(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
2004 年12 月16 日 (16.12.2004)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2004/109420 A1

(51) 国際特許分類[7]: G05D 16/20

(21) 国際出願番号: PCT/JP2004/007819

(22) 国際出願日: 2004 年6 月4 日 (04.06.2004)

(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2003-163948 2003 年6 月9 日 (09.06.2003) JP

(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): シーケーディ株式会社 (CKD CORPORATION) [JP/JP]; 〒4858551 愛知県小牧市応時二丁目２５０番地 Aichi (JP). 東京エレクトロン株式会社 (TOKYO ELECTRON LIMITED) [JP/JP]; 〒1078481 東京都港区赤坂五丁目３番６号 Tokyo (JP).

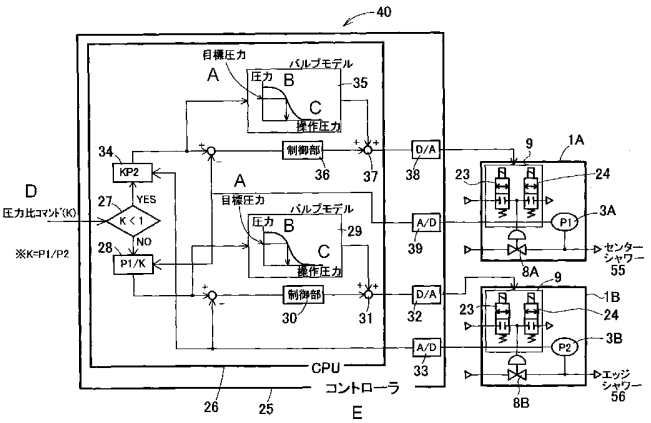
(72) 発明者; および

(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 河野 哲兒郎 (KONO, Tetsujiro) [JP/JP]; 〒4868530 愛知県春日井市堀ノ内町８５０番地 シーケーディ株式会社内 Aichi (JP). 土居 広樹 (DOI, Hiroki) [JP/JP]; 〒4868530 愛知県春日井市堀ノ内町８５０番地 シーケーディ株式会社内 Aichi (JP). 伊藤 稔 (ITO, Minoru) [JP/JP]; 〒4868530 愛知県春日井市堀ノ内町８５０番地 シーケーディ株式会社内 Aichi (JP). 長岡 秀樹 (NAGAOKA, Hideki) [JP/JP]; 〒4070192 山梨県韮崎市穂坂町三ツ沢６５０番地 東京エレクトロンＡＴ株式会社内 Yamanashi (JP). 伊藤 恵貴 (ITO, Keiki) [JP/JP]; 〒4078511 山梨県韮崎市藤井町北下条２３８１番地の１ 東京エレクトロンＡＴ株式会社内 Yamanashi (JP). 遠藤 宏紀 (ENDO, Hiroki) [JP/JP]; 〒4078511 山梨県韮崎市藤井町北下条２３８１番地の１ 東京エレクトロンＡＴ株式会社内 Yamanashi (JP). 嶋津 強 (SHIMAZU, Tsuyoshi) [JP/JP]; 〒4078511 山梨県韮崎市藤井町北

[続葉有]

(54) Title: RELATIVE PRESSURE CONTROL SYSTEM AND RELATIVE FLOW RATE CONTROL SYSTEM

(54) 発明の名称: 相対的圧力制御システム及び相対的流量制御システム



A...TARGET PRESSURE
B...PRESSURE
C...OPERATING PRESSURE
D...PRESSURE RATIO COMMAND
29...VALVE MODEL
30...CONTROL SECTION
35...VALVE MODEL
36...CONTROL SECTION
E...CONTROLLER
55...CENTER SHOWER
56...EDGE SHOWER

(57) Abstract: The invention provides a relative pressure control system of simple construction capable of accurately adjusting partial pressure ratio for working gas and reliably removing the working gas from a working gas supply pipeline in an emergency. It comprises a plurality of normally open type air-operated valves (8) connected to a working gas supply pipeline supplied with working gas, pressure sensors (3) individually connected in series with the air-operated valves (8) for detecting the pressure delivered from the air-operated valve, a controller (25) for controlling a operating pressure for the air-operated valve (8) on the basis of the pressure detected by the pressure sensor (3), a hard interlock solenoid valve (59) for associating the plurality of air-operated valves (8) such that normally at least one valve is opened, the arrangement being such that of the plurality of air-operated valves (8), a specified air-operated valve (8) has its degree of opening adjusted so as to deliver the working gas at a predetermined partial pressure ratio.

[続葉有]

WO 2004/109420 A1

下条２３８１番地の１ 東京エレクトロンＡＴ株式会社内 Yamanashi (JP). 廣瀬 潤 **(HIROSE, Jun)** [JP/JP]; 〒4078511 山梨県韮崎市藤井町北下条２３８１番地の１ 東京エレクトロンＡＴ株式会社内 Yamanashi (JP). 勝又 治 **(KATSUMATA, Osamu)** [JP/JP]; 〒4078511 山梨県韮崎市藤井町北下条２３８１番地の１ 東京エレクトロンＡＴ株式会社 内 Yamanashi (JP). 三浦 和幸 **(MIURA, Kazuyuki)** [JP/JP]; 〒4078511 山梨県韮崎市藤井町北下条２３８１番地の１ 東京エレクトロンＡＴ株式会社 内 Yamanashi (JP). 北澤 貴 **(KITAZAWA, Takashi)** [JP/JP]; 〒4078511 山梨県韮崎市藤井町北下条２３８１番地の１ 東京エレクトロンＡＴ株式会社内 Yamanashi (JP).

(74) 代理人: 富澤 孝， 外**(TOMIZAWA, Takashi et al.)**; 〒4600003 愛知県名古屋市中区錦二丁目２番２２号 名古屋センタービル別館２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, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, 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, 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, IT, LU, MC, 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

２文字コード及び他の略語については、定期発行される各*PCT*ガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

(57) 要約: 簡単な構造で作用ガスの分圧比を正確に調整することができるとともに、緊急時に作用ガス供給管路から作用ガスを確実に抜くことができる相対的圧力制御システムを提供する。作用ガスが供給される作用ガス供給管路に接続される複数のノーマルオープンタイプのエアオペレイトバルブ８と、エアオペレイトバルブ８の各々に直列に接続されてエアオペレイトバルブ８が出力する圧力を検出する圧力センサ３と、圧力センサ３が検知した圧力に基づいてエアオペレイトバルブ８の操作圧力を制御するコントローラ２５と、複数のエアオペレイトバルブ８を、常時少なくとも１つが開弁するように関連づけるハードインタロック用電磁弁５９と、を有し、複数のエアオペレイトバルブ８のうちから特定したエアオペレイトバルブ８の開度を調整して、作用ガスを所定の分圧比で出力するようにする。

明 細 書

相対的圧力制御システム及び相対的流量制御システム

技術分野

[0001] 本発明は、供給された作用ガスを二系統に分流して、分流した流れを各々所定の分圧比で出力する相対的圧力制御システム及び相対的流量制御システムに関する。

背景技術

[0002] 従来、低圧のエッチングガスをウエハのセンターエリアとエッジエリアに対して供給するエッチングガス供給システムが知られている。図29は、従来のエッチングガス供給システム300の概略構成図である。図30は、図29のフォーカスリング307の部分拡大断面図である。

従来のエッチングガス供給システム300は、エッチングを行うための真空反応室301を備える。真空反応室301には、ウエハ302を1枚ずつ載置するための下部電極303が設けられ、その上方にシャワープレート304が設けられている。シャワープレート304は、種類の異なるエッチングガス源、例えばO2、Ar、C4F8、CO等のガス源からシャワープレート304に供給される作用ガスの流量及び組成を調整する流量制御弁305a～305dに作用ガス供給管路306を介して接続されている。

[0003] 一方、下部電極303には、載置されたウエハ302の周りを囲むようにフォーカスリング307が環状に設けられている。フォーカスリング307は、図30に示すように、断面矩形状に形成され、下部電極303と当接する面にガス流路307aがフォーカスリング307と同心円状に形成され、フォーカスリング307に複数形成された噴出孔307bに連通している。ガス流路307aは、図29に示すように、種類の異なるエッチングガス源、例えばO2、Ar、C4F8、CHF3等のガス源からガス流路307aに供給される作用ガスの流量及び組成を調整する流量制御弁308a～308dに作用ガス供給管路309を介して接続されている。

[0004] また、真空反応室301には、プラズマ状態を監視する光学系310が設けられ、光学系310の光信号を分光器311を介して演算処理部312が入力して、ウエハ302の中

央部及び外縁部のエッチング速度や均一性をモニタし、そのモニタ結果に応じて流量制御弁308aー308dの開閉弁動作を制御するようにしている。

従って、シャワープレート304からウエハ302の中央部に作用ガスを供給し、作用ガスの塗布状況に応じてフォーカスリング307の噴出孔307bからウエハ302の外縁部に作用ガスを噴出するので、ウエハ302全体に作用ガスを供給することができる(例えば、特許文献1参照。)。

特許文献1:特開2002−217171号公報(第3ー4頁、第1図、第2図。)。

発明の開示

発明が解決しようとする課題

[0005] 第1課題

しかしながら、従来のエッチングガス供給システム300では、ウエハ302に対してシャワープレート304とフォーカスリング307の噴出孔307bから作用ガスを供給するために作用ガス供給管路306と作用ガス供給管路309との2系統を設けており、流量制御弁305aー305d, 308aー308dを要するなど無駄が多かった。また、流量制御弁308aー308dは、実際にウエハ302に塗布された作用ガスに基づいて流量制御弁305aー305dの制御動作を予測しながらフォーカスリング307の噴出孔307bから噴出する作用ガスの流量を制御するため、ウエハ302にエッチングガスを均一に散布できない場合があった。

[0006] この点、例えば、図31に示すように、作用ガス供給管路を流れるエッチングガスを所定の分圧比に制御する相対的圧力制御システム310をエッチングガス供給システム320に組み込み、チャンバ51に内設したエッチングシャワー54のセンターシャワー55とエッジシャワー56とからウエハ57のセンターエリアとエッジエリアとにエッチングガスを散布するようにすることも考えられる。すなわち、作用ガス供給管路上に配設された作用ガス供給弁53に電磁弁(又はピエゾバルブなど)322A, 322Bを並列に接続し、さらに、電磁弁322A, 322Bを圧力センサ323A, 323Bを介してエッチングシャワー54のセンターシャワー55とエッジシャワー56とに接続する。そして、圧力センサ323A, 323Bの検知結果に基づいてコントローラ325で電磁弁322A, 322Bを制御し、作用ガス供給管路のエッチングガスを電磁弁322A, 322Bから所定の分圧

比で出力し、エッチングシャワー54のセンターシャワー55とエッジシャワー56からウエハ57にエッチングガスを散布する。

[0007] ところが、かかる相対的圧力制御システム310は、コントローラ325が暴走したときに、その暴走を検知することができず、電気的に開閉動作を制御する電磁弁（又はピエゾバルブなど）322A，322Bの動作状態が分からなくなる。そのため、電磁弁322A，322Bの両方が全閉していても、それを認識することができず、コントローラ325の暴走などの緊急時に作用ガス供給弁53と電磁弁322A，322Bとを接続する作用ガス供給管路にエッチングガスが残存する可能性がある。この点、エッチングガス供給システム320は、緊急時に作用ガス供給管路からエッチングガスを確実に抜くことが望まれるが、電気的に開閉弁動作を制御する電磁弁（又はピエゾバルブなど）322A，322Bでは、かかる要望に応えることができないため、問題である。

[0008] 第2課題

前述した図31に示す方法には、次のような問題点があった。すなわち、一般的に制御を行うバルブを決定する方法として、シャワープレートのC／E比が1．000と仮定して、目標圧力比が1．000以上のときには、センター側バルブを、1．000より大きいときには、、エッジ側バルブを制御対象バルブとする方法が考えられるが、その方法では、次の問題があった。

（1）配管や絞りによるコンダクタンスの違いやセンサー調整のばらつき、制御バルブのCV値のばらつきにより、シャワープレートの実際のC／E比にばらつきが生じ（1．000とは限らず、0．950とか、1．080とかになってしまう）、そのばらつき量だけ（1．000と0．950の間の領域）制御不能領域が発生してしまう。

これを解決するために、全開状態にて待機していて、流量が安定してから制御バルブを制御すれば、制御不能領域はなくなるが、これでは応答性が悪く、高速応答性の要請に反する。つまり、0．950が実際の圧力比であると判断してから、圧力比C／E＝0．950を境にして制御圧力比が0．950以下の場合には、センター側バルブを制御し、制御圧力比が0．950より大きい場合には、エッジ側バルブを制御するようにすれば制御不能領域はなくなるが、停止時の圧力比が0．950と判断するまでの時間がロスとして存在する。

[0009] (2)また、一般的に非制御側のバルブは全開にしておき、もう一方のバルブだけで制御を行っている方法だと、分圧制御を行っていて目標流量が200sccmから1000sccmに変更になると、制御不能(目標値に収束しない)となる恐れがあり、そのときは異常と判断してバルブを切り替える動作を行っていた。これでは異常と判断するまでの時間や、バルブが切り替わるまでの時間がロスとなり、応答性が悪くなる問題がある。

[0010] 第3課題

第2課題を解決するための請求項10に係る発明には、次の問題が予測できる。

すなわち、シャワープレートの理論的比率に基づいて、しきい値を決めて制御対象バルブを判断することになるので(例えば理論的比率が圧力比1.000の場合、しきい値は1.000)、もし装置としてシャワープレートの比率が理論的に1:1ではなく、2:1とか1:2とかになった場合、ある値を境にして制御バルブを決定して分圧比制御を行う方法だと、装置毎に(シャワープレートの比率毎に)しきい値のセッティングを行わなければならないので、汎用性をなくしてしまう問題があった。

さらに、しきい値を間違った場合には、制御不能領域を発生してしまう問題があった。すなわち例えば、シャワープレートの理論的比率が2.000なのに、しきい値を1.000と間違えた場合であって、目標圧力比を1.500とした場合、実際ならば、センター側バルブを制御しなければならないが、しきい値としを1.000としているので、1.500はエッジ側と判断する。このとき、25%閉じることで、1.918まではエッジ側バルブで制御できるが、1.500は1.918より小さいので、センター側制御となり、制御不能となる。1.918まではエッジ側制御可能であるが、1.500は1.918より小さいから、請求項10に係る発明によっても、しきい値を間違えた場合には、制御不能が発生する問題があった。

課題を解決するための手段

[0011] 第1課題を解決するために、本発明に係る相対的圧力制御システムは、次のような構成を有している。

(1)作用ガスが供給される作用ガス供給管路に接続される複数のノーマルオープンタイプのエアオペレイトバルブと、エアオペレイトバルブの各々に直列に接続されてエアオペレイトバルブが出力する圧力を検出する圧力センサと、圧力センサが検知し

た圧力に基づいてエアオペレイトバルブの操作圧力を制御する制御装置と、制御装置に接続し、複数のエアオペレイトバルブを、常時少なくとも1つが開弁するように関連づけるインタロック機構と、を有し、複数のエアオペレイトバルブのうちから特定したエアオペレイトバルブの開度を調整して、作用ガスを所定の分圧比で出力することを特徴としている。

[0012] (2)(1)に記載する相対的圧力制御システムにおいて、制御装置は、出力する圧力を比較して複数のエアオペレイトバルブのうちで制御対象とするエアオペレイトバルブを特定することを特徴としている。

(3)(1)又は(2)に記載する相対的圧力制御システムにおいて、エアオペレイトバルブの全てを全開させて作用ガスを供給したときに、エアオペレイトバルブが出力する圧力を一定間隔毎に圧力センサでそれぞれ検知し、その圧力比が規定値を超えているか否かを判断し、超えていたときに、異常を検出する異常検出手段を有すること、を特徴とする。

(4)(1)乃至(3)の何れか一つに記載する相対的圧力制御システムにおいて、制御装置は、圧力センサが検出した圧力に対して特定のエアオペレイトバルブの操作圧力を決定するバルブモデルを記憶し、バルブモデルを用いて特定のエアオペレイトバルブをフィードフォワード制御することを特徴としている。

[0013] (5)(4)に記載する相対的圧力制御システムにおいて、制御装置は、フィードフォワード制御するエアオペレイトバルブと接続する圧力センサが検知した圧力を用いて、フィードフォワード制御された操作圧力を補正することを特徴としている。

(6)作用ガス供給管路に、可変的に作用ガスを制御する比例制御手段と、不変的に作用ガスを制御する固定オリフィス手段とを並列に接続して、比例制御手段と固定オリフィス手段に圧力を検知する圧力センサをそれぞれ直列に接続し、圧力センサの検知結果に基づいて比例制御手段の動作を比例制御することにより、比例制御手段と固定オリフィス手段の出力圧力を相対的に制御する制御装置を設けたこと、を特徴とする。

[0014] また、本発明に係る相対的流量制御システムは、第1課題を解決するために次のような構成を有している。

(7)ガス供給源に接続する流量制御弁と、流量制御弁が出力する流量を検知する流量検知手段とを有し、流量検知手段の検知結果に基づいて流量制御弁を制御する流量制御装置と、流量制御装置に接続する作用ガス供給管路と、作用ガス供給管路に並列に接続される複数のノーマルオープンタイプのエアオペレイトバルブと、エアオペレイトバルブの各々に直列に接続されてエアオペレイトバルブが出力する圧力を検出する圧力センサと、圧力センサが検知した圧力に基づいてエアオペレイトバルブの操作圧力を制御する制御装置と、制御装置に接続し、複数のエアオペレイトバルブを、常時少なくとも1つが開弁するように関連づけるインタロック機構と、からなり、複数のエアオペレイトバルブのうちから特定したエアオペレイトバルブの開度を調整して、作用ガスを所定の分圧比で出力する相対的圧力制御システムと、エアオペレイトバルブの全てを全開させて作用ガスを供給したときに、エアオペレイトバルブが出力する圧力を一定間隔毎に圧力センサでそれぞれ検知し、その圧力比が規定値を超えているか否かを判断し、超えていたときに、異常を検出する異常検出手段と、を有すること、を特徴とする。

[0015] (8)(7)に記載する相対的流量制御システムにおいて、制御装置は、圧力センサが検出した圧力に対して特定のエアオペレイトバルブの操作圧力を決定するバルブモデルを記憶し、バルブモデルを用いて特定のエアオペレイトバルブをフィードフォワード制御することを特徴とする。

(9)(8)に記載する相対的流量制御システムにおいて、制御装置は、フィードフォワード制御するエアオペレイトバルブと接続する圧力センサが検知した圧力を用いて、フィードフォワード制御された操作圧力を補正することを特徴とする。

[0016] 第2課題を解決するために、本発明の相対的圧力制御システムは、次のような構成を有している。

(10)1つの制御流体供給管路に対して並列に設けられた複数の流路面積を可変可能に制御できる可変オリフィス手段と、前記可変オリフィス手段に各々直列に接続する圧力センサと、前記可変オリフィス手段の開閉動作を制御する制御手段とを備え、前記圧力センサの検知結果に基づいて前記複数の可変オリフィス手段から前記可変オリフィス手段を所定の分圧比で出力する相対的圧力制御システムであって、制

御手段が、所定の分圧比と圧力センサの検知結果とに基づいて複数の可変オリフィス手段の目標圧力をそれぞれ演算する演算部と、目標圧力に基づいて複数の可変オリフィス手段に供給する制御信号を作成し、全ての可変オリフィス手段に対して制御信号を出力する信号処理部とを有すると共に、信号処理部が信号を出す前に複数の可変オリフィス手段のコンダクタンスを一定に保つ、一定開度信号を出力する。

(11)(10)に記載する相対的圧力制御システムにおいて、前記一定量が、全開状態のコンダクタンスの65%以上95%以下であることを特徴とする。さらには、70%以上85%以下であることが望ましい。

[0017] 第3課題を解決するために、本発明の相対的圧力制御システムは、次のような構成を有している。

(12)1つの制御流体供給管路に対して並列に設けられた複数の流路面積を可変的に制御できる可変オリフィス手段と、前記可変オリフィス手段に各々直列に接続する圧力センサと、前記可変オリフィス手段の開閉動作を制御する制御手段とを備え、前記圧力センサの検知結果に基づいて前記複数の可変オリフィス手段から前記制御流体を所定の分圧比で出力する相対的圧力制御システムであって、制御手段が、所定の分圧比と圧力センサの検知結果とに基づいて複数の可変オリフィス手段の目標圧力を常時それぞれ演算する演算部と、目標圧力に基づいて複数の可変オリフィス手段に供給する制御信号を作成し、全ての可変オリフィス手段に対して制御信号を常時出力する信号処理部とを有する。

[0018] (13)(12)に記載する相対的圧力制御システムにおいて、前記信号処理部は、前記可変オリフィス手段がノーマルオープンタイプである場合には、各可変オリフィス手段毎に前記演算部で演算した目標圧力と、前記圧力センサで検知された出力圧力との偏差に基づき作成した操作量を比較し、操作量が最小となる可変オリフィス手段に対しては、コンダクタンスを一定に保つ一定開度信号を作成し、その他の可変オリフィス手段に対しては、出力圧力を目標圧力に到達させるために必要な制御信号を作成すること、を特徴とする。

(14)(12)に記載する相対的圧力制御システムにおいて、前記信号処理部は、前記可変オリフィス手段がノーマルクローズタイプである場合には、各可変オリフィス手段

毎に前記演算部で演算した目標圧力と、前記圧力センサで検知された出力圧力との偏差に基づき作成した操作量を比較し、操作量が最大となる可変オリフィス手段に対しては、コンダクタンスを一定に保つ一定開度信号を作成し、その他の可変オリフィス手段に対しては、出力圧力を目標圧力に到達させるために必要な制御信号を作成すること、を特徴とする。

(15)(12)に記載する相対的圧力制御システムにおいて、前記一定量が、全開状態のコンダクタンスの65%以上95%以下であることを特徴とする。さらには、70%以上85%以下であることが望ましい。

発明の効果

[0019] 第1課題を解決するための上記構成を有する相対的圧力制御システム(1)ー(6)及び相対的流量制御システム(7)ー(9)は、以下のような作用・効果を有する。

流量制御弁が開弁すると、作用ガスが流量制御装置から作用ガス供給管路を介して相対的圧力制御システムに供給される。流量制御弁が、可変オリフィス手段に相当する。流量制御装置は、流量制御弁が出力する作用ガスの流量を流量検知手段で検知し、その検知結果に基づいて流量制御弁の弁開度を調整する。そのため、作用ガスは、作用ガス供給管路に一定の流量で出力され、相対的圧力制御システムの各エアオペレイトバルブに分岐して供給される。相対的圧力制御システムでは、各エアオペレイトバルブが出力する作用ガスの圧力を圧力センサで検知し、その検知結果に基づいて制御装置が各エアオペレイトバルブに供給する操作圧力を決定して、各エアオペレイトバルブの弁開度を調整する。そのため、作用ガスは、各エアオペレイトバルブから所定の圧力で出力される。

[0020] ここで、制御装置が暴走して、各エアオペレイトバルブの動作状態を認識できなくなった場合、インタロック機構が、少なくとも1つのエアオペレイトバルブを開弁させている。よって、作用ガス供給管路の作用ガスは、開弁するエアオペレイトバルブから下流側へと流れ、作用ガス供給管路に残存しない。

従って、本発明の相対的圧力制御システム及び相対的流量制御システムによれば、作用ガスが流れる系統を1つにした簡単な構造で作用ガスの分圧比を正確に調整することができるとともに、緊急時に作用ガス供給管路から作用ガスを確実に抜くこと

ができる。

このとき、例えば、複数のエアオペレイトバルブのうちで出力する圧力が小さいエアオペレイトバルブを制御対象として特定すれば、複数のエアオペレイトバルブを牽制的に制御することができる。

[0021] また、圧力センサが検出した圧力をバルブモデルのデータに当てはめて特定のエアオペレイトバルブにかかる操作圧力を求め、特定のエアオペレイトバルブの開閉動作をフィードフォワード制御するので、エアオペレイトバルブの制御時間を短くして、システム全体の処理能力を向上させることができる。

もっとも、フィードフォワード制御は、一義的に操作圧力を決定するため、エアオペレイトバルブが出力する圧力を目標値に調節できない場合もありうる。この場合、圧力センサからフィードバックされた圧力を用いてエアオペレイトバルブに対する操作圧力を補うようにすれば、エアオペレイトバルブを目標圧力に正確に調整することができる。

かかる相対的圧力制御システム及び相対的流量制御システムは、異常検出手段を備え、制御状態が一定であるか否かを確認している。

[0022] 異常検出手段は、全ての比例制御弁を全開させた状態で作用ガスを供給したとき、各エアオペレイトバルブの出力圧力を圧力センサで一定間隔毎に検知し、その圧力比が規定値を超えているか否かを判断する。超えていたときには、コンダクタンスが初期状態と同様に再現されておらず、異常を発生している可能性が高いので、異常を検出する。これにより、相対的流量制御システム及び相対的圧力制御システムは、作用ガス供給管路等の故障をいち早く発見することができる。

[0023] 次に、比例制御手段と固定オリフィス手段を使用する相対的圧力制御システムの作用について説明する。同一系統を流れる作用ガスを比例制御手段と固定オリフィス手段に供給すると、比例制御手段と固定オリフィス手段から作用ガスが出力される。比例制御手段と固定オリフィス手段の出力圧力は、圧力センサによって検知され、その検知結果に基づいて比例制御手段の弁開度を調整することにより固定オリフィス手段の出力圧力を相対的に変動させ、比例制御手段と固定オリフィス手段から作用ガスを所定の分圧比で出力する。

ここで、制御装置が暴走して、比例制御手段の動作状態を認識できなくなった場合、作用ガス供給管路の作用ガスは、固定オリフィス手段から下流側へと流れ、作用ガス供給管路に残存しない。

従って、本発明の相対的圧力制御システムによれば、作用ガスが流れる系統を1つにした簡単な構造で作用ガスの分圧比を正確に調整することができるとともに、緊急時に作用ガス供給管路から作用ガスを確実に抜くことができるのに加え、比例制御手段の数やハードインタロック機構を削減して、コストダウンを図ることができる。

[0024] 第2課題を解決するための上記構成を有する相対的圧力制御システム(10)及び(11)は、次のような作用・効果を有する。

第2課題において指摘したように、シャワープレートの理論的比率に基づいて、しきい値を決めて制御対象可変オリフィス手段(バルブ)を判断すると(例えば理論的比率が圧力比1．000の場合、しきい値は1．000)、様々なばらつきにより制御不能領域ができてしまう。

しかし、本発明によれば、両側のバルブを一定量閉めてから相対的圧力制御を行っているので、シャワープレートの理論的比率に基づいて、しきい値を決めて制御対象バルブを判断しても(例えば理論的比率が圧力比1．000の場合、しきい値1．000)、片側のバルブが一定開度しまっているため、制御を行っているバルブとしては、実質上制御範囲が広くなり、制御不能領域をなくすことができる。

すなわち、一定開度閉める量として制御不能領域を十分に含むようなものにすれば、しきい値を決めて制御対象バルブを判断したとしても、問題なく制御できることとなる。

[0025] 第3課題を解決するための上記構成を有する相対的圧力制御システム(12)ー(15)は、次のような作用・効果を有する。

各可変オリフィス手段(流体制御弁)の出力圧力を圧力センサから入力し、所定の分圧比と流体制御弁の出力圧力とに基づいて、各流体制御弁が出力すべき目標圧力を常時それぞれ演算する。そして、各流体制御弁が目標圧力で制御流体を出力するために必要な制御信号を作成し、作成した制御信号を複数の流体制御弁に常時供給することにより、複数の流体制御弁を制御する。よって、本発明によれば、複

数の流体制御弁に常時制御信号を供給することにより、どのような分圧比においても制御することが可能であるので、シャワープレートの理論的比率に基づいて、しきい値を決めて制御対象バルブを判断する必要がなく、複数の流体制御弁を常時制御することにより制御流体を制御し、複数の流体制御弁から所定の分圧比で制御流体を出力することができ、制御不可能領域をなくすことができる。

[0026] ここで、複数の流体制御弁としてノーマルオープンタイプのものを使用し、それらに常時制御信号を供給し制御するときに、各々の流体制御弁の弁開度を調整するので、流体制御弁上流側の圧力を上昇させる場合がある。この場合、制御流体の流量及び組成を調整する格別の流体制御弁の流量制御に影響を及ぼすおそれがあるため、流体制御弁上流側の圧力上昇をきらう場合には、各流体制御弁毎に演算部で演算された操作量を比較し、操作量が最小となる流体制御弁に対しては、一定開度になる制御信号を供給することにより、一定量閉める方向に制御する一方、その他の流体制御弁に対しては、出力圧力を目標圧力に到達させるために必要な制御信号を供給して、弁開度を調整する。このように、制御対象として特定しない流体制御弁を必ず一定開度に制御するので、常に最良のコンダクタンスを保つことができ、流体制御弁上流側の圧力上昇を抑えることができる。

[0027] また、複数の流体制御弁としてノーマルクローズタイプのものを使用し、それらに常時制御信号を供給し制御するときにも、ノーマルオープンタイプの流体制御弁を使用する場合と同様に、各々の流体制御弁の弁開度を調整するので、流体制御弁上流側の圧力を上昇させる場合がある。この場合、制御流体の流量及び組成を調整する格別の流体制御弁の流量制御に影響を及ぼすおそれがあるため、流体制御弁上流側の圧力上昇をきらう場合には、各流体制御弁毎に演算部で演算された操作量を比較し、操作量が最大となる流体制御弁に対しては、一定開度になる制御信号を供給することにより、一定量開ける方向に制御する一方、その他の流体制御弁に対しては、出力圧力を目標圧力に到達させるために必要な制御信号を供給して、弁開度を調整する。このように、制御対象として特定しない流体制御弁を必ず一定量開度に制御するので、常に最良のコンダクタンスを保つことができ、流体制御弁上流側の圧力上昇を抑えることができる。

図面の簡単な説明

[0028] [図1]本発明の実施例1の相対的圧力制御システムのブロック図である。

[図2]実施例1のエッチングガス供給システムの概略構成図である。

[図3]実施例1の相対的圧力制御システムで使用される流量制御装置の部分断面図である。

[図4]実施例1の相対的圧力制御システムの回路図である。

[図5]実施例1の相対的圧力制御システムの作用を調査するための試験回路図である。

[図6]実施例1のフィードフォワード制御を行わない場合の相対的圧力制御システムの作用を調査した結果を示す図であり、縦軸に真空圧力(kPa)を示し、横軸に時間(sec)を示す。

[図7]実施例1のフィードフォワード制御を行った場合の分圧制御システムの作用を調査した結果を示す図であり、縦軸に真空圧力(kPa)を示し、横軸に時間(sec)を示す。

[図8]実施例1の異常検出の一例を示す図であり、縦軸に圧力を示し、横軸に時間を示している。

[図9]実施例2の相対的流量制御システムの概略構成図である。

[図10]実施例3の相対的流量制御システムの概略構成図である。

[図11]実施例4の相対的圧力制御システムのブロック図である。

[図12]実施例4の相対的圧力制御システムの概略構成図である。

[図13]実施例4のフローチャートである。

[図14]実施例4の一定量を説明するデータ図である。

[図15]実施例4の作用を説明する図である。

[図16]実施例4の作用を説明する図である。

[図17]実施例4の別の作用を説明するための第1説明図である。

[図18]実施例4の別の作用を説明するための第2説明図である。

[図19]実施例4の別の作用を説明するための第3説明図である。

[図20]実施例4の実験データを示す図である。

[図21]従来システムのデータを示す図である。

[図22]実施例4の実験データを示す図である。

[図23]従来システムのデータを示す図である。

[図24]実施例5のフローチャートである。

[図25]実施例5の相対的圧力制御システムの制御波形を示す図であって、常時出力のみの場合を示している。

[図26]実施例5の相対的圧力制御システムの制御結果を示す図である。

[図27]実施例5の第1，第2エアオペレイトバルブ上流側圧力を示す図である。

[図28]同じく、相対的圧力制御システムの制御波形を示す図であって、常時出力に加えて一定開度制御を行う場合を示している。

[図29]従来のエッチングガス供給システムの概略構成図である。

[図30]図29のフォーカスリング部分の拡大断面図である。

[図31]エッチングガス供給システムの流路系統の一例を示す図である。

符号の説明

[0029] 3 圧力センサ

8 エアオペレイトバルブ

25 コントローラ

27 制御対象決定部

29、35 バルブモデル部

30、36 制御部

40 相対的圧力制御システム

41Aー41D 流量制御装置

42Aー42D 流量制御弁

43Aー43D 流量センサ

44 作用ガス供給管路

45A 相対的流量制御システム

45B 相対的流量制御システム

59 ハードインタロック用電磁弁

70 相対的圧力制御システム

72 ピエゾバルブ

73 オリフィス

101 相対的圧力制御システム

102A、102B エアオペレイトバルブ

103A、103B 圧力センサ

107 CPU

109 制御流体供給管路

171A、171B 演算部

172A、172B バルブモデル部

173A、173B 制御部

発明を実施するための最良の形態

[0030] 本発明を具体化した実施例を以下説明する。

実施例 1

[0031] 次に、本発明の第1実施の形態について図面を参照して説明する。図2は、エッチングガス供給システム50の概略構成図である。

エッチングガス供給システム50は、エッチングを行うためのチャンバ51を備え、エッチングガスの供給源52がエッチングガス供給弁53、相対的圧力制御システム40を介してチャンバ51の中に配設されたエッチングシャワー54に接続されている。エッチングシャワー54は、チャンバ51の中に配置された1枚のウエハ57の上方に配設され、センターシャワー55の周りにエッジシャワー56が設けられている。

[0032] 相対的圧力制御システム40は、センターシャワー55に接続する圧力制御装置1Aと、エッジシャワー56に接続する圧力制御装置1Bとを有する。圧力制御装置1A，1Bは、空気圧制御弁2と圧力センサ3とを備え、コントローラ(「相対的圧力制御システム」の「制御装置」に相当するもの。)25にそれぞれ接続しており、圧力センサ3の検知結果に基づいて何れか一方が出力調整されるようになっている。コントローラ25には、半導体製造装置全体の動作を制御する中央コントローラ58が接続され、エッチングガスの流量制御状態が常時監視されている。また、コントローラ25には、ハードイ

ンタロック用電磁弁(「インタロック機構」に相当するもの。)59が接続している。

[0033] 図3は、相対的圧力制御システム40で使用される圧力制御装置1A(1B)の部分断面図である。

相対的圧力制御システム40の圧力制御装置1A(1B)は、入力ポート4と出力ポート5とが形成されたボディ6を備え、入力ポート4と出力ポート5を連通させるように空気圧制御弁2をボディ6に取り付けるとともに、ボディ6の出力ポート5上に圧力センサ3を取り付け、空気圧制御弁2と圧力センサ3をカバー7で覆っている。

空気圧制御弁2は、ノーマルオープンタイプのエアオペレイトバルブ8に電空レギュレータ9を連結したものである。エアオペレイトバルブ8は、流路ブロック10と中間ブロック11とカバー12とで外観を構成し、エッチングガスを流量調整する弁部と、弁部の動作を操作する操作部とを内蔵している。

[0034] 弁部は、流路ブロック10と中間ブロック11との間に設けられている。流路ブロック10には、ボディ6の入力ポート4に接続する入力流路13と、ボディ6の出力ポート5に接続する出力流路14とを連通させる弁座15が設けられている。流路ブロック10と中間ブロック11との間には、ダイアフラム押さえ16が配設され、ダイアフラム押さえ16と流路ブロック10との間にダイアフラム17の外縁部が狭持されている。ダイアフラム17は、上向きに湾曲するように配設され、弁座15から離間している。従って、ボディ6の入力ポート4は、流路ブロック10の入力流路13、弁座15、ダイアフラム17で仕切られた弁室、流路ブロック10の出力流路14を介してボディ6の出力ポート5と連通している。

[0035] 一方、操作部は、中間ブロック11とカバー12との間に設けられている。カバー12と中間ブロック11には、弁軸18がダイアフラム17の上面に当接するように挿通されている。弁軸18には、ピストン19が連結されている。ピストン19は、中間ブロック11とカバー12との間に形成されたピストン室20に摺動可能に配設され、ピストン室20を上室と下室に区画している。ピストン室20の下室には、復帰バネ21が配設され、ピストン19を介して弁軸18に上向きの力を加えている。一方、ピストン室20の上室は、弁軸18の上端部に形成された流路を介してカバー12の操作ポート22と連通している。操作ポート22には、電空レギュレータ9が接続され、ピストン室20の上室に供給する圧縮空気を制御している。従って、ピストン室20の上室と下室との圧力差を利用すれ

ば、弁軸18を上下方向に移動させ、ダイアフラム17を弁座15に当接又は離間させることができる。

[0036] 図4は、相対的圧力制御システムの回路図である。

ハードインタロック用電磁弁59は、排気口に接続するAポートと、圧力制御装置1Aのエアオペレイトバルブ8に接続するPポートと、圧力制御装置1Bのエアオペレイトバルブ8に接続するRポートとを有し、コントローラ25から供給される電気信号によってポート切換を行う弁機構を内蔵している。弁機構は、スプリング59aによって常に一方向に付勢され、AポートとPポートとを連通させているが、電磁石59bが通電されて図示しないプランジャを吸着すると、スプリング59aの付勢力に抗して移動し、AポートとRポートとを連通させるようになっている。従って、圧力制御装置1A，1Bのエアオペレイトバルブ8は、ハードインタロック用電磁弁59により常に少なくとも一方が開弁するよう関連づけられている。なお、ハードインタロック用電磁弁59は、コントローラ25によって流量調整されていないエアオペレイトバルブ8を排気口に接続するように制御される。

[0037] 図1は、相対的圧力制御システム40のブロック図である。

相対的圧力制御システム40のコントローラ25は、圧力制御装置1A，1Bに内蔵される電空レギュレータ9の供給弁23と排気弁24に接続されており、供給弁23と排気弁24の開閉動作を制御することによりエアオペレイトバルブ8の開度調整を行う。

コントローラ25は、中央演算処理部（以下、「CPU」という。）26を備える。CPU26は、任意の圧力比コマンドK（ここでは、K＝P1／P2）を入力して、制御対象を決定する制御対象決定部27を備えている。制御対象決定部27には、圧力比コマンドKに基づいて圧力制御装置1B側の目標圧力P2（＝P1／K）を演算する演算部28と、圧力比コマンドKに基づいて圧力制御装置1A側の目標圧力P1（＝KP2）を演算する演算部34が並列に接続されている。

[0038] 演算部28には、バルブモデル部29と制御部30とが並列に接続されている。バルブモデル部29は、演算部28から入力した圧力制御装置1B側の目標圧力P2（＝P1／K）に基づいて圧力制御装置1Bのエアオペレイトバルブ8が出力する圧力P2を目標値に制御するための操作圧力を予め決定したバルブモデルを記憶している。一方

、制御部30は、圧力制御装置1Bの圧力センサ3からフィードバックされた圧力P2と、演算部28から入力した圧力制御装置1B側の目標圧力P2(＝P1／K)との偏差に基づいて操作圧力を決定する。バルブモデル29と制御部30は、加え合わせ点31で結合し、D／A変換器32を介して圧力制御装置1Bの電空レギュレータ9に接続されている。圧力制御装置1Bの圧力センサ3は、A／D変換器33を介して演算部34に接続されるとともに、制御部30の上流側にフィードバック結合されている。

[0039] 演算部34には、バルブモデル部35と制御部36とが並列に接続されている。バルブモデル部35は、圧力制御装置1A側の目標圧力P1(＝KP2)に基づいて圧力制御装置1Aのエアオペレイトバルブ8が出力する圧力P1を目標値に制御するための操作圧力を予め決定したバルブモデルを記憶している。一方、制御部36は、圧力制御装置1Aの圧力センサ3からフィードバックされた圧力P1と、演算部34から入力した圧力制御装置1A側の目標圧力P1(＝KP2)との偏差に基づいて操作圧力を決定する。バルブモデル35と制御部36は、加え合わせ点37で結合し、D／A変換器38を介して圧力制御装置1Aの電空レギュレータ9に接続されている。圧力制御装置1Aの圧力センサ3は、A／D変換器39を介して演算部28に接続されるとともに、制御部36の上流側にフィードバック結合されている。

[0040] こうした相対的圧力制御システム40は、次のように動作する。

図2のエッチングガス供給システム50においてエッチングガス供給弁53が閉弁され、エッチングガスを遮断している場合には、図1に示すコントローラ25のCPU26には遮断信号が入力される。CPU26は、遮断信号を受けて、D／A変換器32，38を介して圧力制御装置1A，1Bの電空レギュレータ9の動作を停止している。そのため、圧力制御装置1A，1Bのエアオペレイトバルブ8は、全く圧縮空気を供給されず、全開している。

[0041] 次に、図2のエッチングガス供給システム50においてエッチングガス供給弁53が開弁された場合について説明する。エッチングガス供給弁53が開弁されると、エッチングガスが圧力制御装置1A，1Bに分岐して供給される。圧力制御装置1A，1Bでは、エアオペレイトバルブ8が全開しているため、流量制御されたエッチングガスが圧力制御装置1A，1Bのエアオペレイトバルブ8を通過してセンターシャワー55とエッジシ

ャワー56からウエハ57に供給される。

そして、圧力制御装置1Aの圧力センサ3では、エアオペレイトバルブ8から出力されるエッチングガスの圧力P1を検知し、A／D変換器39を介してCPU26の演算部28に出力するとともに、制御部36にフィードバックさせる。

一方、圧力制御装置1Bの圧力センサ3では、エアオペレイトバルブ8から出力されるエッチングガスの圧力P2を検知し、A／D変換器33を介してCPU26の演算部34に出力するとともに、制御部30にフィードバックさせる。

[0042] CPU26では、任意の圧力比コマンドK（ここでは、K＝P1／P2）を入力し、圧力比コマンドKが1より小さいか否かを判断する。圧力比コマンドKが1より小さい場合、すなわち、圧力制御装置1B側の圧力P2が圧力制御装置1A側の圧力P1より大きい場合には、圧力制御装置1Aのエアオペレイトバルブ8を制御対象と判断し、圧力制御装置1Aのエアオペレイトバルブ8の制御を即座に開始する。このとき、圧力制御装置1Bのエアオペレイトバルブ8が全開されているため、圧力制御装置1B側の圧力P2が上昇する。そこで、CPU26では、相手方の圧力制御装置1Bの圧力P2をモニタし、圧力比が指示値になるように圧力制御装置1Aのエアオペレイトバルブ8を制御する。すなわち、CPU26の制御部36が、圧力制御装置1A側の目標圧力P1（＝KP2）と圧力制御装置1Aの圧力センサ3からフィードバックされる圧力P1との偏差に基づいて圧力制御装置1A側の圧力P1と圧力制御装置1B側の圧力P2が所定の圧力比となるように圧力制御装置1Aのエアオペレイトバルブ8に対する操作圧力を決定する。これに従って、圧力制御装置1Aでは、電空レギュレータ9がエアオペレイトバルブ8に供給する圧縮空気を制御し、エアオペレイトバルブ8の開度調整を行う。

[0043] ところが、エアオペレイトバルブ8は、応答性が悪いため、制御部36のみの制御では動作遅れが生じる。そのため、コントローラ25では、演算部34が、圧力制御装置1Bの圧力センサ3が検出した圧力P2を圧力比コマンドKとかけ合わせることにより圧力制御装置1A側の目標圧力P1（＝KP2）を求め、バルブモデル部35に出力している。バルブモデル部35では、圧力制御装置1A側の目標圧力P1（＝KP2）をバルブモデルのデータに当てはめ、バルブモデルのデータから圧力制御装置1A側の圧力P1を目標値にするための操作圧力を算出する。これにより、圧力制御装置1Aでは、

電空レギュレータ9がエアオペレイトバルブ8の出力する圧力P1を目標値まで瞬時に到達させるように圧縮空気を制御し、エアオペレイトバルブ8を開度調整する。

[0044] このとき、バルブモデル部35の操作圧力は、加え合わせ点37で制御部36の操作圧力を加えられるため、バルブモデル部35で対応できない操作圧力を補って、圧力制御装置1Aのエアオペレイトバルブ8を制御することができる。よって、低圧のエッチングガスは、センターシャワー55とエッジシャワー56から所定の分圧比でウエハ57に出力され、ウエハ57全体に均一に散布される。

この間、コントローラ25は、ハードインタロック用電磁弁59(図4参照)に通電して、圧力制御装置1Bのエアオペレイトバルブ8を大気開放して全開する一方、圧力制御装置1Aのエアオペレイトバルブ8を密閉している。そのため、ハードインタロック用電磁弁59が、エッチングガスの出力調整に影響を与えることはない。

[0045] なお、圧力比コマンドKが1より小さくない場合、すなわち、流体制御装置1A側の圧力P1が圧力制御装置1B側の圧力P2以上の場合には、上記と同様にして圧力制御装置1Bのエアオペレイトバルブ8を制御することにより、圧力制御装置1B側の圧力P2を目標値まで瞬時に到達させ、ウエハ57のセンターエリアとエッジエリアとに所定の分圧比でエッチングガスを出力することができる。もっとも、この場合、圧力制御装置1Bの目標圧力P2には、演算部28において圧力制御装置1Aの圧力センサ3が検出した圧力P1を圧力比コマンドKで割ったもの(P1/K)を用いる。そして、この間、コントローラ25は、ハードインタロック用電磁弁59を非通電状態とし、圧力制御装置1Aのエアオペレイトバルブ8を大気開放して全開する一方、圧力制御装置1Bのエアオペレイトバルブ8を密閉する。

[0046] ここで、発明者らは、エアオペレイトバルブ8をフィードフォワード制御することの優位性について、試験回路を作成して実験した。図5は、相対的圧力制御システム40の作用を調査するための試験回路図である。

試験回路は、マスフローコントローラ(MFC)60、圧力センサ61、作用ガス供給弁62、圧力センサ63を直列に接続している。圧力センサ63には、相対的圧力制御システム40の圧力制御装置1A, 1Bが並列に接続している。圧力制御装置1A, 1Bは、空気圧制御弁2と圧力センサ3とを備え、ノズル64A, 64Bを介してチャンバ65に接

続している。

[0047] 本試験では、試験回路に供給したアルゴンをMFC60で1L／min流している。そして、圧力制御装置1Bのエアオペレイトバルブ8を制御対象とし、全開された圧力制御装置1A側の圧力PAと圧力制御装置1B側の圧力PBが所定の圧力比になるように、圧力制御装置1Bのエアオペレイトバルブ8が出力する圧力PBを目標値に整定するまでの時間を調べた。図6は、フィードフォワード制御を行わない場合の相対的圧力制御システム40の作用を調査した結果を示す図であり、縦軸に真空圧力（kPa）を示し、横軸に時間（sec）を示す。図7は、フィードフォワード制御を行った場合の分圧制御システム40の作用を調査した結果を示す図であり、縦軸に真空圧力（kPa）を示し、横軸に時間（sec）を示す。

[0048] 圧力制御装置1Bのエアオペレイトバルブ8をフィードフォワード制御しないと、図6に示すように、圧力制御装置1Bのエアオペレイトバルブ8が圧力PBを目標値に整定する時間T1が3秒程度である。

一方、圧力制御装置1Bのエアオペレイトバルブ8をフィードフォワード制御すると、図7に示すように、圧力制御装置1Bのエアオペレイトバルブ8が圧力PBを目標値に整定する時間T2が1秒程度である。

従って、フィードフォワード制御を行って圧力制御装置1Bのエアオペレイトバルブ8を制御することにより、圧力PBを目標値に整定するまでの時間を3分の1程度に短縮することができた。

[0049] このように、本実施の形態の相対的圧力制御システム40によれば、同一系統を流れるエッチングガスをエッチングガス供給弁53から圧力制御装置1A，1Bのエアオペレイトバルブ8に供給すると、圧力制御装置1A，1Bのエアオペレイトバルブ8からエッチングガスが出力される。各エアオペレイトバルブ8の出力圧力P1，P2は、圧力センサ3によって検知され、その検知結果によって操作圧力を供給するエアオペレイトバルブ8を何れか一方に特定する。そして、特定したエアオペレイトバルブ8に供給する操作圧力を決定して、弁開度を調整することにより、圧力制御装置1A，1Bのエアオペレイトバルブ8から作用ガスを所定の分圧比で出力する。

[0050] ここで、コントローラ25が暴走して、各エアオペレイトバルブ8の動作状態を認識で

きなくなった場合、ハードインタロック用電磁弁59は、非通電状態であれば、AポートとPポートとを連通させて、流体制御装置1Aのエアオペレイトバルブ8の操作圧力を排気口に逃がし、少なくとも流体制御装置1Aのエアオペレイトバルブ8を開弁させる。一方、ハードインタロック用電磁弁59が、通電状態であれば、AポートとRポートとを連通させて、流体制御装置1Bのエアオペレイトバルブ8の操作圧力を排気口に逃がし、少なくとも流体制御装置1Bのエアオペレイトバルブ8を開弁させる。よって、作用ガス供給弁53と流体制御装置1A，1Bのエアオペレイトバルブ8とを接続する作用ガス供給管路のエッチングガスは、開弁するエアオペレイトバルブ8からチャンバ51へと流れ、作用ガス供給管路に残存しない。

[0051] 従って、本実施の形態の相対的圧力制御システム40によれば、エッチングガスが流れる系統を1つにした簡単な構造でエッチングガスの分圧比を正確に調整することができるとともに、緊急時に作用ガス供給管路からエッチングガスを確実に抜くことができる。

また、本実施の形態の相対的圧力制御システム40によれば、圧力制御装置1A，1Bのエアオペレイトバルブ8のうちで出力する圧力P1，P2が小さい方のエアオペレイトバルブ8を制御対象として特定するので（図1参照）、圧力制御装置1A，1Bのエアオペレイトバルブ8を牽制的に制御することができる。

[0052] また、本実施の形態の相対的圧力制御システム40によれば、圧力制御装置1A側から出力する圧力P1を制御する場合には、圧力制御装置1Bが検出した圧力P2と圧力比コマンドKとから圧力制御装置1Aの目標圧力P1（＝KP2）を演算し、その目標圧力P1（＝KP2）をバルブモデル部35のバルブモデルのデータに当てはめて圧力制御装置1Aのエアオペレイトバルブ3の操作圧力を求め、圧力制御装置1Aのエアオペレイトバルブ8の開閉動作をフィードフォワード制御し、その一方で、圧力制御装置1B側から出力する圧力P2を制御する場合には、圧力制御装置1Aが検出した圧力P1と圧力比コマンドKとから圧力制御装置1Bの目標圧力P2（＝P1／K）を演算し、その目標圧力P2（＝P1／K）をバルブモデル部29のバルブモデルのデータに当てはめて圧力制御装置1Bのエアオペレイトバルブ8の操作圧力を求め、圧力制御装置1Bのエアオペレイトバルブ8の開閉動作をフィードフォワード制御するので（

図1参照)、エアオペレイトバルブ8の制御時間を短くして、システム全体の処理能力を向上させることができる。

[0053] そして、本実施の形態の相対的圧力制御システム40によれば、フィードフォワード制御により圧力制御装置1Aのエアオペレイトバルブ8が出力する圧力P1を目標圧力P1(=KP2)に調節できない場合には、圧力制御装置1Aの圧力センサ3からフィードバックされた圧力P1を用いてエアオペレイトバルブ8に対する操作圧力を補い、その一方で、フィードフォワード制御により圧力制御装置1Bのエアオペレイトバルブ8が出力する圧力P2を目標圧力P2(=P1/K)に調節できない場合には、圧力制御装置1Bの圧力センサ3からフィードバックされた圧力P2を用いてエアオペレイトバルブ8に対する操作圧力を補うので、圧力制御装置1A又は圧力制御装置1Bのエアオペレイトバルブ8を目標圧力P1(=KP2)又は目標圧力P2(=P1/K))に正確に調整することができる。

[0054] かかる相対的圧力制御システム40は、コントローラ25に異常検出手段を備え、制御状態が一定であるか否かを確認している。すなわち、例えば、作用ガスの分圧制御を停止するときや作用ガスの種類を変更するときなどに、異常検出手段を作動させて作用ガス供給管路などの異常検出を行う。

コントローラ25は、作用ガス供給弁53を閉弁する前に、圧力制御装置1A, 1Bの電空レギュレータ9に対する通電を停止し、異常検出手段を作動させる。コントローラ25は、図8に示すように、圧力制御装置1A, 1Bの圧力センサ3が、電空レギュレータ9への通電を停止してからエアオペレイトバルブ8が完全に全開するまでの過渡時間Tを経過した後、一定間隔(例えば、500msec)毎に検知する圧力P1, P2を入力し、圧力制御装置1Aのエアオペレイトバルブ8の出力圧力P1を、圧力制御装置1Bのエアオペレイトバルブ8の出力圧力P2で割ることにより圧力比(P1/P2)を算出する。

[0055] そして、算出した圧力比が規定値を超えているか否かを判断する。すなわち、例えば、規定値の上限値がA、規定値の下限値が1/Aである場合、算出した圧力比(P1/P2)が規定値の上限値Aより大きいと判断した場合、或いは、規定値の下限値1/Aより小さいと判断した場合には、コンダクタンスが初期状態と同様でないと考えられるので、異常を検出する。そして、異常検出を複数回(本実施の形態では、3回)連

続してカウントしたときに、アラーム等を出力し、作業者に異常を知らせる。尚、異常検出を複数回要するのは、誤検出を防止するためである。これにより、エッチングガス供給システム50及び相対的圧力制御システム40は、作用ガス供給管路等の故障をいち早く発見することができる。

実施例 2

[0056] 続いて、本発明の実施例2について図面を参照して説明する。図9は、相対的流量制御システム45Aの概略構成を示す図である。

本実施の形態の相対的流量制御システム45Aは、半導体製造工程のエッチング処理に用いられ、第1実施の形態の相対的圧力制御システム40に複数の流量制御装置41Aー41Dを接続して構成されている。流量制御装置41Aー41Dは、O2、Ar、C4F8、CO等の作用ガス供給源にそれぞれ接続している。各流量制御装置41Aー41Dは、作用ガスの流量調整を行うための流量制御弁42Aー42Dと、流量制御弁42Aー42Dが出力する作用ガスの流量を検知する流量センサ（「流量検知手段」に相当するもの。）43Aー43Dとが直列に接続され、流量センサ43Aー43Dの検知結果に基づいて流量制御弁42Aー42Dを制御するようになっている。

[0057] そのため、相対的流量制御システム45Aでは、作用ガスとしてArを使用する場合、流量制御装置41Bを作動させ、流量制御弁42Bを開弁させる。流量制御弁43Bが開弁すると、Arが流量センサ43Bから作用ガス供給管路44、相対的圧力制御システム40、チャンバ51へと供給される。流量制御装置41Bは、流量制御弁42Bが出力する作用ガスの流量を流量センサ43Bで検知し、その検知結果に基づいて流量制御弁42Bの弁開度を調整する。そのため、例えば、作用ガス供給管路44のコンダクタンスが変化した場合であっても、その変化に追従して作用ガスの流量調整を行い、作用ガスが作用ガス供給管路44に常時一定の流量で出力され、相対的圧力制御システム40の圧力制御装置1A，1Bに分岐して供給される。相対的圧力制御システム40では、圧力制御装置1A，1Bがエアオペレイトバルブ8の出力圧力を圧力センサ3で検知し、その検知結果に基づいてコントローラ25が各エアオペレイトバルブ8に供給する操作圧力を決定して、各エアオペレイトバルブ8の弁開度を調整する。そのため、作用ガスは、圧力制御装置1A，1Bのエアオペレイトバルブ8から所定の圧力で

出力される。

[0058] ここで、コントローラ25や中央コントローラ58が暴走して、各エアオペレイトバルブの動作状態を認識できなくなった場合、インタロック機構59が、圧力制御装置1A，1Bのうち何れか一方のエアオペレイトバルブ8を開弁させている。よって、作用ガス供給管路44の作用ガスは、開弁するエアオペレイトバルブ8からチャンバ51へと流れ、作用ガス供給管路44に残存しない。

従って、本発明の相対的流量制御システム45Aによれば、作用ガスが流れる系統を1つにした簡単な構造で作用ガスの分圧比を正確に調整することができるとともに、緊急時に作用ガス供給管路44から作用ガスを確実に抜くことができる。

実施例 3

[0059] 次に、本発明の実施例3について説明する。図10は、相対的流量制御システム45Bの概略構成図である。

本実施の形態の相対的流量制御システム45Bは、相対的圧力制御システム70が1個のピエゾバルブ（「比例制御手段」に相当するもの。）72とオリフィス（「オリフィス手段」に相当するもの。）73を用いて分圧比を制御する点で、2個のエアオペレイトバルブ8を用いて分圧比を制御する第1，第2実施の形態の相対的圧力制御システム40と相違する。よって、ここでは、第1，第2実施の形態と相違する部分について詳細に説明し、共通する部分については説明を省略する。尚、第1，第2実施の形態と共通するものには、図面に同一符号を用いている。

[0060] 相対的圧力制御システム70は、流量制御装置41Aー41Dに作用ガス供給管路44を介して接続し、圧力制御装置71A，71Bが作用ガス供給管路44に並列に接続している。圧力制御装置71Aは、可変的に作用ガスを制御するピエゾバルブ72に圧力センサ3を直列に接続したものであり、センターシャワー55に接続している。圧力制御装置71Bは、不変的に作用ガスを制御するオリフィス73に圧力センサ3を直列に接続したものであり、エッジシャワー56に接続している。オリフィス73のCv値は、圧力変動範囲を広く確保するために、ピエゾバルブ72のCv値変動範囲内で設定されている。本実施の形態では、オリフィス73のCv値は、ピエゾバルブ72のCv値の2分の1に設定されている。

圧力制御装置71A，71Bは、コントローラ(「制御装置」に相当するもの。)74に接続し、ピエゾバルブ72とオリフィス73が出力する圧力P3，P4を圧力センサ3でそれぞれ検知し、その検知結果に基づいてピエゾバルブ72を比例制御している。

尚、本実施の形態では、作用ガス供給管路44とチャンバ51がオリフィス73を介して常時連通するため、ハードインタロック用電磁弁59を設けていない。

[0061] このような相対的圧力制御システム70では、作用ガスとしてArを使用する場合、流量制御装置41Bを作動させ、流量センサ43Bの検知結果に基づいて流量調整弁42BでArを流量調整し、作用ガス供給管路44に供給する。Arは、作用ガス供給管路44からピエゾバルブ72とオリフィス73に分岐してチャンバ51に出力される。ピエゾバルブ72とオリフィス73の出力圧力P3，P4は、圧力センサ3によって検知され、その検知結果に基づいてピエゾバルブ72の弁開度を調整することによりオリフィス73の出力圧力を相対的に変動させ、ピエゾバルブ72とオリフィス73から作用ガスを所定の分圧比で出力する。

[0062] ここで、制御装置が暴走して、ピエゾバルブ72の動作状態を認識できなくなった場合、作用ガス供給管路44の作用ガスは、オリフィス73から下流側へと流れ、作用ガス供給管路44に残存しない。

従って、本発明の相対的圧力制御システム70及び相対的流量制御システム45Bによれば、作用ガスが流れる系統を1つにした簡単な構造で作用ガスの分圧比を正確に調整することができるとともに、緊急時に作用ガス供給管路44から作用ガスを確実に抜くことができるのに加え、ピエゾバルブ72の数やハードインタロック用電磁弁59を削減して、コストダウンを図ることができる。

[0063] 以上、本発明の実施例1乃至3について説明したが、本発明は、上記実施の形態に限定されることなく、色々な応用が可能である。

例えば、上記実施の形態では、2個のエアオペレイトバルブ8が出力するエッチングガスの圧力を圧力比コマンドKに調整している。それに対して、3個以上のエアオペレイトバルブ8が出力するエッチングガスの分圧比を調整するようにしてもよい。

例えば、上記実施の形態では、エッチングガス供給システム50に相対的圧力制御システム40を使用した。しかし、作用ガスを所定の分圧比で出力することを目的とす

るものであれば、適用対象は半導体製造装置などに限定されない。

例えば、上記実施の形態では、ハードインタロック用電磁弁59として直動形3ポート電磁弁を使用したが、これに限定されるものではなく、パイロット形3ポート電磁弁などを使用してもよい。

例えば、上記第3実施の形態では、比例制御手段としてピエゾバルブを用いたが、エアオペレイトバルブや電磁弁を使用してもよい。

実施例 4

[0064] 次に、本発明に係る相対的圧力制御システムの実施例4について図面を参照して説明する。図1に示す基本的構成は、実施例1とほぼ同じなので、同じ部分の詳細な説明を省略する。図12は、相対的圧力制御システムの概略構成図である。

エッチングガス供給システム150は、エッチングを行うためのチャンバ151を備え、エッチングガスの供給源152がエッチングガス供給弁110、相対的圧力制御システム140を介してチャンバ151の中に配設されたエッチングシャワー154に接続されている。エッチングシャワー154は、チャンバ151の中に配置された1枚のウエハ157の上方に配設され、センターシャワー155の周りにエッジシャワー156が設けられている。

相対的圧力制御システム140は、O2、Ar、C4F8、COなどの制御流体であるエッチングガスを供給するエッチングガス供給弁153に接続する制御流体供給管路109に対して第1エアオペレイトバルブ(「可変オリフィス手段」に相当するもの。)102Aと第2エアオペレイトバルブ(「可変オリフィス手段」に相当するもの。)102Bを並列に設け、第1，第2エアオペレイトバルブ102A，102Bから制御流体を所定の分圧比で出力するものである。第1，第2エアオペレイトバルブ102A，102Bには、ノーマルオープンタイプのものを使用している。なお、エアオペレイトバルブを使用するのは、流路断面積が大きく、流量損失が小さいためである。

[0065] 次に、コントローラ106に記憶されている制御プログラムについて説明する。図13にフローチャートを示す。分圧比入力が中央コントローラ158より与えられる(S1)。次に、入力された分圧比コマンドKの値により制御対象バルブを決定する(S2)。次に、制御目標圧力計算 P1'、P2'を、P1'=KP2、P2'=P1／K 式により算出する(S3)。

ここで、P1、P2:圧力センサ出力圧力である。

次に、両バルブに一定量閉信号を入力する(S4)。本実施例では、全開状態の25%を閉じている。

[0066] 本出願人等が行った実験結果を図14に示す。横軸がコンダクタンス量、すなわち、全開に対して開口している割合であり、閉じる量とは逆の数値である。縦軸は、左端の縦軸にバルブストロークの繰り返し精度を示し、右端の縦軸に応答時間を示している。データは、Bが応答性のデータであり、Aが繰り返し精度のデータである。

この実験データによれば、閉じる一定量は、5%以上35%以下が良い。さらには、15%以上30%以下が望ましい。5%未満であると、本発明が目的とする作用・効果が得られない。また、35%を超えると、応答性が悪くなり問題となるからである。さらに、15%以上30%以下であると、本発明の作用・効果を十分発揮しつつ、必要とする応答性が得られる。

次に、非制御側バルブに対しては、一定量閉信号にて制御し、制御側バルブに対しては、目標圧力に到達させるための制御信号にて制御する(S5)。 次に、制御目標圧力計算 P1'、P2'を、 P1'=KP2 P2'=P1/K の式により算出する(S6)。ここで、P1, P2は、圧力センサ出力圧力である。次に、非制御側バルブに対しては、一定量閉信号にて制御し、制御側バルブに対しては、目標圧力に到達させるための制御信号にて制御する(S7)。次に、S6に戻る。

[0067] 上記構成を有する実施例4の相対的圧力制御システムの作用について説明する。

図15に、実施例4の相対的圧力制御システムにより制御可能な範囲、及び従来システムにより制御可能な範囲を示す。図16に、実施例4の相対的圧力制御システムにより制御可能な範囲を示す。図16において、Aは、片側固定で、片側バルブで圧力比制御を行う領域を示し、Bは、センター側バルブとエッジ側バルブとのどちらでも圧力比制御できる領域を示し、Cは、相対的圧力制御システム・装置によって発生する圧力比の変動領域を示す。

例として、実際の圧力比を1.077(図16のL)と仮定する。エッジ側のバルブを一定量(25%)閉めてセンター側のバルブが全開した場合の圧力比は、1.281となる。また、センター側のバルブを一定量(25%)閉めてエッジ側のバルブが全開した場合

の圧力比は、0．918となる。ここで、圧力比＝センター側圧力／エッジ側圧力　である。

[0068] 仮に、1．000を境として制御バルブを決定したとしても、0．918ー1．281の間においては、図15及び図16に示すように、どちらのバルブにおいても圧力比制御することが可能である。

すなわち、実際の圧力比が1．077で、目標制御圧力比が1．050（図16のM）であった場合について検討すると、従来のシステムでは、1．000より大きいので、エッジ側バルブを制御し始めるが、全開状態において圧力比が既に1．077であり、エッジ側バルブ制御して目標圧力比1．050にすることができず、制御不良となってしまう。これに対して、実施例4のシステムでは、エッジ側のバルブを制御し始めても、エッジ側のバルブとしては一定量（25％）閉めたところから全開方向に進んで1．050を制御することができる。（0．918までエッジ側バルブで制御できるため、1．050は制御可能となる。）

[0069] 次に、流量を変化させる場合について説明する。

例えば、流量を200sccmから1000sccmに変化させたい場合を検討する。図17に従来システムによる制御の時系列的な流れを示す。図18に実施例4のシステムによる制御の時系列的な流れを示す。図19に200sccmから1000sccmに流量が変化したときの停止時圧力比の変化を示す。200sccmのときは、停止時圧力比が、1．026であるが、1000sccmのときは、停止時圧力比が、1．077に変化する。これは、配管等のコンダクタンスの影響によるものと考えられる。

図17に示すように、従来システムでは、非制側のバルブは全開にしておき、他方のバルブだけで制御を行っているので、そのままでは、目標値に収束できないため、一度異常と判断してバルブを、エッジ側バルブからセンター側バルブに切り替える動作を行わなければならず、時間をロスしている。

図18に示すように、実施例4のシステムでは、両方のバルブを一度25％閉じているので、200sccmのときにはエッジ側バルブを制御して圧力比を1．050とすることができ、1000sccmのときにもエッジ側バルブを制御して1．050とすることができる。すなわち、0．918までエッジ側バルブで制御できるため、流量変化による停止時圧力

比の変動の影響を受けない。このとき、従来システムと異なり、異常と判断してバルブを切り替える動作がないので、応答性を良くすることができる。また、小流量時においても、制御開始時に両側バルブを同時に閉めることになるので、制御開始時のバルブの動作の鈍さを解消することができ、応答性を速めることができる。

[0070] 実施例4の相対的圧力制御システムの実験結果を図20に示す。比較例として従来のシステムにおけるデータを図21に示す。共に、横軸が時間であり、左側縦軸が圧力比であり、右側縦軸がバルブの操作量である。また、Bがバルブの操作量の波形であり、Aが圧力比が0．970に収束するまでの圧力比波形を示している。

図21に示すように、従来のシステムでは、目標値である0．970にバルブが収束するのに6．6秒かかっているのに対し、図20に示す実施例4の相対的圧力制御システムでは、3．8秒で収束している。これにより、本発明の応答性の良さがわかる。

実施例4における応答性の良さの理由を説明する。図22に実施例4の相対的圧力制御システムの実験結果を示す。比較例として従来のシステムにおけるデータを図23に示す。共に、横軸がバルブの操作圧力であり、縦軸が出力される圧力である。従来のシステムでは、所定の出力圧力を得るために15kPa必要としていたが、実施例4のシステムでは、同じ所定の出力圧力を得るのに5kPa必要とするのみである。これにより、実施例4のシステムでは、応答性が良くなっているのである。

[0071] 以上詳細に説明したように、実施例4の相対的圧力制御装置によれば、1つの制御流体供給管路に対して並列に設けられた複数の流路面積を可変的に制御可能なエアオペレートバルブ8A，8Bと、エアオペレートバルブ8A，8Bに各々直列に接続する圧力センサ3A，3Bと、エアオペレートバルブ8A，8Bの開閉動作を制御するコントローラ25を備え、圧力センサ3A，3Bの検知結果に基づいてエアオペレートバルブ8A，8Bから前記制御流体を所定の分圧比で出力する相対的圧力制御システムであって、前記コントローラ25が、所定の分圧比と圧力センサ3A，3Bの検知結果とに基づいてエアオペレートバルブ8A，8Bの目標圧力をそれぞれ演算する演算部と、目標圧力に基づいてエアオペレートバルブ8A，8Bに供給する制御信号を作成し、エアオペレートバルブ8A，8Bに対して制御信号を出力する信号処理部とを有すると共に、コントローラ25が、信号を出す前に、エアオペレートバルブ8A，8Bのコンダクタ

ンスを一定量減らす一定量閉信号を出力するので、制御開始時に両方のバルブを同時に一定量閉めることにより、圧力比制御のできる領域を広げることができ、制御不能領域をなくすことができる。

また、上記相対的圧力制御システムにおいて、一定閉量が、全開状態のコンダクタンスの5%以上35%以下であるので、必要な応答性を確保しながら、本発明の作用・効果を得ることができる。

実施例 5

[0072] 次に、本発明の実施例5について説明する。図12に示す基本的構成は、実施例4と同じなので、詳細な説明を省略する。

図11は、実施例5の圧力制御システム40のブロック図である。

第1，第2エアオペレイトバルブ102A，102Bは、第1電空レギュレータ105Aと第2電空レギュレータ105Bからぞれぞれ圧縮空気を供給され、弁開度を調整される。そして、第1，第2エアオペレイトバルブ102A，102Bには、第1圧力センサ103Aと第2圧力センサ103Bがそれぞれ直列に接続し、第1，第2エアオペレイトバルブ102A，102Bの出力圧力P1，P2を一定周期で検知している。

コントローラ106は、第1，第2エアオペレイトバルブ102A，102Bに供給する圧縮空気の操作圧力（「制御信号」に相当するもの。）を決定し、その操作圧力を出力するための電気信号を第1，第2電空レギュレータ105A，105Bの供給弁151A，151Bと排気弁152A，152Bに供給する。そのため、コントローラ106は、情報の演算や加工などを行う中央演算処理部（以下、「CPU」という。）107を備える。CPU107は、圧力比コマンドK（＝P1／P2）に基づいて第1エアオペレイトバルブ102Aの目標圧力P1’（＝KP2）を演算する演算部171Aと、圧力比コマンドK（＝P1／P2）に基づいて第2エアオペレイトバルブ102Bの目標圧力P2’（＝P1／K）を演算する演算部171Bとが並列に設けられている。

[0073] 演算部171Aには、バルブモデル部172Aと制御部173Aとが並列に接続されている。バルブモデル部172Aは、第1エアオペレイトバルブ102Aの出力圧力P1を目標圧力P1’に制御するための操作圧力を予め決定したバルブモデルを記憶している。一方、制御部173Aは、第1圧力センサ103Aからフィードバックされた出力圧力P

1と、演算部171Aから入力した第1エアオペレイトバルブ102Aの目標圧力P1'との偏差に基づいて操作圧力を決定する。バルブモデル部172Aと制御部173Aは、加え合わせ点174Aで結合し、D／A変換器161Aを介して第1電空レギュレータ105Aに接続されている。そして、第1圧力センサ103Aは、A／D変換器162Aを介して演算部171Bに接続されるとともに、制御部173Aの上流側にフィードバック結合されている。なお、バルブモデル部172A、制御部173A、加え合わせ点174Aなどにより特許請求の範囲にいう「信号処理部」が構成される。

[0074] 演算部171Bには、バルブモデル部172Bと制御部173Bとが並列に接続されている。バルブモデル部172Bは、第2エアオペレイトバルブ102Bの出力圧力P2を目標圧力P2'に制御するための操作圧力を予め決定したバルブモデルを記憶している。一方、制御部173Bは、第2圧力センサ103Bからフィードバックされた出力圧力P2と、演算部171Bから入力した第2エアオペレイトバルブ102Bの目標圧力P2'との偏差に基づいて操作圧力を決定する。バルブモデル部172Bと制御部173Bは、加え合わせ点174Bで結合し、D／A変換器161Bを介して第2電空レギュレータ105Bに接続されている。第2圧力センサ103Bは、A／D変換器162Bを介して演算部171Aに接続されるとともに、制御部173Bの上流側にフィードバック結合されている。なお、バルブモデル部172B、制御部173B、加え合わせ点174Bなどにより特許請求の範囲にいう「信号処理部」が構成される。

[0075] こうした圧力制御システム101は、次のように動作する。

流体制御弁110から制御流体供給管路109に制御流体が供給されていない場合などには、第1，第2電空レギュレータ105A，105Bの供給弁151A，151Bと排気弁152A，152Bに遮断信号を供給して閉弁させる。そのため、第1，第2エアオペレイトバルブ102A，102Bは、全く操作圧力を供給されず、全開している。

その後、制御流体が流体制御弁153から制御流体供給管路109に供給されると、制御流体が第1，第2エアオペレイトバルブ102A，102Bに分岐し、第1，第2エアオペレイトバルブ102A，102Bから出力される。そして、第1エアオペレイトバルブ102Aの出力圧力P1は、第1圧力センサ103Aによって検知され、A／D変換器162Aを介してCPU107の演算部171Bに入力されるとともに、制御部173Aにフィードバック

される。また、第2エアオペレイトバルブ102Bの出力圧力P2は、第2圧力センサ203Bによって検知され、A／D変換器262Bを介してCPU107の演算部171Aに入力されるとともに、制御部173Bにフィードバックされる。

CPU107は、任意の圧力比コマンドK（＝P1／P2）が入力されており、圧力比コマンドKと第1，第2エアオペレイトバルブ102A，102Bの出力圧力とに基づいて、第1，第2エアオペレイトバルブ102A，102Bに供給される操作圧力を決定する。

[0076] すなわち、演算部171Aは、第2圧力センサ103Bから入力した第2エアオペレイトバルブ102Bの出力圧力P2を圧力比コマンドKとかけることにより、第1エアオペレイトバルブ102Aの目標圧力P1'（＝KP2）を常時演算する。制御部173Aは、演算部171Aで演算された目標圧力P1'と第1圧力センサ103Aからフィードバックされる出力圧力P1との偏差に基づいて第1エアオペレイトバルブ102Aに供給する操作圧力を決定する。

ところが、第1エアオペレイトバルブ102Aは、応答性が悪いため、制御部173Aのみの制御では動作遅れを生じる。そのため、演算部171Aが演算した目標圧力P1'をバルブモデル部172Aに入力して、バルブモデルのデータに当てはめ、第1エアオペレイトバルブ102Aの出力圧力P1を目標圧力P1'にするために必要な操作圧力を算出する。これにより、第1エアオペレイトバルブ102Aの出力圧力P1を目標圧力P1'まで瞬時に到達させることが可能になる。

[0077] なお、バルブモデル部172Aで決定された操作圧力は、加え合わせ点174Aにおいて制御部173Aで決定された操作圧力を加えられ、バルブモデル部172Aのみでは対応できない事態を補っている。こうして決定された操作圧力は、D／A変換器161Aにおいてアナログ信号に変換されて第1電空レギュレータ105Aに常時供給され、第1エアオペレイトバルブ102Aの弁開度を調整する。

一方、演算部171Bは、第1圧力センサ103Aから入力した第1エアオペレイトバルブ102Aの出力圧力P1を圧力比コマンドKで割ることにより、第2エアオペレイトバルブ102Bの目標圧力P2'（＝P1／K）を常時演算する。制御部173Bは、演算部171Bで演算された目標圧力P2'と第2圧力センサ103Bからフィードバックされる出力圧力P2との偏差に基づいて第2エアオペレイトバルブ102Bに供給する操作圧力を決

定する。

[0078] ところが、第2エアオペレイトバルブ102Bは、応答性が悪いため、制御部173Bのみの制御では動作遅れを生じる。そのため、演算部171Bが演算した目標圧力P2'をバルブモデル部172Bに出力して、バルブモデルのデータに当てはめ、第2エアオペレイトバルブ102Bの出力圧力P2を目標圧力P2'にするために必要な操作圧力を算出する。これにより、第2エアオペレイトバルブ102Bの出力圧力P2を目標圧力P2'まで瞬時に到達させることが可能になる。

なお、バルブモデル部172Bで決定された操作圧力は、加え合わせ点174Bにおいて制御部173Bで決定された操作圧力を加えられ、バルブモデル部172Bのみでは対応できない事態を補っている。こうして決定された操作圧力は、D／A変換器161Bにおいてアナログ信号に変換されて第2電空レギュレータ105Bに常時供給され、第2エアオペレイトバルブ102Bの弁開度を調整する。

[0079] 次に、コントローラ106に記憶されている制御プログラムについて説明する。図24にフローチャートを示す。分圧比入力が中央コントローラ158より与えられる(S1)。次に、制御目標圧力計算 P1'、P2'を、P1'=KP2、P2'=P1／K 式により算出する(S2)。ここで、P1、P2:圧力センサ出力圧力である。次に、目標圧力比P1'、P2'と出力圧力P1, P2の偏差に基づき作成したバルブ操作量を比較して制御対象バルブを決定する(S3)。

次に、両バルブに一定量閉信号を入力する(S4)。本実施例では、全開状態の25%を閉じている。詳細は、実施例4と同じなので詳細な説明を省略する。

[0080] 次に、非制御側バルブに対しては、一定量閉信号にて制御し、制御側バルブに対しては、目標圧力に到達させるための制御信号にて制御する(S5)。 次に、制御目標圧力計算 P1'、P2'を、 P1'=KP2 P2'=P1／K の式により算出する(S6)。ここで、P1, P2は、圧力センサ出力圧力である。

次に、目標圧力比P1'、P2'と出力圧力P1, P2の偏差に基づき作成したバルブ操作量を比較して制御対象バルブを決定する(S7)。次に、非制御側バルブに対しては、一定量閉信号にて制御し、制御側バルブに対しては、目標圧力に到達させるための制御信号にて制御する(S8)。次に、S6に戻る。

[0081] 次に、具体的数値を用いて圧力制御システム101の制御について考察する。

本実施例5の相対的圧力制御システム101によれば、第1，第2エアオペレイトバルブ102A，102Bの出力圧力P1，P2を第1，第2圧力センサ103A，103Bから入力し、圧力比コマンドKと第1，第2エアオペレイトバルブ102A，102Bの出力圧力P1，P2とに基づいて、第1，第2エアオペレイトバルブ102A，102Bが出力すべき目標圧力P1'，P2'をそれぞれ常時演算する。そして、第1，第2エアオペレイトバルブ102A，102Bが目標圧力P1'，P2'で制御流体を出力するために必要な操作圧力を決定し、決定した操作圧力を第1，第2エアオペレイトバルブ102A，102Bに常時供給することにより、第1，第2エアオペレイトバルブ102A，102Bを制御する。よって、本実施例5の圧力制御システム101によれば、第1，第2エアオペレイトバルブ102A，102Bが全開するときの分圧比がいかなる値の場合であっても、第1，第2エアオペレイトバルブ102A，102Bに常時操作圧力を供給することにより、シャワープレートの理論的比率に影響されることなく、全ての分圧比の範囲を制御し、第1，第2エアオペレイトバルブ102A，102Bから所定の分圧比で制御流体を出力することが可能になり、制御不可能領域をなくすことができる。

[0082] このように、第1，第2エアオペレイトバルブ102A，102Bに常時操作圧力を供給することにより、制御不可能領域をなくしたので、配管や絞りによるコンダクタンスの違いを考慮する必要がなく、また、センサ調整やバルブCV値のばらつきをある程度吸収することができるので、歩留まりを抑えることができる。

また、装置毎（シャワープレートの比率毎）にしきい値のセッティングを行う必要がなく、汎用性に優れている。

[0083] このとき、例えば、図25に示すように、第1，第2エアオペレイトバルブ102A，102Bに常時操作圧力を供給し制御を行うと、第1，第2エアオペレイトバルブ102A，102B各々の弁開度を調整するので、同じ圧力比コマンド「1．050」に制御する場合であっても、第1，第2エアオペレイトバルブ102A，102Bの双方が閉方向に作動する量が各時間帯（図25のT1ーT2、T3ーT4、T5ーT6参照）で異なり、図28に示すように、第1，第2エアオペレイトバルブ102A，102Bの上流側圧力が上昇してまちまちになるという現象が発生する（図27に示す太線のT1ーT2、T3ーT4、T5ーT6参照

)。この様な場合に、図29に示すように、第1，第2エアオペレイトバルブ102A，102Bの操作圧力を比較し、小さい方のエアオペレイトバルブについては、一定量閉じる操作圧力を供給することにより、一定開度に制御する一方、他方のエアオペレイトバルブに対しては、出力圧力を目標圧力に到達させるために必要な操作圧力を供給して弁開度を調整するようにすれば、制御対象として特定しなかったエアオペレイトバルブを一定開度に制御するので、常に最良のコンダクタンスを保つことができ、第1，第2エアオペレイトバルブ102A，102B上流側圧力の上昇を抑えることができる(図28に示す細線のT1ーT2、T3ーT4、T5ーT6参照)。

[0084] 以上、本発明の実施例5について説明したが、本発明は、上記実施例5に限定されることなく、色々な応用が可能である。

(1)例えば、上記実施例では、第1，第2エアオペレイトバルブ102A，102Bから出力する制御流体の分圧制御について説明した。それに対して、3個以上のエアオペレイトバルブ102であっても同様にして分流制御するようにしてもよい。

(2)例えば、上記実施例では、流体制御弁としてノーマルオープンタイプのエアオペレイトバルブを使用した。それに対して、流体制御弁としてノーマルオープンタイプの電磁弁を使用し、しきい値を超える電圧を印加したときに閉弁動作を開始するようにしてもよい。

[0085] (3)例えば、上記実施例では、ノーマルオープンタイプのエアオペレイトバルブ102A，102Bを流体制御弁として使用し、制御流体を所定の分圧比に制御した。それに対して、ノーマルクローズタイプの流体制御弁(エアオペレイトバルブ、電磁弁、ピエゾバルブ等)を使用して制御流体を所定の分圧比に制御するようにしてもよい。この場合、ノーマルクローズタイプの流体制御弁は、ノーマルオープンタイプの流体制御弁を制御する場合と考え方を逆にして制御される。すなわち、例えば、1つの制御流体供給管路109に2個のノーマルクローズタイプのエアオペレイトバルブを並列に接続し、それらに常時操作圧力を供給し分圧比を制御するときにも、上記実施の形態のようにノーマルオープンタイプの第1，第2エアオペレイトバルブ102A，102Bを使用するときと同様に、ノーマルクローズタイプのエアオペレイトバルブ上流側の圧力を上昇させる場合がある。この場合、制御流体の流量及び組成を調整する格別の流体

制御弁110の流量制御に影響を及ぼすおそれがあるため、ノーマルクローズタイプのエアオペレイトバルブ上流側の圧力上昇をきらう場合には、各エアオペレイトバルブ毎に演算部で演算された操作量を比較し、操作量が最大となるエアオペレイトバルブに対しては、一定量開ける操作圧力を供給することにより、一定開度に制御する一方、その他のエアオペレイトバルブに対しては、出力圧力を目標圧力に到達させるために必要な操作圧力を供給して、弁開度を調整する。このように、制御対象として特定しないノーマルクローズタイプのエアオペレイトバルブを必ず一定開度に制御するようにすれば、常に最良のコンダクタンスを保つことができ、ノーマルクローズタイプのエアオペレイトバルブ上流側の圧力上昇を抑えることができる。

請求の範囲

[1] 作用ガスが供給される作用ガス供給管路に接続される複数のノーマルオープンタイプのエアオペレイトバルブと、

前記エアオペレイトバルブの各々に直列に接続されて前記エアオペレイトバルブが出力する圧力を検出する圧力センサと、

前記圧力センサが検知した圧力に基づいて前記エアオペレイトバルブの操作圧力を制御する制御装置と、

前記制御装置に接続し、前記複数のエアオペレイトバルブを、常時少なくとも1つが開弁するように関連づけるインタロック機構と、を有し、

前記複数のエアオペレイトバルブのうちから特定したエアオペレイトバルブの開度を調整して、前記作用ガスを所定の分圧比で出力することを特徴とする相対的圧力制御システム。

[2] 請求項1に記載する相対的圧力制御システムにおいて、

前記制御装置は、出力する圧力を比較して前記複数のエアオペレイトバルブのうちで制御対象とするエアオペレイトバルブを特定することを特徴とする相対的圧力制御システム。

[3] 請求項1又は請求項2に記載する相対的圧力制御システムにおいて、

前記エアオペレイトバルブの全てを全開させて作用ガスを供給したときに、前記エアオペレイトバルブが出力する圧力を一定間隔毎に前記圧力センサでそれぞれ検知し、その圧力比が規定値を超えているか否かを判断し、超えていたときに、異常を検出する異常検出手段を有すること、を特徴とする相対的圧力制御システム。

[4] 請求項1乃至請求項3の何れか一つに記載する相対的圧力制御システムにおいて、

前記制御装置は、前記圧力センサが検出した圧力に対して特定のエアオペレイトバルブの操作圧力を決定するバルブモデルを記憶し、前記バルブモデルを用いて前記特定のエアオペレイトバルブをフィードフォワード制御することを特徴とする相対的圧力制御システム。

[5] 請求項4に記載する相対的圧力制御システムにおいて、

前記制御装置は、前記フィードフォワード制御するエアオペレイトバルブと接続する

前記圧力センサが検知した圧力を用いて、前記フィードフォワード制御された操作圧力を補正することを特徴とする相対的圧力制御システム。

[6] 作用ガス供給管路に、流路面積を可変的に作用ガスを制御する比例制御手段と、流路面積を不変的に作用ガスを制御する固定オリフィス手段とを並列に接続して、前記比例制御手段と前記固定オリフィス手段に圧力を検知する圧力センサをそれぞれ直列に接続し、

前記圧力センサの検知結果に基づいて前記比例制御手段の動作を比例制御することにより、前記比例制御手段と前記固定オリフィス手段の出力圧力を相対的に制御する制御装置を設けたこと、を特徴とする相対的圧力制御システム。

[7] ガス供給源に接続する流量制御弁と、前記流量制御弁が出力する流量を検知する流量検知手段とを有し、前記流量検知手段の検知結果に基づいて前記流量制御弁を制御する流量制御装置と、

前記流量制御装置に接続する作用ガス供給管路と、

前記作用ガス供給管路に並列に接続される複数のノーマルオープンタイプのエアオペレイトバルブと、前記エアオペレイトバルブの各々に直列に接続されて前記エアオペレイトバルブが出力する圧力を検出する圧力センサと、前記圧力センサが検知した圧力に基づいて前記エアオペレイトバルブの操作圧力を制御する制御装置と、前記制御装置に接続し、前記複数のエアオペレイトバルブを、常時少なくとも1つが開弁するように関連づけるインタロック機構と、からなり、前記複数のエアオペレイトバルブのうちから特定したエアオペレイトバルブの開度を調整して、前記作用ガスを所定の分圧比で出力する相対的圧力制御システムと、

前記エアオペレイトバルブの全てを全開させて作用ガスを供給したときに、前記エアオペレイトバルブが出力する圧力を一定間隔毎に前記圧力センサでそれぞれ検知し、その圧力比が規定値を超えているか否かを判断し、超えていたときに、異常を検出する異常検出手段と、を有すること、を特徴とする相対的流量制御システム。

[8] 請求項7に記載する相対的流量制御システムにおいて、

前記制御装置は、前記圧力センサが検出した圧力に対して特定のエアオペレイトバルブの操作圧力を決定するバルブモデルを記憶し、前記バルブモデルを用いて

前記特定のエアオペレイトバルブをフィードフォワード制御することを特徴とする相対的流量制御システム。

[9] 請求項8に記載する相対的流量制御システムにおいて、

前記制御装置は、前記フィードフォワード制御するエアオペレイトバルブと接続する前記圧力センサが検知した圧力を用いて、前記フィードフォワード制御された操作圧力を補正することを特徴とする相対的流量制御システム。

[10] 1つの制御流体供給管路に対して並列に設けられた複数の流路面積を可変的に制御可能な可変オリフィス手段と、前記可変オリフィス手段に各々直列に接続する圧力センサと、前記可変オリフィス手段の開閉動作を制御する制御手段とを備え、前記圧力センサの検知結果に基づいて前記複数の可変オリフィス手段から前記制御流体を所定の分圧比で出力する相対的圧力制御システムであって、

前記制御手段が、

前記所定の分圧比と前記圧力センサの検知結果とに基づいて前記複数の可変オリフィス手段の目標圧力をそれぞれ演算する演算部と、

前記目標圧力に基づいて前記複数の可変オリフィス手段に供給する制御信号を作成し、全ての可変オリフィス手段に対して前記制御信号を出力する信号処理部とを有すると共に、

前記信号処理部が、前記信号を出す前に、前記複数の可変オリフィス手段のコンダクタンスを一定に保つ、一定開度信号を出力することを特徴とする相対的圧力制御システム。

[11] 請求項10に記載する相対的圧力制御システムにおいて、

前記一定量が、全開状態のコンダクタンスの65%以上95%以下であることを特徴とする相対的圧力制御システム。

[12] 1つの制御流体供給管路に対して並列に設けられた複数の流路面積を可変的に制御可能な可変オリフィス手段と、前記可変オリフィス手段に各々直列に接続する圧力センサと、前記可変オリフィス手段の開閉動作を制御する制御手段とを備え、前記圧力センサの検知結果に基づいて前記複数の可変オリフィス手段から前記制御流体を所定の分圧比で出力する相対的圧力制御システムであって、

前記制御手段が、

前記所定の分圧比と前記圧力センサの検知結果とに基づいて前記複数の可変オリフィス手段の目標圧力を常時それぞれ演算する演算部と、

前記目標圧力に基づいて前記複数の可変オリフィス手段に供給する制御信号を作成し、全ての可変オリフィス手段に対して前記制御信号を常時出力する信号処理部とを有することを特徴とする相対的圧力制御システム。

[13] 請求項12に記載する相対的圧力制御システムにおいて、

前記信号処理部は、

前記可変オリフィス手段がノーマルオープンタイプである場合には、

各可変オリフィス手段毎に前記演算部で演算した目標圧力と、前記圧力センサで検知された出力圧力との偏差に基づき作成した操作量を比較し、

操作量が最小となる可変オリフィス手段に対しては、コンダクタンスを一定に保つ一定開度信号を作成し、その他の可変オリフィス手段に対しては、出力圧力を目標圧力に到達させるために必要な制御信号を作成すること、を特徴とする相対的圧力制御システム。

[14] 請求項12に記載する相対的圧力制御システムにおいて、

前記信号処理部は、

前記可変オリフィス手段がノーマルクローズタイプである場合には、

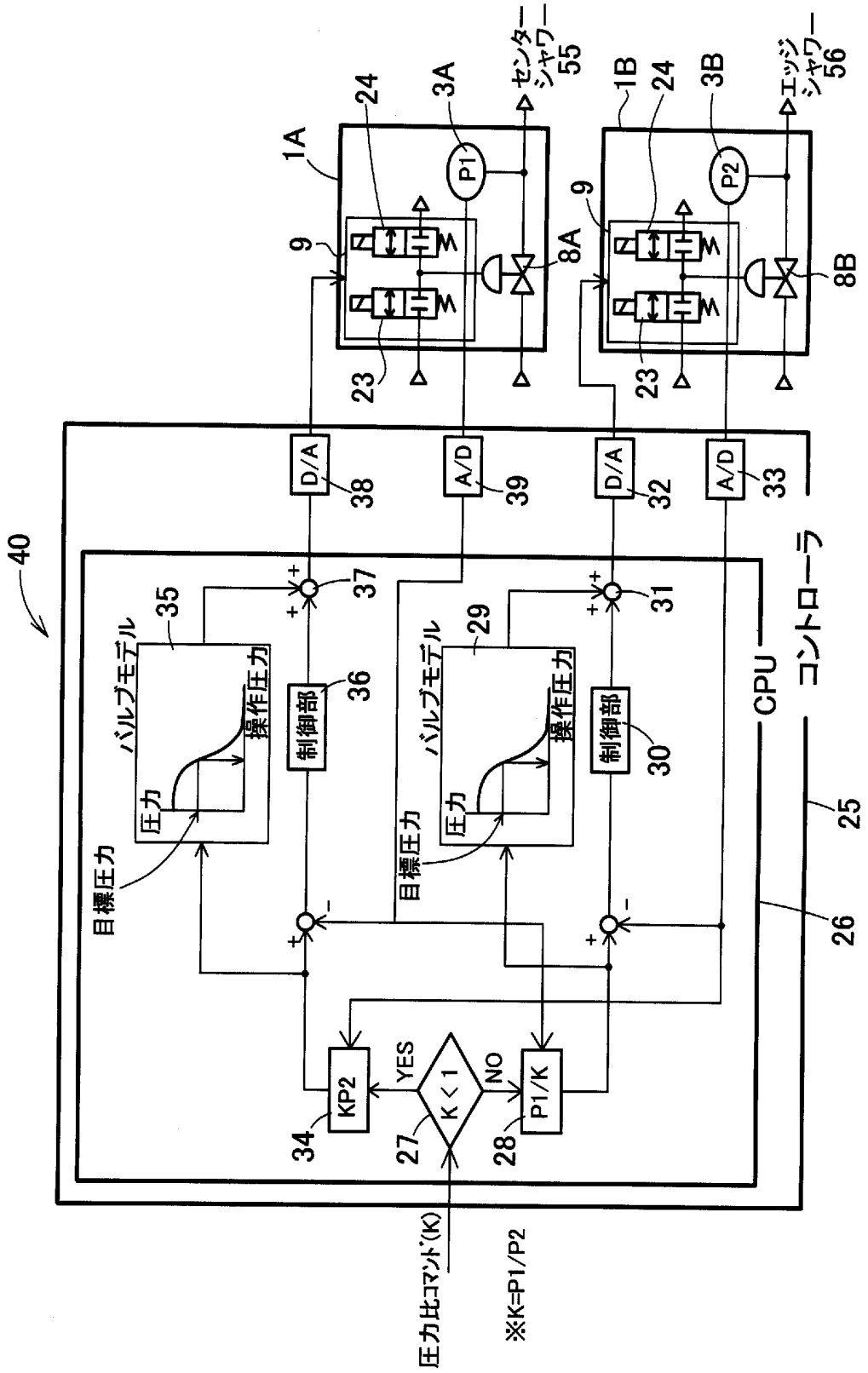
各可変オリフィス手段毎に前記演算部で演算した目標圧力と、前記圧力センサで検知された出力圧力との偏差に基づき作成した操作量を比較し、

操作量が最大となる可変オリフィス手段に対しては、コンダクタンスを一定に保つ一定開度信号を作成し、その他の可変オリフィス手段に対しては、出力圧力を目標圧力に到達させるために必要な制御信号を作成すること、を特徴とする相対的圧力制御システム。

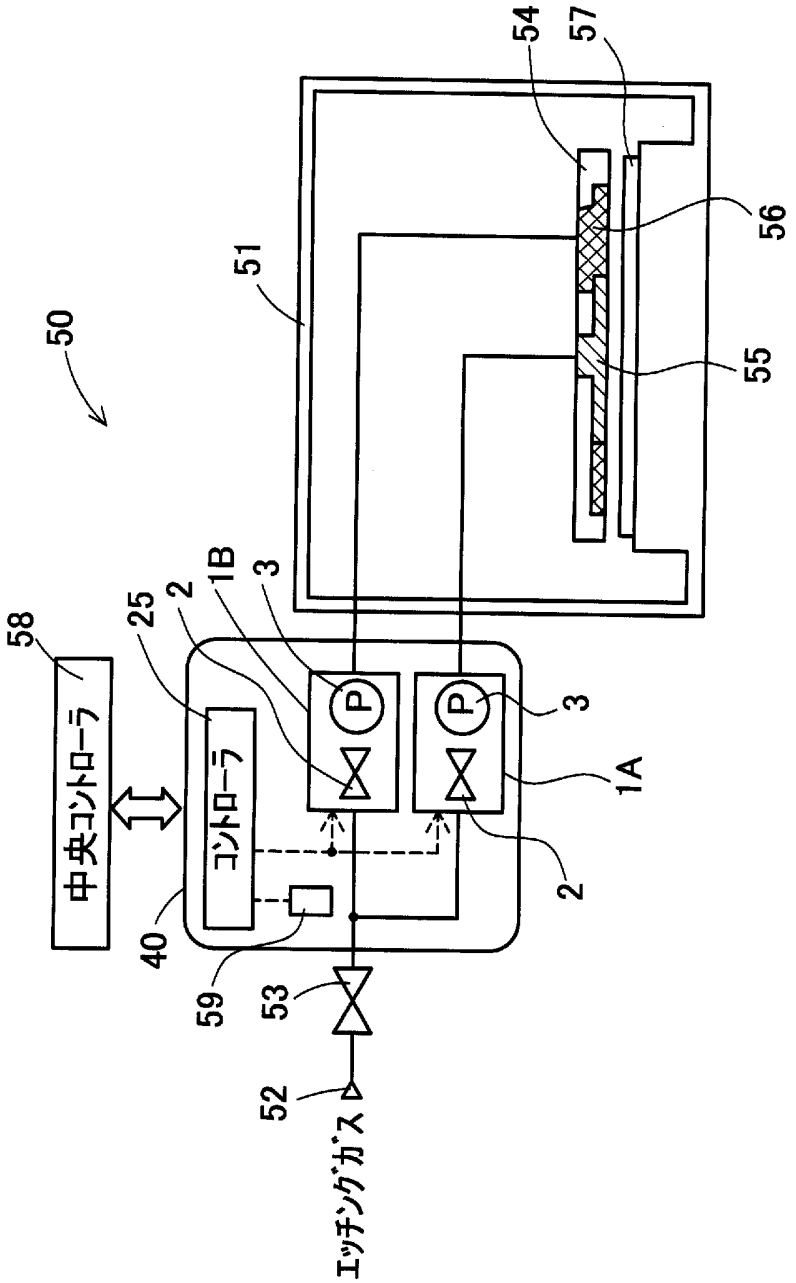
[15] 請求項12に記載する相対的圧力制御システムにおいて、

前記一定量が、全開状態のコンダクタンスの65%以上95%以下であることを特徴とする相対的圧力制御システム。

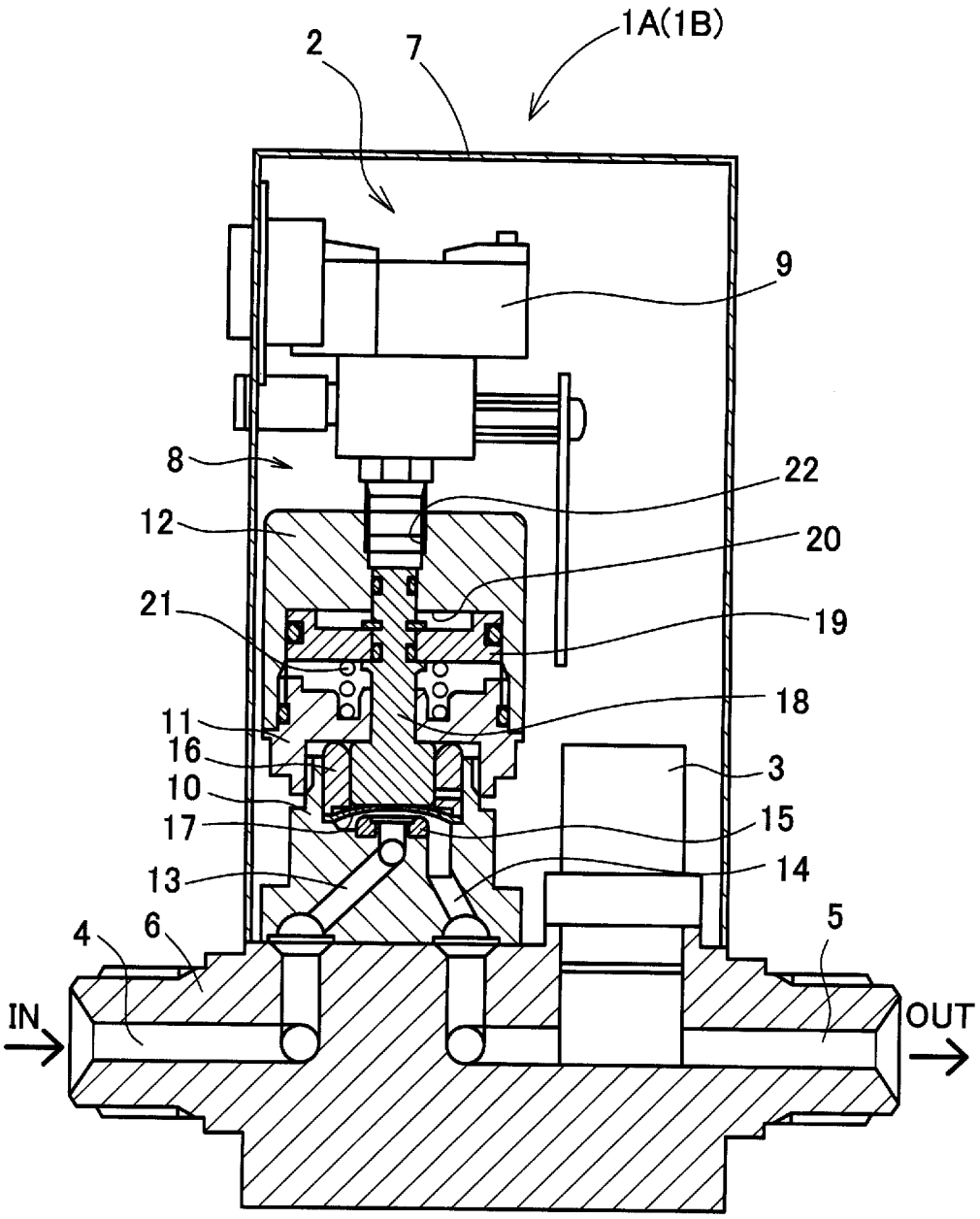
[図1]


センター
シャワー
55
エッジ
シャワー
56
1A
1B
24
3A
3B
P1
P2
9
8A
8B
23
D/A
38
A/D
39
D/A
32
A/D
33
40
35
37
31
29
バルブモデル
圧力
操作圧力
制御部
36
30
目標圧力
CPU
コントローラ
25
26
KP2
YES
K<1
NO
P1/K
34
27
28
圧力比コマンド(K)
※K=P1/P2

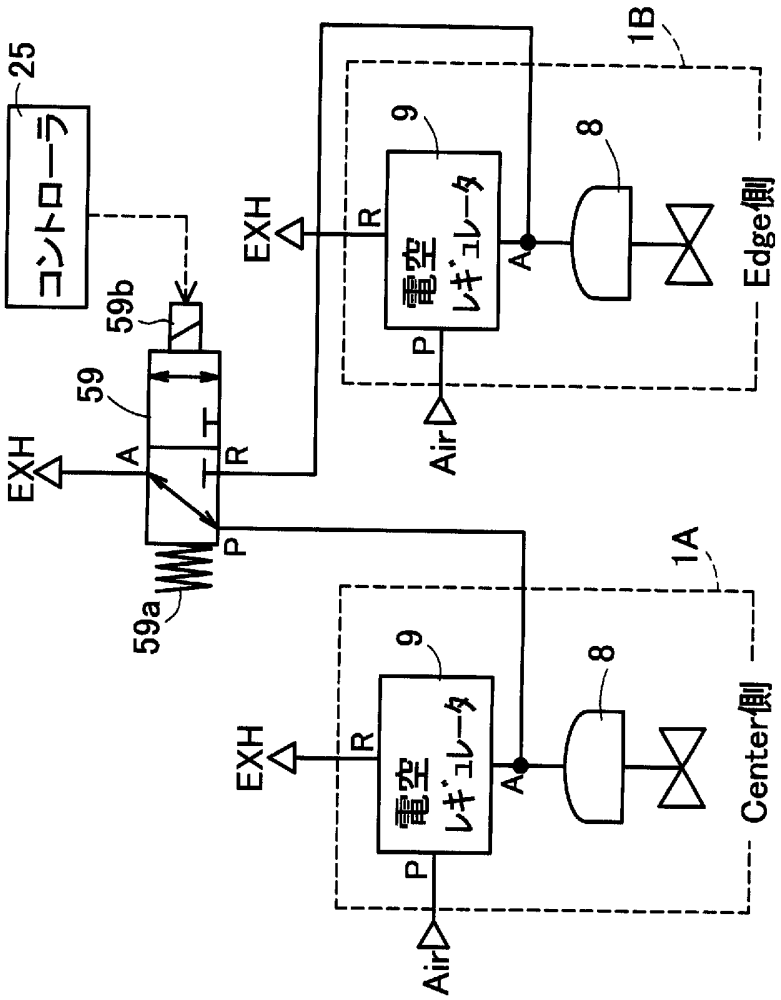
[図2]


50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
40
25
2
1B
3
1A
P
中央コントローラ
コントローラ
エッチングガス

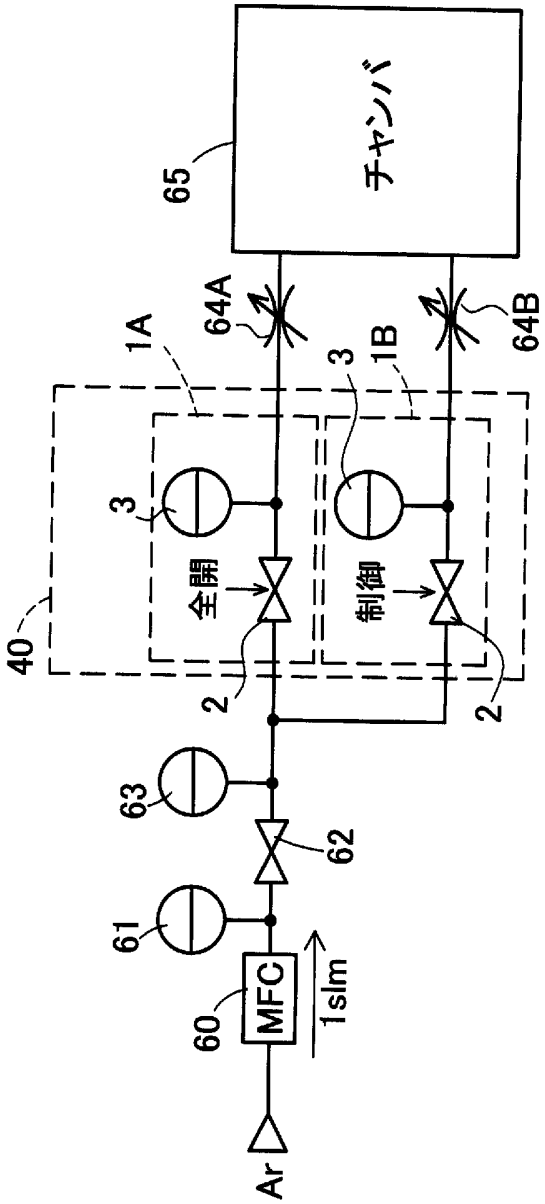
[図3]



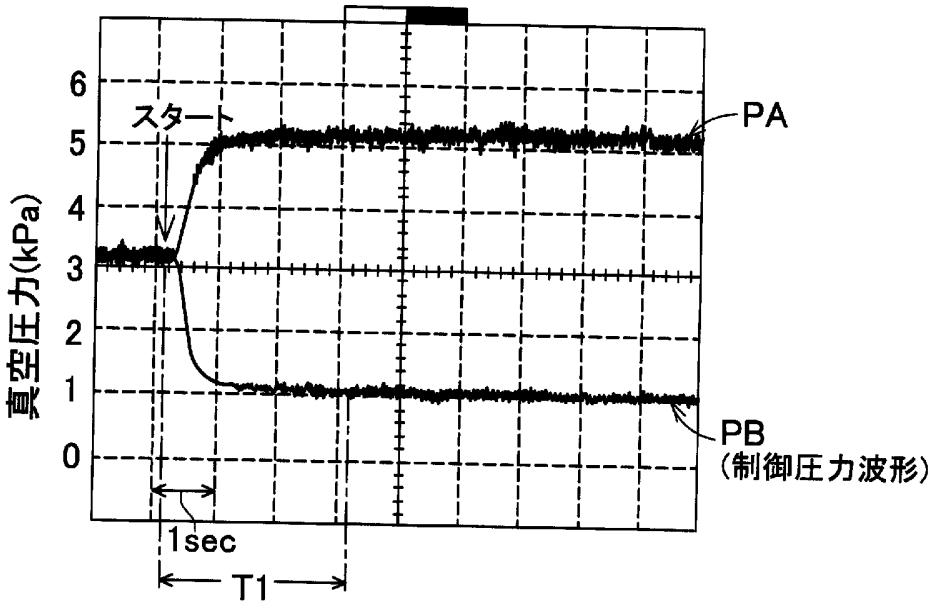
[図4]


25
コントローラ
59b
59
59a
EXH
A
R
P
1B
9
電空
レギュレータ
8
Edge側
Air
1A
Center側

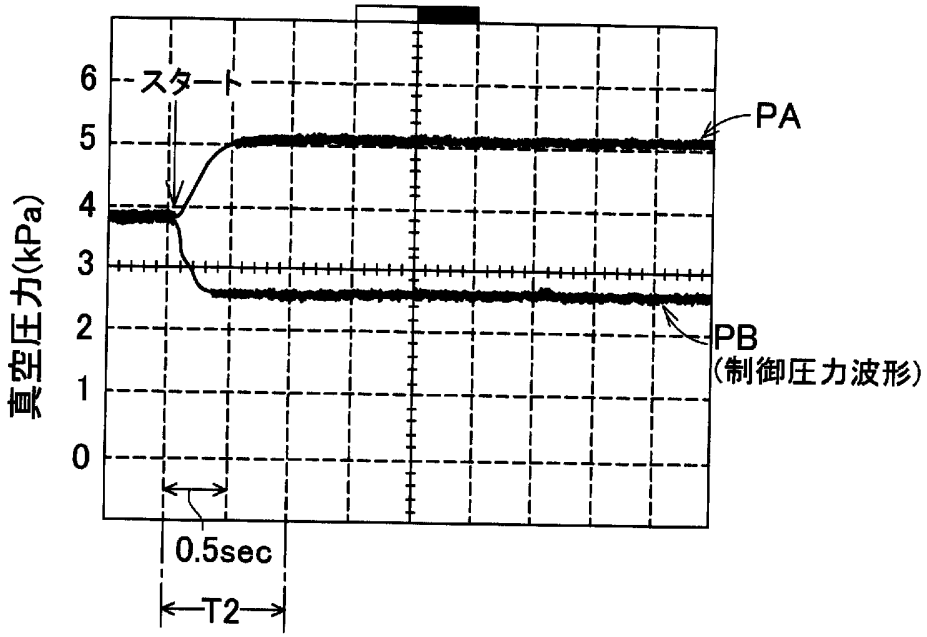
[図5]



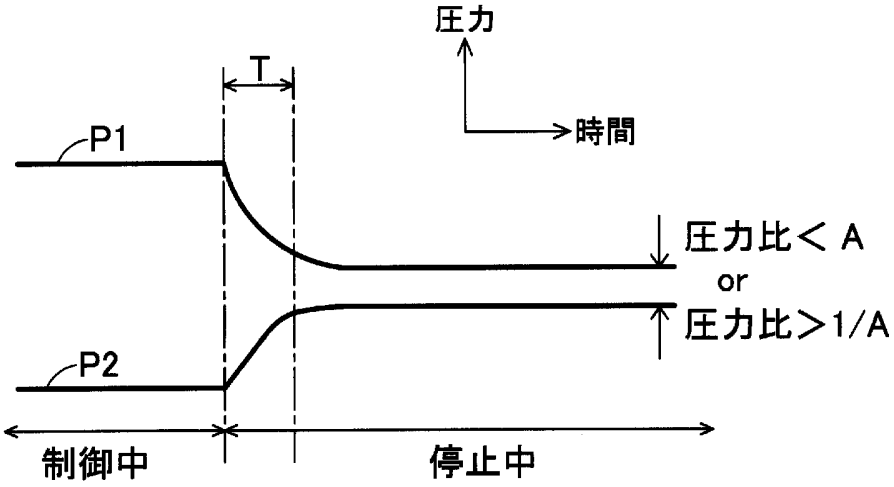
[図6]


スタート
PA
PB
(制御圧力波形)
真空圧力(kPa)
0
1
2
3
4
5
6
1sec
T1

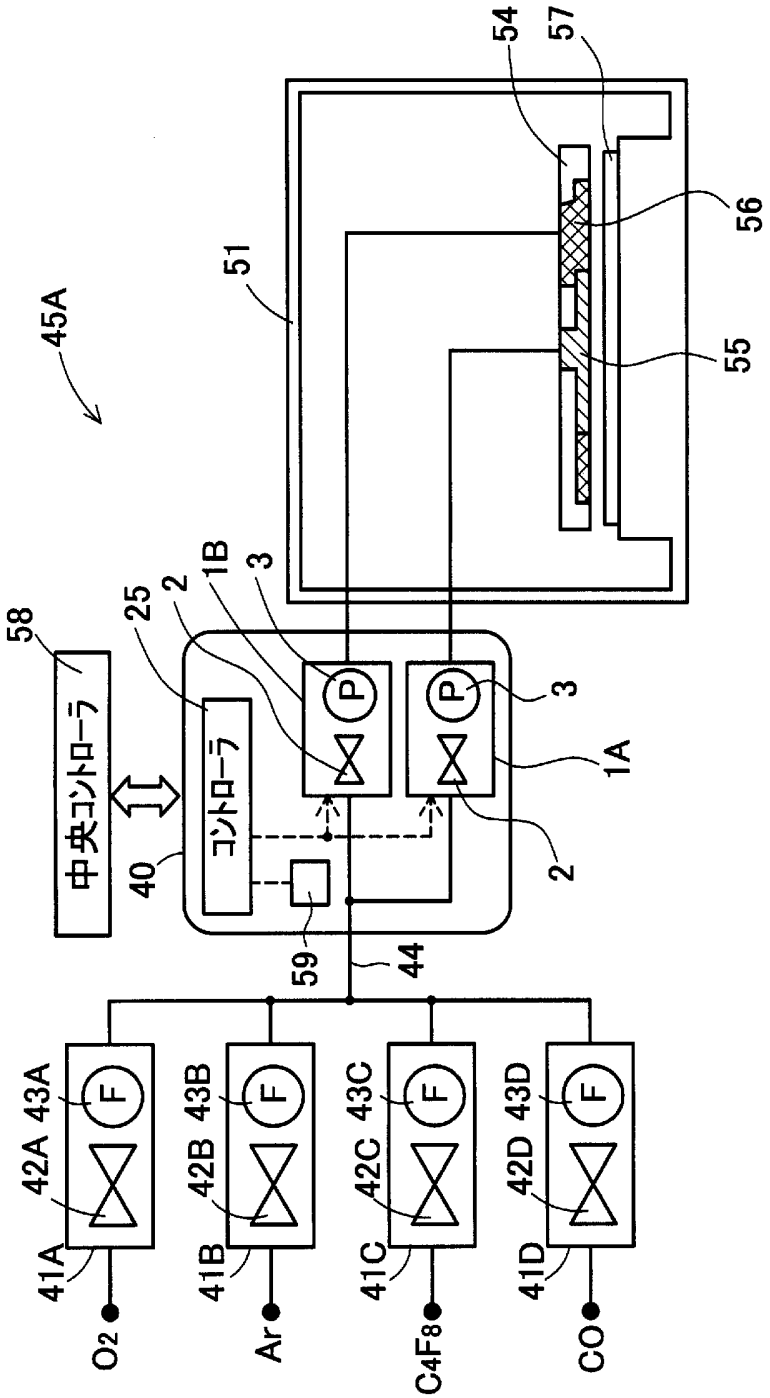
[図7]


スタート
PA
PB
(制御圧力波形)
真空圧力(kPa)
0
1
2
3
4
5
6
0.5sec
T2

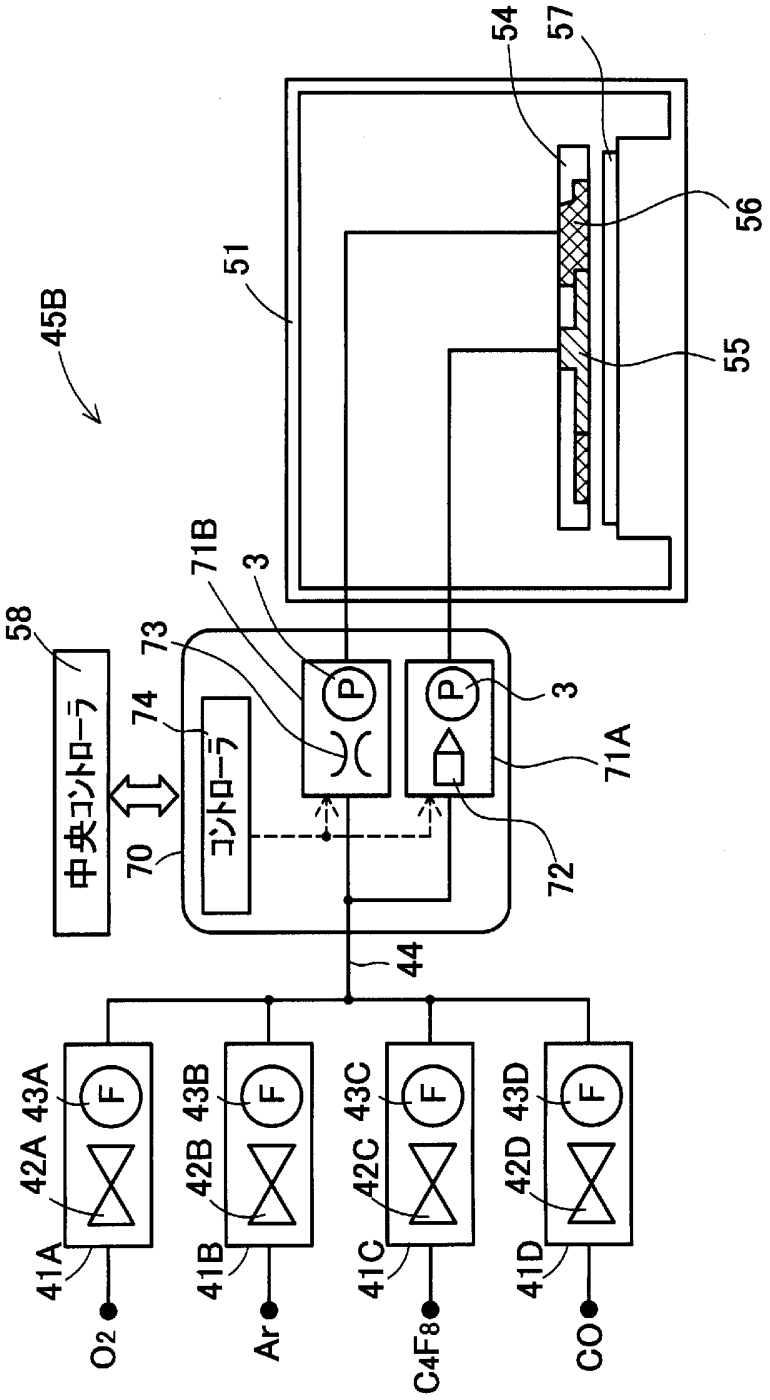
[図8]



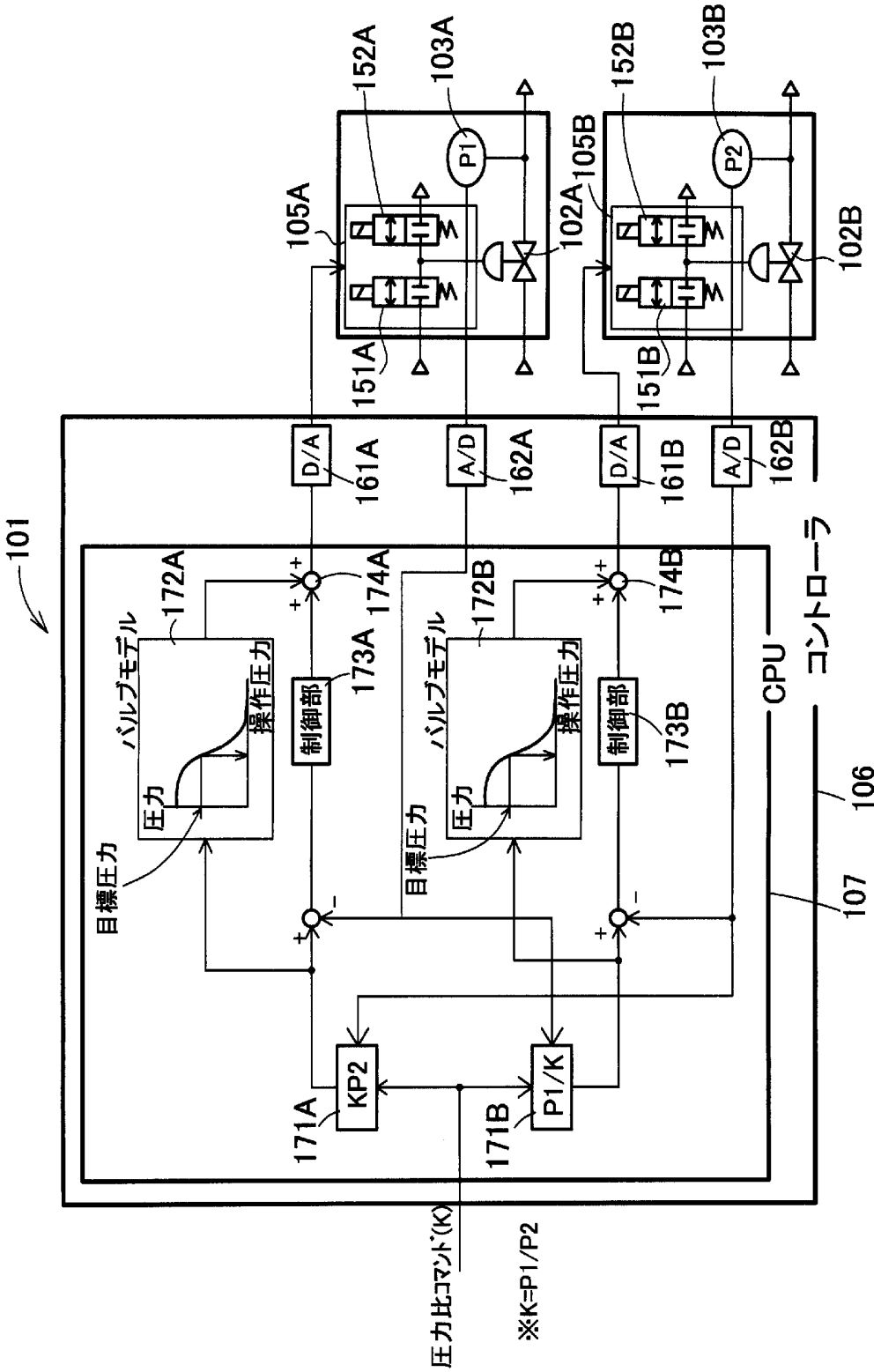
[図9]


45A
51
54
57
56
55
58
中央コントローラ
25
2
1B
3
コントローラ
40
59
44
1A
41A
42A
43A
41B
42B
43B
41C
42C
43C
41D
42D
43D
O2
Ar
C4F8
CO

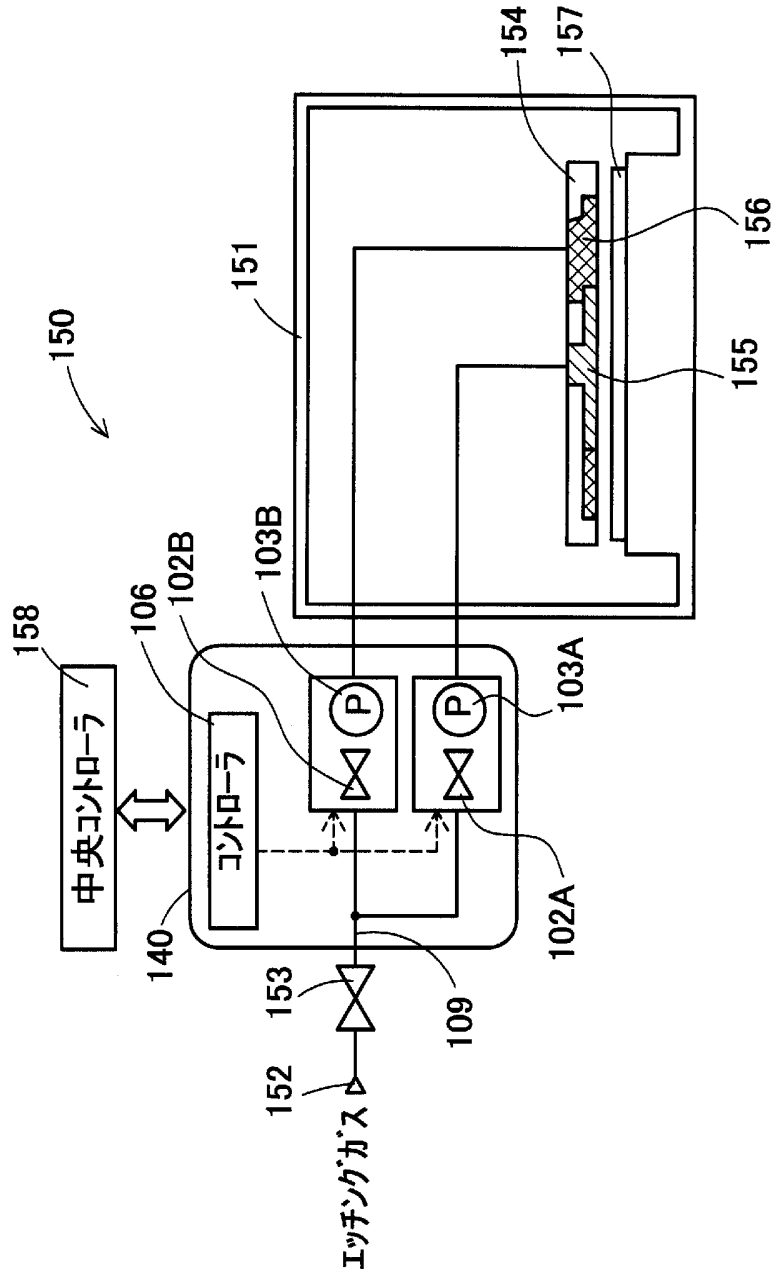
[図10]


45B
51
54
57
56
55
71B
3
58
73
74
中央コントローラ
コントローラ
70
71A
72
44
42A 43A
42B 43B
42C 43C
42D 43D
41A
41B
41C
41D
O2
Ar
C4F8
CO

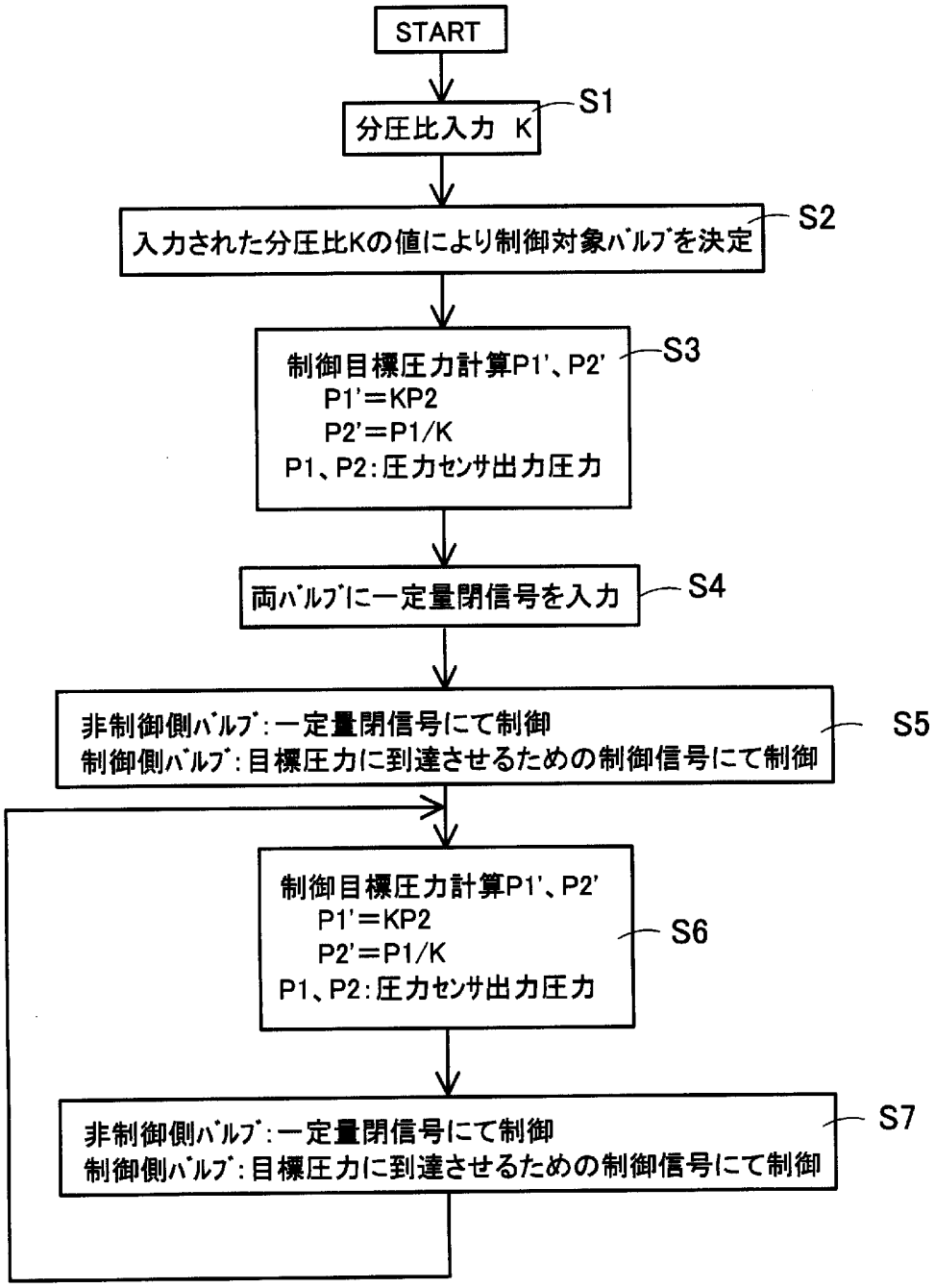
[図11]


101
コントローラ
CPU
106
107
152A
103A
152B
103B
105A
105B
102A
102B
151A
151B
P1
P2
D/A
A/D
161A
162A
161B
162B
172A
172B
174A
174B
バルブモデル
操作圧力
圧力
目標圧力
制御部
173A
173B
KP2
P1/K
171A
171B
圧力比コマンド(K)
※K=P1/P2

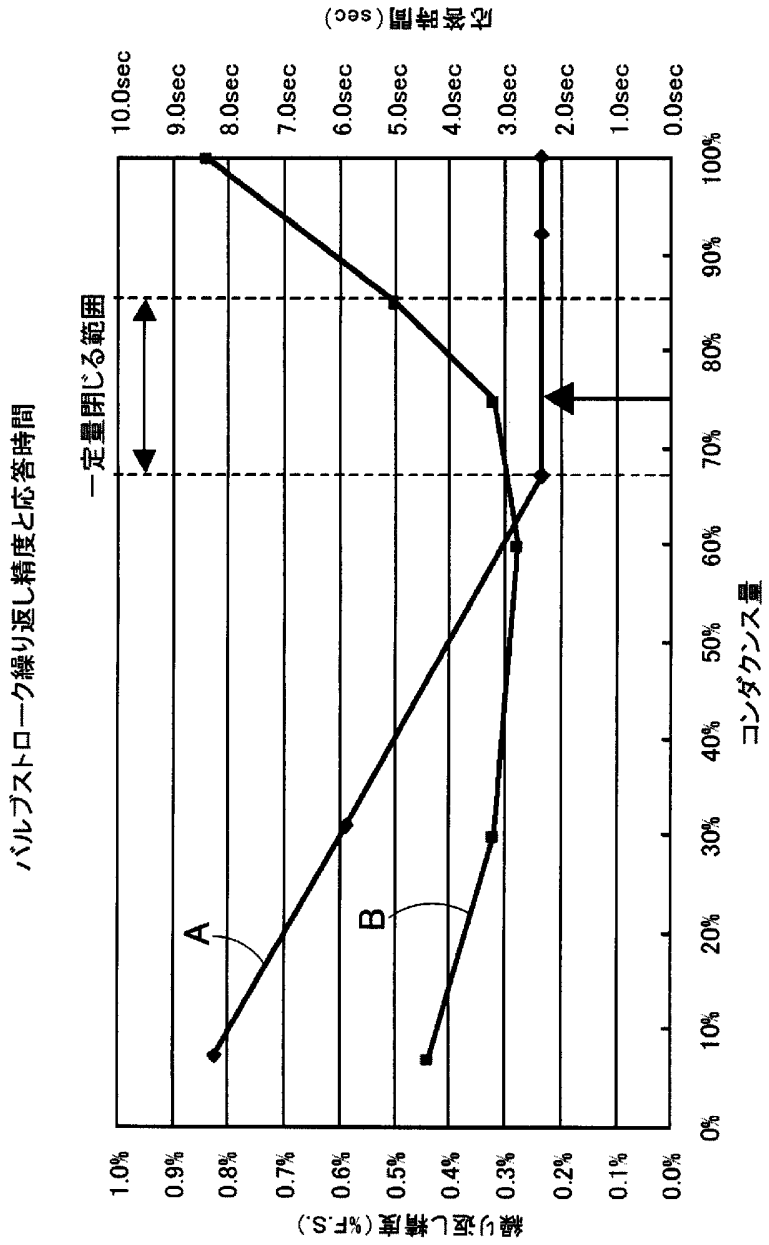
[図12]


150
151
154
157
156
155
103B
102B
106
158
103A
中央コントローラ
コントローラ
P
P
140
153
152
109
102A
エッチングガス

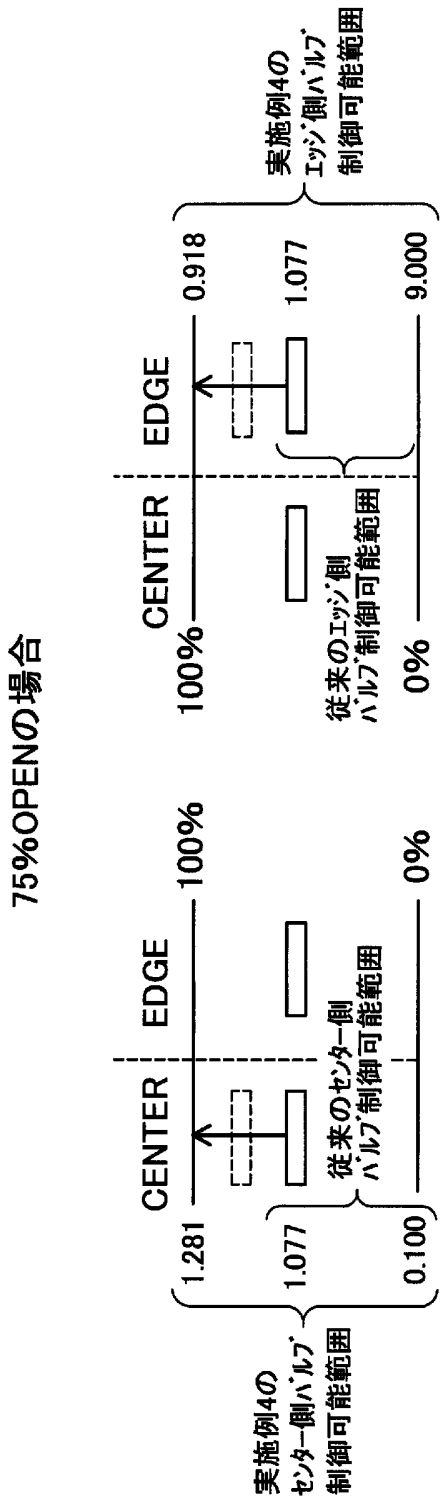
[図13]


START
分圧比入力 K
S1
入力された分圧比Kの値により制御対象バルブを決定
S2
制御目標圧力計算P1'、P2'
P1'＝KP2
P2'＝P1/K
P1、P2:圧力センサ出力圧力
S3
両バルブに一定量閉信号を入力
S4
非制御側バルブ:一定量閉信号にて制御
制御側バルブ:目標圧力に到達させるための制御信号にて制御
S5
制御目標圧力計算P1'、P2'
P1'＝KP2
P2'＝P1/K
P1、P2:圧力センサ出力圧力
S6
非制御側バルブ:一定量閉信号にて制御
制御側バルブ:目標圧力に到達させるための制御信号にて制御
S7

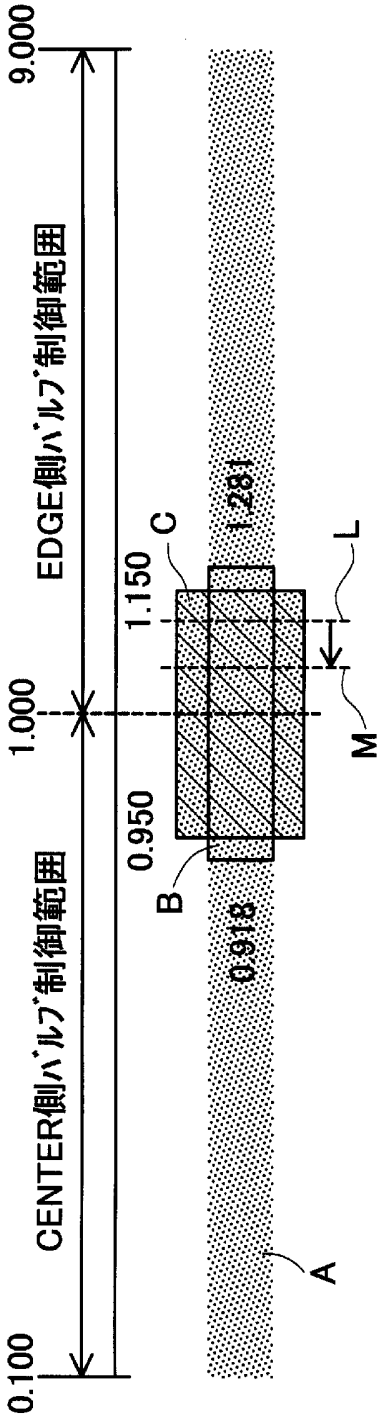
[図14]


バルブストローク繰り返し精度と応答時間
一定量閉じる範囲
A
B
繰り返し精度(%F.S.)
1.0%
0.9%
0.8%
0.7%
0.6%
0.5%
0.4%
0.3%
0.2%
0.1%
0.0%
応答時間(sec)
10.0sec
9.0sec
8.0sec
7.0sec
6.0sec
5.0sec
4.0sec
3.0sec
2.0sec
1.0sec
0.0sec
コンダクンス量
0%
10%
20%
30%
40%
50%
60%
70%
80%
90%
100%

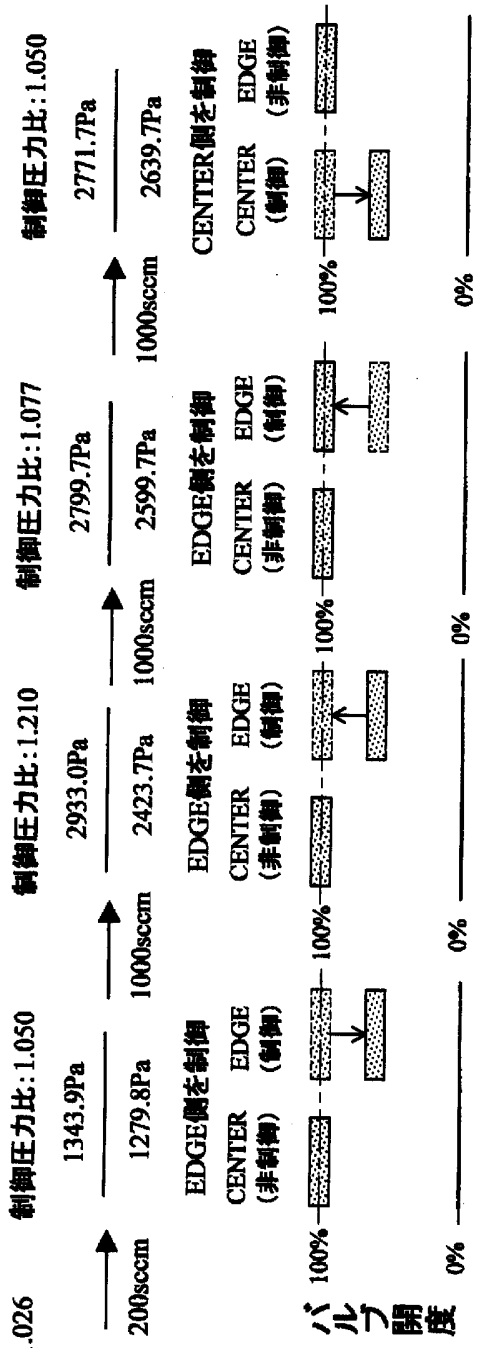
[図15]


75%OPENの場合
CENTER
EDGE
100%
1.281
1.077
0.100
0%
実施例4の
センター側バルブ
制御可能範囲
従来のセンター側
バルブ制御可能範囲
CENTER
EDGE
100%
0.918
1.077
9.000
0%
実施例4の
エッジ側バルブ
制御可能範囲
従来のエッジ側
バルブ制御可能範囲

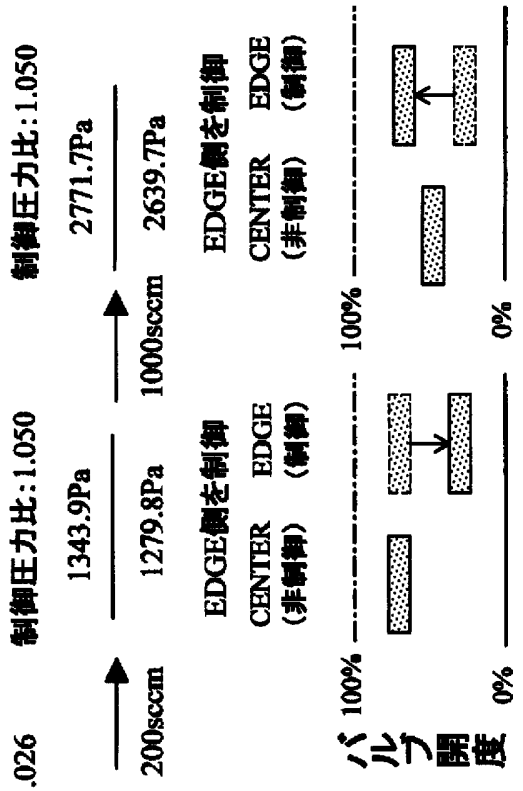
[図16]


9.000
EDGE側バルブ制御範囲
1.150
C
1.281
L
1.000
M
0.950
B
0.918
CENTER側バルブ制御範囲
0.100
A

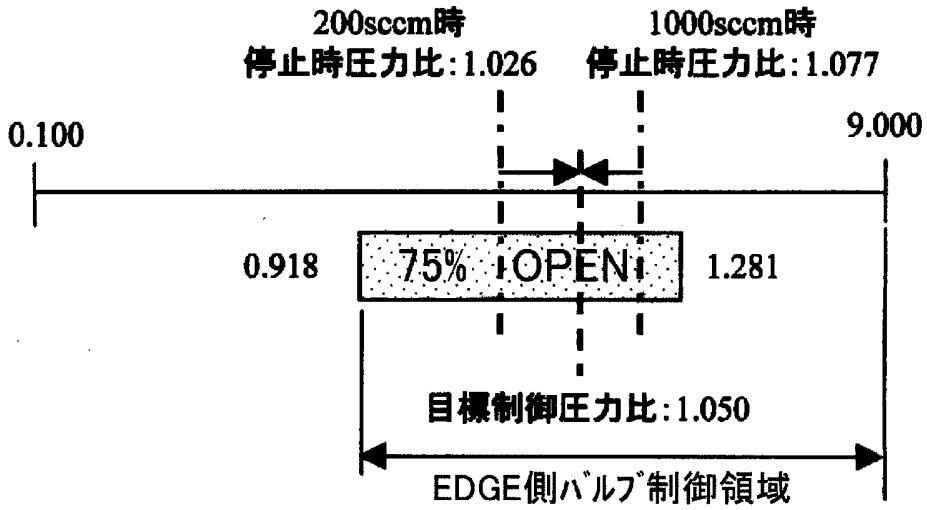
[図17]


停止中の圧力比:1.026
制御圧力比:1.050
制御圧力比:1.210
制御圧力比:1.077
制御圧力比:1.050
1333.2Pa
1343.9Pa
2933.0Pa
2799.7Pa
2771.7Pa
1299.4Pa
200sccm
1279.8Pa
1000sccm
2423.7Pa
1000sccm
2599.7Pa
1000sccm
2639.7Pa
EDGE側を制御
EDGE側を制御
EDGE側を制御
CENTER側を制御
CENTER (非制御)
EDGE (制御)
CENTER (非制御)
EDGE (制御)
CENTER (非制御)
EDGE (制御)
CENTER (制御)
EDGE (非制御)
バルブ開度
100%
0%
100%
0%
100%
0%
100%
0%

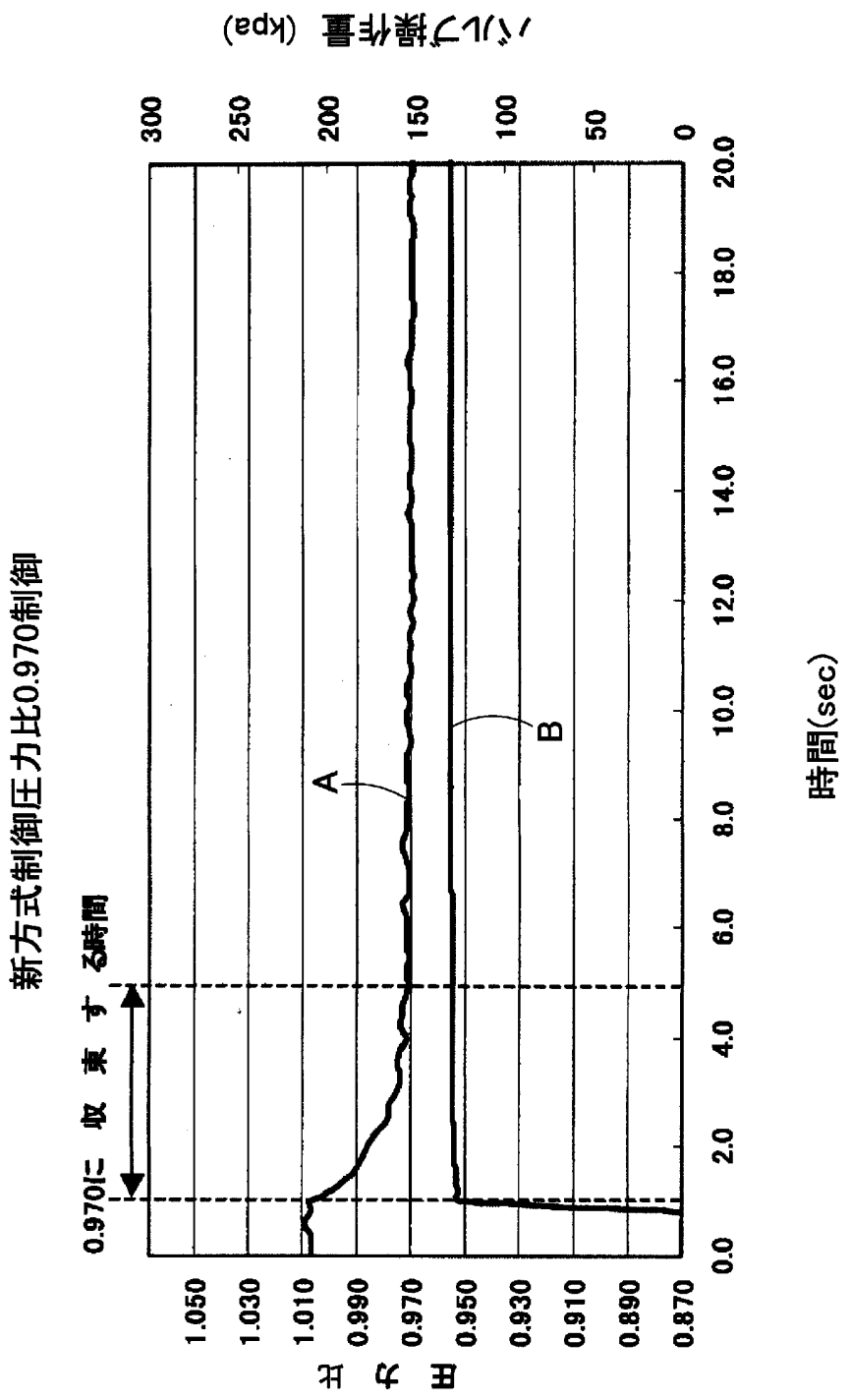
[図18]


停止中の圧力比:1.026
1333.2Pa
1299.4Pa
200sccm
制御圧力比:1.050
1343.9Pa
1279.8Pa
1000sccm
制御圧力比:1.050
2771.7Pa
2639.7Pa
EDGE側を制御
CENTER (非制御)
EDGE (制御)
EDGE側を制御
CENTER (非制御)
EDGE (制御)
バルブ開度
100%
0%
100%
0%

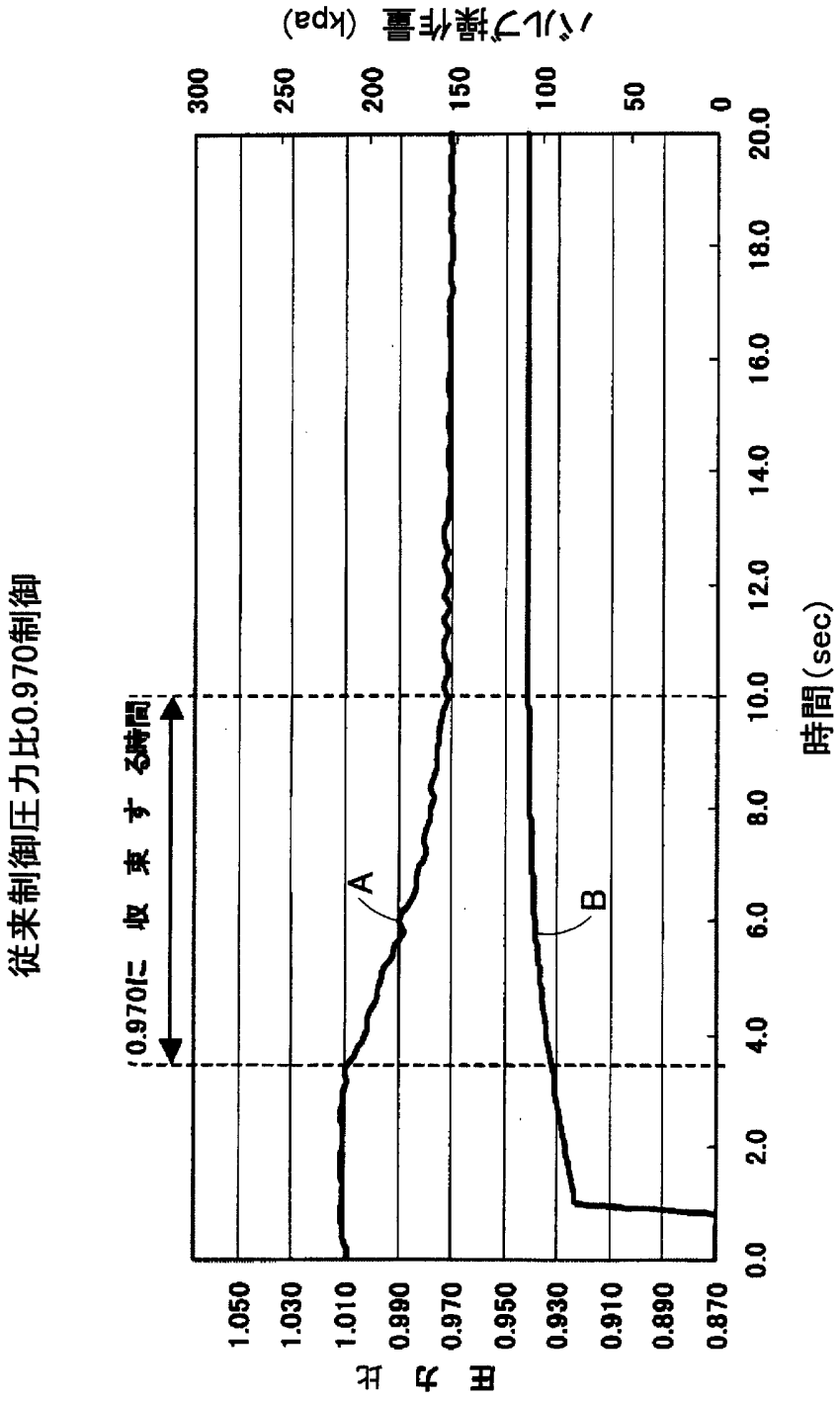
[図19]


200sccm時
停止時圧力比:1.026
1000sccm時
停止時圧力比:1.077
0.100
9.000
0.918
75% OPEN
1.281
目標制御圧力比:1.050
EDGE側バルブ制御領域

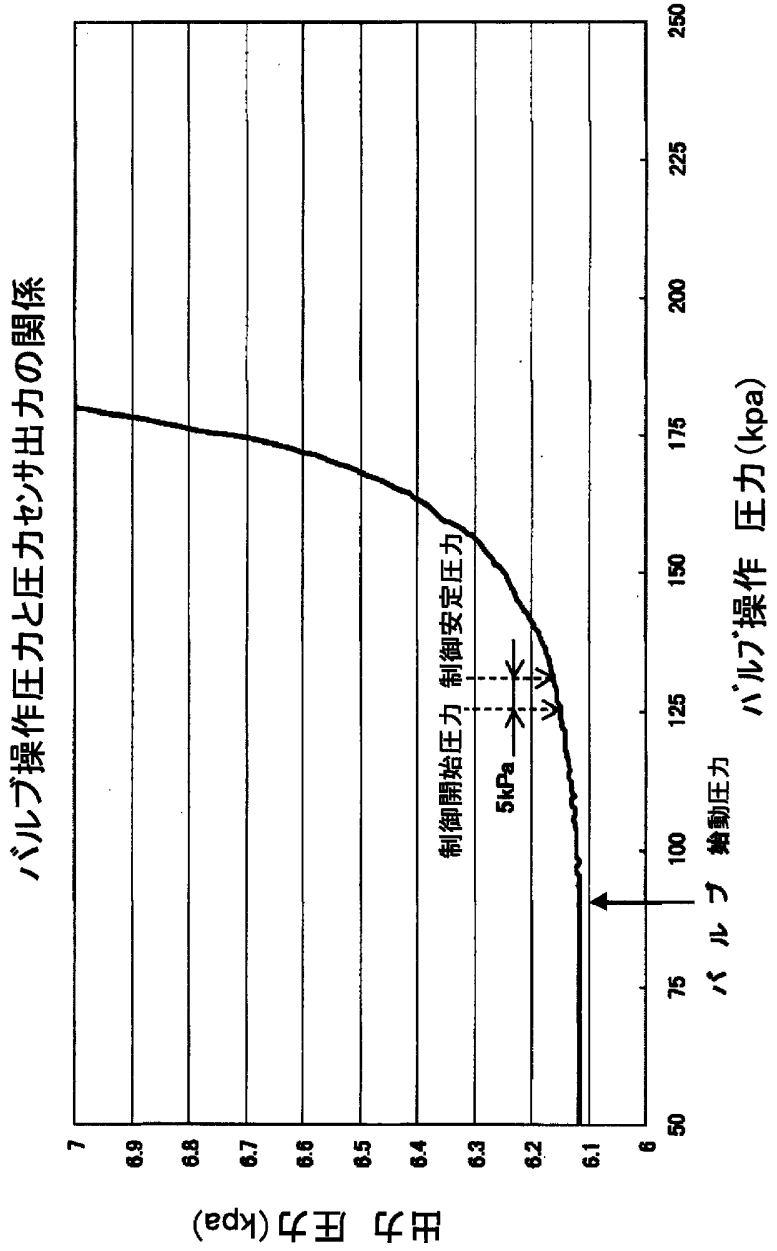
[図20]


新方式制御圧力比0.970制御
0.970に収束する時間
A
B
圧力比
1.050
1.030
1.010
0.990
0.970
0.950
0.930
0.910
0.890
0.870
0.0
2.0
4.0
6.0
8.0
10.0
12.0
14.0
16.0
18.0
20.0
時間(sec)
300
250
200
150
100
50
0
パルブ操作量 (kpa)

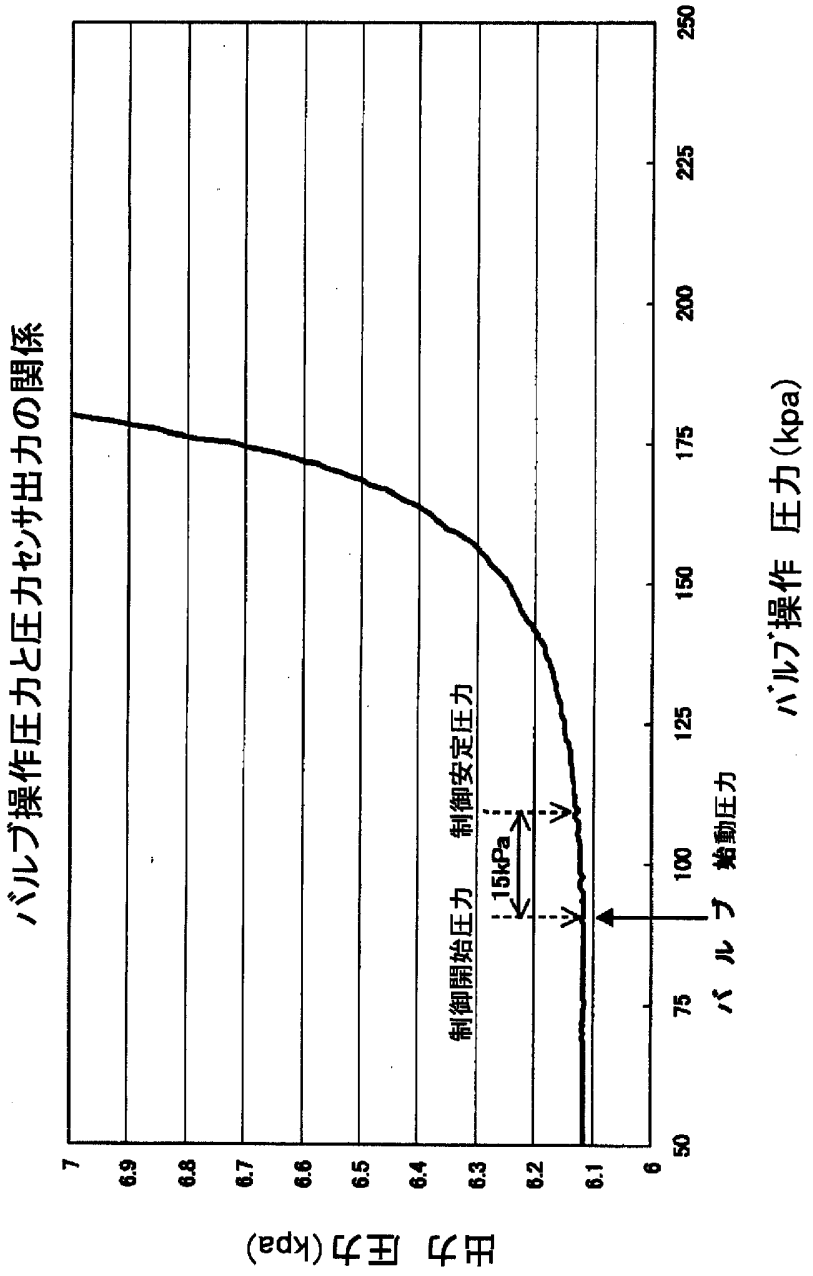
[図21]


従来制御圧力比0.970制御
0.970に収束する時間
A
B
圧力比
1.050
1.030
1.010
0.990
0.970
0.950
0.930
0.910
0.890
0.870
0.0
2.0
4.0
6.0
8.0
10.0
12.0
14.0
16.0
18.0
20.0
時間(sec)
バルブ操作量 (kpa)
300
250
200
150
100
50
0

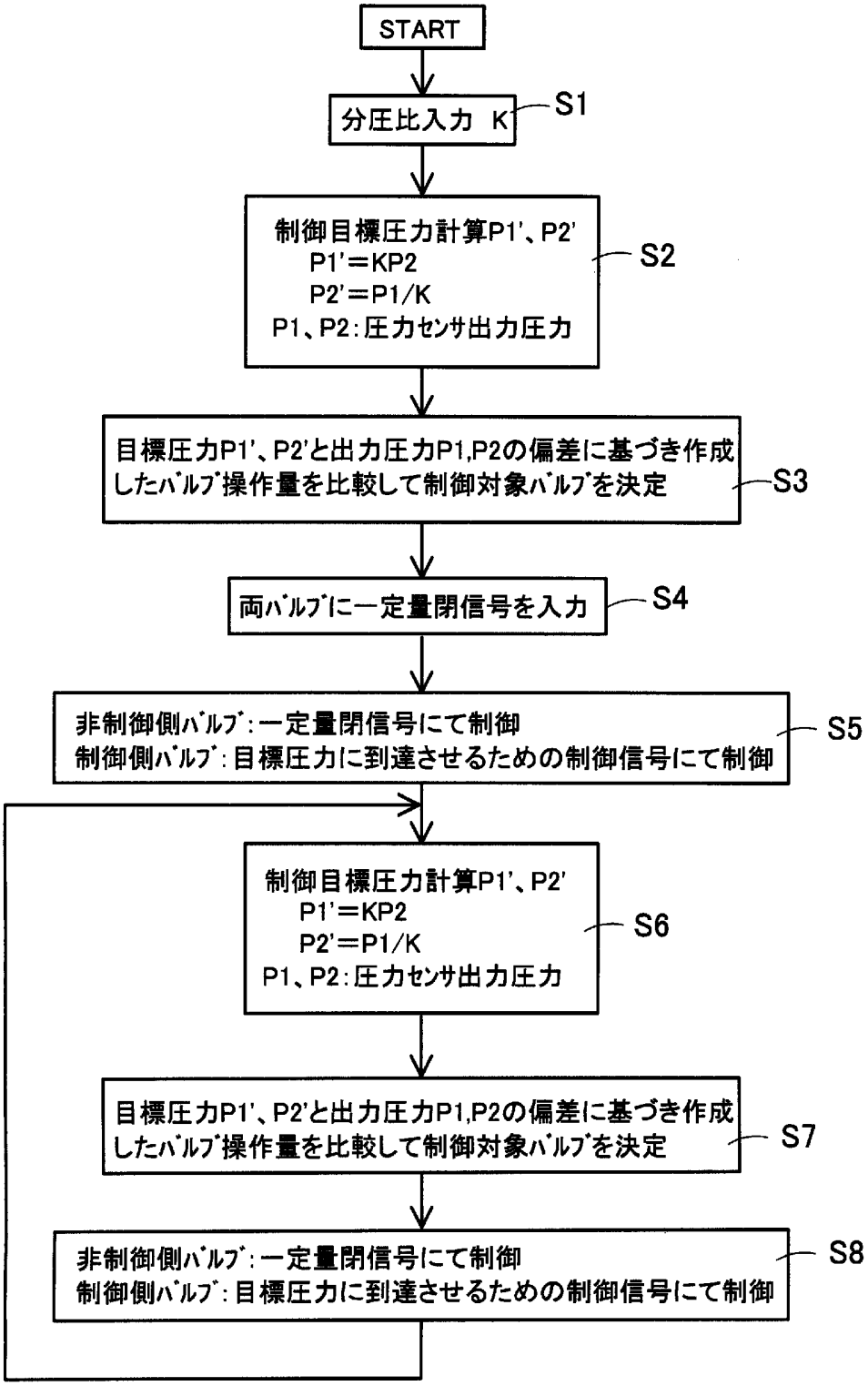
[図22]


バルブ操作圧力と圧力センサ出力の関係
圧力 圧力(kpa)
7
6.9
6.8
6.7
6.6
6.5
6.4
6.3
6.2
6.1
6
50
75
100
125
150
175
200
225
250
バルブ 始動圧力
バルブ操作 圧力(kpa)
制御開始圧力
制御安定圧力
5kPa

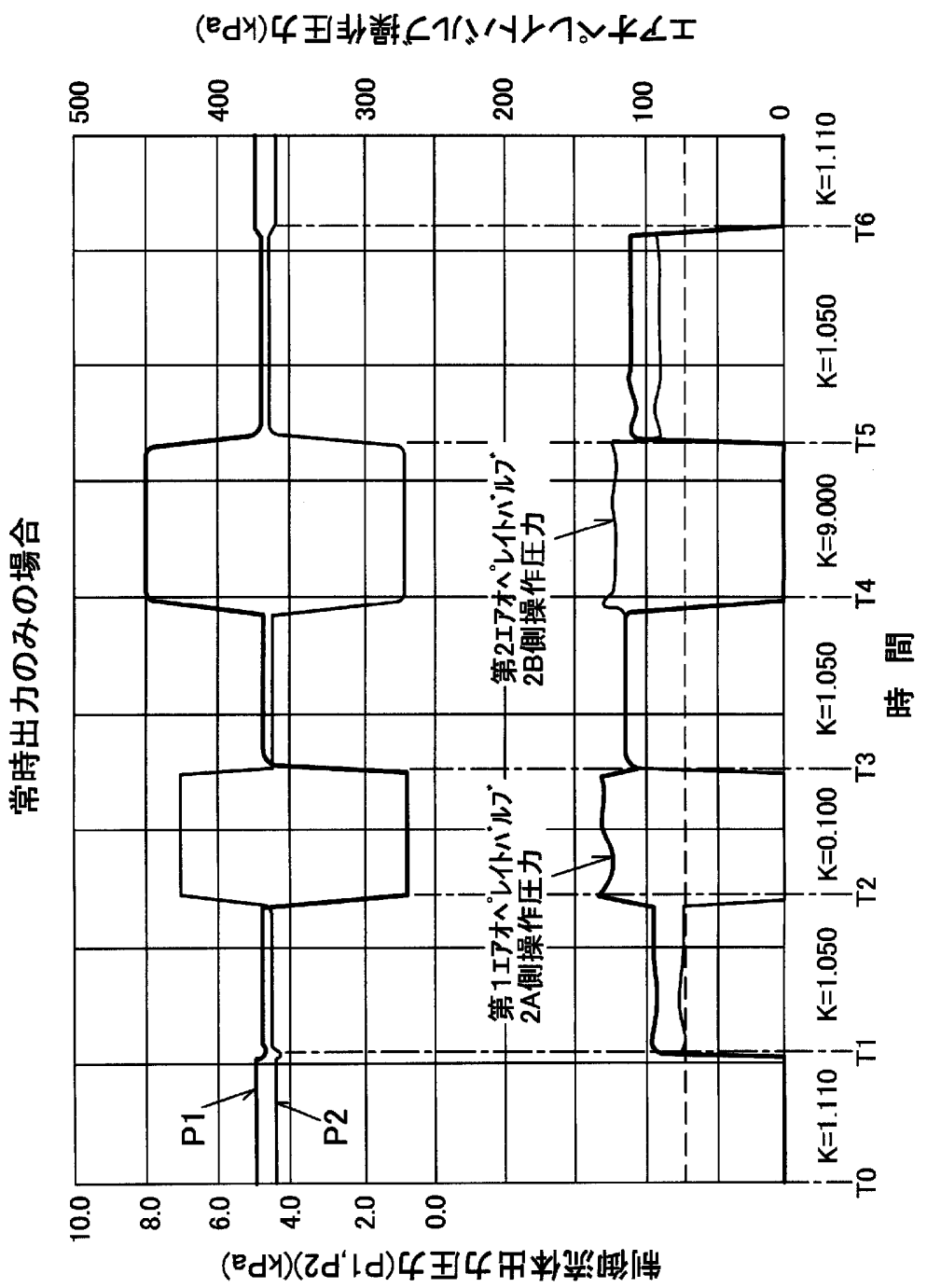
[図23]


バルブ操作圧力と圧力センサ出力の関係
圧力 出力(kpa)
7
6.9
6.8
6.7
6.6
6.5
6.4
6.3
6.2
6.1
6
50
75
100
125
150
175
200
225
250
バルブ操作 圧力(kpa)
バルブ始動圧力
制御開始圧力
制御安定圧力
15kPa

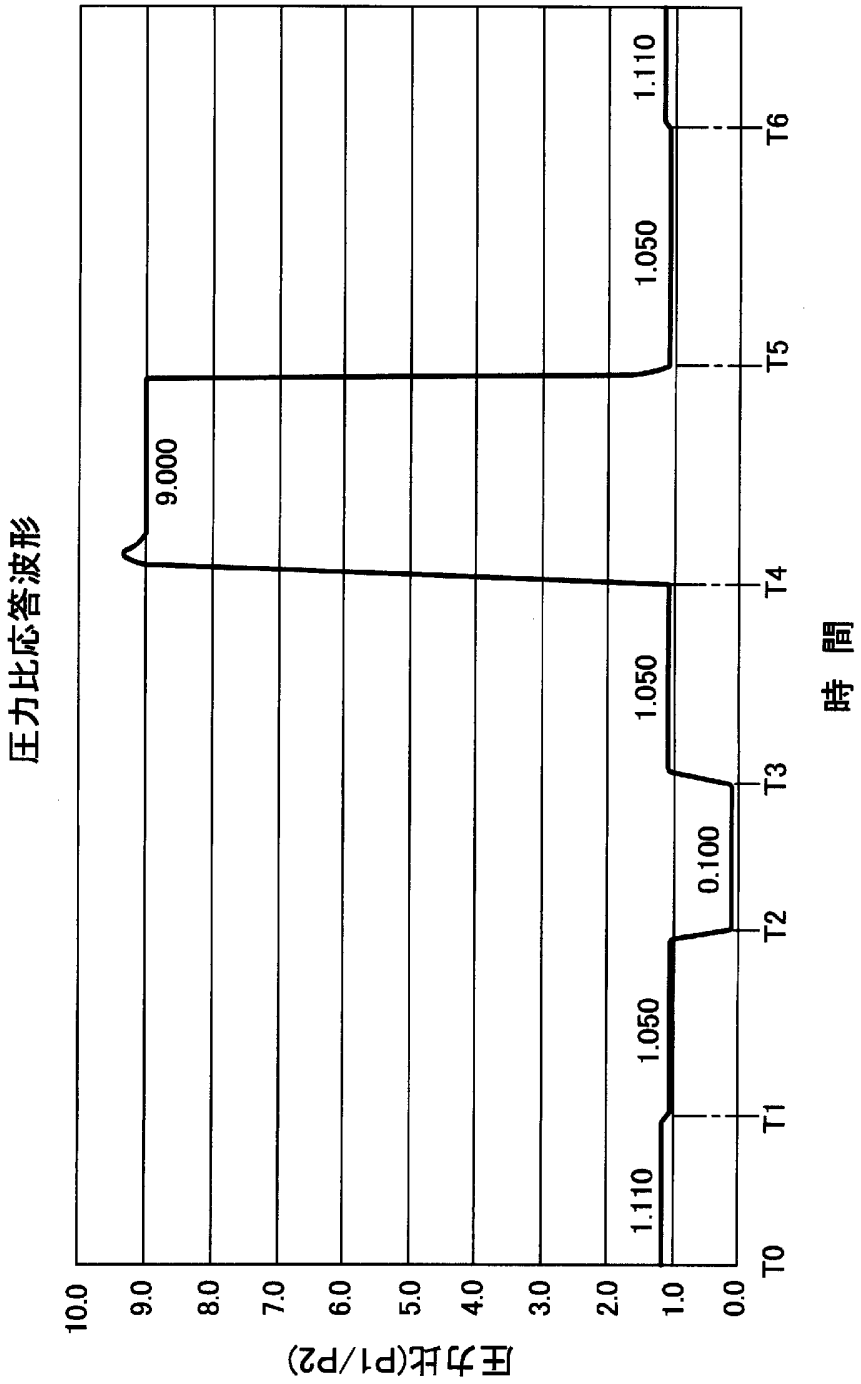
[図24]


START
分圧比入力 K
S1
制御目標圧力計算P1'、P2'
P1'=KP2
P2'=P1/K
P1、P2:圧力ｾﾝｻ出力圧力
S2
目標圧力P1'、P2'と出力圧力P1,P2の偏差に基づき作成したﾊﾞﾙﾌﾞ操作量を比較して制御対象ﾊﾞﾙﾌﾞを決定
S3
両ﾊﾞﾙﾌﾞに一定量閉信号を入力
S4
非制御側ﾊﾞﾙﾌﾞ:一定量閉信号にて制御
制御側ﾊﾞﾙﾌﾞ:目標圧力に到達させるための制御信号にて制御
S5
制御目標圧力計算P1'、P2'
P1'=KP2
P2'=P1/K
P1、P2:圧力ｾﾝｻ出力圧力
S6
目標圧力P1'、P2'と出力圧力P1,P2の偏差に基づき作成したﾊﾞﾙﾌﾞ操作量を比較して制御対象ﾊﾞﾙﾌﾞを決定
S7
非制御側ﾊﾞﾙﾌﾞ:一定量閉信号にて制御
制御側ﾊﾞﾙﾌﾞ:目標圧力に到達させるための制御信号にて制御
S8

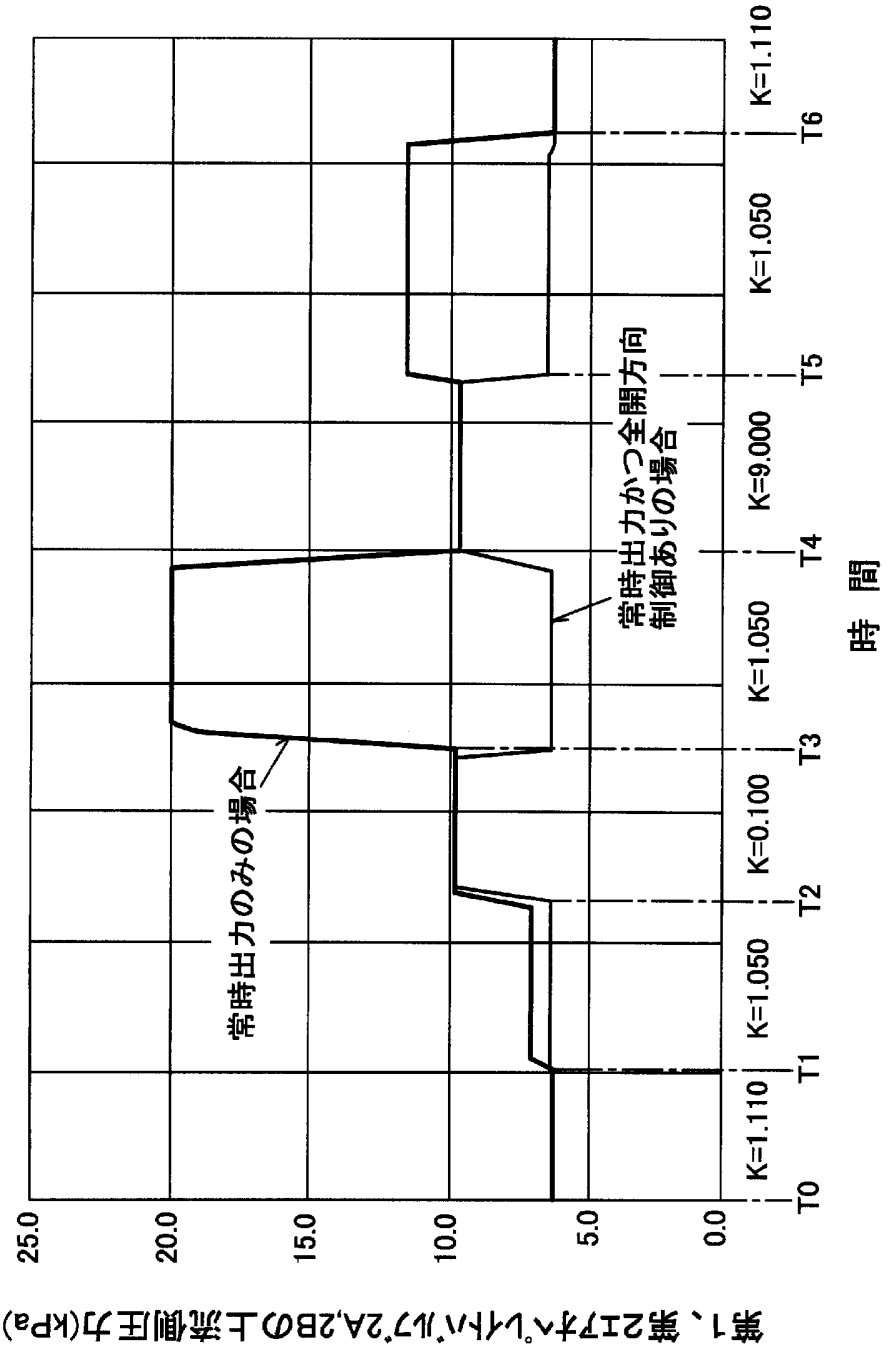
[図25]


常時出力のみの場合
制御流体出力圧力(P1,P2)(kPa)
エアオペレイトバルブ操作圧力(kPa)
時 間
P1
P2
第1エアオペレイトバルブ
2A側操作圧力
第2エアオペレイトバルブ
2B側操作圧力
K=1.110
K=1.050
K=0.100
K=1.050
K=9.000
K=1.050
K=1.110
T0
T1
T2
T3
T4
T5
T6
10.0
8.0
6.0
4.0
2.0
0.0
500
400
300
200
100
0

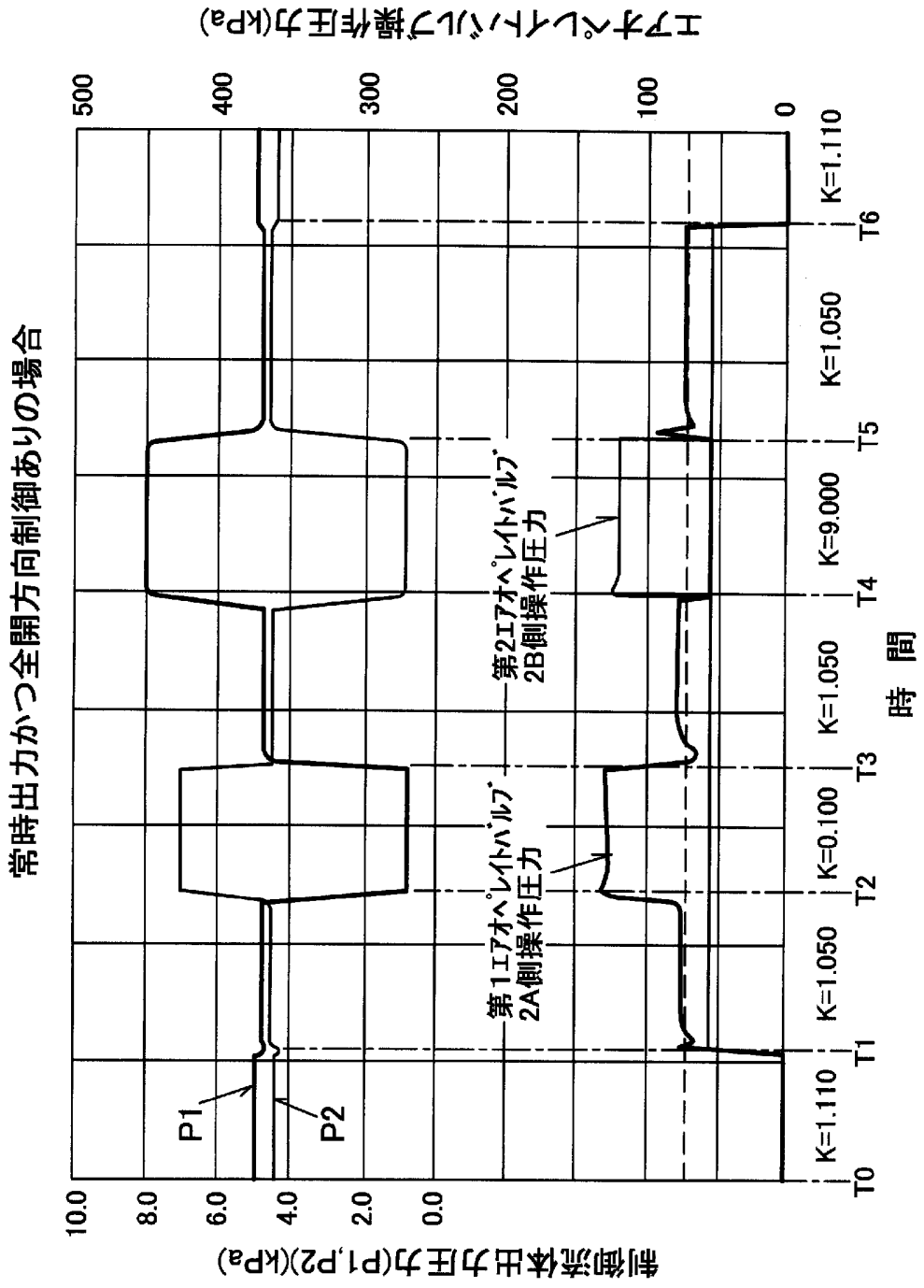
[図26]


圧力比応答波形
圧力比(P1/P2)
10.0
9.0
8.0
7.0
6.0
5.0
4.0
3.0
2.0
1.0
0.0
1.110
1.050
0.100
1.050
9.000
1.050
1.110
T0
T1
T2
T3
T4
T5
T6
時 間

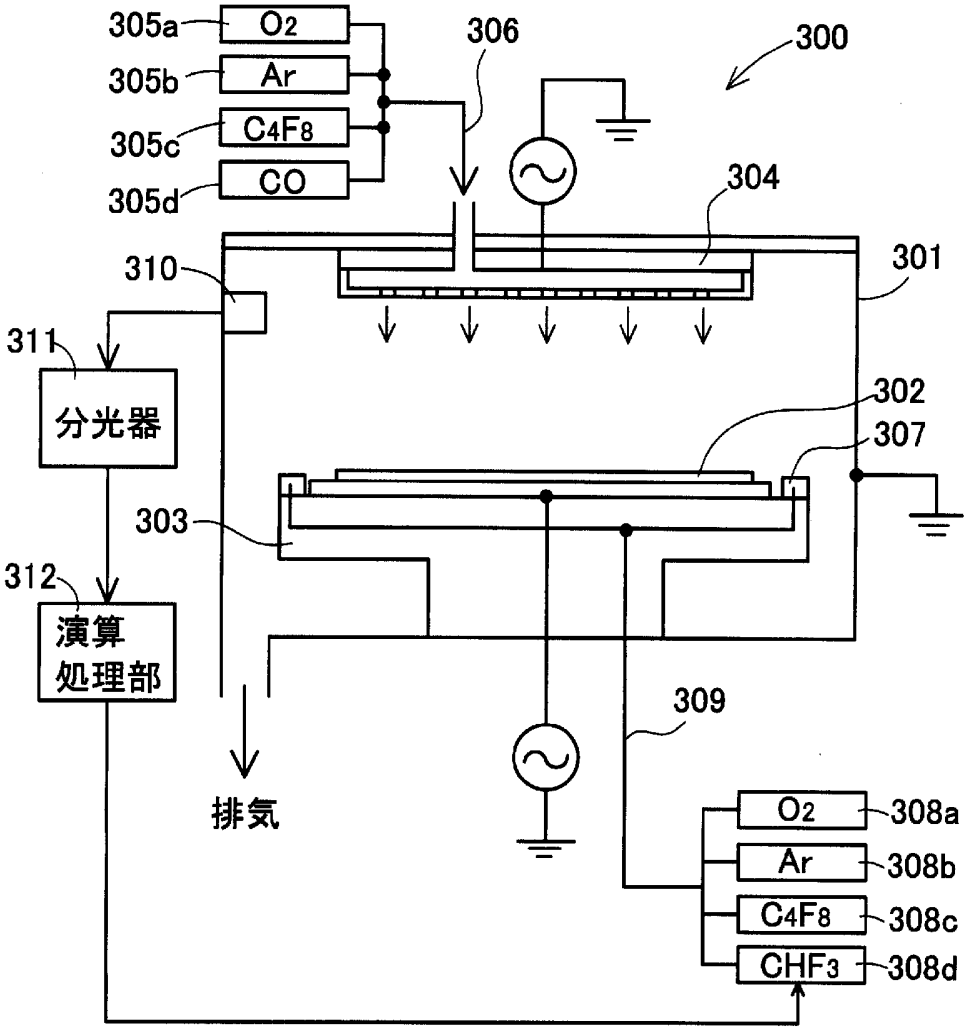
[図27]


第1、第2エアチャンバ7,2A,2Bの上流側圧力(kPa)
25.0
20.0
15.0
10.0
5.0
0.0
T0
T1
T2
T3
T4
T5
T6
K=1.110
K=1.050
K=0.100
K=1.050
K=9.000
K=1.050
K=1.110
常時出力のみの場合
常時出力かつ全開方向制御ありの場合
時間

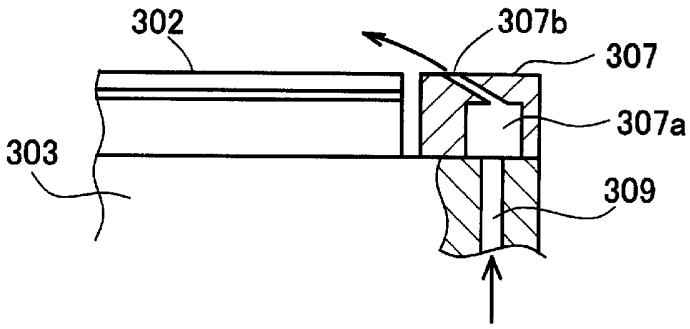
[図28]


常時出力かつ全開方向制御ありの場合
制御流体出力圧力(P1,P2)(kPa)
10.0
8.0
6.0
4.0
2.0
0.0
P1
P2
ヨアオペレイトバルブ操作圧力(kPa)
500
400
300
200
100
0
第1エアオペレイトバルブ
2A側操作圧力
第2エアオペレイトバルブ
2B側操作圧力
K=1.110
K=1.050
K=0.100
K=1.050
K=9.000
K=1.050
K=1.110
T0
T1
T2
T3
T4
T5
T6
時 間

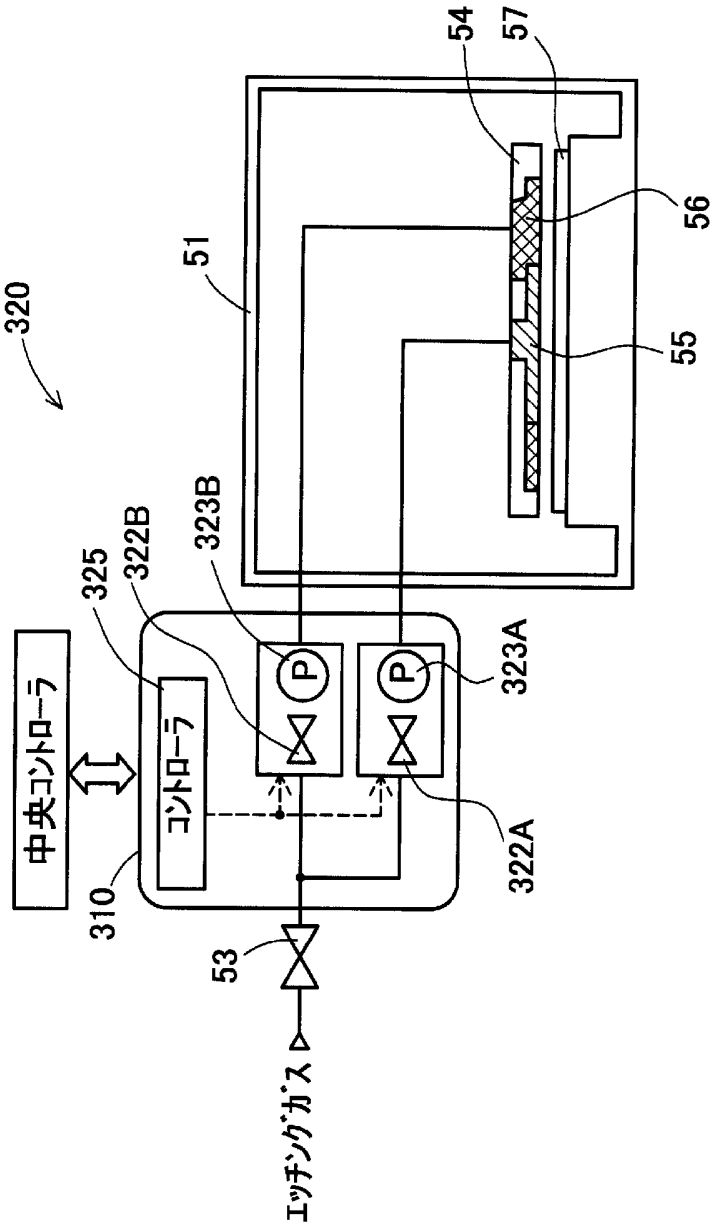
[図29]


305a
O2
305b
Ar
305c
C4F8
305d
CO
306
300
304
301
310
311
分光器
302
307
303
312
演算
処理部
309
排気
O2
308a
Ar
308b
C4F8
308c
CHF3
308d

[図30]



[図31]


320
51
54
57
56
55
323B
322B
325
323A
322A
310
53
中央コントローラ
コントローラ
P
P
エッチングガス

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2004/007819

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
Int.Cl[7] G05D16/20

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
Int.Cl[7] G05D16/00-16/20

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched
Jitsuyo Shinan Koho 1926-1996 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2004
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2004 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2004

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 2001-116009 A (Den'yo Kabushiki Kaisha), 27 April, 2001 (27.04.01), Full text; all drawings (Family: none)	1-15
A	JP 2000-163137 A (CKD Corp.), 16 June, 2000 (16.06.00), Full text; all drawings & US 6289737 B1	1-15
A	JP 2000-20135 A (Ishikawajima-Harima Heavy Industries Co., Ltd.), 21 January, 2000 (21.01.00), Full text; all drawings (Family: none)	1-15

☐ 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	Date of mailing of the international search report
20 July, 2004 (20.07.04)	03 August, 2004 (03.08.04)
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office Facsimile No.	Authorized officer Telephone No.

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (January 2004)

国際調査報告

国際出願番号　PCT／JP2004／007819

A.　発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int. Cl⁷ G05D16／20

B.　調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC））

Int. Cl⁷ G05D16／00－16／20

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　1926－1996年
日本国公開実用新案公報　1971－2004年
日本国登録実用新案公報　1994－2004年
日本国実用新案登録公報　1996－2004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
A	JP 2001－116009 A（デンヨー株式会社） 27.04.2001 全文、全図　（ファミリーなし）	1－15
A	JP 2000－163137 A（シーケーディ株式会社） 16.06.2000 全文、全図 & US 6289737 B1	1－15
A	JP 2000－20135 A（石川島播磨工業株式会社） 21.01.2000 全文、全図　（ファミリーなし）	1－15

☐ 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	国際調査報告の発送日
20.07.2004	03.8.2004

国際調査機関の名称及びあて先	特許庁審査官（権限のある職員）		
日本国特許庁（ISA／JP） 郵便番号100－8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	森林　克郎	3H	8613
	電話番号　03－3581－1101　内線　3314		