するために）調整も可能である。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

流体入口および流体出口を有する比例流量制御バルブと、
前記比例流体制御バルブと連絡し、前記比例流体制御バルブを調整するための空気式比例制御バルブと、

前記比例流体制御バルブの前記流体出口と流体連絡している摩擦フローエレメント流体入口を有し、かつ前記摩擦フローエレメント流体入口から間隔を空けられた摩擦フローエレメント流体出口を有し、前記摩擦フローエレメント流体入口と摩擦フローエレメント流体出口の間に圧力降下を作り出す摩擦フローエレメントと、

前記圧力降下を測定するための手段と、

10

前記測定された圧力降下に応じて前記比例流体制御バルブを介して流体の流量を制御するための、前記圧力降下測定手段および前記空気式比例制御バルブと連絡している制御器と、を含む流体流量制御装置。

【請求項 2】

前記摩擦フローエレメントは螺旋コイルを含む請求項 1 に記載の流体流量制御装置。

【請求項 3】

前記流体の温度を感知するための手段をさらに含み、前記制御器は、前記感知された温度を所定の温度に比較し、かつ前記比較に応じて前記空気式比例制御バルブを制御する請求項 1 に記載の流体流量制御装置。

【請求項 4】

20

前記圧力降下を測定するための前記手段は前記比例流体制御バルブの前記流体出口において前記流体の圧力を感知するための第 1 の圧力センサ、および、前記摩擦フローエレメント流体出口において前記流体の圧力を感知するための第 2 の圧力センサを含む請求項 1 に記載の流体制御装置。

【請求項 5】

前記第 1 の圧力センサは前記比例流体制御バルブに一体である筐体内に収容されている請求項 4 に記載の流体制御装置。

【請求項 6】

前記空気式比例制御バルブと空気連絡しているサックバックバルブをさらに含む請求項 1 に記載の流体制御装置。

30

【請求項 7】

前記空気式比例制御バルブはソレノイドである請求項 1 に記載の流体制御装置。

【請求項 8】

前記摩擦フローエレメント流体入口は、前記バルブの前記流体出口から流れる流体の全てが前記摩擦フローエレメントの前記流体入口に進入しなければならないように、前記比例流体制御バルブの前記流体出口と流体連絡している請求項 1 に記載の流体制御装置。

【請求項 9】

分注器から使用箇所までの流体の分注を制御するための方法であって、

第 1 の流体入口および第 1 の流体出口を有する比例流体制御バルブを設ける工程と、

前記第 1 の流体出口と流体連絡している摩擦フローエレメントを設ける工程であって、
前記摩擦フローエレメントは圧力降下を作り出す工程と、

40

前記摩擦フローエレメントにわたる前記圧力降下を感知する工程と、

前記感知された圧力降下に応じて前記比例流体制御バルブを調整する工程と、を含む方法。

【請求項 10】

空気式比例制御バルブは前記比例流体制御バルブを空気式で調整するために設けられている請求項 9 に記載の方法。

【請求項 11】

最小量のパージガスが前記空気式比例制御バルブから逸出することを可能にするために前記空気式比例制御バルブを開放に保持する工程をさらに含む請求項 10 に記載の方法。

50

【請求項 1 2】

複数の流体制御バルブがあり、かつ前記空気式比例制御バルブは、各前記流体制御バルブにかけられた空気圧が前記複数の流体制御バルブ間の差を相殺し、かつ各前記流体制御バルブが同じ時間の長さだけおよび／または同じ圧力で開くことを可能にするように、設定レベルに開放保持されている請求項 1 0 に記載の方法。

【請求項 1 3】

前記空気式比例制御バルブを制御するための、前記測定された圧力降下に応答する制御器を設ける工程をさらに含む請求項 1 0 に記載の方法。

【請求項 1 4】

前記摩擦フローエレメントは螺旋コイルを含む請求項 9 に記載の方法。

10

【請求項 1 5】

前記第 1 の流体入口に進入する前記流体の前記流体圧力を調節するための手段をさらに含む請求項 9 に記載の方法。

【請求項 1 6】

流体入口と、前記流体入口と流体連絡している第 1 の環状空洞と、前記第 1 の環状空洞と流体連絡している環状流体通路と、前記環状通路と流体連絡している第 2 の環状空洞と、前記第 2 の環状空洞と流体連絡している流体出口と、を含む比例流体制御バルブ。

【請求項 1 7】

空気入口と流体連絡している空気空洞、および、前記第 1 の環状空洞における少なくとも 1 つのダイヤフラムをさらに含み、それにより、前記空気空洞にかけられた空気圧が前記ダイヤフラムを偏向し、かつ前記バルブを開放する請求項 1 6 に記載の比例流体制御バルブ。

20

【請求項 1 8】

前記ダイヤフラムに反してバイアス力をかけ、前記バイアス力が前記空気圧により克服されるまで前記バルブを通常閉鎖位置に維持するバネをさらに含む請求項 1 7 に記載の比例流体制御バルブ。

【請求項 1 9】

前記流体出口と流体連絡している第 1 のセンサ筐体であって、センサ筐体流体出口を有する筐体と、前記センサ筐体流体出口と流体連絡している第 2 のセンサ筐体と、をさらに含む請求項 1 6 に記載の比例流体制御バルブ。

30

【請求項 2 0】

前記第 1 の環状空洞と、前記第 2 の環状空洞と、前記第 1 のセンサ筐体と、前記第 2 のセンサ筐体と、は一体成形された構成部分である請求項 1 9 に記載の比例流体制御バルブ。

【請求項 2 1】

前記センサ筐体流体出口と前記第 2 のセンサ筐体の間に摩擦フローエレメントをさらに含む請求項 1 9 に記載の比例流体制御バルブ。

【請求項 2 2】

前記流体入口は第 1 の水平平面を規定し、前記流体出口は第 2 の水平平面を規定し、かつ前記第 1 および第 2 の水平平面は交差しない請求項 1 6 に記載の比例流体制御バルブ。

40

【請求項 2 3】

空気空洞を有するバルブ筐体と、前記空気空洞への圧力の印加により偏向するように構成された前記空気空洞内の空気式ダイヤフラムと、第 1 のバルブ空洞と、前記第 1 のバルブ空洞内の第 1 のダイヤフラムと、第 2 のバルブ空洞と、前記第 2 のバルブ空洞内の第 2 のダイヤフラムと、バイアス力が前記圧力の印加により克服されるまで前記第 1 と第 2 のバルブ空洞の間の流体連絡を防止するために、前記第 2 のダイヤフラムに前記バイアス力をかけるバネと、を含むバルブ。

【請求項 2 4】

前記第 1 および第 2 のバルブ空洞は環状であり、前記第 1 の空洞は線形流体入口経路と流体連絡しており、かつ前記第 2 の環状空洞は線形流体出口経路と流体連絡している請求

50

項 2 3 に記載のバルブ。

【請求項 2 5】

前記線形流体出口経路に圧力センサをさらに含む請求項 2 4 に記載のバルブ。

【請求項 2 6】

流体は前記流体入口経路から前記第 1 の環状空洞に進入し、かつ前記空気式ダイヤフラムに印加された空気圧が前記バネのバイアス力を克服するまで、前記第 1 の環状空洞内に留まる請求項 2 4 に記載のバルブ。

【請求項 2 7】

前記流体入口経路は第 1 の水平平面を規定し、前記流体出口経路は第 2 の水平平面を規定し、かつ前記第 1 と第 2 の平面は交差しない請求項 2 4 に記載のバルブ。

10

【請求項 2 8】

積層バルブ組立体において、

第 1 の比例流体制御バルブであって、第 1 の流体入口と、前記第 1 の流体入口と流体連絡している第 1 の環状空洞と、前記第 1 の環状空洞と流体連絡している第 1 の環状流体通路と、前記第 1 の環状流体通路と流体連絡している第 2 の環状空洞と、前記第 2 の環状空洞と流体連絡している第 1 の流体出口と、前記第 1 の流体出口と流体連絡している第 1 のセンサ筐体とを含み、前記第 1 のセンサ筐体は第 1 のセンサ筐体流体出口を有し、更に、前記第 1 のセンサ筐体流体出口と流体連絡している第 2 のセンサ筐体を含む、前記第 1 の比例流体制御バルブと、

前記第 1 の比例流体制御バルブと垂直に位置合わせされている第 2 の比例流体制御バルブであって、第 2 の流体入口と、前記第 2 の流体入口と流体連絡している第 2 の環状空洞と、前記第 2 の環状空洞と流体連絡している第 3 の環状流体通路と、前記第 2 の環状流体通路と流体連絡している第 4 の環状空洞と、前記第 4 の環状空洞と流体連絡している第 2 の流体出口と、前記第 2 の流体出口と流体連絡している第 3 のセンサ筐体とを含み、前記第 3 のセンサ筐体が第 3 のセンサ筐体流体出口を有し、更に、前記第 3 のセンサ筐体流体出口と流体連絡している第 4 のセンサ筐体を含む、前記第 2 の比例流体制御バルブと、を備え、

20

前記第 1 および第 2 のセンサ筐体は前記第 3 および第 4 のセンサ筐体と垂直に位置合わせされている、積層バルブ組立体。

【請求項 2 9】

30

前記第 1 と第 2 のセンサ筐体の間に第 1 の制約的フローエレメントおよび前記第 3 と第 4 のセンサ筐体の間に第 2 の制約的フローエレメントをさらに含む請求項 2 8 に記載の積層バルブ組立体。

【請求項 3 0】

空気空洞を有するバルブ筐体と、前記空気空洞への圧力の印加により偏向するように構成された前記空気空洞内の空気式ダイヤフラムと、バルブ空洞と、前記バルブ空洞内のバルブダイヤフラムと、を含むバルブであって、前記バルブダイヤフラムは前記空気式ダイヤフラムに固定され、バネは、前記バイアス力が前記圧力の印加により克服されるまで、流体が前記バルブ空洞から流れ出すことを防止するために、前記空気式ダイヤフラムおよび前記バルブダイヤフラムにバイアス力をかけているバルブ。

40

【請求項 3 1】

センサ空洞をさらに含む請求項 3 0 に記載のバルブ。

【請求項 3 2】

前記センサ空洞は前記バルブダイヤフラムが封閉する場所の上方に定置されている請求項 3 1 に記載のバルブ。

【請求項 3 3】

前記バルブ空洞に接する流体入口をさらに含む請求項 3 0 に記載のバルブ。

【請求項 3 4】

前記バルブ空洞は流体入口および流体出口と流体連絡しており、前記流体入口は第 1 の水平平面を規定し、前記流体出口は第 2 の水平平面を規定し、かつ前記第 1 と第 2 の平面

50

は交差しない請求項 30 に記載のバルブ。

【請求項 35】

前記流体バルブが流体の分注を終結するのを補助する方法であって、
流体バルブを設ける工程と、
サックバックバルブを設ける工程と、
前記流体バルブにある時間の長さに亘り閉鎖させる工程と、
前記時間の長さ中に前記サックバックバルブを作動する工程と、を含む方法。

【請求項 36】

一旦前記時間の長さが終結したなら、前記サックバックバルブのさらなる作動を所定の時間にわたり遅延させる工程をさらに含む請求項 35 に記載の方法。

10

【請求項 37】

前記サックバックバルブを作動する前記工程は、前記流体バルブを閉鎖させる前記工程が開始された後、所定の時間の後に開始される請求項 35 に記載の方法。

【請求項 38】

前記サックバックバルブを作動する前記工程は前記時間の長さが終結する前に終結される請求項 35 に記載の方法。

【請求項 39】

流体流量制御装置において、
流体入口および流体出口を有する比例流量バルブと、
前記比例流量バルブを調整するために前記比例流量バルブと連絡している空気式比例制御バルブと、

20

前記比例流量バルブの前記流体出口と流体連絡している摩擦フローエレメント流体入口を有し、かつ前記摩擦フローエレメント流体入口から間隔を空けられた摩擦フローエレメント流体出口を有し、前記摩擦フローエレメント流体入口と摩擦フローエレメント流体出口の間に圧力降下を作り出す摩擦フローエレメントと、

上流圧力センサと、

下流圧力センサと、

前記上流圧力センサ、前記下流圧力センサ、および、前記空気式比例制御バルブと連絡する制御器とを備え、前記制御器は、

1 つまたは複数のプロセッサと、

30

コンピュータ読み出し可能なメモリと、

前記コンピュータ読取り可能なメモリに保存され、かつ前記 1 つまたは複数のプロセッサにより実行可能である 1 組のコンピュータ読取り可能命令とを有し、

前記ある 1 組のコンピュータ読取り可能命令は、

上流圧力信号を受信し、

下流圧力信号を受信し、

誤差信号を算出し、

前記上流圧力信号、下流圧力信号、および、誤差信号に基づきバルブ制御信号を算出するために実行可能な命令を含む、

ことを特徴とする流体流量制御装置。

40

【請求項 40】

前記 1 組のコンピュータ読取り可能命令は、

温度信号を受信するためと、

前記温度信号に基づき前記上流圧力信号および前記下流圧力信号を調整するために実行可能命令をさらに含む請求項 39 に記載の装置。

【請求項 41】

前記コンピュータ読取り可能命令は、

前記上流圧力信号および前記下流圧力信号に対する比例積分微分の値に基づき前記誤差信号を算出するために実行可能命令をさらに含む請求項 39 に記載の装置。

【請求項 42】

50

前記コンピュータ読取り可能命令は前記誤差信号に誤差利得を加算するために実行可能命令をさらに含む請求項 4 1 に記載の装置。

【請求項 4 3】

前記コンピュータ読取り可能命令は、

1 つまたは複数のバルブ利得曲線をメモリに維持するためと、

特定のバルブに関連する前記バルブ利得曲線に基づき前記特定のバルブに対するバルブ利得を決定するためと、

前記バルブ制御信号を算出する時に前記バルブ利得を考慮するために実行可能である命令をさらに含む請求項 3 9 に記載の装置。

【請求項 4 4】

前記コンピュータ読取り可能命令は、1 組の過去の位置の値に基づき前記バルブ制御信号を適応的に調整するために実行可能命令をさらに含む請求項 3 9 に記載の装置。

【請求項 4 5】

前記 1 組のコンピュータ読取り可能命令は、

前記バルブ制御信号をアナログバルブ駆動信号に変換するためと、

前記空気式比例制御バルブを駆動するために前記バルブ駆動信号を通信するために実行可能命令をさらに含む請求項 3 9 に記載の装置。

【請求項 4 6】

コンピュータ読取り可能なメモリに保存され、1 つまたは複数のプロセッサにより実行可能な 1 組のコンピュータ読取り可能命令を含むデバイスにおいて、前記 1 組のコンピュータ読取り可能命令が、

上流圧力信号を受信するためと、

下流圧力信号を受信するためと、

誤差信号を算出するためと、

特定のバルブに対して、そのバルブに関連するバルブ利得曲線に基づき、前記特定のバルブの位置に応じて変化するバルブ利得を決定するためと、

前記上流圧力信号、下流圧力信号、誤差信号、および、バルブ利得に基づきバルブ制御信号を算出するために、実行可能な命令を備えているデバイス。

【請求項 4 7】

前記 1 組のコンピュータ読取り可能命令は、

温度信号を受信するためと、

前記温度信号に基づき前記上流圧力信号および前記下流圧力信号を調整するために実行可能命令をさらに含む請求項 4 6 に記載のデバイス。

【請求項 4 8】

前記コンピュータ実行可能命令は、

前記上流圧力信号および前記下流圧力信号に対する比例積分微分の値に基づき前記誤差信号を算出するために実行可能命令をさらに含む請求項 4 6 に記載のデバイス。

【請求項 4 9】

前記コンピュータ読取り可能命令は前記誤差信号に誤差利得を加算するために実行可能命令をさらに含む請求項 4 6 に記載のデバイス。

【請求項 5 0】

前記コンピュータ読取り可能命令は、1 組の過去の位置の値に基づき前記バルブ制御信号を適応的に調整するために実行可能命令をさらに含む請求項 4 6 に記載のデバイス。

【請求項 5 1】

前記 1 組のコンピュータ読取り可能命令は、

前記バルブ制御信号をアナログバルブ駆動信号に変換するためと、

前記空気式比例制御バルブを駆動するために前記バルブ駆動信号を通信するために実行可能命令をさらに含む、請求項 4 6 に記載のデバイス。

【請求項 5 2】

コンピュータ読取り可能なメモリに保存され、1 つまたは複数のプロセッサにより実行可

10

20

30

40

50

能な1組のコンピュータ読取り可能命令を含むデバイスにおいて、前記1組のコンピュータ読取り可能命令が、

上流圧力信号を受信するためと、

下流圧力信号を受信するためと、

前記上流圧力信号および下流圧力信号に対する比例積分微分の値に基づき誤差信号を算出するためと、

前記誤差信号に誤差利得を加算するためと、

特定のバルブに対して、前記特定のバルブに関連するバルブ利得曲線に基づき、前記特定のバルブの位置に応じて変化するバルブ利得を決定するためと、

前記上流圧力信号、下流圧力信号、誤差信号、および、バルブ利得に基づきバルブ制御信号を算出するためと、 10

1組の過去の位置の値に基づき前記バルブ制御信号を適応的に調整するために、実行可能な命令を含むデバイス。

【発明の詳細な説明】

【背景技術】

【0001】

本発明は、参照により本明細書に組み込まれる米国特許第6348098号、2002年7月19日出願の「Fluid Flow Measuring and Proportional Fluid Flow Control Device」と題された仮出願第60/397162号に関し、2002年7月19日出願の「Liquid Flow Controller and Precision Dispense Apparatus and System」と題された仮出願第60/397053号の優先権を主張する。 20

【0002】

半導体の製造中には、一部を挙げれば、純水、フォトレジスト、スピノン誘電体、スピノンガラス、ポリイミド、現像液、および、化学的機械的研磨（CMP）スラリーなどの多くの異なる流体を処理されている基板上に精密かつ正確に分注および付着しなければならない。例えば、そのような応用例のための従来の装置において、処理されるウェハは、好適なノズルの下に定置され、次いでノズルが所定の量の液体またはスラリーを分注し、ウェハをコーティングまたは処理する。所定の量は、ウェハ上に付着される流体の絶対的な量および質量だけでなく、ポンプのサイクル、チューブ配管の直径、および、流体格納環境の他の特性も前提とする。典型的には、続いてウェハは、付着された液体をウェハの表面全体にわたり均一に分散させるために回転される。この工程において分散の速度および分注される液体の量が重要であることは容易に理解されよう。 30

【0003】

ウェハ処理間など、ノズルを介して流体流が停止されると、ノズルからの液体の液滴が形成され、ノズルの下方に位置決めされたウェハ上に落下する可能性がある。これはウェハ上に形成されているパターンを破壊する可能性があり、ウェハを廃棄または再処理することが必要となる。ノズル上の有害な液滴の形成を回避するために、サックバックまたは停止／サックバックバルブが一般に使用されている。そのようなバルブの后者は、典型的には、二連空気式制御バルブ対であり、一方のノズルは、ノズルへの液体の流れを停止し、他方のノズルは、分注端部またはノズルの出口ポートから液体を引き戻す。これは、液滴の形成およびポートにおける落下を防止する上で役立つだけでなく、ノズルの詰まりにつながり得る液体の露出表面の乾燥を防止するうえで役立ち、かつ出口における流体の汚染を低減する。 40

【0004】

より大きなウェハ（例えば、直径が300mm以上）のコーティングも、乱流の問題が起きるなど問題が多い。ウェハの回転速度は流体が与えられたウェハの中心からコーティング流体をウェハの辺縁部へ外側に放射状に拡げるために従来使用されている。しかし、この手法はウェハの上で乱れた空気流を作り出し、平らでない、または、非一様なコーテ 50

イングをもたらし得る。大きなウェハの場合にスピン速度を低下させることは、ウェハの表面における乱流を減少させるが、新しい問題を導入し得る。速度が低下すると、流体はウェハにわたってより緩慢に移動し、したがって、流体が固化または乾燥を始める前にウェハ辺縁部へ流体を拡げることが問題となる。

【0005】

ポンプは半導体製造作業において液体を分注するために従来使用されている。しかし、このような応用例に対して好適なポンプは高価であり、過剰な磨耗のために頻繁な交換が必要である。加えて、そのようなポンプの専有面積は、かなり要求の厳しい応用例に対して正当とするには大き過ぎることがある。

【0006】

差圧測定を含むNT6500 (Entegris Corp.、ミネソタ州Chaska)などの液体流量制御器は入手可能であるが、それらは広い範囲の異なる流量および／または粘度に対しては適応可能ではない。容易に調整可能な圧力降下を提供するためのモジュラ解決策が望ましい。

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

したがって、前述の短所のない流体の精密な再現可能な分注を実現する流量測定分注システムを提供することが望ましい。加えて、本発明は流体流量の精密な制御が望ましい、または、必要とされる場合に適用することができる。

【0008】

流体の正確な反復可能な分注のためのモータのないポンプシステムを提供することがさらに望ましい。

線形または実質的に線形であり、最小の圧力降下を示し、かつヒステリシスを最小化するか、または、全く示さない空気式比例流量バルブを提供することも望ましい。

【課題を解決するための手段】

【0009】

従来技術の問題は本発明により克服される。本発明は、比例流体制御バルブなどの空気負荷に対する圧力を（好ましくはデジタルで）モニタし、かつ／または制御し、ならびに、流量に応答する流体測定デバイスからの測定入力を使用する装置および制御システムを含む。液体測定入力は、空気負荷が所望の速度にまで流体の流量を変更するために（空気式バルブを比例的に開放または閉鎖するために）増大または低減されうることができるように、空気負荷への圧力を制御するべく使用される。空気負荷も、流体の温度および粘度の変化を収容するために（空気式バルブを比例的に開放または閉鎖するために）調整されることができる。

【0010】

本発明の実施形態は、比例流体制御バルブと流体連絡している摩擦フローエレメントにわたる圧力降下に基づく流量測定信号を生成する流体測定デバイスを提供する。流体圧力は摩擦フローエレメントの入口またはその近くにおいて、および、出口またはその近くにおいて測定することができ、測定信号は増幅することができ、結果として得られる両者の間の圧力降下は制御されつつある流体の流量出力に変換することができる。流量出力は1つまたは複数のバルブが所望の流量を得るために調節されることを可能にする制御器に送られる。

【0011】

本発明は種々の流体および広い範囲の粘度を有する流体に適応可能な制御システムを提供する。このシステムは、リアルタイムの工程変化に迅速に対応し、かつオペレータの関与が最小となっている、費用効果が大きく、柔軟で正確かつ反復可能な流体流制御および分注の性能を提供する。

【0012】

本発明は、比例流体制御バルブを利用する液体流体制御器およびモータを使用しないポ

10

20

30

40

50

ンプシステムのための改善された線形性および低減されたヒステリシスを備えた比例流体制御バルブも目的とされている。バルブは屈曲部が最も少ない実質的に線形の形で流体の円滑な穏やかな流れを可能にする。好ましくは、バルブは空気式で作動される。温度が問題とならない場合、バルブは、ステップモータ、線形モータ、ボイスコイル、または、他の物理的力アクチュエータを含むいずれの好適な手段によっても作動することができる。

【0013】

本発明は、流量測定デバイスに送られる前に流体の条件調整を行なうためにモータを使用しないポンプシステムに一体化することができる、流量測定デバイスの上流にありかつこれと連通している補助入力モジュールも目的とする。このモジュールは樽などの非加圧流体源からの充填を可能にする。モジュールは加圧供給配管（住宅用配管または加圧キャニスタ）からの不適切または過剰な液体圧力を補償することもできる。モジュールはシステム内で使用される流体を消泡するためにも使用することができる。

10

【0014】

本発明は、半導体工場内の数多くの分注箇所の標準化を可能にすることができ、かつ顧客が、モジュールの形で濾過および温度制御などの追加の機能を収容することを可能にすることができるように、種々の液体および供給源に適応可能であるモータを使用しないポンプシステムを提供する。

【0015】

本発明は、機械加工されたバルブに比較して、より少ない部品を必要とする多用途成形バルブ本体をさらに提供する。1つの実施形態において、成形バルブ本体は、特に流量制御のために設計され、空間の使用を最適化するために注意深く定置された流路を備えた2つのセンサ筐体を含む。センサ筐体または筐体は挿入物として別個に形成することができ、種々の向きでの設置を可能にしている。バルブ空洞の反対側の両端における空気式および機械的な構成部分を設置することにより、システムの差圧は逆方向に伝わることをでき、バルブの上流の差圧は供給圧力をモニタするために記録することができる。

20

【0016】

本発明の1つの実施形態は、コンピュータ読取り可能なメモリ上に保存され、かつ1つまたは複数のプロセッサにより実行可能な1組のコンピュータ読取り可能命令を含むことができる。1組のコンピュータ読取り可能命令は、上流圧力信号を受信し、下流圧力信号を受信し、誤差信号を算出し、上流圧力信号、下流圧力信号、および、誤差信号に基づきバルブ制御信号を算出するために実行可能命令を含む。

30

【0017】

本発明の他の実施形態において、デバイスは、コンピュータ読取り可能なメモリ上に保存され、かつ1つまたは複数のプロセッサにより実行可能な1組のコンピュータ読取り可能命令を含む。1組のコンピュータ読取り可能命令は、上流圧力信号を受信し、下流圧力信号を受信し、誤差信号を算出し、特定のバルブのためのバルブ利得をそのバルブに関連するバルブ利得曲線に基づき決定し、バルブ利得はその特定のバルブの位置に従って変化し、上流圧力信号、下流圧力信号、および、誤差信号に基づきバルブ制御信号を算出するための実行可能命令を含む。

【0018】

本発明の他の実施形態は、コンピュータ読取り可能なメモリ上に保存され、かつ1つまたは複数のプロセッサにより実行可能な1組のコンピュータ読取り可能命令を含むデバイスである。1組のコンピュータ読取り可能命令は、上流圧力信号を受信し、下流圧力信号を受信し、上流圧力信号および下流圧力信号に対する比例積分微分の値に基づき誤差信号を算出し、誤差信号に誤差利得を加算し、特定のバルブに対するバルブ利得をそのバルブに関連するバルブ利得曲線に基づき決定し、バルブ利得はその特定のバルブの位置に従って変化し、上流圧力信号、下流圧力信号、誤差信号、および、バルブ利得に基づきバルブ制御信号を算出し、過去の位置の値に基づきバルブ制御信号を適応的に調整するための実行可能命令を含む。

40

【発明を実施するための最良の形態】

50

【0019】

先ず図1を参照すると、本発明の好ましい実施形態による液体流量制御器のブロック図が示されている。空気式で作動される流体制御バルブ10などの液体制御デバイスはウェハ（図示しない）とすることができる基板などの使用箇所への液体の最終的な分注のための液体入口配管12および液体出口配管13を有して示されている。液体出口配管13は、流体制御バルブ10を流出する液体の全てが摩擦フローエレメント15に進入するように、摩擦フローエレメント15と流体連絡している。流体制御バルブ10の筐体と一体とすることができる圧力変換器などの第1の圧力センサ24は、第1の圧力を感知するために（流体制御バルブ10の出口またはその近くなどの）摩擦フローエレメント15の入口またはその近くに定置され、圧力変換器などの第2の圧力センサ25は第2の圧力を感知するために摩擦フローエレメント15の出口またはその近くに定置されている。代案として、単一の差圧感知デバイスを使用することができる。流体と接触する圧力センサの部分は、好ましくは、サファイアなどの（その応用例で使用されている流体に関して）不活性な材料から作られているか、または、パーフルオロポリマーなどの接触する流体と親和性を持つ材料で被覆されている。好適な圧力センサの詳細は図7に示す。したがって、センサ筐体60は流体入口61および入口61から間隔を空けられた流体出口62を有する。圧力および温度の各センサ64はパーフルオロエラストマ製Oリング63で筐体60内に封閉されている。端部キャップ65は、示すように複数のステンレス鋼ボルトまたはピン66を使用するなどして、筐体60に結合されている。センサ64は入口61と出口62の間の流路における圧力および温度を感知し、感知された圧力および温度を表す信号を制御器に送る。

【0020】

再び図1を参照すると、ソレノイドなどの空気式比例制御バルブ20は流体制御バルブ10に空気式で接続されている。各圧力センサ24、25（または、単一の差圧感知デバイス）は、比例積分微分（PID）フィードバック構成部分を有する制御器などのコンピュータプロセッサまたは制御回路30と通信する。各センサ24、25がそれぞれの流体配管内の圧力および温度をサンプリングすると、各センサはサンプリングされたデータを制御器30に送る。制御器30はその値を比較し、以下にはるかに詳細に検討するように摩擦フローエレメント15にわたる圧力降下を算出する。この圧力降下に基づく制御器30からの信号は空気式比例制御バルブ20に送られ、バルブ20はその信号に従って流体制御バルブ10を、好ましくは温度および／または粘度および／または密度に対して補償した後調整する。

【0021】

より詳細には、システムは、好ましくは、流体の標準として消イオン水（純水）またはイソプロピルアルコールなどの好適な流体を使用して、分注される流体に対して較正される。例えば、一旦システムが標準に対して較正されれば、好ましくは実験的に、粘度および密度などの分注される流体の特性は自動的に入力されるか、または、決定され、それにより、分注される流体は標準と比較され、かつ関係を確立することができる。この関係に基づき、摩擦フローエレメントにわたる（温度、粘度などに対して任意で補正された）測定された圧力降下は流量に相関され、所望または目標の流量に比較され、かつ流体制御バルブ10はこれに従って空気式比例制御バルブ20により調整される。

【0022】

独立して、好ましくはユーザがプログラム可能な比例バルブであるサックバックバルブ21は（空気式比例制御バルブ20と同じ、または、異なるとすることができる）ソレノイドなどの比例制御バルブと連絡しており、制御器により（または、異なる制御器により）制御されている。このバルブ21は、流体の分注が停止されたか、または、移行中の時に作動され、それにより、流体の分注操作が中断された時にウェハ上に落下し得る不要な液滴の形成を低減または排除し、かつ大気への流体の露出を最小に抑えるか、または、防止するために分注ノズルから流体を引き戻す。サックバックバルブの開放および閉鎖の速度および程度はこれに従って制御される。好ましくは、サックバックバルブ21は流体制

御バルブ 10 の下流に位置している。

【0023】

流体制御バルブ 10 および／またはサックバックバルブ 21 に対して圧力を制御することにより、様々な流体分注パターンを制御することができる。例えば、分注される液体が低粘度液体である場合、流体制御バルブ 10 は液体の均一な分注を確実にするために圧力を使用して注意深く調整することができる。同様に、液体が分注される割合は、液体がサックバックバルブ 21 による分注の箇所から吸い戻される割合が制御できるように、制御することができる。使用されている特定の流体制御バルブ 10 の圧力対体積の関係が一旦特性決定されれば、無制限の柔軟性を本発明のシステムを使用して得ることができる。確かに、分注圧力は分注の品質（例えば、均一性）の優れた目安であるが、「理想的な」分注圧力プロファイルは全ての用途に対しては存在せず、かつ全ての流体制御バルブの間で一貫してはいない。本発明の制御システムは、流体制御バルブの特性が一旦知られれば、特定の工程の用途に対する「理想的なプロファイル」を達成するために、工程技術者が分注圧力を調整することを可能にする。

10

【0024】

図 8 A から 8 E は本発明の好ましい実施形態による一体化流体制御バルブ 10 およびセンサ組立体を示す。バルブは実質的に線形であり、作動ダイヤフラムにかかる圧力が増大すると、流体流量もそれに従って増大することを意味する。加えて、バルブは最小のヒステリシスを示す。好ましくは、圧力（および温度）センサは流体流の中に定置され、摩擦フローエレメントの入口のちょうど前で、筐体 60 はバルブ主筐体 70 と一体である（したがって、流体圧力と温度を検知する）。

20

【0025】

図 8 B、8 C、8 D、および、8 E を特に参照すると、バルブ頂部キャップ 71 は 2 つの同心環状リング 84 および 85 を含み、これらは、空気式リング 74 を使用して筐体内のバルブ空気式ダイヤフラム 73 を封閉する合成ゴム O リング 72 を受けるための環状溝を間に規定する。反対側のねじ付きのバルブボタン 76 は、バルブ頂部ダイヤフラム 77 およびバルブ底部ダイヤフラム 78 を挟み、バネ 80 を使用してバイアス力をかけている。内部組立体は、ステンレス鋼ネジ 75 にねじ込むねじ付きのボタン 76 とともに保持されている。外部組立体はバルブ底部キャップ 82、ステンレス鋼のピンまたはボルト 83、および、バルブ頂部キャップ 71 とともに保持されている。バルブ頂部キャップ 71 に結合されているのは、好適な配管などを使用した空気式比例制御バルブ 20 への空気式接続のためのプッシュオン継ぎ手である。（入口および出口のための）流体制御バルブ 10 内の流路は、図 27 A から D に示すように、圧力降下および掃引される（un swept）体積をさらに最小に抑えるためにインラインではない。バルブ内外のオフセット流路は、スラリまたは他の流体が容易かつ最小量の蓄積で流れることを可能にする。

30

【0026】

流体はバルブ入口 12 に進入し、内部の入口開口部 99 を介して環状空洞 90 に到達するまで線形通路 12 A を流れる。流体は空洞 90 内で螺旋になる傾向があり、バルブを開放するために空気圧が印加されると、ダイヤフラム 77 および 78 を通って狭い環状通路 92（図 8 B および 8 D）および空洞 89 に流れ込む。線形路 13 A を介して（出口開口部 85 を介して）出口 13 に向かう螺旋流体流路が空洞 89 内に発生される。空洞 89 と 90 の間の圧力損失を最小に抑えるため、および、発生された圧力降下を使用してデバイス内の流体を掃引する作用を最適化するために、放射状または面取りされた肩 93（例えば、0.1 cm（0.04 インチ））を、バルブの封閉面に導入することができる。好ましくは、流体入口経路 12 A および流体出口経路 13 A は、流体が均一に流れるのを補助するために、および、圧力降下および蓄積を最小に抑えるために、それぞれ空洞 89 および 90 の（中心軸を介するより、むしろ）接線に沿って位置する。

40

【0027】

プッシュオン直線継ぎ手 86 に進入する圧力を制御することにより、バルブ空気式ダイヤフラム 73 が撓む量が制御される。空気空洞 88 における圧力が高まるに従い、空気式

50

ダイヤフラム 73 はより撓み、頂部バルブボタン 76 を押し込み、これがダイヤフラム 77 および 78 を撓ませ、バネ 80 を縮ませ、かつ通路 92 (図 8 D) を部分的に規定するバルブ台座または肩 93 からダイヤフラム 78 を脱座させ、バルブを開放させる。より詳細には、バルブは、バネ 80 および空気圧が互いに対抗し合うように設計されている。バネ 80 は 3 つのダイヤフラム全てを押し、底部ダイヤフラム 78 が、肩 93 に対して着座することにより主バルブ本体を封閉させる。空気圧が導入されると、空気圧はバネ 80 に対抗する。一旦十分な圧力が印加されると、バネは最早バルブを閉鎖には保持することができなくなる。バネは縮み、ダイヤフラムに、縮んだバネの方向に撓ませ、バルブを開放させる。空気圧が高まるに従い、バネ 80 はより多く縮み、かつバルブはより多く開放される。

10

【0028】

サックバックの選択肢に加え、流体制御バルブが閉鎖する速度も、分注端部またはノズルの出口ポートにおける液体の高さを効果的に制御することができ、多くの場合において、サックバックバルブの選択肢をそっくり置き換えることができる。これは、バルブ設計の 2 つの流体ダイヤフラムにより可能となる。バルブが閉鎖されると、空気空洞内で圧力が解放され、バネの負荷は大きくなり、バルブ底部流体ダイヤフラム 78 (図 8 D) をバルブ台座着座位置に強制的に嵌合させる。流体ダイヤフラム 78 が嵌合すると、流体ダイヤフラム 77 は空気空洞に向けて外側に曲がる。この変位は小さなサックバック効果を引き起こし得る。

【0029】

制御器はバルブ間での応答時間の差を大幅に低減する機能を含むことができる。特定のバルブに対する開放圧力要件に依存して、アイドリング圧力は、ユニット間で等しい応答時間を作り出すために調整することができる。アイドリング圧力は、流れを生成するために作動されてはいない時に空気空洞に供給される圧力である。したがって、もし特定のバルブが開くために $2,790.8 \text{ g/cm}^2$ (40 psi) の空気圧を必要とし、別のバルブが $2,093.1 \text{ g/cm}^2$ (30 psi) の空気圧を必要とするなら、アイドリング圧力はそれぞれ $1,046.6 \text{ g/cm}^2$ (15 psi) および 348.9 g/cm^2 (5 psi) に設定することができる。その結果、双方のバルブは、ほぼ同じ長さの時間で開くために空気圧の $1,744.3 \text{ g/cm}^2$ (25 psi) の変化を必要とする。バルブのアイドリング機能は最低限の設定要件でシステムのための窒素パージとしても機能する。システムの筐体内部、特に電子回路が位置する場所での安全なパージを提供するために、最小量のパージガス、好ましくは窒素を空気式比例制御バルブから逸出することを可能にするべく、バルブは開放状態に保持することができる。

20

30

【0030】

図 30 は空気式比例制御バルブ 20 を絞る／開放するためのバルブ駆動信号を発生することができる制御器 2700 の 1 つの実施形態を示すブロック図である。制御器 2700 は電源 2702、ハウスキューピングプロセッサ 2704、圧力回路 2705、補助機能回路 2706、制御バルブ駆動器 2708、サックバックバルブ駆動器 2709、コンポートインターフェイス 2710、I/O 回路 2711、および、制御プロセッサ 2712 を含むことができる。制御プロセッサ 2712 はフラッシュメモリ 2714 を含むことができる。このフラッシュメモリ 2714 は、図 6 に関して説明する圧力回路から受信された圧力信号に基づくバルブ制御信号を発生するために、実行可能である 1 組のコンピュータ読取り可能命令 2716 を保存することができる。制御器 2700 の様々な構成部分はデータバス 2718 を介して通信することができる。コンピュータ読取り可能命令 2716 が単一プロセッサにおけるソフトウェアとして示される一方、コンピュータ読取り可能命令はソフトウェア、ファームウェア、ハードウェア命令として、または、当技術分野において知られているいずれの好適なプログラミング方法でも実施することができることに注意されたい。加えて、命令は複数のメモリ間に分布させることができ、かつ複数のプロセッサにより実行することができる。

40

【0031】

50

動作において、電源 2702 は制御器 2700 の様々な構成部分に電力を供給することができる。圧力回路 2705 は上流および下流の圧力センサから圧力を読み取ることができる。制御プロセッサ 2712 に上流および下流の圧力信号を供給することができる。制御器圧力 2712 は、圧力回路 2705 および制御バルブ駆動器 2708 から受信された圧力信号に基づきバルブ制御信号を算出し、今度は、バルブ制御信号に基づきバルブ駆動信号を発生することができる。バルブ制御信号の発生は以下に図 6 に関して検討する方法により行なうことができる。この方法は、制御プロセッサ 2712 によりアクセス可能なコンピュータ読取り可能なメモリ（例えば、RAM、ROM、FLASH、磁気保存または当技術分野において知られている他のコンピュータ読取り可能なメモリ）に保存されるソフトウェアまたは他のコンピュータ読取り可能命令として実施することができる。

10

【0032】

制御器 2700 の他の構成部分に関して、ハウスキーピングプロセッサ 2704 は、他のデバイスとの通信、または当技術分野において知られているいずれかの他のプログラム可能な機能を含む様々な機能を実行する、汎用プロセッサとすることができる。汎用プロセッサの 1 つの例は Intel 8051 プロセッサである。補助機能回路 2706 は他のデバイスとのインターフェイスとすることができる。サックバックバルブ駆動器 2709 はサックバックバルブ（例えば、図 1 のサックバックバルブ 21）を制御することができる。コンポートインターフェイス 2710 および I/O 回路 2711 は、制御器 2700 へ及びそれからデータを通信する様々な手段を提供することができる。追加の構成部分は、当技術分野において知られているデバイスモニタリング機能を実行することができる監視部 2720、様々な EEPROM または他のメモリ、拡張ポート、または、当技術分野において知られている他のコンピュータ構成部分を含むことができる。

20

【0033】

図 31 は、比例制御バルブ 20 を絞る／開くためのバルブ駆動信号を発生することができる制御器 2700 の制御論理回路の 1 つの実施形態を示すブロック図である。制御器 2700 の構成部分のいくつかは、制御プロセッサ 2712、コンポートインターフェイス 2710、および、監視部 2720 を含めて示す。加えて、拡張ポート 2802 を示す。拡張ポート 2802 は制御器 2700 の機能を拡張するためのドーターボードを追加するために使用することができる。

【0034】

図 31 の実施形態において、ハウスキーピングプロセッサ 2704 の機能は、演算部分 2806、メモリデバイス部分 2808、および、二連ポート RAM 部分 2810 の 3 つの部分に分割される。メモリデバイス部分 2808 はフラッシュメモリ、RAM、EEPROM、および、当技術分野において知られている他のコンピュータ読取り可能なメモリを含む様々なメモリを含むことができる。ハウスキーピングプロセッサ 2704 にフラッシュメモリを設ける 1 つの利点は、フラッシュメモリが、例えばコンポートインターフェイス 2710 を介した、ファームウェアの更新の容易なダウンロードを可能にすることである。加えて、メモリデバイス部分 2808 はチップの選択およびアドレスの復号化のための機能を含むことができる。メモリデバイス部分 2808、二連ポート RAM 部分 2810、および、演算部分 2806 の各々が単一のプロセッサにおいて実施できることに注意されたい。

30

40

【0035】

制御プロセッサ 2712 は、図 6 に関して説明するように、圧力回路から受信された圧力信号に基づきバルブ制御信号を発生するために、実行可能である 1 組のコンピュータ実行可能命令 2716 を保存することができるフラッシュメモリ 2714 を含む。本発明の 1 つの実施形態において、制御プロセッサ 2712 およびハウスキーピングプロセッサの演算部分 2808 は、二連ポート RAM 部分 2810 への相互アクセスを介してデータを共有することができる。制御プロセッサ 2712 およびハウスキーピングプロセッサの演算部分 2808 は、単一のシステムクロック 2812（例えば、20 MHz クロック）または異なるシステムクロックにより駆動することができる。

50

【0036】

図32は圧力制御回路2705の1つの実施形態を示す。圧力制御回路2705は、それぞれ上流および下流の圧力センサから入来する上流圧力入力2902および下流圧力入力2904を含むことができる。入力上流および下流信号は、A/D変換器2905および2906によりデジタル信号に変換される前に増幅および濾過することができる。図32に示すように、圧力制御回路2705は、A/D変換器2908によりデジタル信号に変換できる差圧信号を発生することもできる。圧力制御回路は、圧力センサに加えられた知られている圧力に基づきセンサの読みの変化を補償するためのハードウェアおよび/またはソフトウェアを含むことができる較正回路2910により較正することができる。

【0037】

加えて、圧力制御回路2705は、A/D変換器において増幅およびデジタル信号に変更することができる（例えば、入力2920および2922における）受信した上流および下流の入力温度信号を使用することができる。圧力センサ24および25（または、差圧センサ）の1つまたは双方は各々が、自身の個々の位置において（例えば、場合に応じて、摩擦フローエレメント入口または出口、または、その近くにおいて）流体の温度を感知する温度感知デバイスを含むことができる。この温度感知デバイスは、入力2920および2922に入力温度信号を供給する。代案として、温度センサは圧力センサとは別個とすることができる。感知された温度は制御器に通信され、制御器では、適切な流体流量補正が算出され、空気式比例バルブ20に送られる信号が温度変化を補正するための計算に基づき算出される。この操作は好ましい。なぜなら、圧力センサ自体は流体により吸収される熱を発生し、システムにおける流体流特性に影響を及ぼし得るからである。すなわち、センサ面における局所温度変化はセンサの出力を変化させ得る。本発明の他の実施形態は、例えば圧力センサ自体などの定電流デバイスにわたる電圧降下に基づき、温度誤差に対して補正することができる。

【0038】

図4は圧力制御回路2705の他の実施形態を示す。図4に概略を示すように、圧力センサ24および25は2つの測定機器増幅器を使用し、一つは上流圧力のため、もう一つは下流圧力のためである。デジタル利得およびオフセット制御は各センサを自動的に、または、手動で較正するために使用することができる。これら2つのアナログ圧力信号は、アナログ/デジタル変換器を使用して変換することができ、差圧は値を単純に差し引くことによりソフトウェアにおいて導出できる。この技術の1つの短所は、分解能の妥協およびコモンモードである。アナログ/デジタル変換器は各信号を変換しなければならず、コモンモードを数学的に除去する。アナログ/デジタル変換器の高められた分解能は必要な差圧を得るために好ましい。例えば、もし下流圧力が $1,046.6 \text{ g/cm}^2$ (15 psi)であり、この流量に対する差圧が 6.98 g/cm^2 (0.1 psi)であるなら、上流圧力は $1,053.5 \text{ g/cm}^2$ (15.1 psi)となる。もしフルスケールの圧力が $2,093.1 \text{ g/cm}^2$ (30 psi)であるなら、これは 5.00 Vdc に変換され ($1,046.6 \text{ g/cm}^2$ (15 psi) = 2.50 Vdc)、各変換器は最大ピーク圧力 ($2,093.1 \text{ g/cm}^2$ (30 psi)) まで測定するために構成されなければならない。 $1,053.5 \text{ g/cm}^2$ (15.1 psi) は 2.517 Vdc であるので、差圧信号は (5.00 Vdc から) 0.017 Vdc となる。各アナログ/デジタル変換器との電気通信において第3の増幅器を追加することにより、コモンモードは除去され、かつアナログ/デジタル変換器はコモンモードよりはるかに小さい最大差圧を分解しなければならないのみとなる。したがって、上記の実施例におけるフルスケールの差圧は、 5.00 Vdc に変換される 348.9 g/cm^2 (5 psi) に等しい。このことは、6の係数により解像度を上昇させる。

【0039】

差圧増幅器の利得も増大させることができ、これは差圧信号の分解能をさらに上昇させる。このことは単一の差圧センサを使用しても行なうことができるが、1つの実施形態において、独立した信号上流および下流圧力は確かめられない。

10

20

30

40

50

【0040】

上流および下流の圧力に対するアナログ／デジタル変換器は、好ましくは、含まれる。したがって、これらの別個の圧力は、上流および下流の圧力をモニタするため、および、処理の変化（例えば、フィルタの切り換え）を決定するために使用することができる。これらの圧力は、粘度の算出において使用することができる単一圧力の制御のために別個に使用することもできる。

【0041】

図6は流量制御バルブ10の調整のための制御アルゴリズムの1つの実施形態を示すフローチャートである。アルゴリズムは、コンピュータ読取り可能なメモリ（例えば、RAM、ROM、磁気保存デバイス、または、当技術分野において知られているいずれかの他のコンピュータ読取り可能なメモリ）に保存された1組のコンピュータ命令を実行する制御器（例えば、図1の制御器30）により実施することができ、かつ適応型制御器からのFuzzy論理および要素から取られた技術を含むことができる。したがって、制御器は動的モデルに基づく線形制御システムである。適応または知的制御は、望ましい場合、より高い正確さのために使用することができる。適応制御は、制御システムの全体的な動作を改善するための非線形最適化器を使用することができ、かつ当技術分野の技術範囲内である。制御器の1つの実施形態は図30に示す。

【0042】

より詳細には、図6を参照すると、工程902において、制御器は、例えば上流および下流の圧力センサ（例えば、A/D変換器2905および2906）に連動したアナログ／デジタル制御器から、上流および下流の圧力信号を読み取ることができる。この時点において、上流および下流の圧力信号は、圧力センサにより生成されたアナログ電圧を表す電圧サンプリング結果（すなわち、デジタルのサンプリング結果）とすることができる。工程904において、制御器は温度センサの読みに基づき温度も読み取ることができるか、または、センサを介した現在の流れに基づき温度を算出することができ、かつ当技術分野において知られているいずれかの温度補正アルゴリズムを使用して温度に対して上流および下流の圧力信号を補正することができる。工程906において、制御器は上流および下流の圧力信号を濾過することができ、かつ工程908において、圧力信号を圧力値に変換することができ、圧力値はメモリに保存することができる（工程909）。

【0043】

工程910および911において、制御器は、上流および下流の圧力に対する積分および微分の値を、および、それらのいかなる補正も算出することができる。積分および微分の値の算出は当技術分野において知られているいずれかの方法に従って行なうことができる。制御器は上流および下流の圧力の差も計算することができ（工程912）、かつ保存することができる（工程914）。工程916において、制御器は上流および下流の圧力に対する微分および積分の値に基づき誤差信号を算出することができ、工程918において、誤差信号の値を保存することができる。本発明の1つの実施形態において、誤差利得は工程920において誤差信号に加算することができる。このことは、低圧力における小さな信号値に対する補償に役立てることができる。

【0044】

工程922において、制御器はバルブ利得を読み取ることができる。バルブ利得曲線の1つの実施形態を図5に示す。この曲線は現在位置に比例してバルブに印加される信号の利得を調整する。ソフトウェアで実施された利得曲線は、システムがバルブ間での変化に対して補正することを可能にする。特定のバルブにおける変化に対して補正することに加えて、バルブ利得曲線は行き過ぎ量、不足量、および、応答時間に対しても補償することができる。図5において、バルブA（線500）およびバルブB（線501）の2つのバルブに対するバルブ利得曲線を示す。各バルブ（または、バルブの各分類）に対する曲線は経験的に決定することができ、かつ制御器のメモリに保存することができる。曲線は現在のバルブの位置に基づきバルブ制御信号の利得を調整するために使用することができる。

10

20

30

40

50

【0045】

図5のグラフにおいて、X軸はバルブの位置を表し、Y軸は利得を表す。本発明の1つの実施形態において、各曲線は最大利得、最小利得、傾き開始点、および、傾き終点の4つの点を使用して作成されている。最大利得は典型的にバルブのオフの位置で開始され、傾き開始点まで延長する。最小利得は傾き終了位置で開始され、バルブのストロークの100%点で終了する。実際の傾きは傾き開始点から傾き終点までの利得の線形減少となっている。制御器は個々のバルブに対するバルブ利得曲線を読み取ることができ、かつそれに従ってバルブ制御信号を調整することができる。例えば、バルブAが配管502と504の間にある時、工程922において、制御器はバルブ曲線を読み取ることができ、かつ高い利得を補うために制御信号に対して値を調整する。バルブを閉鎖に保持している力を克服するために、バルブAが配管502と504の間に位置決めされると、曲線は、バルブ信号の利得が高いままで留まることを可能にする。バルブが実際に開放されつつある点において、制御器は、バルブ利得曲線およびバルブの位置に基づき、減少しつつある利得を考慮して、制御信号を調整することができる。制御器は、バルブ利得曲線に沿ったいずれの点においてもバルブ利得を補うために制御バルブ信号を調整することができる。図5に示すバルブ利得曲線は例の方法によってのみ提供され、制御器は制御器によりアクセス可能であるいずれかのコンピュータ読取り可能なメモリにおいて保存されているいずれのバルブ利得曲線に基づいてもバルブ制御信号を調整することに注意されたい。

【0046】

工程924において、制御信号は誤差信号および圧力値に基づき発生することができ、デジタル／アナログ変換器（例えば、制御バルブ駆動器）に書き込むことができる。デジタル／アナログ変換器はバルブを駆動するためのアナログのバルブ駆動信号を生成することができる。本発明の実施形態は、バルブ制御信号を緩慢にするためのバルブ一体化（valve integration）工程（例えば、工程926）および適応調整工程（例えば、工程928）も含むことができる。適応調整工程は現在のバルブ制御信号を調整するために使用することができる所定数の保存されている以前の位置の値を読み取ることができる。

【0047】

加えて、制御器は適応調整の一部とすることができるモニタリング工程930を行なうこともできる。この機能は点の行き過ぎ量、不足量、設定時間、ループ安定性、および、パーセント誤差などのデータをリアルタイムで編集する。準備モードの間、編集されたデータは制御器により分析され、制御器は性能を最適化するために制御値を調整する（すなわち、適応調整工程928を行なう）。

【0048】

粘度の変化に対して補償するために、制御器がバルブ制御信号も調整できることに注意されたい。流体の粘度が同じ速度もしくは流量に対するデルタPの測定値を変化させるため、補正を行わなければならない。補正の1つの方法は現在のデルタPおよび速度もしくは流量と、イソプロピルアルコールまたは水などの標準のデルタPおよび速度若しくは流量とを比較することである。続いて、差はユーザにより入力することができる。他の方法は内部パラメータを測定し、それらを所定の同様のパラメータと比較し、差に対して内部的に補償することである。第3の方法は、異なる流体に対して実験室で作成された曲線を使用する。複数の曲線は制御器に保存することができ、ユーザにより選択することができる。

【0049】

様々な制御パラメータは広範な種類の応用例にわたりサックバックバルブの適切な動作を確実にするために設定することができる。例えば、サックバックバルブの「オフ時間」は「オン」から「オフ」への圧力遷移の時間を調整する。これは、バルブのダイヤフラムが完全に拡張された位置からサックバック位置に移動するための時間である。これを速く移動し過ぎることは、流体のカラムに、空気の泡をカラムまたは空洞内に引き込ませ得るか又は気泡をつくる。サックバックバルブ「オン時間」は「オフ」から「オン」への圧力

の遷移の時間を調整する。これは、バルブダイヤフラムの端部をサックバック位置から完全に拡張された位置に移動するために必要な時間である。これを速く移動し過ぎることは流体のカラムを「膨張」させ、これが実際の分注割合を有害に変化させ得る。2つの他の設定がある。すなわち、サックバックオンおよびオフの圧力設定である。これら2つの調整は、バルブが移動し、所望のサックバック量を作り出す距離を決定する。この圧力の差が大きくなるに従い、サックバック量も増加する。オン圧力およびオフ圧力の双方は2つの理由のために使用されている。すなわち、同様のタイプの異なるバルブにおける差を収容するため、および、異なるバルブおよび他のシステム構成における非線形性に対して調整するためである。この動作全体は、制御バルブの停止動作およびサックバック動作を分離するために遅延することもできる。いくつかの応用例において、図29に示すように、サックバックバルブは、流体の停止動作中に作動された別個のサックバック位置で流体の停止動作において制御バルブを補助するために使用することができる。この補助機能は停止の開始または停止の終了の一部としてロードされた停止動作の一部としてプログラムすることもできる。したがって、通常のサックバック位置は、プログラムされていれば、遅延に続いて吸い戻すために使用される。図2を参照すると、筐体100は本発明の様々な構成部分を含んで示す。好ましくは、LED板105および主印刷回路板106などの電氣的構成部分、ならびに、空気式比例バルブマニフォールド110は、摩擦フローエレメント15および流体制御バルブ10などの流体から隔離されている。流体は（図示しない）流体入口において主流体制御バルブ10に進入する。続いて、流体はバルブを介して摩擦フローエレメント15に差し向けられ、図示する実施形態において、摩擦フローエレメント15は比較的短い直線部分15Bを含み、直線部分15Bは螺旋状巻かれ、別の比較的長い直線部分15Aにおいて終端し、直線部分15Aでは第2の圧力（および温度）の感知が行なわれる。摩擦フローエレメント15は管もしくは導管、または、例えば流体が流れる際に測定可能な圧力降下を作り出すために十分な寸法の平行中空繊維管の束とすることができる。他の好適な摩擦フローエレメントは重合体材料、多孔膜、フリット、および、フィルタのブロックにあるものなどの蛇行する流路を含む。好ましくは、摩擦フローエレメントはずれを引き起こし得る詰まりまたは過剰な乱流を促進し得る90度の曲がり部分を回避している。摩擦フローエレメント15は直線とすることができるが、最も好ましくは、摩擦フローエレメント15は空間を節約するために螺旋状コイルであり、螺旋状コイルの直径および長さは一部流量に依存する。したがって、摩擦フローエレメント15の直径および長さは、「雑音」が無視可能となるように、必要な圧力降下の関数である。与えられた流体、管の長さ、および、システムの条件に対して、管の直径が小さくなるに従い、圧力降下は大きくなる。圧力降下は、流体の粘度が与えられた管の幾何学的形状に対して増大するに従い、増大する。例えば、約0.12cm（0.047インチ）の壁の厚さで約101.6cm（約40インチ）の長さで0.64cm（1/4インチ）OD管の摩擦フローエレメント15のためにサイズが決定された流体制御バルブ10に対して純水を分注する場合、例えばデバイスに対して外部の供給流体圧力、供給空気圧、および、システムの圧力降下などのシステムの条件に同じく依存して毎分約2リットルの最大流量を導入することができる。流量の範囲は単に摩擦フローエレメント15の幾何学的形状を変化させることにより与えられた分注／流れの状態に対して最適化することができる。好ましくは、エレメント15から流れ出す流体の遷移を最小に抑えるか、または、排除するために、摩擦フローエレメントの内径はエレメント15の下流の配管または他の流路の内径と同じまたは実質的に同じである。摩擦フローエレメント15を介した流れは層状または乱流とすることができる。したがって、流路は以下になる。流体は流体制御バルブ10の流体入口に進入し、バルブを介して（かつ圧力および温度センサを通り過ぎて）摩擦フローエレメント15の入口に流れ、摩擦フローエレメント15を介して、摩擦フローエレメント出口で出て（かつ摩擦フローエレメント15の出口の上流および下流に位置決めされた圧力および温度センサを通り過ぎて）流れる。本設計の柔軟性は、例えば流れおよび／または流体の特性に基づく本発明の実施形態における摩擦フローエレメント15の容易な相互交換性を可能にする。

【0050】

圧力降下を発生させるために使用される他のタイプのデバイスは、不要な副次効果をもたらすか、または、工業用処理の用途に対して、より適している。これらの悪影響は制御されない過剰な入口および出口の圧力損失、局所領域の逆流または渦流、および、トラップ区画を含む。これらの代替の圧力降下エレメントは、ベンチュリー管、流量ノズル、オリフィス系（薄板矩形エッジ型、四分円エッジ型、偏心型、および、扇形型）、遠心型、および、線形抵抗を含む。

【0051】

以下の実施例は1組の摩擦フローエレメントの仕様を例証する。

長さ50.8cm（20インチ）で2.5回巻きの内部直径1.6mm（0.0625インチ）を有する螺旋コイルは、室温において0.5cc/秒と5cc/秒の間の水を典型的に流す。 10

【0052】

長さ101.6cm（40インチ）で5.5回巻きの内部直径4.0mm（0.156インチ）を有する螺旋コイルは、室温において1cc/秒と30cc/秒の間の水を典型的に流す。

【0053】

長さ50.8cm（20インチ）で2.5回巻きの内部直径6.35mm（0.250インチ）を有する螺旋コイルは、室温において0.5lpmと5lpmの間の水を典型的に流す。 20

【0054】

長さ50.8cm（20インチ）で2.5回巻きの内部直径9.53mm（0.375インチ）を有する螺旋コイルは、室温において2lpmと10lpmの間の水を典型的に流す。

【0055】

特定の応用例において、流体入口12（図1および8C）に進入する流体の圧力は低すぎるかまたは高すぎる可能性がある。流体圧力を調整するために、図3に示す補助入力モジュール200は分注モジュールの上流で使うことができる。補助入力モジュール200は主本体または貯液部90、および、モジュール基部92と覆い93の間に固定された4つの（パネ97のバイアス力のために）通常は閉鎖されるきのこバルブ91を有する。 30
4つの流体継ぎ手94および94Aは示すように基部92にねじ込まれている。1つの継ぎ手は圧力ポート、他の1つは真空ポート、他の1つ（94A）は流体入力、および、他の1つは排出口である。4つのプッシュオン継ぎ手95は覆い93に固定され、きのこバルブ91を作動するために窒素を供給し、きのこバルブ91は今度はポート94および94Aに流れを開く。示すように、流体出口98は主本体90の底部に設けられている。レベルセンサ96は、ブラケット101を使用して主本体90に固定され、モジュールの主本体または貯液部90内の流体の高さを感知する。（図示しない）フィルタは主本体90内に設けることができる。

【0056】

モジュール200を加圧された流体源で満たすために、入口および排出バルブは実質的に同時に開放することができ、高さセンサ96により感知されるように、特定の継続時間にわたり、または、特定の流体高さが達成されるまで、加圧された流体流がモジュール200に流れ込む。排出バルブは、流体が貯液部90に進入するのを入口バルブが可能にしている際に圧力を均等化するために使うことができる。続いて、システムに対する流体流が望ましいとき、入口および排出バルブは閉鎖され、流体供給圧力バルブが開放され、流体制御バルブ10が開放される。 40

【0057】

供給源からの流体圧力が適切な操作に対して低すぎる場合、供給圧力を増強するために充填サイクルに続いて圧力をかけることができる。これは、継続的に、または、必要な時にのみ適用することができる。同様に、流体供給圧力の変動が起きた時に、必要な場合は 50

圧力をかけることができる。

【0058】

圧力のかかっていない供給源が使用された場合、入口および真空のバルブは実質的に同時に開放することができる。真空バルブは流体源から流体を引き入れるために使用される。

【0059】

モジュール200は消泡器としても使用することができる。特に、上記に説明したように、サイクルの充填部分は圧力のかけられた流体源に対するものである。一旦貯液部90が所望の高さにまで充填されれば、入口および排出は閉鎖され、ユーザのプログラム可能な時間または所望の時間にわたり流体に真空が印加され、それにより、流体から泡を除去する。 10

【0060】

代案実施形態において、例えば空間の削減が強く優先される場合、図12から23に示すバルブを使用することができる。図8のバルブのように、図12のバルブ頂部キャップ71'は2つの同心環状リング84'および85'を含む。これらは、頂部空気式リング74'を使用して筐体内のバルブ空気式ダイヤフラム73'を封閉する合成ゴムOリング72'を受けるための環状溝を間に規定する。反対側のねじ込まれたバルブボタン76'は、バルブ頂部ダイヤフラム77'およびバルブ底部ダイヤフラム78'を挟み、バネ80'を使用してバイアス力をかけている。内部組立体はステンレス鋼ネジ、ボルト、または、ピン75'にねじ込まれたネジ山を有するボタンとともに保持されている。外部組立 20
体はバルブ底部キャップ82'、ステンレス鋼のピンまたはボルト83'、および、バルブ頂部キャップ71'とともにそのまま保持されている。バルブ頂部キャップ71'に結合されているのは、好適な配管などを使用した空気式比例制御バルブ20への空気式接続のためのプッシュオン継ぎ手である。(入口および出口のための)流体制御バルブ10内の流路は、図27Dに示すように、圧力降下および未掃引体積をさらに最小に抑えるためにインラインではない。バルブ内外のオフセット流路は、スラリまたは他の流体が容易かつ最小量の蓄積で流れることを可能にする。

【0061】

バルブ筐体70'は、好ましくは、バルブに一体化したセンサ筐体を備えた成形設計である。図8のセンサ筐体60とは異なり、一体化実施形態は単一のセンサ端部キャップ6 30
5'のみを必要とし、関与する部品の数を大幅に低減し、かつ破局的な故障を引き起こし得る機械加工のバリを排除する。

【0062】

図12から14に示すバルブ筐体の実施形態において、流体はバルブ入口12'の入口に進入し、入口開口部99'を介して環状空洞90'に到達するまで線形通路12A'を流れる。流体は空洞90'で螺旋状になる傾向があり、図8Bおよび8Dにおいて示す上述の実施形態の場合のように、一旦バルブが開放されれば、2つの流体ダイヤフラムを通り過ぎて狭い環状通路に流れ込み、第2の空洞に流れ込む。線形路13A'を介して(図示しない)出口開口部を介して出口13'に向かう螺旋流体流路が第2の空洞89'内に発生される。発生された圧力降下を使用したデバイス内の流体の掃引作用を最適化するために、空洞90'と89'の間の圧力損失を改善するべく、放射状体または面取り(例えば、0.1cm(0.04インチ))は、前述と同様にバルブの封閉面に導入することができる。好ましくは、流体入口経路12A'および流体出口経路13A'は、流体が均一に流れるのを補助するために、および、圧力降下を改善するために、それぞれ空洞89'および90'の(中心軸を介するより、むしろ)接線に沿って位置する。入り口12'および出口13'は、例えば、好適な筐体への便利な結合のために、示すように、外部ネジ山を有することができる。 40

【0063】

第1および第2の空洞90'および89'の下流の流路13A'に位置するものは、第1のセンサ筐体60'である。センサ筐体60'は第2の空洞89'および出口13'と 50

流体連絡している。圧力および／または温度のセンサ 64' はパーフルオロエラストマ (K A L R E Z) 製 O リング 63' を使用するなどして筐体 60' 内に封閉されている。端部キャップ 65' は、示すように複数のボルトまたはピン 66' を使用するなどして筐体 60' に結合されている。センサ 64' は、センサ筐体 60' の入口と出口の間の流路における圧力および／または温度を感知し、感知された値を表す信号を制御器に送る。

【0064】

バルブのこの実施形態は、センサ筐体 60' に構成が好ましくは同一である第 2 のセンサ筐体 160' も含む。図 13 に示すように、第 2 のセンサ筐体 60' は、入口 112' および入口 112' から間隔を空けられた出口 113' と流体連絡している。

【0065】

したがって、この実施形態のバルブは図 14 A および 14 B を特に参照して、以下のよう

に機能する。バルブへの流体入口の流れは入口 12' に進入し、バルブが開放されるまで流体が収容される第 1 のバルブ空洞 90' に通路 12 A' を介して流れる。一旦バルブが開放されれば、流体は第 1 の空洞 90' から開口部を介して第 2 の空洞 89' に流れる。第 2 のバルブ空洞 89' から、流体は出口開口部を介して流出し、流体の圧力および／または温度が感知され、かつ記録され、かつ／または、制御器に伝送される第 1 のセンサ筐体 60' に進入する。図 14 B に示すように、流体は出口 13' を介してバルブ組立体を流出し、(図示しない) 好ましくはコイル状の管である摩擦フローエレメントを通過し、続いて、入口 112' を介してバルブ組立体に再進入する。流体は、圧力および／または温度が再び感知され、かつ記録され、かつ／または、制御器に伝送される第 2 のセンサ筐体 160' に流れ込む。第 2 のセンサ筐体 160' を流出した後、流体は、空間の使用を最適化するために注意深く定置された流路を介してバルブ組立体を通過し、流体が元々進入したデバイスの同じ面に戻る。

【0066】

空気式機能を 1 つの側面に、かつバルブの機械的機能をもう 1 つの側面に有するようにバルブ組立体を設計することにより、複数のバルブ組立体を単一のユニットに積み重ねることができ、空間の占有度ならびに費用をさらに低減する。したがって、図 13 に示すように、センサ筐体 60' および 160' は同一のサイズおよび構成となっており、センサ筐体 60' は、センサ筐体 160' が入口 112' から間隔を空けられている距離と同じだけ出口 113' から間隔を空けられている。したがって、もし 2 つのこのようなバルブ本体が垂直に積み重ねられれば、バルブ空洞は垂直に位置合わせされ、センサ筐体は垂直に位置合わせされる。このような積層可能バルブ組立体の 1 つの例は図 15 に示され、図中、中央部覆い 171' は、バルブの空気式側面構成部分および機械的側面構成部分を収容するために、頂部キャップ 71' および底部キャップ 82' の双方の内部の詳細を有するように設計されている。積層可能なバルブ実施形態は、空間の制約が存在する場合に分注の複数の箇所に対して特に有用である。追加の長所は、単一の比例マニフォールドのみが必要とされ、単一の L E D および主 P C ボードのみが必要とされ、単一の容器およびケーブル一式のみが必要とされ、かつ単一の窒素供給配管および継ぎ手一式のみが必要とされるときに、重複した部品を排除することができる。応用例は、化学的混合 (比率計測制御)、別個の流体の同期分注、分注の 2 つの別個の箇所への独立した分注、統合された独立または従属制御、および、継続的無中断分注を含む。

【0067】

バルブ組立体の便利な設計は実質的に多様性を可能にする。例えば、図 16 はバルブおよび単一のセンサ筐体を有する組立体を示す。望むなら、積層可能性を維持するために、また、望むなら、追加される図 18 に示すもののような追加のセンサ筐体を可能にするために、バルブの様々な構成部分のサイズ決定は、好ましくは図 13 のバルブに従う。確かに、別個の構成部分として図 18 の取り外し可能なセンサ筐体挿入体を設けることにより、1 つまたは複数のセンサ筐体を備えたデバイスを構築することができ、このセンサ筐体は、泡の除去を促進するために (バルブ筐体を基準として) 上下逆に定置されている。

【0068】

10

20

30

40

50

様々な構成部分は成形挿入体として形成することができる。例えば、図17はセンサ筐体を有さないバルブを示す。図19は二重センサ筐体挿入体を示す。センサ筐体の入口112'、212'、および、出口113'、113'はバルブへの容易な装着のために外部ネジ山を使用して形成されている。バルブ組立体のセンサ筐体部分に対する挿入体は多くの異なる組立体構成を可能にし、上記に検討したように、バルブが設置された時にバルブの向きに依存して消泡の促進に役立つようにセンサ筐体を上下逆に成形した、挿入体で置き換えることができる。同様に、空気式および機械式の構成部分の相互交換性は、成形されたバルブの入口および出口が、上流または下流の圧力制御のために逆転されることを可能にする。空気式および機械式の構成部分をバルブ空洞の両端部に取り付けることにより、システムの差圧は逆に向くことができ、バルブの上流の差圧は下流の圧力に代わって記録することができる。このことは、ユーザが、分注箇所により近い下流の圧力の代わりにシステムユニットへの供給圧力をモニタすることを可能にする。下流構成および上流構成はそれぞれ図23Aおよび23Bに示す。これらの図は成形バルブの設計の多様性を示し、この設計においては、空気式構成部分および機械式構成部分が、バルブの上流または下流の圧力降下が望ましいかどうかによって、バルブのいずれかの側面に取り付けられる。センサの位置は、即時のデバイスの状態だけでなく、顧客のシステムの状態のモニタも提供する。

【0069】

図24Aおよび24Bは、デバイスの底部に位置する3つのポート（排出、入口、および、出口のポート）を介してMykrolis LHV D型フィルタと嵌合する能力を備えた流量制御器のために構成された成形構成部分を示す。この設計はLHV D型濾過デバイスを受け入れることができる。

【0070】

従来の泡センサは本発明において使用することができる。泡センサは変調された信号を制御器に送り、制御器はこの信号を空気の割合に変換する。もし割合が所定のレベルを超えていれば、ユーザは知ることができる。好適な泡センサは感光性または容量性とすることができ、二値出力（オンおよびオフ）を有し、これにより、オンとオフの数が計数され、所定時間にわたる1スラッグの流体内の空気の割合に変換される。

【0071】

図25Aおよび25Bは泡のトラップ位置のないバルブ設計を示す。流体はバルブの入口を介して進入し、続いて、同じく頂部に昇る全ての泡とともに真っ直ぐ上に流れる。流路の残り部分は、センサポケットの詳細が全て下方にある連続的な直径の経路であり、そのため、空気をトラップすることができない（従来のバルブは気体が逃げられないポケットを作成する機能を有する）。この設計は、組立体の費用、部品の費用、および、複雑さを低減するために、流体ダイヤフラム、バルブキャップ、および、ボタンを含む前述の実施形態に比較して3つの部品を排除してもいる。ダイヤフラムの舌および溝封閉ならびに2つの流体ダイヤフラム間の締め込みを含む、2つの重要な流体封閉位置も排除されている。

【0072】

流体ダイヤフラム401と空気式ダイヤフラム402の間に空気圧をかけることにより、バルブは、バルブが閉鎖されるようにバイアス力をかけている事前に搭載された圧縮バネ800に抗してバルブを開放するように、機能する。空気式ダイヤフラム402が流体ダイヤフラム401より大きく、かつ2つのダイヤフラムがネジ403およびボタン404を使用して互いに束縛されているため、圧力は空気式ダイヤフラム402に対してより大きな負荷を生成し、バルブを強制的に開放させる。圧力はバンプ継ぎ手405（図25B）および配管（例えば、ポリエチレン）406を介して供給される。図示するように、空気圧空洞410は、Oリング407および空気式ダイヤフラムの舌および溝で封閉されている。センサ411はOリング412で封閉され、センサキャップ413で固定されている。

【0073】

10

20

30

40

50

他の実施形態において、90度の曲がり部分を削減するために、設計は図26に示すように修正することができ、図中、センサ空洞はバルブの側面に移動されている。オフセット流路は曲がり部分を排除し、かつ未掃引領域を排除する。バルブは空気式の側でのOリングの不在、および、両ダイヤフラムの互いに関する設計およびサイズ決定を考慮すると低ヒステリシスを示す。きのこ型の設計を考慮すると、優れた線形性も達成されており、流体の流量はバルブの作業動作全体を通じてバルブにかけられる圧力に実質的に直接に比例する。

【0074】

図28Aおよび28Bは流体制御バルブの他の実施形態を示し、このバルブでは、Oリングが空気式ダイヤフラムから流体ダイヤフラムを分離している。このことは、バルブの平均寿命を短くする2つのダイヤフラムにかかる過剰な負荷を防止する。流体制御バルブの流路は空気がトラップされる高い点なしに維持される（センサが流体制御バルブ本体の側面上で封閉する場所で収集し得る微量は除く）。流体制御バルブ流路は、空気が通常はトラップされ得る流体流路内には直接は存在しない単一の流体ダイヤフラムを使用し（圧力センサ封閉方法を含まずに）、バルブ内には高い点がなく設計されている。一旦流体制御バルブが閉じ、かつ空気が減圧することが可能となれば、流体制御バルブ内にトラップされた空気は分注の終了に対して有害となり得る。分注の開始も流体制御バルブ内にトラップされた空気により悪影響を受け得る。流体制御バルブ内にトラップされた空気は、水に欠陥を引き起こし得る流体に溶存されつつあるさらに多くの空気、または、微小気泡の形成にも寄与する可能性がある。

【0075】

バルブが閉鎖されるようにバイアス力をかけている事前に搭載された圧縮バネ800'に反してバルブを開放するように駆動するために、バルブは、空気式ダイヤフラム402'と空気式Oリング415'の間の空気空洞410'に空気圧をかけることにより、機能する。流体ダイヤフラム401'が空気式ダイヤフラム402'にネジ403'およびボタン404'を使用して束縛されているため、空気式ダイヤフラム402'の表面積にかけられた圧力は、このダイヤフラムを撓ませ、流体ダイヤフラム401'も強制的に撓ませる。空気式封閉Oリング415'は、いかなる空気圧も流体ダイヤフラムに到達することが可能にしないことにより、空気圧が2つのダイヤフラムにかかる過剰な負荷を発生することを防止する。圧力はバンプ継ぎ手405'および好適な配管を介してかけられる。センサ空洞500は任意でバルブ封閉の上方に位置することができる。本設計は、空気が流体空洞、入口流路、出口流路、および、センサ空洞への流路、および、（もし存在すれば）センサ空洞にトラップされることを防止する。流体入口流路はバルブ流体空洞90'の内径に接して位置決めされている。なぜなら、接線となる流れは未掃引領域を防止するからである。全ての高い点は流路内にあるか、流路より高くない。鋭い流路屈曲点は存在しない。流路は穏やかである。

【0076】

様々な設計およびそれらの柔軟性は、バルブおよびセンサの数多くの組み合わせを使用したモジュラ組立体を可能にし、かつ様々な構成を提供し、バルブ、感知デバイス、流量計、流量制御器、圧力制御器、および、温度制御器の構築を可能にする。したがって、図20は、第1のバルブ300、第2のバルブ300'、および、摩擦フローエレメント15と液体連絡している第1および第2のセンサ310および310'を含む積層流量制御器およびオン／オフバルブ組立体を示す。図21は4つの感知デバイス310、310'、320、および、320'の積層組立体を示す。図22は流量制御器および流量計組立体を示す。

【0077】

図24Aおよび24Bは、流量制御器のために構成され、LHVD（少滞留量デバイス）型フィルタデバイスの底部に位置する3つのポートを介して、このLHVD型フィルタデバイスと嵌合することのできる成形バルブの構成の更なる実施形態を示す。ポート610はフィルタからの排出口であり、ポート612はフィルタへの入口であり、ポート61

10

20

30

40

50

4 はフィルタからの出口である。

【0078】

本発明のさらなる実施形態によれば、バルブ補助機能を使用することができる。ソレノイドを使用した従来のバルブにおいて、典型的に各バルブにかけられた圧力を緩慢に消散するために、この圧力の変化を変更するために、ニードルバルブを使用することができる。シーケンスの停止の部分の間にバルブのサックバック部分にかけられた変化率を低減することにより、サックバックバルブは停止バルブを補助する。図29に示す本発明によれば、制御バルブ（または、停止バルブ）のオフ時間の間、サックバックバルブ圧力は、制御バルブを補助するために、示す如くに低減することができる。一旦制御バルブのオフ時間が終結されると、サックバック遅延が提供され、この場合、サックバックバルブへの圧力は一定に留まる。この所定の遅延の後、サックバックバルブにかけられる圧力は、サックバックバルブ圧力が所定のレベルに到達するまで再び低減され、サックバックバルブを通常または静止位置に戻す。このシーケンスは流体の液滴がノズルから垂れ下がることを防止するうえで役立つ。さらなる実施形態において、サックバックバルブの動作が制御バルブの停止動作の開始においてのみ起こるように、サックバック補助動作は、制御バルブの動作に続いて開始するように遅延されるか、または、短縮され得る。上記は圧力を作動方法として記載しているが、モータなどのいかなるバルブ作動方法を使用することも本発明の範囲内である。

【実施例1】

【0079】

システムは、知られている差圧および固定分注時間が制御器に入力できるように、かつ分注がラップトップコンピュータから実質的にきっかけを与えられるように準備された。結果となる純水の出力流は容器に捕捉され、質量を決定するために精密な秤を使用して重量を量られた。流体材料の知られている密度と組み合わせられた各分注の質量を使用して、各分注の体積が算出された。分注された体積と知られている分注時間を組み合わせることが流量の決定をもたらした。約0.92から約9.5センチポアズの範囲にある5つの異なる粘度が調べられた。結果は図10にグラフで示す。

【実施例2】

【0080】

2つの市販バルブおよび図8Aから8Dに示す本発明のバルブを含む3つの異なるバルブがヒステリシスについて試験された。バルブ作動圧力は高低に変化され、試験システム内部の圧力は、バルブ作動圧力範囲を通じた高低の各ステップにおいて測定され、電圧としてプロットされた。より詳細には、試験用の構成はバルブおよび下流圧力センサの閉鎖システムであり、バルブは一定の圧力下であり、圧力センサは、バルブの閉鎖から全開へ、および、再び閉鎖への範囲を通じてバルブが動かされる際のバルブの下流の圧力の変化をモニタした。

【0081】

結果は図9A、9B、および、9Cにグラフで示す。各グラフにおいて、右の最も遠い曲線は圧力の低から高への変化に対するデータを表し、左の曲線は圧力を高から低へ変化させた結果である。曲線間の差はヒステリシスの量を表す。したがって、圧力が作動圧力の各ステップにおいて高低に変化される際、もしヒステリシスがなければ、2つの曲線は正確に重なる。図9Cは、本発明のバルブが市販バルブより有意に少ないヒステリシスを示すことを示す。

【実施例3】

【0082】

この実施例は、化学的および機械的な平坦化基板処理のための不連続な体積の流体の供給を可能にするための流体流量を測定および制御するための本発明の実施形態の使用を示す。より詳細には、この実施例は、基板への不連続な体積の研磨流体の供給を可能にするために、本発明の実施形態がいかにして使用できるかを例証する。

【0083】

10

20

30

40

50

化学機械的研磨は光学レンズの製造において有用である。化学機械的平坦化は半導体デバイスの製造において有用である。研磨流体は酸性またはアルカリ性とすることができ、かつシリカまたはアルミナなどの研磨剤を含むことができる。二酸化シリコンを研磨するために有用な流体は水酸化カリウム水溶液中のシリカスラリーを含み、金属銅を研磨するために有用な流体は過酸化水素などの酸化剤、ベンゾトリアゾルなどの抑制剤、および、酢酸などの有機酸の水溶液を含む。

【0084】

本発明の実施形態の入口は、研磨流体を収容する加圧または重力供給容器に接続されている。流量デバイス出口は研磨手段上のノズルに接続されている。研磨手段は回転するパッドまたはベルトにより研磨される基板を有する。基板は、研磨流体の化学作用とともに基板から材料を除去する研磨パッドに接触している。研磨流体はノズルを介して手段上の基板に供給され、ノズルへの研磨流体の流量は流量デバイスおよびその電子回路により制御されている。流量デバイスの電子回路は、手段が基板上への研磨流体の分注のタイミングを制御するのを可能にするために、手段の制御器に接続することができる。手段は、基板への研磨流体の供給のタイミングを制御するために同様に使用することができる研磨終点検出器も含むことができる。流量デバイスの電子回路における信号プロセッサは、研磨流体を収容している加圧容器内の圧力の変化による研磨流体の体積および供給速度の可変性を排除する。蠕動ポンプに比較して、研磨流体の供給は一定の速度で行なわれる。結果は、化学薬品の無駄を最小に抑え、かつ基板のより均一かつ反復可能な研磨をもたらす基板への研磨液の制御された体積および供給速度である。

【実施例4】

【0085】

この実施例は、不連続な体積の液体前駆物質が気体を形成するために気化器に供給することができるように液体の流量を測定および制御するための本発明の実施形態の使用を示す。より詳細には、この実施例は、気化器への液体前駆物質の流量を測定および制御するために本発明の実施形態をどのようにして使用することができるかを例証する。

【0086】

液体前駆物質は気体を形成するために気化器において加熱される化学物質である。続いて、気体は、気体がさらに分解されるか、または、反応する反応室の加熱された基板に供給される。気体は基板上に金属、半導体、または、誘電体の薄膜を形成するために使用することができ（化学的気相成長処理または原子層化学的気相成長処理）、基板の表面をエッチングするために使用することができ、または、基板を乾燥させるために使用することができる。液体前駆物質は水、2-プロパノール、または、テトラエチルオルト珪酸塩、TEOSなどの純水な液体とすることができる。液体前駆物質はテトラヒドロフランなどの溶媒に溶解されたジピバロイルメタンストリロンチウム、 $\text{Sr}(\text{DPM})_2$ などの固体を含むこともできる。ヘキサフルオロペンタンジオネート・ビニルトリメチルシラン銅(I)、 $(\text{VTMS})\text{Cu}(\text{hfac})$ などのいくつかの液体前駆物質は温度に敏感であり、いくつかの液体流量計において使用されている熱センサにより分解され得る。液体前駆物質は典型的に約0.1グラム/分から約50グラム/分の割合で気化器に供給される。薄膜はレンズおよび光ファイバなどの光学デバイスのコーティングにおいて重要である。薄膜および薄膜のエッチングもフラットパネル、マイクロプロセッサ、および、メモリデバイスの製造において重要である。

【0087】

本発明の流量デバイスの実施形態は、その入口において液体前駆物質の加圧供給源に接続されている。流量デバイスの出口は気化器に接続されている。流量デバイスのためのバルブは気化器の上流または下流とすることができる。気化器の出口は気体により処理される基板を収容している手段の処理室に接続されている。複数の前駆物質を必要とする工程に対しては複数の流量デバイスを使用することができる。流量デバイスの電子回路は手段の制御器に接続することができる。このことは、処理手段が、加圧供給源から流量計を介して加熱された気化器内へと液体の流量を遠隔的に制御することを可能にする。化学的気

相成長工程のために有用な気化器の例は、加熱された金属フリット、加熱された金属スクリーン、加熱されたバルブ、および、加熱された配管を含む。

【0088】

液体前駆物質を収容している容器内の圧力変化は気化器への液体流量の変化をもたらし得る。感熱フローエレメントにおける液体前駆物質の熱分解は気化器への不正確な液体流量をもたらし得る。気化器への貧弱な流量制御は気化器の飽和による液体の不完全な気化をもたらし得る。不完全な気化は液体の液滴に処理室に進入させ、かつ基板上に欠陥を引き起こす。本発明の実施形態を実施した結果は、前駆物質の流量を制御するための感熱フローエレメントの排除、および、上流での圧力変動に関係ない気化器への液体の反復可能かつ制御された流量である。

10

【実施例5】

【0089】

この実施例は、無電解メッキのための基板への流体の供給を可能にするために液体の流量を測定および制御するための本発明の実施形態の使用を示す。より詳細には、この実施例は、メッキ工程において金属膜を形成するために基板上への一連の化学薬品の分注を可能にするために液体流量を測定および制御するために、本発明の実施形態がどのように使用できるかを例証する。

【0090】

メッキに対して有用である金属および金属合金の溶液は銀、銅、白金、パラジウム、金、および、錫を含むがこれらに限定されない。メッキ溶液に対して基板を活性化するために触媒がしばしば必要である。これらの触媒はコロイド状パラジウム、炭素、グラファイト、錫-パラジウムのコロイド、および、ポリピロールなどの導電性ポリマーを含む。これらの触媒およびメッキ溶液にいくつかにおける貴金属は高価であり、メッキ工程中の廃棄物はメッキ工程を費用効果のあるものにするために最小に抑える必要がある。これらの溶液のいくつかにおける金属は中毒性を持ち、メッキ工程中の廃棄物は環境への放出ならびに廃棄物の処理および処分の費用を低減するために最小に抑える必要がある。

20

【0091】

メッキ工程において使用されている各化学物質について、本発明の実施形態は、その入口において、化学物質の加圧されたポンプ供給の、または、重力供給の供給源に接続されている。本発明の実施形態の出口は、その出口において、各化学物質を基板に供給するためのノズルに接続されている。溶液の温度は、基板への供給に先立ち、熱交換器、冷却器、または、抵抗性加熱器要素を使用して下降または上昇することができる。例えば、金属銅は、第1の流量デバイスを介して基板をコロイド状パラジウムを含む活性体溶液に接触させる工程、第2の流量デバイスを使用して基板を水で洗浄する工程、第3の流量デバイスを介して触媒を施された基板を塩酸活性体溶液に接触させる工程、第4の流量デバイスを介して基板を、第二銅イオンの供給源、ホルムアルデヒドのような還元剤、EDTAのような錯化剤、および、水酸化カリウムなどの塩基を含むある体積の銅溶液に接触させる工程による無電解処理により基板上に堆積させることができる。基板は第2の流量デバイスから水で洗浄される。

30

【0092】

流量デバイスの電子回路は、各流量デバイスを介して液体流のタイミング、継続時間、および、順序を調整するためにメッキ手段の制御器に接続することができる。結果は、処理中の各工程に対する基板への各化学物質の測定された体積の迅速かつ精密な供給である。化学物質の廃棄物および材料費は、基板に完全な反応を確実にするために十分な化学物質のみを供給することにより最小に抑えられている。化学物質の垂れによる基板の汚染が低減されている。サイクル時間を短縮するためのフローエレメントおよびバルブの迅速な動作のために、処理の全体的なスループットは上昇している。

40

【実施例6】

【0093】

この実施例は共形コーティングを形成するための基板への流体の供給を可能にするため

50

に液体流量を測定および制御するための本発明の実施形態の使用を示す。より詳細には、この実施例は、液体材料を使用した基板の精密なコーティングを可能にするために基板への液体流量を測定および制御するために、本発明の実施形態がどのようにして使用できるかを例証する。

【0094】

誘電体材料、フォトレジスト、反射防止コーティング、ポリイミド、ヘキサメチルジシラザンなどの接着促進剤、強誘電性材料、および、ゾルーゲルは、スピンコーティング処理において基板上に液体またはスラリーとして一般に堆積される。このような材料は、固定または可動のノズルにより静止または緩慢に回転する基板に供給される。材料が基板に供給された後、基板は、液体材料の薄膜で基板を均一にコーティングするために約100から5000rpmの範囲の高速で回転される。これらの材料の多くは高価であり、コーティング処理におけるそれらの材料の使用量および廃棄物を最小に抑えることが重要である。反復可能なコーティングは、一定量の材料が基板に供給されることを必要とする。

10

【0095】

本発明の流量デバイスの実施形態の入口はコーティング流体を収容する加圧または重力で供給する容器に接続されている。流量デバイスの出口はコーティング手段上のノズルに接続されている。コーティング手段は回転チャックに搭載された基板を有する。コーティング流体はノズルを介して手段上の基板に供給され、ノズルへのコーティング流体の流量は流量デバイスおよびそのバルブにより制御される。流量デバイスの電子回路は、手段が基板上へのコーティング流体のタイミングおよび速度を制御することを可能にするために手段の制御器に接続することができる。流量デバイスとの電子的通信により、コーティング手段は、所望のコーティングを達成するためにノズルの位置および基板の回転速度に応じて基板上への流体流量を変化させることができる。流量デバイスの信号プロセッサは、コーティング流体を収容する容器内の圧力変化によるコーティング流体の体積および供給速度の可変性を排除する。結果は、基板への制御された体積のコーティング流体の供給である。この結果は化学物質の廃棄物を最小に抑え、このような基板のより均一かつ反復可能なコーティングをもたらす。

20

【実施例7】

【0096】

この実施例は、基板との反応のための基板への流体の供給を可能にするために液体流量を測定および制御するための本発明の実施形態の使用を示す。より詳細には、この実施例は、基板上への反応性液体の流量を測定および制御するために、本発明の実施形態がどのようにして使用できるかを例証する。このような反応性液体の例はポジまたはネガのフォトレジスト現像液、フォトレジスト剥離液、フッ酸などの酸、オゾン浄化純水などの酸化剤、または、過酢酸などのエッチング液を含むが、これらに限定されない。

30

【0097】

本発明の流量デバイスの実施形態の入口は反応性流体を収容する加圧または重力で供給する容器に接続されている。流量デバイスの出口は手段上のノズルまたは噴射ノズルに接続されている。反応性流体はノズルを介して手段上の基板に供給され、手段上のノズルへの反応性流体の流量は流量デバイスおよびそのバルブにより制御される。流量デバイスの電子回路は、手段が基板上への反応性流体のタイミングおよび速度を制御することを可能にするために手段の制御器に接続することができる。流量デバイスの電子回路は手段の制御器を介して反応終点検出器に接続することができ、それにより、反応終点が近づいた、または、これに到達したとき、反応性流体の流量が低減されるか、または、停止される。エッチング液処理の例は、過酢酸を使用したメッキ済みウェハの辺縁部からの銅の除去である。結果は、本発明の実施形態を使用した基板への制御された体積の反応性流体の供給および処理終点の正確な制御である。

40

【実施例8】

【0098】

この実施例は、液体の流量および組成を測定および制御するために化学センサと直列で

50

の本発明の実施形態の使用を示す。より詳細には、この実施例は、流体流量および流体組成の制御を可能にするために、本発明の実施形態がどのようにして1つまたは複数の化学センサと組み合わせられるかを例証する。このような制御が望ましい応用例はメッキ槽、RCA洗浄槽、オゾン浄化水槽、および、フッ酸槽を含むが、これらに限定されない。本発明の実施形態とこのようなセンサを組み合わせている他の応用例は化学物質槽の純度の維持である。例えば、粒子、有機物、または、金属イオンなどの再循環槽における汚染物質の沈着は、槽が定期的に汚染された流体を一掃され、かつ等しい体積の汚染されていない流体で置き換えられることを必要とする。代案として、槽は、汚染物質を除去するために純化器または粒子フィルタへ向けて切り換えることができる一方、汚染が除去されるまで現在の処理および製品を保護するために一定の流量を維持する。

10

【0099】

純水中に溶存するオゾンは様々な物質の表面からの有機物の除去に対して使用されている。オゾン発生器出力気体濃度および水の流量の変動は溶存オゾン濃度の変化につながる。このような溶存オゾン濃度の変化は、オゾン浄化水で基板表面を酸化するために必要な時間の変化につながり、一貫しない処理結果および掃引時間をもたらす。

【0100】

オーバーフロー洗浄槽における溶存オゾンの濃度を維持するために、本発明の実施形態は、その入口において純水の供給源に接続され、かつその出口において気体接触器に接続されている。気体接触器は気体を液体中に溶解させることができる物質移動デバイスである。このようなデバイスおよびそれらの動作の説明の例は、W. L. Gore, Elkton, MD、および、マサチューセッツ州BedfordのMikrolis Corporationから入手可能である。オゾン発生器からのオゾンガスは気体接触器のシェル側に供給され、シェル側では、オゾンガスが気体接触器の配管を介して流れる純水中に溶解する。水中に溶存するオゾンの濃度は、気体接触器の流体出口に接続されたマサチューセッツ州NeedhamのIN USAから入手可能な溶存オゾン濃度モニタにより測定される。溶存オゾン濃度モニタからの出力信号は本発明の流量デバイスの電子回路への入力信号として使用される。本発明の電子回路は、溶存オゾンの濃度を所定の濃度範囲内に維持するために、所定の限度内で気体接触器を介して水の流量を変化させる。例えば、もしオゾン発生器からのオゾンガス出力の濃度が低下すれば、気体接触器を介した水の流量は、溶存オゾン濃度を維持するために流量デバイスにより低減することができる。

20

30

【0101】

代案として、本発明の流量デバイスの電子回路は、好適な手段によりオゾン発生器の気体流量またはパワーレベルを変化するために使用することができる一方、流量デバイスの上流の水圧に関係なく、気体接触器を介した固定された水の流量を維持する。例えば、もし溶存オゾンの濃度が所定の閾値を超える一方、水の流量が一定であれば、発生器に対するパワーは溶存オゾンの濃度をその適切なレベルに低減し戻すために、低減することができる。

【0102】

結果は、本発明の実施形態による基板への一定の組成の化学混合物の制御された調合および供給である。

40

【実施例9】

【0103】

この実施例は、有機液体の供給制御低体積流量を可能にするために液体流量を測定および制御するための本発明の実施形態の使用を示す。

内径14.7mm(0.058インチ)を有し、14回曲がっている長さ101.6cm(40インチ)のPFA配管が圧力降下要素として使用された。入口流体である2-プロパノールは、温度が約23℃であり、約1,395g/cm²(20ポンド)に加圧された供給源容器からのものであった。制御器設定点(SO)により決定された2-プロパノールの流量およびバルブのタイミングは外部のコンピュータにより制御された。本発明の実施形態により供給された2-プロパノールの質量はOhaus Analytica

50

1 Plus Balance上で測定され、質量はBalanceのRS232ポートを使用して第2のコンピュータに時間に応じて記録された。2-プロパノールの質量対時間のプロットは図11に示す。同じく図11に示すのは、分注区画の各々のための最適線であり、各区画に対する最適線の傾きは秒当たりのグラム数で表された2-プロパノールの流量である。結果は0.0083 g/秒(0.16 g/分)から約0.49 g/秒(9.6 g/分)の範囲の流量で液体を供給できる流量システムを示す。このような流量システムは化学的気相成長処理に対して好適な流量で液体を制御できる。

【図面の簡単な説明】

【0104】

【図1】本発明の実施形態のブロック図である。

10

【図2】本発明の実施形態によるモータを使用しないポンプまたは分注のモジュールの空気式および流体式の制御部分を含む筐体の斜視図である。

【図3】本発明の実施形態による補助入力モジュールの分解組立図である。

【図4】本発明の実施形態による差分増幅器回路の模式図である。

【図5】本発明の実施形態によるバルブ利得のグラフである。

【図6】本発明の実施形態による制御システムの流れ図である。

【図7】本発明の実施形態による圧力変換器筐体の分解図である。

【図8A】本発明の実施形態による比例バルブの端面図である。

【図8B】図8Aの線B-Bに沿って取られた断面図である。

【図8C】図8Aの線C-Cに沿って取られた断面図である。

20

【図8D】図8Aの線D-Dに沿って取られた断面図である。

【図8E】本発明の実施形態による図8Aの比例バルブの分解図である。

【図9A】従来のFuronバルブのヒステリシスのグラフである。

【図9B】従来のSMCバルブのヒステリシスのグラフである。

【図9C】図8Aから8Eのバルブのヒステリシスのグラフである。

【図10】5つの異なる粘度に対する圧力降下対流量のグラフである。

【図11】実施例9による時間に対する2-プロパノールの流量の質量のグラフである。

【図12】本発明によるバルブの代案実施形態の分解図である。

【図13】図12の一体化バルブおよびセンサ筐体の斜視図である。

【図14A】図12のバルブの流体入口側の断面の斜視図である。

30

【図14B】図12のバルブの流体出口側の断面の斜視図である。

【図15】図12のバルブの積み重ねバルブ部の斜視図である。

【図16】本発明の実施形態による単一のセンサ筐体を備えたバルブの斜視図である。

【図17】本発明の実施形態によるセンサ筐体のないバルブの斜視図である。

【図18】本発明の実施形態による単一のセンサ筐体の斜視図である。

【図19】本発明の実施形態による二連センサ筐体の斜視図である。

【図20】本発明の実施形態による流量制御器およびオン/オフバルブ組立体の斜視図である。

【図21】本発明の実施形態による感知デバイスの斜視図である。

【図22】本発明の実施形態による流量制御器および流量計組立体の斜視図である。

40

【図23A】本発明の実施形態による下流圧力差分構成におけるバルブの断面の斜視図である。

【図23B】本発明の実施形態による上流圧力差分構成におけるバルブの断面の斜視図である。

【図24A】本発明の他の実施形態によるバルブの斜視図である。

【図24B】本発明の他の実施形態によるバルブの斜視図である。

【図25A】本発明のさらなる実施形態によるバルブの断面図である。

【図25B】本発明のさらなる実施形態によるバルブの断面図である。

【図26】本発明のさらに他の実施形態によるバルブの断面図である。

【図27A】本発明の流体制御バルブに類似の市販のバルブの断面図である。

50

- 【図 2 7 B】本発明の流体制御バルブに類似の市販のバルブの断面図である。
 【図 2 7 C】本発明の流体制御バルブに類似の市販のバルブの断面図である。
 【図 2 7 D】本発明の実施形態の断面図である。
 【図 2 8 A】本発明の他の実施形態による閉鎖された位置におけるバルブの断面図である。

【図 2 8 B】本発明の他の実施形態による部分的に開放された位置におけるバルブの断面図である。

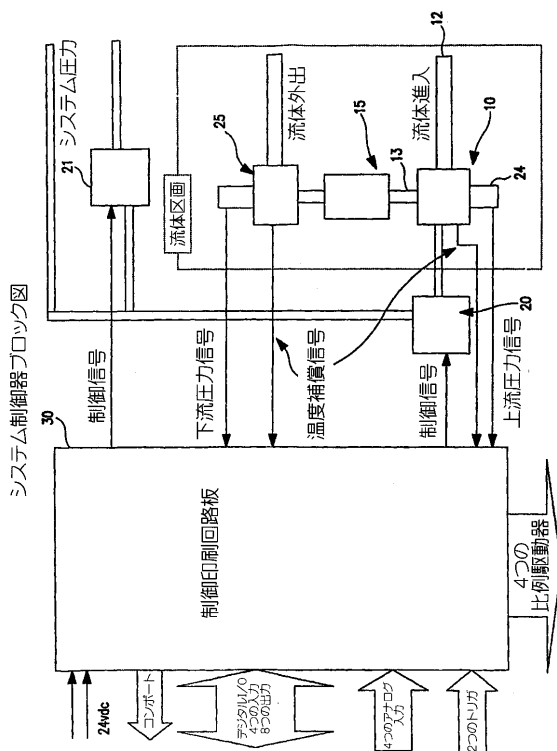
【図 2 9】本発明の実施形態による停止補助機能のタイミング／制御ダイヤグラム図である。

【図 3 0】本発明の 1 つの実施形態によるバルブ駆動信号を発生できる制御器のブロック 10 図表示である。

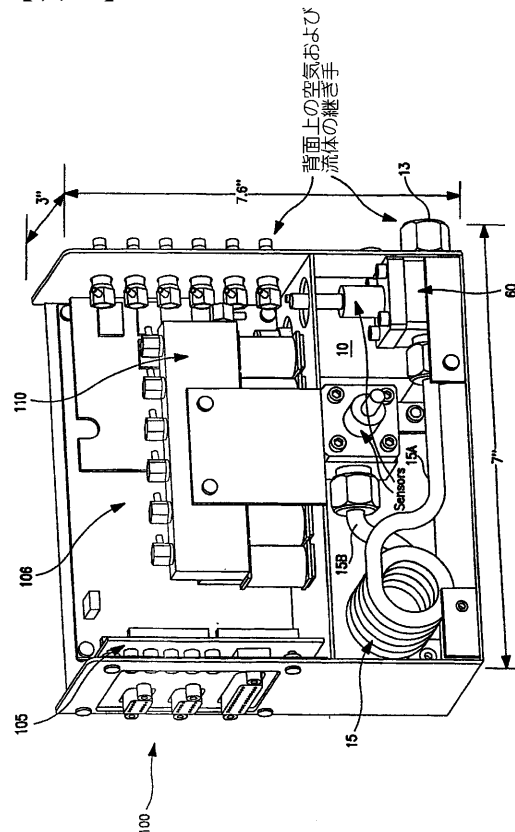
【図 3 1】制御器の制御論理回路の 1 つの実施形態を示すブロック図である。

【図 3 2】圧力制御回路の 1 つの実施形態を示すブロック図である。

【図 1】



【図 2】



【図 3】

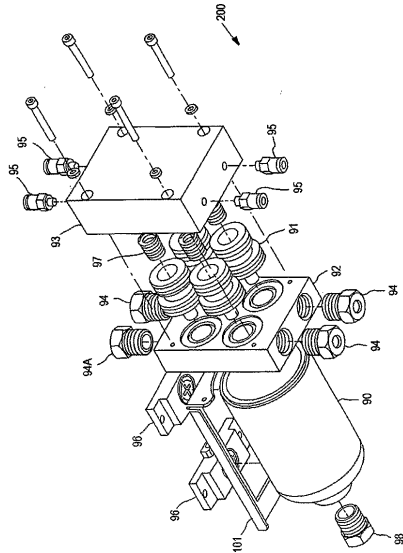
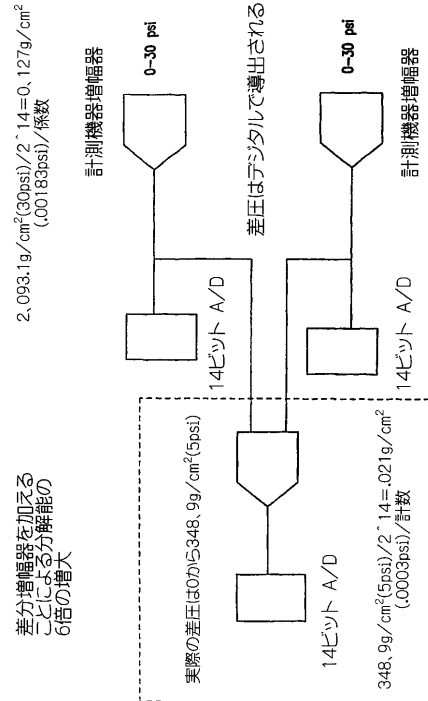
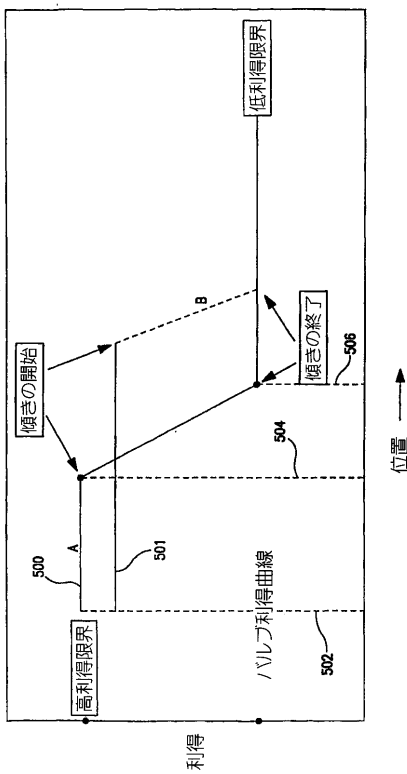


FIG. 3

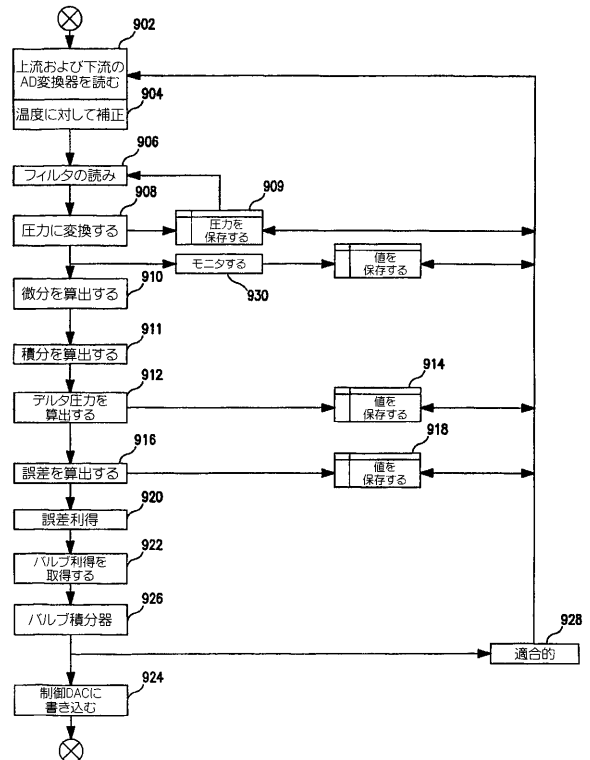
【図 4】



【図 5】



【図 6】



【図 7】

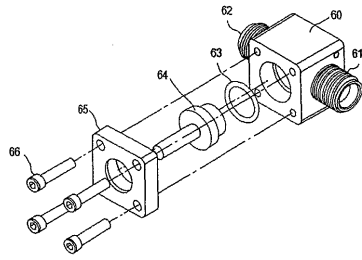


FIG. 7

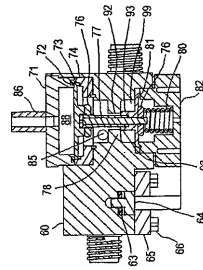


FIG. 8B

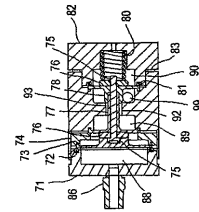


FIG. 8D

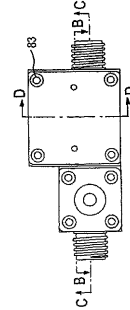


FIG. 8A

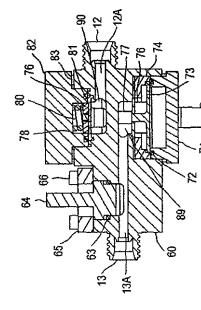


FIG. 8C

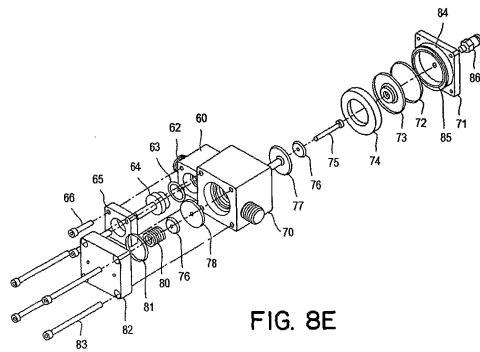
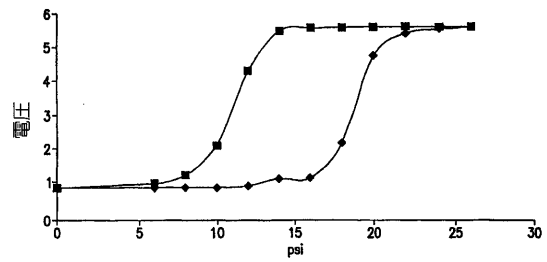


FIG. 8E

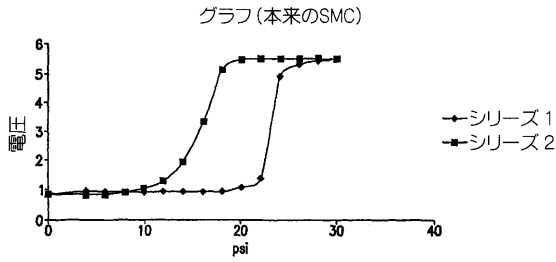
【図 9 A】

グラフ (本来のFuron)



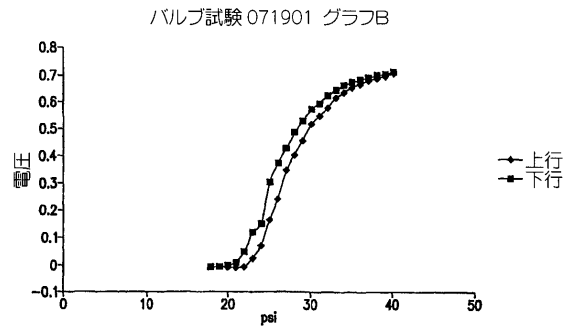
psi	pd1	pd2
0	0.92	0.92
6	0.92	1.04
8	0.92	1.28
10	0.92	2.12
12	0.96	4.28
14	1.16	5.44
16	1.18	5.52
18	2.16	5.52
20	4.68	5.52
22	5.32	5.52
24	5.48	5.52
26	5.52	5.52

【図 9 B】



psi	psi	psi
0	0.88	0.84
4	0.92	0.84
6	0.92	0.84
8	0.92	0.92
10	0.92	1.04
12	0.92	1.28
14	0.92	1.92
16	0.92	3.32
18	0.92	5.12
20	1.08	5.44
22	1.36	5.48
24	4.88	5.48
26	5.28	5.48
28	5.44	5.48
30	5.48	5.48

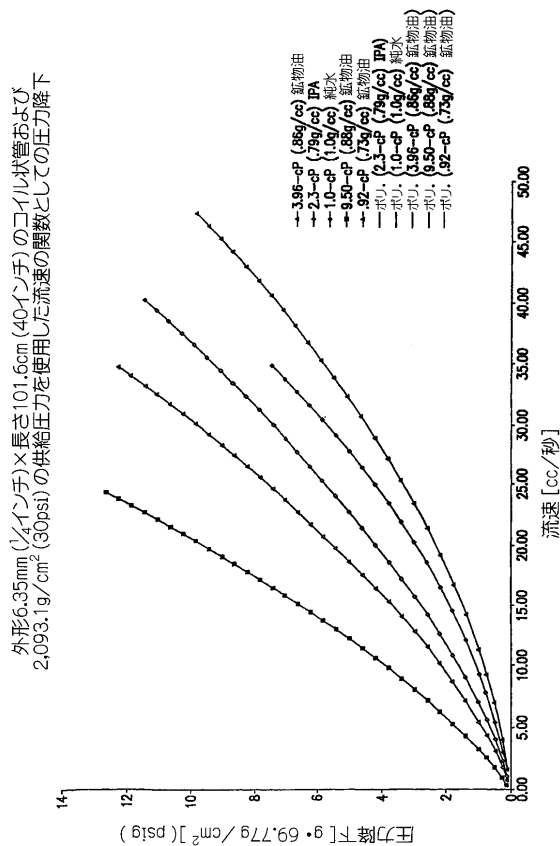
【図 9 C】



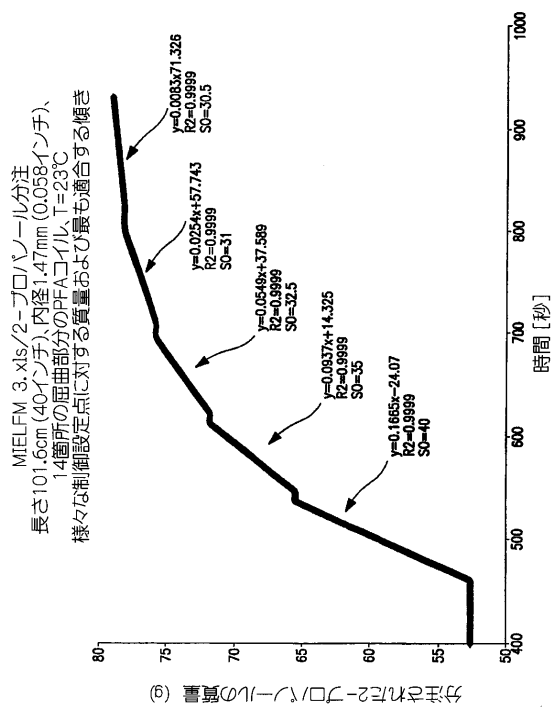
ヒレジスタバルブ試験

psi	up	down
18	-0.011	-0.01
19	-0.011	-0.009
20	-0.011	-0.004
21	-0.011	0.005
22	-0.008	0.048
23	0.022	0.117
24	0.068	0.148
25	0.163	0.3
26	0.24	0.389
27	0.342	0.422
28	0.4	0.482
29	0.45	0.524
30	0.512	0.568
31	0.542	0.588
32	0.572	0.617
33	0.608	0.636
34	0.625	0.654
35	0.643	0.664
36	0.656	0.672
37	0.67	0.68
38	0.678	0.688
39	0.688	0.692
40	0.695	0.7

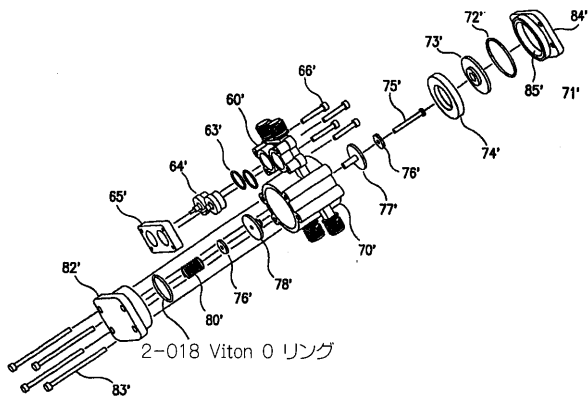
【図 10】



【図 11】



【図 1 2】



【図 1 3】

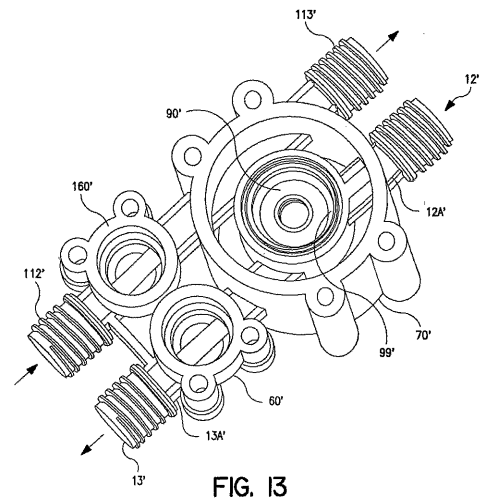
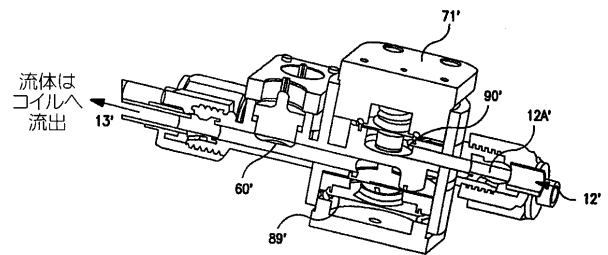
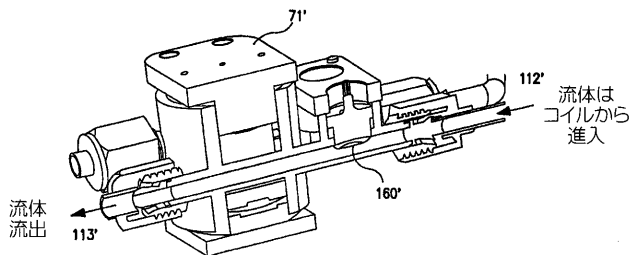


FIG. 13

【図 1 4 A】



【図 1 4 B】



【図 1 5】

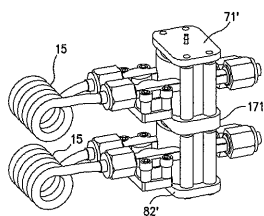


FIG. 15

【図 1 6】

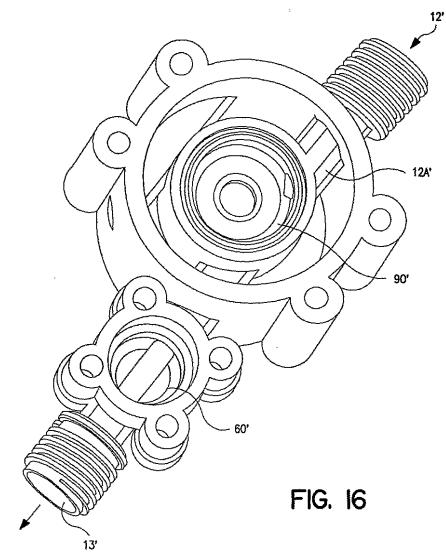


FIG. 16

【図 17】

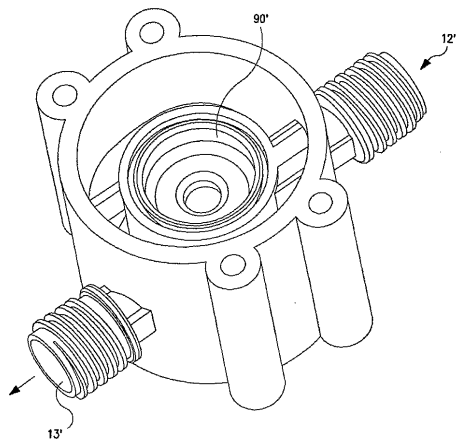


FIG. 17

【図 18】

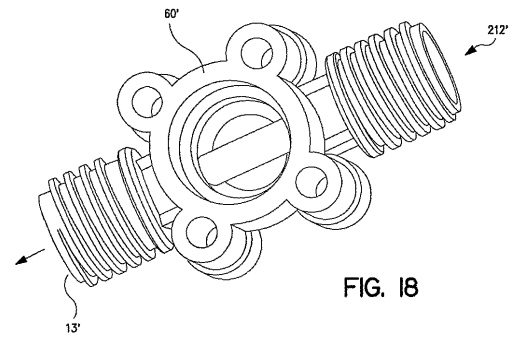


FIG. 18

【図 19】

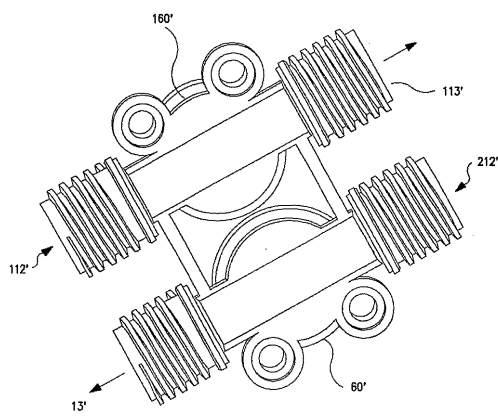


FIG. 19

【図 20】

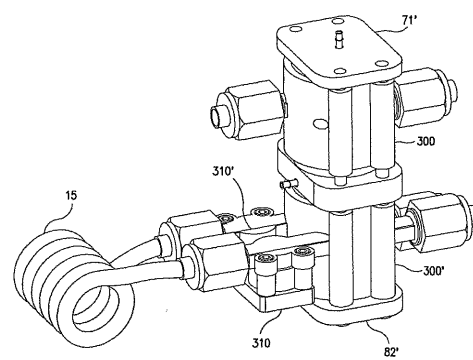


FIG. 20

【図 2 1】

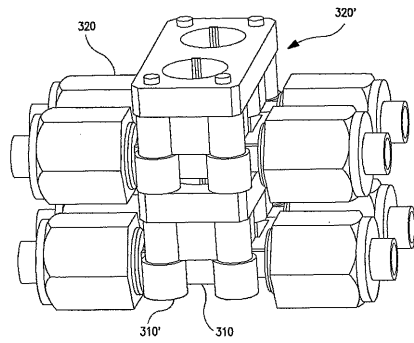


FIG. 21

【図 2 2】

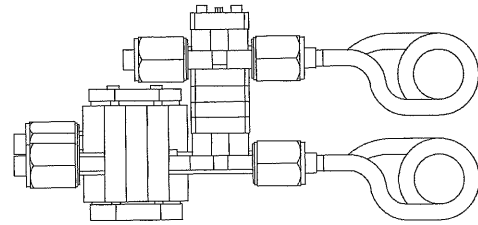
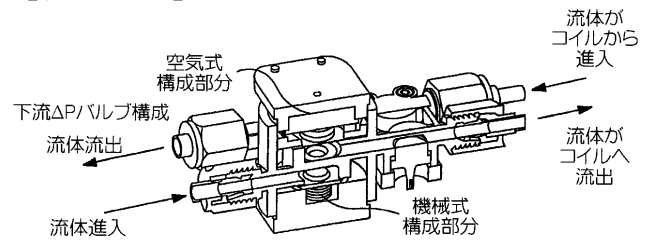
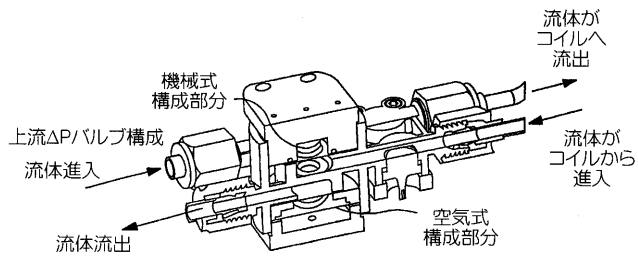


FIG. 22

【図 2 3 A】



【図 2 3 B】



【図 2 4 A】

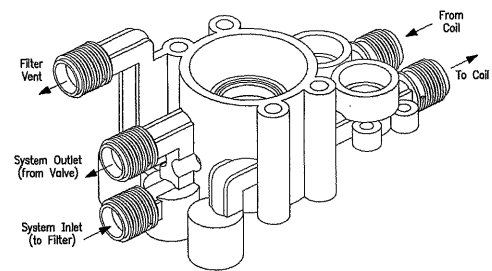
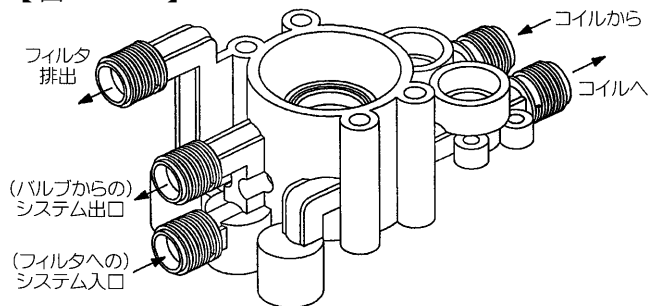


FIG. 24A

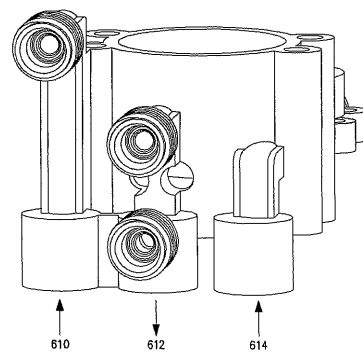


FIG. 24B

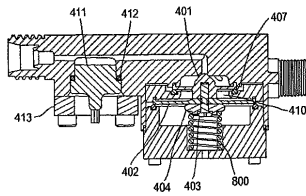


FIG. 25A

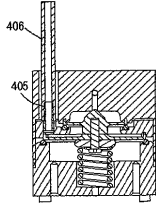


FIG. 25B

【図 26】

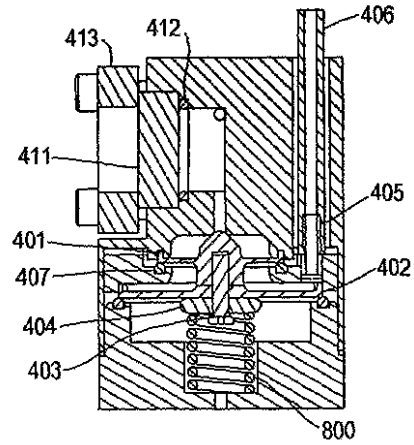
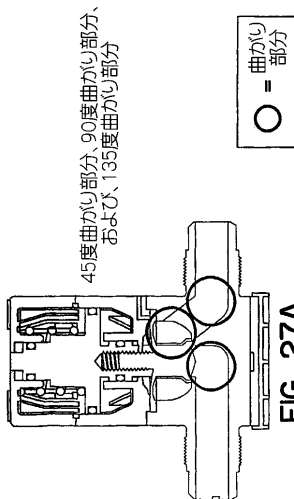


FIG. 26

【図 27A】

FIG. 27A
従来技術

【図 27B】

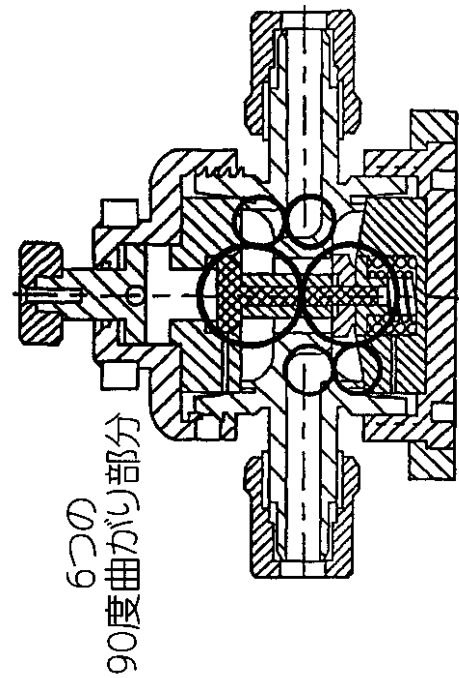
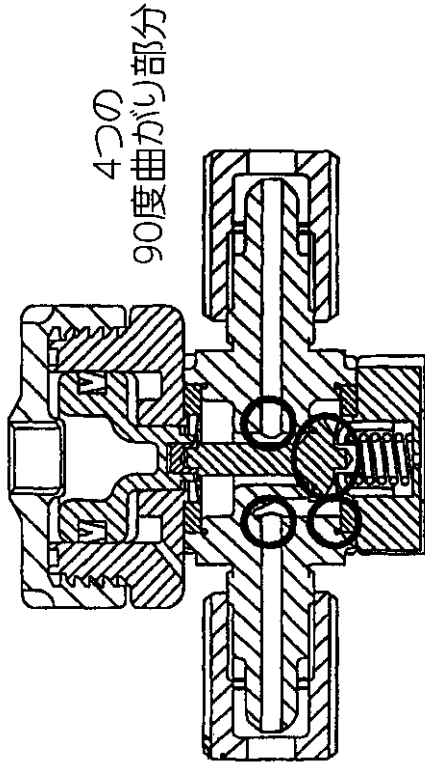


FIG. 27B

従来技術

【図 27 C】

FIG. 27C
従来技術

【図 27 D】

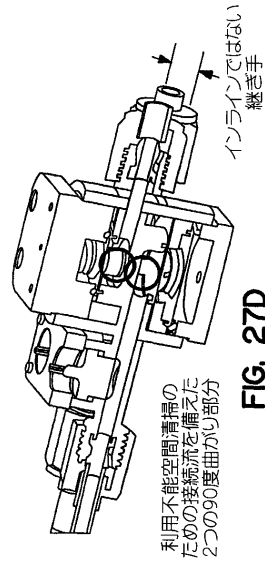
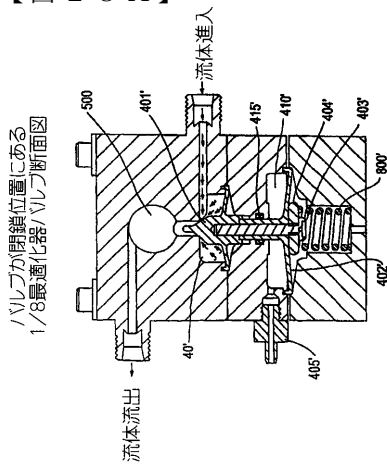
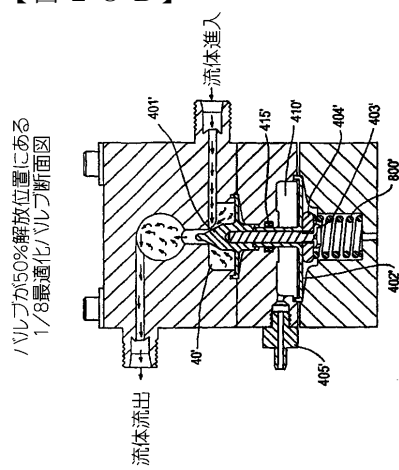


FIG. 27D

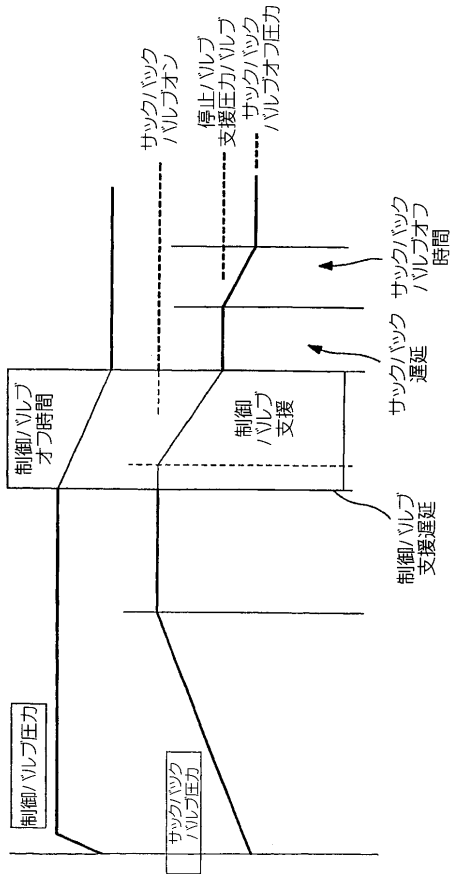
【図 28 A】



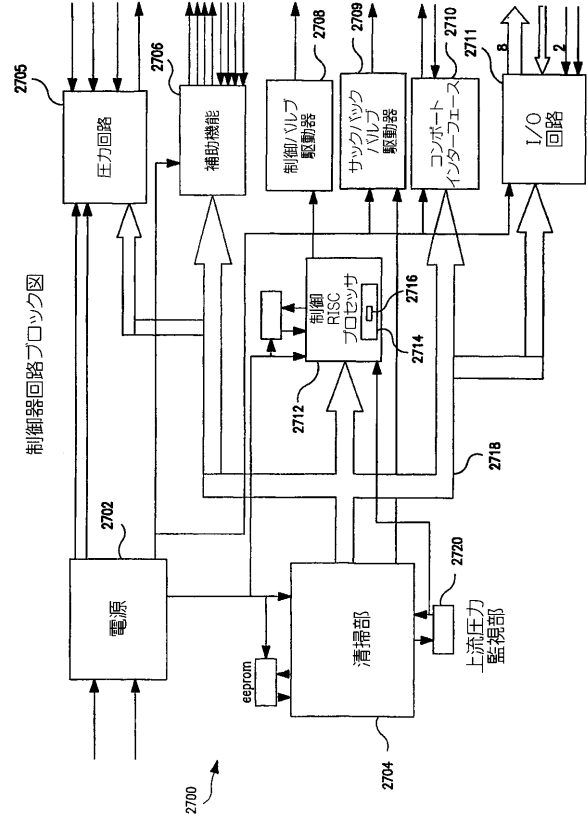
【図 28 B】



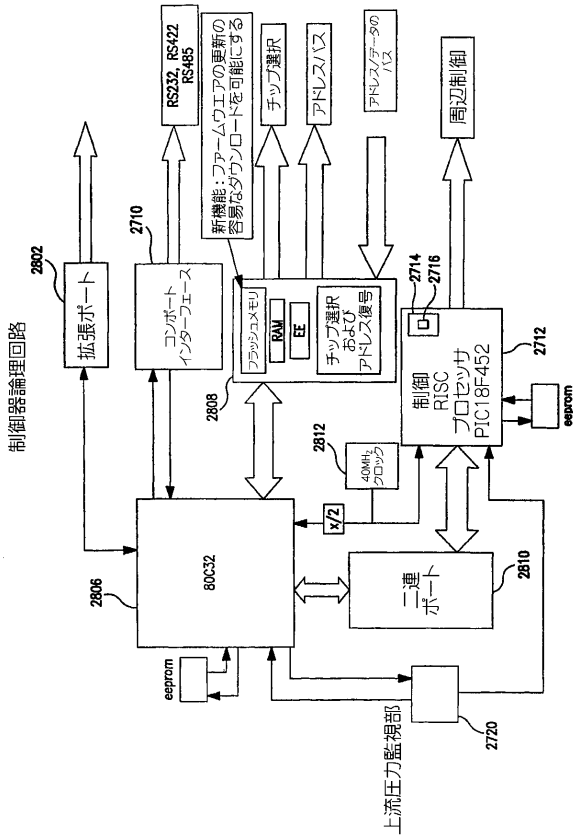
【図 29】



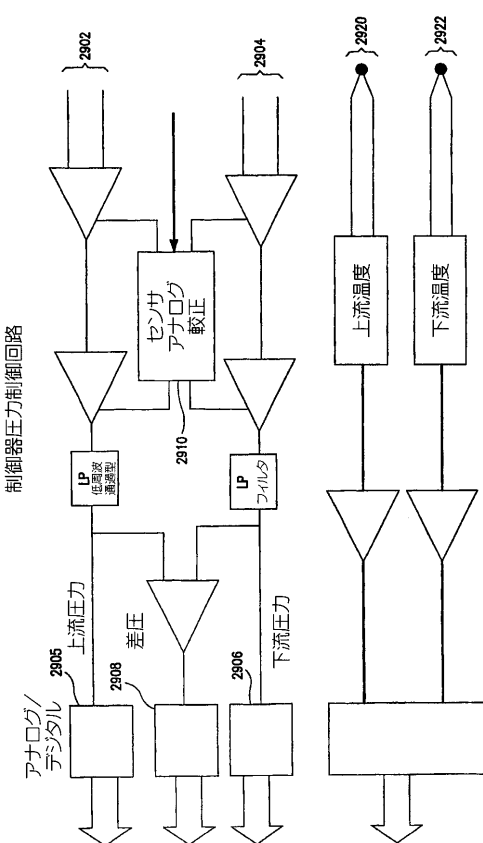
【図 30】



【図 31】



【図 32】



【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/US03/22579

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC(7) : F16K 31/12
 US CL : 137/14, 487.5

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
 U.S. : 137/14, 487.5, 1,487; 118/685, 692; 251/118/126/61.1,331; 138/40, 42

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X,P	US 6,539,968 B1 (WHITE et al.) 01 April 2003 (01.04.2003), see entire document.	9, 10, 13 - 15
X	US 6,102,071 A (WALTON et al.) 15 August 2000 (15.08.2000), See Fig. 14.	30 - 32
A	US 5,882,408 A (FUJITA) 16 March 1999 (16.03.1999), see entire document.	1 - 52
A	US 5,985,357 A (SANADA) 16 November 1999 (16.11.1999), see entire document.	1 - 52
A	US 6,173,735 B1 (PERRY, Jr. et al.) 16 January 2001 (16.01.2001), see entire document.	16 - 34
A	US 6,348,098 B1 (McLOUGHLIN et al.) 19 February 2002 (19.02.2002), see entire document.	1 - 52
T	US 6,680,078 B2 (DAVLIN et al.) 20 January 2004 (20.01.2004), see entire document.	1 - 52

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

07 March 2004 (07.03.2004)

Date of mailing of the international search report

23 MAR 2004

Name and mailing address of the ISA/US

Mail Stop PCT, Attn: ISA/US
 Commissioner for Patents
 P.O. Box 1450
 Alexandria, Virginia 22313-1450
 Facsimile No. (703) 305-3230

Authorized officer

Ramesh Krishnamurthy

Telephone No. (703) 305 5295

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/US03/22579

Box I Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of Item 1 of first sheet)

This international report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☐ Claim Nos.:
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:
2. ☐ Claim Nos.:
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:
3. ☐ Claim Nos.:
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

Box II Observations where unity of invention is lacking (Continuation of Item 2 of first sheet)This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:
Please See Continuation Sheet

1. ☒ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. ☐ As all searchable claims could be searched without effort justifying an additional fee, this Authority did not invite payment of any additional fee.
3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:
4. ☐ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

Remark on Protest ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest.
☐ No protest accompanied the payment of additional search fees.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

PCT/US03/22579

BOX II. OBSERVATIONS WHERE UNITY OF INVENTION IS LACKING

This application contains the following inventions or groups of inventions which are not so linked as to form a single general inventive concept under PCT Rule 13.1. In order for all inventions to be examined, the appropriate additional examination fees must be paid.

Group 1, claim(s) 1 - 15, drawn to a method and apparatus for flow control.

Group 2, claim(s) 16 - 34, drawn to proportional fluid control valve system.

Group 3, claim(s) 35 - 38, drawn to a method of assisting a fluid valve in dispensing.

Group 4, claim(s) 39 - 52, drawn to a device having a set of computer readable instructions pertaining to flow control.

The inventions listed as Groups 1 - 4 do not relate to a single general inventive concept under PCT Rule 13.1 because, under PCT Rule 13.2, they lack the same or corresponding special technical features for the following reasons: The special technical feature of Group 1 is the control based on pressure drop associated with a frictional flow element. The special technical feature of Group 2 is the structure of a proportional fluid control valve. The special technical feature of Group 3 is the method of assisting a fluid flow valve in terminating the dispensing of fluid. The special technical feature of Group 4 is set of computer readable instructions pertaining to flow control stored on computer readable memory.

フロントページの続き

(81)指定国 AP(GH,GM,KE,LS,MW,MZ,SD,SL,SZ,TZ,UG,ZM,ZW),EA(AM,AZ,BY,KG,KZ,MD,RU,TJ,TM),EP(AT, BE,BG,CH,CY,CZ,DE,DK,EE,ES,FI,FR,GB,GR,HU,IE,IT,LU,MC,NL,PT,RO,SE,SI,SK,TR),OA(BF,BJ,CF,CG,CI,CM,GA, GN,GQ,GW,ML,MR,NE,SN,TD,TG),AE,AG,AL,AM,AT,AU,AZ,BA,BB,BG,BR,BY,BZ,CA,CH,CN,CO,CR,CU,CZ,DE,DK,DM,DZ, EC,EE,ES,FI,GB,GD,GE,GH,GM,HR,HU,ID,IL,IN,IS,JP,KE,KG,KP,KR,KZ,LC,LK,LR,LS,LT,LU,LV,MA,MD,MG,MK,MN,M W,MX,MZ,NO,NZ,OM,PH,PL,PT,RO,RU,SC,SD,SE,SG,SK,SL,TJ,TM,TN,TR,TT,TZ,UA,UG,US,UZ,VC,VN,YU,ZA,ZM,ZW

(74)代理人 100093805

弁理士 内田 博

(72)発明者 ラベルダイアー, マーク

アメリカ合衆国マサチューセッツ州01880, ウェイクフィールド, ブロードウェイ 149

(72)発明者 マクローリン, ロバート・エフ

アメリカ合衆国ニューハンプシャー州03076, ペルハム, ジェファークソン・ドライブ 2

(72)発明者 ゴンネッラ, ジョージ

アメリカ合衆国マサチューセッツ州01463-1412, ペッペレル, エリオット・ストリート 24

(72)発明者 ガシュギー, イラジ

アメリカ合衆国マサチューセッツ州02451, ウォルサム, ハイ・ロック・サークル 5

(72)発明者 マーズ, ジェニファー

アメリカ合衆国ニューハンプシャー州03745, コーニッシュ, チャーチル・ドライブ 41

Fターム(参考) 5H307 AA20 BB02 BB06 EE19 EE21 FF12 HH12