

(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
2015 年 5 月 7 日(07.05.2015)



(10) 国際公開番号
WO 2015/064050 A1

- (51) 国際特許分類:
G05D 7/06 (2006.01) **G01F 1/34** (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2014/005322
- (22) 国際出願日: 2014 年 10 月 21 日(21.10.2014)
- (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 2013-223018 2013 年 10 月 28 日(28.10.2013) JP
- (71) 出願人: 株式会社フジキン(FUJIKIN INCORPORATED) [JP/JP]; 〒5500012 大阪府大阪市西区立売堀 2 丁目 3 番 2 号 Osaka (JP).
- (72) 発明者: 永瀬 正明(NAGASE, Masaaki); 〒5500012 大阪府大阪市西区立売堀 2 丁目 3 番 2 号株式会社フジキン内 Osaka (JP). 池田 信一(IKEDA, Nobukazu); 〒5500012 大阪府大阪市西区立売堀 2 丁目 3 番 2 号株式会社フジキン内 Osaka (JP). 西野 功二(NISHINO, Kouji); 〒5500012 大阪府大阪市西区立売堀 2 丁目 3 番 2 号株式会社フジキン内 Osaka (JP). 土肥 亮介(DOHI, Ryouyusuke); 〒5500012 大阪府大阪市西区立売堀 2 丁目 3 番 2

号株式会社フジキン内 Osaka (JP). 日高 敦志(HIDAKA, Atsushi); 〒5500012 大阪府大阪市西区立売堀 2 丁目 3 番 2 号株式会社フジキン内 Osaka (JP). 杉田 勝幸(SUGITA, Katsuyuki); 〒5500012 大阪府大阪市西区立売堀 2 丁目 3 番 2 号株式会社フジキン内 Osaka (JP).

- (74) 代理人: 谷田 龍一, 外(TANIDA, Ryuichi et al.); 〒5410054 大阪府大阪市中央区南本町 4 丁目 5 番 7 号 東亜ビル Osaka (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, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, KE, KG, KN, KP, KR, 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

[続葉有]

(54) Title: FLOW METER AND FLOW CONTROL DEVICE PROVIDED THEREWITH

(54) 発明の名称: 流量計及びそれを備えた流量制御装置

[図1]

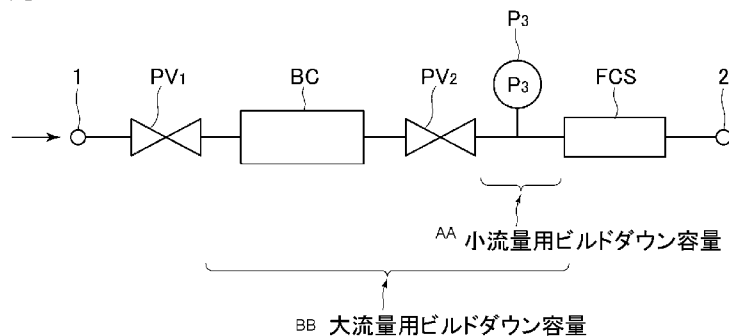


FIG. 1

AA Build-down volume for high flow rates
BB Build-down volume for low flow rates

(57) Abstract: The purpose of this invention is to provide a flow meter and a flow control device that make it possible to expand the range over which a flow rate can be monitored and increase the precision with which said flow rate can be monitored and/or controlled. This flow meter and flow control device are provided with the following: a high-flow-rate measurement unit that calculates a flow rate using the volume of a channel from the exit side of an entrance-side on-off switching valve (PV1) to the entrance side of a control valve (CV) as a build-down volume; and a low-flow-rate measurement unit that calculates a flow rate using the volume of the channel from the exit side of an exit-side switching valve (PV2) to the entrance side of the control valve (CV) as the aforementioned build-down volume.

(57) 要約: 本発明は、モニタ流量範囲の拡大とモニタ精度や流量制御の精度の向上を可能にした流量計および流量制御装置を提供することを目的とする。本発明の流量計および流量制御装置は、入口側開閉切替弁(PV1)の出口側からコントロール弁(CV)の入口側までの流路内容積をビルドダウン容積として流量演算するようにした大流量用測定部と、出口側切替弁(PV2)の出口側からコントロール弁(CV)の入口側までの流路内容積をビルドダウン容積として流量を演算するようにした小流量用測定部とを備える。

WO 2015/064050 A1



ロシア (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:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

明 細 書

発明の名称 : 流量計及びそれを備えた流量制御装置

技術分野

[0001] 本発明は、流量モニタ付流量制御装置の改良に関するものであり、耐圧力変動特性を備えた流量制御装置とビルドダウン式流量モニタとを有機的に組合せすることにより、流量制御装置による制御流量をリアルタイムでモニタできると共に、制御すべき流体の流量域に応じて、ビルドダウン式流量モニタのビルドダウン容量を適宜に切換えすることにより、広い流量域に亘って高精度な流量モニタを行えるようにした流量レンジ切換型ビルドダウン式流量計及び流量レンジ切換型流量モニタ付の流量制御装置に関するものである。

背景技術

[0002] 従前から、半導体製造装置用ガス供給装置に於いては、熱式流量制御装置MFCや圧力式流量制御装置FCSが広く利用されている。特に、後者の圧力式流量制御装置FCSは、図20に示すように、コントロール弁CVや温度検出器T、圧力検出器P、オリフィスOR、温度補正・流量演算回路CDaと比較回路CDbと入出力回路CDcと出力回路CDd等から成る演算制御部CD等から構成されており、一次側供給圧が大きく変動しても安定した流量制御が行えるという優れた流量特性を具備している。

[0003] 即ち、図20の圧力式流量制御装置FCSでは、圧力検出器P及び温度検出器Tからの検出値が温度補正・流量演算回路CDaへ入力され、ここで検出圧力の温度補正と流量演算が行われ、流量演算値Qtが比較回路CDbへ入力される。また、設定流量に対応する入力信号Qsが端子Inから入力され、入出力回路CDcを介して比較回路CDbへ入力され、ここで前記温度補正・流量演算回路CDaからの流量演算値Qtと比較される。比較の結果、設定流量入力信号Qsが流量演算値Qtより大きい場合には、コントロール弁CVの駆動部へ制御信号Pdが出力される。これによりコントロール弁C

Vが閉鎖方向へ駆動され、設定流量入力信号 Q_s と演算流量値 Q_t との差（ $Q_s - Q_t$ ）が零となるまで閉弁方向へ駆動される。

[0004] 当該圧力式流量制御装置FCSでは、オリフィスORの下流側圧力 P_2 と上流側圧力 P_1 との間に $P_1/P_2 \geq \text{約} 2$ の所謂臨界膨張条件が保持されていると、オリフィスORを流通するガス流量 Q が $Q = K P_1$ （但し K は定数）となり、また、臨界膨張条件が満たされていないと、オリフィスORを流通するガス流量 Q が $Q = K P_2^m (P_1 - P_2)^n$ （但し K 、 m 、 n は定数）となる。従って、圧力 P_1 を制御することにより流量 Q を高精度で制御することができ、しかも、コントロール弁CVの上流側ガスG_oの圧力が大きく変化しても、制御流量値が殆ど変化しないという優れた特性を発揮することができる。

尚、圧力式流量制御装置FCSそのものは公知であるため、ここではその詳細な説明を省略する（特開2003-195948号等）。

[0005] しかし、この種の圧力式流量制御装置FCSでは、微小な穴径のオリフィスORを使用しているため、オリフィスORの穴径の経年変化が不可避である。そして、穴径が変化すると、圧力式流量制御装置FCSの設定流量（即ち制御流量値）と、現実オリフィスORを流通するガスG_oの実流量値との間に差異を生ずることになる。また、この差異を検出するためには、流量制御中に流量モニタを頻繁に行う必要があり、半導体製造装置の稼働性や製造した半導体の品質等に大きな影響を与えるという問題がある。

[0006] そのため、圧力式流量制御装置の分野に於いては、従来から、オリフィスORの穴径の変化を可能な限り早期に検出して、圧力式流量制御装置FCSによる制御流量値と、現実オリフィスを流通するガスG_oの実流量値との間の差異の発生を防止するための対策が採られており、この種のオリフィス穴径変化等の検出には、所謂ビルドアップ方式（ROR: RATE OF RISE）やビルドダウン方式（ROD: RATE OF DECAY）を用いたガスの流量モニタが多く用いられている。

[0007] 一方、前記ビルドアップ方式やビルドダウン方式によるガスの流量モニタでは、流量制御しつつ供給している実ガスを一時的に停止してモニタ用のガ

ス流量測定を行なう必要があるため、半導体製造装置の稼働率が下がったり、製造した半導体の品質等にばらつきが生じる等の問題がある。

[0008] そのため、近年、この種の流量制御装置に於いては、実ガスの供給を一時的に停止することなしに、供給ガスの流量制御が適正に行われているか否かをリアルタイムで簡単且つ正確にモニタできるようにした流量モニタ付流量制御装置の開発が進められている。

[0009] 図 2 1 は、従前の流量モニタの一例を示すものであり、当該流量モニタ付流量制御装置 2 0 は、熱式質量流量センサ 2 5 と圧力式流量制御装置とを組合せたものであり、流路 2 3 と、入口側圧力を検出するのに第 1 圧力センサ 2 7 a と、開閉制御弁 2 4 と、熱式質量流量センサ 2 5 と、第 2 圧力センサ 2 7 b と、絞り部（音速ノズル） 2 6 と、演算制御部 2 8 a と、入出力回路 2 8 b 等から構成されている。

[0010] 即ち、熱式質量流量センサ 2 5 は、整流体 2 5 a と、流路 2 3 から所定の割合 F/A の流量を分岐する分岐流路 2 5 b と、分岐流路 2 5 b に設けたセンサ本体 2 5 c を備え、総流量 F を示す流量信号 S_f を演算制御部 2 8 a へ出力する。また、絞り部 2 6 は、その上流側と下流側の圧力差が所定値以上（即ち、臨界条件下）のときに、上流側圧力に比例した流量の流体を流す音速ノズルであり、 SP_a 、 SP_b は圧力信号、 P_a 、 P_b は圧力、 F は総流量、 S_f は流量信号、 C_p は弁開度制御信号である。

[0011] 演算制御部 2 8 a は、圧力センサ 2 7 a、2 7 b からの圧力信号 Sp_a 、 Sp_b および流量センサ 2 5 からの流量信号 S_f をフィードバックして弁開度制御信号 C_p を出力することで、開閉弁 2 4 をフィードバック制御する。

即ち、演算制御部 2 8 a へは入出力回路 2 8 b から流量設定信号 F_s が入力され、質量流量制御装置 2 0 に流れる流体の流量 F が流量設定信号 F_s となるように調整される。より具体的には、演算制御部 2 8 a が第 2 圧力センサ 2 7 b の出力（圧力信号 Sp_b ）を用いて開閉制御弁 2 4 の開閉をフィードバック制御することにより、音速ノズル 2 6 を流れる流体の流量 F を制御すると共に、このときの熱式流量センサ 2 5 の出力（流量信号 S_f ）を用い

て、実際に流れている流量 F の測定を行い、質量流量制御装置 20 の動作を確認する。

[0012] 上述のように、図 21 の流量モニタ付流量制御装置 20 は、第 2 圧力センサ 27 b の圧力信号 S_{pb} を用いて開閉制御弁 24 の開度を調整する圧力式流量制御と、実流量の監視を行う熱式流量センサ 25 を用いた流量測定との両方を演算制御部 28 a に組み込んでいるため、設定流量 F_s に対応する制御流量のガスが実際に流れているか否か、即ち制御流量と実流量と間に差があるか否かを簡単且つ確実にリアルタイムでモニタすることができ、高い実用的効用を奏するものである。

[0013] しかし、上記図 21 の流量モニタ付流量制御装置 20 にも解決すべき問題が多く残されている。まず、第 1 の問題は、モニタ流量値（実流量値）と制御流量値との間に差異が生じた場合に、差異の発生を警報等により感知することは可能であるものの、自動的に制御流量値の修正、即ち設定流量値 F_s の調整ができないため、何等かの原因例えば運転要員の不在等で制御流量値の修正が遅れた場合には、設定流量値と異なった流量のガス（実流量ガス）の供給が継続されることになり、半導体製造上さまざまな不都合が生ずることになる。

[0014] 第 2 の問題は、流量制御を行うための第 2 圧力センサ 27 b を用いた圧力式流量測定と、流量監視を行うための熱式流量センサ 25 を用いた流量測定という二種の異なる測定方式を組み込みしているため、流量モニタ付流量制御装置 20 の構造が複雑となり、装置の小型化及び製造コストの引下げが図れない点である。

[0015] 第 3 の問題は、演算制御部 28 a が、第 2 圧力センサ 27 b の出力 S_{pb} と熱式流量センサ 25 の流量出力 S_f の両信号を用いて開閉制御弁 24 を開閉制御すると共に、第 1 圧力センサ 27 a の出力 S_{pa} を用いて熱式流量センサ 25 の流量出力 S_f を補正する構成としており、第 1 圧力センサ 27 a 及び第 2 圧力センサ 27 b の二つの圧力信号と熱式流量センサ 25 からの流量信号との三つの信号を用いて、開閉制御弁 24 の開閉制御を行うようにしてい

る。そのため、演算制御部 28 a の構成が複雑になるだけでなく、圧力式流量制御装置 FCS としての安定した流量制御特性や優れた高応答性が逆に低減されてしまうと云う問題がある。

[0016] 一方、上述の如き各問題を解決するため、本発明者等は、圧力式流量制御装置 FCS とその上流側に設けたビルドダウン式の流量測定部とを一体に組合せし、流量制御装置の上流側圧力（入力側圧力）に許容される圧力変動範囲内で前記ビルドダウン式の流量測定部を作動させ、少なくとも 1 秒以内に 1 回（望ましくは、一秒間に複数回）ビルドダウン式流量測定部から流量モニタ信号を発信することにより、圧力式流量制御装置による流量制御と同時並行的にビルドダウン式流量測定部による実質的にリアルモニタに近い流量モニタが行えると共に、モニタ流量値と制御流量値の差異が所定流量値を越えた場合には自動的に圧力式流量制御装置側の流量設定値を調整して、圧力式流量制御装置による流量制御値をビルドダウン式流量測定部による流量値に修正する様にした流量モニタ付圧力式流量制御装置を開発している。

[0017] 即ち、この新たに開発されたビルドダウン式流量モニタ付圧力式流量制御装置は、入力側の圧力変動により流量制御特性が殆ど影響を受ないと云う圧力式流量制御装置の流量特性をフルに活用して、ビルドダウン式流量モニタ部による流量モニタを略リアルタイム（少なくとも 1 秒間に 1 回以上のモニタ）に近い状況下で行え、しかも、演算制御部の簡素化、機器本体部の大幅な小型化、ガス置換性の向上等を可能にしたものである。

[0018] 先ず、本発明の基礎を成す前記図 21 に記載のビルドダウン式流量モニタ付圧力式流量制御装置を、図 5 乃至図 19 に基づいて説明する。

図 5 は、ビルドダウン式流量モニタ付圧力式流量制御装置の流量モニタ特性を測定するための試験装置の概要構成図であり、本発明者等は当該試験装置を用いて、圧力式流量制御装置 FCS と一次側開閉切換弁（上流側弁）AV 間の圧力降下の傾きから流量算出を行う、ビルドダウン流量測定に関する基礎的試験を行った。

[0019] 尚、図 5 に於いて、N₂はガス供給源、RG は圧力調整器、ECV は電磁駆

動部、A Vは一次側開閉切換弁（上流側弁）、F C Sは圧力式流量制御装置、V Pは真空ポンプ、B Cはビルドダウン容量、Tは温度センサ、Pは圧力式流量制御装置F C S内のコントロール弁の1次側に設けた圧力センサ、P₀は圧力センサ出力、Eは電源部、E₁は圧力式流量制御装置用電源、E₂は演算制御部用電源、E₃は一次側開閉切換弁（上流側弁）用電源、Sは信号発生器、C Pは演算制御部、C P aは圧力式流量演算制御部、C P bはビルドダウンモニタ流量演算制御部、P Cは演算表示部、N Rはデータログである。

[0020] 前記ビルドダウン容量B Cは、一次側開閉切換弁（上流側弁）A Vの出口側と圧力式流量制御装置F C Sのコントロール弁（図示省略）の入口側との間の管路空間容積に相当するものであり、配管路の長さや内径等の調整、或いは当該配管路に介設したビルドダウン用チャンバ（図示省略）の内容積の調整により、当該ビルドダウン容量B Cの内容積Vは1.78ccと9.91cc、4.6～11.6cc及び1.58～15.31ccの各容積に切換え調整できるようになっている。

また、ビルドダウン用チャンバを用いた場合には、一次側開閉切換弁（上流側弁）A Vの出口とコントロール弁C Vの入口間の流路内径を1.8mmとし、且つビルドダウン容量B Cの内容積Vを1.58～15.31ccに選定している。

[0021] 前記演算制御部C P内のビルドダウンモニタ流量演算制御C P bでは、後述するようにビルドダウン容量B Cに於ける圧力降下率を用いてモニタ流量の演算が行われ、更に、圧力式流量演算制御部C P aでは、従前の圧力式流量制御装置F C Sの制御演算部と同様に、オリフィス（図示省略）を流通する流量の演算及びコントロール弁（図示省略）の開閉制御等が行われる。

[0022] 尚、圧力式流量制御装置F C S、一次側開閉切換弁（上流側弁）A V、圧力調整器R G及びその他の機器類は全て公知のものであるため、ここではその説明を省略する。また、前記一次側開閉切換弁（上流側弁）A Vは、開閉を短時間内で行う必要があるため、ピエゾ駆動式メタルダイヤフラム弁を使用しているが、直動型電磁弁やパイロット電磁弁を設けたエアー作動弁であ

っても良い。

[0023] ビルドダウン式流量測定部が圧力式流量制御装置 F C S の上流側に配置できるのは、前述の通りオリフィスを用いた圧力式流量制御装置 F C S がガス供給圧変動の影響を受け難いからである。また、ビルドダウン方式により高精度な流量測定が可能なことは公知のことである。

[0024] 即ち、ビルドダウン方式に於いては、内容積 V (l) のビルドダウン容量 B C 内を流通する流量 Q は、下記の (1) 式により算出することができる。

[数1]

$$Q(\text{sccm}) = \frac{1(\text{atm})}{760(\text{Torr})} \times 1000(\text{cc/l}) \times 60(\text{sec/min}) \times \frac{273(\text{K})}{(273 + T)(\text{K})} \times V(\text{l}) \times \frac{\Delta p(\text{Torr})}{\Delta t(\text{sec})}$$

ただし、ここで V はビルドダウン容量 B C の内容積 (l)、 $\Delta P / \Delta t$ はビルドダウン容量 V に於ける圧力降下率、T はガス温度 (°C) である。

[0025] 先ず、図 5 の試験装置を用いて、圧力式流量制御装置 F C S の上流側圧力を 400 kPa abs、降下圧力 (圧力差 ΔP) を 50 kPa abs 以上、ビルドダウン容量 B C の内容積 V を 4.6 ~ 11.6 cc とし、ビルドダウン方式による流量測定を行った。

[0026] 図 6 は、この時の圧力降下状態を示すものであり、流量そのものは比較的精度よく測定できるものの、圧力回復時間 (a) が必要なために測定流量の出力が不連続となり、且つ 1 サイクルに要する時間が数秒以上となることが判った。

[0027] 即ち、一次側開閉切換弁 (上流側弁) A V を開とし、圧力が規定値以上の圧力になるまでの時間を圧力回復時間 (a) とし、また、一次側開閉切換弁 (上流側弁) A V を閉として圧力が規定値以下にまで下降する時間を流量出力可能時間 (b) とすると、上記 (a) と (b) の割合によって、流量出力ができる時間の割合が決まることになる。また、この流量出力可能時間 (b) は、F C S の制御流量、ビルドダウン容量の内容積 V、圧力下降範囲 ΔP によって決まるため、F C S の制御流量、ビルドダウン容量の内容積 V 及び圧力下降範囲 ΔP をより厳密に検討して、夫々を適宜な値にしなければ、ビルド

ダウン方式による流量測定をリアルタイム流量モニタに近づけることができないことが判明した。

[0028] 勿論、リアルタイム流量モニタであるためには、理想的には連続的な流量出力が必須となるが、現実の半導体製造装置等の運転に於いては、1秒間に少なくとも1回以上の流量出力を得ることが出来れば、ほぼリアルタイムに近い流量モニタが可能となる。

そこで、本発明者等は、ビルドダウン式による流量測定に於いて、1秒間に少なくとも1回以上の流量出力を得てリアルタイムに近い流量モニタを可能とするために、前記圧力差 ΔP 及びビルドダウン容量の内容積 V をより小さくしてガス再充填に必要な時間（圧力回復時間（a））を短くすることを着想し、また、当該着想に基づいて、ビルドダウン容量 BC の内容積 V 及び流量測定時の圧力差 ΔP の減少によってリアルタイム性の確保が可能か否かを検討すると共に、流量モニタ精度やその再現性等について各種の試験を行った。

[0029] 最初に、図5の試験装置の圧力式流量制御装置 FCS として、定格流量が $F20$ 、 $F200$ 及び $F600$ （ $SCCM$ ）の三種類の FCS を準備し、また、ビルドダウン容量 BC の内容積 V を約 $1.78cc$ と、約 $9.91cc$ の二種類に設定した。尚、 $9.91cc$ のビルドダウン容量 BC は、配管長さ及び配管内径を調整することにより容量の調整を行った。更に、流量出力の検出可能時間（b）は $0.5sec$ （ $0.25ms \times 2000$ 点）を目標とし、且つ試験環境温度は $23^{\circ}C \pm 1^{\circ}C$ とした。

[0030] 次に、 FCS 上流側圧力を $370kPa$ abs とし、圧力差 $\Delta P = 20kPa$ abs 、流量 $N_2 = 100SCCM$ に設定（ FCS 側で設定）し、ビルドダウン流量測定の際の圧力回復特性（圧力回復時間（a））を測定した。

[0031] 図7は、圧力回復特性の測定結果を示すものであり、図8はその拡大図、図9はその時の圧力降下特性を示すものである。図7及び図8からも明らかなように、ビルドダウン容量 BC の内容積 V を $1.78cc$ 及び圧力下降範囲 ΔP を $20kPa$ abs と小さくすることにより、 N_2 流量 $100SCCM$

に於いても再充填時間（圧力回復時間（a））を大幅に短くすることができ、図9に示すように、少なくとも1秒以内の間隔で測定流量を出力できることが、確認できた。

[0032] また、一次側開閉切換弁（上流側弁）AVの開閉速度が、圧力回復時間（a）を流量出力可能時間（b）に対して小さくする点で大きな影響を持つことが判明した。そのため、一次側開閉切換弁（上流側弁）AVとしては、ピエゾ駆動式メタルダイヤフラム弁や電磁直付型弁が望ましいことが判明した。

更に、圧力下降範囲 ΔP 及びビルドダウン容量BCの内容積Vの減少による圧力回復時間（a）の短縮化は、圧力降下時間（流量出力可能時間（b））の短縮化を招くことになるため、測定流量とビルドダウン容量BCの内容積Vと圧力降下時間（b）の関係が、特に重要となることが判明した。

[0033] [表1]

ビルドダウン容量1.78ccの時のガス流量と1サイクル当たりの降下時間

流量（sccm）	降下時間（s）
5	4.22
10	2.11
50	0.42
100	0.21

表1は、ビルドダウン容量BCの内容積Vを1.78ccとした場合の測定流量（SCCM）と圧力降下時間（sec）との関係を示すものであり、ビルドダウン容量BCの内容積Vが1.78ccの場合には、50SCCM以下の流量でないと1秒間以内に1回以上の流量出力を行うことが困難となり、リアルタイムに相当する流量モニタを行うことが困難となることが判る。

[0034] また、流量出力可能時間（b）に於ける圧力降下特性は、直線性を有することが測定誤差の点から必要であり、流量算出が可能な範囲は、圧力降下率が一定（即ち、直線性を有する部分）の範囲に限定されることが判った。

[0035] 図10乃至図12は、測定流量が100、50及び10SCCMの場合の圧力降下特性の形態を調査した結果を示すものであり、何れの場合に於いても、ビルドダウン直後には圧力降下特性が直線性を喪失したものとなる。尚

、この場合のビルドダウン容量BCは1.78ccであり、流体はN₂ガスである。

[0036] 上記図10至図12に示されているビルドダウン直後に於ける直線性からのずれは、圧力変化に伴うガスの断熱膨張によるガス内部温度変化に起因して生ずるものと想定される。そして、測定流量が小さいほど、この直線性からのずれは大きくなる傾向にあり、これにより流量算出の可能な時間幅が狭められることが判る。

[0037] 次に、圧力降下特性曲線の直線性からのずれによる流量測定誤差を、流量測定可能時間(b)が1秒以内の場合について、0.25秒毎に5点測定することにより計測した。

即ち、ビルドダウン容量BCの内容積Vを1.78cc及び9.91ccとし、圧力下降範囲ΔPを20kPa abs、一次側開閉切換弁(上流側弁)AVの閉からの流量安定までの時間を1秒として、0.25sec毎に流量を算出し、制御流量に対する算出流量の誤差を検討した。

[0038] 図13及び図14は、その結果を示すものであり、何れの場合も一次側開閉切換弁(上流側弁)AVの閉鎖より0.25sec以上経過することにより、誤差が大幅に減少することが判った。即ち、圧力降下特性曲線が直線に近づくに従って、誤差が減少することが確認された。

[0039] 尚、表2は、ビルドダウン容量BCの内容積Vと、測定流量と、圧力降下時間(b)の関係を示すものであり、ビルドダウン容量BCの内容積V=1.78ccの場合には、流量20~50SCCMの時に、約1秒以内の間隔で流量出力が行えることになる。

また、ビルドダウン容量BCの内容積V=9.91ccの場合には、流量100~200SCCMの時に約1秒以内の間隔で流量出力が可能であることが判る。

[表2]

圧力下降範囲 $\Delta P = 20 \text{ kPa}$ a b s .

ビルドダウン容量 B C : 1.78cc

流量 (sccm)	降下時間 (s)
5	4.22
10	2.11
20	1.05
50	0.42

ビルドダウン容量 B C : 9.91cc

流量 (sccm)	降下時間 (s)
50	2.35
100	1.17
200	0.59

[0040] 図15は、上記各試験の結果に基づいて本発明者等が先に開発をした流量モニタ付圧力式流量制御装置の基本構成を示す系統図であり、当該流量モニタ付圧力式流量制御装置は、ビルドダウン部BDMと圧力式流量制御部FCSと両者間を連結する信号伝送回路（デジタル通信回路）CTとから構成されている。

尚、図15に於いて、 PV_1 は入口側切換弁、 PV_2 は出口側切換弁、BCはビルドダウン容量、 P_3 は圧力センサ、CPbはモニタ流量演算制御部、 VB_1 はモニタ入口側ブロック、 VB_2 はモニタ出口側ブロックである。

また、図15に於いて、CVはコントロール弁、CPaは流量演算制御部、 OR_1 は小径オリフィス、 OR_2 は大径オリフィス、 P_1 は第1圧力センサ、 P_2 は第2圧力センサ、 VB_3 は流量制御部入口側ブロック、 VB_4 は流量制御部出口側ブロック、 VB_5 は連結用ブロック、SKは連結部のガスケットである。

[0041] 前記圧力式流量制御部FCSには、設定流量調整機構QRSが設けられており、予め設定された流量値 Q_s が信号伝送回路CTを介して入力されたビルドダウン流量 Q と比較器(図示省略)により比較され、両者の差異が規定以上の流量値になると、自動的に設定流量値 Q_s が Q_s' に修正され、圧力式流量制御部FCSの流量制御値がビルドダウン流量 Q に合致するように調整される。即ち、実流量がビルドダウン流量 Q に合致するように調整される。

尚、図15においては、温度検出センサT、フィルタF等は省略されており、また、圧力式流量制御部FCSは如何なる形式のもの、例えばオリフィスが1基のものであっても良いことは勿論である。また、圧力式流量制御部FCSやビルドダウン式流量モニタ部BDMの基本構成そのものは公知であるため、ここではその詳細な説明を省略する。

[0042] 具体的には、ガス入口 1 からビルドダウン式流量モニタ部 B D Mへ流入した圧力 5 0 0 ~ 3 2 0 k Pa abs のガスは、入口側ピエゾ切換弁 P V₁、チャンバ式のビルドダウン容量 B C、 出口側ピエゾ切換弁 P V₂ の順に流通し、モニタ流量演算制御部 C P b でモニタ流量 Q が演算され、これが圧力式流量制御部 F C S の設定流量調整機構 Q S R へ入力される。

また、ビルドダウン式流量モニタ部 B D M から流出したガスは、コントロール弁 C V、小径オリフィス O R₁ 及び又は大径オリフィス O R₂ を通り、ガス出口 2 から流出する。その間に、前記流量演算制御部 C P a がオリフィス流通ガス流量を演算すると共に、コントロール弁 C V の開閉制御やオリフィス切換弁 O L V の開閉制御をする。

更に、前記流量演算制御部 C P a の設定流量調整機構 Q S R では、ビルドダウン式流量モニタ部 B D M からのモニタ流量 Q とオリフィス流通流量（即ち、流量演算制御部 C P a での制御流量）とが比較され、両者の差異が予め定めた設定値を超えると、圧力式流量制御部 F C S の制御流量を前記モニタ流量 Q に合致させるよう設定流量 Q s の方を調整し、これを Q s' に自動修正する。

[0043] 即ち、本発明の要部を形成するビルドダウン式流量モニタ制御部 C P b は、入口側（上流側）ピエゾ切換弁 P V₁ の開閉制御や、圧力センサ P₃、温度検出センサ T（図 1 5 では省略）及び両切換弁 P V₁、P V₂ 間のビルドダウン容量 B C の容積 V 等から、ビルドダウン流量 Q を演算し、これを流量演算制御部 C P a へ出力する。

[0044] 上述の如く、本発明に係る流量モニタ付圧力式流量制御装置では、ビルドダウン式流量モニタ部 B D M で圧力降下率 $\Delta P / \Delta t$ の測定やモニタ流量 Q の演算が行なわれ、モニタ流量演算制御部 C P b へ外部入出力回路 P I O を介して指令信号及び又は設定信号を入力することにより、モニタ流量が少なくとも 1 秒間に 1 回の割合でモニタ表示されると共に、上記圧力式流量制御部 F C S の制御流量値の修正、補正が自動的に行われる。

[0045] また、モニタ流量出力 Q（モニタ流量演算制御部 C P b からの流量出力）

と圧力式流量制御部 F C S の流量出力（圧力式流量演算制御部 C P a からの流量出力）との間に設定値以上の差異が生じた場合に、流量異常の警報を発信、或いは必要な場合には、所謂圧力式流量制御装置 F C S の流量自己診断を実施して流量異常の原因やその発生場所を特定することも可能であり、更に、設定値以上の流量差異が生じた場合には、圧力式流量制御部 F C S 自体の零点調整等を自動的に実施すること等も可能である。

- [0046] 尚、図 15 の装置に於いては、入口側切換弁等をピエゾ駆動式弁としているが、これらを直動型の電磁駆動弁としてもよい。また、ビルドダウン容量 B C の内容積 V は 1.78 ~ 9.91 cc の範囲に選定している。更に、圧力降下範囲 ΔP は 20 kPa abs (350 ~ 320 kPa abs) に選定されており、少なくとも 1 秒間に 1 回以上のモニタ流量を出力する構成としている。加えて、前記温度検出センサ T (図示省略) は外面貼付型の測温抵抗式温度センサとしているが、モニタブロック V B₁ 又は V B₂ の内部へ挿入するサーモスタット型温度計を用いることも可能である。
- [0047] また、図 15 の装置では、ビルドダウン容量 B C として後述するように圧力センサ付チャンバを用いているが、当該ビルドダウン容量 B C をガス流路の内容積でもって形成し、ガス流路の内径及び流路長さを適宜に選定することにより、所望の内容積 V のビルドダウン容量 B C を得る構成としても良い。
- [0048] 図 16 は、図 15 のビルドダウン式流量モニタ付圧力式流量制御装置の従断面概要図である。当該実施例では、ビルドダウン容量 B C として圧力センサ付チャンバ C H を用い、ビルドダウン式流量モニタ部 B D M の各ガス通路 L₁、L₃、L₅ の内径を 1.8 mm の細径としている。また、オリフィス O R₁、O R₂ の下流側に第 2 圧力センサ P₂ を別途に設けている。更に、チャンバ C H に圧力センサ P₃ を設けている。
- [0049] 即ち、図 16 に於いては、入口側切換弁 P V₁ と出口側切換弁 P V₂ の間に小型の圧力チャンバ C H を設け、この圧力チャンバ C H の内容積を調整することにより、前記ビルドダウン容量 B C の内容積 V を調整する構成としてい

る。また、両切換弁 $P V V_1$ 、 $P V_2$ の開閉速度を上げるために、ピエゾ駆動メタルダイヤフラム型ノーマルクローズ弁を利用している。尚、ピエゾ駆動メタルダイヤフラム型ノーマルクローズ弁そのものは公知であるため、説明は省略する。

[0050] 前記圧力チャンバ $C H$ は外筒 $C H a$ と内筒 $C H b$ との2重筒に形成されており、且つ内外筒 $C H a$ 、 $C H b$ 間のギャップ G が本実施形態に於いては 1.8 mm に選定されている。そして、圧力チャンバ $C H$ の内容積は $1.3 \sim 1.2\text{ cc}$ 程度に選定されており、これに圧力センサ P_3 を付設した構成としている。

尚、図16の装置に於いては、圧力チャンバ $C H$ の容積を自由に選定できると共に、ガス流通路 L_1 、 L_2 、 L_4 等を全て同一の細径（例えば 1.8 mm φ）に揃えることができ、ビルドダウン容量 $B C$ の内容積を正確且つ容易に所定の容積値に設定することができる。

[0051] 具体的には、供試用のチャンバ $C H$ として、前記ギャップ G を 1.8 mm 及び 3.6 mm とした表3の如きサイズの5種のチャンバを作成し、これ等を図5の試験装置に適用してガス流量（ SCCM ）と圧力降下の傾き（ kPa/sec ）と圧力降下時間（ sec ）等との関係等を調査した。

尚、図5の試験装置を用いた調査に於いて、流量センサ T はチャンバ $C H$ の外表面に貼付け固定した。また、チャンバ $C H$ 以外のガス流路 L_3 、 L_5 の容積は 0.226 cc である。

[0052]

[表3]

チャンバA			チャンバB			チャンバC		
ギャップ	1.8	mm	ギャップ	1.8	mm	ギャップ	2.4	mm
高さ	14.0	mm	高さ	92.0	mm	高さ	92.0	mm
直径	18.0	mm	直径	18.0	mm	直径	18.0	mm
チャンバ	1.58	cc	チャンバ	8.72	cc	チャンバ	11.15	cc
他流路体積	0.226	cc	他流路体積	0.226	cc	他流路体積	0.226	cc
現実の総体積	2.31	cc	現実の総体積	9.70	cc	現実の総体積	11.55	cc

チャンバD			チャンバE		
ギャップ	3.0	mm	ギャップ	3.6	mm
高さ	92.0	mm	高さ	92.0	mm
直径	18.0	mm	直径	18.0	mm
チャンバ	13.35	cc	チャンバ	15.31	cc
他流路体積	0.226	cc	他流路体積	0.226	cc
現実の総体積	13.91	cc	現実の総体積	15.45	cc

[0053] 図17は、図6に於ける圧力降下時間（b）を1秒以内とした場合のガス流量（SCCM）と圧力降下の傾き（kPa/sec）の関係を、各チャンバA～Eについて測定した結果を示すものであり、試験装置に組付けした状態に於ける現実の各ビルドダウン容量は2.31cc～15.45ccであった。

[0054] 図17からも明らかなように、圧力降下範囲 ΔP を20kPa/secとした時には、チャンバAの場合には25.2scm、チャンバBで106.6scm、チャンバEで169.0scmの各流量測定の可能なことが判る。

[0055] 上記図15及び図16の流量モニタ付圧力式流量制御装置においては、上流側に設けたビルドダウン式流量モニタ部BDMと、その下流側に設けた圧力式流量制御部FCSと、ビルドダウン式流量モニタ部BDMと圧力式流量制御部FCSとを連結してビルドダウン式流量モニタ部BDMのモニタ流量Qを圧力式流量制御部FCSへ伝送する信号伝送回路CTと、圧力式流量制御部FCSに設けられ、前記ビルドダウン式流量モニタ部BDMからのモニタ流量Qにより圧力式流量制御部FCSの設定流量Qsを調整する流量設定値調整機構QSRとから構成し、ビルドダウン式流量モニタ部BDMのモニタ流量により圧力式流量制御部FCSの設定流量値を自動的に調整するように

している。

その結果、モニタ流量値（オリフィスを流通する実流量値）と、圧力式流量制御部FCSの設定流量値（制御流量値）とが大きく異なった状態が長期に亘って継続されるようなことが皆無となり、半導体製品の品質向上等の点で多くの効用が得られる。

[0056] また、圧力式流量制御部FCSの上流側にビルドダウン式流量モニタ部BDMを設け、圧力式流量制御装置の入力側圧力変動に対する高応答性を活用して、圧力式流量制御部FCSの入力側圧力変動が許容される範囲内のガス圧力差に対応する圧力降下 ΔP を、前記ビルドダウン容量BC内に1秒間に1回以上の割合で起生させ、当該圧力降下率 $\Delta P / \Delta t$ とビルドダウン容量BCの内容積Vとガス温度Kとから、1秒間に少なくとも1回以上のモニタ流量を演算して出力できるように、上記圧力降下値（圧力差 ΔP ）、圧力降下時間（ Δt ）及びビルドダウン容量BCの内容積Vを設定する構成としている。

[0057] その結果、前記圧力降下値（圧力差） ΔP を略20～30kPa absに、圧力降下時間 Δt を0.5～0.8secに、及びビルドダウン容量BCの内容積Vを1.8～18ccに設定することにより、少なくとも1秒間当りに1回以上の割合でモニタ流量を高精度で演算し、出力することが可能となり、ビルドダウン方式の利用にも拘わらず略リアルタイムに近い高精度な流量モニタが可能となる。

[0058] また、従前の熱式流量センサを組合せる方式に比較して、流量モニタ付圧力式流量制御装置の大幅な構造の簡素化、小型化と製造費の引下げが可能となり、流量モニタ付流量制御装置の付加価値が著しく向上する。

[0059] しかし、本発明者等が先に開発した図15及び図16の流量モニタ付圧力式流量制御にも、いまだ多くの問題点が残されている。

特に、制御流量が大幅に変化した場合に、圧力降下値（圧力差） ΔP を略20～30kPa absとすると共に圧力降下時間 Δt を0.5～0.8secとし、少なくとも1秒間当りに1回以上の割合でモニタ流量を高精度

で演算して出力するためには、ビルドダウン容量BCの内容積Vを迅速且つ正確に適宜の値に調整する必要がある。その結果、ビルドダウン容量の調整機構が著しく複雑化し、流量モニタ付圧力式流量制御の大型化や製造コストの高騰を来たと云う問題がある。

先行技術文献

特許文献

- [0060] 特許文献1：特許第2635929号
特許文献2：特許第2982003号
特許文献3：特許第4308350号
特許文献4：特許第4137666号
特許文献5：特開2003-195948号

発明の概要

発明が解決しようとする課題

- [0061] 本発明は、(a)従前のビルドダウンやビルドアップ式の流量測定方法を用いた流量モニタ付流量制御装置の場合には、流量モニタに際して実ガスの供給を一時的に停止しなければならず、半導体製造装置の稼働率の低下や製造した半導体の品質変動等を生ずること、(b)従前の図21のような熱式流量計と圧力式流量制御装置を組み合わせ構造の流量モニタ付流量制御装置では、実流量の異常が判明しても自動的に制御流量の設定値の修正が行えず、流量修正の遅れによってさまざまな不都合が生じるうえ、流量制御装置自体の構造の簡素化及び装置の小型化が困難となり、加えて圧力式流量制御装置の優れた応答特性や安定した流量制御特性が減殺されること、及び、(c)制御流量が大幅に変化するような場合には、ビルドダウン容量を適宜の値に調整する必要があり、複雑なビルドダウン容量調整機構を必要とするうえ、容量調整に手数か掛かること等の問題を解決せんとするものであり、圧力式流量制御装置FCSとその上流側に設けたビルドダウン式の流量測定部とを一体に組合せし、流量制御装置の上流側圧力（入力側圧力）に許容される圧力

変動範囲内で前記ビルドダウン式の流量測定部を作動させ、ビルドダウン容量をバルブ操作によって簡単に大流量用容量と小流量用容量に切換することにより、大流量域と小流量域の流量モニタを簡単且つ高精度で行え、更に、モニタ流量値と制御流量値の差異が所定流量値を越えた場合には、自動的に圧力式流量制御装置側の流量設定値を調整して、圧力式流量制御装置による流量制御値をビルドダウン式流量測定部による流量値に修正する様にした流量レンジ切換型流量モニタ付流量制御装置を提供するものである。

[0062] 即ち、入力側の圧力変動により流量制御特性が殆ど影響を受ないと云う圧力式流量制御装置の流量特性をフルに活用して、ビルドダウン式流量モニタ部による流量モニタを略リアルタイム（少なくとも1回/1秒）に近い状況下で行うことができ、しかも、演算制御部の簡素化、制御流量域の拡大、機器本体部の大幅な小型化、及び、ガス置換性の向上等を可能にした流量レンジ切換型ビルドダウン式流量計及び流量レンジ切換型流量モニタ付流量制御装置を提供せんとするものである。

課題を解決するための手段

[0063] 上記課題を解決するため、本発明に係る流量計は、上記各試験の結果を基礎にして創作されたものであり、請求項1の発明は、流路上に配置された入口側開閉切替弁 PV_1 と、入口側開閉切替弁 PV_1 の下流に配置された出口側開閉切替弁 PV_2 と、出口側開閉切替弁 PV_2 の下流に配置されたコントロール弁 CV とを備え、各弁同士は内容積をもつ流路で連結し、コントロール弁 CV より上流に圧力センサ P_3 を配置したビルドダウン式流量計であって、入口側開閉切替弁 PV_1 の出口側からコントロール弁 CV の入口側までの流路内容積をビルドダウン容積 V_1 として流量演算する様にした大流量用測定部と、出口側切替弁 PV_2 の出口側からコントロール弁 CV の入口側までの流路内容積をビルドダウン容積 V_2 として流量を演算する様にした小流量用測定部とを備えることを、発明の基本構成とするものである。

[0064] 前記コントロール弁 CV は、流量制御部FCSの内部のコントロール弁 CV としてもよい。

また、開閉切換弁で区切られた内容積を持つ流路を複数配置することとしたものである。

[0065] 又、本発明に係る流量制御装置は、第1の手段として、上流側に設けたビルドダウン式流量モニタ部BDMと、該ビルドダウン式流量モニタ部の下流側に設けた流量制御部FCSとを備える流量制御装置であって、前記ビルドダウン式流量モニタ部BDMが、入口側開閉切換弁PV₁と、該入口側開閉切換弁の下流側に設けたビルドダウン容量BCと、ビルドダウン容量BCの下流側のガス通路に設けた温度センサThと、ビルドダウン容量BCの下流側に設けた出口側開閉切換弁PV₂と、該出口側開閉切換弁の下流側に設けた圧力センサP₃と、前記温度センサTh及び圧力センサP₃の検出値が入力されるモニタ流量演算制御部CPbとを備え、該モニタ流量演算制御部CPbにより、入口側開閉切換弁PV₁の出口側と流量制御部FCSのコントロール弁CVとの間のガス通路内容積をビルドダウン容積Vとして大流量のモニタ流量Q₁を演算すると共に、出口側開閉切換弁PV₂の出口側と流量制御部FCSのコントロール弁CVとの間のガス通路内容積をビルドダウン容積Vとして小流量のモニタ流量Q₂を演算する構成とされていることを発明の基本構成とするものである。

[0066] 本発明に係る上記流量制御装置は、上記第1の手段において、信号伝送回路CTによりビルドダウン式流量モニタ部BDMと流量制御部FCSとを連結し、ビルドダウン式流量モニタ部BDMのモニタ流量Qを流量制御部FCSへ伝送すると共に、流量制御部FCSに、前記ビルドダウン式流量モニタ部BDMからのモニタ流量Qにより流量制御部FCSの設定流量Q_sを調整する流量設定値調整機構QSRを設ける構成してもよい。

[0067] また、本発明に係る上記流量制御装置は、第2の手段として、上流側に設けたビルドダウン式流量モニタ部BDMと、該ビルドダウン式流量モニタ部の下流側に設けた流量制御部FCSと、ビルドダウン式流量モニタ部BDMと流量制御部FCSとを連結し、ビルドダウン式流量モニタ部BDMのモニタ流量Qを流量制御部FCSへ伝送する信号伝送回路CTと、流量制御部F

C S に設けられ、前記ビルドダウン式流量モニタ部 B D M からのモニタ流量 Q により流量制御部 F C S の設定流量 Q s を調整する流量設定値調整機構 Q S R とを備える流量制御装置であって、ビルドダウン式流量モニタ部 B D M を、ガス供給源からのガスの流通を開閉する入口側開閉切換弁 P V₁と、入口側開閉切換弁 P V₁の出口側に接続した所定の内容量を有するビルドダウン容量 B C と、ビルドダウン容量 B C の出口側に接続した出口側開閉切換弁 P V₂と、出口側開閉切換弁 P V₂の下流側通路を流通するガスの圧力を検出する圧力センサ P₃と、出口側開閉切換弁 P V₂の下流側通路を流通するガスの温度を検出する温度センサと、大流量の際には、前記出口側開閉切換弁 P V₂を開放状態に保持すると共に、前記入口側開閉切換弁 P V₁の出口側と前記流量制御部 F C S のコントロール弁 C V との間のガス通路内容積をビルドダウン容積 V とし、前記入口側開閉切換弁 P V₁を開閉作動させると共に入口側開閉切換弁 P V₁の開放により前記ビルドダウン容積 V 内のガス圧力を設定上限圧力値にしたあと入口側開閉切換弁 P V₁を閉鎖し、所定時間 t 秒後にガス圧力を設定下限圧力値まで下降させることによりビルドダウン式により大モニタ流量 Q₁を演算及び出力し、また、小流量の際には、前記入口側開閉切換弁 P V₁を開放状態に保持すると共に、前記出口側開閉切換弁 P V₂の出口側と前記流量制御部 F C S のコントロール弁 C V との間のガス通路内容積をビルドダウン容積 V とし、前記出口側開閉切換弁 P V₂を開閉作動させると共に出口側開閉切換弁 P V₂の開放によりビルドダウン容量 V 内のガス圧力を設定上限圧力値にしたあと出口側開閉切換弁 P V₂を閉鎖し、所定時間 t 秒後にガス圧力を設定下限圧力値まで下降させることによりビルドダウン式により小モニタ流量 Q₂を演算及び出力するモニタ流量演算制御部 C P b とを備え、前記モニタ流量 Q を

[数2]

$$Q = \frac{1000}{760} \times 60 \times \frac{273}{(273 + T)} \times V \times \frac{\Delta p}{\Delta t}$$

(但し、T はガス温度 (°C)、V はビルドダウン容積 (l)、ΔP は圧力降

下範囲（設定上限圧力値－設定下限圧力値）（ $Torr$ ）、 Δt は入口側開閉切換弁 AV の閉鎖から開放までの時間（ sec ）である。）により演算することを、発明の基本構成とするものである。

[0068] 本発明に係る上記流量制御装置は、上記第2の手段に於いて、流量設定値調整機構 GSR を、モニタ流量 Q と設定流量 Q_s との比較器を備え、モニタ流量 Q と設定流量 Q_s との差異が設定値を超えると、設定流量 Q_s をモニタ流量 Q に自動修正する構成の流量設定値調整機構としてもよい。

[0069] 本発明に係る上記流量制御装置は、上記第2の手段に於いて、流量制御部 FCS を、コントロール弁 CV とオリフィス OR 又は臨界ノズルと圧力計 P_1 及び又は圧力計 P_2 と流量演算制御装置 CPa とを備える、耐圧力変動性を備えた圧力式流量制御装置 FCS としてもよい。

[0070] 本発明に係る上記流量制御装置は、上記第2の手段に於いて、ビルドダウン容積 V を $0.5 \sim 20cc$ とすると共に、設定上限圧力値を $400 \sim 1000kPa \text{ abs}$ 及び設定下限圧力値を $350kPa \text{ abs} \sim 50kPa \text{ abs}$ に、また、所定時間 t を $0.5 \sim 5$ 秒以内とするようにしてもよい。

[0071] 本発明に係る上記流量制御装置は、上記第2の手段に於いて、入口側開閉切換弁 PV_1 の出口側と流量制御部 FCS のコントロール弁 CV 間のガス通路の内容積 V を $13 \sim 15cc$ とし、大流量のモニタ流量域を $40 \sim 600SCCM$ とすると共に、小流量のモニタ流量域を $1 \sim 50SCCM$ とするようにしてもよい。

[0072] 本発明に係る上記流量制御装置は、上記第2の手段に於いて、入口側開閉切換弁 PV_1 をピエゾ駆動式メタルダイヤフラム弁又は電磁直動型電動弁とすると共に、弁の高速開閉により入口側開閉切換弁 PV_1 の開による設定下限圧力値から設定上限圧力値へのガス圧力の回復時間を、入口側開閉切換弁 AV の閉による設定上限圧力値から設定下限圧力値までのガス圧力下降時間よりも大幅に短くするようにしてもよい。

[0073] 本発明に係る上記流量制御装置は、上記第2の手段に於いて、流量制御部

F C S の流量演算制御装置 C P a とビルドダウン式流量モニタ部 B D W のモニタ流量演算制御装置 C P b とを一体に形成する構成としてもよい。

[0074] 本発明に係る上記流量制御装置は、上記第 2 の手段に於いて、ビルドダウン容量 B C をチャンバとすると共に、当該チャンバを内筒と外筒を同心状に配設固定した構造とし、チャンバを形成する内・外筒間の間隙をガス流通路とする構成としてもよい。

[0075] 本発明に係る上記流量制御装置は、上記第 2 の手段に於いて、ビルドダウン容量 B C を、並列状に配置した複数本のチャンバとすると共に、当該チャンバを内筒と外筒を同心状に配設固定した構造とし、各チャンバの内・外筒間の間隙をガス流通路として各チャンバの前記ガス流通路を直列状に接続する構成としてもよい。

発明の効果

[0076] 本発明の流量計は、入口側開閉切替弁 PV_1 の出口側からコントロール弁 C V の入口側までの流路内容積をビルドダウン容積 V_1 として流量演算する様にした大流量用測定部と、出口側切替弁 PV_2 の出口側からコントロール弁 C V の入口側までの流路内容積をビルドダウン容積 V_2 として流量を演算する様にした小流量用測定部を備えた構成としているため、一基の流量計で以って、広い流量幅のガス流量の流量計測が可能となる。

[0077] 本発明の流量制御装置は、上流側に設けたビルドダウン式流量モニタ部 B D M と、その下流側に設けた流量制御部 F C S と、ビルドダウン式流量モニタ部 B D M と流量制御部 F C S とを連結し、ビルドダウン式流量モニタ部 B D M のモニタ流量 Q を流量制御部 F C S へ伝送する信号伝送回路 C T と、流量制御部 F C S に設けられ、前記ビルドダウン式流量モニタ部 B D M からのモニタ流量 Q により流量制御部 F C S の設定流量 Q_s を調整する流量設定値調整機構 Q S R とから構成し、ビルドダウン式流量モニタ部 B D M のモニタ流量により流量制御部 F C S の設定流量値を自動的に調整するようにしている。

[0078] その結果、モニタ流量値（オリフィスを流通する実流量値）と、流量制御

部 F C S の設定流量値(制御流量値)とが大きく異なった状態が長期に亘って継続されるようなことが皆無となり、半導体製品の品質向上等の点で多くの効用が得られる。

[0079] また、流量制御部 F C S の上流側にビルドダウン式流量モニタ部 B D M を設け、流量制御装部の入力側圧力変動に対する高応答性を活用して、流量制御部 F C S の入力側圧力変動が許容される範囲内のガス圧力差に対応する圧力降下 ΔP を、前記ビルドダウン容量 B C 内に 1 秒間に 1 回以上の割合で起生させ、当該圧力降下率 $\Delta P / \Delta t$ とビルドダウン容量 B C の内容積 V とガス温度 K とから、1 秒間に少なくとも 1 回以上のモニタ流量を演算して出力できるように、上記圧力降下値(圧力差 ΔP)、圧力降下時間(Δt)及びビルドダウン容量 B C の内容積 V を設定する構成としている。

[0080] その結果、前記圧力降下値(圧力差) ΔP 、圧力降下時間 Δt 及びビルドダウン容量 V を適宜に設定することにより、少なくとも 1 秒間当りに 1 回以上の割合でモニタ流量を高精度で演算し、出力することが可能となり、ビルドダウン方式の利用にも拘わらず略リアルタイムに近い高精度な流量モニタが可能となる。

[0081] 更に、ビルドダウン式流量モニタ部 B D M を、ガス供給源からのガスの流通を開閉する入口側開閉切換弁 $P V_1$ と、入口側開閉切換弁 $P V_1$ の出口側に接続した所定の内容積 V を有するビルドダウン容量 B C と、ビルドダウン容量 B C の出口側に接続した出口側開閉切換弁 $P V_2$ と、出口側開閉切換弁 $P V_2$ の下流側通路を流通するガスの圧力を検出する圧力センサ P_3 と、出口側開閉切換弁 $P V_2$ の下流側通路を流通するガスの温度を検出する温度センサと、大流量の際には、前記出口側開閉切換弁 $P V_2$ を開放状態に保持すると共に、前記入口側開閉切換弁 $P V_1$ の出口側と前記流量制御部 F C S のコントロール弁 C V 間のガス通路内容積をビルドダウン容量とし、前記入口側開閉切換弁 $P V_1$ を開閉作動させると共に入口側開閉切換弁 $P V_1$ の開放によりビルドダウン容量内のガス圧力を設定上限圧力値にしたあと入口側開閉切換弁 $P V_1$ を閉鎖し、所定時間 t 秒後にガス圧力を設定下限圧力値まで下降させることにより

ビルドダウン式により大流量域のモニタ流量 Q_1 を演算及び出力し、また、小流量の際には、前記入口側開閉切換弁 $P V_1$ を開放状態に保持すると共に、前記出口側開閉切換弁 $P V_2$ の出口側と前記流量制御部 $F C S$ のコントロール弁 $C V$ 間のガス通路の内容積をビルドダウン容量とし、前記出口側開閉切換弁 $P V_2$ を開閉作動させると共に出口側開閉切換弁 $P V_2$ の開放によりビルドダウン容量内のガス圧力を設定上限圧力値にしたあと出口側開閉切換弁 $P V_2$ を閉鎖し、所定時間 t 秒後にガス圧力を設定下限圧力値まで下降させることによりビルドダウン式により小流量域のモニタ流量 Q_2 を演算及び出力するモニタ流量演算制御部 $C P b$ と、から構成するようにしている。

[0082] その結果、入口側開閉切換弁 $P V_1$ と流量制御部 $F C S$ のコントロール弁 $C V$ 間のガス通路内容積及び出口側開閉切換弁 $P V_2$ とコントロール弁 $C V$ 間のガス通路内容積を適宜に選定して、入口側開閉切換弁 $P V_1$ と出口側開閉切換弁 $P V_2$ とを適宜に開閉操作することにより、大流量域と小流量域の両方に亘って略リアルタイムに近い高精度な流量モニタを行うことができる。

[0083] そのうえ、従前の熱式流量センサを組合せる方式に比較して、流量モニタ付流量制御装置の大幅な構造の簡素化、小型化と製造費の引下げが可能となり、流量モニタ付流量制御装置の付加価値が著しく向上する。

図面の簡単な説明

[0084] [図1]本発明の基本概念を示すブロック説明する構成図である。

[図2]本発明に係る流量レンジ切換型流量モニタ付流量制御装置の基本構成を示す系統図である。

[図3]本発明に係るビルドダウン式の流量レンジ切換型流量モニタ付流量制御装置の縦断面概要図である。

[図4]本発明の第2実施形態に係るビルドダウン式の流量レンジ切換型流量モニタ付圧力式流量制御装置の縦断面概要図である。

[図5]ビルドダウン式流量モニタ付流量制御装置の流量モニタ特性を測定するための試験装置の概要構成図である。

[図6]ビルドダウン式流量モニタの圧力降下状態の説明図である。

[図7]ビルドダウン流量測定時の圧力回復特性曲線の一例を示すものである。

[図8]図5の部分拡大図である。

[図9]試験1に於ける圧力回復特性曲線を示すものである。

[図10]圧力降下特性の形態を示すものである（制御流量＝100SCCM）

。

[図11]圧力降下特性の形態を示すものである（制御流量＝50SCCM）。

[図12]圧力降下特性の形態を示すものである（制御流量＝10SCCM）。

[図13]一次側開閉切換弁（上流側弁）AVの閉鎖からの経過時間と流量安定性との関係を示す線図である（ビルドダウン容量BC＝1.78cc）。

[図14]一次側開閉切換弁（上流側弁）弁AVの閉鎖からの経過時間と流量安定性との関係を示す線図である（ビルドダウン容量BC＝9.91cc）。

[図15]先に開発をした流量モニタ付流量制御装置の基本構成を示す系統図である。

[図16]先に開発をしたビルドダウン式の流量モニタ付流量制御装置の縦断面概要図である。

[図17]先に開発をした装置のチャンバA～Eに於いて、測定可能時間を1秒以下とした場合のガス流量SCCMと圧力降下の傾き kPa/sec との関係を示す線図である。

[図18]先に開発をした装置に於いて、各チャンバA～Eの圧力降下の傾きが $20kPa/sec$ に於ける圧力降下特性の形態を示すものである。

[図19]各チャンバA～Eの入口側（一次側）開閉切換弁AVの閉鎖からの経過時間と流量安定性との関係を示す線図である。

[図20]従前の圧力式流量制御装置の基本構成図である。

[図21]従前の流量モニタ付圧力式流量制御装置の基本構成図である。

発明を実施するための形態

[0085] 以下、図面に基づいて本発明の実施形態を説明する。

図1は本発明の基本概念を示すブロック説明する構成図であり、図2は本発明に係る流量レンジ切換型流量モニタ付圧力式流量制御装置の基本構成を

示す系統図、図3は本発明に係る流量レンジ切換型流量モニタ付圧力式流量制御装置の縦断面概要図である。

本発明に係る装置は、大流量域ガスのモニタ付流量制御と小流量域ガスのモニタ付流量制御を適宜に切換え可能な構成としたことを特徴とするものであり、本発明に係る流量モニタ付圧力式流量制御装置は、ビルドダウン部BDMと圧力式流量制御部FCSと両者間を連結する信号伝送回路（デジタル通信回路）CTとから構成されている。

尚、図1乃至図3に於いて、1はガス入口、2はガス出口、 PV_1 は入口側切換弁、 PV_2 は出口側切換弁、BCはビルドダウン容量、 P_3 は圧力センサ、 ΔP_1 は大流量域モニタの場合の圧力検出値、 ΔP_2 は小流量域モニタの場合の圧力検出値、 Q_1 は大流量域ガスのモニタ流量検出値、 Q_2 は小流量域ガスのモニタ流量検出値、CPbはモニタ流量演算制御部、 VB_1 はモニタ入口側ブロック、 VB_2 はモニタ出口側ブロックである。

[0086] また、図1乃至図3に於いて、CVはコントロール弁、CPaは流量演算制御部、 OR_1 は小径オリフィス、 OR_2 は大径オリフィス、 P_1 は第1圧力センサ、 P_2 は第2圧力センサ、 VB_3 は流量制御部入口側ブロック、 VB_4 は流量制御部出口側ブロック、 VB_5 は連結用ブロック、SKは連結部のガスケットである。

[0087] 更に、圧力式流量制御部FCSには設定流量調整機構QSRが設けられており、予め設定された流量値 Q_s が信号伝送回路CTを介して入力されたビルドダウン流量 Q_1 、 Q_2 と比較器(図示省略)により比較され、両者の差異が規定以上の流量値になると、自動的に設定流量値 Q_s が Q_s' に修正され、圧力式流量制御部FCSの流量制御値がビルドダウン流量 Q_1 、 Q_2 に合致するように調整される。即ち、実流量がビルドダウン流量 Q_1 、 Q_2 に合致するように調整される。

[0088] 尚、図1乃至図3に於いて、先に開発した図15及び図16の流量モニタ付圧力式流量制御装置と異なる点は、モニタ流量演算制御部CPbが大流量域のビルドダウン流量 Q_1 と小流量域のビルドダウン流量 Q_2 を切換え可能に出

力する点、及び圧力センサ P_3 が図3に示すように、連結用ブロック VB_5 に設けられている点のみであり、その他の構成は、図15及び図16の流量モニタ付圧力式流量制御装置と略同一である。

また、図2及び図3では、温度検出センサ T やフィルタ F 等は省略されている。更に、圧力式流量制御部 $FC S$ は如何なる形式のもの、例えばオリフィスが1基或いは3基以上のものであっても良いことは勿論である。尚、圧力式流量制御部 $FC S$ やビルドダウン式流量モニタ部 BDM の基本構成そのものは公知であるため、ここではその詳細な説明を省略する。

[0089] 図1を参照して、本発明に於いては、ガスの制御流量に対応して、大流量域ガスの流量モニタと小流量域ガスの流量モニタとを切換えするよう構成されており、ガス入口1から流入するガス流量が大流量 Q_1 (例えば、40～600 S C C M)の場合には、出口側切換弁 PV_2 を開放状態に保持し、入口側切換弁 PV_1 を開閉することにより圧力センサ P_3 によって圧力検出値 ΔP_1 を検出すると共に、当入口側切換弁 PV_1 から圧力式流量制御部 $FC S$ のコントロール弁 CV までの管路内容積をビルドダウン容積とし、前記圧力検出値 ΔP_1 及び前記ビルドダウン容積等から数式1を用いて大流量域のモニタ流量 Q_1 が演算される。

[0090] また、ガス入口1から流入するガス流量が小流量 Q_2 (例えば、2.5～40 (S C C M)の場合には、入口側切換弁 PV_1 を開放状態に保持し、出口側切換弁 PV_2 を開閉することにより圧力センサ P_3 によって圧力検出値 ΔP_2 を検出すると共に、出口側切換弁 PV_2 から圧力式流量制御部 $FC S$ のコントロール弁 CV までの管路内容積をビルドダウン容積とし、前記圧力検出値 ΔP_2 及び前記ビルドダウン容積等から数式1を用いて小流量域のモニタ流量 Q_2 が演算される。

[0091] 尚、上記モニタ流量演算制御部 CPb で演算されたモニタ流量 Q_1 (或いは Q_2)が流量制御部 $FC S$ の設定流量調整機構 QSR へ入力されること、ビルドダウン式流量モニタ部 BDM から流出したガスがコントロール弁 CV 、小径オリフィス OR_1 及び又は大径オリフィス OR_2 を経てガス出口2から流出

すること、流量演算制御部C P aでオリフィス流通ガス流量が演算され、コントロール弁C Vの開閉制御やオリフィス切換弁O L Vの開閉制御されること、流量演算制御部C P aの設定流量調整機構Q S Rでは、ビルドダウン式流量モニタ部B D Mからのモニタ流量 Q_1 (又は Q_2)とオリフィス流通流量とが比較され、両者の差異が予め定めた設定値を超えると、流量制御部F C Sの制御流量を前記モニタ流量Qに合致させるよう設定流量 Q_s の方が調整されること、等は先に開発したし流量モニタ付圧力式流量制御装置と同じである。

[0092] [表4]

モニタ流量(大流量) 600~40sccm
モニタ流量(小流量) 40~2.5sccm

ビルドダウン容量	圧力降下率 5kPa/sec	圧力降下率 80kPa/sec	バルブ操作
1cc	2.73sccm	43.7sccm	PV2開閉 (PV1開状態)
14cc	38.2sccm	611.7sccm	PV1開閉 (PV2開状態)

表4は、入口側切換弁P V₁及び出口側切換弁P V₂をピエゾ駆動式弁とし、小流量域のビルドダウン容量 $Q_2=1$ c c及び大流量域のビルドダウン容量 $Q_1=14$ c cとし、且つ圧力降下率 $\Delta P_2/\text{sec}=5\text{Kpa/sec}$ 及び $\Delta P_1/\text{sec}=80\text{Kpa/sec}$ とした時のビルドダウンモニタ流量の検出結果を示すものであり、小流量域のモニタ流量 Q_2 は $Q_2=2.73\sim43.7\text{SCCM}$ 、及び、大流量域のモニタ流量 Q_1 は $Q_1=38.2\sim611.7\text{SCCM}$ と成る。

[0093] 尚、モニタ流量の出力は、少なくとも1秒間に1回以上とし、温度検出センサT(図示省略)はモニタブロックV B₁又はV B₁の内部へ挿入するサーモスタット型温度計としている。また、大流量域用ビルドダウン容量はチャンバ内容積と配管路内容積により、小流量域用容量は配管路内容積のみにより、それぞれ形成している。

[0094] 図4は、本発明の第2実施形態を示すものであり、(a)は縦断面概要図、(b)は平面図、(c)は右側面図である。

当該第2実施例に係る流量レンジ切換型流量モニタ付圧力式流量制御装置は、ビルドダウン容量B Cが、縦向き姿勢で並列状に配置した4本の細径チ

チャンバ CH_1 , CH_2 , CH_3 , CH_4 から構成されており、また、各細径チャンバの構造は第1実施形態のビルドダウン容量 BC の場合と同一であり、外筒と内筒との間の隙間が、ガスの流通路となっている。

[0095] 更に、上記4本の細径チャンバ $CH_1 \sim CH_4$ は、夫々の内・外筒間のガス流通路を直列状に連通させた状態で連結されており、内容積 V の小さなビルドダウン容量 BC に形成されている。

[0096] 当該第2実施例に係る流量レンジ切換型流量モニタ付流量制御装置は、図4に示すように、その厚さ寸法 L が約10～13mm程度に設定されており、その結果、出口側開閉切換弁 PV_2 の下流側に設けた圧力センサ P_3 も、外径が約10～13mmの細径のものが使用されている。

尚、第2実施形態に係る装置そのものの構造や機能は、第1実施形態の場合と同一であるため、ここではその詳細な説明を省略する。

産業上の利用可能性

[0097] 本発明は半導体製造装置用ガス供給設備のみならず、オリフィス又は臨界ノズルを用いた圧力式流量制御装置であれば、化学品製造装置用ガス供給設備へも広く適用できるものである。

符号の説明

[0098]	BDM	ビルドダウン式流量モニタ部
	$FC S$	流量制御部（圧力式流量制御装置）
	AV	一次側開閉切換弁（上流側弁）
	BC	ビルドダウン容量
	V	ビルドダウン容積
	RG	圧力調整器
	N_2	N_2 供給源
	T	温度センサ（測温抵抗体）
	P_1 、 P_2	圧力センサ
	P_3	圧力センサ
	ΔP_1 、 ΔP_2	圧力検出値

C V	コントロール弁
O R	オリフィス
O R ₁	小口径オリフィス
O R ₂	大口径オリフィス
O I P	外部入出力回路
O L V	オリフィス切換弁
V B ₁	モニタ入口側ブロック
V B ₂	モニタ出口側ブロック
V B ₃	流量制御部入口側ブロック
V B ₄	流量制御部出口側ブロック
V B ₅	連結部ガasket
C T	信号伝送回路（デジタル通信回路）
C P	演算制御部
C P a	流量演算制御部
C P b	モニタ流量演算制御部
E ₁	流量制御装置用電源
E ₂	演算制御部用電源
E ₃	電磁弁用電源
E C V	電気駆動部
N R	データログ
S	信号発生器
P C	演算表示部
P V ₁	入口側切換弁（入口側ピエゾ切換弁）
P V ₂	出口側切換弁（出口側ピエゾ切換弁）
L ₁	入口側切換弁のガス入口側通路
L ₂	入口側切換弁のガス出口側通路
L ₃	出口側切換弁のガス入口側通路
L ₄	出口側切換弁のガス出口側通路

C u	銅棒片
Q_1 、 Q_2	モニタ流量（ビルドダウン流量）
C H	チャンバ
$C H_1 \sim C H_4$	細径チャンバ
C H a	外筒
C H b	内筒
L	装置の厚み寸法
$Q_s R$	流量設定値調整機構
Q_s	設定流量
Q_s'	調整流量
1	ガス入口
2	ガス出口
$C H_1 \sim C H_4$	細径チャンバ

請求の範囲

[請求項1] 流路上に配置された入口側開閉切替弁と、該入口側開閉切替弁の下流に配置された出口側開閉切替弁と、該出口側開閉切替弁の下流に配置されたコントロール弁とを備え、前記各弁同士は内容積をもつ流路で連結され、前記コントロール弁より上流に圧力センサを配置した流量計であって、

前記入口側開閉切替弁の出口側から前記コントロール弁の入口側までの流路内容積をビルドダウン容積として流量演算する様にした大流量用測定部と、前記出口側切替弁の出口側から前記コントロール弁の入口側までの流路内容積をビルドダウン容積として流量を演算する様にした小流量用測定部とを備えることを特徴とする流量計。

[請求項2] 前記コントロール弁を、流量制御部の内部のコントロール弁とした請求項1に記載の流量計。

[請求項3] 開閉切換弁で区切られた内容積を持つ流路を複数配置することとした請求項1に記載の流量計。

[請求項4] 上流側に設けたビルドダウン式流量モニタ部と、該ビルドダウン式流量モニタ部の下流側に設けた流量制御部とを備える流量制御装置であって、

前記ビルドダウン式流量モニタ部は、入口側開閉切換弁と、前記入口側開閉切換弁の下流側に設けたビルドダウン容量と、ビルドダウン容量の下流側に設けた出口側開閉切換弁と、前記該ビルドダウン容量の下流側のガス通路に設けた温度センサと、前記ビルドダウン容量の下流側に設けた出口側開閉切換弁と、該出口側開閉切換弁の下流側に設けた圧力センサと、前記温度センサ及び前記圧力センサの検出値が入力されるモニタ流量演算制御部とを備え、該モニタ流量演算制御部により、前記入口側開閉切換弁の出口側と前記流量制御部のコントロール弁との間のガス通路内容積をビルドダウン容積として大流量のモニタ流量を演算すると共に、前記出口側開閉切換弁の出口側と前記流

量制御部のコントロール弁との間のガス通路内容積をビルドダウン容積として小流量のモニタ流量を演算する構成とされていることを特徴とする流量制御装置。

[請求項5] 信号伝送回路により前記ビルドダウン式流量モニタ部と前記流量制御部とを連結し、前記ビルドダウン式流量モニタ部のモニタ流量を前記流量制御部へ伝送すると共に、該流量制御部に、前記ビルドダウン式流量モニタ部からのモニタ流量により該流量制御部の設定流量を調整する流量設定値調整機構を設ける構成した請求項1に記載の流量制御装置。

[請求項6] 上流側に設けたビルドダウン式流量モニタ部と、該ビルドダウン式流量モニタ部の下流側に設けた流量制御部と、前記ビルドダウン式流量モニタ部と前記流量制御部とを連結し、前記ビルドダウン式流量モニタ部のモニタ流量を前記流量制御部へ伝送する信号伝送回路と、前記流量制御部に設けられ、前記ビルドダウン式流量モニタ部からのモニタ流量により前記流量制御部の設定流量を調整する流量設定値調整機構とを備える流量制御装置であって、前記ビルドダウン式流量モニタ部が、ガス供給源からのガスの流通を開閉する入口側開閉切換弁と、該入口側開閉切換弁の出口側に接続した所定の内容量を有するビルドダウン容量と、該ビルドダウン容量の出口側に接続した出口側開閉切換弁と、該出口側開閉切換弁の下流側通路を流通するガスの圧力を検出する圧力センサと、流通するガスの温度を検出する温度センサと、大流量の際には、前記出口側開閉切換弁を開放状態に保持すると共に、前記入口側開閉切換弁の出口側と前記流量制御部のコントロール弁との間のガス通路内容積をビルドダウン容積とし、前記入口側開閉切換弁を開閉作動させると共に該入口側開閉切換弁の開放により前記ビルドダウン容積内のガス圧力を設定上限圧力値にしたあと前記入口側開閉切換弁を閉鎖し、所定時間経過後にガス圧力を設定下限圧力値まで下降させることによりビルドダウン式により大流量のモニタ流量

を演算及び出力し、また、小流量の際には、前記入口側開閉切換弁を開放状態に保持すると共に、前記出口側開閉切換弁の出口側と前記流量制御部のコントロール弁との間のガス通路内容積をビルドダウン容積とし、前記出口側開閉切換弁を開閉作動させると共に該出口側開閉切換弁の開放によりビルドダウン容積内のガス圧力を設定上限圧力値にしたあと該出口側開閉切換弁を閉鎖し、所定時間経過後にガス圧力を設定下限圧力値まで下降させることにより小流量のモニタ流量を演算及び出力するモニタ流量演算制御部とを備え、大流量及び小流量の前記各モニタ流量を、下記式により演算する構成とした流量制御装置。

[数3]

$$Q = \frac{1000}{760} \times 60 \times \frac{273}{(273 + T)} \times V \times \frac{\Delta P}{\Delta t}$$

但し、Qはモニタ流量、Tはガス温度（℃）、Vはビルドダウン容積（l）、ΔPは圧力降下範囲（設定上限圧力値－設定下限圧力値）（Torr）、Δtは入口側開閉切換弁の閉鎖から開放までの時間（sec）である。

[請求項7] 前記流量設定値調整機構が、モニタ流量と設定流量との比較器を備え、モニタ流量と設定流量との差異が設定値を超えると、設定流量をモニタ流量に自動修正する構成の流量設定値調整機構である、請求項6に記載の流量制御装置。

[請求項8] 前記流量制御部が、コントロール弁と、オリフィス又は臨界ノズルと、前記オリフィス又は臨界ノズルの上流側の圧力計、流量演算制御装置とを備える、耐圧力変動性を備えた圧力式流量制御装置である、請求項6に記載の流量制御装置。

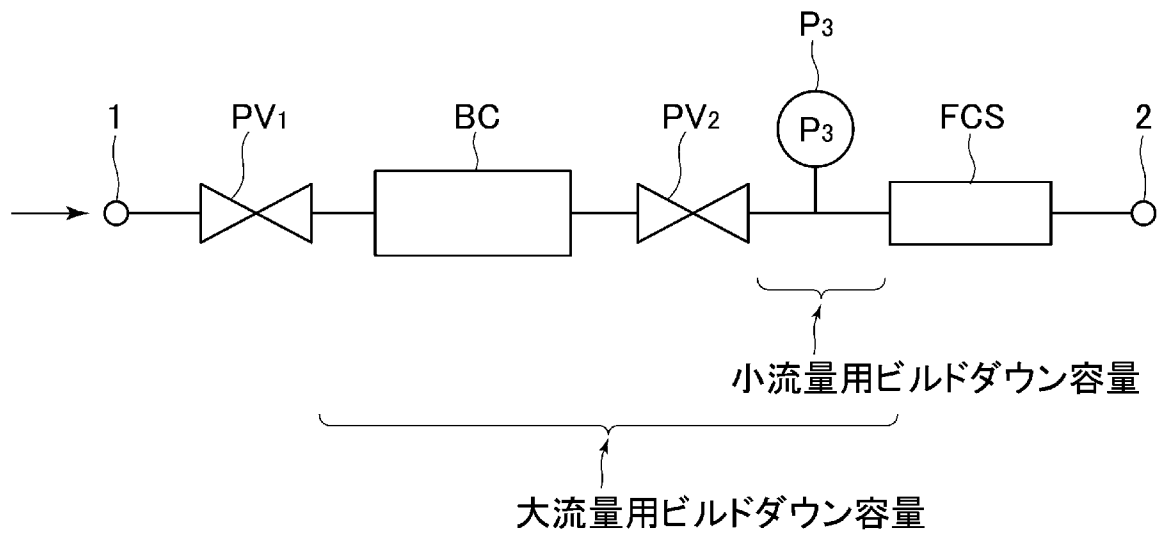
[請求項9] 前記流量制御部が、コントロール弁と、オリフィス又は臨界ノズルと、前記オリフィス又は臨界ノズルの上流側の圧力計と、前記オリフィス又は臨界ノズルの下流側の圧力計と、流量演算制御装置とを備える、耐圧力変動性を備えた圧力式流量制御装置である、請求項6に記

載の流量制御装置。

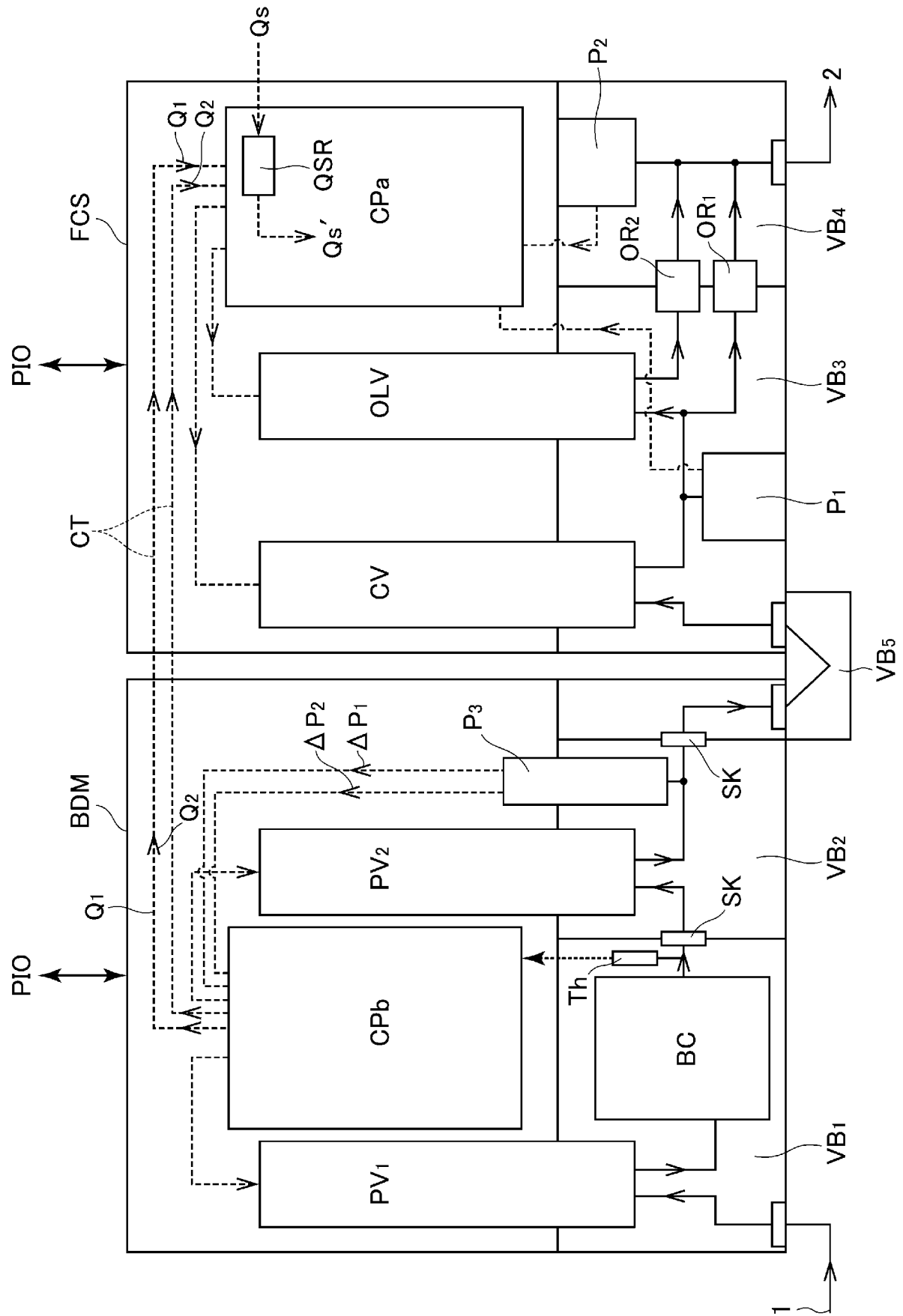
- [請求項10] ビルドダウン容積を0.5～20ccとすると共に、設定上限圧力値を400～100kPa abs及び設定下限圧力値を350kPa abs～50kPa absに、また、所定時間を0.5～5秒以内とするようにした請求項6に記載の流量制御装置。
- [請求項11] 前記入口側開閉切換の出口側と前記流量制御部のコントロール弁との間のガス通路内容積を13～15ccとし、大流量のモニタ流量域を40～600SCCMとすると共に、小流量のモニタ流量域を1～50SCCMとするようにした請求項6に記載の流量制御装置。
- [請求項12] 前記入口側開閉切換弁をピエゾ駆動式メタルダイヤフラム弁又は電磁直動型電動弁とすると共に、弁の高速開閉により前記入口側開閉切換弁の開による設定下限圧力値から設定上限圧力値へのガス圧力の回復時間を、該入口側開閉切換弁の閉による設定上限圧力値から設定下限圧力値までのガス圧力下降時間よりも短くするようにした請求項6に記載の流量制御装置。
- [請求項13] 前記流量制御部の流量演算制御装置と前記ビルドダウン式流量モニタ部のモニタ流量演算制御装置とを一体に形成する構成とした請求項8に記載の流量制御装置。
- [請求項14] 前記流量制御部の流量演算制御装置と前記ビルドダウン式流量モニタ部のモニタ流量演算制御装置とを一体に形成する構成とした請求項9に記載の流量制御装置。
- [請求項15] 前記ビルドダウン容量をチャンバとすると共に、当該チャンバを内筒と外筒を同心状に配設固定した構造とし、当該チャンバを形成する内・外筒間の間隙をガス流通路とする構成とした請求項6に記載の流量制御装置。
- [請求項16] 前記ビルドダウン容量を、並列状に配置した複数本のチャンバとすると共に、当該チャンバを内筒と外筒を同心状に配設固定した構造とし、各チャンバの内・外筒間の間隙をガス流通路として各チャンバの

前記ガス流通路を直列状に接続する構成とした請求項 6 に記載の流量制御装置。

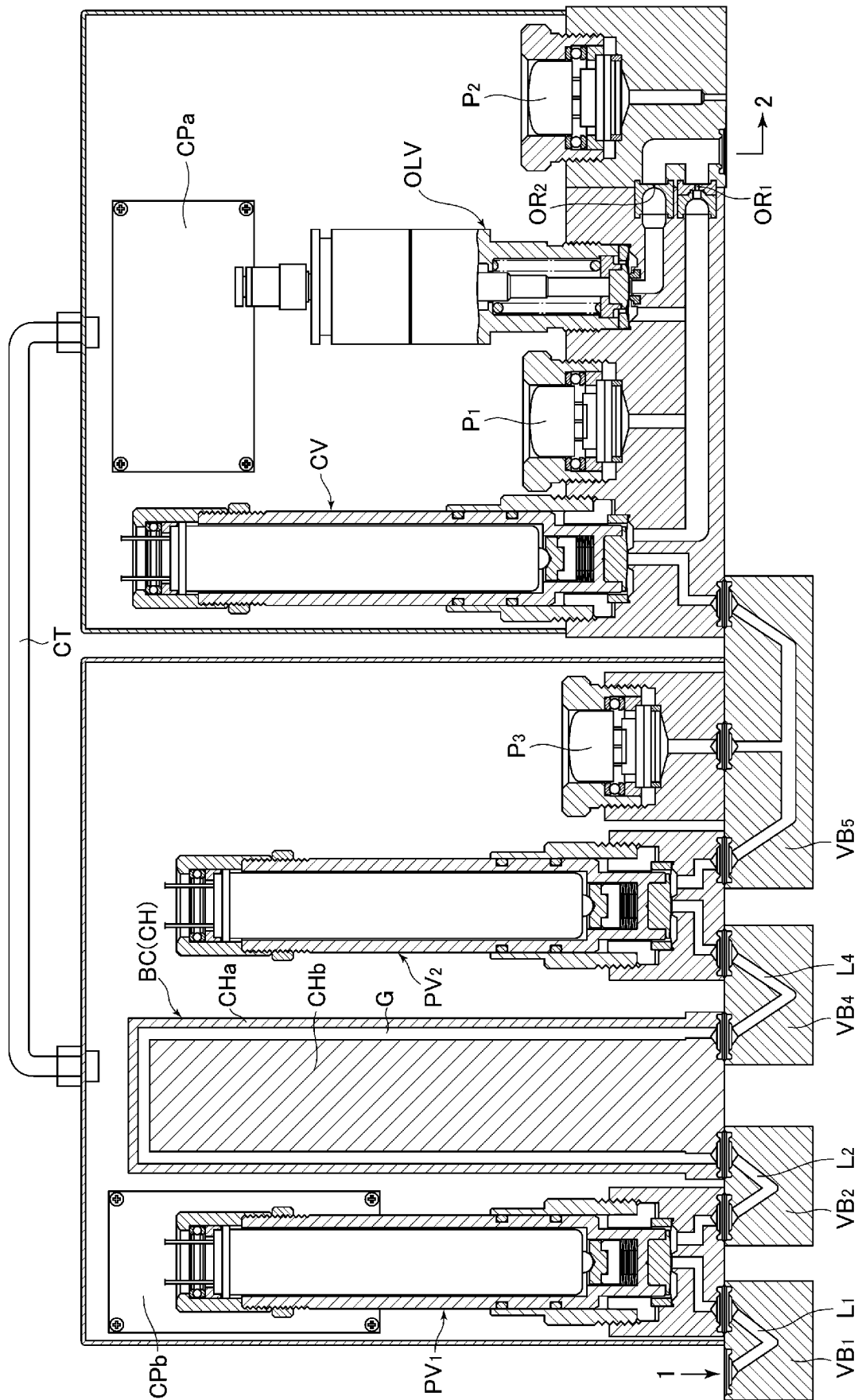
[図1]



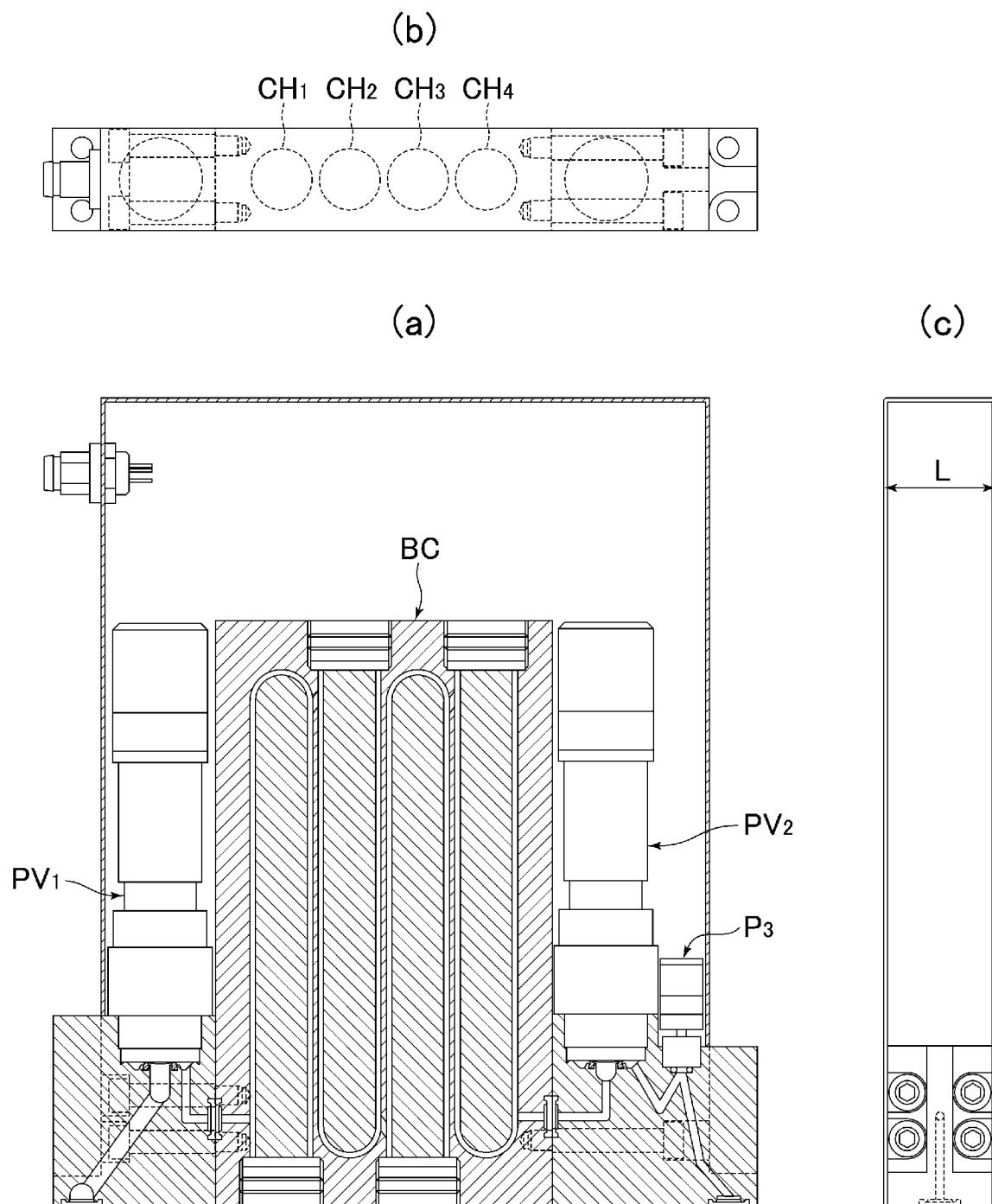
[図2]



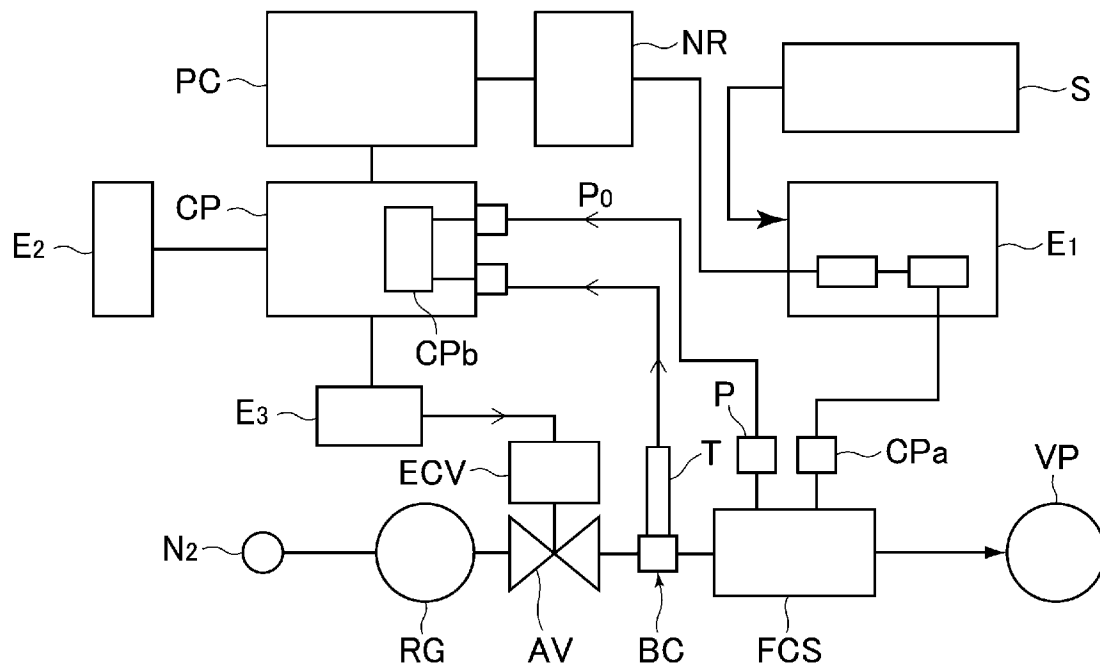
[図3]



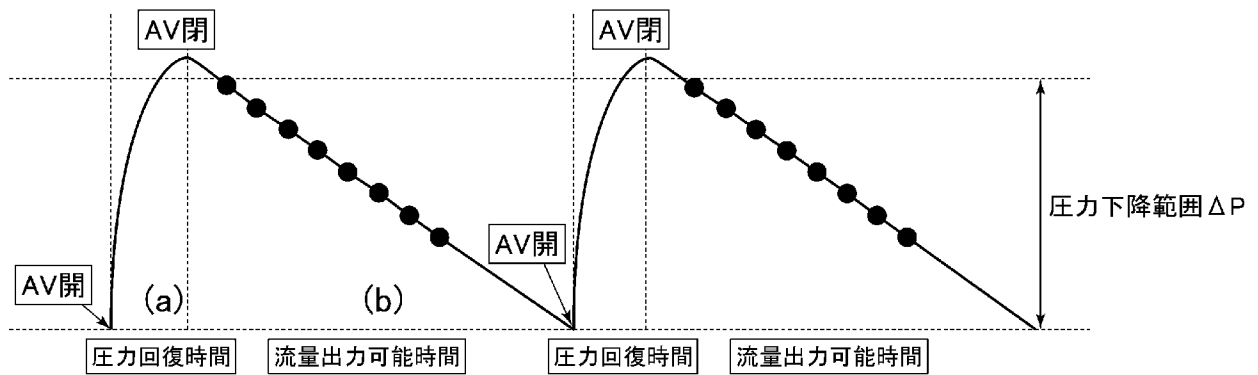
[図4]



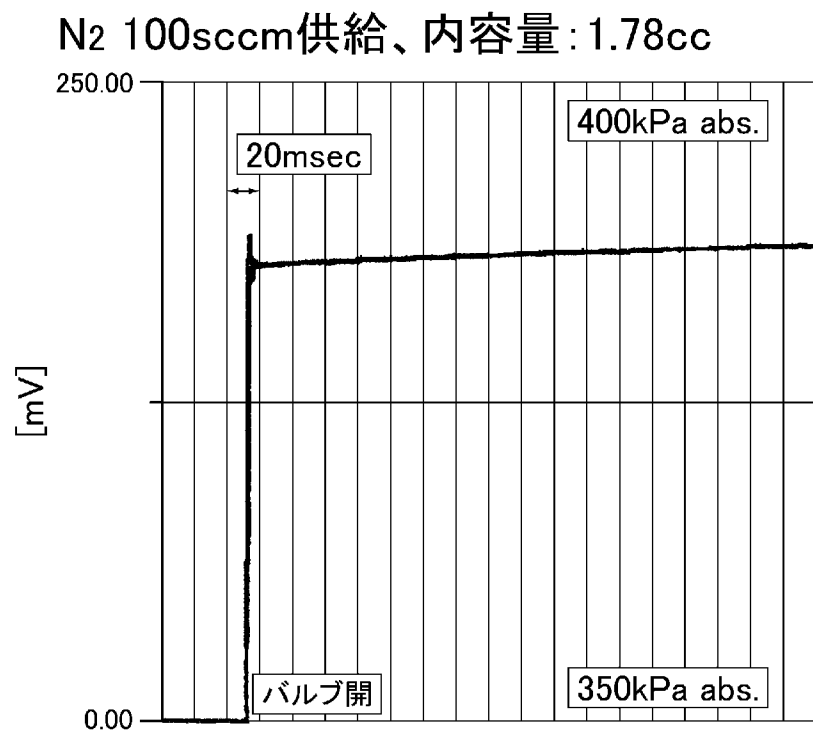
[図5]



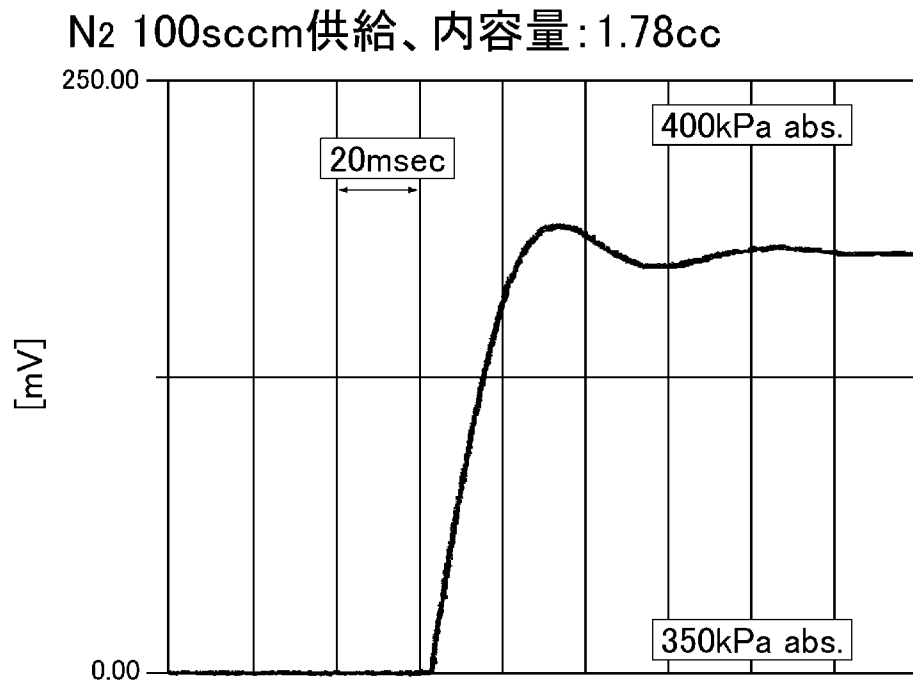
[図6]



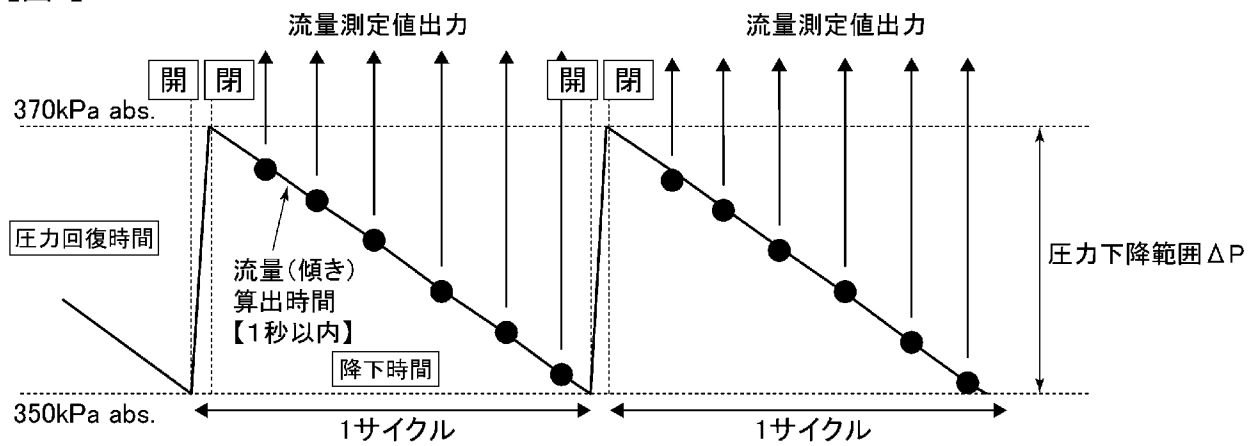
[図7]

N₂ 100sccm供給、内容量: 1.78cc

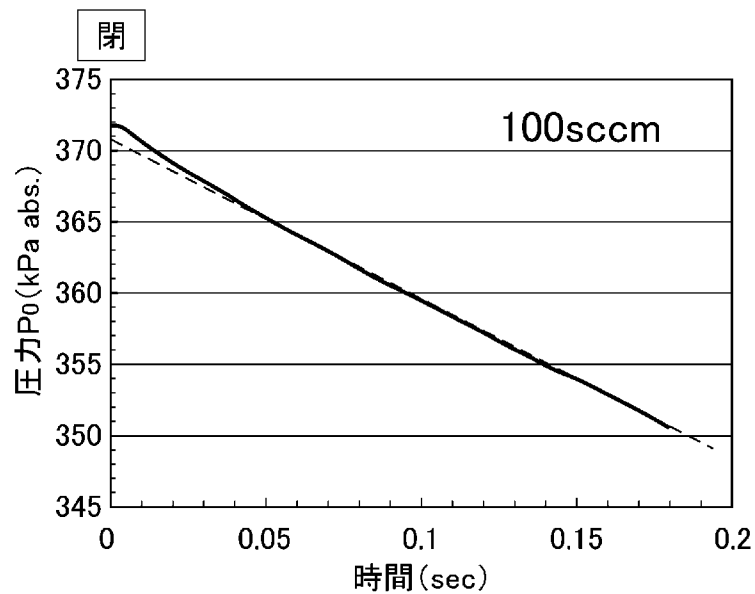
[図8]



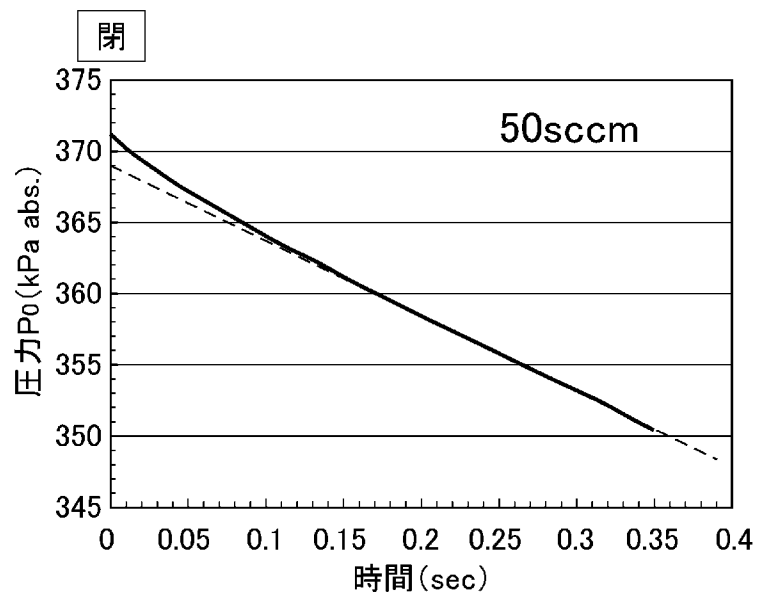
[図9]



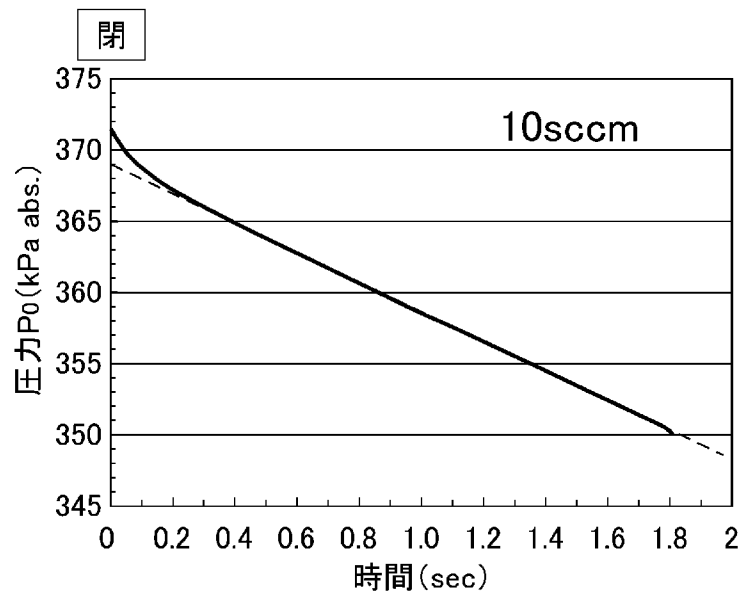
[図10]



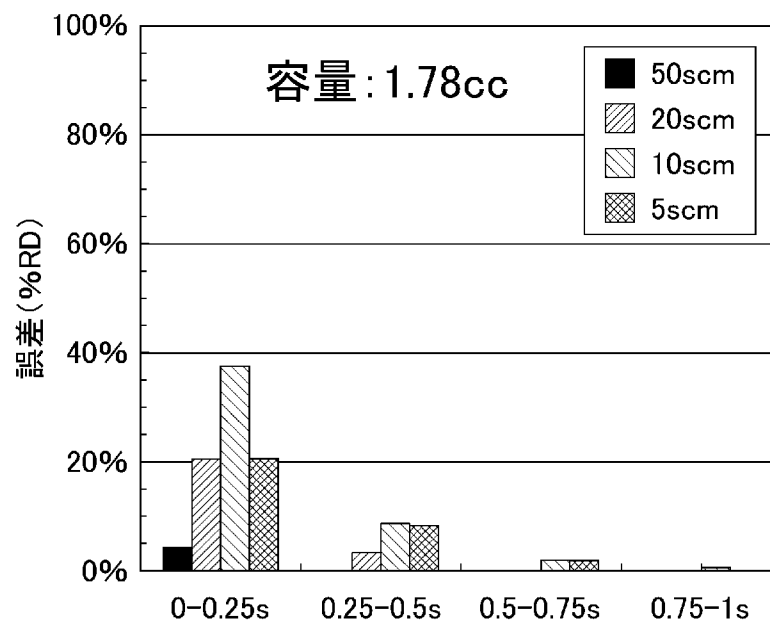
[図11]



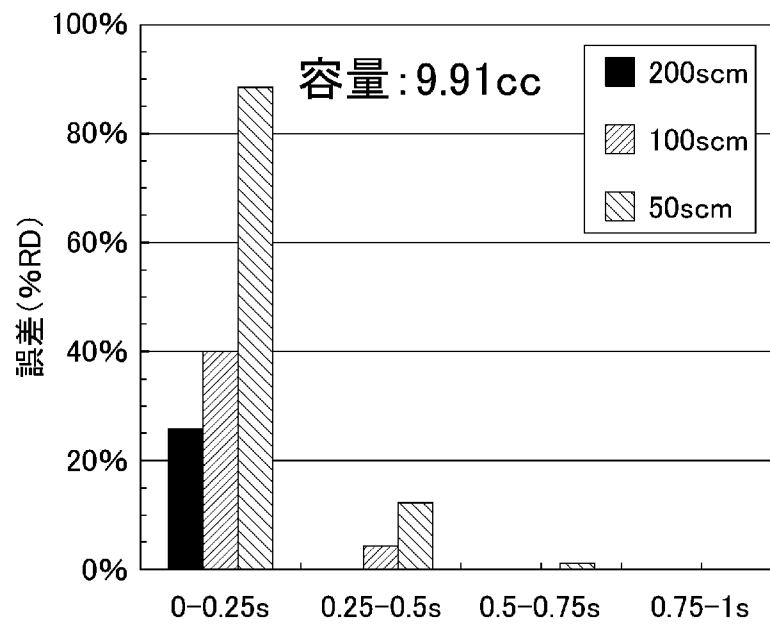
[図12]



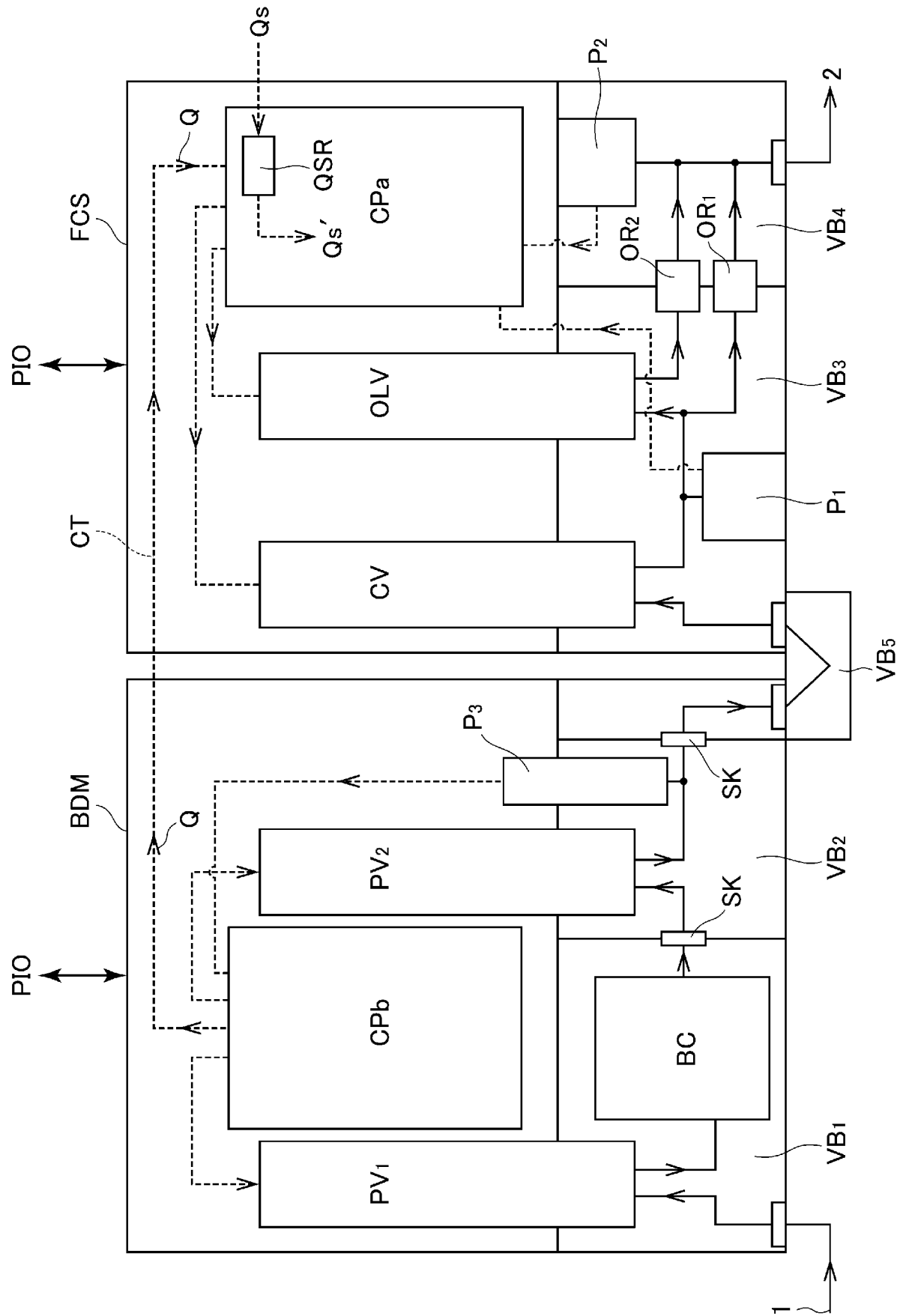
[図13]



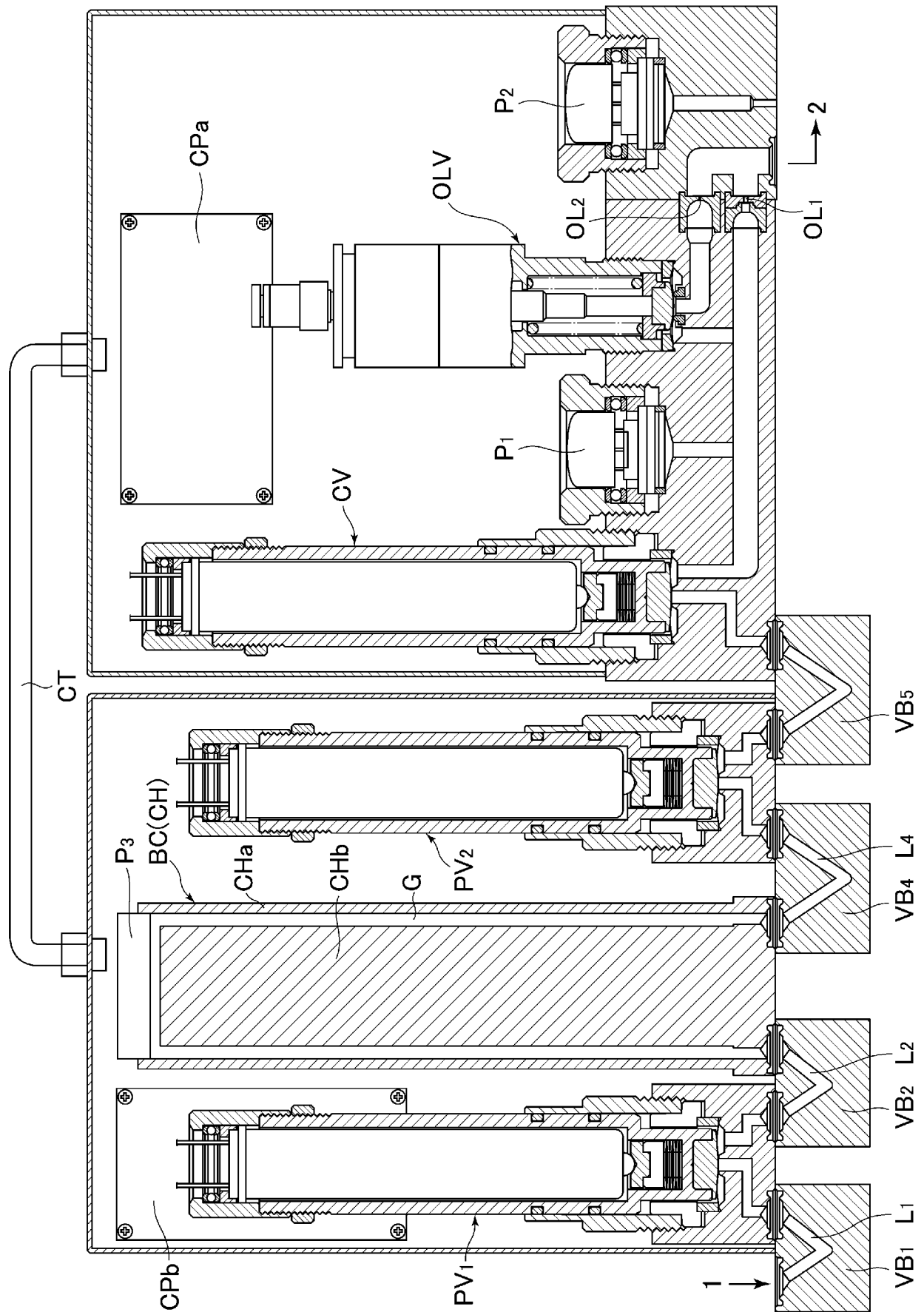
[図14]



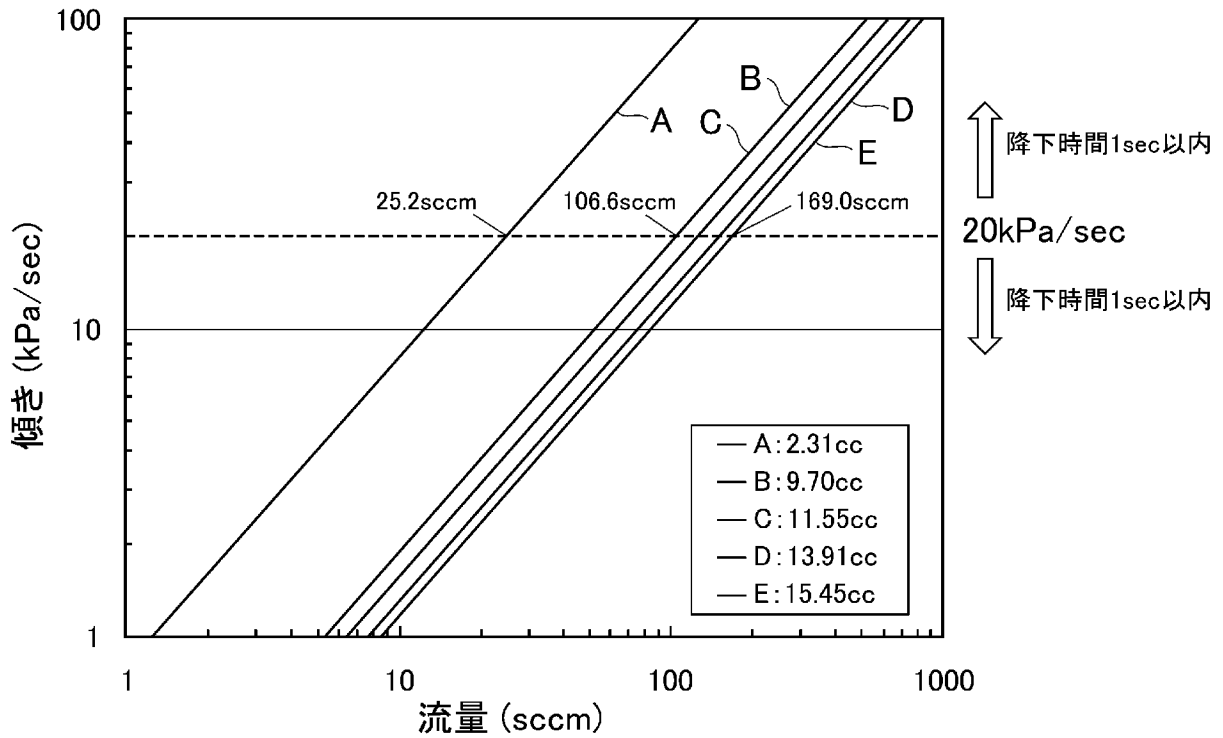
[図15]



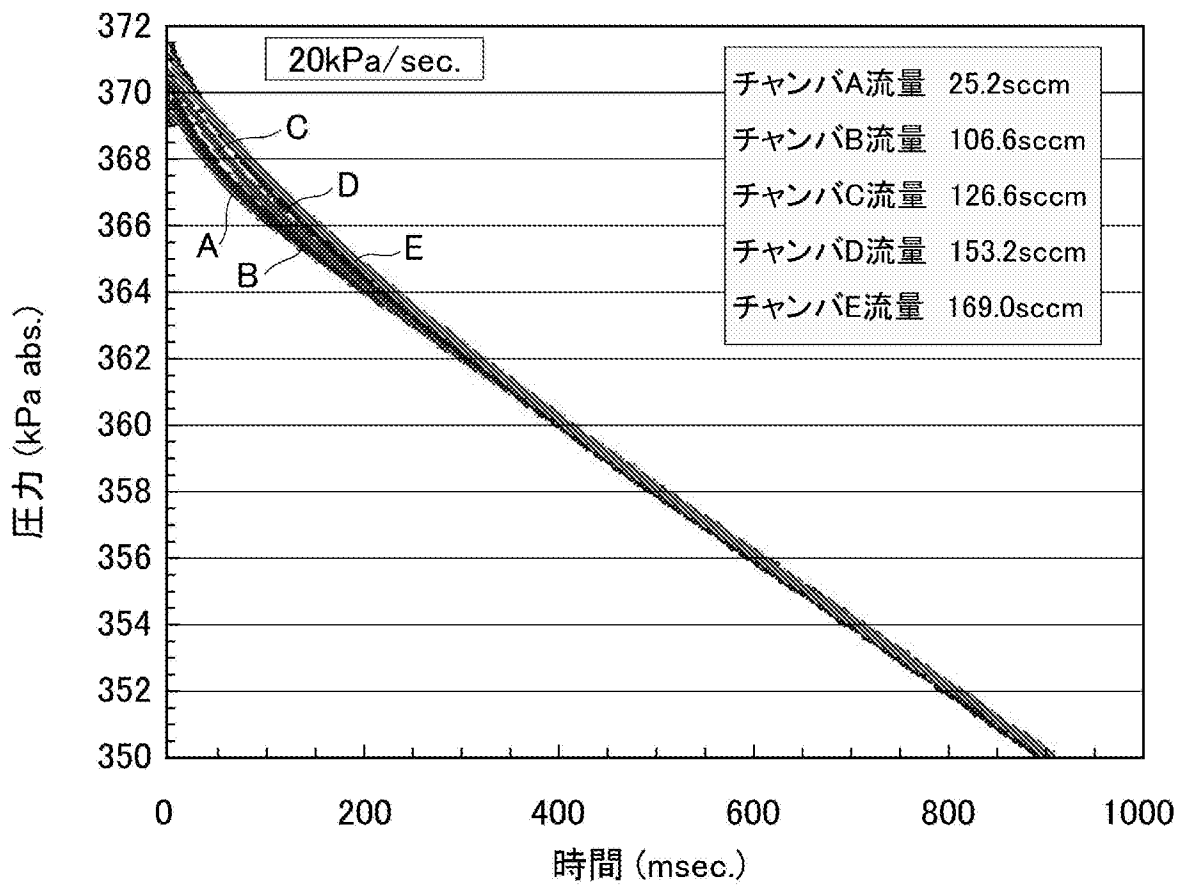
[図16]



[図17]



[図18]



A bar chart showing the error rate (%) on the y-axis (0% to 160% in 20% increments) against time (sec.) on the x-axis (0 to 1.0 in 0.25 sec increments). Five conditions are labeled A, B, C, D, and E, corresponding to time intervals of 0.15, 0.20, 0.25, 0.30, and 0.35 seconds respectively. The error rates for these conditions are approximately 18%, 28%, 45%, 53%, and 57% respectively. For the remaining time intervals (0.40 to 1.00 seconds), the error rates are very low, near 0%.

時間 (sec.)	誤差 (%)
0.15 (A)	18%
0.20 (B)	28%
0.25 (C)	45%
0.30 (D)	53%
0.35 (E)	57%
0.40	2%
0.45	2%
0.50	5%
0.55	8%
0.60	10%
0.65	2%
0.70	0%
0.75	0%
0.80	0%
0.85	0%
0.90	0%
0.95	0%
1.00	0%

The diagram illustrates a control system for a gas turbine engine, enclosed within a dashed rectangular boundary. The system is divided into two main sections: a mechanical/hydraulic section on the left and a control logic section on the right.

Mechanical/Hydraulic Section:

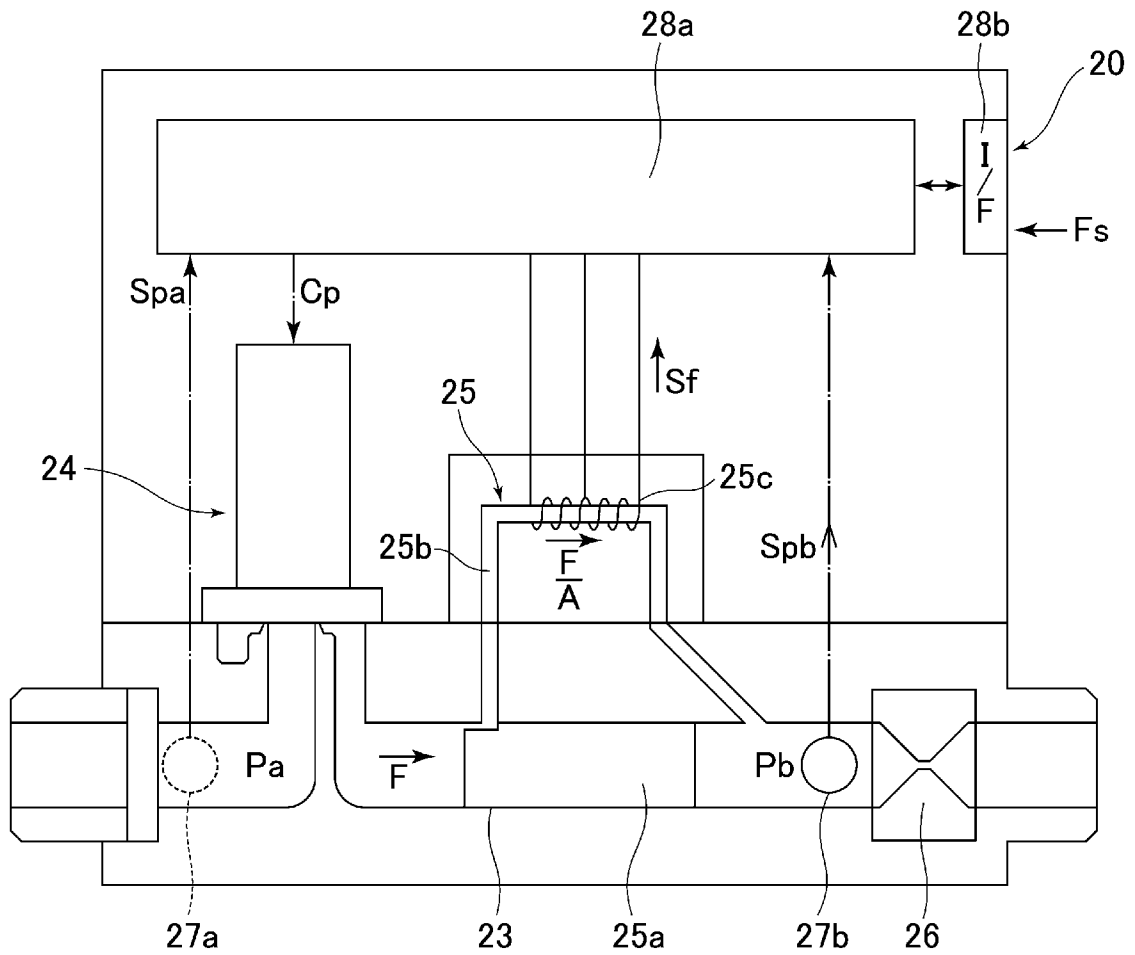
- An input signal G_0 enters from the left, passing through a break symbol (two parallel vertical lines).
- The signal then passes through a valve symbol (two triangles meeting at a point) labeled CV .
- After the valve, the signal line passes through another break symbol.

Control Logic Section (FCS):

- The signal line enters a large rectangular block labeled CD (Control Display) at the top.
- Inside the CD block, there is a sub-block labeled CDa (Control Display A) on the left and CDb (Control Display B) on the right.
- Between CDa and CDb , there are two vertical rectangular blocks labeled Q_t (Control Display C).
- Below the Q_t blocks, there are two circular blocks labeled T (Control Display D) and P (Control Display E).
- Arrows indicate the flow of control signals: from CDa to Q_t , from Q_t to CDb , and from CDb to P .
- Arrows also indicate the flow of control signals from T and P back to the Q_t blocks.
- Below the Q_t blocks, there are two circular blocks labeled P_1 and P_2 .
- Arrows indicate the flow of control signals from Q_t to P_1 and from Q_t to P_2 .
- Below P_1 and P_2 , there are two circular blocks labeled OL (Control Display F) and Q (Control Display G).
- Arrows indicate the flow of control signals from P_1 to OL and from P_2 to Q .
- Arrows also indicate the flow of control signals from OL and Q back to the Q_t blocks.
- On the right side of the CD block, there are two circular blocks labeled Q_s (Control Display H) and Out (Control Display I).
- Arrows indicate the flow of control signals from Q_s and Out back to the Q_t blocks.

The entire control logic section is labeled FCS (Fuel Control System) at the top right.

[図21]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2014/005322

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G05D7/06(2006.01)i, G01F1/34(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)

G05D7/06, G01F1/34

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

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2015
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2015	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2015

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	JP 53-4570 A (Mitsui Engineering & Shipbuilding Co., Ltd.), 17 January 1978 (17.01.1978), claims; page 2, upper left column, line 15 to page 3, upper left column, line 18; fig. 3, 4 (Family: none)	1-16
A	JP 2005-56031 A (Fujikin Inc.), 03 March 2005 (03.03.2005), claims; paragraphs [0020] to [0028]; fig. 1 & US 2007/0193628 A1 & WO 2005/013026 A1 & KR 10-2006-0031687 A & CN 1833209 A & TWI 296744 B	1-16

☒ 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 but 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
16 January 2015 (16.01.15)

Date of mailing of the international search report
27 January 2015 (27.01.15)

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2014/005322

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2004-246825 A (Ectic Corp.), 02 September 2004 (02.09.2004), claims; paragraphs [0019] to [0042]; fig. 1 (Family: none)	1-16
A	JP 7-281760 A (CKD Corp.), 27 October 1995 (27.10.1995), claims; paragraphs [0030] to [0034]; fig. 2, 6 (Family: none)	1-16
A	JP 2011-510404 A (Pivotal Systems Corp.), 31 March 2011 (31.03.2011), paragraphs [0072] to [0088]; fig. 9 to 9C & US 2009/0183548 A1 & US 2009/0183549 A1 & US 2011/0011183 A1 & US 2012/0304781 A1 & WO 2009/091935 A1 & KR 10-2010-0114079 A & CN 101978132 A & TW 200938978 A	1-16
P,A	WO 2013/179550 A1 (Fujikin Inc.), 05 December 2013 (05.12.2013), claim 1; paragraph [0024] & TW 201411308 A & KR 10-2014-0116155 A	1-16
P,A	WO 2014/156042 A1 (Fujikin Inc.), 02 October 2014 (02.10.2014), paragraphs [0058] to [0066]; fig. 12 (Family: none)	1-16

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. G05D7/06(2006.01)i, G01F1/34(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（I P C））

Int.Cl. G05D7/06, G01F1/34

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	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 5 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 5 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 5 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	JP 53-4570 A（三井造船株式会社）1978.01.17, 特許請求の範囲、第2頁左上欄第15行～第3頁左上欄第18行、 第3図、第4図 (ファミリーなし)	1 - 1 6
A	JP 2005-56031 A（株式会社フジキン）2005.03.03, 【特許請求の範囲】、段落【0020】－【0028】、図1 & US 2007/0193628 A1 & WO 2005/013026 A1 & KR 10-2006-0031687 A & CN 1833209 A & TWI 296744 B	1 - 1 6

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ 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

1 6 . 0 1 . 2 0 1 5

国際調査報告の発送日

2 7 . 0 1 . 2 0 1 5

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A / 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）

後藤 健志

電話番号 03-3581-1101 内線 3364

3 U

3 4 3 3

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	JP 2004-246825 A (株式会社エステック) 2004. 09. 02, 【特許請求の範囲】、段落【0019】－【0042】、図1 (ファミリーなし)	1－16
A	JP 7-281760 A (シーケーディ株式会社) 1995. 10. 27, 【特許請求の範囲】、段落【0030】－【0034】、図2、図6 (ファミリーなし)	1－16
A	JP 2011-510404 A (ピヴォタル システムズ コーポレーション) 2011. 03. 31, 段落【0072】－【0088】、図9－図9C & US 2009/0183548 A1 & US 2009/0183549 A1 & US 2011/0011183 A1 & US 2012/0304781 A1 & WO 2009/091935 A1 & KR 10-2010-0114079 A & CN 101978132 A & TW 200938978 A	1－16
P, A	WO 2013/179550 A1 (株式会社フジキン) 2013. 12. 05, [請求項1]、段落[0024] & TW 201411308 A & KR 10-2014-0116155 A	1－16
P, A	WO 2014/156042 A1 (株式会社フジキン) 2014. 10. 02, 段落[0058]－[0066]、図12 (ファミリーなし)	1－16