

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5175965号
(P5175965)

(45) 発行日 平成25年4月3日(2013.4.3)

(24) 登録日 平成25年1月11日(2013.1.11)

(51) Int.Cl. F 1
G 0 5 D 7/06 (2006.01) G 0 5 D 7/06 Z

請求項の数 1 (全 11 頁)

(21) 出願番号	特願2011-219478 (P2011-219478)	(73) 特許権者	504157024 国立大学法人東北大学 宮城県仙台市青葉区片平二丁目1番1号
(22) 出願日	平成23年10月3日(2011.10.3)	(73) 特許権者	000219967 東京エレクトロン株式会社 東京都港区赤坂五丁目3番1号
(62) 分割の表示	特願2005-185845 (P2005-185845) の分割	(73) 特許権者	390033857 株式会社フジキン 大阪府大阪市西区立売堀2丁目3番2号
原出願日	平成17年6月27日(2005.6.27)	(74) 代理人	100082474 弁理士 杉本 丈夫
(65) 公開番号	特開2012-33188 (P2012-33188A)	(74) 代理人	100129540 弁理士 谷田 龍一
(43) 公開日	平成24年2月16日(2012.2.16)		
審査請求日	平成23年11月1日(2011.11.1)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 流量レンジ可変型流量制御装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

オリフィス上流側圧力 P_1 及びオリフィス下流側圧力 P_2 の少なくともオリフィス上流側圧力 P_1 を用いて、オリフィスを流通する流体の流量を $Q_c = K P_1$ (K は比例定数) 又は $Q_c = K P_2^m (P_1 - P_2)^n$ (K は比例定数、 m と n は定数) として演算するようにした圧力式流量制御装置において、当該圧力式流量制御装置の第一のバルブの下流側と流体供給用管路との間の流体通路を二つの並列状の流体通路とし、前記第一のバルブと前記並列状の流体通路との間の流体通路の流体圧力を前記オリフィス上流側圧力 P_1 として検出する圧力センサを設け、前記並列状の流体通路の一方の流体通路には第二のバルブと該第二のバルブ下流側の第一のオリフィスとを設け、前記並列状の流体通路の他方の流体通路にはバルブを設けずに第二のオリフィスを設け、前記一方の流体通路は、前記第二のバルブの開閉によって制御され、前記第一のオリフィスへ大流量域の流体を流通させ、前記他方の流体通路は常時連通され、前記第二のオリフィスへ小流量域の流体を流通させる構成とすると共に、前記第二のバルブの開放制御時には、前記第一のオリフィスによる制御流量 $Q_c = K_c P_1$ (但し、 K_c は第一のオリフィスに固有の定数) と第二のオリフィスによる制御流量 $Q_s = K_s P_1$ (但し K_s は第二のオリフィスに固有の定数) との和として流量を演算するか、若しくは、前記第一のオリフィスによる制御流量 $Q_c = K_c P_2^m (P_1 - P_2)^n$ (但し、 K_c は第一のオリフィスに固有の定数) と第二のオリフィスによる制御流量 $Q_c = K_s P_2^m (P_1 - P_2)^n$ (但し K_s は第二のオリフィスに固有の定数) との和として流量を演算する構成としたことを特徴とする流量レンジ可変型圧力式流量

10

20

制御装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、半導体製造設備や化学産業設備、薬品産業設備、食品産業設備等の流体供給系の流量制御装置に関するものであり、特に圧力式流量制御装置や熱式質量流量制御装置に於いて、流量制御範囲の拡大と高い制御精度の維持の両方を容易に達成できるようにした流量レンジ可変型流量制御装置に関するものである。

【背景技術】

【0002】

半導体製造装置等で使用される流量制御装置には、高い流量制御精度が要求されるだけでなく、その流量制御範囲についても相当大きな制御範囲が要求されることになる。

【0003】

一方、流量制御範囲が大きくなると、必然的に低流量域に於ける制御精度が低下することになり、流量制御装置に設けた測定値の補正機能だけでは低流領域に於ける制御精度の低下をカバーしきれなくなると云う問題がある。

【0004】

そのため、一般的には、要求される流量制御範囲に対応して流量制御域を複数域、例えば大流量域と中流量域と小流量域に分割し、各流量域の流量制御を分担する3組の流量制御装置を並列的に設けることにより、広い流量制御範囲に亘って高い流量制御精度が維持されるようにしている。

【0005】

しかし、流量制御範囲の異なる装置を複数組並列的に設けるシステムでは、設備費の高騰が不可避となり、設備費の低減が図れないうえ、流量制御装置の切替操作に手を要すると云う問題がある。

【0006】

また、半導体製造設備等においては、従前の熱式質量流量制御装置に替えて圧力式流量制御装置が多く利用されだしている。

【0007】

圧力式流量制御装置は構造が簡素であるだけでなく、応答性や制御精度、制御の安定性、製造コスト、メンテナンス性等の点でも優れた特性を具備しており、更に、熱式質量流量制御装置とも簡単に交換することができるからである。

【0008】

図7(a)及び図7(b)は、前記従前の圧力式流量制御装置FCSの基本構成の一例を示すものであり、コントロール弁2、圧力検出器6、27、オリフィス8、流量演算回路13、31、流量設定回路14、演算制御回路16、流量出力回路12等から圧力式流量制御装置FCSの要部が形成されている。

【0009】

尚、図7(a)及び図7(b)において、3はオリフィス上流側配管、4は弁駆動部、5はオリフィス下流側配管、9はバルブ、15は流量変換回路、10、11、22、28は増幅器、7は温度検出器、17、18、29はA/D変換器、19は温度補正回路、20、30は演算回路、21は比較回路、Qcは演算流量信号、Qfは切替演算流量信号、Qeは流量設定信号、Qoは流量出力信号、Qyは流量制御信号、P₁はオリフィス上流側気体圧力、P₂はオリフィス下流側気体圧力、kは流量変換率である。

【0010】

前記図7(a)の圧力式流量制御装置FCSは、オリフィス上流側気体圧力P₁とオリフィス下流側気体圧力P₂との比P₂/P₁が流体の臨界値に等しいか、若しくはこれより低い場合(所謂気体の流れが常に臨界状態下にあるとき)に主として用いられるものであり、オリフィス8を流通する気体流量Qcは、Qc = K P₁(但し、Kは比例定数)で与えられる。

10

20

30

40

50

【 0 0 1 1 】

また、前記図 7 (b) の圧力式流量制御装置 F C S は、臨界状態と非臨界状態の両方の流れ状態となる気体の流量制御に主として用いられるものであり、オリフィス 8 を流れる気体の流量は、 $Q_c = K P_2^m (P_1 - P_2)^n$ (K は比例定数、 m と n は定数) として与えられる。

【 0 0 1 2 】

前記図 7 (a) 及び図 7 (b) の圧力式流量制御装置においては、流量の設定値は、流量設定信号 Q_e として電圧値で与えられる。例えば、上流側圧力 P_1 の圧力制御範囲 0 ~ 3 (k g f / c m² a b s) を電圧範囲 0 ~ 5 V で表示したとすると、 $Q_e = 5 V$ (フルスケール値) は、3 (k g f / c m² a b s) の圧力 P_1 における流量 $Q_c = K P_1$ に相当することとなる。

10

【 0 0 1 3 】

例えば、いま流量変換回路 1 5 の変換率 k が 1 に設定されているとき、流量設定信号 $Q_e = 5 V$ が入力されると、切換演算流量信号 Q_f ($Q_f = k Q_c$) は 5 V となり、上流側圧力 P_1 が 3 (k g f / c m² a b s) になるまでコントロール弁 2 が開閉操作されることになり、 $P_1 = 3$ (k g f / c m² a b s) に対応する流量 $Q_c = K P_1$ の気体がオリフィス 8 を流通することになる。

【 0 0 1 4 】

また、制御すべき圧力範囲を 0 ~ 2 (k g f / c m² a b s) に切換え、この圧力範囲を 0 ~ 5 (V) の流量設定信号 Q_e で表示する場合 (即ち、フルスケール値 5 V が 2 (k g f / c m² a b s) を与える場合) には、前記流量変換率 k が 2 / 3 に設定される。

20

【 0 0 1 5 】

その結果、流量設定信号 $Q_e = 5 (V)$ が入力されたとすると、 $Q_f = k Q_c$ から、切換演算流量信号 Q_f は $Q_f = 5 \times 2 / 3 (V)$ となり、上流側圧力 P_1 が $3 \times 2 / 3 = 2$ (k g f / c m² a b s) になるまで、コントロール弁 2 が開閉操作される。

【 0 0 1 6 】

即ち、 $Q_e = 5 V$ が、 $P_1 = 2$ (k g f / c m² a b s) に相当する流量 $Q_c = K P_1$ を表すようにフルスケールの流量が変換される。

【 0 0 1 7 】

また、臨界状態下においては、オリフィス 8 を流通する気体流量 Q_c は、前述のとおり $Q_c = K P_1$ なる式で与えられるが、流量制御すべきガス種が変れば、同一オリフィス 8 を使用している場合には、前記比例定数 K が変化する。

30

【 0 0 1 8 】

尚、前記図 5 (b) の圧力式流量制御装置においても同様であり、オリフィス 8 を流通する気体の流量 Q_c は、 $Q_c = K P_2^m (P_1 - P_2)^n$ (K は比例定数、 m と n は定数) として与えられ、ガス種が変われば前記比例定数 K が変化する。

【 先行技術文献 】

【 特許文献 】

【 0 0 1 9 】

【 特許文献 1 】 特開平 8 - 3 3 8 5 4 6 号公報

40

【 特許文献 2 】 特開 2 0 0 0 - 6 6 7 3 2 号公報

【 特許文献 3 】 特開 2 0 0 0 - 3 2 2 1 3 0 号公報

【 特許文献 4 】 特開 2 0 0 3 - 1 9 5 9 4 8 号公報

【 特許文献 5 】 特開 2 0 0 4 - 1 9 9 1 0 9 号公報

【 発明の開示 】

【 発明が解決しようとする課題 】

【 0 0 2 0 】

ところで、圧力式流量制御装置、特に臨界条件下で流量 Q_c を $Q_c = K P_1$ として演算制御する方式図 5 (a) に示した装置にあっては、オリフィス二次側圧力 P_2 (即ち、ガス供給先であるチャンバ装置等) が上昇するにつれて、流量制御範囲が漸次狭くなる。何

50

故ならオリフィス一次側圧力 P_1 は流量設定値に従って一定圧力値に制御されているため、 P_2 / P_1 が臨界膨張条件を満たしている状態の下でオリフィス二次側圧力 P_2 が上昇すると、必然的にオリフィス一次側圧力 P_1 の調整範囲、即ち P_1 による流量 Q_c の制御範囲が狭くなるからである。

【 0 0 2 1 】

また、流体の流通状態が前記臨界条件を外れると、流量制御精度が大幅に低下することになり、結果として半導体製品の品質にばらつきを生ずることになる。

【 0 0 2 2 】

換言すれば、臨界条件下で流体の流量制御を行う型式の圧力式流量制御装置には、オリフィス二次側の圧力の上昇によって流量制御の可能な範囲が、従前の熱式質量流量制御装置や所謂差圧式流量制御装置に比較して大幅に狭まることになる。

【 0 0 2 3 】

その結果、流量制御範囲の異なる二つの圧力式流量制御装置を必要とすることになり、半導体製造装置等の製造コストの上昇を招くことになる。

【 0 0 2 4 】

本願発明は、従前の流体流量制御装置における上述の如き問題、即ちイ．広い流量制御範囲を必要とする場合には、所定の制御精度を確保するために流量範囲の異なる複数の流量制御装置を並列状に設け、これ等を切換え使用する必要があり、流量制御装置の費用の削減が困難なこと、ロ．臨界条件下における流量制御を基本とする圧力式流量制御装置にあっては、オリフィス二次側の圧力上昇と共に流量制御範囲が漸減し、これに対処するためには流量範囲の異なる複数の流量制御装置を必要とすること、等の問題を解決せんとするものであり、流量制御装置内部の流体通路を適宜に切換え制御することにより、一基の流量制御装置の使用でもって広い流量制御範囲に亘って高精度な流体の流量制御を行えるようにした、流量レンジ可変型流量制御装置を提供することを発明の主目的とするものである。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 2 5 】

本発明は、オリフィス上流側圧力 P_1 及びオリフィス下流側圧力 P_2 の少なくともオリフィス上流側圧力 P_1 を用いて、オリフィスを流通する流体の流量を $Q_c = K P_1$ (K は比例定数) 又は $Q_c = K P_2^m (P_1 - P_2)^n$ (K は比例定数、 m と n は定数) として演算するようにした圧力式流量制御装置において、当該圧力式流量制御装置の第一のバルブの下流側と流体供給用管路との間の流体通路を二つの並列状の流体通路とし、前記第一のバルブと前記並列状の流体通路との間の流体通路の流体圧力を前記オリフィス上流側圧力 P_1 として検出する圧力センサを設け、前記並列状の流体通路の一方の流体通路には第二のバルブと該第二のバルブ下流側の第一のオリフィスとを設け、前記並列状の流体通路の他方の流体通路にはバルブを設けずに第二のオリフィスを設け、前記一方の流体通路は、前記第二のバルブの開閉によって制御され、前記第一のオリフィスへ大流量域の流体を流通させ、前記他方の流体通路は常時連通され、前記第二のオリフィスへ小流量域の流体を流通させる構成とすると共に、前記第二のバルブの開放制御時には、前記第一のオリフィスによる制御流量 $Q_c = K_c P_1$ (但し、 K_c は第一のオリフィスに固有の定数) と第二のオリフィスによる制御流量 $Q_s = K_s P_1$ (但し K_s は第二のオリフィスに固有の定数) との和として流量を演算するか、若しくは、前記第一のオリフィスによる制御流量 $Q_c = K_c P_2^m (P_1 - P_2)^n$ (但し、 K_c は第一のオリフィスに固有の定数) と第二のオリフィスによる制御流量 $Q_c = K_s P_2^m (P_1 - P_2)^n$ (但し K_s は第二のオリフィスに固有の定数) との和として流量を演算する構成としたことを発明の基本構成とするものである。

【 0 0 2 6 】

圧力式流量制御装置のオリフィスを流通する流体は、臨界条件下の流体とすることができる。

【発明の効果】

【0027】

大流量用オリフィス8cと小流量用オリフィス8a（又は大流量用オリフィス8cと中流量用オリフィス8bと小流量用オリフィス8a）による流量制御を適宜に組み合わせることにより流量制御を行う構成としているため、広範囲の流量域に亘って誤差が1%セットポイント以下の高精度な流量制御が行える。

【0028】

また、切換弁の操作により自動的に流量制御域を切換選択することができ、操作の複雑化を招くこともない。

【0029】

更に、臨界条件下における流体流量制御を基本とした場合には、フローファクタ $F \cdot F$ を活用することによってガス種の変更にも容易に対応することができ、各種の流体供給設備の流量制御に適用することができる。

10

【図面の簡単な説明】

【0030】

【図1】本発明の参考となる実施形態に係る流量レンジ可変型流量制御装置の構成説明図である。

【図2】図1の流量制御装置の流量特性を示す線図である。

【図3】本発明の実施形態に係る流量レンジ可変型流量制御装置の構成説明図である。

【図4】図3の流量制御装置の流量特性を示す線図である。

【図5】圧力式流量制御装置FCSの臨界条件範囲外における流量制御特性の一例を示すものである。

20

【図6】本発明の参考となる実施形態に係る流量レンジ可変型流量制御装置の構成説明図である。

【図7】従前の圧力式流量制御装置の基本構成を示す説明図である。

【発明を実施するための形態】

【0031】

以下、図面に基づいて本発明の各実施形態を説明する。

【0032】

図1は、本発明の参考となる実施形態に係る流量レンジ可変型流量制御装置の構成図を示すものであり、図1に於いて1は制御部、2はコントロール弁、3はオリフィス上流側（一次側）管路、4は弁駆動部、5は流体供給用管路、6は圧力センサ、8aは小流量用オリフィス、8bは中流量用オリフィス、8cは大流量用オリフィス、32、33は切換用電磁弁、34、35は切換弁である。

30

【0033】

前記圧力式流量制御装置FCSの制御部1、コントロール弁2、弁駆動部4、圧力センサ6等は公知のものであり、制御部1には流量の入出力信号（設定流量の入力信号、制御流量の出力信号・DC0-5V）端子 Q_e 、 Q_o 、電源供給端子（ \pm DC15V）E、制御流量切換指令信号の入力端子 S_L 、 S_M 、 S_S が設けられている。

【0034】

また、前記切換用電磁弁32、33は公知のエアー作動型電磁弁であり、制御部1から切換信号 C_1 、 C_2 が入力されることにより、駆動用ガス（0.4~0.7MPa）Gcが供給され、切換用電磁弁32、33が作動する。これによって駆動用ガスGcが切換弁の弁駆動部34a、35aへ供給され、切換弁34、35が開閉作動される。

40

【0035】

更に、各切換弁34、35の作動は、各弁駆動部34a、35aに設けた近接スイッチ34b、35bにより検出され、制御部1へ入力される。

【0036】

尚、本実施形態においては、切換弁34、35として空気圧作動の常時閉鎖型バルブが使用されている。

【0037】

50

図1の管路5 a、5 b、5 c、5 d、5 e、5 fは各オリフィス8 a、8 b、8 cのバイパス通路を形成するものであり、制御流量が小流量域の場合には、小流量用オリフィス8 aにより流量制御された流体が、主として管路5 b、5 d、5 c、5 eを通して流通する。

【0038】

また、制御流量が中流量域の場合には、管路5 a、5 b、5 dを通して流体が中流量オリフィス8 bへ流入し、主として中流量用オリフィス8 bにより流量制御された流体が流体供給用管路5内へ流出して行く。

【0039】

更に、制御流量が大流量域の場合には、流体は管路5 aを通して大流量用オリフィス8 cへ流入し、大流量用オリフィス8 cにより主に流量制御された流体が、流体供給用管路5内へ流入する。

10

【0040】

より具体的には、例えば最大制御流量が2000SCCMの場合、小流量用オリフィス8 aとして最大流量20SCCMのオリフィスが、中流量用オリフィス8 bとして最大200SCCMのオリフィスが、最大流量用オリフィス8 cとして最大流量1780SCCMのオリフィスが夫々利用される。

【0041】

即ち、20SCCM以下の小流量流体の流量制御を行う場合には、制御部1へ切換信号S_sを入力し、No2切換用電磁弁33を開放して駆動用ガスG_cをNo2切換弁35へ送り、当該No2切換弁35を開放する（No1切換弁34は閉鎖状態に保持）。

20

【0042】

その結果、流体は管路3・小流量オリフィス8 a・管路5 b・バルブ35・大流量オリフィス8 c・管路5 c及び管路5 d・中流路オリフィス8 b・管路5 fを通して、管路5へ流通し、小流量オリフィス8 aにより流量 Q_L が $Q = K_L P_1$ （ K_L は小流量オリフィス8 aに固有の定数）として流量制御される。

【0043】

尚、その流量特性は図2の特性Aの如くなり、20～2SCCMの流量範囲に亘って誤差±1%セットポイント以下の精度でもって流量制御を行うことが出来る。

【0044】

30

また、制御流量が200SCCM（中流量程度）の場合には、No1切換弁34を開及びNo2切換弁35を閉の状態に切換え、流体を管路3・管路5 a・バルブ34・管路5 b及び管路3・小流量オリフィス8 aを通して中流量オリフィス8 bへ流通させ、当該中流量オリフィス8 bにより流量 Q_M が $Q_M = K_M P_1$ （但し、 K_M は中流量オリフィス8 bに固有の定数）として流量制御される。

【0045】

尚、この場合の流量制御特性は図2の特性Bの如き状態となり、200～20SCCMの流量範囲に亘って、誤差±1%セットポイント以下の精度でもって流量制御が行われる。

【0046】

40

更に、制御流量が2000SCCM（最大流量）の場合には、両切換用電磁弁32、33を介して両切換バルブ34、35を開放させ、流路3・流路5 a・バルブ34・バルブ35・大流量オリフィス8 c・管路5 c及び小流量オリフィス8 a・中流量オリフィス8 b・管路5 fを通して管路5へ流体を供給する。

【0047】

この場合、流体の流量は主として大流量オリフィス8 cにより流量 $Q_M = K_M P_1$ （但し、 K_M は大流量オリフィス8 cに固有の定数）として流量制御されるが、厳密には中流量オリフィス8 bを通る流量 $Q_M = K_M P_1$ と大流量オリフィス8 cを通る流量 $Q_L = K_L P_1$ の和として、管路5の流量が制御されることになる。

【0048】

50

尚、この場合の流量制御特性は図2の特性Cのようになり、2000~200SCCMの流量範囲に亘って、誤差±1%セットポイント以下の精度で流量 Q_L の制御が行える。

【0049】

図3は、本発明の実施形態を示すものであり、小流量用オリフィス8aと大流量用オリフィス8cと用い、流量制御を適宜に切換えつつ行うようにしたものである。

【0050】

例えば、最大流量2000SCCMの流量制御を行う場合、小流量用オリフィス8aにより200SCCMまでの流量を、また大流量用オリフィス8cにより2000SCCMまでの流量を夫々流量制御する構成とする。

【0051】

具体的には、200SCCMまでの流量を制御する場合には、切換弁34を閉の状態に保持し、小流量オリフィス8aを流通する流体流量 Q_S を $Q_S = K_S P_1$ （但し、 K_S はオリフィス8aに固有の定数）として流量制御する。

【0052】

当該小流量オリフィス8aを用いた流量制御により流量200SCCM~20SCCMの範囲に亘って、誤差±1%セットポイント以下の精度でもって流量制御を行うことができる。

【0053】

尚、図4の特性Dは、この時の流量制御特性を示すものであり、オリフィス下流側管路5が100Torr以下の場合には、流量20SCCMにおいて、誤差±1%セットポイント以下に押え得ることが確認されている。

【0054】

前記図3の流量制御方式においては、オリフィス下流側圧力が100Torrを越える場合や、オリフィス下流側圧力が100Torr以下であっても流体流量 Q_S が20SCCM以下となった場合には、流量制御誤差を±1%セットポイント以下に保持することが困難である。

【0055】

従って、この場合には、図4に示すように、流量20SCCM以下の領域を所謂パルス制御により流量制御を行なっても良い。

【0056】

尚、ここで云うパルス制御とは、オリフィス上流側のコントロール弁2の開閉をパルス信号によって行い、流体をパルス状に管路3内へ流通させるようにした制御方式であり、開閉パルスの数を調整することにより、小流量オリフィス8aを流通する流体流量を比較的高精度でもって制御するものである。

【0057】

一方、流量2000SCCM以下の流体を制御する場合には、切換用電磁弁32を介して切換バルブ34を開放する。これにより、流体は管路5a・切換弁34・大流量オリフィス8c及び小流量オリフィス8a・管路5gを通して管路5へ流入する。

【0058】

即ち、管路5へ流入する流体流量は、大流量オリフィス8cによる制御流量 $Q_C = K_C P_1$ （但し、 K_C は大流量オリフィス8cに固有の定数）と小流量オリフィス8aによる制御流量 $Q_S = K_S P_1$ （但し K_S は小流量オリフィス8aに固有の定数）との和となり、その流量特性曲線は図4の特性Eで示されたものとなる。

【0059】

上述したように、本願の実施形態においては、大流量オリフィス8cと小流量オリフィス8aによる流量制御を適宜に組み合わせることにより、例えば2000~2SCCMの広範囲の流量制御域に亘って、誤差±1%セットポイント以下の高精度な流量制御が可能となる。

【0060】

また、小流量用オリフィス8aによる流量制御の状態下でガス流量を変更するような場

10

20

30

40

50

合には、迅速な切換え操作が要求される。このような場合、本発明においてはオリフィス 8 a の流路と並列にバイパス流路 (5 a、3 4、8 c、5 c) を設け、当該バイパス流路を開放することにより、オリフィス 2 次側管路の圧力降下時間の短縮を容易に図ることができる。

【 0 0 6 1 】

更に、本発明においては、流体の流量制御を臨界条件下において行う構成としているため、ガス種が変わっても所謂フローファクタ $F \cdot F$ を利用して演算流量 Q を実ガスの流量に変換することができ、圧力式流量制御装置の優れた特性をフルに活用することが可能となる。

【 0 0 6 2 】

図 5 は、本発明で使用をする圧力式流量制御装置の流体の臨界条件を外れた状態における流量制御精度を、オリフィス 2 次側圧力 P_2 をパラメータとして示したものであり、例えば $P_2 = 100 \text{ Torr}$ の場合には、曲線 F で示すように、制御流量が定格設定流量の約 5 % の点で、誤差が $-1\% F \cdot S$ を越えることになる。

【 0 0 6 3 】

その結果、例えば図 4 の特性 D (小流量オリフィス 8 a による $200 \sim 20 \text{ SCCM}$) に示すように、 $200 \sim 20 \text{ SCCM}$ の間は、誤差 $\pm 1\%$ セットポイント以下の精度で確実に流量制御を行えるが、制御流量が 20 SCCM 以下になると、オリフィス 2 次側圧力 P_2 が 100 Torr の場合には臨界条件を外れた状態となるため、設定流量の約 5 % の流量 ($200 \text{ SCCM} \times 5\% = 10 \text{ SCCM}$) の点まで誤差を確実に $1\% F \cdot S$ 以下に押えることは、事実上困難である。

【 0 0 6 4 】

その結果、図 4 に示すように、設定流量の 10 % ~ 5 % の小流量域 ($20 \text{ SCCM} \sim 10 \text{ SCCM}$) では、パルス制御方式を採用してもよい (勿論、パルス制御方式を採用しなくても、誤差 0.1% (大流量オリフィスのフルスケールを基準とした場合) $F \cdot S$ 以下に保持可能である) 。

【 0 0 6 5 】

図 6 は、本発明の参考となる実施形態を示すものであり、流量制御装置に所謂熱式質量流量制御装置 MFC を使用したものである。

【 0 0 6 6 】

当該熱式質量流量制御装置 MFC は、図 6 に示す如く制御部 3 6 と、流量制御バルブ 3 7 と、層流素子バイパス部 3 8 と、流量センサ部 3 9 と、切替バルブ 4 0 等から構成されており、流量センサ部 3 9 で流体の質量流量に比例した温度変化を検出し、当該検出温度に基づいて流量制御バルブ 3 7 を開閉制御することにより、一定の設定流量の流体を流出せしめるものである。

【 0 0 6 7 】

尚、熱式質量流量制御装置 MFC 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。

【 0 0 6 8 】

又、図 6 において、3 6 a はブリッジ回路、3 6 b は増幅回路、3 6 c は補正回路、3 6 d は比較回路、3 6 e はバルブ駆動回路、3 6 f はアクチュエータである。

【 0 0 6 9 】

本発明においては、層流素子バイパス部 3 8 のバイパス通路として 2 個の通路 4 0 a、4 0 b が別に設けられており、且つ各通路に切替バルブ 4 1、4 2 が夫々設けられている。

【 0 0 7 0 】

即ち、バイパス流路の一方の流体通路 4 0 a には粗い層流素子 3 8 a が設けられており、中流量流体の流量制御に適用される。また、他方の流体通路 4 0 b にはより粗い層流素子 3 8 b が設けられており、大流量流体の流量制御に適用される。

10

20

30

40

50

【 0 0 7 1 】

具体的には、大流量の流量制御時には、切替バルブ 4 1 及び切替バルブ 4 2 を開にする。

【 0 0 7 2 】

また、小流量の流量制御時には切換バルブ 4 2 及び切替バルブ 4 1 を閉にすると共に、制御部 3 6 の増幅回路 3 6 b の増幅レベルを小流量の検出に適したレベルに切換えする。

【 0 0 7 3 】

更に、中流量の流量制御時には、切換バルブ 4 1 を閉、切換バルブ 4 2 を開にすると共に、前記増幅回路 3 6 b の増幅レベル等を中流量の検出に適したレベルに切換える。

【 0 0 7 4 】

上記各切換バルブ 4 1、4 2 の切換及び制御部 3 6 の増幅レベル等の切換えにより、1 基の熱式質量流量制御装置 M F C を用いて大、中及び小の三種の流量範囲に亘って高精度な流量制御を行うことが可能となる。

【 産業上の利用可能性 】

【 0 0 7 5 】

本発明は、半導体製造や化学産業、薬品産業、食品産業等における各種流体の流体供給設備に適用されるものである。

【 符号の説明 】

【 0 0 7 6 】

F C S は圧力式流量制御装置

M F C は熱式質量流量制御装置

1 は制御部

2 はコントロール弁

3 はオリフィス一次側管路

4 は駆動部

5 は流体供給用管路

6 は圧力センサ

8 a は小流量用オリフィス

8 b は中流量用オリフィス

8 c は大流量用オリフィス

3 2 は N o 1 切換用電磁弁

3 3 は N o 2 切換用電磁弁

3 4 は N o 1 切換弁

3 4 a は弁駆動部

3 4 b は近接センサ

3 5 は N o 2 切換弁

3 5 a は弁駆動部

3 5 b は近接センサ

3 6 は制御部

3 6 a はブリッジ回路

3 7 は流量制御バルブ

3 8 . 3 8 a . 3 8 b は層流素子バイパス

3 9 は流量センサ部

4 0 a . 4 0 b は流体通路

4 1 . 4 2 は切換バルブ

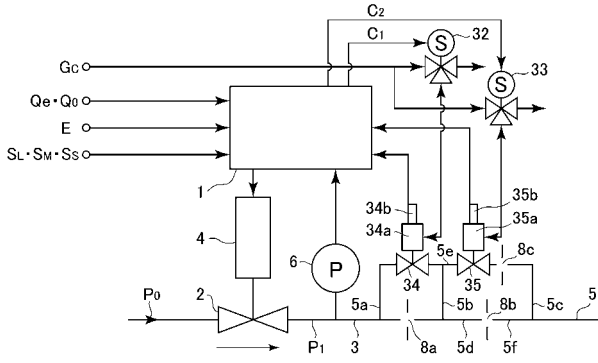
10

20

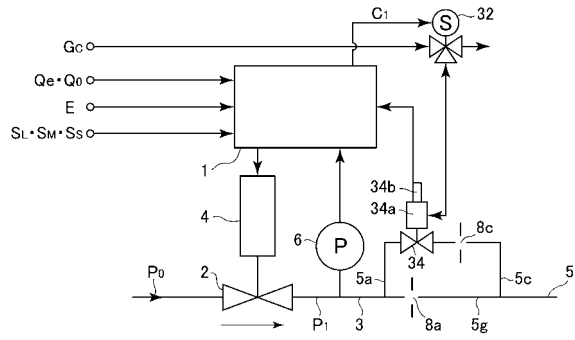
30

40

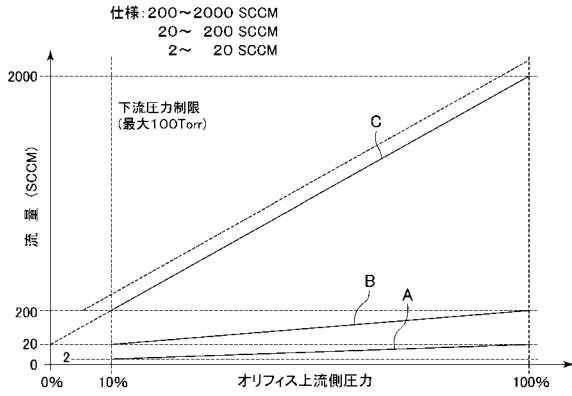
【図1】



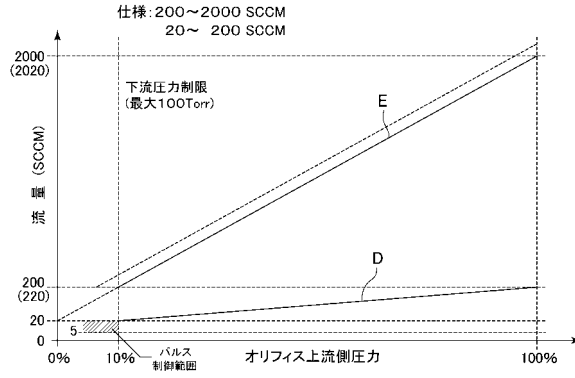
【図3】



【図2】

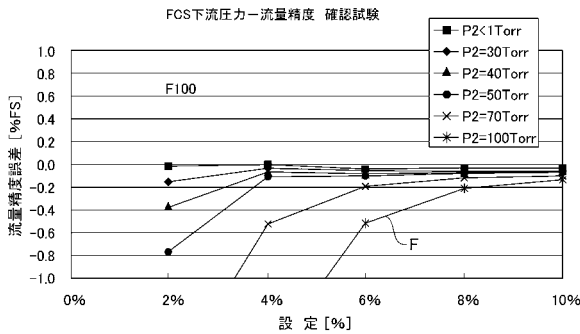


【図4】

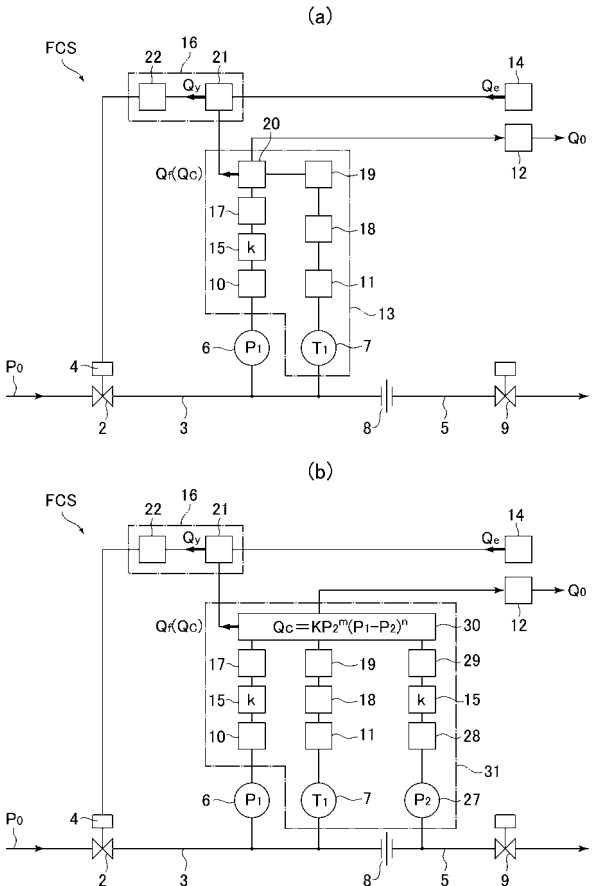


【図5】

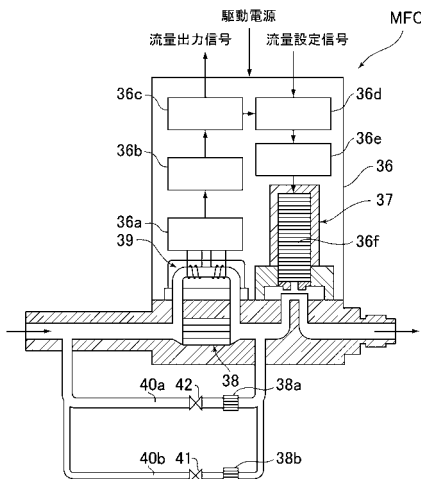
FCS臨界膨張条件範囲外での流量特性:
標準タイプFCS・下流側圧力100Torr時の流量制御範囲は、10~100%



【図7】



【図6】



フロントページの続き

- (72)発明者 大見 忠弘
宮城県仙台市青葉区米ヶ袋2丁目1番17 301号
- (72)発明者 斎藤 雅仁
東京都港区赤坂五丁目3番6号 東京エレクトロン株式会社内
- (72)発明者 日野 昭一
東京都府中市住吉町2丁目30番7号 東京エレクトロンF E株式会社内
- (72)発明者 嶋津 強
宮城県宮城郡松島町根廻字猫迫1番地1 東京エレクトロンA T株式会社内
- (72)発明者 三浦 和幸
宮城県宮城郡松島町根廻字猫迫1番地1 東京エレクトロンA T株式会社内
- (72)発明者 西野 功二
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
- (72)発明者 永瀬 正明
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
- (72)発明者 杉田 勝幸
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
- (72)発明者 平田 薫
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
- (72)発明者 土肥 亮介
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
- (72)発明者 広瀬 隆
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
- (72)発明者 篠原 努
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
- (72)発明者 池田 信一
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
- (72)発明者 今井 智一
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
- (72)発明者 吉田 俊英
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
- (72)発明者 田中 久士
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

審査官 川東 孝至

- (56)参考文献 特開2003-195948(JP,A)
特開平11-265216(JP,A)
特開2000-241218(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
G05D 7/06