

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局(43) 国際公開日
2008年2月7日 (07.02.2008)

PCT

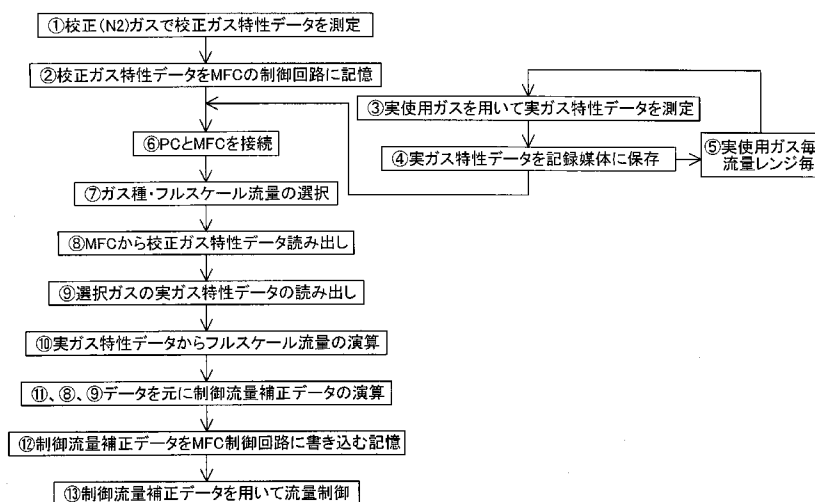
(10) 国際公開番号
WO 2008/016189 A1

- (51) 国際特許分類:
G05D 7/06 (2006.01) G01F 1/68 (2006.01)
G01F 1/00 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2007/065577
- (22) 国際出願日: 2007年8月2日 (02.08.2007)
- (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2006-212226 2006年8月3日 (03.08.2006) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 日立金属株式会社 (HITACHI METALS, LTD.) [JP/JP]; 〒1058614 東京都港区芝浦一丁目2番1号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者; および
(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 後藤崇夫 (GOTO, Takao) [JP/JP]; 〒5118511 三重県桑名市大福二番地日立金属株式会社桑名工場内 Mie (JP). 田中誠 (TANAKA, Makoto) [JP/JP]; 〒5108102 三重県三重郡朝日町小向210番地株式会社桑名クリエイトサムリサーチ事業所内 Mie (JP).
- (74) 代理人: 特許業務法人 明成国際特許事務所 (TOKKYO GYOMUHOJIN MEISEI INTERNATIONAL PATENT FIRM); 〒4600003 愛知県名古屋市中区錦二丁目18番19号三井住友銀行名古屋ビル7階 Aichi (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, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK,

[続葉有]

(54) Title: FLOW CONTROL USING MASS FLOW CONTROLLER

(54) 発明の名称: 質量流量制御装置を使用した流量制御



- (1)... MEASURE CALIBRATION GAS CHARACTERISTIC DATA BY USING CALIBRATION GAS (N2)
 (2)... STORE CALIBRATION GAS CHARACTERISTIC DATA IN CONTROL CIRCUIT OF MFC
 (3)... MEASURE ACTUAL GAS CHARACTERISTIC DATA BY USING GAS TO BE ACTUALLY USED
 (4)... STORE ACTUAL GAS CHARACTERISTIC DATA IN RECORDING MEDIUM
 (5)... FOR EACH GAS TO BE ACTUALLY USED AND FOR EACH FLOW RANGE
 (6)... CONNECT PC TO MFC
 (7)... SELECT GAS TYPE AND FULL-SCALE FLOW
 (8)... READ CALIBRATION GAS CHARACTERISTIC DATA FROM MFC
 (9)... READ ACTUAL GAS CHARACTERISTIC DATA ON SELECTED GAS
 (10)... CALCULATE FULL-SCALE FLOW FROM ACTUAL GAS CHARACTERISTIC DATA
 (11)... CALCULATE CONTROL FLOW CORRECTION DATA FROM DATA OF ITEMS (8), (9)
 (12)... WRITE AND STORE CONTROL FLOW CORRECTION DATA IN MFC CONTROL CIRCUIT
 (13)... CONTROL FLOW ACCORDING TO CONTROL FLOW CORRECTION DATA

(57) Abstract: After a product (mass flow controller) is shipped, the specifications of the mass flow controller adapted to multiple types of gas in actual use and multiple flow ranges can be altered. In the initial state of the mass flow controller, calibration gas characteristic data is collected by measuring the actual flow in response to a flow setting signal by using a calibration gas and stored in control means. Actual gas characteristic data is collected by measuring the actual flow in response to a flow setting signal by using each of multiple types of actual gas and stored in a storage medium. Before the mass flow controller is operated, the actual gas characteristic data on the actual gas to be used is read through a computer from the storage medium and the calibration gas characteristic data stored in the control means is read. With reference to the actual gas characteristic data, the calibration gas characteristic data is converted into control flow correction data. The control flow correction data is written in the control means. The actual gas flow is corrected on the basis of the control flow correction data.

(57) 要約: 製品 (マスフローコントローラ) 出荷後に、複数種類の実使用ガスと複数の流量レンジに対応したマスフローコントローラに仕様変更を可能とする。質量

[続葉有]

WO 2008/016189 A1



DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MT, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

- (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, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MT, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).
- 添付公開書類:
— 国際調査報告書

流量制御装置の初期状態において、校正ガスを用いて流量設定信号に対する実流量を計測した校正ガス特性データを求め、この校正ガス特性データを制御手段に記憶する。一方、複数種類の実ガス毎に流量設定信号に対する実流量を計測した実ガス特性データを求め、この実ガス特性データを記憶媒体に保存する。その後、前記質量流量制御装置を稼働する前に、実使用ガスの実ガス特性データを前記記憶媒体からコンピュータを介して読み出し、また、前記制御手段に記憶した校正ガス特性データを読み出す。そして、前記実ガス特性データを元に前記校正ガス特性データを制御流量補正データに変換し、制御流量補正データを制御手段に書き込む。この制御流量補正データを基に実ガス流量を補正する。

明細書

質量流量制御装置を使用した流量制御

技術分野

- 5 本発明は、ガス等の比較的小流量の流体の質量流量を計測する質量流量制御装置における流量制御に関する。

背景技術

- 10 一般に、半導体集積回路等の半導体製品等を製造するためには、種々の半導体製造装置において、半導体ウエハ等に対して、例えばCVD成膜やエッチング操作等が繰り返し行われる。この場合に微量のプロセスガスの供給量を精度良く制御する必要から、例えばマスフローコントローラのような質量流量制御装置が用いられている。以下、本明細書ではマスフローコントローラを例に説
15 明する。

- この種の半導体製造装置にあっては、複数種類のプロセスガスについて、微小流量から大流量に亘って処理を行う。このため、この種の半導体製造装置においては、それぞれの半導体製造装置において使用するガスに適した、そして、
20 それぞれの半導体製造装置における使用流量レンジに適した質量流量制御装置を用いることが望ましい。また、流量設定信号が示す質量流量（以下、単に「流量」と言うことがある。）に対して実際に流量制御弁で制御されて流れる流量（以下、「実流量」と言うことがある。）が精度良く一致することが望ましい。このため、流量設定信号と実ガス流量の関係を校正することが望ましい。

25

そこで、ある従来技術では、複数のガスが流入されるチャンバと、複数のガ

スに対応して設けられる複数のマスフローコントローラと、複数のガスの流量を計測するマスフローメータと、複数のガスの流れを制御する複数のバルブとを備えた半導体製造装置において、以下のような処理が行われる。すなわち、半導体製造装置の稼動時においては複数のガスが前記チャンバに直接流入されるように前記複数のバルブの開閉を制御する。他方、マスフローコントローラの検査時には、検査対象のマスフローコントローラに設定される流量およびコンバージョンファクタに基づいてガスの実流量を計算する。そして、複数のマスフローメータの中から最適な流量レンジを有するマスフローメータにガスが流入されるように前記複数のバルブの開閉を制御する。

上記従来技術の半導体製造装置では、コンバージョンファクタに基づいて使用ガスの実流量を計算する。通常、マスフローコントローラのメーカーにおいては、出荷前の初期状態において、マスフローコントローラ毎に、例えば窒素ガスを校正ガスとして、流量設定信号に対する実流量の直線性が基準値内になるように調整が行われる。しかしながら、調整に使用された窒素ガスと、実際に出荷先で半導体製造装置において使用される実使用ガス（例えばアルゴン）とでは、ガスの物性が異なる。このため、窒素ガスを校正ガスとして調整したマスフローコントローラを出荷先の半導体製造装置においてそのまま使用した場合には、窒素ガスと同じ精度の直線性は得られないという問題がある。

このため、上記従来技術のようにガス種ごとに予め定められた1つのコンバージョンファクタを用いて補正することが行われる。しかし、出荷先の半導体製造装置において実際に実使用ガス（以下、「実ガス」と言うことがある。）を流した場合は、コンバージョンファクタでは補いきれないずれが生じることがある。また、微少流量から大流量までフルスケール流量の幅が大きい場合、所定の流量レンジ内で適用できるマスフローコントローラであっても100%フ

ルスケール流量と10%フルスケール流量では制御の精度にずれが生じることが多い。このような場合も1つのコンバージョンファクタだけで一様に補正できるものではなかった。

5 ここで、1つの流量領域の流量レンジに合わせて調整されたマスフローコントローラに対して1種類のガスを流すような専用機器的な使い方をし、かつ、
予め実ガスを用いた校正（流量センサの出力特性の調整）を行えば、その後の
実ガスでの流量制御は精度の良いものとなる。しかし、このように1機種1ガス
対応の使用には無駄がある。実際、実ガスの種類と流量レンジの数を考慮す
10 ると200種類以上のマスフローコントローラが必要になる。よって、製造者
側の対応も難しいが、ユーザ側でもこれだけの機種を在庫管理することは困難
である。

本発明は、上記の問題点の少なくとも一部を取り扱うためのものであり、流
15 量制御装置において高精度な流量制御を行うことを目的とする。

なお、日本国特許出願、特願 2 0 0 6 - 2 1 2 2 2 6 号の開示内容は、参考のために、この明細書に組み込まれる。

20 発明の開示

本発明の一態様としての質量流量制御装置の流量制御補正方法においては、
以下のような処理が行われる。流路に流れるガス体の質量流量を検出して流量
信号を出力する質量流量検出手段と、バルブ駆動信号により弁開度を変えるこ
とによって質量流量を制御する流量制御弁機構と、外部から入力される流量設
定信号と前記流量信号とに基づいて前記流量制御弁機構を制御する制御手段と

を設けてなる質量流量制御装置において、以下のような処理が行われる。すなわち、前記質量流量制御装置の初期状態において、校正ガスを用いて前記外部から入力される流量設定信号に対する実流量を計測した校正ガス特性データを求め、この校正ガス特性データを前記制御手段に記憶する。一方、複数種類の
5 実ガス毎に前記外部から入力される流量設定信号に対する実流量を計測した実ガス特性データを求め、この実ガス特性データを記憶媒体に保存する。その後、前記質量流量制御装置を稼働する前に、実際に使用する実使用ガスの実ガス特性データを前記記憶媒体からコンピュータを介して読み出す。また、前記質量流量制御装置の制御手段に記憶した校正ガス特性データを読み出す。そして、
10 前記実ガス特性データを元に前記校正ガス特性データを制御流量補正データに変換し、前記制御流量補正データを前記制御手段に書き込む。この制御流量補正データを基に実ガス流量を補正する。

例えば、以下のような態様を採用することができる。初期状態の質量流量制御装置（マスフローコントローラ）に対して、通常、校正ガスとして使用されるガス（例えば窒素ガス）を用いて流量設定信号に対する実流量を計測した校正ガス特性データを求め、これをマスフローコントローラに記憶させる。即ち、流量センサの出力特性を測定し記憶する。一方で、複数種類ある実使用ガス毎に、流量設定信号に対する実流量を計測した実ガス特性データを求め、これを
20 パーソナルコンピュータ（PC）やCD-ROM等の記憶媒体に保存する。この記憶媒体がいわゆる変換ソフトとしてユーザに提供される。

ユーザはマスフローコントローラを稼働する際に、パーソナルコンピュータ（PC）とマスフローコントローラを接続し、上記記憶媒体（変換ソフト）の
25 実ガス特性データの中からこれから使用する実ガスの実ガス特性データを選択し、このガスの特性データを読み出す。また、マスフローコントローラ側に記

憶しておいた校正ガス特性データを読み出して、これと前記実ガス特性データとを対比・演算し、校正ガス特性データを実ガス出力特性に合わせて仕様変更する。この処理は、前記流量センサの出力特性（校正ガス特性データ）に補正を加えて、実ガスを流したとき直線性精度が向上するような実ガス出力特性に
5 合わせて仕様変更する処理である。この仕様変更したデータが制御流量補正データである。この制御流量補正データをマスフローコントローラ側の制御手段に書き込み、マスフローコントローラに新たに記憶させる。以後、このマスフローコントローラは、実ガス出力特性に合わせて変換された制御流量補正データに基づき流量制御を行う。

10

また、本発明の質量流量制御装置の流量制御補正方法は、以下のような態様を採用することもできる。すなわち、前記実ガス特性データを、所定の流量レンジ毎に求めて前記記憶媒体に保存する。そして、実際に稼働する質量流量制御装置のフルスケール流量に合わせて実ガス特性データを選択し、使用される
15 流量レンジのフルスケール流量を補正する。このような態様とすれば、例えばハードウェアとしてはフルスケールが幅広く大流量まで使用可能なマスフローコントローラのために、例えば中流量レンジの実ガス特性データに基づき制御流量補正データを生成する。そして、これを前記マスフローコントローラに適用し、中流量レンジがフルスケール流量のマスフローコントローラに変更することが出来る。よって、実際に制御するフルスケール流量に見合うマスフロー
20 コントローラを持ち合わせていない場合でも、フルスケール流量を仕様変更して、必要とする流量レンジについて高精度な流量制御が可能となる。

尚、上記した質量流量検出手段（流量センサ）としては、例えば、以下のよ
25 うな熱式流量センサを採用することができる。この熱式流量センサは、センサ流路の上流側と下流側に巻回しされた電熱線を有する。それらの電熱線は、ブ

リッジ回路を構成する。この熱式流量センサにおいては、センサ流路内をガスが流れることによって生じる不平衡電圧を検出することにより、センサ流路内を流れるガスの流量を演算することができる。

- 5 なお、オリフィス上流側のガスの圧力 P_1 とオリフィス下流側のガスの圧力 P_2 を臨界条件下（音速領域）に保持した状態で、オリフィスを流通するガスの流量を、補正を加えて演算するようにした圧力式流量センサ等を用いることも出来る。
- 10 また、流量制御弁機構は例えば積層型圧電素子を用いたピエゾアクチュエータを用いることができる。

本発明の一態様としての質量流量制御装置の流量制御補正方法によれば、1台のマスフローコントローラを、複数種類の実使用ガスと複数の流量レンジに

15 精度良く対応したマスフローコントローラに仕様変更できる。このため、次のように優れた作用効果を発揮することができる。

- （１）流量センサは、実際に使用する実使用ガスの出力特性に合致して直線性が向上している。このため、高精度な流量制御ができる。
- （２）ユーザ側で、実使用ガスの種類や流量レンジを適宜変更することが出来る。このため、予備マスフローコントローラの在庫を削減することが出来る。
- 20 （３）メーカ側にとっては、製品アイテム数を必要最小限に押さえることができる。このため、在庫管理や納期短縮に寄与できる。

なお、本発明の一態様は、以下のような、流路を流れるガスの流量を制御するための流量制御装置の態様として実現することもできる。この流量制御装置は、

25

流路を流れるガスの質量流量を検出流量として検出する流量検出部と、
前記流路を流れるガスの流量を制御する流量変更部と、
前記流路を流れるガスの質量流量の目標値である目標流量と、前記検出流量
と、に基づいて前記流量変更部をフィードバック制御する制御部と、を備える。

5

前記制御部は、前記流路を流れるガスの種類に応じて準備される制御データ
であって、互いに異なる質量流量にそれぞれ対応づけられた複数の制御パラメ
ータを含む制御データを参照しつつ、前記複数の制御パラメータのうち前記目
標流量と前記検出流量との少なくとも一方に基づいて決定される制御パラメー
タを使用して前記流量変更部を制御する。

10

このような態様とすれば、流量制御装置が制御するガスに応じて、様々な流
量において高精度な流量制御を行うことができる。

15

なお、「質量流量に対応づけられる」とは、制御パラメータが直接的に質量流
量に対応づけられている態様のほか、他のパラメータ（たとえば、質量流量に
対応する信号など）を介して間接的に質量流量に対応づけられている場合も含
む。

20

また、制御パラメータは、制御部が流量変更部を制御する際に、直接使用さ
れることができる。一方、制御部と流量変更部との間に他の構成が介在し、制
御部がその構成を介して流量変更部を制御する態様においては、制御パラメー
タは、制御部が、その間に介在する構成を制御することによって流量変更部を
制御するために使用されてもよい。すなわち、制御パラメータは、流量変更部

25

の制御において任意の形で使用されることができる。

なお、前記流量検出部は、前記流路を流れるガスの少なくとも一部によって移動される熱量に基づいて、前記ガスの質量流量を検出する態様とすることができる。

- 5 また、前記流量検出部は、前記流路内の異なる位置における前記ガスの圧力に基づいて、前記ガスの質量流量を検出する態様とすることもできる。

- なお、前記制御データは、個々の前記流量制御装置に応じて準備されたデータであることが好ましい。このような態様とすれば、流量制御装置の個体差を
10 考慮して、高精度な流量制御を行うことができる。

- また、流量制御装置は、前記制御データを生成する制御データ生成部を備えることができる。この前記制御データ生成部は、第1と第2の特性データと、を参照しつつ、前記第1および第2の特性パラメータに基づいて前記制御パラ
15 メータを生成することによって、前記制御データを生成することが好ましい。

- なお、第1の特性データは、互いに異なる質量流量にそれぞれ対応づけられた複数の第1の特性パラメータであって、基準となる所定のガスの使用を前提とした前記個々の流量制御装置の特性を反映した複数の第1の特性パラメータ
20 を含む特性データである。

- そして、第2の特性データは、互いに異なる質量流量にそれぞれ対応づけられた複数の第2の特性パラメータであって、前記流量制御装置の基準の特性を前提とした前記ガスの種類の特性を反映した複数の第2の特性パラメータを含む特性データである。なお、ガスの種類の特性は、ガスの物質としての特性であってよい。
25

このような態様とすれば、個々の流量制御装置の特性（たとえば、製造誤差や経時変化など）と、ガスの種類の特性（ガスが物質として有する特性）とを独立に考慮して、制御データを生成することができる。よって、同型であって
5 別の固体の流量制御装置について、同じ第2の特性データを適用することができる。なお、各特性データは、外部から供給されてもいいし、流量制御装置が保持していてもよい。

なお、前記第2の特性データは、以下のような複数のデータの中から、前記
10 流路を流れるガスの種類に応じて選択されたデータであることが好ましい。すなわち、その複数のデータとは、前記第2の特性データの候補であり、複数の前記第2の特性パラメータをそれぞれが格納する複数のデータであって、互いに異なる種類の前記ガスの特性を反映した複数のデータである。

15 このような態様とすれば、流量制御装置が制御するガスの種類（物質）に応じて適切に第2の特性パラメータを選択することで、さまざまな種類のガスを高精度に制御できるように、流量制御装置を設定することができる。

また、前記第2の特性データは、以下のような複数のデータの中から、前記
20 流路を流れるガスの流量に応じて選択されたデータであることも好ましい。すなわち、その複数のデータとは、前記第2の特性データの候補であり、複数の前記第2の特性パラメータをそれぞれが格納する複数のデータであって、それぞれが格納する前記第2の特性パラメータの質量流量の範囲が互いに異なる複数のデータである。

このような態様とすれば、流量制御装置が制御するガスの流量レンジに応じ

て適切に第2の特性パラメータを選択することで、さまざまな流量レンジについてガスを高精度に制御できるように、流量制御装置を設定することができる。

なお、流量制御装置は、

5 前記第1の特性データを格納する第1の記憶部と、

前記第2の特性データを格納する第2の記憶部であって、前記第1の記憶部よりも交換またはデータの書き換えが容易である第2の記憶部と、を備えることが好ましい。

10 このような態様とすれば、流量制御装置が制御するガスの種類や流量レンジに応じて、適宜、第2の特性データを格納した記憶部を交換でき、または、第2の記憶部に格納された第2の特性データを書き換えることができる。

15 なお、前記制御部は、前記複数の制御パラメータのうち前記検出流量と前記目標流量の少なくとも一方に基づいて決定される制御パラメータと、前記目標流量と、に基づいて修正目標流量を生成し、前記修正目標流量と、前記検出流量と、に基づいて前記流量変更部を制御する態様とすることができる。なお、制御パラメータは、前記複数の制御パラメータのうち検出流量が表す質量流量と前記目標流量の質量流量の少なくとも一方に基づいて決定されるものとする

20 ことができる。

また、前記制御部は、前記複数の制御パラメータのうち前記検出流量と前記目標流量の少なくとも一方に基づいて決定される制御パラメータと、前記検出流量と、に基づいて修正検出流量を生成し、前記目標流量と、前記修正検出流量と、に基づいて前記流量変更部を制御する態様とすることができる。

25

また、本発明の一態様は、流路を流れるガスの流量を制御する方法として実現することもできる。この方法においては、以下の処理が行われる。なお、以下で説明する各処理は、他の工程の結果を利用する工程でない限り、順序を入れ替えて実施することができる。

5

(a) 流路を流れるガスの質量流量の目標値である目標流量と、前記流路を流れるガスの検出された質量流量である検出流量と、に基づいて前記流路を流れるガスの流量をフィードバック制御する流量制御装置を準備する。

(b) 互いに異なる質量流量にそれぞれ対応づけられた複数の制御パラメータを含む制御データを、前記流路を流れる前記ガスの種類に応じて準備する。

10

(c) 前記流量制御装置を使用して、前記制御データを参照しつつ、前記複数の制御パラメータのうち前記目標流量と前記検出流量との少なくとも一方に基づいて決定される制御パラメータと、前記目標流量と、前記検出流量と、に基づいて前記流路を流れるガスの流量を制御する。

15

このような態様としても、流量制御装置を使用して、流量制御するガスの種類に応じた高精度な流量制御を行うことができる。

なお、前記工程 (b) においては、以下の処理を行うことが好ましい。

(b 1) 互いに異なる質量流量にそれぞれ対応づけられた複数の第 1 の特性パラメータであって、所定の基準ガスの使用を前提とした前記準備した流量制御装置の特性を反映した複数の第 1 の特性パラメータを含む第 1 の特性データを準備する。なお、基準ガスは、任意のガスとすることができる。

20

(b 2) 互いに異なる質量流量にそれぞれ対応づけられた複数の第 2 の特性パラメータであって、前記流量制御装置の基準の特性を前提とした前記ガスの種類に応じた特性 (物性) を反映した複数の第 2 の特性パラメータを含む第 2 の

25

特性データを準備する。

(b 3) 前記第 1 および第 2 の特性データを参照しつつ、前記第 1 および第 2 の特性パラメータに基づいて前記制御パラメータを生成することによって、前記制御データを生成する。

5

このような態様とすれば、流量制御装置の特性を反映した第 1 の特性データと、ガスの特性を反映した第 2 の特性データと、の別個の二つのデータに基づいて、流量制御装置の特性とガスの特性を反映させた制御データを生成することができる。そして、同型の異なる固体の流量制御装置については、同じ第 2 の特性データを使用することができる。なお、その際、第 1 の特性データは、各流量制御装置に応じて用意され、各流量制御装置の特性を反映したデータとすることが好ましい。

10

なお、前記工程 (b 1) においては、以下の処理を行うことが好ましい。

15

(b 4) 前記流量制御装置に前記目標流量を入力する。

(b 5) 前記流路内に前記基準ガスを流通させ、前記流量制御装置に、前記制御パラメータを使用せずに前記基準ガスの流量を制御させる。

(b 6) 上記の (b 5) の最中に、前記検出流量を得る。

20

(b 7) 前記入力した目標流量と、前記得られた検出流量と、に基づいて、前記第 1 の特性パラメータを生成する。

(b 8) 異なる前記目標流量について前記工程 (b 4) から (b 7) を繰り返すことによって、前記複数の第 1 の特性パラメータを生成する。

25

このような態様とすれば、基準ガスの使用を前提とした流量制御装置の特性を反映した第 1 の特性データを生成することができる。

また、前記工程（b 2）においては、以下の処理を行うことが好ましい。

（b 9）基準流路を流れるガスの質量流量の目標値である基準目標流量と、前記基準流路を流れる前記ガスの検出された質量流量である基準検出流量と、に基づいて前記基準流路を流れるガスの流量をフィードバック制御する基準流量
5 制御装置を準備する。

（b 1 0）前記基準流量制御装置に前記基準目標流量を入力する。

（b 1 1）前記基準流路内に前記基準ガスとは異なるガスを流通させ、前記基準流量制御装置に前記ガスの流量を制御させる。

（b 1 2）前記（b 1 1）の最中に、前記基準検出流量を得る。

10 （b 1 3）前記入力した基準目標流量と、前記得られた基準検出流量と、に基づいて、前記第 2 の特性パラメータを生成する。

（b 1 4）異なる前記基準目標流量について前記工程（b 1 0）から（b 1 3）を繰り返すことによって、前記複数の第 2 の特性パラメータを生成する。

15 このような態様とすれば、基準流量制御装置の特性を前提としたガスの特性を反映した第 2 の特性データを生成することができる。

前記工程（b 2）においては、さらに、以下の処理を行うことが好ましい。

（b 1 5）前記工程（b 1 0）から（b 1 4）の前に、前記基準流量制御装置
20 について前記工程（b 1）を実行して、前記基準流量制御装置に関する前記第 1 の特性データを準備する。

そして、前記工程（b 1 1）においては、さらに、以下の処理を行うことが好ましい。前記基準流量制御装置に、前記基準流量制御装置に関する前記第 1
25 の特性パラメータを使用して、前記ガスの流量を制御させる。

このような態様とすれば、前記基準流量制御装置の個体差（製造誤差など）に起因するずれの影響を少なくした第2の特性データを生成することができる。

5 なお、基準流量制御装置に関する第1の特性パラメータを使用せずに、前記工程（b 1 1）を実施して第2の特性パラメータを生成することもできる。そのような態様においては、工程（a）で準備する流量制御装置よりも設計値に近い好ましい特性を有する基準流量制御装置を準備することが好ましい。

10 また、前記工程（b 2）においては、以下のような処理を行うことが好ましい。

（b 1 6）複数種類のガスについて前記工程（b 1 4）を実行することにより、前記複数種類のガスに関する複数の前記第2の特性データを生成する。

15 そして、工程（b 3）においては、以下のような処理を行うことが好ましい。
（b 1 7）前記工程（a）で準備した前記流量制御装置が制御するガスの種類に応じて、前記複数の第2の特性データの中から一部の第2の特性データを、前記参照すべき第2の特性データとして選択する。なお、「流量制御装置が制御するガス」とは、流量制御装置のユーザが流量制御装置を使用して製品を製造する際に流量制御装置に流量を制御させるガスである。

20

このような態様とすれば、流量制御装置が実際に流量制御を行うガスについて高精度な制御が行えるように、流量制御装置を設定することができる。

25 なお、前記工程（b 2）においては、さらに、以下のような処理を行うことが好ましい。

（b 1 8）前記工程（b 1 4）で生成した複数の第2の特性パラメータの一部

をそれぞれ含む複数の前記第 2 の特性データであって、それぞれが含む前記第 2 の特性パラメータを生成する際の前記基準目標流量の範囲が互いに異なる複数の前記第 2 の特性データを生成する。

5 そして、前記工程（b 3）においては、さらに、以下のような処理を行うことが好ましい。

（b 1 9）前記工程（a）で準備した前記流量制御装置が制御するガスの流量の範囲に応じて、前記複数の第 2 の特性データの中から一部の第 2 の特性データを、前記参照すべき第 2 の特性データとして選択する。

10

このような態様とすれば、様々な種類の流量レンジについて高精度な流量制御が行えるように、流量制御装置を設定することができる。

15 なお、前記工程（b 1）においては、以下のような処理を行うことが好ましい。すなわち、前記第 1 の特性データを前記工程（a）で準備した前記流量制御装置の第 1 の記憶部に格納する。また、前記工程（b 2）においては、さらに、以下のような処理を行うことが好ましい。すなわち、前記第 2 の特性データを前記第 1 の記憶部よりも交換またはデータの書き換えが容易である第 2 の記憶部に格納する。そして、前記工程（b 3）においては、さらに、以下のよ
20 うな処理を行うことが好ましい。すなわち、前記第 1 の記憶部から前記第 1 の特性データを読み出す。前記第 2 の記憶部から前記第 2 の特性データを読み出す。

また、工程（c）においては、以下のような処理を行うことが好ましい。

25 前記複数の制御パラメータのうち前記検出流量と前記目標流量の少なくとも一方に基づいて決定される制御パラメータと、前記目標流量と、に基づい

て修正目標流量を生成する。

前記修正目標流量と、前記検出流量と、に基づいて前記流路を流れるガスの流量をフィードバック制御する。

5 また、工程（c）においては、以下のような処理を行うこともできる。

前記複数の制御パラメータのうち前記検出流量と前記目標流量の少なくとも一方に基づいて決定される制御パラメータと、前記検出流量と、に基づいて修正検出流量を生成する。

前記目標流量と、前記修正検出流量と、に基づいて前記流路を流れるガスの流量をフィードバック制御する。

10

このような態様とすれば、流量制御装置が制御するガスに応じて、様々な流量において高精度な流量制御を行うことができる。

15 なお、本発明は、種々の形態で実現することが可能であり、例えば、流量制御補正方法および流量制御補正装置、流量制御方法および流量制御装置、それらの方法または装置の機能を実現するためのコンピュータプログラム、そのコンピュータプログラムを記録した記録媒体、コンピュータプログラム製品等の形態で実現することができる。

20

以下では、図面を参照して、本願発明の好ましい実施例の詳細が説明され、本願発明の上述の目的およびその他の目的、構成、効果が明らかにされる。

図面の簡単な説明

25 図1は、本発明に係る質量流量制御装置（マスフローコントローラ）の構成を説明する概略構成図である。

図 2 は、熱式質量流量センサを説明する回路図である。

図 3 A～図 3 C は、本発明の流量制御補正方法を流量特性線図を元に説明する概要図である。

図 4 は、本発明の流量制御補正方法の処理手順を示すフローチャート図である。

図 5 は、本発明の仕様変換の態様を示すイメージ図である。

図 6 は、本発明の流量レンジの区分例を示す図である。

図 7 は、制御手段 18 の詳細な校正を示すブロック図である。

図 8 は、本実施形態の質量流量制御装置 MFC0 の校正ガス特性データ DP_m を表すグラフである。

図 9 は、実ガス特性データ DP_g を表すグラフである。

図 10 は、校正ガス特性データ DP_m と実ガス特性データ DP_g に基づいて計算される本実施形態の質量流量制御装置 MFC0 の特性を表すグラフである。

図 11 は、制御流量補正データ DP_{c1} (図 7 参照) の特性を表すグラフである。

図 12 は、第 2 実施形態における制御流量補正データ DP_{c1r} の特性を表すグラフである。

図 13 は、第 3 実施形態における制御手段 18 の詳細な校正を示すブロック図である。

図 14 は、第 3 実施形態における制御流量補正データ DP_{c2} の特性を表すグラフである。

図 15 は、本発明の実施例を示し、フルスケール流量に対する制御精度を示す特性線図である。

A. 第1実施形態：

以下、本発明に係る質量流量制御装置と流量制御補正方法について図面を参照して説明する。

5 A1. 質量流量制御装置の構成および機能：

先ず、図1、図2を用いて質量流量制御装置であるマスフローコントローラについて説明する。図1はマスフローコントローラの構成を示す概略図である。図2は熱式流量センサの回路原理を示す構成図である。

10 図1において、4はマスフローコントローラ2が介設された流体通路である。流体通路4の一端にはプロセスガス源が接続され、他端には半導体製造装置の成膜装置等のガス使用系が接続されている。マスフローコントローラ2は、流
15 路に流れる流体の質量流量を検出して流量信号（センサ出力信号）S1を出力する質量流量検出手段である流量センサ8と、バルブ駆動信号S4に応じて弁
開度を変えることによって質量流量を制御する流量制御弁機構10と、外部か
ら入力される流量設定信号S0と前記流量信号S1とに基づいてバルブ駆動信
号S4を出力し前記流量制御弁機構10を制御する、制御回路などの一連の制
御手段18とを備えている。なお、「質量流量」とは、単位時間あたりに流れる
流体の質量である。

20

流量制御弁機構10は、金属ダイヤフラム22と、これを微少なストローク
で押圧する積層圧電素子を備えたアクチュエータ26と、を有する流量制御弁
27からなる。流量制御弁機構10は、金属ダイヤフラム22により弁口24
の開度を調整してガスの流量を制御するように構成される。また、制御手段1
25 8は、流量センサ回路16を介して入力されたセンサ出力信号S1と、外部よ
り入力される流量設定信号S0と、を流量制御回路にて比較・演算して、両信

号が一致するように P I D 制御等を行い、弁開度を制御する機能を有している。
流量制御弁機構 10 によって、流体通路 4 内を流れる流体の流量が制御される。

また、流量制御弁機構 10 の上流側の流体通路 4 は、細管が集合したバイパス
5 流路 12 と、これと並列に導き出された細管よりなるセンサ流路 14 とに分離されている。両流路 12、14 には設計上、予め定められた一定の分流比でガスが流れるように構成されている。そして、このセンサ流路 14 には、流量センサ回路（図 2 のブリッジ回路）の一部である 2 つの発熱抵抗線 R 1、R 2 が巻回されている。

10

この発熱抵抗線 R 1、R 4 は温度上昇によってその抵抗値が変化する特性を有している。そして、図 2 に示すように、発熱抵抗線 R 1、R 4 は、他の抵抗器 R 2、R 3 とで電氣的に平衡状態となるように構成されている。よって、上流側より下流側へガスが流れることによって生ずる熱の移動をブリッジ回路の
15 不平衡電圧として捉えることにより、このセンサ流路 14 を流れるガス流量を求め、さらに流路全体に流れる流量を演算して求めている。

流量センサ回路 16 から出力される流量信号 S 1 は、一定の幅に含まれる電圧値であって、フルスケールに対する測定された流量を表す。流量信号 S 1 は、
20 通常は 0 ～ 5 V（ボルト）の範囲内でその流量を表す。この流量信号 S 1 は、流量制御手段 18 に入力される。

一方、実ガス使用時には、必要とするガス流量が流量設定信号 S 0 として流量制御手段 18 に入力される。この流量設定信号 S 0 も、一定の幅に含まれる
25 電圧値であって、フルスケールに対する目標流量を表す。流量設定信号 S 0 も、通常は 0 ～ 5 V（ボルト）の範囲内でその流量を表している。

流量制御手段 18 は、上記流量信号（センサ出力信号）S1 と流量設定信号 S0 との値が一致するように上記流量制御弁機構 10 の弁開度を PID 制御法でバルブ駆動回路 28 を制御する。バルブ駆動回路 28 から流量制御弁 27 に
5 バルブ駆動信号 S4 が出力され、流量制御弁 27 によって、バルブ駆動信号 S4 に応じてガス流量が制御される。

例えばフルスケールが 100 c c m [Cubic Centimeter per minute] である場合には、目標流量を表す流量設定信号 S0 が 5 V に設定されると、測定され
10 た流量を表す流量信号 S1 が 5 V を示すように弁開度が制御される。その結果、流体通路全体の流量（バイパス流路 12 の流量とセンサ流路 14 の流量の合計）が 100 c c m となる。しかし、この流量センサの出力特性と実ガスに対するセンサ出力特性の調整がされていない場合には、100 c c m よりも極微少にずれた流量（例えば $\pm 1 \sim 2\%$ ）となる。

15

A2. 質量流量制御装置の補正方法の概要：

以下、上記ずれを調整補正する流量制御補正方法の概要について以下の図面を参照して説明する。

20 図 3 A～図 3 C は本発明の流量制御補正方法を流量特性線図を元に説明する概要図である。図 4 は処理手順を示すフローチャートである。図 5 は仕様変換の態様を示すイメージ図である。

図 3 A～図 3 C の流量特性線図において、横軸は流量設定信号 S0、縦軸は
25 実流量を示している。図 3 A において、実線 X は、窒素 (N_2) を校正ガスとして用いて、外部から入力される流量設定信号 S0 に対する実流量を、外部に

設けられた流量測定手段（図 1 においてタンク T、およびタンク T の内部圧力を測定できる圧力計 M）で計測して得られる校正ガス特性データの一例である。この校正ガス特性データを測定する処理は、図 4 の処理手順で言うとステップ (1) に相当する（以下、同様に付記する。なお、図 4 においては、各ステップの番号を丸付きの数字で示す）。この校正ガス特性データをテーブルにしてマスフローコントローラ（MFC）の制御手段（制御回路）18 に記憶させる（図 4 - ステップ (2)）。これらのステップ (1)、(2) の処理は、質量流量制御装置ごとに行われる。

10 ところで、図 4 のステップ (1) で得られる流量センサの出力特性は、実線 X のように幾らかのずれを有し、図 3 A の Y のように直線性が高く、高精度な制御結果が得られるものでもない。

15 このようなずれが生じる理由は、夫々の流量センサ個体の条件が違いためである。このため、このようなずれの発生は物理的に避けられない面もある。

図 4 のステップ (3) において、実際に使用するプロセスガス等（Ar, SF₆, Cl₂ 等）を用いて、上記ステップ (1) と同様に、流量設定信号 S0 に対する実流量を外部に設けられた流量測定手段で計測して得られる実ガス特性データを求める。

20 （図 4 - ステップ (3)）そして、図 4 のステップ (4) において、この実ガス特性データをパーソナルコンピュータ（PC）や CD-ROM 等の記憶媒体に格納保存する。これが実ガスの種類および流量レンジに応じて質量流量制御装置の設定を変更するための変換ソフトとなる。

25 この実ガス特性データは、実際に使用する実ガス毎に、またさらに所定の流量レンジ毎に求めてテーブル化して記憶する（図 4 - ステップ (5)）。なお、こ

の実ガス特性データの生成は、質量流量制御装置ごとにおこなわれるのではない。すなわち、実ガスごと、および流量レンジごとの実ガス特性データは、校正ガスの使用を前提として調整され特性の直線性が確保された標準的な 1 台の質量流量制御装置（本明細書において、「基準流量制御装置」と呼ぶことがある）を使用して測定される。そして、測定された実ガス特性データは、同じ型の質量流量制御装置に対して適用される。このため、図 4 では、ステップ (3) ~ (5) の処理は、個々の質量流量制御装置に対して実行されるステップ (1)、(2)、(6) ~ (13) とは、分けて書かれている。

10 なお、流量レンジとは、ハードウェアとしての質量流量制御装置が流量を制御することができる流量の範囲である。例えば図 6 に、複数の流量レンジとそれぞれのフルスケール流量を示す。図 6 の区分によれば 0~50,000 [SCCM] までの流量について、13 種類の流量レンジを設定している。即ち、図 6 に示した各流量レンジを有する 13 種類のマスフローコントローラを準備すれば、図 6 に示すフルスケール流量内で、実ガス特性データを用いてそれらのマスフローコントローラの流量制御について補正を行うことが可能となる。すなわち、13 種類のマスフローコントローラを用いて、0~50,000 [SCCM] までの流量について、流量制御を行うことができる。なお、[SCCM] (Standard Cubic Centimeter per minute) とは、標準状態、すなわち 0 ° C、1 気圧における C C M (Cubic
15 Centimeter per minute) である。

例えば、No10 の流量レンジを有するマスフローコントローラを用いるとすれば、フルスケール流量が 5,000 [SCCM] までの流量制御について、実ガスデータに基づき補正を行うことができる。しかし、実際にはマスフローコントローラ
25 の流量制御弁の構造上の制御範囲の制約もある。このため、記載したフルスケール流量の 1 / 3 程度まで、たとえば、この場合は約 2,001 以上の流量レンジ

について、実ガスデータに基づき流量制御の補正を行うことができる。その結果、実ガスデータを適用することにより、No10の流量レンジを有するマスフローコントローラを、約 2,001~5,000 [SCCM] のフルスケール流量に亘って、高精度の流量制御を行い得るマスフローコントローラに仕様変換することができる。

5

ユーザは、実際に当該マスフローコントローラを使用する前に、図5に示すようにパーソナルコンピュータPCを、マスフローコントローラにデータ通信回線(RS-232C、RS-485等)で接続する(図4-ステップ(6))。そして、パーソナルコンピュータPC上において、ディスプレイ330に表示された選択肢
10 の中から、マウス、キーボード340等の入力機器を介して、実際に使用するガスと使用するフルスケール流量を選択する(図4-ステップ(7))。

次に、マスフローコントローラの制御回路からパーソナルコンピュータPCに、ステップ(2)で記憶した校正ガス特性データを読み出す(図4-ステップ
15 (8))。さらに、ステップ(4)で得た記憶媒体の変換ソフトをPCに取り入れ、上記で選択したガス種の実ガス特性データを記憶媒体から読み出す(図4-ステップ(9))。そして、実ガス特性データのうち変換しようとするフルスケール流量の演算を行う(図4-ステップ(10))。

20 次に、ステップ(8)と(9)のデータを基に制御流量補正データを演算し求める(図4-ステップ(11))。この制御流量補正データをマスフローコントローラ側の制御回路に書き込み、制御流量補正データを新たに記憶させる(図4-ステップ(12))。従い、マスフローコントローラの制御手段には校正ガス特性データと制御流量補正データの両方が保存される。

25

以後は、マスフローコントローラにおいて、この制御流量補正データに基づ

いて補正をかけて流量制御が行われる（図 4 - ステップ (13)）。

従って、流量センサ出力特性としては、図 3 A の校正ガス特性データの線図 X は、実ガス特性データに基づき補正され、制御流量補正データに変換される。

5

図 3 B は、外部から入力される流量設定信号 S 0 に対する窒素（ N_2 ）の実流量を、外部に設けられた流量測定手段（図 1 のタンク T および圧力計 M 参照）で計測して得られるデータの一例である。なお、図 3 B の例において、流量制御は、制御流量補正データに基づいて補正されている。

10

図 3 C は、外部から入力される流量設定信号 S 0 に対する実ガスの実流量を、外部に設けられた流量測定手段 T, M で計測して得られるデータの一例である。流量制御が制御流量補正データに基づいて補正される結果として、窒素（ N_2 ）に対して図 3 B の一点鎖線 X' で示す特性を示すセンサに、実ガスを流した場合には、図 3 C の実線 Y' の直線で示すような特性が得られる。すなわち、実ガスについて、精度の高い流量制御を行うことができる。

15

なお、以上では、コンバージョンファクタの使用については説明しなかったが、コンバージョンファクタによる補正と本実施形態による補正を併用して行っても良い。

20

以上で明らかなとおり、本実施形態の流量制御装置によれば、窒素ガスでのセンサ出力特性が実ガスに基づいて補正されて、極めて高い直線性を利用した高精度の流量制御が出来る。

25

なお、その後、このマスフローコントローラを別のプロセスガスについて用

いる場合には、上記と同様の手順で校正ガス特性データを新たな実ガス（プロセスガス）のデータに基づいて変換し、新たな制御流量補正データを作成する。

また、流量レンジについても、ハードウェアとしては同じマスフローコントローラであっても、実ガス特性データに基づいて特性を最適化することによってフルスケール流量だけを仕様変更して、異なる流量レンジについて使用することもできる。

A 3. 質量流量制御装置の補正方法の詳細：

10 (1) 質量流量制御装置の補正方法の原理：

図 7 は、制御手段 18 の詳細な構成を示すブロック図である。制御手段 18 は、制御回路 180 と、補正部 181 と、を備える。また、制御手段 18 は、制御手段 18 が備える半導体メモリ内に校正ガス特性データ DP_m と、制御流量補正データ DP_c1 と、を格納している。

15

前述のように、パーソナルコンピュータ PC は、制御流量補正データ DP_c1 を生成する際に、制御手段 18 から校正ガス特性データ DP_m を受け取る。また、パーソナルコンピュータ PC は、パーソナルコンピュータ PC が備える CD-ROM ドライブ 320 を介して、記録媒体としての CD-ROM から実ガス特性データ DP_g を読み出す。そして、パーソナルコンピュータ PC は、実ガス特性データ DP_g に基づいて校正ガス特性データ DP_m を補正して、制御流量補正データ DP_c1 を生成する。この制御流量補正データ DP_c1 の生成については、後に詳しく説明する。

25 補正部 181 は、制御流量補正データ DP_c1 を参照しつつ、外部から入力される流量設定信号 $S0$ を、補正流量設定信号 $S0a$ に改変する。補正流量設

定信号 $S0a$ は、流体通路 4（図 1 参照）内を流れる実ガスの実際の流量がより流量設定信号 $S0$ が示す目標流量に近づくような出力信号 $S4o$ を、制御回路 180 に生成させるための入力信号である。この補正流量設定信号 $S0a$ の生成については、後に詳しく説明する。

5

制御回路 180 は、修正された目標流量を表す補正流量設定信号 $S0a$ と、測定流量を表すセンサ出力信号 $S1$ とが一致するように、出力信号 $S4o$ を出力してバルブ駆動回路 28 を制御する。バルブ駆動回路 28 は、出力信号 $S4o$ に基づいてバルブ駆動信号 $S4$ を生成し、流量制御弁 27 に出力する（図 1 参照）。流量制御弁 27 は、バルブ駆動信号 $S4$ に基づいて、流体通路 4 内を通るガスの流量を制御する。すなわち、制御回路 180 は、出力信号 $S4o$ によって、流体通路 4 内を通るガスの流量を制御する。なお、制御回路 180 は、前述のように、PID 制御を行う。

10

15

図 8 は、本実施形態の質量流量制御装置 MFC0 の校正ガス特性データ DPm を表すグラフである。図 8 の横軸は、流量設定信号 $S0$ の大きさを表す。縦軸は、流量設定信号 $S0$ の各値における実際の校正ガスの流量（測定値） f_{m0} を表す。図 8 は、基本的に図 3 A と同じグラフである。

20

図 8 に示す校正ガス特性データ DPm を得る際に流体通路 4 内を流されるガスは、校正ガスとしての窒素ガス (N_2) である。そして、流体通路 4 内を流れるガスの流量は、実施態様における質量流量制御装置 MFC0 の下流に取り付けられた流量測定装置によって測定される。なお、図 8 に示す校正ガス特性データ DPm を得る際には、質量流量制御装置 MFC0 の補正部 181 は、流量設定信号 $S0$ をそのまま補正流量設定信号 $S0a$ として出力する。流量の各値は、制御回路 180 による制御が安定な状態となった後、すなわち、補正流

25

量設定信号 $S0a$ とセンサ出力信号 $S1$ の差が所定値以下となった後に測定される。

図 8 中、曲線 $C0$ は、この実施形態の質量流量制御装置 $MFC0$ における校正ガス特性データ DPm を表すグラフである。一方、直線 $C1m$ は、理想的な質量流量制御装置 $MFCi$ における校正ガス特性データを表すグラフである。

図 8 の例では、質量流量制御装置 $MFC0$ における実際の流量 f_{m0} は、たとえば、流量設定信号 $S0$ が $S0_1$ のときには、理想的な値 f_{i1} よりも Δf_{01} だけ多い f_{m01} である。流量設定信号 $S0$ が $S0_3$ のときには、実際の流量 f_{m0} は、理想的な値 f_{i3} よりも Δf_{03} だけ少ない f_{m03} である。流量設定信号 $S0$ が $S0_2$ のときには、実際の流量 f_{m0} は、理想的な値 f_{i2} に近い値である。流量設定信号 $S0$ が $S0_{min}$ 、 $S0_{max}$ のときには、実際の流量 f_{m0} は、それぞれ理想的な値と同じである。

なお、本明細書においては、便宜的に、「 Δf_{01} だけ多い」、「 Δf_{03} だけ少ない」などと述べるが、厳密には、実際の（または想定される）流量と理想的な流量との差は、実際の（または想定される）流量から理想的な流量を引いた値で評価する。

ここでは、 $S0 = S0_1$ 、 $S0_2$ 、 $S0_3$ の流量について説明した。しかし、流量設定信号 $S0$ に対する実際の流量 f_{m0} は、たとえば、10 個～20 個の流量設定信号 $S0$ の値について測定される。それら測定された流量が、それぞれ流量設定信号 $S0$ の値と対応づけられ、校正ガス特性データ DPm の一部として記憶される。それら測定され校正ガス特性データ DPm の一部として記憶された流量が、流量制御装置の特性を表す特性パラメータとして機能する。

図 9 は、実ガス特性データ DP_g を表すグラフである。図 9 の横軸は、流量設定信号 S_0 の大きさを表す。縦軸は、流量設定信号 S_0 の各値における実際の実ガスの測定流量 f_{m1} を表す。なお、ここでは、実ガスは 6 フッ化硫黄 (SF_6) である。

図 9 に示す実ガス特性データ DP_g を得る際には、本実施形態の質量流量制御装置 MFC_0 ではなく、校正ガスとして窒素ガス (N_2) を使用して理想的に調整された、基準となる質量流量制御装置 MFC_i が使用される。すなわち、

図 9 に示す実ガス特性データ DP_g を得る際には、質量流量制御装置 MFC_i の補正部 181 は、流量設定信号 S_0 を窒素ガス (N_2) に関して理想的に補正して補正流量設定信号 S_{0a} として出力する。

図 9 に示す実ガス特性データ DP_g を得る際に流体通路 4 内を流されるガスは、実ガスとしての 6 フッ化硫黄 (SF_6) である。そして、流体通路 4 内を流れるガスの流量は、質量流量制御装置 MFC_i の下流に取り付けられた流量測定装置によって測定される。なお、流量の各値は、制御回路 180 による制御が安定な状態となった後に測定される。

図 9 中、曲線 C_1 は、基準となる質量流量制御装置 MFC_i における実ガス特性データ DP_g を表すグラフである。一方、直線 C_{ig} は、実ガスとしての 6 フッ化硫黄 (SF_6) に関して理想的な特性を有する質量流量制御装置 MFC_{ig} における実ガス特性データを表すグラフである。

図 9 の例では、質量流量制御装置 MFC_i における実際の流量 f_{m1} は、たとえば、流量設定信号 S_0 が S_{01} のときには、理想的な値 f_{i1} よりも Δf

1 1 だけ少ない f_{m1} である。流量設定信号 S_0 が S_{02} のときには、実際の流量 f_{m1} は、理想的な値 f_{i2} よりも Δf_{12} だけ少ない f_{m12} である。流量設定信号 S_0 が S_{03} のときには、実際の流量 f_{m1} は、理想的な値 f_{i3} よりも Δf_{13} だけ少ない f_{m13} である。流量設定信号 S_0 が S_{0min} 、
5 S_{0max} のときには、実際の流量 f_{m0} は、それぞれ理想的な値と同じである。

ここでは、 $S_0 = S_{01}$, S_{02} , S_{03} の流量について説明した。しかし、流量設定信号 S_0 に対する実際の流量 f_{m1} は、たとえば、10個～20個の流量設定信号 S_0 の値について測定される。なお、実ガス特性データ DP_g を
10 得る際に流量が測定される流量設定信号 S_0 の値は、校正ガス特性データ DP_m を得る際に流量が測定される流量設定信号 S_0 の値と一致する。

上記で測定された流量が、それぞれ流量設定信号 S_0 の値と対応づけられ、実ガス特性データ DP_g の一部として記憶される。それら測定され実ガス特性
15 データ DP_g の一部として記憶された流量が、ガスの特性を表す特性パラメータとして機能する。

図10は、校正ガス特性データ DP_m と実ガス特性データ DP_g に基づいて計算される本実施形態の質量流量制御装置 MFC_0 の特性を表すグラフである。
20 図10の横軸は、流量設定信号 S_0 の大きさを表す。縦軸は、流量設定信号 S_0 の各値における実ガスの想定流量 f_c を表す。

図10中、曲線 C_c は、この実施形態の質量流量制御装置 MFC_0 における想定流量 f_c を表すグラフである。一方、直線 C_{lc} は、理想的に補正されたと仮定した場合の本実施形態の質量流量制御装置 MFC_0 における流量を表す
25 グラフである。図10のグラフ C_c は、図8のグラフ C_0 と図9のグラフ C_1

とを合成することによって得られる。

図10の例では、質量流量制御装置MFC0における想定流量 f_c は、たとえば、流量設定信号 S_0 が S_{0_1} のときには、理想的な値 f_{i1} よりも Δf_c
5 1だけ少ない f_{c1} である。ここで、 $\Delta f_{c1} = \Delta f_{01} + \Delta f_{11}$ である。

同様に、流量設定信号 S_0 が S_{0_2} のときには、想定流量 f_c は、理想的な
値 f_{i2} よりも Δf_{c2} だけ少ない f_{c2} である。ここで、 $\Delta f_{c2} = \Delta f_{02} + \Delta f_{12}$
10 である。流量設定信号 S_0 が S_{0_3} のときの想定流量 f_{c3} や、
流量設定信号 S_0 の他の値における想定流量 f_c も、同様に、校正ガス特性デ
ータ DP_m と実ガス特性データ DP_g におけるずれ量に基づいて得ることがで
きる。すなわち、図10のグラフ C_c は、図8のグラフ C_0 の理想値からのず
れと図9のグラフ C_1 の理想値からのずれとの和を、理想値からのずれとして
有する。

15

この実施形態の質量流量制御装置MFC0は、図10のグラフ C_c に示すよ
うな特性を有すると想定される。このため、この実施形態の質量流量制御装置
MFC0を、実ガスである6フッ化硫黄(SF_6)について使用する場合には、
図10のグラフ C_c が有する C_{lc} からのずれを打ち消すような補正を行えば
20 よい。

図11は、制御流量補正データ DP_{c1} （図7参照）の特性を表すグラフで
ある。図11の横軸は、流量設定信号 S_0 の大きさを表す。縦軸は、流量設定
信号 S_0 の各値における補正流量設定信号 S_{0a} およびそのときの流体通路4
25 内のガスの仮想的な流量 f_a を表す。

図10のグラフC_cが有するC_lからのずれを打ち消すような補正を行うためには、各値の流量設定信号S₀が与えられたとき、より多い流量を実現するような出力信号S₄を出力すればよい。

- 5 より具体的には、図11に示すように、流量設定信号S₀がS₀₁のときには、理想的な値f_{i1}よりも Δf_{c1} だけ多い流量f_{a1}を実現するような補正流量設定信号S_{0a1}を制御回路180に与える。流量設定信号S₀がS₀₂のときには、理想的な値f_{i2}よりも Δf_{c2} だけ多い流量f_{a2}を実現するような補正流量設定信号S_{0a2}を制御回路180に与える。流量設定信号S₀がS₀₃のときには、理想的な値f_{i3}よりも Δf_{c3} だけ多い流量f_{a3}を実現するような補正流量設定信号S_{0a3}を制御回路180に与える。流量設定信号S₀の他の値についても同様である。
- 10

- このような特性を実現しつつ、流量設定信号S₀を補正流量設定信号S_{0a}に変換するための変換曲線が、図11の曲線C_sである。
- 15

- なお、前述のように、実際の（または想定される）流量と理想的な流量との差は、実際の（または想定される）流量から理想的な流量を引いた値で評価する。よって、図11では、より大きな流量を実現するずらし量にマイナスの符号が付されている（図11中の $-\Delta f_{c1}$ 、 $-\Delta f_{c2}$ 、 $-\Delta f_{c3}$ 参照）。これは、想定される流量が理想的な流量よりも少なく、想定される流量の理想的な流量からのずれ量（ Δf_{c1} 、 Δf_{c2} 、 Δf_{c3} ）が負であるためである。
- 20

- なお、校正ガス特性データD_{Pm}および実ガス特性データD_{Pg}の各流量は、前述のように、10個～20個の流量設定信号S₀の値について測定される。このため、それらの測定値に基づいて計算される補正流量設定信号S_{0a}の数
- 25

も、それら測定された流量設定信号 S_0 に対応する数と等しくなる。なお、以下では、校正ガス特性データ DP_m および実ガス特性データ DP_g を生成する際に、対応する流量が測定された流量設定信号 S_0 の値を「 S_{0r} 」と表記することがある。また、そのようにして測定された流量に基づいて計算された、

5 流量設定信号 S_{0r} に対応する補正流量設定信号 S_{0a} を、「基準補正流量設定信号 S_{0ar} 」と呼ぶことがある。

図 11 の曲線 C_{sa} を使用して、流量設定信号 S_0 を補正流量設定信号 S_{0a} に変換する際には、校正ガス特性データ DP_m および実ガス特性データ DP_g の生成の際に流量が測定されていない流量設定信号 S_0 の値（以下、「 S_{0c} 」と記載する）に対応する補正流量設定信号 S_{0a} （以下「 S_{0ac} 」と記載する）については、以下のような処理が行われる。すなわち、そのような流量設定信号 S_{0c} の値に対応する補正流量設定信号 S_{0ac} は、その流量設定信号 S_{0c} に近い値の複数の流量設定信号 S_{0r} に対応する複数の基準補正流量設定信号 S_{0ar} に基づいて（たとえばそれらを使って補間演算することによって）、決定される。

10
15

以上で説明したように、補正部 181 は、制御流量補正データ DP_{c1} を参照して、流量設定信号 S_0 を補正流量設定信号 S_{0a} に置き換える。制御流量補正データ DP_{c1} は、図 11 の曲線 C_{sa} に示すような特性を有する変換を実現するデータである。すなわち、制御手段 18 は、制御流量補正データ DP_{c1} を参照し、制御パラメータとしての補正流量設定信号 S_{0a} （ S_{0ar} および S_{0ac} ）を使用して、バルブ駆動回路 28 を介して制御弁 27 を制御する。

20

25

このような態様とすることで、本実施態様における質量流量制御装置 MFC

0を、実ガス（ここでは6フッ化硫黄（ SF_6 ））について高精度な流量制御を行いうる質量流量制御装置とすることができる。

（2）質量流量制御装置の様々なガスへの適用：

5 実ガス特性データ DP_g は、様々なガス（たとえば、 Ar や Cl_2 ）について取得することが好ましい。そのようにして取得された実ガス特性データ DP_g と、校正ガス特性データ DP_m と、に基づいて制御流量補正データ DP_c1 を生成することで、質量流量制御装置 $MFC0$ を様々な実ガスについて適用することができる。そして、様々な実ガスについて質量流量制御装置 $MFC0$ を
10 使用して、高精度な制御を実現することができる。

また、様々な実ガスについて用意された実ガス特性データ DP_g は、 $CD-ROM$ などの交換可能な記録媒体に記録される。このため、実ガス特性データ DP_g を格納した記録媒体を交換することで、質量流量制御装置 $MFC0$ を
15 様々な実ガスについて適用することができる。すなわち、質量流量制御装置 $MFC0$ に固定的に設けられたメモリに、様々な種類の実ガスについての膨大な数の実ガス特性データ DP_g を格納する必要がない。言い換えれば、質量流量制御装置 $MFC0$ に、様々な実ガスの実ガス特性データ DP_g を格納するための大容量の記憶部を設ける必要がない。

20

（3）質量流量制御装置の様々な流量レンジへの適用：

実ガス特性データ DP_g は、校正ガス特性データ DP_m の流量レンジの一部に相当する流量レンジについて生成することができる。そして、実ガス特性データ DP_g は、互いに異なる様々な流量レンジ（たとえば、図6参照）について
25 て生成される。そのような場合には、以下のような態様とする。

すなわち、校正ガス特性データ D P m を生成する際には、たとえば、1 % 間隔や 2 % 間隔、4 % 間隔など、十分に細かい間隔で流量設定信号 S 0 の各値について流量を測定する。これに対して、実ガス特性データ D P g を生成する際には、校正ガス特性データ D P m の流量レンジの一部に相当する流量レンジに含まれ、かつ、校正ガス特性データ D P m の生成の際に流量が測定された流量設定信号 S 0 の値の少なくとも一部について、流量を測定する。

なお、実ガス特性データ D P g の生成は、以下のような態様で行うこともできる。すなわち、実ガス特性データ D P g を生成する際にも、校正ガス特性データ D P m を生成する際と同じ流量設定信号 S 0 の値について流量の測定値を得る。そして、その測定値の中から各流量レンジに含まれる一部の測定流量を選択して、各流量レンジの実ガス特性データ D P g を生成することもできる。

そのようにして取得された実ガス特性データ D P g と、校正ガス特性データ D P m と、に基づいて制御流量補正データ D P c 1 を生成することで、様々な流量レンジに適応した制御流量補正データ D P c 1 を生成することができる。その結果、様々な流量レンジに適応した制御流量補正データ D P c 1 を使用して、質量流量制御装置 M F C 0 を様々な流量レンジについて適応させることができる。そして、様々な流量レンジについて質量流量制御装置 M F C 0 を使用して、高精度な制御を実現することができる。

この態様においては、校正ガス特性データ D P m が、各実ガス特性データ D P g にくらべて多くの流量設定信号 S 0 の値についての流量の値を有する。しかし、前述のように、実ガス特性データ D P g は、交換可能な記憶媒体に記録され、質量流量制御装置 M F C 0 内の固定的な記憶部に格納されるわけではない。よって、質量流量制御装置 M F C 0 内の固定的な記憶部に格納される校正

ガス特性データ DP_m が、各実ガス特性データ DP_g にくらべて多くの流量設定信号 S_0 の値についての値を有していても、実ガス特性データ DP_g を質量流量制御装置 MFC_0 内の固定的な記憶部に格納する態様に比べて、質量流量制御装置 MFC_0 内に設ける記憶部が要求される容量は少ない。

5

A 4. 第 1 実施形態の効果：

以上で説明した第 1 実施形態によれば、半導体製造装置などにおいて、1 台の質量流量制御装置を使用して、複数種類の実使用ガスを使用した場合にも、各実使用ガスを高精度に流量制御することができる。

10

B. 第 2 実施形態：

第 1 実施形態では、質量流量制御装置 MFC_0 が流量設定信号 S_0 を受け取った場合に生じると想定されるずれを、あらかじめ上乗せするようにして、 S_{0a} を生成する（図 11 参照）。これに対して、第 2 実施形態では、質量流量制御装置 MFC_0 が流量設定信号 S_0 を受け取った場合に、その流量設定信号 S_0 が表す目標流量を実現するような補正流量設定信号 S_{0a} を生成する。第 2 実施形態は、第 1 実施形態の制御流量補正データ DP_{c1} に相当する制御流量補正データ DP_{c1r} の内容が、第 1 実施形態とは異なる。第 2 実施形態の他の点は、第 1 実施形態と同じである。

20

図 12 は、第 2 実施形態における制御流量補正データ DP_{c1r} （図 7 の制御流量補正データ DP_{c1} 参照）の特性を表すグラフである。図 12 の横軸は、流量設定信号 S_0 の大きさを表す。縦軸は、流量設定信号 S_0 の各値における流体通路 4 内のガスの流量 f_a 、および流量設定信号 S_0 に対応する補正流量設定信号 S_{0a} を表す。

25

図 1 2 中の曲線 C_c 、直線 C_{lc} は、それぞれ図 1 0 の曲線 C_c 、 C_{lc} と同じである。すなわち、曲線 C_c は、実施形態の質量流量制御装置 MFC 0 における実ガスの流量を表すグラフである。一方、直線 C_{lc} は、実ガスについて理想的に補正されたと仮定した場合の本実施形態の質量流量制御装置 MFC 0 における流量を表すグラフである。

たとえば、質量流量制御装置 MFC 0 が流量設定信号 S_{0_2} を受け取った場合、その流量設定信号 S_{0_2} が表す目標流量は、直線 C_{lc} より、 f_{i2} である。しかし、グラフ C_c より、質量流量制御装置 MFC 0 における想定流量は、 f_{i2} よりも低い f_{c2} である（図 1 2 の縦軸参照）。そして、実際に目標流量 f_{i2} の実ガスを流すためには（図 1 2 の縦軸参照）、グラフ C_c より、流量設定信号として S_{0a_2} を制御回路 180 に入力する必要がある（図 1 2 の横軸参照）。同様に、流量設定信号 S_{0_3} が表す目標流量 f_{i3} の実ガスを流すためには（図 1 2 の縦軸参照）、流量設定信号として S_{0a_3} を制御回路 180 に入力する必要がある（図 1 2 の横軸参照）。流量設定信号 S_{0_1} および他の流量設定信号 S_0 の値についても同様である。

このような特性を実現しつつ、流量設定信号 S_0 を補正流量設定信号 S_{0a} に変換するための変換曲線が、図 1 1 の曲線 C_{sar} である。曲線 C_{sar} にしたがって変換を行うことで、流量設定信号 S_{0_2} は、補正流量設定信号 S_{0a_2} に変換され、流量設定信号 S_{0_3} は、補正流量設定信号 S_{0a_3} に変換される。他の流量設定信号 S_0 も同様である。

すなわち、制御手段 18 は、制御流量補正データ DP_{c1r} を参照し、制御パラメータとしての補正流量設定信号 S_{0a} を使用して、バルブ駆動回路 28 を介して制御弁 27 を制御する。

なお、校正ガス特性データ DP_m および実ガス特性データ DP_g の生成の際に流量が測定されていない流量設定信号 S_0c の値に対応する補正流量信号 S_{1a} は、その流量設定信号 S_0c に近い値の複数の流量設定信号 S_0r に対応する複数の基準補正流量設定信号 S_0ar に基づいて（たとえばそれらを使って補間演算することによって）、決定される。

第2実施形態においては、補正部181は、制御流量補正データ DP_{c1r} を参照して、流量設定信号 S_0 を補正流量設定信号 S_0a に置き換える（図7参照）。制御流量補正データ DP_{c1r} は、図12の曲線 $Csar$ に示すような特性を有する変換を実現するデータである。このような態様とすることで、本実施態様における質量流量制御装置 MFC_0 を、実ガス（ここでは6フッ化硫黄（ SF_6 ））について、第1実施形態よりもさらに高精度な流量制御を行いうる質量流量制御装置とすることができる。

C. 第3実施形態：

第1および第2実施形態では、流量設定信号 S_0 を補正流量設定信号 S_0a に置き換えることによって、質量流量制御装置 MFC_0 の流量制御における誤差を減少させている。これに対して、第3実施例では、流量センサ8から出力される流量信号 S_1 を補正流量信号 S_{1a} に置き換えることによって、質量流量制御装置 MFC_0 の流量制御における誤差を減少させる。第3実施形態は、制御手段18内の構成が第1実施形態とは異なる。第3実施形態の他の点は、第1実施形態と同じである。

図13は、第3実施形態における制御手段18の詳細な構成を示すブロック図である。制御手段18は、制御回路180と、補正部182と、を備える。

また、制御手段 18 は、そのメモリ内に校正ガス特性データ DP_m と、制御流量補正データ DP_c2 と、を格納している。制御流量補正データ DP_c2 は、第 1 実施形態における制御流量補正データ DP_c1 と同様、校正ガス特性データ DP_m と実ガス特性データ DP_g に基づいて、パーソナルコンピュータ PC
5 によって生成される。

補正部 182 は、制御流量補正データ DP_c2 を参照しつつ、流量センサ回路 16 から入力されるセンサ出力信号 $S1$ を、補正流量信号 $S1a$ に改変する。補正流量信号 $S1a$ は、流量センサ回路 16 が出力したセンサ出力信号 $S1$ よりも、流体通路 4 内を流れる実ガスの実際の流量により近い流量を表すように、
10 センサ出力信号 $S1$ を改変して生成された信号である。

制御回路 180 は、目標流量を表す流量設定信号 $S0$ と、測定流量を表す補正流量信号 $S1a$ とが一致するように、出力信号 $S4o$ を出力する。すなわち、
15 制御回路 180 は、出力信号 $S4o$ によって、流体通路 4 内を通るガスの流量を制御している。

図 14 は、第 3 実施形態における制御流量補正データ DP_c2 の特性を表すグラフである。図 14 の横軸は、補正が行われない場合の流量設定信号 $S0$ および流量信号 $S1$ の大きさを表す。縦軸は、補正が行われない場合の流量信号 $S1$ の各値における流体通路 4 内のガスの流量 f_c 、および流量信号 $S1$ に対応する補正流量信号 $S1a$ を表す。
20

図 14 中の曲線 C_c 、直線 Cl_c は、それぞれ図 10 の曲線 C_c 、 Cl_c と同じである。すなわち、曲線 C_c は、実施形態の質量流量制御装置 MFC0 における補正が行われない場合の実ガスの想定流量を表すグラフである。一方、
25

直線 C_{lc} は、実ガスについて理想的に補正されたと仮定した場合の本実施形態の質量流量制御装置 $MFC0$ における流量を表すグラフである。

前述のように、校正ガス特性データ DP_m と実ガス特性データ DP_g の各測定値は、それぞれ制御回路 180 による制御が安定な状態となった後、すなわち、流量設定信号 S_0 とセンサ出力信号 S_1 の差が所定値以下となった後に測定される。このため、流量設定信号 S_0 の各値についての測定値（測定時には、制御流量補正データによる補正は行われず）は、センサ出力信号 S_1 の各値についての測定値とみなすことができる。

補正が行われない場合には、センサ出力信号 S_{1_2} が流量センサ 8 から出力されたとき、曲線 C_c より、実際の実ガスの流量は、 f_{i2} ではなく f_{c2} であると想定される（図 14 の縦軸参照）。

よって、第 3 実施形態の補正部 182 が補正を行う場合には、センサ出力信号 S_{1_2} が流量センサ 8 から出力されたとき、流量 f_{c2} に対応する補正流量信号 S_{1a_2} を制御回路 180 に出力すればよい（図 14 の縦軸参照）。

なお、「流量 f_x に対応する信号 S_x 」は、最大流量に対する流量 f_x の割合と、信号の最大値 S_{max} に対する信号 S_x の割合と、が等しくなるように信号 S_x を定めることで得られる。

同様に、補正が行われない場合には、センサ出力信号 S_{1_3} が流量センサ 8 から出力されたとき、実際の実ガスの流量は、 f_{i3} ではなく f_{c3} である（図 14 の縦軸参照）。

よって、第3実施形態の補正部182が補正を行う場合には、センサ出力信号 $S1_3$ が流量センサ8から出力されたとき、流量 f_{c3} に対応する補正流量信号 $S1a_3$ を制御回路180に出力すればよい（図14の縦軸参照）。センサ出力信号 $S1_1$ および他のセンサ出力信号 $S1$ についても同様である。

5

図14のグラフの横軸を流量信号 $S1$ の大きさと考え、縦軸を、流量信号 $S1$ の各値における対応する補正流量信号 $S1a$ と考えれば、図14の曲線 Cc は、上記のような特性を実現しつつ、センサ出力信号 $S1$ を補正流量信号 $S1a$ に変換するための変換曲線としての機能を有することが分かる。

10

第3実施形態においては、補正部182は、制御流量補正データ $DPc2$ を参照して、センサ出力信号 $S1$ を補正流量信号 $S1a$ に置き換える（図13参照）。制御流量補正データ $DPc2$ は、図14の曲線 Cc に示すような特性を有する変換を実現するデータである。すなわち、制御手段18は、制御流量補正データ $DPc2$ を参照し、制御パラメータとしての補正流量信号 $S1a$ を使用して、バルブ駆動回路28を介して制御弁27を制御する。

15

なお、校正ガス特性データ DPm および実ガス特性データ DPg の生成の際に流量が測定されていない流量設定信号 $S0c$ の値（センサ出力信号 $S1$ の値）に対応する補正流量信号 $S1a$ は、以下のように決定することができる。すなわち、そのような流量設定信号 $S0c$ の値に対応する補正流量信号 $S1ac$ は、その流量設定信号 $S0c$ に近い値の複数の流量設定信号 $S0r$ に対応する複数の基準補正流量設定信号 $S0ar$ に基づいて（たとえばそれらを使って補間演算することによって）、決定される。

20

このような態様しても、本実施態様における質量流量制御装置 $MFC0$ を、

25

実ガス（ここでは6フッ化硫黄（ SF_6 ））について、高精度な流量制御を行う
うる質量流量制御装置とすることができる。

D. 実施例

- 5 図15は、本発明の第1実施形態による補正を行った場合と行わなかった場合の夫々について、所定（任意）のフルスケール流量に対する制御精度を示している。横軸は、流量設定信号S0の5Vに対する割合である。なお、図15の例では、100%、すなわちS0が5Vであるとき、目標流量は、200 [ccm] である。図15の縦軸は、% Full Scale である。すなわち、図15の
10 縦軸は、測定された流量の目標流量からのズレを、フルスケールである200 [ccm] に対する割合で示す。

- 図15のグラフdは、補正を全く行わなかった場合の窒素（ N_2 ）を流した場合の精度を表す。グラフeは、 N_2 ガスによる校正ガス特性データを使用して流量制御の補正を行いつつ、実ガスを流した場合の精度を表す。グラフfは、
15 N_2 ガスによる校正ガス特性データを使用して流量制御の補正を行いつつ、 N_2 ガスを流した場合の精度を表す。グラフgは、上記実施形態の制御流量補正データを使用して流量制御の補正を行いつつ、実ガスを流した場合の精度を表す。

- 20 図15より、全く補正しない場合の流量精度は最大で2%FS程度の誤差が生じている（グラフd参照）。次に、この特性の流量センサ、即ち、同じ流量センサを用いても N_2 ガスによる校正ガス特性データを採って補正した場合、これに N_2 ガスを流せば流量精度は0.1%FSになる（グラフf参照）。しかし、これに実使用ガス（例えば、 SF_6 ）を流した場合の流量精度は最大で2%FS程度の誤差が生じている（グラフe参照）。これに対して、上記の実施形態によれば、同じ実
25 使用ガスを流した場合でも、流量精度は最大で0.5%FS程度に向上することが分

かる（グラフ f 参照）。

尚、上記した実施態様のマスフローコントローラの流量センサは、熱式流量センサを用いている。しかし、この他にもオリフィス上流側のガスの圧力 P_1 とオリフィス下流側のガスの圧力 P_2 を臨界条件下（音速領域）に保持した状態で、オリフィスを流通するガスの流量を、補正を加えて演算するようにした圧力式流量センサを用いて本発明を実施することもできる。即ち、このような流量センサの形式を問わず本発明は実施することが出来る。

- 10 以上で説明したマスフローコントローラによれば、校正ガスによって調整したマスフローコントローラであっても、製品出荷後に複数種類の実使用ガスと複数の流量レンジのマスフローコントローラに仕様変更が可能となる。

E. 変形態様：

- 15 なお、この発明は上記の実施例や実施形態に限られるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲において種々の態様において実施することが可能である。

E 1. 変形態様 1

- 20 上記実施態様においては、制御流量補正データ DP_c は、校正ガス特性データ DP_m や実ガス特性データ DP_g に基づいて、パーソナルコンピュータによって生成される。しかし、質量流量制御装置 MFC_0 は、制御流量補正データ DP_c を生成するための処理部を構成要素として備える態様とすることもできる。

25 E 2. 変形態様 2

上記実施例において、校正ガス特性データ DP_m や実ガス特性データ DP_g

を生成する際に流体通路 4 内の流量を測定する装置は、質量流量制御装置 M F C 0 の外部に設けられた装置である。そのような流量測定装置としては、たとえば、質量流量制御装置 M F C 0 の下流に接続されたタンクであって、高真空状態において質量流量制御装置 M F C 0 から流されるガスを受け取るタンク T とすることができる（図 1 参照）。すなわち、このタンク T は、まず、特性データを取得する処理の間、質量流量制御装置 M F C 0 から送られるガスを十分受け取ることができる程度の真空状態とされ、その後、質量流量制御装置 M F C 0 から流されるガスを受け取る。圧力計 M でタンク T 内の圧力変化を測定することで、質量流量制御装置 M F C 0 が流したガスの量を測定することができる。

一方、質量流量制御装置 M F C 0 は、流量センサ 8 とは別に設けられた流量測定装置であって、校正ガス特性データ D P m や実ガス特性データ D P g を生成する際に使用される他の態様の流量測定装置を備えることもできる。

すなわち、校正ガス特性データ D P m や実ガス特性データ D P g を生成する際に使用される流量測定装置は、流量センサ 8 とは別に設けられた任意の流量測定装置とすることができる。ただし、その流量測定装置は、流量センサ 8 よりも高精度なものであることが好ましい。

E 3. 変形態様 3

上記実施形態では、質量流量制御装置 M F C 0 は、金属ダイヤフラム 2 2 とアクチュエータ 2 6 とを備える流量制御弁機構 1 0 によって、流体通路 4 内を流通するガスの流量を制御する。しかし、流体通路 4 内を流通するガスの流量を制御する装置は、他の原理で動作する装置とすることもできる。ただし、流体通路 4 内を流通するガスの流量を制御する装置としては、物理的な機構によりガスの体積流量を制御する装置が、容易に入手できる。なお、「体積流量」と

は、単位時間当たりに流れる流体の体積である。

E 4. 変形態様 4

上記実施形態においては、校正ガス特性データ D P mを得る際に使用される

- 5 校正ガスは窒素である。しかし、校正ガスは、アルゴン、6フッ化硫黄など、他のガスとすることもできる。ただし、校正ガスは、物理的および化学的に安定なガスであることが好ましい。

E 5. 変形態様 5

- 10 上記実施形態においては、校正ガス特性データ D P mは、制御手段 1 8 が備える半導体メモリ内に格納され、実ガス特性データ D P g は、C D - R O M内に格納される。しかし、校正ガス特性データ D P mや実ガス特性データ D P gは、D V Dやハードディスク、フラッシュメモリなど、任意の記憶装置内に格納することができる。ただし、校正ガス特性データ D P mは、流量制御装置が
- 15 固定的に備えるメモリに格納されることが好ましい。そして、実ガス特性データ D P gは、校正ガス特性データ D P mが格納される記憶装置よりも交換または書き換えが容易な記憶装置に格納されることが好ましい。なお、実ガス特性データ D P gの書き換えは、流量制御装置の制御部によって行われる態様とすることもでき、流量制御装置外部の他の装置によって行われる態様とすることも
- 20 できる。

E 6. 変形態様 6

上記実施形態では、制御回路 1 8 0は、比例、積分および微分の各要素を含む P I D制御を行う。しかし、制御回路 1 8 0は、比例要素および積分要素を

25 含む P I制御など、他の制御を行う態様とすることもできる。ただし、流量制御は、目標値と測定値に基づくフィードバック制御であることが好ましい。そ

して、目標値と測定値が対応する物理量（たとえば、質量流量）が、制御値が対応する物理量（たとえば、体積流量）とは異なる場合に、本発明の適用は特に有効である。

5 E 7. 変形態様 7

上記実施例では、制御流量補正データの制御パラメータのうち、校正ガス特性データ DP_m および実ガス特性データ DP_g の生成の際に実際に測定された流量に基づいて演算で得ることができない値については、補間演算で得ている。しかし、それらの値は他の方法で得ることもできる。

10

たとえば、制御流量補正データの特性を表す曲線（図 11 の C_{sa} 、図 12 の C_{sar} 、図 14 の C_c 参照）を、ベジエ曲線やスプライン曲線で求めて、それら測定値から得られない値を得ることができる。また、補間演算を使用する場合にも、様々な補間演算を使用することができる。さらに、それらの演算
15 は、実ガスの制御を行う際に行われてもよい。また、実ガスの制御に先立ってあらかじめ行われ、演算結果の値が所定の記憶装置に格納されている態様とすることもできる。

すなわち、制御流量補正データの制御パラメータのうち、校正ガス特性データ
20 DP_m および実ガス特性データ DP_g の生成の際に実際に測定された流量に基づいて演算で得ることができない値については、測定された流量に基づいて演算で得ることができる値に基づいて、様々な方法で定めることができる。

E 8. 変形態様 8

25 上記実施態様において、ハードウェアによって実現されていた構成の一部をソフトウェアに置き換えるようにしてもよく、逆に、ソフトウェアによって実

現されていた構成の一部をハードウェアに置き換えるようにしてもよい。例えば、制御手段 18（図 1 参照）の機能は、ハードウェア回路によって実現されてもよく、CPU 上においてアプリケーションソフトウェアやドライバで実現されてもよい。そして、制御手段 18 の機能の一部を、ハードウェア回路によって実現し、他の一部を CPU 上においてアプリケーションソフトウェア等によって実現してもよい。

このような機能を実現するコンピュータプログラムは、フロッピディスクや CD-ROM、DVD 等の、コンピュータ読み取り可能な記録媒体に記録された形態で提供される。ホストコンピュータは、その記録媒体からコンピュータプログラムを読み取って内部記憶装置または外部記憶装置に転送する。あるいは、通信経路を介してプログラム供給装置からホストコンピュータにコンピュータプログラムを供給するようにしてもよい。コンピュータプログラムの機能を実現する時には、内部記憶装置に格納されたコンピュータプログラムがホストコンピュータのマイクロプロセッサによって実行される。また、記録媒体に記録されたコンピュータプログラムをホストコンピュータが直接実行するようにしてもよい。

この明細書において、コンピュータとは、ハードウェア装置とオペレーションシステムとを含む概念であり、オペレーションシステムの制御の下で動作するハードウェア装置を意味している。コンピュータプログラムは、このようなコンピュータに、上述の各部の機能を実現させる。なお、上述の機能の一部は、アプリケーションプログラムでなく、オペレーションシステムによって実現されていても良い。

25

なお、この発明において、「コンピュータ読み取り可能な記録媒体」とは、フ

レキシブルディスクやCD-ROM、DVDのような携帯型の記録媒体に限らず、各種のRAMやROM等のコンピュータ内の内部記憶装置や、ハードディスク等のコンピュータに固定されている外部記憶装置も含んでいる。

- 5 また、コンピュータプログラム製品は、様々な態様で実現することができる。
たとえば、以下のような態様である。

(i) コンピュータ読み取り可能な記録媒体。たとえば、フレキシブルディスク、光ディスク、半導体メモリなど。

(ii) コンピュータプログラムを含み、搬送波内で具現化されたデータ信号。

- 10 (iii) 磁気ディスクや半導体メモリなどのコンピュータ読み取り可能な記録媒体を含むコンピュータ。

(iv) データ搬送はを介してメモリ内に一時的にコンピュータプログラムを格納しているコンピュータ。

- 15 以上では、本願発明をその好ましい例示的な実施態様を参照して詳細に説明した。しかし、本願発明は、以上で説明した実施態様や構成に限定されるものではない。そして、本願発明は、様々な変形や均等な構成を含むものである。
さらに、開示された発明の様々な要素は、様々な組み合わせおよび構成で開示されたが、それらは例示的な物であり、各要素はより多くてもよく、また少なくてもよい。そして、要素は一つであってもよい。それらの態様は本願発明の
20 範囲に含まれるものである。

産業上の利用可能性

- 本発明は、質量流量制御装置、質量流量制御装置の補正方法、質量流量制御
25 における補正方法などに適用可能である。

請求の範囲

1. 流路を流れるガスの流量を制御する方法であって、

(a) 流路を流れるガスの質量流量の目標値である目標流量と、前記流路を流れるガスの検出された質量流量である検出流量と、に基づいて前記流路を流れるガスの流量をフィードバック制御する流量制御装置を準備する工程と、

(b) 互いに異なる質量流量にそれぞれ対応づけられた複数の制御パラメータを含む制御データを、前記流路を流れる前記ガスの種類に応じて準備する工程と、

(c) 前記流量制御装置を使用して、前記制御データを参照しつつ、前記複数の制御パラメータのうち前記目標流量と前記検出流量との少なくとも一方に基づいて決定される制御パラメータと、前記目標流量と、前記検出流量と、に基づいて前記流路を流れるガスの流量を制御する工程と、を備える、方法。

2. 請求項1記載の方法であって、

前記工程(b)は、

(b1) 互いに異なる質量流量にそれぞれ対応づけられた複数の第1の特性パラメータであって、所定の基準ガスの使用を前提とした前記準備した流量制御装置の特性を反映した複数の第1の特性パラメータを含む第1の特性データを準備する工程と、

(b2) 互いに異なる質量流量にそれぞれ対応づけられた複数の第2の特性パラメータであって、前記流量制御装置の基準の特性を前提とした前記ガスの種類に応じた特性を反映した複数の第2の特性パラメータを含む第2の特性データを準備する工程と、

(b3) 前記第1および第2の特性データを参照しつつ、前記第1および第2の特性パラメータに基づいて前記制御パラメータを生成することによって、前記制御データを生成する工程と、を含む方法。

3. 請求項2記載の方法であって、

前記工程(b1)は、

(b4) 前記流量制御装置に前記目標流量を入力する工程と、

5 (b5) 前記流路内に前記基準ガスを流通させ、前記流量制御装置に、前記制御パラメータを使用せずに前記基準ガスの流量を制御させる工程と、

(b6) 前記検出流量を得る工程と、

(b7) 前記入力した目標流量と、前記得られた検出流量と、に基づいて、前記第1の特性パラメータを生成する工程と、

10 (b8) 異なる前記目標流量について前記工程(b4)から(b7)を繰り返すことによって、前記複数の第1の特性パラメータを生成する工程と、を含む、方法。

4. 請求項3に記載の方法であって、

15 前記工程(b2)は、

(b9) 基準流路を流れるガスの質量流量の目標値である基準目標流量と、前記基準流路を流れる前記ガスの検出された質量流量である基準検出流量と、に基づいて前記基準流路を流れるガスの流量をフィードバック制御する基準流量制御装置を準備する工程と、

20 (b10) 前記基準流量制御装置に前記基準目標流量を入力する工程と、

(b11) 前記基準流路内に前記基準ガスとは異なるガスを流通させ、前記基準流量制御装置に前記ガスの流量を制御させる工程と、

(b12) 前記基準検出流量を得る工程と、

25 (b13) 前記入力した基準目標流量と、前記得られた基準検出流量と、に基づいて、前記第2の特性パラメータを生成する工程と、

(b14) 異なる前記基準目標流量について前記工程(b10)から(b13)

を繰り返すことによって、前記複数の第2の特性パラメータを生成する工程と、を含む、方法。

5. 請求項4記載の流量制御装置であって、

5 前記工程(b2)は、さらに、

(b15) 前記工程(b10)から(b14)の前に、前記基準流量制御装置について前記工程(b1)を実行して、前記基準流量制御装置に関する前記第1の特性データを準備する工程を含み、

前記工程(b11)は、

10 前記基準流量制御装置に、前記基準流量制御装置に関する前記第1の特性パラメータを使用して、前記ガスの流量を制御させる工程を含む、方法。

6. 請求項4記載の流量制御装置であって、

前記工程(b2)は、

15 (b16) 複数種類のガスについて前記工程(b14)を実行することにより、前記複数種類のガスに関する複数の前記第2の特性データを生成する工程を含み、

前記工程(b3)は、

(b17) 前記工程(a)で準備した前記流量制御装置が制御するガスの種類
20 に応じて、前記複数の第2の特性データの中から一部の第2の特性データを、前記参照すべき第2の特性データとして選択する工程を含む、方法。

7. 請求項4記載の流量制御装置であって、

前記工程(b2)は、さらに、

25 (b18) 前記工程(b14)で生成した複数の第2の特性パラメータの一部をそれぞれ含む複数の前記第2の特性データであって、それぞれが含む前記第

2 の特性パラメータを生成する際の前記基準目標流量の範囲が互いに異なる複数の前記第 2 の特性データを生成する工程を含み、

前記工程 (b 3) は、

(b 1 9) 前記工程 (a) で準備した前記流量制御装置が制御するガスの流量の範囲に応じて、前記複数の第 2 の特性データの中から一部の第 2 の特性データを、前記参照すべき第 2 の特性データとして選択する工程を含む、方法。

8. 請求項 2 ないし 7 のいずれかに記載の方法であって、

前記工程 (b 1) は、

10 前記第 1 の特性データを前記工程 (a) で準備した前記流量制御装置の第 1 の記憶部に格納する工程を備え、

前記工程 (b 2) は、さらに、

前記第 2 の特性データを前記第 1 の記憶部よりも交換またはデータの書き換えが容易である第 2 の記憶部に格納する工程を備え、

15 前記工程 (b 3) は、さらに、

前記第 1 の記憶部から前記第 1 の特性データを読み出し、

前記第 2 の記憶部から前記第 2 の特性データを読み出す工程を含む、方法。

20 9. 請求項 1 ないし 8 のいずれかに記載の流量制御装置であって、

前記工程 (c) は、

前記複数の制御パラメータのうち前記検出流量と前記目標流量の少なくとも一方に基づいて決定される制御パラメータと、前記目標流量と、に基づいて修正目標流量を生成する工程と、

25 前記修正目標流量と、前記検出流量と、に基づいて前記流路を流れるガスの流量をフィードバック制御する工程と、を含む方法。

10. 請求項1ないし8のいずれかに記載の流量制御装置であって、
前記工程(c)は、

前記複数の制御パラメータのうち前記検出流量と前記目標流量の少なくとも一方に基づいて決定される制御パラメータと、前記検出流量と、に基づいて修正検出流量を生成する工程と、

前記目標流量と、前記修正検出流量と、に基づいて前記流路を流れるガスの流量をフィードバック制御する工程と、を含む方法。

10 11. 流路に流れるガスの質量流量を検出して流量信号を出力する質量流量検出手段と、弁開度を変えることによって質量流量を制御する流量制御弁機構と、外部から入力される流量設定信号と前記流量信号とに基づいて前記流量制御弁機構を制御する制御部とを有する質量流量制御装置において、

前記質量流量制御装置の初期状態において、校正ガスを用いて前記流量設定
15 信号に対する実流量を計測することによって校正ガス特性データを求め、前記制御部に記憶し、

複数種類の実ガス毎に前記流量設定信号に対する実流量を計測することによって実ガス特性データを求め、記憶媒体に保存し、

前記質量流量制御装置を稼働する前に、実際に使用する実使用ガスの実ガス
20 特性データを前記記憶媒体から読み出し、また、前記制御部に記憶した前記校正ガス特性データを読み出し、前記実ガス特性データを元に前記校正ガス特性データを制御流量補正データに変換し、

前記制御流量補正データに基づいて実ガス流量を補正することを特徴とする流量制御補正方法。

25

12. 前記実ガス特性データは、互いに異なる複数の流量レンジについて

て生成され、それぞれ前記記憶媒体に保存され、

実際に稼働する質量流量制御装置のフルスケール流量に合わせて、使用される流量レンジのフルスケール流量を補正する

ことを特徴とする請求項 1 に記載の質量流量制御装置の流量制御補正方法。

5

1 3. 流路を流れるガスの流量を制御するための流量制御装置であって、
流路を流れるガスの質量流量を検出流量として検出する流量検出部と、
前記流路を流れるガスの流量を制御する流量変更部と、

前記流路を流れるガスの質量流量の目標値である目標流量と、前記検出流量
10 と、に基づいて前記流量変更部をフィードバック制御する制御部と、を備え、
前記制御部は、

前記流路を流れるガスの種類に応じて準備される制御データであって、
互いに異なる質量流量にそれぞれ対応づけられた複数の制御パラメータを含む
制御データを参照しつつ、前記複数の制御パラメータのうち前記目標流量と前
15 記検出流量との少なくとも一方に基づいて決定される制御パラメータを使用し
て前記流量変更部を制御する、流量制御装置。

1 4. 請求項 1 3 記載の流量制御装置であって、

前記流量検出部は、前記流路を流れるガスの少なくとも一部によって移動さ
20 れる熱量に基づいて、前記ガスの質量流量を検出する、流量制御装置。

1 5. 請求項 1 3 記載の流量制御装置であって、

前記流量検出部は、前記流路内の異なる位置における前記ガスの圧力に基づ
いて、前記ガスの質量流量を検出する、流量制御装置。

25

1 6. 請求項 1 3 記載の流量制御装置であって、

前記制御データは、個々の前記流量制御装置に応じて準備されたデータである、流量制御装置。

17. 請求項16記載の流量制御装置であって、さらに、

5 前記制御データを生成する制御データ生成部を備え、

前記制御データ生成部は、

互いに異なる質量流量にそれぞれ対応づけられた複数の第1の特性パラメータであって、基準となる所定のガスの使用を前提とした前記個々の流量制御装置の特性を反映した複数の第1の特性パラメータを含む第1の特性データ
10 と、

互いに異なる質量流量にそれぞれ対応づけられた複数の第2の特性パラメータであって、前記流量制御装置の基準の特性を前提とした前記ガスの種類の特性を反映した複数の第2の特性パラメータを含む第2の特性データと、を参照しつつ、

15 前記第1および第2の特性パラメータに基づいて前記制御パラメータを生成することによって、前記制御データを生成する、流量制御装置。

18. 請求項17記載の流量制御装置であって、

前記第2の特性データは、前記第2の特性データの候補であり、複数の前記
20 第2の特性パラメータをそれぞれが格納する複数のデータであって、互いに異なる種類の前記ガスの特性を反映した複数のデータの中から選択されたデータである、流量制御装置。

19. 請求項17記載の流量制御装置であって、

25 前記第2の特性データは、前記第2の特性データの候補であり、複数の前記第2の特性パラメータをそれぞれが格納する複数のデータであって、それぞれ

が格納する前記第 2 の特性パラメータの質量流量の範囲が互いに異なる複数のデータの中から選択されたデータである、流量制御装置。

20. 請求項 17 記載の流量制御装置であって、

5 前記第 1 の特性データを格納する第 1 の記憶部と、

前記第 2 の特性データを格納する第 2 の記憶部であって、前記第 1 の記憶部よりも交換またはデータの書き換えが容易である第 2 の記憶部と、を備える流量制御装置。

10 21. 請求項 13 ないし 20 記載の流量制御装置であって、

前記制御部は、

前記複数の制御パラメータのうち前記検出流量と前記目標流量の少なくとも一方に基づいて決定される制御パラメータと、前記目標流量と、に基づいて修正目標流量を生成し、

15 前記修正目標流量と、前記検出流量と、に基づいて前記流量変更部を制御する、流量制御装置。

22. 請求項 13 ないし 20 記載の流量制御装置であって、

前記制御部は、

20 前記複数の制御パラメータのうち前記検出流量と前記目標流量の少なくとも一方に基づいて決定される制御パラメータと、前記検出流量と、に基づいて修正検出流量を生成し、

前記目標流量と、前記修正検出流量と、に基づいて前記流量変更部を制御する、流量制御装置。

25

23. 流路を流れるガスの流量を制御するためのコンピュータプログラム

であって、

流路を流れるガスの質量流量の目標値である目標流量と、前記流路を流れる前記ガスの検出された質量流量である検出流量と、に基づいて前記流路を流れるガスの流量をフィードバック制御する流量制御装置に、

- 5 前記流路を流れる前記ガスの種類に応じて準備される制御データであって、互いに異なる質量流量にそれぞれ対応づけられた複数の制御パラメータを含む制御データを参照しつつ、前記複数の制御パラメータのうち前記目標流量と前記検出流量との少なくとも一方に基づいて決定される制御パラメータを使用して前記流量変更部を制御する機能を実現させる、コンピュータプログラム。

10

24. 流路を流れるガスの流量を制御するためのコンピュータプログラム製品であって、

前記コンピュータプログラム製品は、

コンピュータ読み取り可能な媒体と、

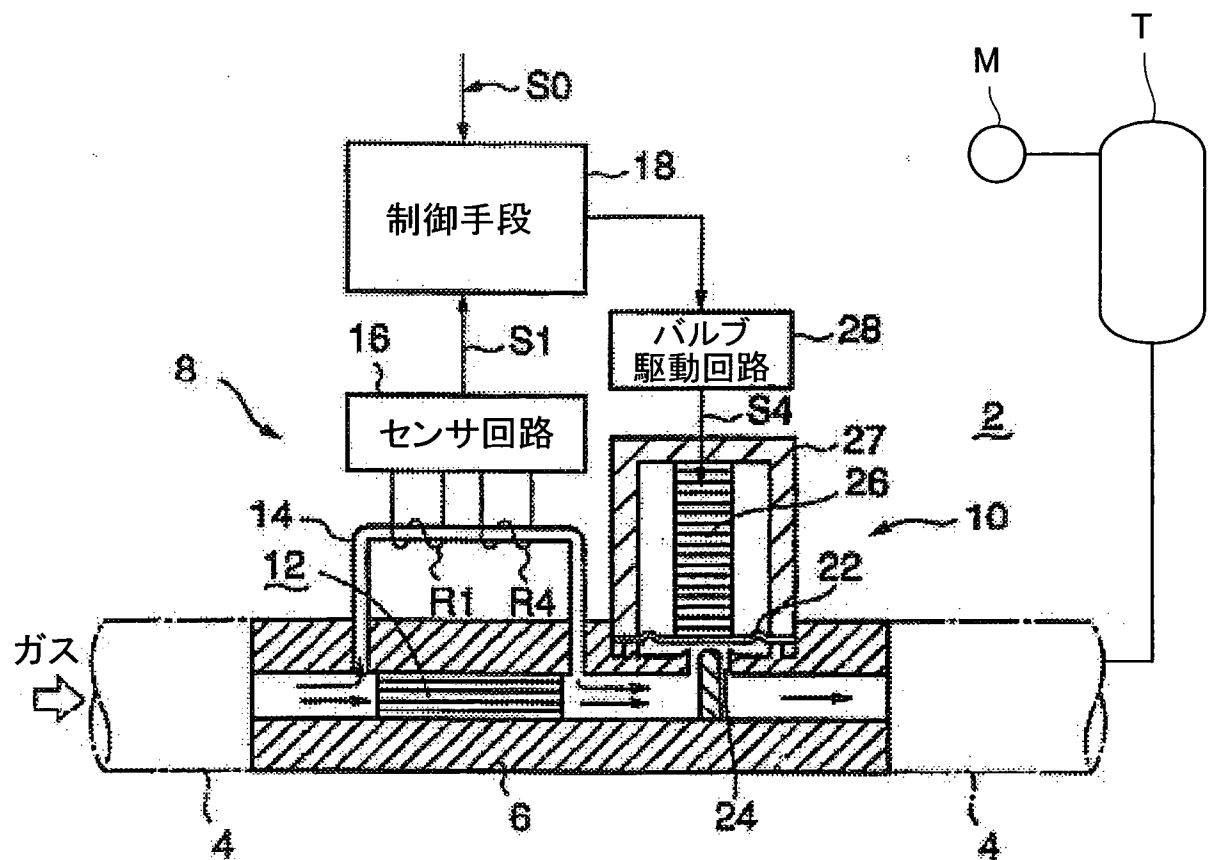
- 15 前記媒体に記録されたコンピュータプログラムと、を含み、

前記コンピュータプログラムは、

- 20 流路を流れるガスの質量流量の目標値である目標流量と、前記流路を流れる前記ガスの検出された質量流量である検出流量と、に基づいて前記流路を流れるガスの流量をフィードバック制御する流量制御装置に、前記流路を流れる前記ガスの種類に応じて準備される制御データであって、互いに異なる質量流量にそれぞれ対応づけられた複数の制御パラメータを含む制御データを参照しつつ、前記複数の制御パラメータのうち前記目標流量と前記検出流量との少なくとも一方に基づいて決定される制御パラメータを使用して前記流量変更部を制御する機能を実現させる部分を含む、コンピュータプログラム製品。

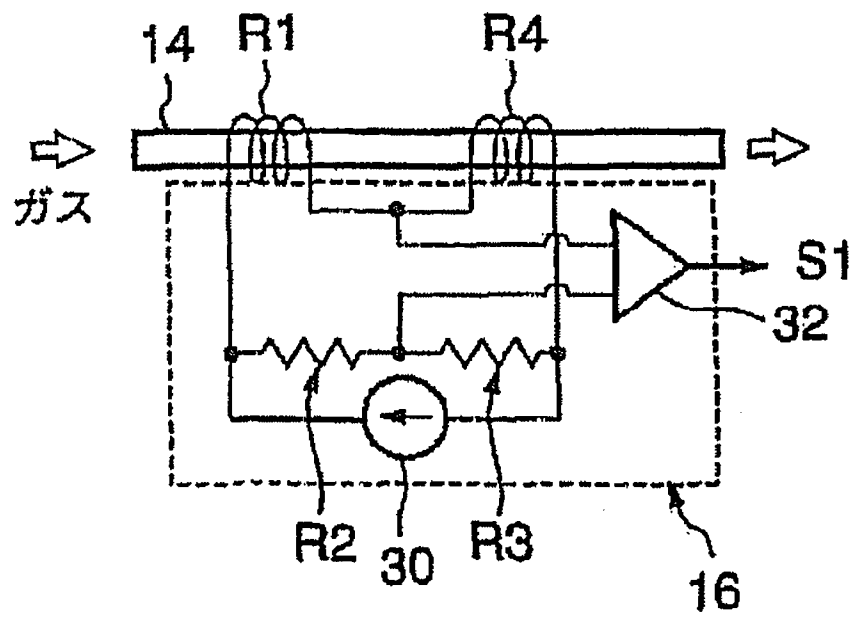
1/15

図 1



2/15

図 2



3/15

図 3A

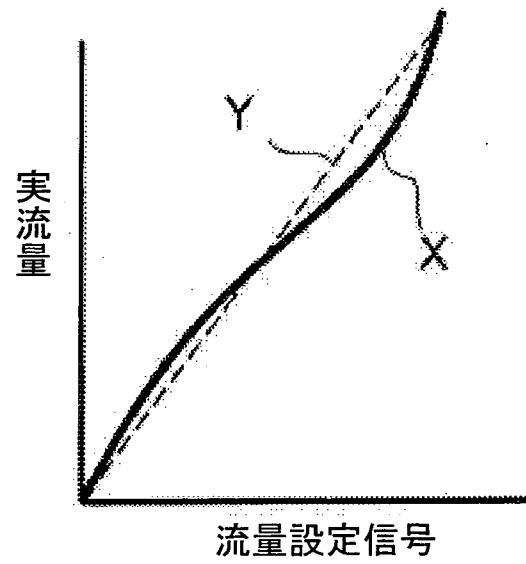


図 3B

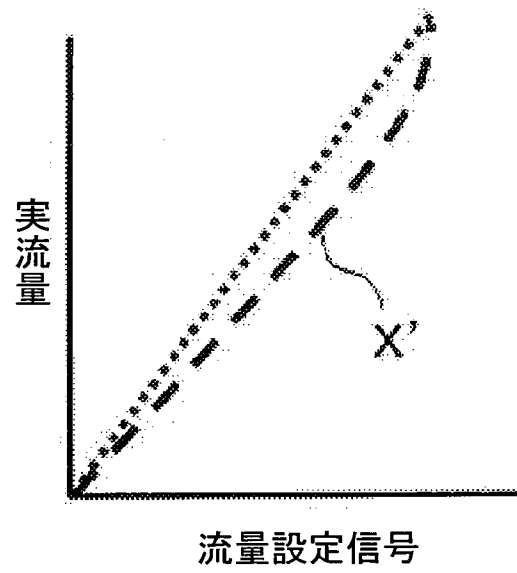
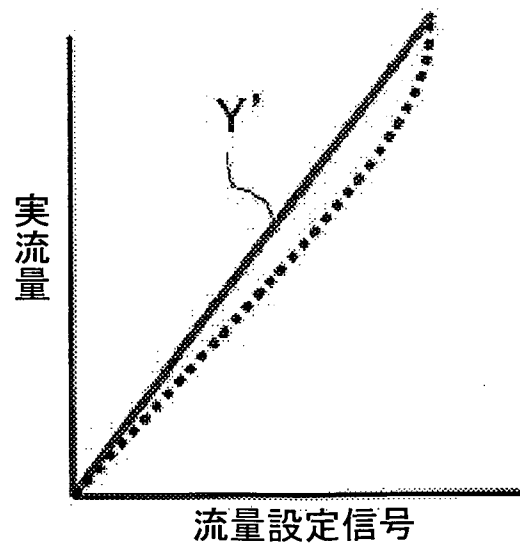


図 3C



4/15

図 4

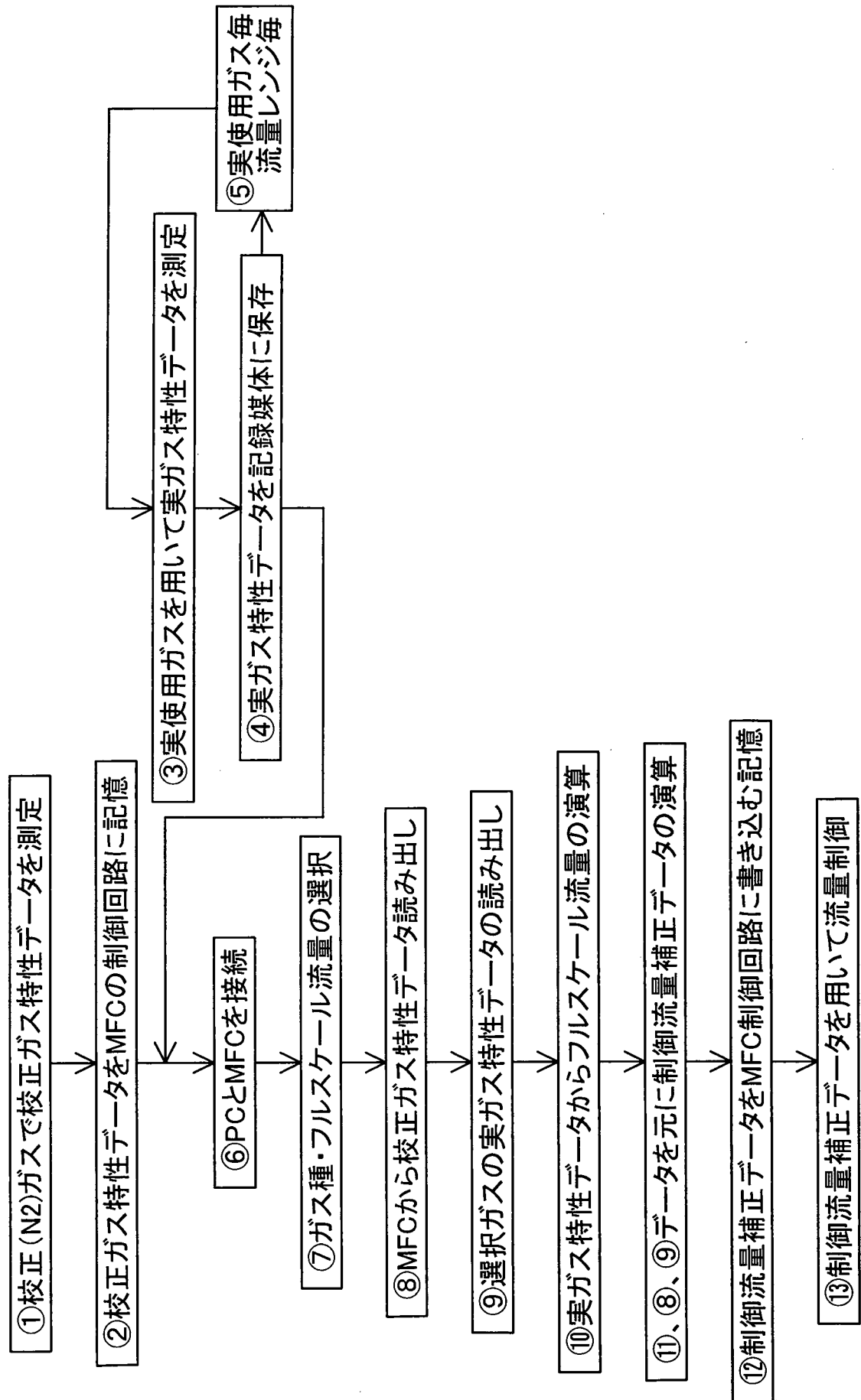
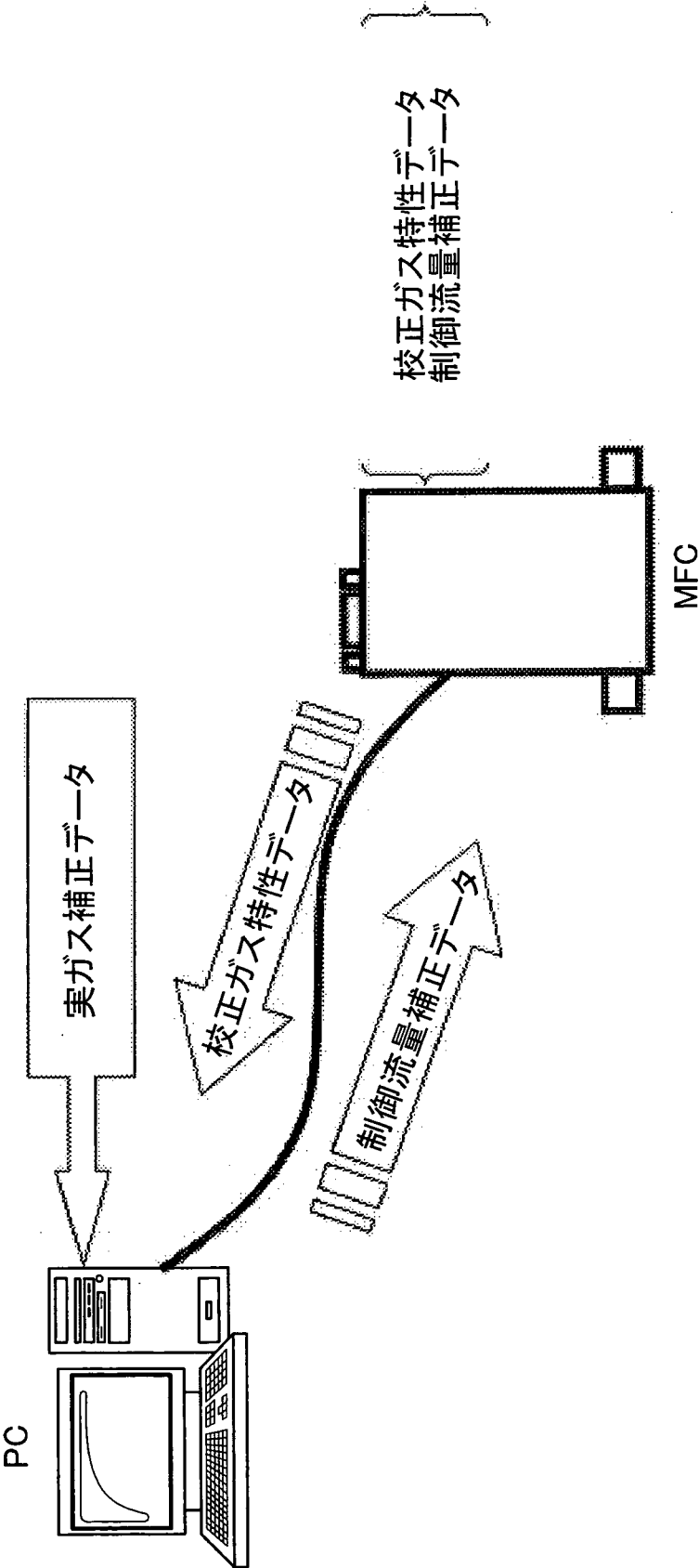


図 5



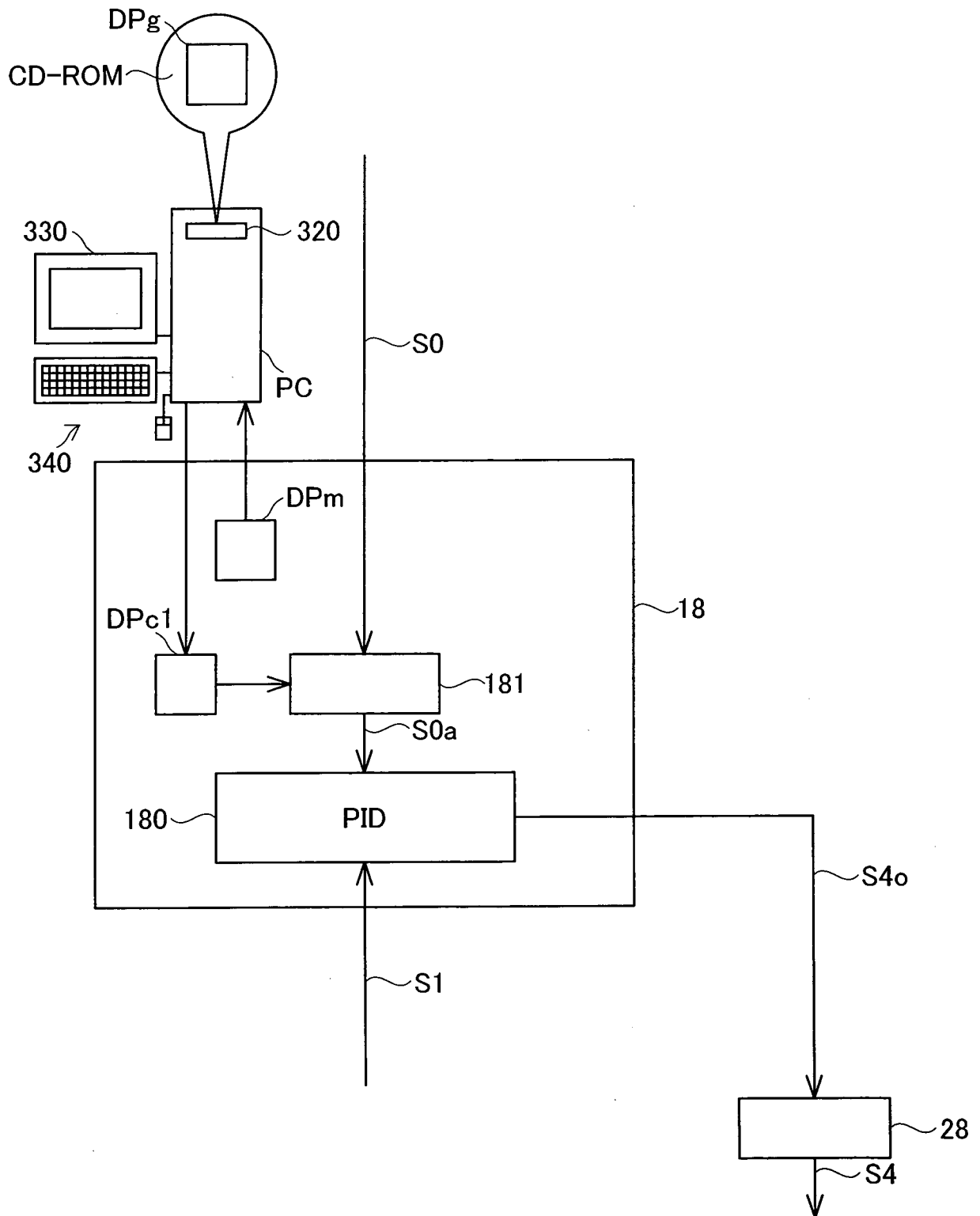
6/15

図 6

MFCの 機種No.	フルスケール流量 (N2ガス)[SCCM]
1	～ 5
2	～ 10
3	～ 20
4	～ 50
5	～ 100
6	～ 200
7	～ 500
8	～ 1,000
9	～ 2,000
10	～ 5,000
11	～ 10,000
12	～ 20,000
13	～ 50,000

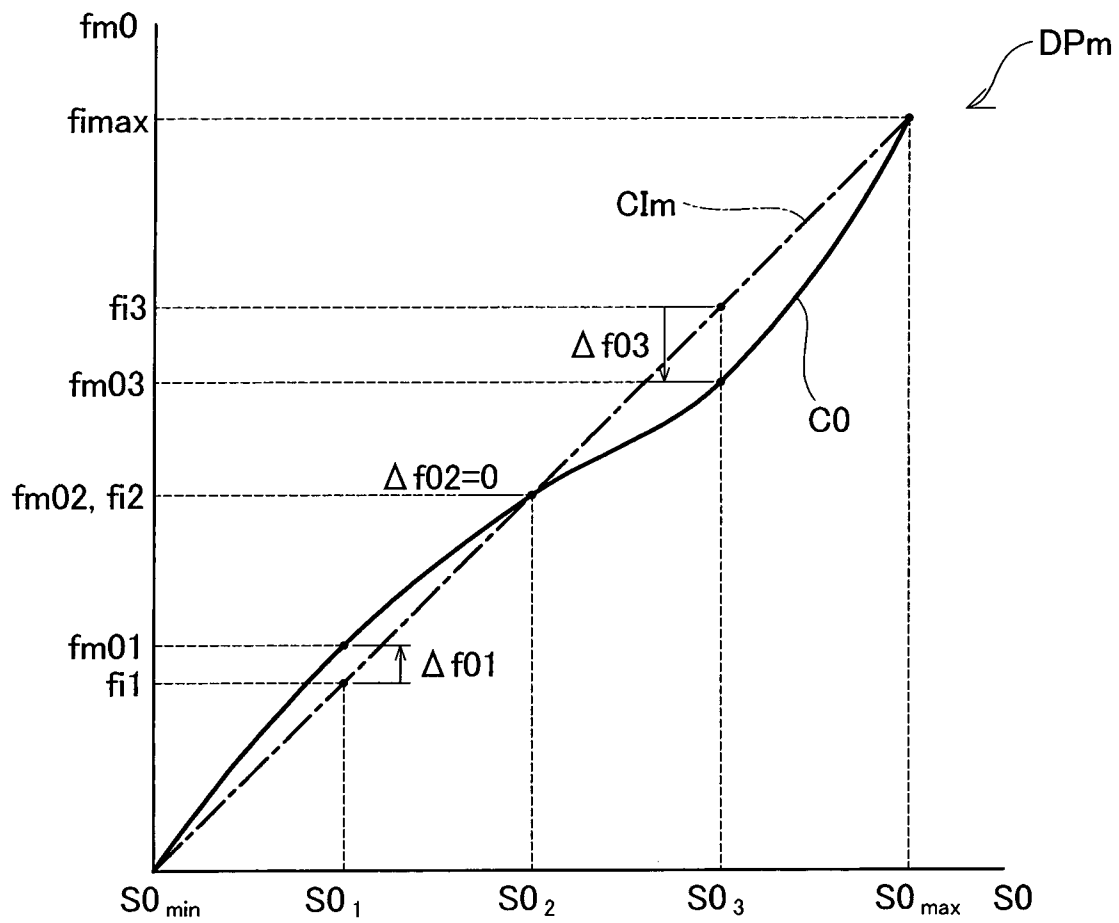
7/15

図 7



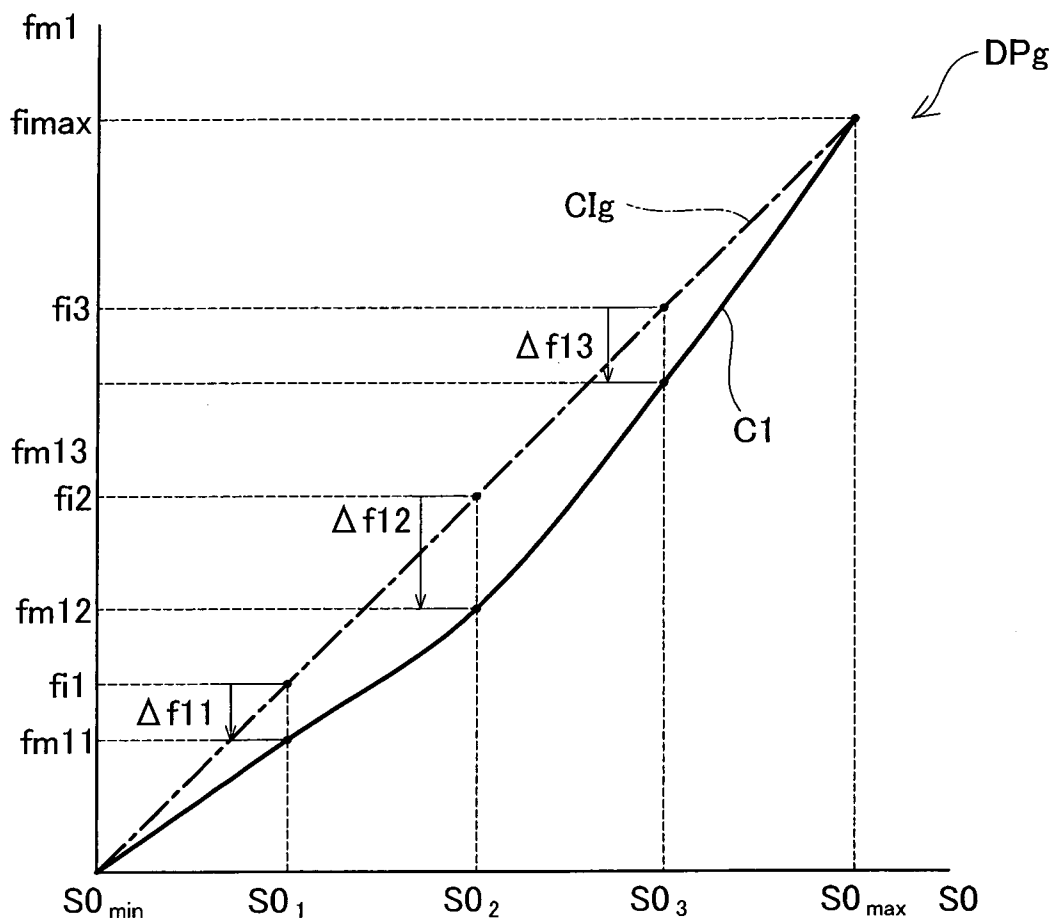
8/15

図 8



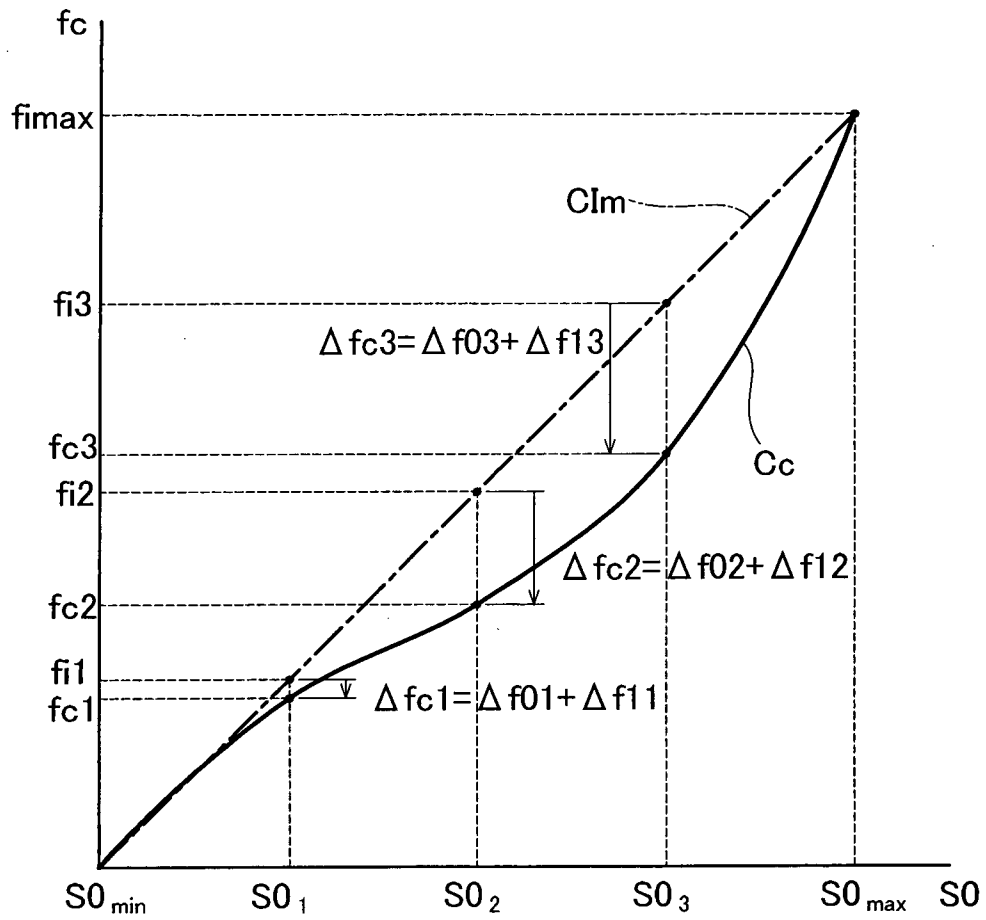
9/15

図 9



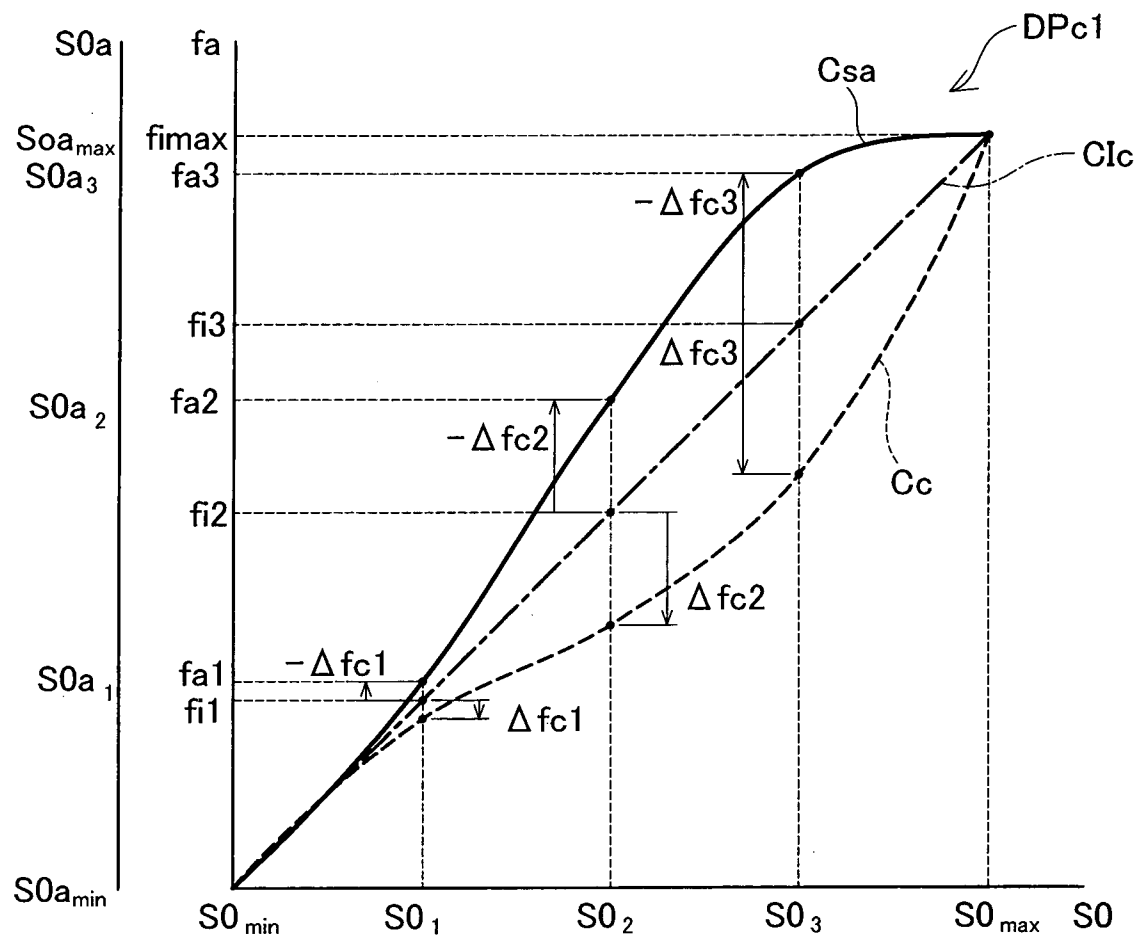
10/15

図 10



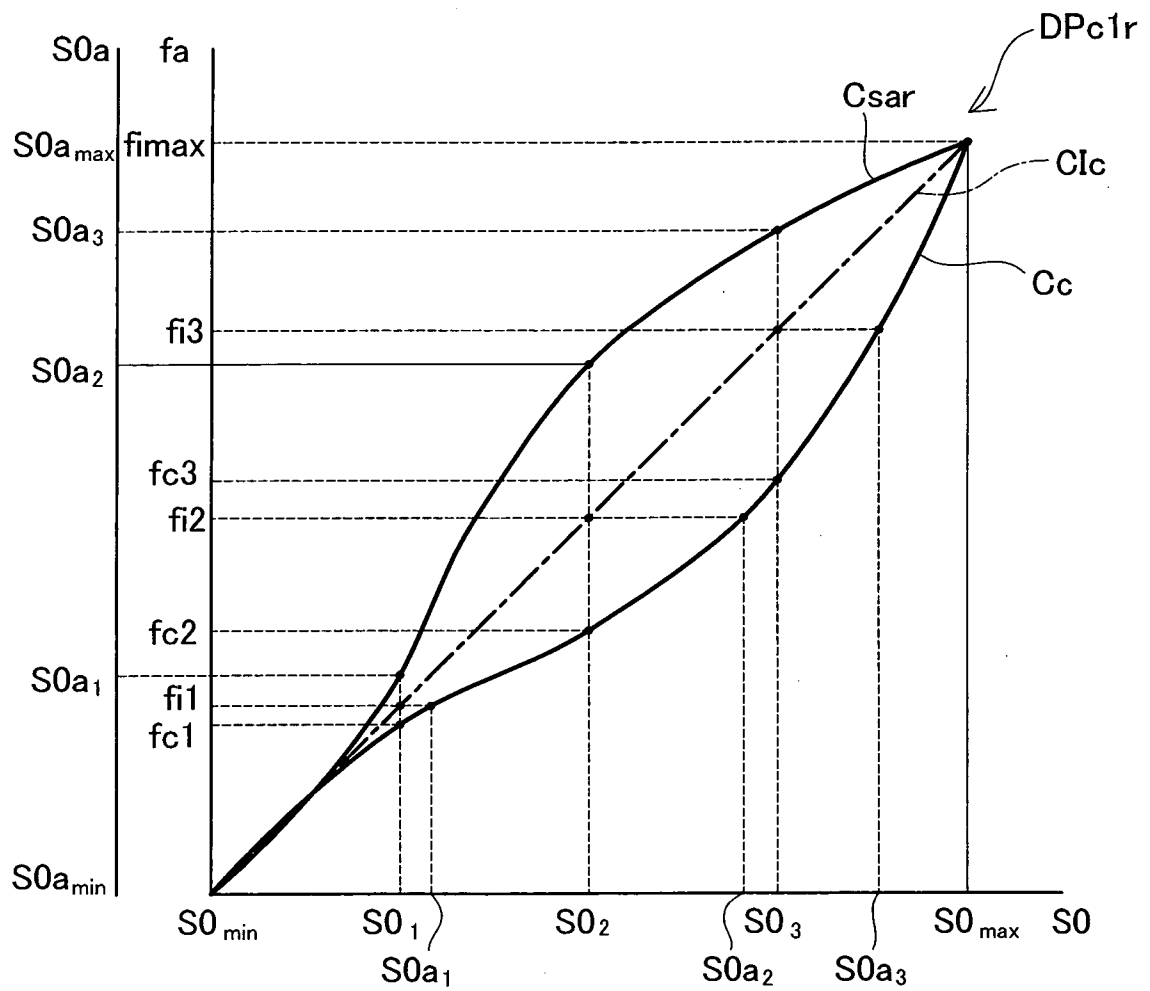
11/15

図 11



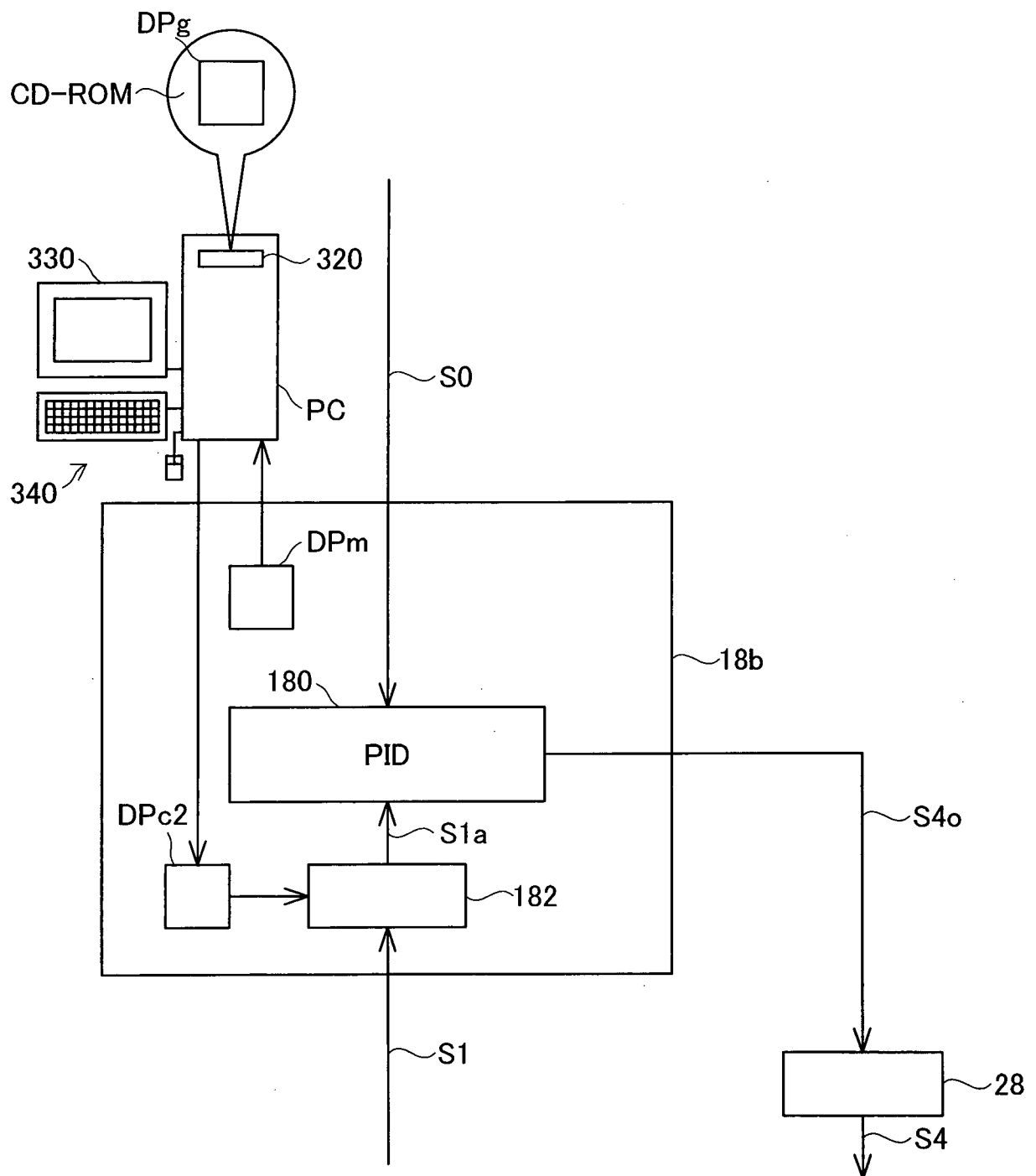
12/15

図 12



13/15

図 13



14/15

図 14

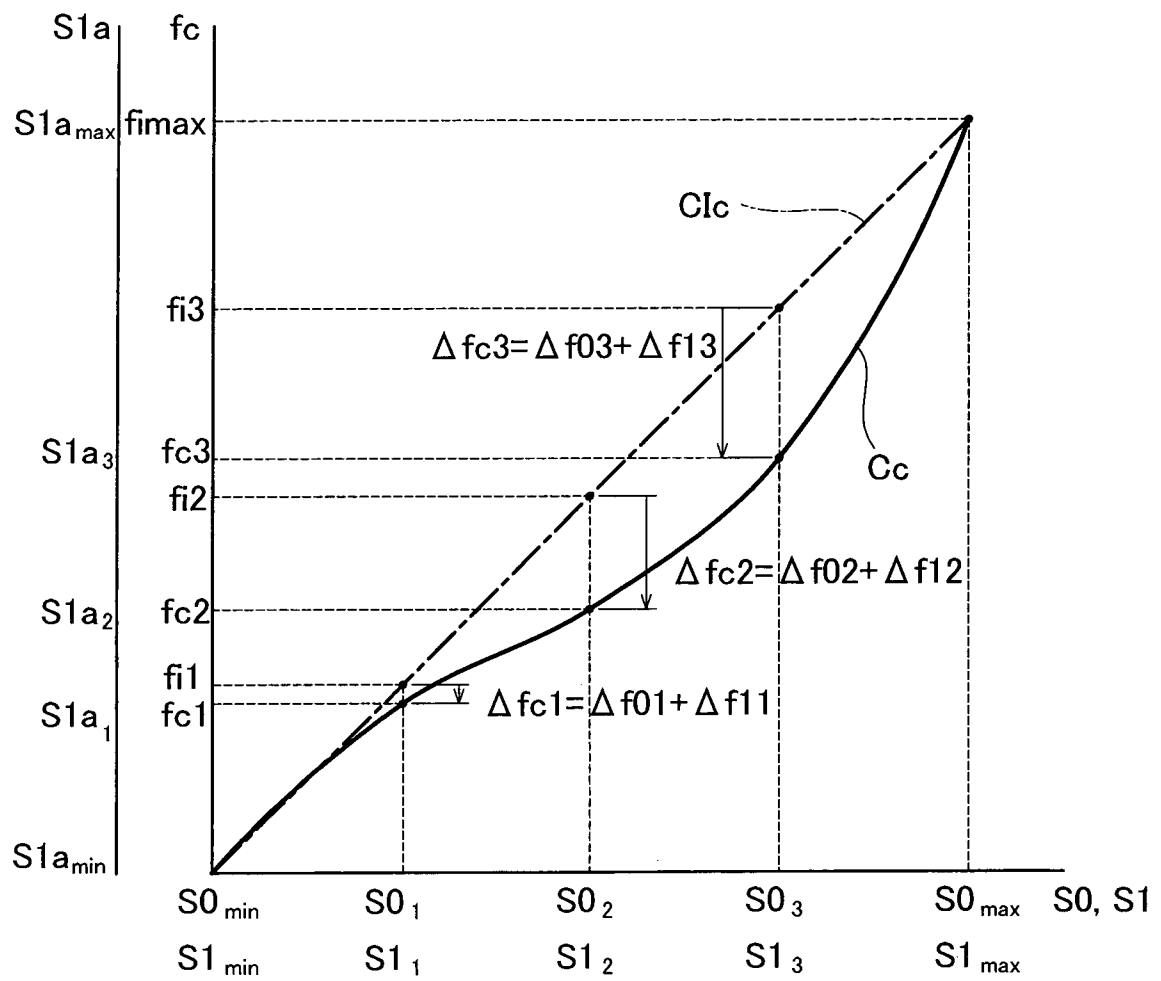
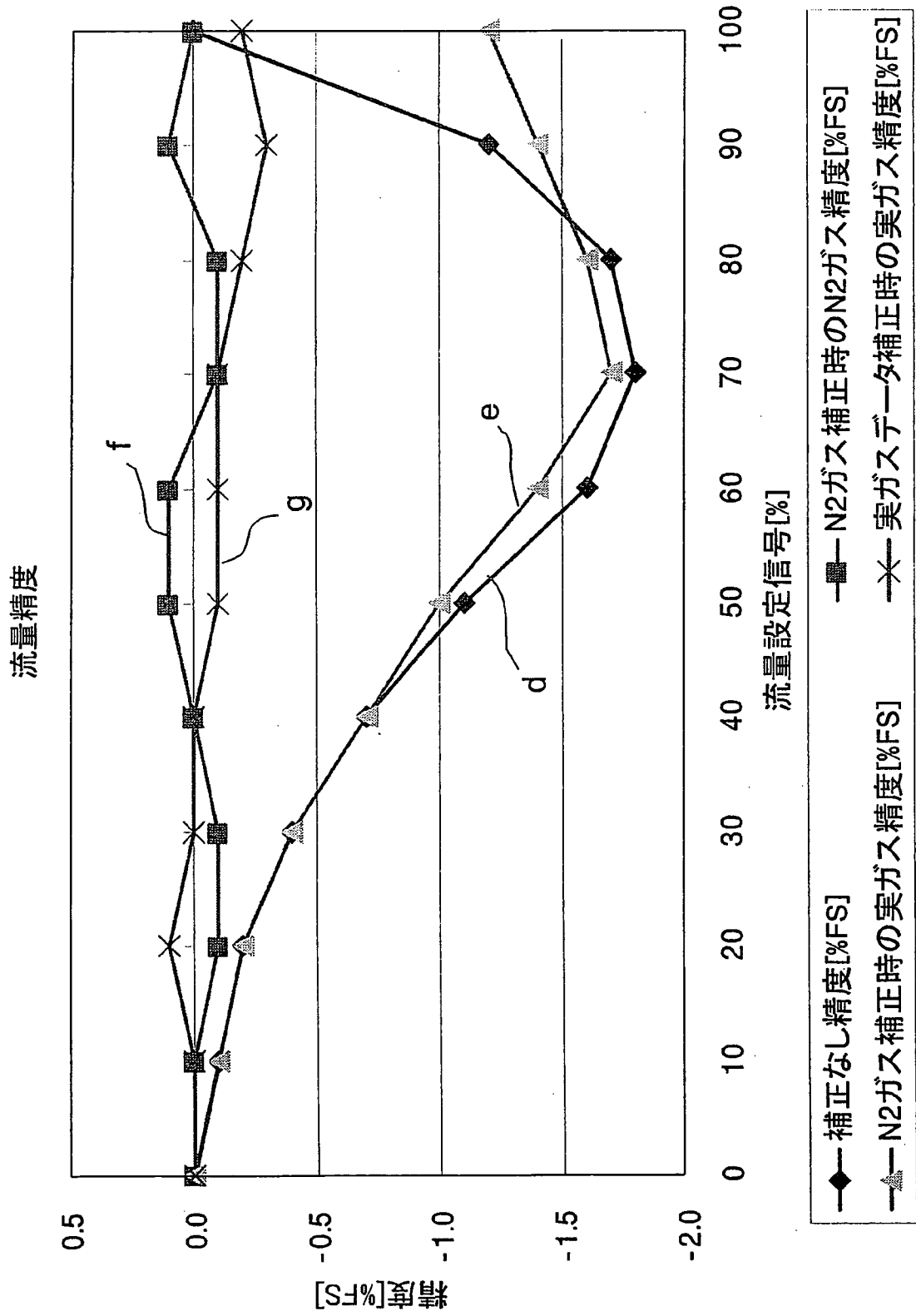


図 15



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2007/065577

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G05D7/06(2006.01)i, G01F1/00(2006.01)i, G01F1/68(2006.01)n

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, G01F1/00, G01F1/68

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 1996-2007

Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2007 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2007

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.
Y	JP 8-335118 A (Hitachi Metals, Ltd.), 17 December, 1996 (17.12.96), Par. Nos. [0019], [0023], [0024], [0027], [0028], [0040]; Fig. 4 (Family: none)	1-24
Y	JP 2000-322130 A (Fujikin Inc.), 24 November, 2000 (24.11.00), Par. Nos. [0011], [0017], [0018], [0022], [0023] & US 2001/0004903 A1 & US 6820632 B2 & US 2004/0154664 A1 & EP 1096351 A1 & WO 2000/063756 A1 & TW 000445401 B	1-24



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
04 September, 2007 (04.09.07)

Date of mailing of the international search report
18 September, 2007 (18.09.07)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2007/065577

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 2002-372443 A (SMC Corp.), 26 December, 2002 (26.12.02), Par. Nos. [0012], [0013], [0041] to [0047] & US 6671584 B2 & US 2002/0193911 A1 & DE 010224637 A	1-24
A	JP 2004-199245 A (CKD Corp.), 15 July, 2004 (15.07.04), Par. Nos. [0011] to [0014], [0021], [0047] (Family: none)	1-24

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, G01F1/00(2006.01)i, G01F1/68(2006.01)n			
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, G01F1/00, G01F1/68			
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 日本国公開実用新案公報 日本国実用新案登録公報 日本国登録実用新案公報 1 9 2 2－1 9 9 6 年 1 9 7 1－2 0 0 7 年 1 9 9 6－2 0 0 7 年 1 9 9 4－2 0 0 7 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 請求の範囲の番号
Y	JP 8-335118 A（日立金属株式会社）1996.12.17, 段落【0019】、【0023】、【0024】、【0027】、 【0028】、【0040】、第4図（ファミリーなし）		1-24
Y	JP 2000-322130 A（株式会社フジキン）2000.11.24, 段落【0011】、【0017】、【0018】、【0022】、 【0023】 & US 2001/0004903 A1 & US 6820632 B2 & US 2004/0154664 A1 & EP 1096351 A1 & WO 2000/063756 A1 & TW 000445401 B		1-24
☒ 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 0 4 . 0 9 . 2 0 0 7		国際調査報告の発送日 1 8 . 0 9 . 2 0 0 7	
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） 岡澤 洋 電話番号 03-3581-1101 内線 3324	3 U 3 9 3 6

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 請求の範囲の番号
A	JP 2002-372443 A (エスエムシー株式会社) 2002. 12. 26, 段落【0012】、【0013】、【0041】－【0047】 & US 6671584 B2 & US 2002/0193911 A1 & DE 010224637 A	1-24
A	JP 2004-199245 A (シーケーディ株式会社) 2004. 07. 15, 段落【0011】－【0014】、【0021】、【0047】 (ファミリーなし)	1-24