

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2019年10月24日(24.10.2019)

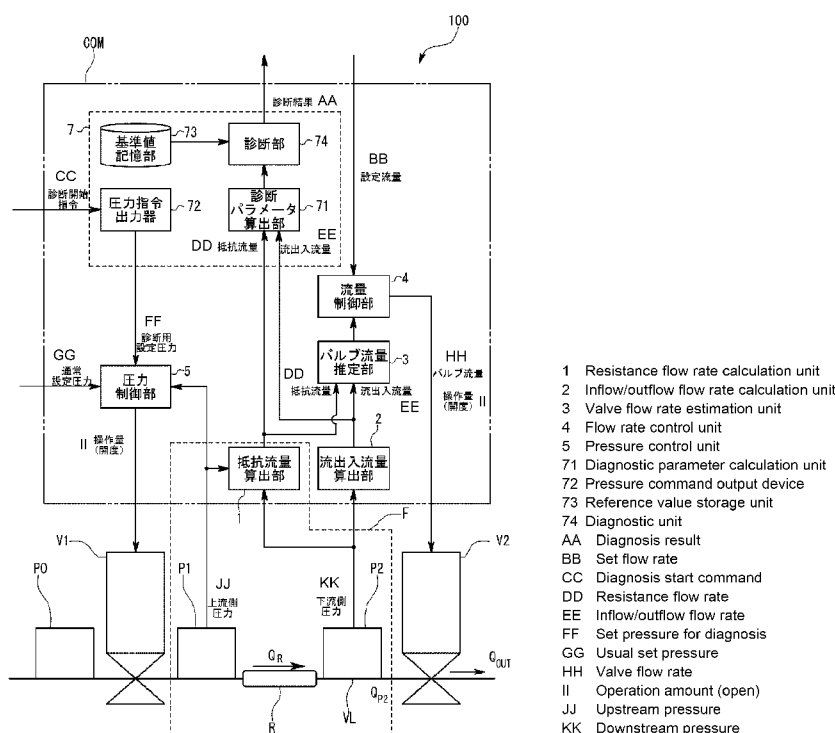


(10) 国際公開番号
WO 2019/202959 A1

- (51) 国際特許分類:
G05D 7/06 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2019/014456
- (22) 国際出願日: 2019年4月1日(01.04.2019)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2018-080891 2018年4月19日(19.04.2018) JP
- (71) 出願人: 株式会社堀場エステック (HORIBA STEC, CO., LTD.) [JP/JP]; 〒6018116 京都府京都市南区上鳥羽鉾立町1番地5 Kyoto (JP).
- (72) 発明者: 瀧尻 興太郎 (TAKIJIRI, Kotaro); 〒6018116 京都府京都市南区上鳥羽鉾立町1番地5 株式会社堀場エステック内 Kyoto (JP). 長井 健太郎 (NAGAI, Kentaro); 〒6018116 京都府京都市南区上鳥羽鉾立町1番地5 株式会社堀場エステック内 Kyoto (JP). 曾 采薇 (TSENG, Tsai Wei); 〒6018116 京都府京都市南区上鳥羽鉾立町1番地5 株式会社堀場エステック内 Kyoto (JP).
- (74) 代理人: 西村 竜平 (NISHIMURA, Ryuhei); 〒6040857 京都府京都市中京区蒔絵屋町2番地80 ヤサカ烏丸御所南ビル3F Kyoto (JP).
- (81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ,

(54) Title: FLOW CONTROL DEVICE, DIAGNOSTIC METHOD, AND PROGRAM FOR FLOW CONTROL DEVICE

(54) 発明の名称: 流量制御装置、診断方法、及び、流量制御装置用プログラム



(57) Abstract: Provided is a flow rate control device capable of diagnosing whether or not an abnormality has occurred while continuing to supply a predetermined flow rate, the flow rate control device comprising: an inflow/outflow flow rate calculation unit that calculates an inflow/outflow rate of a fluid into a volume on the basis of a downstream pressure that is the pressure in the volume; a valve flow rate estimation unit that estimates a valve flow rate that is a flow rate of the fluid that flows out of the volume through the downstream valve on the basis of the resistance flow rate and the

WO 2019/202959 A1

BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

- (84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類 :

- 一 国際調査報告 (条約第21条(3))

inflow/outflow flow rate; a flow rate control unit that controls the downstream valve so that the difference between the set flow rate and the valve flow rate decreases; a diagnostic parameter calculation unit that calculates a diagnostic parameter on the basis of the resistance flow rate or the inflow/outflow flow rate in a pressure change state in which the upstream side pressure, which is the pressure on the upstream side of the fluid resistance, increases or decreases; and a diagnostic unit that diagnoses an abnormality based on the diagnostic parameter.

(57) 要約 : 所定の流量を供給し続けながら、異常が発生していないかどうか等の診断できる流量制御装置を提供するために、容積内の圧力である下流側圧力に基づいて、当該容積内への流体の流入流量を算出する流出入流量算出部と、前記抵抗流量と前記流出入流量に基づいて、前記容積から前記下流側バルブを介して流出する流体の流量であるバルブ流量を推定するバルブ流量推定部と、設定流量と、前記バルブ流量との偏差が小さくなるように前記下流側バルブを制御する流量制御部と、前記流体抵抗の上流側の圧力である上流側圧力が上昇又は低下している圧力変化状態での前記抵抗流量又は前記流出入流量に基づいて、診断パラメータを算出する診断パラメータ算出部と、前記診断パラメータに基づいて、異常を診断する診断部と、を備えた。

明 細 書

発明の名称：

流量制御装置、診断方法、及び、流量制御装置用プログラム

技術分野

[0001] 本発明は、異常診断機能を備えた流量制御装置に関するものである。

背景技術

[0002] 半導体製造プロセスにおいて、例えばエッチングチャンバ内に導入される各種ガスの流量を制御するためにマスフローコントローラとよばれる各種流体機器と制御機構がパッケージ化された流量制御装置が用いられている。

[0003] 具体的にはマスフローコントローラは、流体機器として流量センサと制御バルブとを備え、制御機構として設定流量と流量センサで測定される流量との偏差が小さくなるようにバルブの開度を制御する流量制御部と、を備えている。

[0004] ところで、例えば流体に含まれる凝縮しやすい成分が流量センサを構成する機器内で付着し、詰まり等の異常が発生すると流量センサで測定される流量に誤差が生じてしまう。このような誤差が生じた状態で不正確な流量制御が継続されるのを防ぐために、流量センサの異常の有無について自己診断を行う診断部を備えたマスフローコントローラがある（特許文献1参照）。

[0005] 自己診断モードに設定されると診断部は、制御バルブを全閉状態として、例えばマスフローコントローラの上流側に設けられたタンク等の基準容積に所定圧力となるまで流体を充填する。その後、基準容積の上流側を別途設けられた開閉バルブで全閉状態にした後、制御バルブを開放し、その過程での診断対象である流量センサで測定される流量や圧力の値の変化が測定される。このとき測定された値を診断パラメータとし、正常時の値と比較して差が大きい場合には流量センサに異常が発生している診断部は判定する。

[0006] しかしながら、上述したように従来診断方法では、自己診断のために流路を全閉し、新たに流体が供給されない状態にする必要があるため、自己診

断を行いながらチャンバには所望の一定流量を供給し続けることはできない。このため、自己診断はメンテナンス時等の製造プロセスが止まっているタイミングで行われる必要があった。

[0007] したがって、流量センサの状態を間欠的にしか把握することができず、また自己診断が行われている間に製造プロセスが止まっていることによるスループットの低下が発生していた。

先行技術文献

特許文献

[0008] 特許文献1：特開2014-63348号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0009] 本発明は上述したような問題に鑑みてなされたものであり、所定の流量を供給し続けながら、異常が発生していないかどうか等の診断できる流量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

[0010] すなわち、本発明に係る流量制御装置は、流路に設けられた流体抵抗と、流体抵抗の下流側に設けられた下流側バルブと、前記流体抵抗を流れ、当該流体抵抗と前記下流側バルブとの間の流路中の容積へ流入する抵抗流量を測定する抵抗流量測定機構と、前記容積内の圧力である下流側圧力に基づいて、当該容積内への流体の流出入流量を算出する流出入流量算出部と、前記抵抗流量と前記流出入流量に基づいて、前記容積から前記下流側バルブを介して流出する流体の流量であるバルブ流量を推定するバルブ流量推定部と、設定流量と、前記バルブ流量との偏差が小さくなるように前記下流側バルブを制御する流量制御部と、前記流体抵抗の上流側の圧力である上流側圧力が上昇又は低下している圧力変化状態での前記抵抗流量又は前記流出入流量に基づいて、診断パラメータを算出する診断パラメータ算出部と、前記診断パラメータに基づいて、異常を診断する診断部と、を備えたことを特徴とする。

- [0011] また、本発明に係る診断方法は、流路に設けられた流体抵抗と、流体抵抗の下流側に設けられた下流側バルブと、前記流体抵抗を流れ、当該流体抵抗と前記下流側バルブとの間の流路中の容積へ流入する抵抗流量を測定する抵抗流量測定機構と、を備えた流量制御装置の診断方法であって、前記容積内の圧力である下流側圧力に基づいて、当該容積内への流体の流出入流量を算出する流出入流量算出ステップと、前記抵抗流量と前記流出入流量に基づいて、前記容積から前記下流側バルブを介して流出する流体の流量であるバルブ流量を推定するバルブ流量推定ステップと、設定流量と、前記バルブ流量との偏差が小さくなるように前記下流側バルブを制御する流量制御ステップと、前記流体抵抗の上流側の圧力である上流側圧力が上昇又は低下している圧力変化状態での前記抵抗流量又は前記流出入流量に基づいて、診断パラメータを算出する診断パラメータ算出ステップと、前記診断パラメータに基づいて、異常を診断する診断ステップと、を備えたことを特徴とする。
- [0012] このようなものであれば、前記流量制御部によって前記下流側バルブの制御が継続され、設定流量で流体が供給され続けている状態で、前記診断パラメータを算出することができる。したがって、診断のために流路を全閉する必要がなく、メンテナンス時以外の稼働時に診断が可能となる。
- [0013] 具体的には前記流量制御部は、前記抵抗流量と前記流出入流量から推定される前記バルブ流量が設定流量と一致するように前記下流側バルブを制御しているので、例えば前記流体抵抗の上流側の圧力が変化していると前記抵抗流量と前記流出入流量にその影響が現れる。仮に前記抵抗流量に誤差が発生している場合には、前記抵抗流量と前記流出入流量との差に基づく前記診断パラメータは正常時とは異なる値になる。したがって、前記下流側バルブによって設定流量を実現しながら、前記診断部による診断が可能となる。
- [0014] 設定流量が、目標流量値が一定の値に保たれている流量一定区間を含むものであれば、流体が安定して流れている状態での診断パラメータが算出できるので、異常以外の影響が診断パラメータに現れにくく、診断精度を向上させることができる。

- [0015] 前記抵抗流量と前記流出入流量を得るための構成を簡素にすることができるとともに、設定流量での流体の供給と診断を同時に実行できるようにするには、前記抵抗流量測定機構が、前記流体抵抗の上流側に設けられ、前記流体抵抗の上流側の圧力である上流側圧力を測定する上流側圧力センサと、前記流体抵抗と前記下流側バルブとの間に設けられ、前記下流側圧力を測定する下流側圧力センサと、前記上流側圧力、及び、前記下流側圧力に基づいて、前記抵抗流量を算出する抵抗流量算出部と、を備え、前記流出入流量算出部が、前記下流側圧力センサで測定される下流側圧力に基づいて前記流出入流量を算出するように構成されており、前記診断部が、前記抵抗流量測定機構の異常を診断するものであればよい。
- [0016] 簡易な判定基準で前記診断パラメータに基づいて異常の有無を判定できるようにするには、正常な状態において前記診断パラメータ算出部が算出した前記診断パラメータを基準値として記憶する基準値記憶部をさらに備え、前記診断部が、前記診断パラメータと前記基準値とを比較して、異常の有無を診断するものであればよい。
- [0017] 前記バルブ流量に対する応答速度を向上させつつ、前記診断パラメータを算出するのに必要となる前記流体抵抗の上流側における圧力変化状態を任意のタイミングで実現できるようにするには、前記流体抵抗の上流側に設けられた上流側バルブと、目標圧力値が変化している圧力変化区間を含む設定圧力と、実測される前記流体抵抗の上流側の圧力である上流側圧力との偏差が小さくなるように前記上流側バルブを制御する圧力制御部と、をさらに備えたものであればよい。
- [0018] 前記下流側バルブによって所望の一定流量を供給しつつ、異常の診断を行うための具体的な制御構成としては、前記バルブ流量が一定になるように前記下流側バルブが制御されている状態において、前記圧力制御部が、前記上流側バルブの開度を所定期間大きくし続ける、又は、前記上流側バルブの開度を所定期間小さくし続けるものが挙げられる。
- [0019] 前記診断パラメータに基づく診断に前記抵抗流量及び前記流出入流量の過

渡応答の影響が表れないようにして誤判定が生じにくくするには、前記診断パラメータ算出部が、前記抵抗流量及び前記流出入流量がそれぞれ所定時間安定している状態において前記診断パラメータを算出するものであればよい。

[0020] 例えば既存の流量制御装置においても本発明と同様の診断機能を後付で付与するには、流路に設けられた流体抵抗と、流体抵抗の下流側に設けられた下流側バルブと、前記流体抵抗を流れ、当該流体抵抗と前記下流側バルブとの間の流路中の容積へ流入する抵抗流量を測定する抵抗流量測定機構と、を備えた流量制御装置に用いられる流量制御装置用プログラムであって、前記容積内の圧力である下流側圧力に基づいて、当該容積内への流体の流出入流量を算出する流出入流量算出部と、前記抵抗流量と前記流出入流量に基づいて、前記容積から前記下流側バルブを介して流出する流体の流量であるバルブ流量を推定するバルブ流量推定部と、目設定流量と、前記バルブ流量との偏差が小さくなるように前記下流側バルブを制御する流量制御部と、前記流体抵抗の上流側の圧力である上流側圧力が上昇又は低下している圧力変化状態での前記抵抗流量又は前記流出入流量に基づいて、診断パラメータを算出する診断パラメータ算出部と、前記診断パラメータに基づいて、異常を診断する診断部と、としての機能をコンピュータに発揮させることを特徴とする流量制御装置用プログラムをインストールすればよい。

[0021] なお、流量制御装置用プログラムは電子的に配信されるものであってもよいし、CD、DVD、HDD、フラッシュメモリ等のプログラム記録媒体に記録されているものであってもよい。

発明の効果

[0022] このように本発明によれば、制御対象である前記バルブ流量を推定するための前記抵抗流量及び前記流出入流量に基づいて前記診断パラメータを算出するように構成されているので、所望の設定流量を供給し続けながら、並行して異常の診断を行うことができる。

図面の簡単な説明

[0023] [図1]本発明の第1実施形態に係る流量制御装置を示す模式図。

[図2]正常時における上流側圧力、抵抗流量、流出入流量、バルブ流量との変化の関係を示す模式的グラフ。

[図3]異常時における上流側圧力、抵抗流量、流出入流量、バルブ流量との変化の関係を示す模式的グラフ。

[図4]本発明の第2実施形態に係る流量制御装置を示す模式図。

符号の説明

- [0024] 100 . . . 流量制御装置
V1 . . . 上流側バルブ
P1 . . . 上流側圧力センサ
R . . . 流体抵抗
VL . . . 下流側容積
P2 . . . 下流側圧力センサ
V2 . . . 下流側バルブ
F . . . 流量測定機構
1 . . . 抵抗流量算出部
2 . . . 流出入流量算出部
3 . . . バルブ流量推定部
4 . . . 流量制御部
5 . . . 圧力制御部
7 . . . 自己診断機構
71 . . . 診断パラメータ算出部
72 . . . 圧力指令出力器
73 . . . 基準値記憶部
74 . . . 診断部

発明を実施するための形態

[0025] 本発明の第1実施形態に係る流量制御装置100について図1乃至図3を参照しながら説明する。第1実施形態の流量制御装置100は、例えば半導

体製造プロセスにおいてエッチングチャンバに対してガスを設定流量で供給するために用いられるものである。ここで、設定流量は、ある流量値から別の流量値へ階段状に立ち上がる、あるいは、立ち下がるステップ信号である。このステップ信号に対して例えば製造される半導体の品質を満たすように所定時間内に追従するように流量制御装置100は構成してある。

[0026] すなわち、流量制御装置100は、図1に示すように、流路に設けられたセンサ、バルブからなる流体機器と、当該流体機器の制御を司る制御演算器COMと、を備えている。

[0027] 流路に対して上流側から順番に供給圧センサP0、上流側バルブV1、上流側圧力センサP1、流体抵抗R、下流側圧力センサP2、下流側バルブV2が設けてある。ここで、流体抵抗Rは例えば層流素子であり、その前後に流れるガス流量に応じた差圧が発生する。

[0028] 供給圧センサP0は、上流側から供給されるガスの圧力をモニタリングするためのものである。なお、供給圧センサP0については供給圧が安定していることが保証されている場合等には省略してもよい。

[0029] 上流側圧力センサP1は、流路において上流側バルブV1と流体抵抗Rとの間における容積である上流側容積内にチャージされているガスの圧力である上流側圧力を測定するものである。

[0030] 下流側圧力センサP2は、流路において流体抵抗Rと下流側バルブV2との間における容積である下流側容積VLにチャージされているガスの圧力である下流側圧力を測定するものである。

[0031] このように上流側圧力センサP1と下流側圧力センサP2は、上流側バルブV1、流体抵抗R、下流側バルブV2で形成される2つの容積の圧力をそれぞれ測定している。また、別の表現をすると、上流側圧力センサP1と下流側圧力センサP2は、流体抵抗Rの前後に配置されたそれぞれの容積内の圧力を測定するものである。

[0032] 上流側バルブV1、及び、下流側バルブV2は、第1実施形態では同型のものであり、例えばピエゾ素子によって弁体が弁材に対して駆動されるピエ

ゾバルブである。上流側バルブV 1は、上流側圧力センサP 1で測定される上流側圧力に基づいて上流側容積内の圧力を制御する。一方、流体機器において最も下流側に設けられている下流側バルブV 2は、流体機器から流出するガス流量全体を制御するものである。

[0033] 次に制御演算器COMについて詳述する。

[0034] 制御演算器COMは、例えばCPU、メモリ、A/D・D/Aコンバータ、入出力手段を具備するいわゆるコンピュータであって、メモリに格納されている流量制御装置用プログラムが実行されて各種機器が協業することにより、流量制御機能を主に司る抵抗流量算出部1、流出入流量算出部2、バルブ流量推定部3、流量制御部4、圧力制御部5として機能を発揮する。また、この制御演算器COMは、圧力指令出力器72、診断パラメータ算出部71、診断部74、基準値記憶部73から構成される自己診断機構7としての機能も発揮する。

[0035] まず、流量制御に関連する各部について詳述する。

[0036] 抵抗流量算出部1は、上流側圧力センサP 1、流体抵抗R、下流側圧力センサP 2とともにいわゆる圧力式の流量センサである流量測定機構Fを構成するものである。つまり、抵抗流量算出部1は、上流側圧力センサP 1で測定される上流側圧力と、下流側圧力センサP 2で測定される下流側圧力を入力として、流体抵抗Rを流れる流体流量である抵抗流量を算出し、出力するものである。ここで、抵抗流量算出部1で用いられる流量の算出式は既存のものを用いることができる。抵抗流量算出部1で算出される抵抗流量は、連続的に変化するものであるが、下流側バルブV 2の制御により実現される当該下流側バルブV 2を通過している実際の流量に対して所定の時間遅れが発生している。

[0037] 流出入流量算出部2は、流体抵抗Rと下流側バルブV 2との間にある下流側容積V L内への流出入流量を算出する。具体的には、流出入流量は下流側容積V L内の圧力の変化量として表れるので、下流側圧力センサP 2の測定値に基づいて算出される値である。

[0038] バルブ流量推定部3は、抵抗流量算出部1で算出される抵抗流量と、流出入流量算出部2で算出される流出入流量に基づいて、下流側バルブV2から流出する流体流量であるバルブ流量を算出する。より具体的には、バルブ流量推定部3は、流体抵抗Rと下流側バルブV2との間の下流側容積VLに対して流入するガス流量である抵抗流量と、下流側容積VLから流出するガス流量であるバルブ流量の差の定数倍が、下流側圧力の時間変化量と等しいことに基づいてバルブ流量を算出している。

[0039] 以下ではバルブ流量が抵抗流量と流出入流量に基づいて算出できる点について説明する。

[0040] 下流側圧力を P_2 、下流側容積VLの体積をV、ガスの温度をT、気体定数をR、質量をnとした場合、気体の状態方程式から $P_2 = nRT/V$ となる。この式について時間微分を取ると、

[0041] [数1]

$$\frac{dP_2}{dt} = \frac{RT}{V} \frac{dn}{dt}$$

[0042] また、質量の時間微分は単位時間あたりに下流側容積VLに流出入するガス流量と比例関係にあるので、抵抗流量を Q_R 、バルブ流量を Q_{out} 、定数をaとすると、

[0043] [数2]

$$\frac{dn}{dt} = a(Q_R - Q_{OUT})$$

各式からバルブ流量 Q_{OUT} について解くと、

[0044] [数3]

$$Q_{OUT} = Q_R - A \frac{dP_2}{dt}$$

AはR、T、V、aをまとめた関数であり、下流側圧力の時間変化量に対して関数Aを乗じた値は下流側容積VLに対する流出入流量である。つまり、流出入流量を Q_{P2} とした場合に以下のように記述できる。

[0045] [数4]

$$Q_{OUT} = Q_R - Q_{P2}$$

この式から、流量測定機構 F により実測される値である抵抗流量から、下流側圧力センサ P 2 で測定される下流側圧力の時間微分から算出される流出入流量を差し引くことにより、バルブ流量が推定可能であることが分かる。

[0046] 流量制御部 4 は、ユーザによって設定される設定流量と、バルブ流量推定部 3 から入力されるバルブ流量に基づいて下流側バルブ V 2 を制御する。すなわち、流量制御部 4 は、設定流量とバルブ流量の偏差が小さくなるように、下流側バルブ V 2 から流出するガス流量であるバルブ流量のフィードバックによって下流側バルブ V 2 を制御する。ここで、設定流量は、例えばステップ関数として表されるものであり、目標流量値が一定の値に保たれている流量一定区間を含むものである。

[0047] 一方、圧力制御部 5 はユーザによって設定される設定圧力（以下、通常設定圧力とも言う）と、上流側圧力センサ P 1 で測定される上流側圧力に基づいて上流側バルブ V 1 を制御する。すなわち、圧力制御部 5 は、設定圧力と上流側圧力の偏差が小さくなるように上流側圧力のフィードバックによって上流側圧力を制御する。ここで、設定圧力は、バルブ流量が設定流量の流量一定区間で安定した場合において流体抵抗 R の前後において保たれるべき圧力差に基づいて設定される。なお、後述するように流量測定機構 F の診断が行われる場合には、圧力指令出力器 7 2 から出力される診断用設定圧力が入力され、その診断用設定圧力に上流側圧力が追従するように上流側バルブ V 1 の制御が行われる。

[0048] 次に、自己診断機構 7 を構成する各部の詳細について説明する。

[0049] 診断パラメータ算出部 7 1 は、バルブ流量を推定するために用いられる抵抗流量と、流出入流量に基づいて診断用パラメータを算出する。この診断用パラメータは流量測定機構 F において例えば詰まり等により測定誤差が発生しているかどうかを判定するためのものである。ここで、抵抗流量及び流出入流量は流量測定機構 F 又は下流側圧力センサ P 2 で実測される値又はそれに基づく値であるが、上流側バルブ V 1 又は下流側バルブ V 2 の制御のために直接フィードバックはされていない値である。この実施形態では診断パラ

メータ算出部 7 1 は、バルブ流量が一定となるように制御されており、かつ、上流側圧力が上昇又は低下している圧力変化状態での抵抗流量と流出入流量との差の絶対値を診断用パラメータとして算出する。

[0050] また、診断用パラメータは抵抗流量と流出入流量が所定期間安定しているときの値に基づいて算出される。例えば診断パラメータ算出部 7 1 は、抵抗流量及び流出入流量のそれぞれ時系列データの変動割合が所定%内に収まっている場合には診断パラメータを算出する。

[0051] ここで、診断用パラメータの特性について説明するために、バルブ流量が一定となるように下流側バルブ V 2 が制御されている状態で、上流側圧力が変化した場合の抵抗流量、流出入流量、バルブ流量の関係について図 2 及び図 3 のグラフを参照しながら詳述する。図 2 は正常時におけるそれぞれの変数の関係を模式的に示すものであり、図 3 は詰まり等によって抵抗流量に誤差が発生している異常時におけるそれぞれの変数の関係を模式的に示すものである。なお、図 2 及び図 3 のグラフにおいて示す上流側圧力、抵抗流量、流出入流量、バルブ流量はバルブ流量が一定となるように下流側バルブ V 2 が制御されている場合の変化傾向をわかりやすくするために、それぞれの値については誇張されている。したがって、実際には流出入流量は抵抗流量に対して例えば 10～100 倍程度の大きさの違いがあり得る。

[0052] この実施形態ではユーザにより診断指令が入力されると、圧力指令出力器 7 2 によって診断用設定圧力が圧力制御部 5 に対して入力される。診断用設定圧力は図 2 及び図 3 に示すように例えば三角波状の変化をするものであり、上流側圧力の上昇及び下降を繰り返させるものである。圧力制御部 5 はこのような上流側圧力の時間変化が実現されるように上流側バルブ V 1 の開度を継続して小さくし続けることと大きくし続けることを交互に繰り返させることになる。

[0053] 例えば上流側バルブ V 1 の開度が継続して小さくされると上流側圧力は低下することになる。すると流体抵抗 R の前後の差圧が小さくなるので、抵抗流量は低下することになる。このため、下流側容積 V L に流入する流量が小

さくなり、下流側バルブV2から流出するバルブ流量も小さくならうとするが、流量制御部4はバルブ流量を一定の目標流量値で保つために下流側バルブV2の開度を大きくするように動作する。したがって、下流側容積VLから流出するバルブ流量は抵抗流量よりも大きい状態で保たれることになるため、流出入流量の値は大きくなる。

[0054] 逆に上流側バルブV1の開度が継続して大きくされると上流側圧力は上昇することになる。すると流体抵抗Rの前後の差圧が大きくなるので、抵抗流量は増加することになる。このため、下流側容積VLに流入する流量が大きくなり、下流側バルブV2から流出するバルブ流量も大きくなろうとするが、流量制御部4はバルブ流量を一定の目標流量値で保つために下流側バルブV2の開度を小さくするように動作する。したがって、下流側容積VLから流出するバルブ流量は抵抗流量よりも小さい状態で保たれることになるため、流出入流量の値は小さくなる。

[0055] このような各変数の関係について数式を用いて別の表現で説明する。上流側圧力が変化している圧力変化状態においてバルブ流量、抵抗流量、流出入流量の変化量をそれぞれ、 ΔQ_{out} 、 ΔQ_R 、 ΔQ_{P2} とする。数4の一般的な関係から以下のように書き換えられる。この実施形態での圧力変化状態とは圧力が上昇している状態から下降している状態に変化の向き逆になる前後をいう。

[0056] [数5]

$$\Delta Q_{out} = \Delta Q_R - \Delta Q_{P2}$$

ここで、流量制御部4によりバルブ流量は一定に保たれていると、 $\Delta Q_{out} = 0$ となるので、正常時においては以下のように抵抗流量の変化量と流出入流量の変化量は等しくなる。

[0057] [数6]

$$\Delta Q_R = \Delta Q_{P2}$$

[0058] 一方、図3のグラフに示すように流体抵抗Rの詰まり等が発生して抵抗流量に誤差が発生している場合の抵抗流量を Q_{R-} 、正常時の抵抗流量を Q_R 、誤

差を Q_{ERR}

とした場合には数 6 の式は以下のように書き換えられる。

[数7]

$$\Delta Q_{P2} = \Delta Q_R + \Delta (Q_R + Q_{ERR})$$

[0059] つまり、上流側圧力の変曲点の前後での抵抗流量の最大変化量 ΔQ_R 、又は、上流側圧力の変曲点の前後での流出入流量の最大変化量 ΔQ_{P2} は図 2 及び図 3 のグラフに示すように正常時と誤差が発生している場合にはそれぞれ絶対値に違いが表れる。したがって、本実施形態では ΔQ_R 又は ΔQ_{P2} を診断パラメータとして診断パラメータ算出部 7 1 は算出している。

[0060] 基準値記憶部 7 3 は、例えば図 2 のグラフに示すように流量測定機構 F が正常な状態において算出される診断パラメータを基準値として記憶するものである。

[0061] 診断部 7 4 は、診断パラメータに基づいて異常が発生していないかどうかを診断する。具体的には診断部 7 4 は、診断パラメータ算出部 7 1 で算出される診断パラメータと、基準値記憶部 7 3 で記憶されている基準値とを比較し、流量測定機構 F で測定されている抵抗流量に誤差が発生していないかどうかを診断する。例えば診断パラメータと基準値との差が所定値以上となっている場合には、診断部 7 4 は流量測定機構 F に異常が発生していると判定する。

[0062] このように第 1 実施形態の流量制御装置 1 0 0 によれば、下流側バルブ V 2 により実現されるバルブ流量は一定の目標流量値を保ちながら、並行して流量測定機構 F の自己診断を行うことができる。

[0063] したがって、従来のように診断のためにチャンバへのガスの供給を中断して別途メンテナンス期間を設定する必要がなく、半導体製造プロセスを継続しながらリアルタイムで各機器の異常を診断し続ける事が可能となる。

[0064] このため、常に測定器において誤差が生じていないことを保証し続ける事が可能となり、実現されているバルブ流量の信頼性をより向上させることが可能となる。

- [0065] 次に本発明の第2実施形態について図4を参照しながら説明する。なお、第1実施形態で説明した部材には同じ符号を付すこととする。
- [0066] 第2実施形態は、第1実施形態の流量制御装置100と比較して上流側バルブV1、及び、上流側圧力センサP1が省略されている点で異なっており、その他の点では同じ構成を有している。すなわち、診断のために上流側圧力の変化状態を任意に形成できないが、例えば上流側から供給されるガスの圧力の変動自体を利用して第1実施形態と同様に一定の目標流量値をバルブ流量で実現しながら、診断部74での診断を行うことができる。
- [0067] その他の実施形態について説明する。
- [0068] 流量制御装置が制御する流体はガスに限られず、液体であっても構わない。
- [0069] 診断パラメータについては、上流側圧力が上昇している状態と下降している状態の2つの状態における抵抗流量の差、流出入流量の差に限られるものではない。例えば上流側圧力が上昇している状態での流出入流量の値自体を診断パラメータとしてもよい。同様に上流側圧力が下降している状態での流出入流量の値自体を診断パラメータとしてもよい。また、バルブ流量を基準として圧力変化状態での抵抗流量とバルブ流量との差を診断パラメータとしてもよい。診断パラメータは、各流量の差に限られるものではなく、上流側圧力が上昇している状態での抵抗流量の値と、上流側圧力が下降している状態での抵抗流量の値との比であってもよい。同様に上流側圧力が上昇している場合と下降している場合でのそれぞれの場合における流出入流量の値の比を診断パラメータとしてもよい。すなわち、診断パラメータは、圧力変化状態での抵抗流量又は流出入流量に基づいて、設定されるものであればよい。
- [0070] 診断用設定圧力については三角波状の物に限られず、矩形波や正弦波等であってもよい。すなわち、圧力変化状態を実現するための波形については様々なものが考えられる。
- [0071] 診断パラメータが算出されるのは設定流量の目標流量値が一定値に保たれている場合に限られない。例えば設定流量が一定割合ずつ大きくなっている

、又は、小さくなっている状態においてその状態での抵抗流量又は流出入流量から診断パラメータを算出してもよい。

[0072] 流量測定機構については実施形態において説明した圧力式の物に限られず、その他の測定原理に基づくものであればよい。すなわち、下流側圧力センサが流量測定機構の一部をなさず別途設けられるものであっても構わない。

[0073] その他、本発明の趣旨に反しない限りにおいて、実施形態の変形を行っても良いし、各実施形態の一部又は全体をそれぞれ組み合わせても構わない。

産業上の利用可能性

[0074] 本発明によれば、制御対象であるバルブ流量を推定するための抵抗流量及び流出入流量に基づいて診断パラメータを算出するように構成されているので、所望の設定流量を供給し続けながら、並行して異常の診断を行うことができる流量制御装置を提供できる。

請求の範囲

[請求項1]

流路に設けられた流体抵抗と、
流体抵抗の下流側に設けられた下流側バルブと、
前記流体抵抗を流れ、当該流体抵抗と前記下流側バルブとの間の流路中の容積へ流入する抵抗流量を測定する抵抗流量測定機構と、
前記容積内の圧力である下流側圧力に基づいて、当該容積内への流体の流出入流量を算出する流出入流量算出部と、
前記抵抗流量と前記流出入流量に基づいて、前記容積から前記下流側バルブを介して流出する流体の流量であるバルブ流量を推定するバルブ流量推定部と、
設定流量と、前記バルブ流量との偏差が小さくなるように前記下流側バルブを制御する流量制御部と、
前記流体抵抗の上流側の圧力である上流側圧力が上昇又は低下している圧力変化状態での前記抵抗流量又は前記流出入流量に基づいて、診断パラメータを算出する診断パラメータ算出部と、
前記診断パラメータに基づいて、異常を診断する診断部と、を備えたことを特徴とする流量制御装置。

[請求項2]

設定流量が、目標流量値が一定の値に保たれている流量一定区間を含むものである請求項1記載の流量制御装置。

[請求項3]

前記抵抗流量測定機構が、
前記流体抵抗の上流側に設けられ、前記流体抵抗の上流側の圧力である上流側圧力を測定する上流側圧力センサと、
前記流体抵抗と前記下流側バルブとの間に設けられ、前記下流側圧力を測定する下流側圧力センサと、
前記上流側圧力、及び、前記下流側圧力に基づいて、前記抵抗流量を算出する抵抗流量算出部と、を備え、
前記流出入流量算出部が、前記下流側圧力センサで測定される下流側圧力に基づいて前記流出入流量を算出するように構成されており、

前記診断部が、前記抵抗流量測定機構の異常を診断する請求項1記載の流量制御装置。

[請求項4] 正常な状態において前記診断パラメータ算出部が算出した前記診断パラメータを基準値として記憶する基準値記憶部をさらに備え、

前記診断部が、前記診断パラメータと前記基準値とを比較して、異常の有無を診断する請求項1記載の流量制御装置。

[請求項5] 前記流体抵抗の上流側に設けられた上流側バルブと、

目標圧力値が変化している圧力変化区間を含む設定圧力と、実測される前記流体抵抗の上流側の圧力である上流側圧力との偏差が小さくなるように前記上流側バルブを制御する圧力制御部と、をさらに備えた請求項1記載の流量制御装置。

[請求項6] 前記バルブ流量が一定になるように前記下流側バルブが制御されている状態において、前記圧力制御部が、前記上流側バルブの開度を所定期間大きくし続ける、又は、前記上流側バルブの開度を所定期間小さくし続ける請求項5記載の流量制御装置。

[請求項7] 前記診断パラメータ算出部が、前記抵抗流量及び前記流出入流量がそれぞれ所定時間安定している状態において前記診断パラメータを算出する請求項1記載の流量制御装置。

[請求項8] 流路に設けられた流体抵抗と、流体抵抗の下流側に設けられた下流側バルブと、前記流体抵抗を流れ、当該流体抵抗と前記下流側バルブとの間の流路中の容積へ流入する抵抗流量を測定する抵抗流量測定機構と、を備えた流量制御装置の診断方法であって、

前記容積内の圧力である下流側圧力に基づいて、当該容積内への流体の流出入流量を算出する流出入流量算出ステップと、

前記抵抗流量と前記流出入流量に基づいて、前記容積から前記下流側バルブを介して流出する流体の流量であるバルブ流量を推定するバルブ流量推定ステップと、

設定流量と、前記バルブ流量との偏差が小さくなるように前記下流

側バルブを制御する流量制御ステップと、

前記流体抵抗の上流側の圧力である上流側圧力が上昇又は低下している圧力変化状態での前記抵抗流量又は前記流出入流量に基づいて、診断パラメータを算出する診断パラメータ算出ステップと、

前記診断パラメータに基づいて、異常を診断する診断ステップと、を備えたことを特徴とする診断方法。

[請求項9]

流路に設けられた流体抵抗と、流体抵抗の下流側に設けられた下流側バルブと、前記流体抵抗を流れ、当該流体抵抗と前記下流側バルブとの間の流路中の容積へ流入する抵抗流量を測定する抵抗流量測定機構と、を備えた流量制御装置に用いられる流量制御装置用プログラムであって、

前記容積内の圧力である下流側圧力に基づいて、当該容積内への流体の流出入流量を算出する流出入流量算出部と、

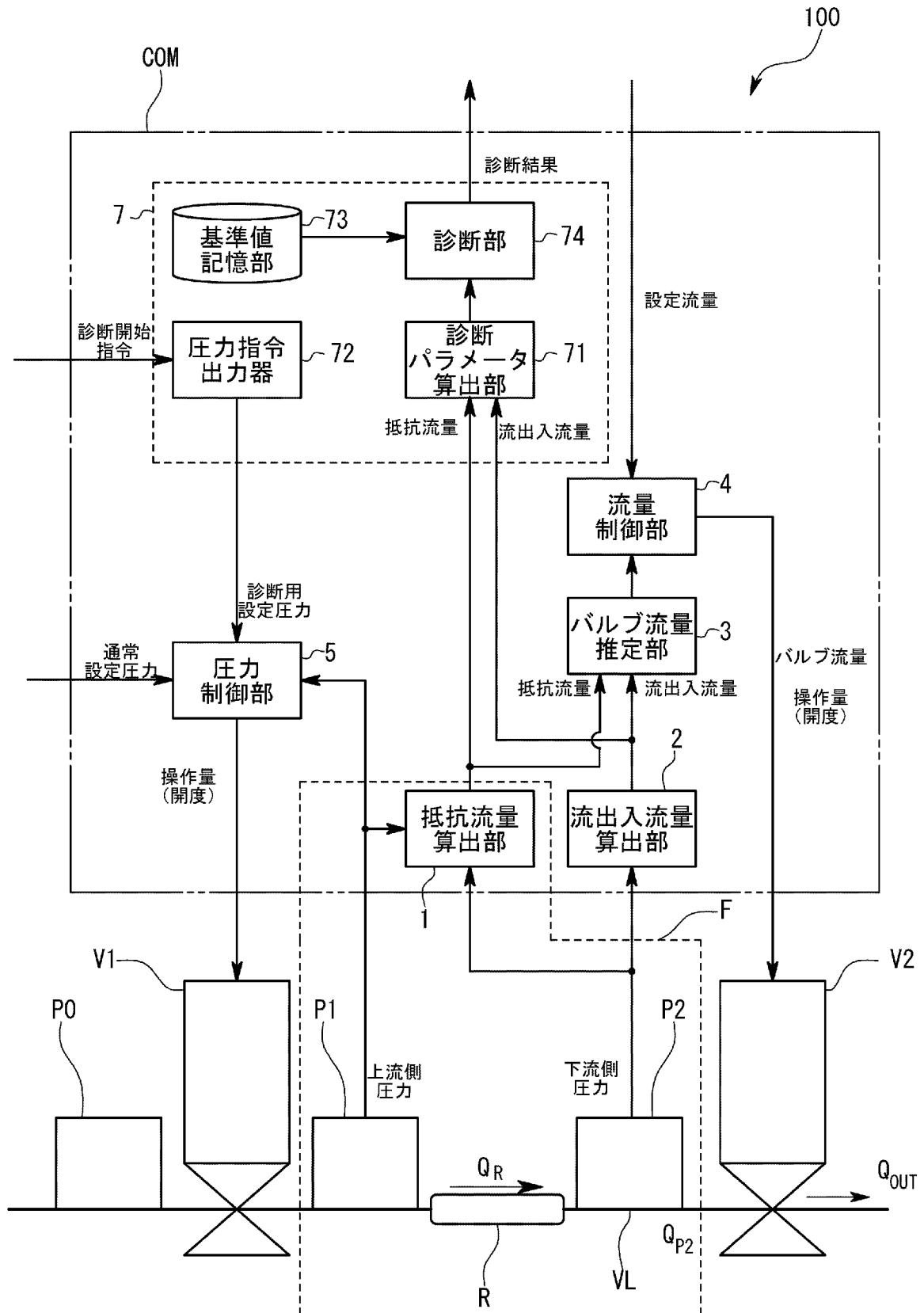
前記抵抗流量と前記流出入流量に基づいて、前記容積から前記下流側バルブを介して流出する流体の流量であるバルブ流量を推定するバルブ流量推定部と、

設定流量と、前記バルブ流量との偏差が小さくなるように前記下流側バルブを制御する流量制御部と、

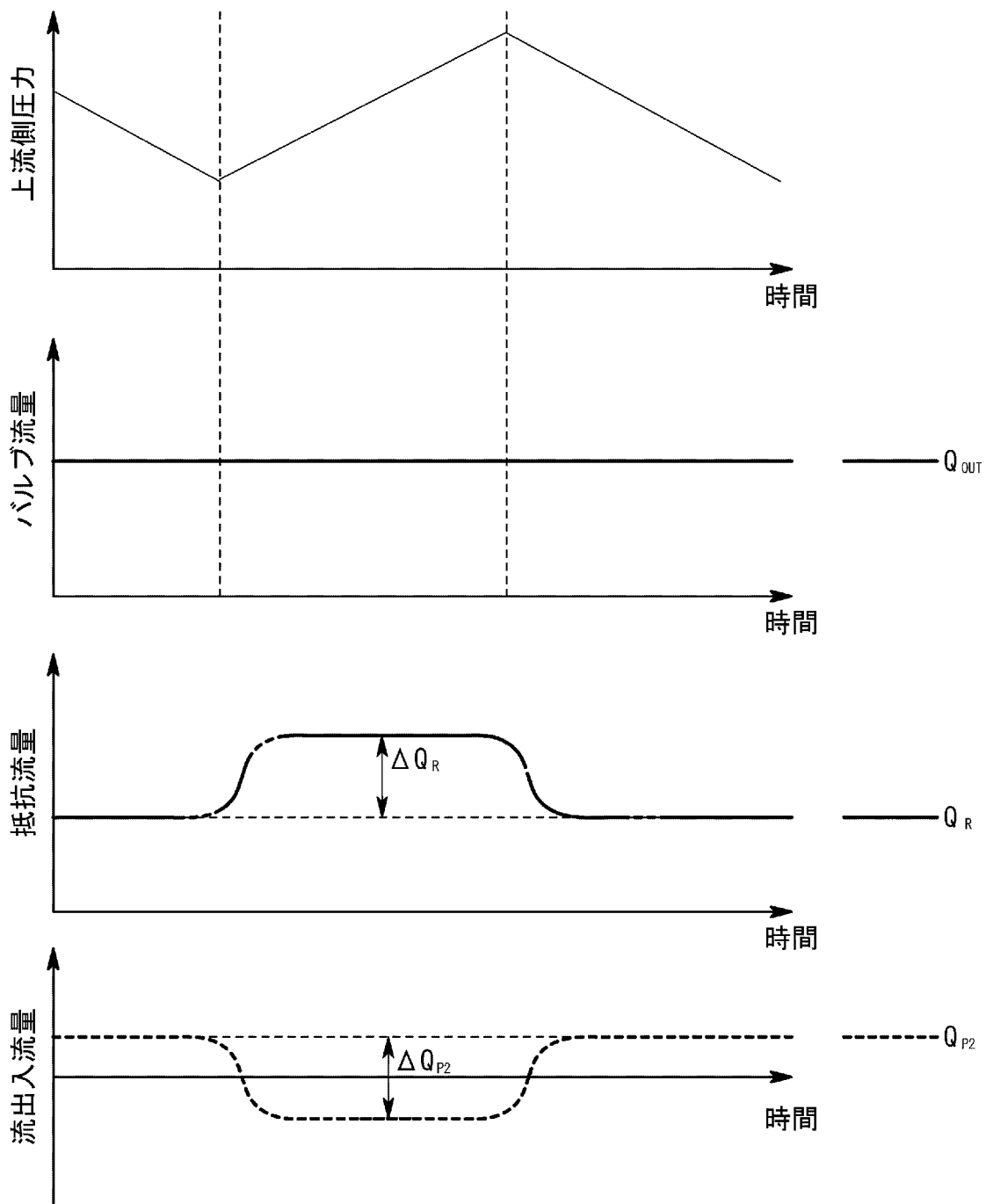
前記流体抵抗の上流側の圧力である上流側圧力が上昇又は低下している圧力変化状態での前記抵抗流量又は前記流出入流量に基づいて、診断パラメータを算出する診断パラメータ算出部と、

前記診断パラメータに基づいて、異常を診断する診断部と、としての機能をコンピュータに発揮させることを特徴とする流量制御装置用プログラム。

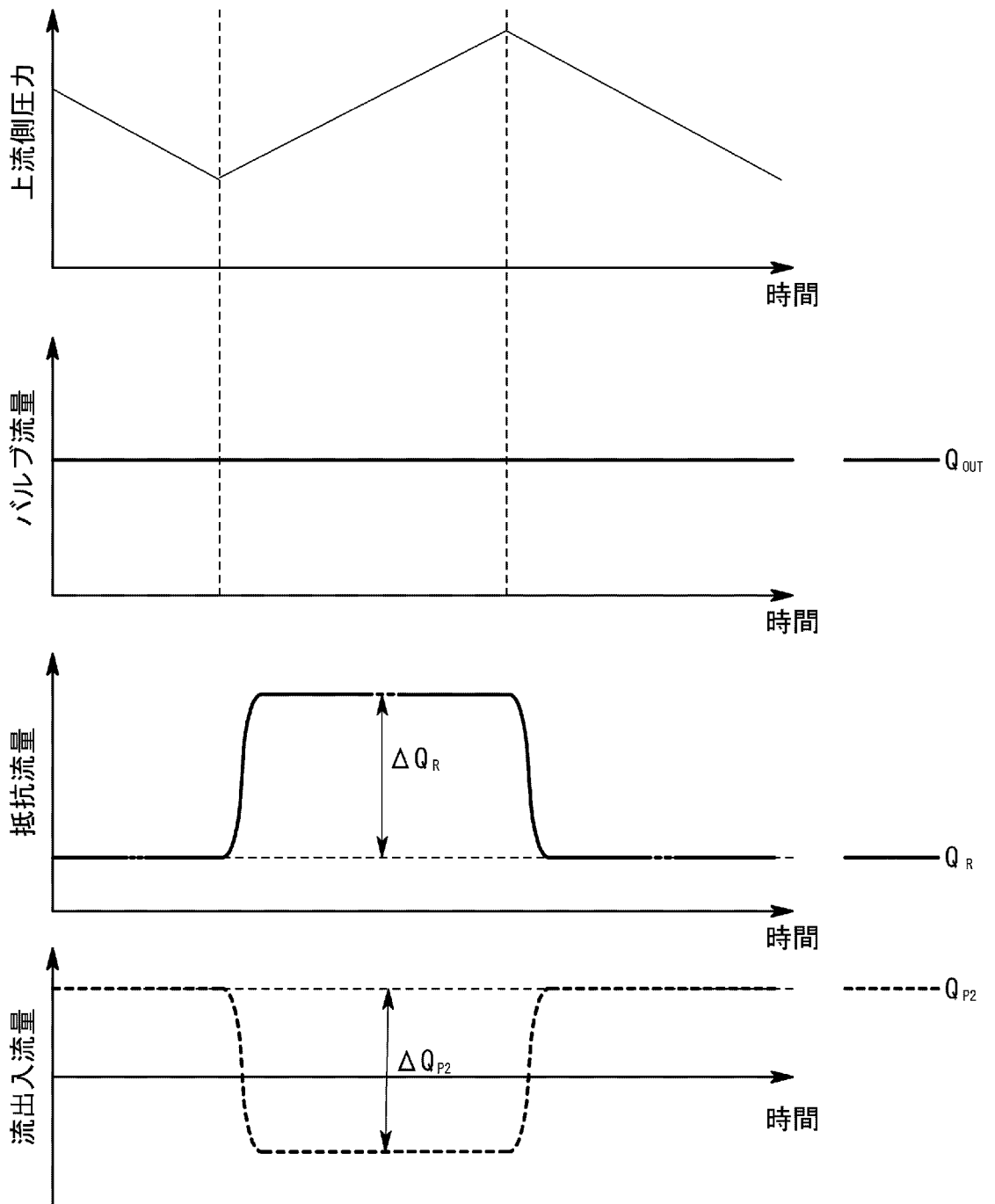
[図1]



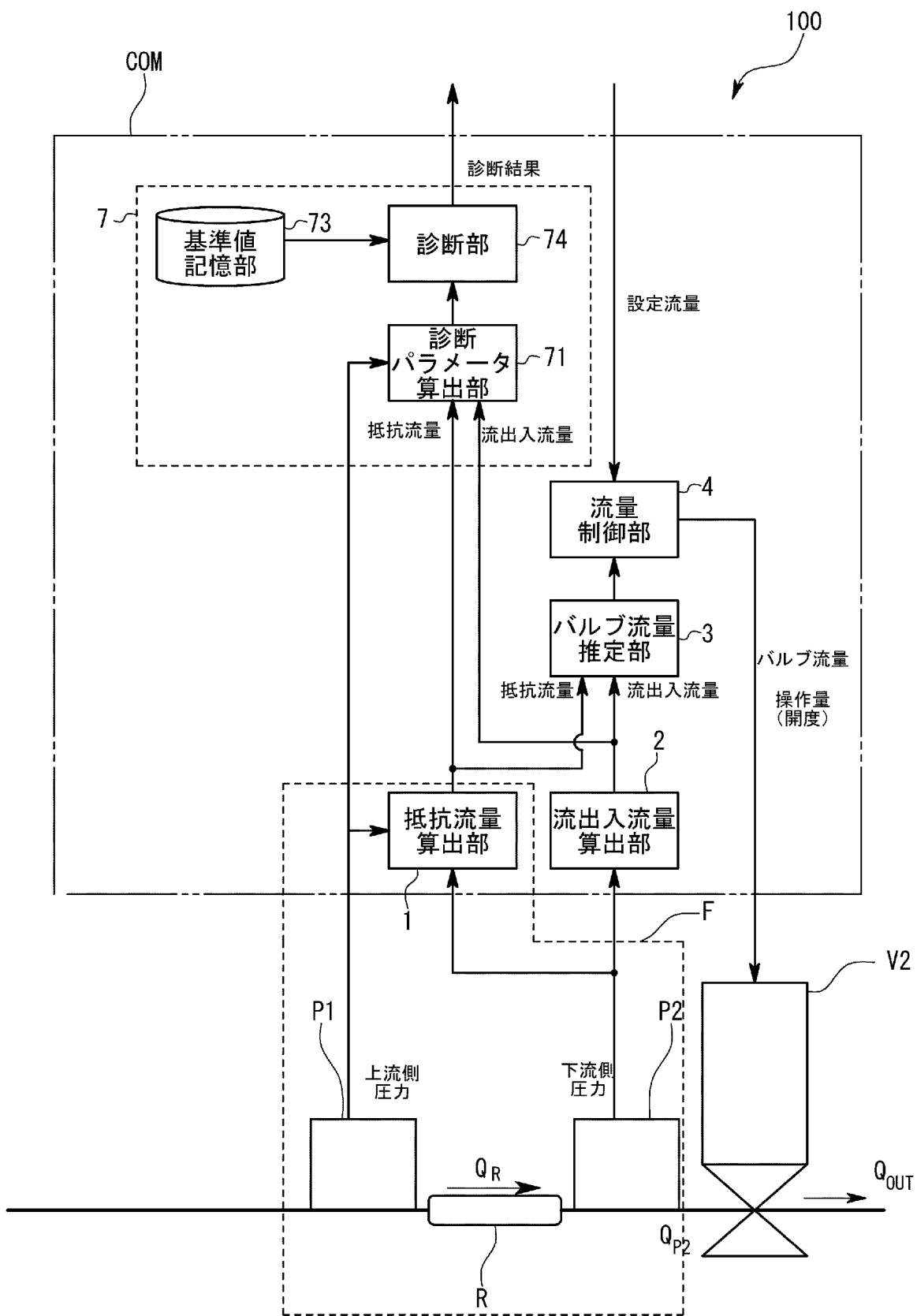
[図2]



[図3]



[図4]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2019/014456

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl. G05D7/06(2006.01) i

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)

Int.Cl. G05D7/06

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

Published examined utility model applications of Japan	1922-1996
Published unexamined utility model applications of Japan	1971-2019
Registered utility model specifications of Japan	1996-2019
Published registered utility model applications of Japan	1994-2019

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.
A	WO 2017/057129 A1 (HITACHI METALS LTD.) 06 April 2017, paragraphs [0021]-[0049], fig. 2-4 & US 2018/0253111 A1, paragraphs [0026]-[0054], fig. 2-4 & CN 108139761 A & KR 10-2018-0059786 A	1-9
A	WO 2008/053839 A1 (HORIBA STEC, CO., LTD.) 08 May 2008, paragraphs [0067]-[0098], fig. 6-10 & US 2010/0070240 A1, paragraphs [0073]-[0099], fig. 6-10 & CN 101529356 A & KR 10-2014-0105623 A & KR 10-2009-0075816 A	1-9

Further documents are listed in the continuation of Box C. See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	“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
“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	“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
“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date	“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
“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)	“&” document member of the same patent family
“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	

Date of the actual completion of the international search 12.06.2019	Date of mailing of the international search report 25.06.2019
---	--

Name and mailing address of the ISA/ Japan Patent Office 3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915, Japan	Authorized officer Telephone No.
--	---

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2019/014456

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 2017/170174 A1 (FUJIKIN KK) 05 October 2017, paragraphs [0039]-[0098], fig. 1-9 & US 2019/0094847 A1, paragraphs [0057]-[0116], fig. 1-9 & KR 10-2018-0080293 A & CN 108885471 A	1-9

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） Int.Cl. G05D7/06(2006.01)i		
B. 調査を行った分野 調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC）） Int.Cl. G05D7/06		
最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの 日本国実用新案公報 1922-1996年 日本国公開実用新案公報 1971-2019年 日本国実用新案登録公報 1996-2019年 日本国登録実用新案公報 1994-2019年		
国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）		
C. 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	WO 2017/057129 A1（日立金属株式会社） 2017.04.06, 段落[0021]-[0049], 図 2-4 & US 2018/0253111 A1, 段落[0026]-[0054], 図 2-4 & CN 108139761 A & KR 10-2018-0059786 A	1-9
A	WO 2008/053839 A1（株式会社堀場エステック） 2008.05.08, 段落[0067]-[0098], 図 6-10 & US 2010/0070240 A1, 段落[0073]-[0099], 図 6-10 & CN 101529356 A & KR 10-2014-0105623 A & KR 10-2009-0075816 A	1-9
<input checked="" type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input type="checkbox"/> パテントファミリーに関する別紙を参照。		
* 引用文献のカテゴリー 「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの 「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す） 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願		
の日の後に公表された文献 「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの 「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの 「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの 「&」 同一パテントファミリー文献		
国際調査を完了した日	12.06.2019	国際調査報告の発送日
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁（ISA/J P） 郵便番号100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号		特許庁審査官（権限のある職員） 影山 直洋 電話番号 03-3581-1101 内線 3364
		3U 5785

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	WO 2017/170174 A1 (株式会社フジキン) 2017. 10. 05, 段落[0039]-[0098], 図 1-9 & US 2019/0094847 A1, 段落[0057]-[0116], 図 1-9 & KR 10-2018-0080293 A & CN 108885471 A	1-9