(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号
特許第3655569号
(P3655569)
(45)発行日　平成17年6月2日(2005.6.2)　(24)登録日　平成17年3月11日(2005.3.11)

(51)Int.Cl.[7]	F I		
G01N 9/26	G01N	9/26	A
G01F 1/42	G01F	1/42	
G01F 1/68	G01F	1/68	

請求項の数 8　(全 12 頁)

(21)出願番号　特願2001-270335(P2001-270335)
(22)出願日　平成13年9月6日(2001.9.6)
(65)公開番号　特開2003-75318(P2003-75318A)
(43)公開日　平成15年3月12日(2003.3.12)
審査請求日　平成15年6月6日(2003.6.6)

(73)特許権者　000231235
大陽日酸株式会社
東京都品川区小山一丁目３番２６号
(74)代理人　100086210
弁理士　木戸　一彦
(72)発明者　佐藤　哲也
東京都港区西新橋１－１６－７　日本酸素株式会社内
(72)発明者　呉　尚謙
東京都港区西新橋１－１６－７　日本酸素株式会社内
(72)発明者　君島　哲也
東京都港区西新橋１－１６－７　日本酸素株式会社内

最終頁に続く

(54)【発明の名称】ガス成分濃度測定方法及び装置

(57)【特許請求の範囲】

【請求項１】

ガス流路中に一定の径の小通孔を有する測定用配管に試料ガスを流し、そのときの前記小通孔の前後の圧力差を一定に制御した状態で、該小通孔の下流側の流量を測定することにより、前記試料ガスの成分濃度を測定することを特徴とするガス成分濃度測定方法。

【請求項２】

前記小通孔の下流側の流量を、熱伝導を利用するマスフローメーターで測定することを特徴とする請求項１記載のガス成分濃度測定方法。

【請求項３】

前記試料ガスの温度、前記測定用配管の温度及び該測定用配管の周囲温度の少なくともいずれか一つの温度を測定し、測定した温度に基づいて前記試料ガスの成分濃度を補正することを特徴とする請求項１又は２記載のガス成分濃度測定方法。

【請求項４】

前記試料ガスの温度、前記測定用配管の温度及び該測定用配管の周囲温度の少なくともいずれか一つの温度を一定に制御することを特徴とする請求項１又は２記載のガス成分濃度測定方法。

【請求項５】

ガス流路中に一定の径の小通孔を有する測定用配管と、前記小通孔の前後の圧力差を一定に制御する手段と、該小通孔の下流側の流量を測定する手段と、前記圧力差及び測定した前記流量に基づいて測定用配管を流れる試料ガスのガス成分濃度を算出する演算手段と

を備えていることを特徴とするガス成分濃度測定装置。
【請求項６】
前記小通孔の下流側の流量を測定する手段は、熱伝導を利用するマスフローメーターであることを特徴とする請求項５記載のガス成分濃度測定装置。
【請求項７】
前記試料ガスの温度、前記測定用配管の温度及び該測定用配管の周囲温度の少なくともいずれか一つの温度を測定する手段を設けるとともに、前記演算手段は、測定した前記温度に基づいて前記ガス成分濃度を補正する手段を備えていることを特徴とする請求項５又は６記載のガス成分濃度測定装置。
【請求項８】
前記試料ガスの温度、前記測定用配管の温度及び該測定用配管の周囲温度の少なくともいずれか一つの温度を一定に制御する手段を備えていることを特徴とする請求項５又は６記載のガス成分濃度測定装置。
【発明の詳細な説明】
【０００１】
【発明の属する技術分野】
本発明は、ガス成分濃度測定方法及び装置に関し、詳しくは、ガスを構成する成分の濃度を迅速に、かつ、連続的に測定することが可能な方法及び装置に関する。
【０００２】
【従来の技術及び発明が解決しようとする課題】
ガス製造分野や半導体製造分野をはじめとする各種プロセスにおいて、気体又は液体の濃度管理を低コストかつリアルタイムで行う必要性が高まっている。例えば、気体分離装置においては、入口の気体成分濃度によって出口の気体成分濃度が異なるため、その入口及び出口の気体成分濃度を連続的に測定し、気体分離プロセスの運転条件を変化させることにより、製品気体の濃度を管理できるようになる。このように、気体や液体の成分濃度を制御する場合等に、ガス成分の濃度を連続的に測定することが求められる。特に、半導体製造分野では、使用する高純度ガス中の不純物濃度によって製造される半導体の性能が変化するため、好ましくない成分の混入や気体成分の濃度変化は、製品歩留まりに大きな影響を与える。
【０００３】
ガス中に含まれる比較的高濃度の成分の分析法として、従来からガスクロマトグラフ（ＧＣ）や非分散赤外分光法等が利用されてきた。しかしながら、ガスクロマトグラフは間欠的にしか測定できないため、成分濃度をリアルタイムかつ連続的に監視することができなかった。また、ガスクロマトグラフは、試料ガス中の各成分を分離カラムで分離し、他の成分、例えばヘリウム等のキャリアーガスと混合して検出する方法であるため、試料ガスを分析した後に、そのままプロセスに返して使用するという、いわゆるインラインモニタリングには使用できなかった。
【０００４】
一方、非分散赤外分光法は、リアルタイムかつ連続測定が可能で、インラインモニタリングにも適応できる方法として多用されている。しかしながら、赤外領域の光を透過する石英等の材料からなる窓をセルに設けるため、高圧ガスの測定には大掛かりな設備を必要とする。また、原理上、測定対象成分が赤外活性成分に限定されるため、酸素、窒素等の大気成分であって、外部から混入する可能性が高く、監視する必要性が高い成分の測定に適用できないという欠点を有していた。
【０００５】
そこで本発明は、リアルタイムかつ連続測定が可能で、インラインモニタリングにも適応でき、しかも、高圧ガスにも適用可能で、様々な成分の測定に対応が可能なガス成分濃度測定方法及び装置を提供することを目的としている。
【０００６】
【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するため、本発明のガス成分濃度測定方法は、ガス流路中に一定の径の小通孔を有する測定用配管に試料ガスを流し、そのときの前記小通孔の前後の圧力差を一定に制御した状態で、該小通孔の下流側の流量を測定することにより、前記試料ガスの成分濃度を測定することを特徴としている。

【０００７】

また、前記小通孔の下流側の流量を、熱伝導を利用するマスフローメーターで測定することが好ましい。

【０００８】

さらに、前記試料ガス流体の温度、前記測定用配管の温度及び該測定用配管の周囲温度の少なくともいずれか一つの温度を測定し、測定した温度に基づいて前記試料ガスの成分濃度を補正すること、前記試料ガスの温度、前記測定用配管の温度及び該測定用配管の周囲温度の少なくともいずれか一つの温度を一定に制御することを特徴としている。

【０００９】

また、本発明のガス成分濃度測定装置は、ガス流路中に一定の径の小通孔を有する測定用配管と、前記小通孔の前後の圧力差を一定に制御する手段と、該小通孔の下流側の流量を測定する手段と、前記圧力差及び測定した前記流量に基づいて測定用配管を流れる試料ガスのガス成分濃度を算出する演算手段とを備えていることを特徴としている。

【００１０】

さらに、前記小通孔の下流側の流量を測定する手段は、熱伝導を利用するマスフローメーターであることが好ましい。

【００１１】

加えて、前記試料ガスの温度、前記測定用配管の温度及び該測定用配管の周囲温度の少なくともいずれか一つの温度を測定する手段を設けるとともに、前記演算手段は、測定した前記温度に基づいて前記ガス成分濃度を補正する手段を備えていること、前記試料ガスの温度、前記測定用配管の温度及び該測定用配管の周囲温度の少なくともいずれか一つの温度を一定に制御する手段を備えていることを特徴としている。

【００１２】

【発明の実施の形態】

まず、図１及び図２は、流体成分濃度測定方法の基本原理を説明するためのものであって、図１は流体流路中に設けた一定の径の小通孔がオリフィスである測定用配管の断面図、図２は流体流路中に設けた一定の径の小通孔がノズルである測定用配管の断面図である。

【００１３】

図１や図２に示すように、管径Ｄに対して十分に小さな開口面積Ａを有するオリフィス１１やノズル１２からなる小通孔１３を設けた測定用配管１４内を流体が流れるとき、小通孔１３前後の圧力差から流体の流量を求めることができる。すなわち、流体が非圧縮でかつ渦無し流れである場合、小通孔１３の上流及び下流における流体の圧力をＰ１，Ｐ２とし、下流の流速をｖ、流体の密度をｄとすると、ベルヌーイの定理から次式が導かれる。

$$v = \{2(P1 - P2)/d\}^{1/2}$$

【００１４】

また、体積流量Ｑは、流速ｖと小通孔１３の開口面積Ａと流体の収縮及び粘性に基づいて流出速度を補正するための流量係数ｃとの相乗積として次式で得られる。

$$Q = cA\{2(P1 - P2)/d\}^{1/2}$$

【００１５】

なお、流量係数ｃは、開口比$m = A/(\pi D2/4)$により変化する。また、ノズルの場合には、流れの収縮がほとんど生じないので、流量係数ｃは１に近い範囲内にとどまる。

【００１６】

上記式から、流体の密度が一定であれば、小通孔１３における差圧（Ｐ１－Ｐ２）と開

口面積Ａとに応じた流量Ｑが得られることになるが、流体に密度の大きく異なる成分が混合した場合には、全体の密度ｄが変化するため、差圧と開口面積とが同一であっても、流量Ｑが大きく変化する。したがって、設定された差圧と流体とを基準にして、その流体にある成分が混合したときの混合濃度と流量との相関データを得ることにより、流体に混合した成分の濃度を求めることができる。但し、差圧は必ずしも設定する必要はなく、上式のように差圧を随時測定し、その測定値により流量を補正し、その補正値から濃度を求めるようにしてもよい。さらに精密に濃度を測定しようとする場合には、流体の温度を一定に制御するようにしてもよく、温度を随時測定して測定温度に応じた流量補正を行い、補正値から濃度を求めるようにすることもできる。

【００１７】

このように、圧力差と流量とを測定の基本としているので、原理上、リアルタイムかつ連続測定が可能である。流体成分濃度の測定感度は、流体の密度に依存するため、密度（気体の場合には平均分子量と同義と考えてよい）が大きく異なる２成分の組成からなる流体の濃度測定に適しており、赤外不活性な酸素、窒素、ヘリウム、アルゴン、クリプトン等にも適用できる。さらに、通常の高圧流体の制御及び測定に使用されるもので構成できるものであるため、高圧流体にも適用でき、耐食性材料の部品を用いれば、腐食性流体にも適用できる。また、試料流体を汚染したり、分解や反応を招いたりすることがないため、測定後の試料流体をプロセスに戻すことが可能で、インラインモニタリングに最適である。

【００１８】

図３乃至図８は、本発明のガス成分濃度測定装置の形態例及び各種変形例を示す系統図である。このガス成分濃度測定装置１０は、ガス流路中に一定の径の小通孔１３を有する測定用配管１４と、前記小通孔１３の前後の圧力差（Ｐ１－Ｐ２）を測定する手段である上流側圧力測定器（Ｐ１）１５及び下流側圧力測定器（Ｐ２）１６と、小通孔１３の上流側の圧力を制御する上流側圧力制御器１７及び下流側圧力制御器１８と、小通孔１３の下流側の流量を測定する手段である流量測定器１９と、小通孔１３部分の温度を測定する手段である温度測定器（Ｔ）２０と、各測定器１５，１６，１９，２０の各測定値や各制御器１７，１８の各制御値を入力信号とし、これらの値から試料ガスの成分濃度を算出する演算手段である演算器（コンピュータ）２１とを備えている。

【００１９】

なお、図３乃至図７に示す各形態例では、ガス成分濃度測定装置１０の前段に第１流量制御器（ＭＦＣ１）２２と第２流量制御器（ＭＦＣ２）２３とを設け、測定用配管１４に供給する試料ガスの混合比を両流量制御器２２，２３で変化させてガス成分濃度測定装置１０の性能評価を行う場合の構成を例示している。

【００２０】

測定対象となる試料ガスの成分濃度を測定する前に、測定対象ガスと同じ組成の２成分を第１流量制御器２２と第２流量制御器２３とによって適当な成分濃度に調製し、上流側圧力制御器１７及び下流側圧力制御器１８によって所定の圧力差に制御しながら測定用配管１４に導入する。小通孔１３を通過して測定用配管１４内を流れるガスの流量は、ガスの密度（平均分子量と同義）によって変化するため、第１流量制御器２２と第２流量制御器２３とで成分濃度を変化させることにより、流量測定器１９で測定される流量が変化することになる。したがって、このようにしてこの２成分における成分濃度と流量との相関関係を示す検量線をあらかじめ作成しておくことにより、成分濃度が不明な２成分混合試料ガスを測定用配管１４に導入したときに、そのときの小通孔下流側の流量から、前記検量線に基づいて試料ガスの成分濃度を求めることができ、試料ガスの成分濃度が時間とともに変化する場合でも、連続的に追随して測定することができる。なお、試料ガスの供給流量が多い場合は、適当な位置にバイパスラインを設けて試料ガスを分岐し、適当量を測定用配管１４に流すようにすればよい。

【００２１】

前記測定用配管１４における小通孔１３は、ガスの圧力に対して十分な耐性を有するも

のであって、測定時に一定の径の小通孔を形成できるものならば任意のものを使用することができ、固定径であっても可変径であってもよく、前述のようなオリフィス１３ａ（図４参照）やキャピラリー管、ニードルバルブ１３ｂ（図５参照）等を使用することができる。また、上流側圧力測定器１５及び下流側圧力測定器１６は、配管内のガス圧力を測定することができ、両圧力測定器１５，１６の測定値から小通孔前後の圧力差を求めることができれば任意のものを使用することができる。さらに、小通孔前後の圧力を同時に測定して差圧を出力する差圧測定器１５ａ（図６参照）を用いてもよい。また、ガス使用場所の条件等によって小通孔１３の上流側や下流側の圧力が一定に保たれている場合は、一定に保たれている側の圧力測定器を省略することができ、両側の圧力が一定に保たれて差圧が一定の場合は、両圧力測定器１５，１６を省略できる。

【００２２】

前記上流側圧力制御器１７及び下流側圧力制御器１８は、測定用配管１４におけるガス圧力を制御できるものならば任意のものを使用することができる。このように小通孔１３の両側に圧力制御器１７，１８を設けて小通孔１３前後の圧力を一定に保つことにより、前述のように小通孔下流側のガス流量を測定するだけで試料ガスの成分濃度をより正確に求めることができる。また、圧力制御器１７，１８は、ガス使用場所の条件等によって小通孔１３の上流側や下流側の圧力が一定あるいは適当な範囲内に保てるならば省略することができ、上流側、下流側のいずれか一方のみを設けるようにしてもよい。また、図７に示すように、上流側圧力制御器１７に代えてバックプレッシャーレギュレータ１７ａを使用することにより、成分濃度の測定をより迅速に行うことができる。

【００２３】

前記流量測定器１９には、測定対象となる流体の流量を精密に測定できるものならば任意のものを使用することが可能であり、測定対象流体に応じて、マスフローメーター（ＭＦＭ）、石鹸膜流量計、浮子式流量計、羽根車回転式流量計、オーバルギア式流量計、カルマン渦式流量計、超音波式流量計、コリオリ式流量計、音速ノズル方式流量計等を選択すればよい。なかでも、マスフローメーターは、高速応答性を有し、連続測定も可能なため、本発明で使用する流量測定器として最適なものの一つである。

【００２４】

また、半導体製造装置用等のマスフローメーターは、内部汚染がなく耐食性にも優れているので、試料流体を汚染したりすることもない。さらに、マスフローメーターとして市販されているものの中には、流体の熱伝導を利用して流量を測定するものがあり、流体の成分が密度のみならず、熱伝導率も大きく異なる場合、このようなガスの熱伝導を利用するマスフローメーターを用いることにより、流量測定においても流体成分濃度の変化が影響し、相乗的に測定感度を向上させることがある。例えば、表１に丸印で示すようなガスの組み合せは、分子量の大きい元素が熱伝導度が低いため、これら２成分の混合気体に対しては特に有効である。

【００２５】

【表１】

	He	Ar	Kr	N2	H2	CO	CO2	CH4
He					○			
Ar				○	○	○		○
Kr				○	○	○	○	○
Xe				○	○	○	○	○
N2		○	○					○
H2	○	○	○					
O2		○	○					○
CO		○	○					○
CO2			○					
AsH3			○					
BF3			○					
B2H6		○	○			○	○	
PH3		○	○				○	
SiH4		○	○				○	
WF6								
Cl2			○				○	○
HCl		○	○					○
NH3		○	○	○		○		
CF4								
C2F6								
CH4		○	○	○		○		
C2H6		○	○				○	
C3H8			○				○	
NO		○	○					○
N2O			○				○	

【００２６】

また、温度測定器２０は、ガスや配管の温度が変化するのに伴って流量が変化し、成分濃度の測定結果に誤差を生じることがある場合、試料ガスの温度、小通孔１３部分の温度、温度測定用配管１４の温度、測定用配管１４の周囲温度を常時測定し、流量測定器１９からの流量出力を補正することによって、温度変化を生じた場合でも正確な成分濃度を測定することができる。この温度測定器２０は、ガス成分濃度測定装置がクリーンルーム等の室内温度の変動が少ない場所に設定されており、装置自体の温度変化や試料ガスの温度変化がほとんど無い場合には省略することができる。また、装置全体を恒温槽等に収納して試料ガスや測定用配管１４等の温度を一定に保つようにすれば、温度測定器２０を省略しても正確な測定を行うことができる。

【００２７】

そして、前記演算器２１において、前記各測定器や各制御器から出力される情報を逐次取り込み、温度変化や圧力変化に応じた補正計算を行うことにより、温度や圧力が逐次変化するような場合でも、試料ガスの成分濃度をリアルタイムで表示、出力することができる。

【００２８】

なお、本発明のガス成分濃度測定装置を構成する部品は、一定の径の小通孔１３を有する測定用配管１４や流量測定器１９、圧力測定器１５，１６、温度測定器２０等が別々である必要はなく、これらが一体化した部品を使用してもよい。さらに、下流側圧力制御器１８と流量測定器１９とは、図４に示すように、下流側圧力制御器１８を流量測定器１９の上流側に配置するようにしてもよい。

【００２９】

また、成分濃度を正確に測定するという目的からは、基本的に２元組成のガスの測定に適しているが、３種類以上の成分においても、それぞれの微量成分の感度がマトリックス成分を基準として同方向に離れている場合には、これら微量成分を合算した濃度として求めることも可能である。したがって、純ガスの濃度管理を行う際、複数の未知成分が混入

した場合でも、前記同様の装置を使用して同様の操作を行うことにより、純ガス中への不純物成分の混入を検知することが可能である。

【００３０】

さらに、図８に示すように、未知成分の不純物が含まれる試料ガスの定性分析を行う際は、小通孔１３を有する測定用配管１４の上流にガスクロマトグラフや液体クロマトグラフ等の分離カラム２４を設置し、試料ガス中の不純物を分離してから順次測定用配管１４に導入することにより、各成分ごとの濃度を求めることができ、連続測定は不可能になるが、多成分の濃度測定が可能となる。

【００３１】

【実施例】

実施例１

図９に示す構成の実験装置を利用した。この実験装置は、測定用配管１４としてニードルバルブ（本山製作所製ＵＣＶIILＭ）１３ｂを設けた配管を使用したものであって、上流側にはクリプトン（Ｋｒ）導入用の第１流量制御器２２及び窒素（Ｎ２）導入用の第２流量制御器２３と、バックプレッシャーレギュレーター（ＳＴＥＣ製ＵＲ７３４０Ｂ）１７ａとを設置し、下流側には流量測定器（マスフローメーター：ＳＴＥＣ製ＳＥＦ４４００、熱伝導式質量流量計）１９を設置した。

【００３２】

ニードルバルブ１３ｂの開度を適当に設定し、バックプレッシャーレギュレーター１７ａで圧力を１４５ｋＰａに設定した状態で、両流量制御器２２、２３を操作してクリプトンと窒素との混合比を変化させ、各混合比においてニードルバルブ１３ｂ通過後の流量を流量測定器１９で測定した。クリプトンと窒素との混合比（Ｎ２／Ｋｒ）と、流量測定器１９からの流量出力との関係を図１０に示す。

【００３３】

実施例２

図１１に示す構成の実験装置を利用した。この実験装置は、実施例１で使用した実験装置に、ニードルバルブ１３ｂ上流側の圧力を測定する上流側圧力測定器１５及びニードルバルブ１３ｂ下流側の圧力を流量測定器１９の下流で測定する下流側圧力測定器１６と、ニードルバルブ１３ｂの温度を測定する手段である温度測定器２０とを加えたものである。

【００３４】

ニードルバルブ１３ｂの前後の圧力差を４５ｋＰａの一定に設定し、１００％純窒素を約１６時間連続して供給した。その間の流量測定器１９からの流量出力を図１２に示す。また、このときの温度測定器２０で測定したニードルバルブ１３ｂの温度変化を図１３に示す。さらに、測定した温度と流量出力との関係を図１４に示す。

【００３５】

これらの結果から、温度と流量出力とには負の相関性があり、この場合の相関係数は、－０．０９６６となっている。そして、この相関係数を、基準温度とした２５℃との温度差に乗じ、そのときの流量出力に加算することによって流量出力の温度補正を行った。その結果を図１５に示す。

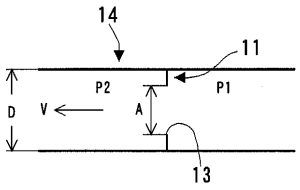
【００３６】

実施例３

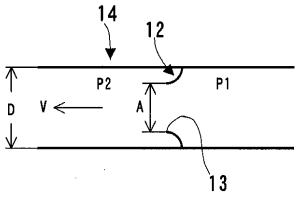
実施例２と同じ実験装置を使用し、ニードルバルブ１３ｂの温度を２５℃の一定とした状態で、１００％純アルゴンを導入しながらニードルバルブ１３ｂの前後の圧力差を、１００ｋＰａ、２００ｋＰａ、３００ｋＰａと３０分おきに変化させ、そのときの流量出力を測定した。その結果を図１７に示す。また、差圧と流量出力との関係を図１６に示す。これらの結果から、差圧と流量出力との間には正の相関性があり、この場合の相関係数は、３．７３となっている。そして、この相関係数を、基準差圧とした３００ｋＰａとの圧力差に乗じ、そのときの流量出力に加算することによって流量出力の圧力補正を行った。その結果を図１８に示す。

【００３７】
【発明の効果】
以上説明したように、本発明によれば、ガス成分濃度を連続的かつ試料ガスを他成分と混合することなく正確に測定することができる。さらに、純ガス又は混合ガスへの未知の不純物の混入をリアルタイムで検知することや、分離カラムと組み合わせることにより、その定性も行うことが可能である。
【図面の簡単な説明】
【図１】　本発明方法の基本原理を説明するためのものであって、ガス流路中に設けた一定の径の小通孔がオリフィスである測定用配管の断面図である。
【図２】　同じく、ガス流路中に設けた一定の径の小通孔がノズルである測定用配管の断面図である。
【図３】　本発明装置の一形態例を示す系統図である。
【図４】　本発明装置の変形例を示す系統図である。
【図５】　本発明装置の他の変形例を示す系統図である。
【図６】　本発明装置のさらに他の変形例を示す系統図である。
【図７】　本発明装置のさらに他の変形例を示す系統図である。
【図８】　本発明装置のさらに他の変形例を示す系統図である。
【図９】　実施例１で使用した実験装置の系統図である。
【図１０】　クリプトンと窒素との混合比（Ｎ２／Ｋｒ）と、流量測定器の流量出力との関係を示す図である。
【図１１】　実施例２で使用した実験装置の系統図である。
【図１２】　１００％純窒素を連続供給したときの流量出力を示す図である。
【図１３】　１００％純窒素を連続供給したときのニードルバルブの温度を示す図である。
【図１４】　温度と流量出力との関係を示す図である。
【図１５】　温度補正後の流量出力を示す図である。
【図１６】　実施例３において、差圧と流量出力との関係を示す図である。
【図１７】　実施例３において、差圧を変化させたときの流量出力を示す図である。
【図１８】　圧力補正後の流量出力を示す図である。
【符号の説明】
１０…ガス成分濃度測定装置、１１…オリフィス、１２…ノズル、１３…小通孔、１４…測定用配管、１５…上流側圧力測定器、１６…下流側圧力測定器、１７…上流側圧力制御器、１８…下流側圧力制御器、１９…流量測定器、２０…温度測定器、２１…演算器、２２…第１流量制御器、２３…第２流量制御器

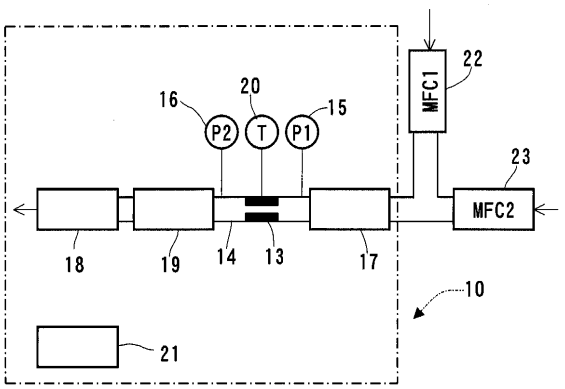
【図１】



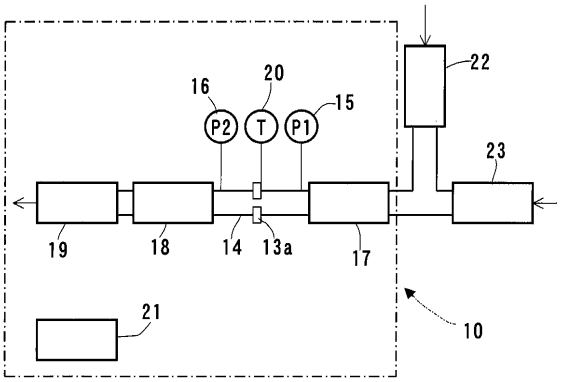
【図２】



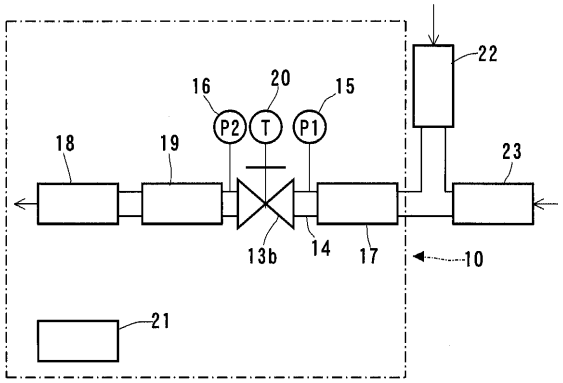
【図３】



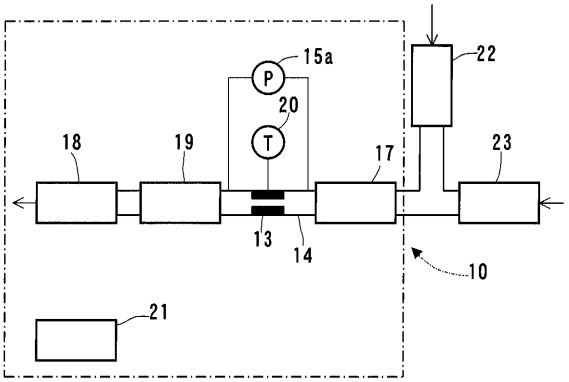
【図４】



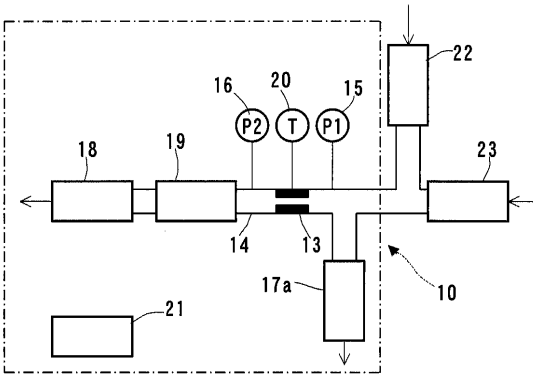
【図５】



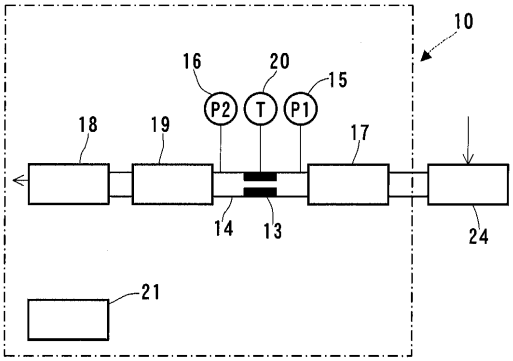
【図６】



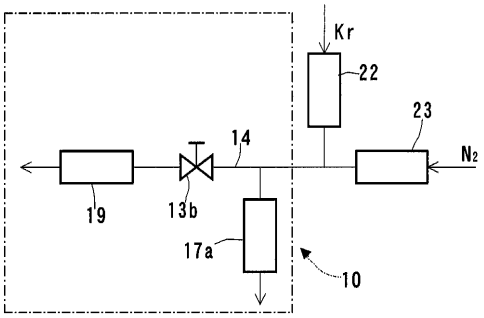
【図７】



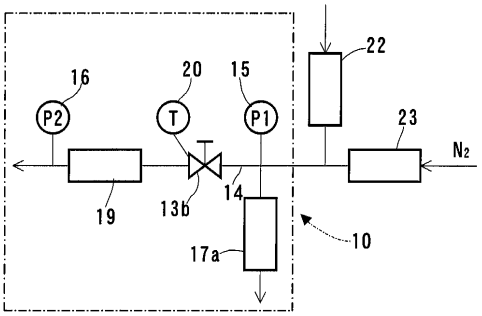
【図８】



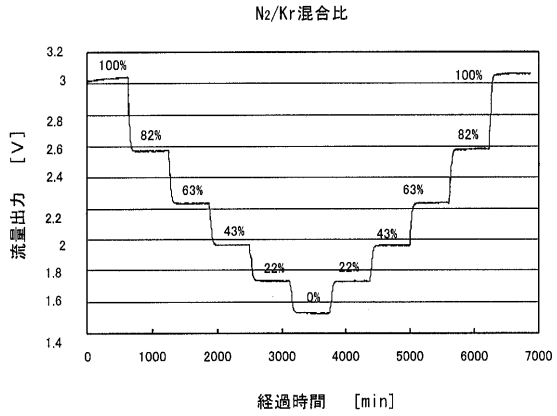
【図９】



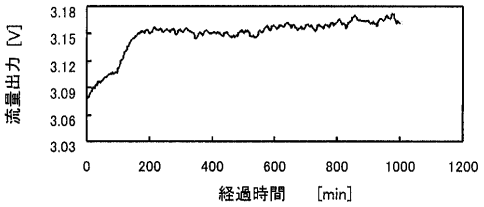
【図１１】



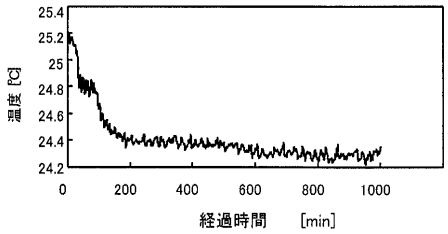
【図１０】



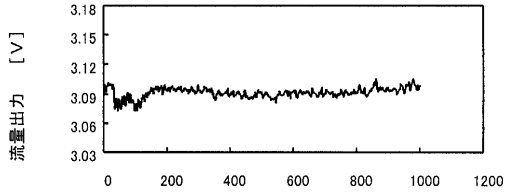
【図１２】



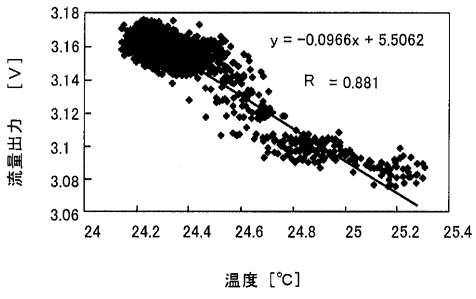
【図１３】



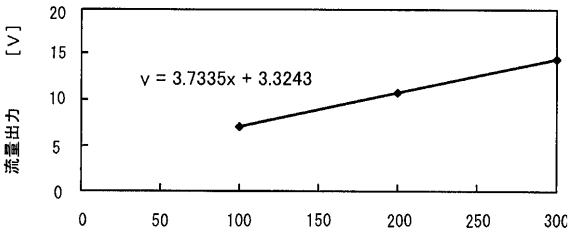
【図１５】



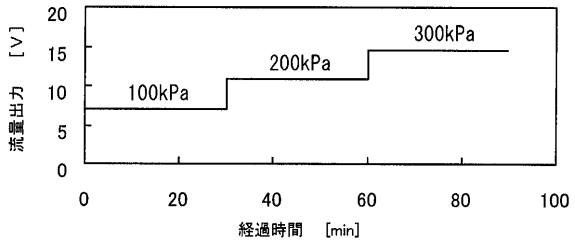
【図１４】



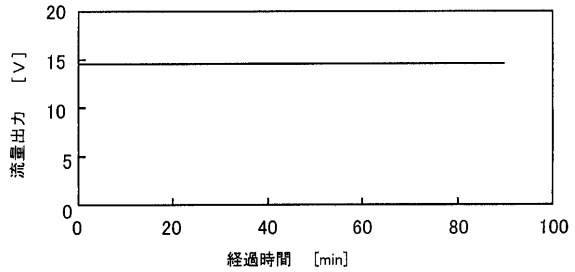
【図１６】



【図１７】


20
15
10
5
0
流量出力 [V]
100kPa
200kPa
300kPa
0
20
40
60
80
100
経過時間 [min]

【図１８】


20
15
10
5
0
流量出力 [V]
0
20
40
60
80
100
経過時間 [min]

フロントページの続き

審査官　▲高▼見　重雄

(56)参考文献　特開昭６３－２５３２３５（ＪＰ，Ａ）
特開昭５８－１３１９０（ＪＰ，Ａ）
特開平７－２７０２１１（ＪＰ，Ａ）
特開平７－１０３６０４（ＪＰ，Ａ）
国際公開第０１／０２４２９７（WO，Ａ１）

(58)調査した分野(Int.Cl.[7]，ＤＢ名)
G01N　9/00-9/36
G01F　1/00-1/90
JICSTファイル(JOIS)