

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2012-168822

(P2012-168822A)

(43) 公開日 平成24年9月6日(2012.9.6)

(51) Int.Cl.

G05D 7/06 (2006.01)

F 1

G05D 7/06

Z

テーマコード (参考)

5H307

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 17 頁)

(21) 出願番号 特願2011-30302 (P2011-30302)
(22) 出願日 平成23年2月15日 (2011.2.15)

(71) 出願人 000127961
株式会社堀場エステック
京都府京都市南区上鳥羽鉾立町 1 1 番地 5
(74) 代理人 100121441
弁理士 西村 電平
(74) 代理人 100113468
弁理士 佐藤 明子
(74) 代理人 100154704
弁理士 齊藤 真大
(72) 発明者 瀧尻 興太郎
京都府京都市南区上鳥羽鉾立町 1 1 番地 5
株式会社堀場エステック内
(72) 発明者 米田 豊
京都府京都市南区上鳥羽鉾立町 1 1 番地 5
株式会社堀場エステック内
最終頁に続く

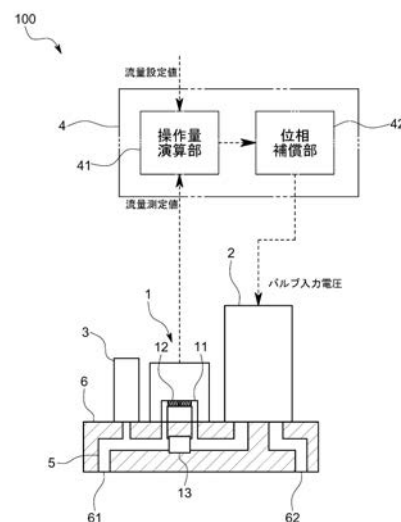
(54) 【発明の名称】 流体制御装置

(57) 【要約】

【課題】 デジタル制御を採用したバルブ制御器であっても、従来のアナログ制御を使用している場合に近い応答性を実現することができる流体制御装置を提供する。

【解決手段】 流体が流れる流路 5 上に設けられた流体制御バルブ 2 と、前記流体に関する物理量を測定する流体測定部 1、3 と、前記流体測定部 1 で測定される物理量の測定値と、予め設定される設定値との偏差に基づいて前記流体制御バルブ 2 の開度をデジタル制御によって制御するバルブ制御器 4 と、を備えた流体制御装置 100 であって、前記バルブ制御器 4 が、入力される値に対して所定の演算を施して前記流体制御バルブ 2 の開度の操作量に関連する値を出力する操作量演算部 41 と、入力される値に対して速度型デジタル演算により位相遅れを補償した値を出力する位相補償部 42 と、を備えた。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

流体が流れる流路上に設けられた流体制御バルブと、前記流体に関する物理量を測定する流体測定部と、前記流体測定部で測定される物理量の測定値と、予め設定される設定値との偏差に基づいて前記流体制御バルブの開度をデジタル制御によって制御するバルブ制御器と、を備えた流体制御装置であって、

前記バルブ制御器が、入力される値に対して所定の演算を施して前記流体制御バルブの開度の操作量に関連する値を出力する操作量演算部と、入力される値に対して速度型デジタル演算により位相のずれを補償した値を出力する位相補償部と、を備えたことを特徴とする流体制御装置。

10

【請求項 2】

前記操作量演算部で用いられる前記所定の演算が、P I D 演算である請求項 1 記載の流体制御装置。

【請求項 3】

前記操作量演算部で用いられる前記所定の演算が、速度型デジタル演算である請求項 1 又は 2 記載の流体制御装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、流路を流れる流体の圧力、流量等を制御するための流体制御装置に関するものである。

20

【背景技術】

【0002】

半導体の製造に用いられる各種ガス等を半導体製造装置に供給する場合、それらの供給流路にマスフローコントローラ等の流体制御装置をそれぞれ設け、ガスの圧力や流量をそれぞれ調節するようにしている。

【0003】

流量制御を行う場合を例とすると、前記マスフローコントローラは、流路に設けられる流量制御バルブと、流体の流量を測定する流量センサと、設定流量と測定流量の偏差に基づいて前記流量制御バルブの開度を制御するバルブ制御器とを備えている。

30

【0004】

例えば、特許文献 1 に示されるように前記バルブ制御器は主として電子回路により構成されており、偏差等の入力された値に対して P I D 演算等を施し、前記流体制御バルブへ入力されるフィードバック値を算出する操作量演算部を備えている。つまり、この流体制御装置は、アナログ制御（連続時間制御）によって前記流量制御バルブを制御するように構成されているものである。

【0005】

ところで、近年マスフローコントローラのような流体制御装置はより製造コストを抑えるとともに、各個体の制御精度のばらつきをより少なくすることが求められている。このため、本願発明者らは、制御用の電子回路等の精度管理が難しいことにより流体制御装置の個体ごとに制御性能のばらつきが生じやすく、実装の手間等によって製造コストが割高となりやすいアナログ制御から、精度管理が容易で製造コストを抑えやすいコンピュータ上のプログラムによるデジタル制御（離散時間制御）を適用しようとした。

40

【0006】

しかしながら、前記バルブ制御器を従来のアナログ制御からデジタル制御に置き換えるだけの単純な制御方式の変更では、アナログ制御において実現できていた応答性をデジタル制御によって実現することができなかった。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0007】

50

【特許文献1】特開昭64-54518号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

本発明は上述したような問題を鑑みてなされたものであり、デジタル制御を採用したバルブ制御器であっても、従来のアナログ制御を使用している場合に近い応答性を実現することができる流体制御装置を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0009】

すなわち、本発明の流体制御装置は、流体が流れる流路上に設けられた流体制御バルブと、前記流体に関する物理量を測定する流体測定部と、前記流体測定部で測定される物理量の測定値と、予め設定される設定値との偏差に基づいて前記流体制御バルブの開度を制御するバルブ制御器と、を備えた流体制御装置であって、前記バルブ制御器が、入力される値に対して所定の演算を施して前記流体制御バルブの開度の操作量に関連する値を出力する操作量演算部と、入力される値に対して速度型デジタル演算により位相のずれを補償した値を出力する位相補償部と、を備えたことを特徴とする。

【0010】

より詳細に説明すると、アナログ制御からデジタル制御へと置き換える際には、アナログ制御で用いられていた演算式、演算方法をデジタル制御用に変換する必要がある。本願発明者らは鋭意検討を重ねることによって、アナログ制御からデジタル制御への変換の際に通常用いられることの多い位置型デジタル演算を用いて位相のずれを補償してもアナログ制御時と同等の応答性を達成する事が難しいのに対して、流体制御バルブを用いた流体制御に関しては速度型デジタル演算を用いた位相補償部を操作量演算部にさらに付加することにより従来と同等の応答性を達成できることを初めて見出した。

【0011】

つまり、前記位相補償部が速度型デジタル演算により位相補償を行うように構成することによって、アナログ制御を用いていた場合に比べて製造コストを抑えながらも、応答性に関しても従来と同等の性能を保つことができる。

【0012】

前記操作量演算部の具体的な実施の態様としては、前記操作量演算部で用いられる前記所定の演算が、PID演算であるものが挙げられる。

【0013】

よりデジタル制御での応答性を向上させるためには、前記操作量演算部で用いられる前記所定の演算が、速度型デジタル演算であるものであればよい。

【発明の効果】

【0014】

このように本発明は、デジタル制御により流体制御バルブを制御する場合であっても、前記位相補償部が、速度型デジタル演算により位相補償を行うことによって従来のアナログ制御の場合と同等の応答性を実現する事が可能となり、しかも製造コストも抑えることができる。

【図面の簡単な説明】

【0015】

【図1】本発明の第一実施形態に係るマスフローコントローラを示す模式図。

【図2】第1実施形態における制御系の構成を示すブロック線図。

【図3】各制御方式におけるステップ応答特性を比較するグラフ。

【図4】本発明の第2実施形態に係る圧力制御装置を示す模式図。

【図5】第2実施形態における制御系の構成を示すブロック線図。

【図6】その他の実施形態に係るマスフローコントローラを示す模式図。

【図7】その他の実施形態における制御系の構成を示すブロック線図。

【発明を実施するための形態】

10

20

30

40

50

【0016】

以下、本発明の第一実施形態について図面を参照しながら説明する。

【0017】

本実施形態の流体制御装置100は、半導体製造装置において、成膜やエッチングの行われるチャンバー内に各種ガスを所望の流量又は圧力で導入するために用いられるものである。より具体的には、前記チャンバーに接続される各配管に前記流体装置が接続されて、配管を流路5として流れるガスの制御を行うものである。

【0018】

前記流体制御装置100は、いわゆるマスフローコントローラであって、図1に示すように内部に流路5が形成されたボディ6と、前記流路5の上流から順番に設けられている、圧力センサ3、流量センサ1、流体制御バルブ2と、前記流量センサ1の出力に基づいて前記流体制御バルブ2の開度を制御するバルブ制御器4と、を備えたものであり、各部は一つの筐体としてパッケージ化してある。なお、本実施形態では、制御対象となる流体は例えばヘリウム等のガスであるが、その他の半導体製造に用いられるガスに対しても適用可能である。

【0019】

各部について説明する。

【0020】

前記ボディ6は、概略平直方体形状のブロック体であり、その内部に貫通路を形成することで流体の流れる流路5が形成してある。このボディ6の底面には、流路5の開始点である導入口と、終了点である導出口が設けてある。前記導入口61、導出口62は半導体製造工程等でパイプ等の代わりとして用いられる内部に流路を有したガスパネル（図示しない）の接続口に接続されて使用される。また、前記ボディ6の上面には前記流量センサ1、前記流体制御バルブ2、前記圧力センサ3と、を取り付けることによって、前記流路5上に各センサ、バルブが設けられるようにしてある。

【0021】

前記圧力センサ3は、前記流体制御バルブ2の上流側の圧力である一次側圧力を測定するためのものである。この圧力センサ3で検出された圧力値は、各種機器の動作チェック等に用いられる。

【0022】

前記流量センサ1は、前記流路5を流れる流体の物理量である流量を測定するものであり、いわゆる熱式流量センサである。前記流量センサ1は、前記流路5から分岐させて再び流路5に合流するように細管で形成されたセンサ流路11と、前記細管の外周に設けられた一对のコイル12と、前記センサ流路11の分岐点と合流点の間において前記内部流路5に設けられ層流素子13と、を備えたものである。そして、2つのコイル12に電圧を印加し、それぞれが同じ温度で一定温度となるように制御を行い、その時に印加される各電圧に基づいて図示しない流量演算部が流路5を流れる流体の質量流量を算出するように構成してある。なお、本実施形態では熱式流量センサ1は、質量流量を測定するものであるが、体積流量を出力するように構成してあっても構わない。なお、本実施形態では、この流量センサ1が請求項における流体測定部に相当する。また、流量センサ1としては熱式流量センサに限られるものではなく、例えば差圧式流量センサであっても構わない。このように差圧式流量センサを用いた場合、流量変化に対するセンサ出力の応答速度を向上させることができ、より流体制御の応答性を向上させることもできる。加えて、前記層流素子13はオリフィス等の流路抵抗であっても構わない。

【0023】

前記流体制御バルブ2は、ソレノイドバルブであって、図示しない弁体を電磁力により可動させることでその開度を調節できるようにしてある。ソレノイドバルブであれば初動の応答速度が高く、流体制御の応答性を良くすることができる。流体制御バルブ2もソレノイドバルブに限られるものではなく、流体制御の応答性を若干損なってもよいのであればピエゾバルブ等のソレノイドバルブに比べて応答速度が遅いその他のバルブであっても

構わない。

【0024】

前記バルブ制御器4は、前記流量センサ1で測定される流量の測定値が、予め設定される設定値となるようにデジタル制御によって前記流体制御バルブ2の開度を制御するものである。言い換えると前記バルブ制御器4は、前記測定値と前記設定値の偏差に基づいて、デジタル制御により算出されるフィードバック値を前記流体制御バルブ2へ出力するよう構成してある。より具体的には、このバルブ制御器4は、CPU、メモリ、AC/DCコンバータ等、を有した所謂コンピュータを用いて、前記メモリに格納された各種プログラムをCPUによって実行することによって前述した機能を実現するものである。そして、前記バルブ制御器4は少なくとも、操作量演算部41、位相補償部42としての機能を発揮するように構成してある。言い換えると前記バルブ制御器4は、オペアンプ等のアナログ回路により制御器を構成するものではなく、プログラムによってその制御機能を実現されるデジタル制御器であり、所定の制御周期ごとに前記流体制御バルブ2に対してフィードバック値を返すように構成してある。なお、前記バルブ制御器4は入力を流量の設定値、出力を流量の測定値として、設定値から測定値までの伝達関数を表すブロック線図が図2に示すようなものとなるように構成してある。なお、ブロック線図中の制御対象と記載したブロックは、マスフローコントローラの流体制御バルブ2の特性、流体の特性、センサ特性等に基づいて記述される伝達関数を示す。

10

【0025】

前記操作量演算部41は、入力される値に対して所定の演算を施して前記流体制御バルブの開度の操作量に関連する値を出力するものである。ここで、入力される値とは、入力される電気信号が示す値、又は数値データそのものを含む概念である。本実施形態においてこの操作量演算部41に入力される値は、前記流量センサ1により測定された流量の測定値と、予め設定された設定値の偏差である。つまり、前記操作量演算部41は、測定値と設定値の偏差が入力されて、その偏差について前記流体制御バルブ2の開度の操作量をPID演算によって演算し、その出力値を前記位相補償部42へと出力するように構成してある。より具体的には、操作量演算部41は、アナログ制御における時間領域表現では式数1に示すような演算式と対応した制御特性を有するものである。

20

【0026】

【数1】

$$MV^1 = K_p \left(e + \frac{1}{T_I} \int e dt + T_D \frac{de}{dt} \right)$$

30

ここで、 e ：測定値と設定値の偏差、 MV_1 ：PID演算値、 K_p ：比例ゲイン、 T_I ：積分時間、 T_D ：微分時間である。

本実施形態では、デジタル制御を用いているので、速度型デジタル演算によりPID演算値 MV^1 を算出するように式数1から変換された式数2及び式数3に基づいて前記操作量演算部41は演算を行っている。

【0027】

【数2】

$$MV_n^1 = MV_{n-1}^1 + \Delta MV_n^1$$

40

【数3】

$$\Delta MV_n^1 = K_p \left\{ (e_n - e_{n-1}) + \frac{\Delta t}{T_I} e_n + \frac{T_D}{\Delta t} (e_n - 2e_{n-1} + e_{n-2}) \right\}$$

ここで、 Δt ：制御周期の長さ、 MV_n^1 ： n 番目の制御周期におけるPID演算値、 ΔMV_n^1 ： n 番目の制御周期におけるPID演算値と $n-1$ 番目の制御周期におけるPID演算値の差分である。

【0028】

50

つまり、前記操作量演算部 4 1 は、式数 2、式数 3 から分かるように毎回出力値全体を計算するのではなく、前回値からの変化分だけを計算し、この変化分を前回値に加算して今回値を算出するように構成してある。

【0029】

前記位相補償部 4 2 は、入力される値に対して速度型デジタル演算により位相のずれを補償した値を出力するものであり、本実施形態では位相の遅れを補償するものである。本実施形態では、入力される値は前記操作量演算部 4 1 にから出力された P I D 演算値であるが、後述するようにその他の値が入力されるように構成しても構わない。前記操作量演算部 4 1 から入力された P I D 演算値について速度型デジタル演算により位相遅れを補償し、その値に対応する電圧をフィードバック値として前記流体制御バルブ 2 に入力するように構成してある。その制御特性は、アナログ制御における時間領域表現では式数 4 に示すような演算式と対応したものである。

10

【0030】

【数 4】

$$MV^2 = MV^1 + C \frac{dMV^1}{dt}$$

ここで、 MV^2 ：位相補償後の P I D 演算値、 C ：位相補償係数である。

【0031】

本実施形態では、デジタル制御を用いているので、速度型デジタル演算により位相補償後の値を出力するように式数 4 から変換された式数 5 及び式数 6 に基づいて前記操作量演算部 4 1 は演算を行っている。

20

【0032】

【数 5】

$$MV_n^2 = MV_{n-1}^2 + \Delta MV_n^2$$

【数 6】

$$\Delta MV_n^2 = MV_n^1 - MV_{n-1}^1 + \frac{C}{\Delta t} (MV_n^1 - 2MV_{n-1}^1 + MV_{n-2}^1)$$

30

ここで、 Δt ：制御周期の長さ、 MV_n^1 ： n 番目の制御周期における位相補償前の P I D 演算値、 MV_n^2 ： n 番目の制御周期における位相補償後の P I D 演算値、 ΔMV_n^2 ： n 番目の制御周期における位相補償後の P I D 演算値と $n-1$ 番目の制御周期における位相補償後の P I D 演算値の差分である。

【0033】

なお、前記操作量演算部 4 1 及び前記位相補償部 4 2 においては分かりやすさのため完全微分による演算を行うように示しているが、より応答性を向上させるために以下の説明では例えば、式数 3 から式数 7 に、式数 6 から式数 8 に置き換えることにより下に示すような不完全微分を用いて演算を行っている。また、制御用途や許容できる誤差等によっては完全微分で演算を行うようにしてもよい。

40

【0034】

【数 7】

$$\begin{aligned}\Delta MV_n^1 &= K_p \left\{ (e_n - e_{n-1}) + \frac{\Delta t}{T_I} e_n + \frac{T_D}{\Delta t} (e_n - 2e_{n-1} + e_{n-2}) \right\} \\ \Rightarrow \Delta MV_n^1 &= K_p \left\{ (e_n - e_{n-1}) + \frac{\Delta t}{T_I} e_n + \Delta d_n^1 \right\} \\ \Delta d_n^1 &= \left\{ \frac{\eta_1 T_D}{\Delta t + \eta_1 T_D} \Delta d_{n-1}^1 + \frac{T_D}{\Delta t + \eta_1 T_D} (e_n - 2e_{n-1} + e_{n-2}) \right\}\end{aligned}\tag{10}$$

【数 8】

$$\begin{aligned}\Delta MV_n^2 &= MV_n^1 - MV_{n-1}^1 + \frac{C}{\Delta t} (MV_n^1 - 2MV_{n-1}^1 + MV_{n-2}^1) \\ \Rightarrow \Delta MV_n^2 &= MV_n^1 - MV_{n-1}^1 + \Delta d_n^2 \\ \Delta d_n^2 &= \left\{ \frac{\eta_2 C}{\Delta t + \eta_2 C} \Delta d_{n-1}^2 + \frac{C}{\Delta t + \eta_2 C} (MV_n^1 - 2MV_{n-1}^1 + MV_{n-2}^1) \right\}\end{aligned}\tag{20}$$

ここで、 η_1 、 η_2 ：時定数である

【0035】

次に、本実施形態の流体制御装置 100 の応答性について説明する。

【0036】

図 3 (a) に従来のアナログ回路で位相補償部 42 が構成された流体制御装置 100 のステップ応答を、図 3 (b) に上述したように位相補償部 42 が速度型デジタル演算により位相遅れを補償するように構成した本実施形態の流体制御装置 100 におけるステップ応答を、図 3 (c) に位相補償部 42 が位置型デジタル演算により位相遅れを補償するように構成した流体制御装置 100 におけるステップ応答のシミュレーション結果を示す。なお、細実線は位相補償部 42 から前記流体制御バルブ 2 へと入力されるフィードバック値に対応する電圧値の変化を示し、太実線は、この制御系の出力に相当する前記流量センサ 1 により測定されている流量の測定値を示すものである。

【0037】

図 3 (a)、図 3 (b) を比較すれば明らかなように、本実施形態のようにデジタル制御においても速度型デジタル演算により位相遅れを補償した場合には、従来のアナログ制御の場合と略同等の応答性が実現できていることが分かる。

【0038】

一方、図 3 (c) に示されるように、本実施形態とは異なる式数 9 の位置型デジタル演算により位相補償を行っている場合には、流体制御バルブ 2 に印加される電圧波形及び流量の測定値の波形はともにアナログ制御の場合と異なっている。特に流量の測定値に注目すると、立ち上がりの部分に若干のオーバーシュートが発生しており、アナログ制御の場合と同等の応答性を実現できていない。

【0039】

【数 9】

$$MV_n^2 = MV_n^1 - MV_{n-1}^1 + \frac{C}{\Delta t} (MV_n^1 - MV_{n-1}^1)$$

【0040】

これらのように位置型デジタル制御と速度型デジタル制御によって応答性に違いが出るのは、制御対象がガスであり流体制御バルブ 2 の開度の変化量に対して流量が非線形で変

化することや、あるいは、流体制御バルブ 2 自体も入力電圧の変化量に対して、開度が非線形で変化するためノイズ影響が発生することがあり、速度型デジタル演算の方が従来のアナログ制御の場合と同様にそのようなノイズに対して強い構成となっているためであると予想される。

【0041】

このように、本願発明者らが上述した測定実験等に基づいて試行錯誤の末、位相補償部 42 を速度型デジタル演算により位相遅れを補償するように構成すればよいことを見出したことにより、本実施形態の流体制御装置 100 は、従来のアナログ制御の場合と同等の応答性を達成することができる。しかも、前記バルブ制御器 4 の制御方式をデジタル制御に置き換えることによって装置全体の製造コストを低減することが可能となる。

10

【0042】

第 2 実施形態について説明する。なお、第 1 実施形態と対応する部材には同じ符号を付すこととする。

【0043】

前記実施形態の流体制御装置 100 では、流量を制御するものであったが圧力等の別の物理量について制御を行うように構成してもかまわない。すなわち、前記流体制御装置 100 が、圧力制御装置である場合について説明すると、図 4 に示すよう前記実施形態では、流量センサ 1 が請求項での流体測定部に相当するものであったが、この実施形態では前記圧力センサ 3 が請求項での流体測定部に相当するものとなる。また、それに伴って、バルブ制御器 4 の構成も異なっている。この実施形態では、各センサ、バルブの流路 5 に沿って並んでいる順番も変更されており、流量センサ 1、流量制御バルブ 2、圧力センサ 3 の順番で設けてある。これは、後続に接続されるチャンバー内の圧力に近い値を測定し、圧力制御装置の後続における圧量を適正な値に制御するためである。なお、前記流量センサ 1 は例えば、圧力制御装置内に流体が流れているかどうかチェックするため等に用いられる。

20

【0044】

このような流体制御装置 100 についてより具体的に説明すると、前記バルブ制御器 4 は圧力センサ 3 で測定される圧力の測定値が、予め設定される圧力の設定値となるように前記流体制御バルブ 2 を制御するように構成してある。前記バルブ制御器 4 内の操作量演算部 41 は、圧力の測定値と設定値の偏差に P I D 演算により流体制御バルブ 2 の開度の操作量を算出するように構成してある。そして、前記位相補償部 42 は前記操作量演算部 41 で演算された開度の操作量について速度型デジタル演算により位相補償を行った値をフィードバック値として前記流体制御バルブ 2 へと入力するように構成してある。なお、第 2 実施形態については制御対象が流量から圧力に変更してある点以外は、前記バルブ制御器 4 内で用いられる制御用の演算式は同じであり、そのブロック線図は図 5 に示すようになる。このような圧力制御装置として構成した場合でも、前記バルブ制御器 4 の制御方式がアナログ制御であった場合とほぼ同等の応答性を達成できるとともに、アナログ制御からデジタル制御へと切り替えたことにより、製造コストを低減することができる。

30

【0045】

その他の実施形態について説明する。

40

【0046】

前記各実施形態では、流体の例としては圧縮性の流体であるガスを制御対象としていたが、例えば非圧縮性の液体を制御対象としてもかまわない。液体を制御対象とした場合には更に流体制御に関する応答性を良くすることができる。

【0047】

また、各実施形態において説明したバルブ制御器 4 の構成については様々な変形を行ってもかまわない。例えば、前記操作量演算部 41 では P I D 演算以外の方法、例えば P I 演算等で操作量を演算してもかまわない。また、前記操作量演算部 41 におけるデジタル演算の方式は、速度型デジタル演算であってもよいし、位置型デジタル演算であってもか

50

まわらない。また、制御信号の処理の順番は、前記操作量演算部 4 1、前記位相補償部 4 2 の順で行っていたが、図 6、図 7 に示すように逆の順序にしてもかまわない。すなわち、この実施形態では前記操作量演算部 4 1 に入力される値が偏差ではなく、位相補償された後の値が入力され、前記位相補償部 4 2 に入力される値は P I D 演算された値ではなく、偏差が入力されることになる。つまり、前記操作量演算部 4 1 及び前記位相補償部 4 2 に入力される値はある特定の値に限られるものではない。なお、このように構成した場合は、操作量演算部 4 1 に関しては式数 2、式数 3 の e を MV^1 に、 MV^1 を MV^2 に置き換えるとともに、位相補償部 4 2 に関しては、式数 5、式数 6 の MV^1 を e に、 MV^2 を MV^1 に置き換えて使用すればよい。要するに、ブロック線図等において等価な制御ブロックとなっていればよく、例えば、前記位相補償部 4 2 がフィードバックループ上で作用する要素として作用するように構成する等してもかまわない。

10

【0048】

また、マスフローコントローラの各センサ、バルブの配置する順番も前記実施形態に示されたものに限られず、制御用途等に応じて順番を変更しても構わない。例えば、前記第 1 実施形態については、上流から流量センサ 1、圧力センサ 3、流量制御バルブ 2 の順で設けても構わない。加えて、前記圧力センサ 3 からの出力される圧力の測定値により流量の測定値、偏差、流量設定値を補正し、流体制御装置の応答性を更に向上させるようにしてもよい。特に、前記流量センサ 1 から出力される流量の測定値の補正について説明すると、前記流量演算部は、前記各コイル 1 2 から得られた電圧値に基づいて算出される流量値に対して、前記圧力センサ 3 が示す圧力値、その圧力値の時間変化量、設定されている

20

【0049】

前記実施形態では、流体制御バルブ、流体測定部、バルブ制御器は 1 つのパッケージ化されたマスフローコントローラであったが、それぞれがパッケージ化されていないものであっても構わない。例えば、前記バルブ制御器のみパソコン等の汎用のコンピュータにより別体で構成するようにしても構わない。

【0050】

その他、本発明の趣旨を逸脱しない範囲において、実施形態の組み合わせや変形を行ってもかまわない。

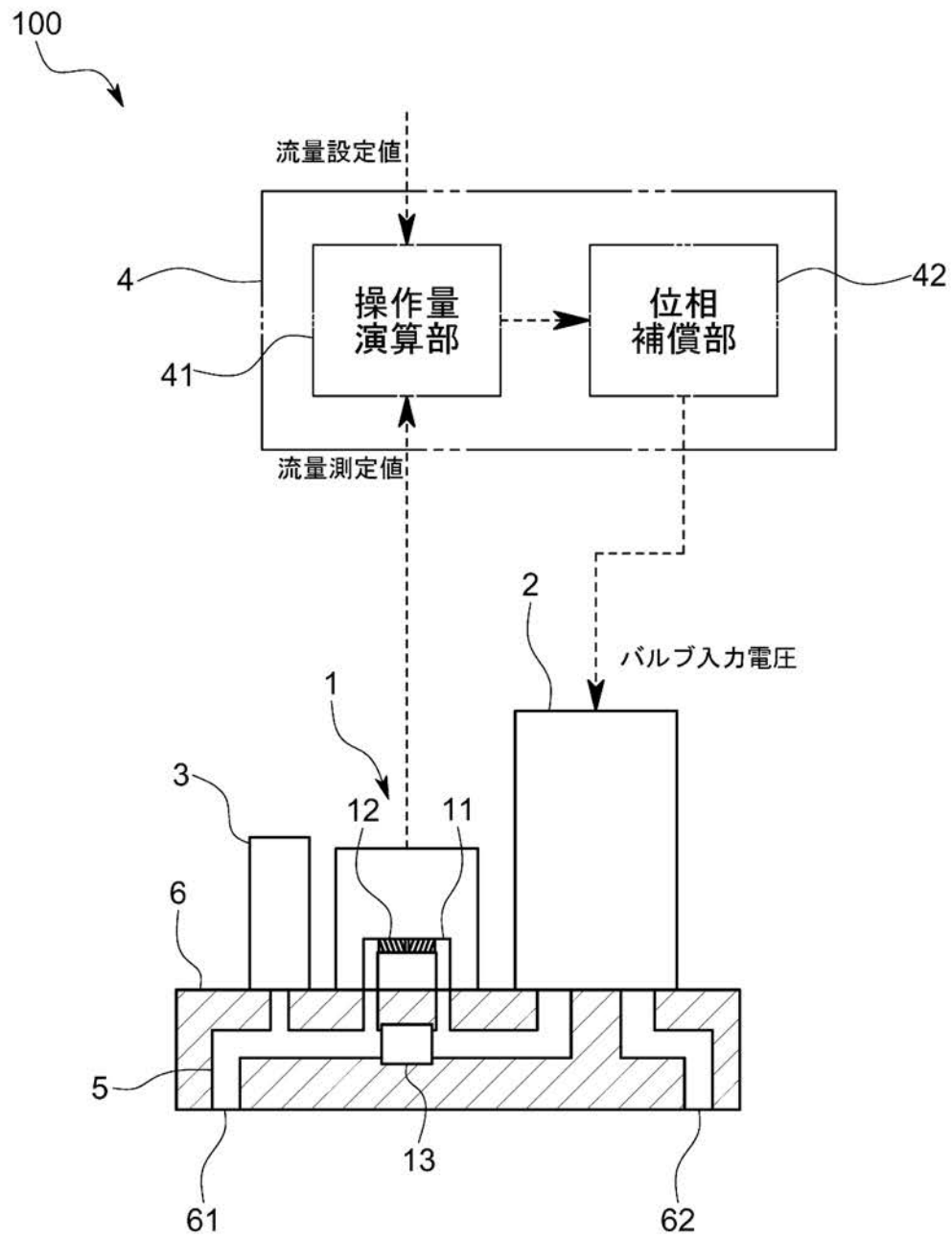
30

【符号の説明】

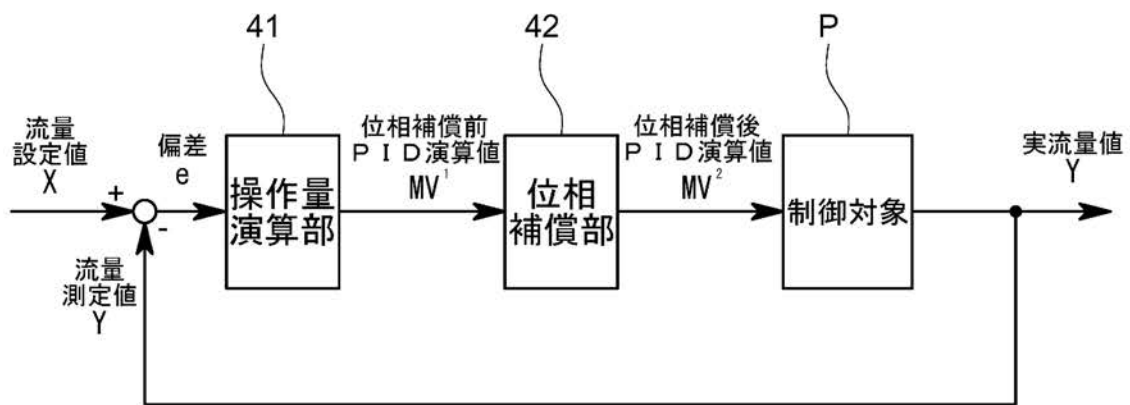
【0051】

- 100・・・流体制御装置
- 1、3・・・流体測定部
- 2・・・流体制御バルブ
- 4・・・バルブ制御器
- 41・・・操作量演算部
- 42・・・位相補償部

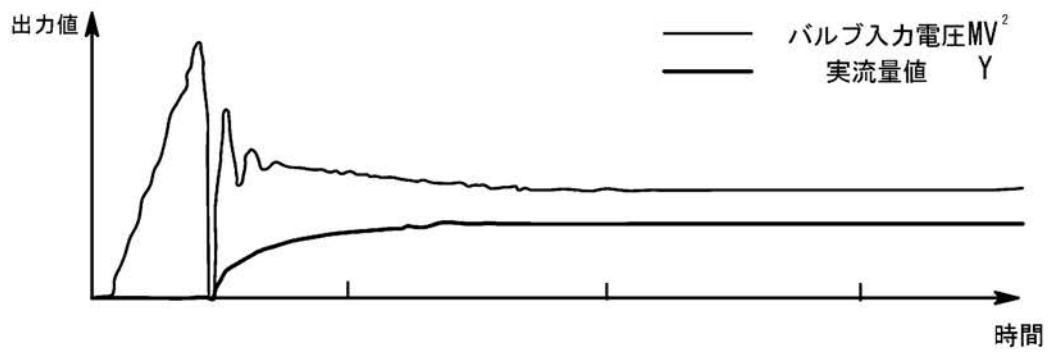
【図 1】



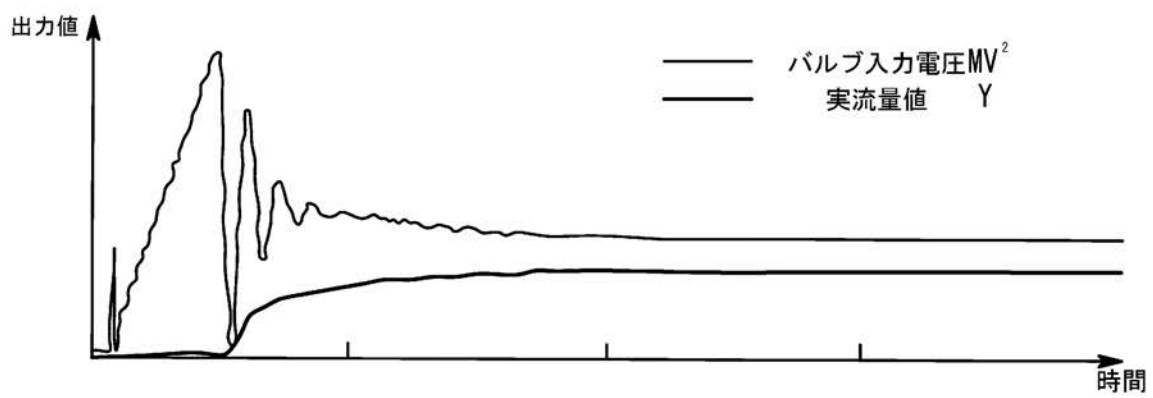
【図 2】



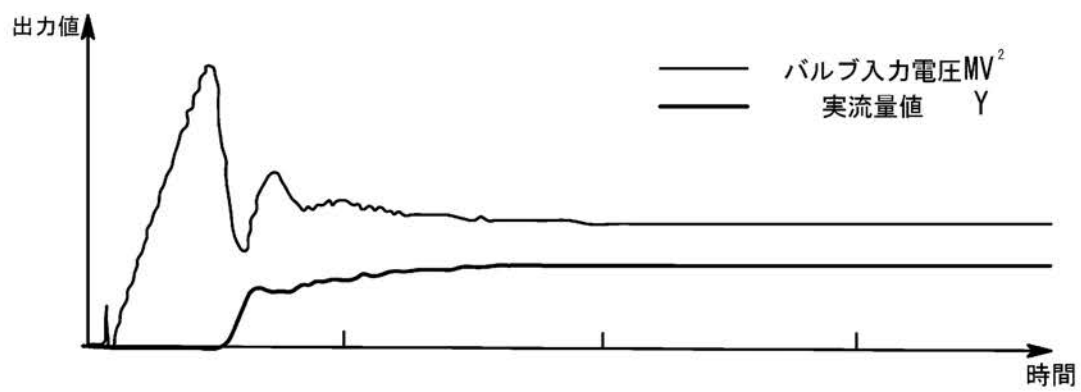
【図 3】



(a)

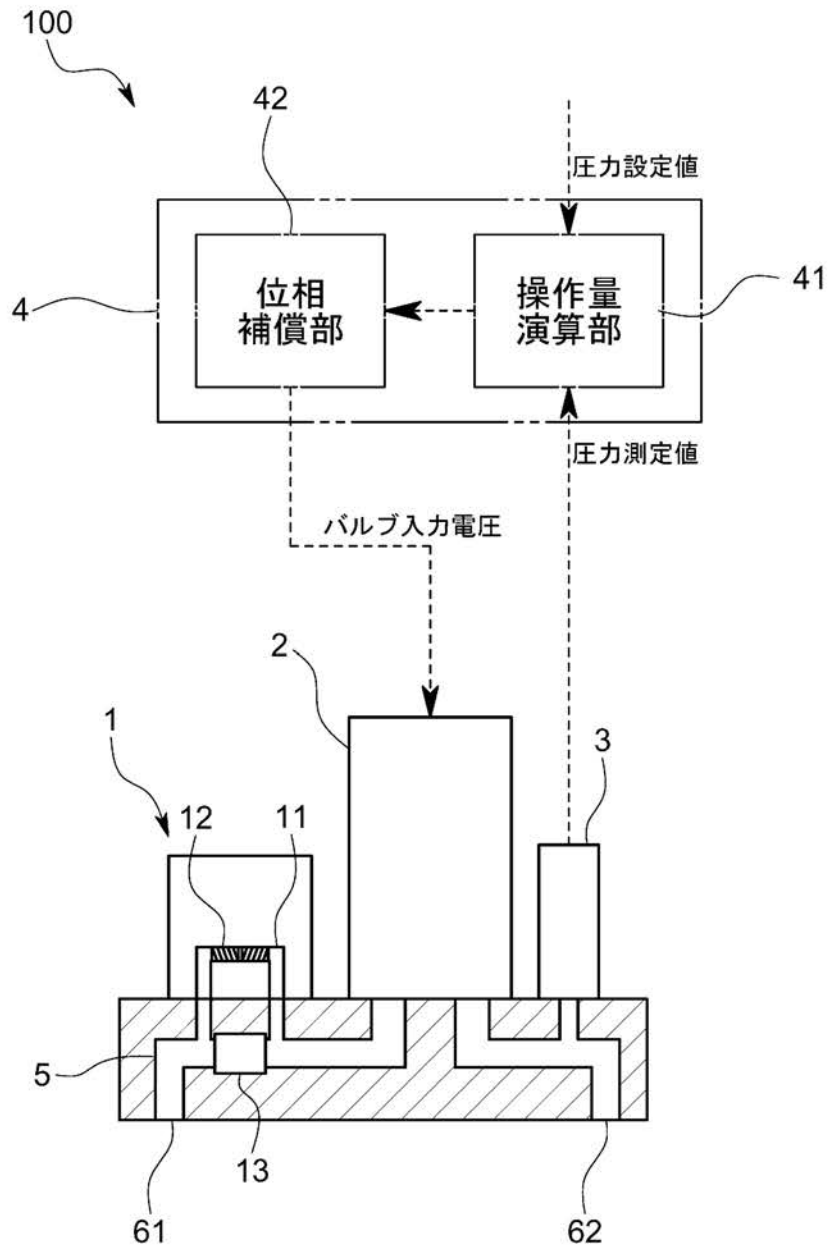


(b)

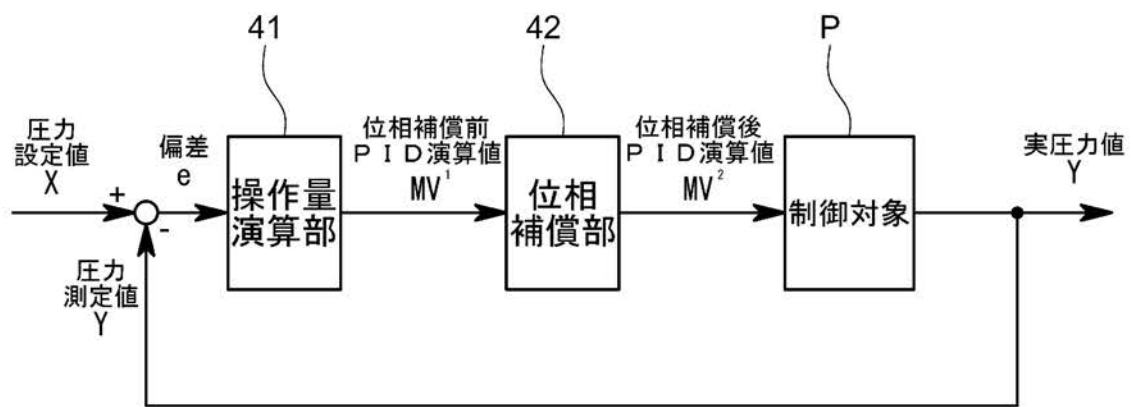


(c)

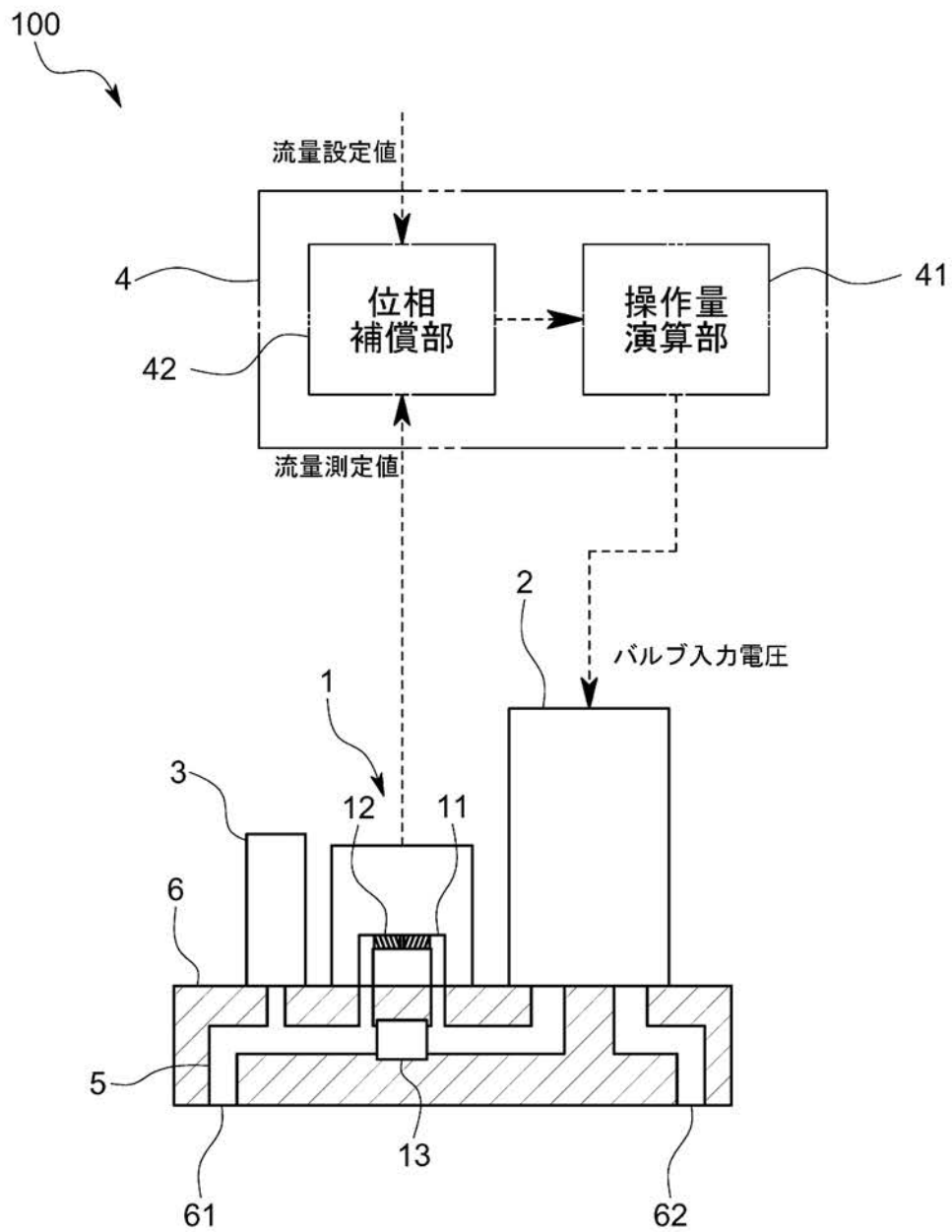
【図 4】



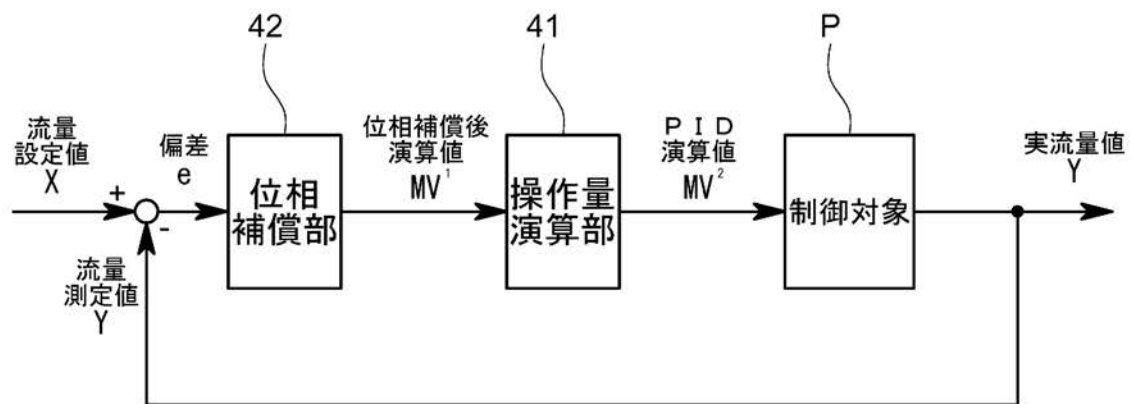
【図 5】



【図 6】



【図 7】



フロントページの続き

Fターム(参考) 5H307 AA01 BB01 DD03 EE02 FF06 HH04 HH12