

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5069839号
(P5069839)

(45) 発行日 平成24年11月7日(2012.11.7)

(24) 登録日 平成24年8月24日(2012.8.24)

(51) Int. Cl.	F I
GO 1 F 1/00 (2006.01)	GO 1 F 1/00 W
GO 1 F 15/04 (2006.01)	GO 1 F 1/00 F
GO 5 D 7/00 (2006.01)	GO 1 F 1/00 S
	GO 1 F 1/00 X
	GO 1 F 15/04

請求項の数 22 (全 20 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号	特願2003-535006 (P2003-535006)	(73) 特許権者	504391008
(86) (22) 出願日	平成14年10月11日(2002.10.11)		ホリバ エステック, インコーポレーテッド
(65) 公表番号	特表2005-507996 (P2005-507996A)		アメリカ合衆国 92614 カリフォルニア, イリヴン, アームストロング アベニュー 17671
(43) 公表日	平成17年3月24日(2005.3.24)	(74) 代理人	100064344
(86) 国際出願番号	PCT/US2002/032533		弁理士 岡田 英彦
(87) 国際公開番号	W02003/032101	(74) 代理人	100087907
(87) 国際公開日	平成15年4月17日(2003.4.17)		弁理士 福田 鉄男
審査請求日	平成17年5月31日(2005.5.31)	(74) 代理人	100095278
(31) 優先権主張番号	60/329,031		弁理士 犬飼 達彦
(32) 優先日	平成13年10月12日(2001.10.12)	(74) 代理人	100125106
(33) 優先権主張国	米国 (US)		弁理士 石岡 隆
(31) 優先権主張番号	60/406,511		
(32) 優先日	平成14年8月28日(2002.8.28)		
(33) 優先権主張国	米国 (US)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 質量流量装置を作製および使用するためのシステム及び方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

少なくとも一つの流体について使用される質量流量装置を構成するための方法であって、

試験用流量規制部材に流体を通して第一の流量特性データを取得する段階と、
装置に組み込み可能な流量規制部材に流体を通して第二の流量特性データを取得する段階と、

前記第二の流量特性データが取得された流量規制部材を選択する段階と、
流体の圧力を測定するための少なくとも二つの圧力センサを選択する段階と、
前記流体を制御するためのバルブを選択する段階と、

前記選択された流量規制部材と圧力センサとバルブとを物理的に組み立てる段階と、
前記第一の流量特性データと前記第二の流量特性データとから、前記選択された流量規制部材に対して使用される制御用流量特性データを生成する段階と、

前記制御用流量特性データを前記装置にダウンロードする段階と、
を有し、構成される質量流量装置が、前記第一及び第二の流量特性データを取得した測定条件において、流体の流量を求めることを可能とする方法。

【請求項2】

前記質量流量装置を流れる流体の温度を検知して温度信号を生成する温度センサを組み込む段階をさらに有し、前記第一の流量特性データを取得する段階が、流量規制部材の下流側における複数の絶対圧力値と、流量規制部材の下流側と上流側との間の複数の差圧値

と、複数の温度値と、流量とを示すデータを実験的に求める段階である請求項 1 に記載の方法。

【請求項 3】

実験的に求められる前記第一の流量特性データは、既知の流量を与える試験用流量規制部材を使用して求められる請求項 2 に記載の方法。

【請求項 4】

前記選択される流量規制部材に関連する前記第二の流量特性データを試験によって求めることをさらに含む請求項 1 に記載の方法。

【請求項 5】

前記第二の流量特性データを取得する段階は、

所定の圧力の下で、前記選択された流量規制部材に流体を通すことにより第 1 の値を得る段階と、

所定の圧力未満の圧力の下で、前記選択された流量規制部材に流体を通すことにより第 2 の値を得る段階と、

前記第 1 と第 2 の値を使用して、前記第二の流量特性データを求める段階とを有し、前記第 1 と第 2 の値により前記選択された流量規制部材の制御用流量特性データを求めることが可能である請求項 4 に記載の方法。

【請求項 6】

前記制御用流量特性データは、流量規制部材の下流側における絶対圧力値と、下流側と上流側との間の差圧値とから流量を求めるための多項式係数である請求項 5 に記載の方法

【請求項 7】

前記圧力センサは、圧力センサ補正式に関連付けられ、前記圧力センサ補正式は、或る圧力の範囲にわたり前記圧力センサを試験することにより得られる応答曲線とヒステリシス値とを計算することにより求められる請求項 1 に記載の方法。

【請求項 8】

前記測定条件は、複数の下流側絶対圧力値の範囲を含む請求項 1 に記載の方法。

【請求項 9】

前記測定条件は、複数の差圧値の範囲を含む請求項 1 に記載の方法。

【請求項 10】

前記測定条件は、複数の温度値の範囲を含む請求項 1 に記載の方法。

【請求項 11】

前記流体を複数の流体から選択する段階をさらに含み、前記第一の流量特性データ及び前記第二の流量特性データは、ともに前記選択された流体を使用して得られたデータであり、前記選択された流体に対する前記第一の流量特性データと前記第二の流量特性データとから前記制御用流量特性データを求める請求項 1 に記載の方法。

【請求項 12】

前記流量規制部材に関連する第二の流量特性データを特定する段階、及び前記圧力センサの特性を規定する前記少なくとも二つの圧力センサに関連する圧力センサ補正式を特定する段階と、

流体に関連する第一の流量特性データを特定する段階と、

前記特定された第二の流量特性データ及び前記圧力センサ補正式を使用して、前記特定された第一の流量特性データから、前記選択された流量規制部材に流れる流体の流量を求めるための制御用流量特性データを生成する段階と、

前記制御用流量特性データを、前記装置にアクセス可能なメモリに記憶する段階と、をさらに有する請求項 1 に記載の方法。

【請求項 13】

試験を実施して前記制御用流量特性データを確認することをさらに有し、前記試験は、少なくとも 1 つの既知の流体を使用して質量流量装置の精度レベルを測定するものである請求項 12 に記載の方法。

10

20

30

40

50

【請求項 1 4】

少なくとも1つのデータベースから前記第二の流量特性データ、圧力センサ補正式および第一の流量特性データを取り出すことをさらに含む請求項 1 2 に記載の方法。

【請求項 1 5】

前記質量流量装置は温度センサをさらに有しており、前記第一の流量特性データは、流量規制部材の下流側における絶対圧力値と、上流側と下流側との間の差圧値と、流体の温度と、流量とを示すデータである請求項 1 2 に記載の方法。

【請求項 1 6】

前記流体の流量と前記差圧との間の関係は非直線関係である請求項 1 5 に記載の方法。

【請求項 1 7】

前記流量規制部材に定格流量を流した場合の第一の圧力低下値を測定する段階と、前記測定された第一の圧力低下値に基づいて第1の係数を計算する段階と、前記流量規制部材に前記定格流量の数分の一を流した場合の第二の圧力低下値を測定する段階と、

前記測定された第二の圧力低下値に基づいて第2の係数を計算する段階と、をさらに有し、前記第1及び第2の係数は少なくとも一つの流体に関する流量規制部材を特徴付ける前記第二の流量特性データである請求項 1 に記載の方法。

【請求項 1 8】

前記何分の1かの定格流量は、前記定格流量の2分の1である請求項 1 7 に記載の方法。

【請求項 1 9】

前記第1と第2の係数の少なくともいずれかが所定の範囲外にある場合に前記流量規制部材を不合格にする段階をさらに含む請求項 1 7 に記載の方法。

【請求項 2 0】

請求項 1 から 1 9 までのいずれか一項に記載の方法によって構成された、少なくとも一つの流体の流れを制御するための質量流量装置であって、

プロセッサ及び前記プロセッサにアクセスできるメモリとをさらに有し、

前記メモリは、

前記流量規制部材に対して使用される制御用流量特性データと、

前記圧力センサからの測定値を受けて、前記測定値と前記制御用流量特性データとに基づいて流体の流れを計算して、前記バルブを作動させるための処理命令と、

を有しており、前記計算された流量に応じて前記バルブが作動される質量流量装置。

【請求項 2 1】

温度センサをさらに有し、前記制御用流量特性データは、前記流量規制部材の下流側における絶対圧力値と、下流側と上流側との間の差圧値と、流体の温度値とから流量を求めるための多項式係数である請求項 2 0 に記載の質量流量装置。

【請求項 2 2】

底壁と側壁とを有する圧力センサを受容できるハウジングをさらに有し、該ハウジングは、

前記質量流量装置を通る前記流体のための流路を提供するために流体連通する第1及び第2の流路と、

前記第1と第2の流路間に配設されて前記圧力センサによりほぼ占有される空所とを有し、

前記流路は、前記空所の側面と前記圧力センサの側壁とにより形成される第1の隙間により、また前記空所の底面と前記圧力センサの底壁とにより形成される第2の隙間とにより前記空所を通して形成されていて、前記流体は、前記第1の流路から前記空所に、そして前記空所から前記第2の流路に、ほぼ滞留することなく流れる請求項 2 0 の質量流量装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

10

20

30

40

50

【0001】

本出願は、2001年10月12日に出願された米国仮特許出願第60/329,031号および2002年8月28日に出願された米国仮特許出願第60/406,511号の優先権を主張しており、また2000年9月20日に出願された米国特許出願第09/666,039号の一部継続出願である。

【0002】

本開示は、一般に流量システム、特に質量流量装置を作製および使用するための方法に関する。

【背景技術】

【0003】

正確な流体の質量流量装置を案出するために、特に、半導体素子の製造に使用される種類の毒性で高い反応性気体のような流体の質量流量を制御する質量流量装置を案出するために努力がなされてきた。半導体製造の分野において種々の気体が、エッチングおよび蒸着プロセスに使用されている。これらの気体は、人間にとり毒性であることもあり、かつ周囲大気条件に曝されると高い反応性であることがある。上述の種類の流体の流量を測定しかつ制御する質量流量装置が案出されており、そこにおいてその測定は、流体の熱特性に基づいている。流量規制部材例えばオリフィスの前後の圧力差に基づいている他の流体の質量流量装置が案出されている。ここで対象となる型式の従来技術の流体の質量流量装置の精度は、質量流量装置の多くの用途に対して不十分である。

【0004】

半導体製造プロセスは、プロセスチャンバ中への流体（主に気体）の非常に正確な量の送出を要求することがある。たとえば、毎分20リットルもの高い流量から毎分1立方センチメートル（CCM）の数十分の1の低い流量までの範囲の流量が要求されることがある。さらに、半導体製造において反応性気体の制御に使用される質量流量装置の応答時間と安定化速度は、コントローラが、「オン」信号に応答できること、および1秒未満、好ましくは1秒よりもかなり短い時間内に所要の流量で安定化できることを要求することがある。プロセス自体は、概して数秒から数時間続くことがある。現行の流体の質量流量装置がそのような速度で応答および安定化する能力は、達成するには難しい。

【0005】

従来技術の圧力センサ、およびそのような圧力センサを使用する従来技術の流体の質量流量装置に付随する問題は、それらの構造に固有の無効空間の大きさである。標準的には、そのような質量流量装置は、それぞれの圧力変換器に付随する中空チャンバ中に開放する単一の入口/出口ポートを有する。その結果、中空チャンバの一部において流体の流れが大きく制約されて、滞留を生じる内部容積部分が大きくなり、水分の乾燥時間が長くなり、また不十分なパージ性を生じる可能性がある。

【0006】

従来技術の流体の質量流量装置に付随する他の問題は、種々のプロセス流体についてコントローラを検量する要求事項に関係する。従来技術の流体の質量流量装置は、標準的には、不活性または非毒性の検量流体を使用して検量され、その流体は、変換係数また変換データのセットの案出を必要とする。それぞれのコントローラ器具を検量するために毒性または高い反応性のプロセス流体の使用が、コスト的に高過ぎるし、かつ操作要員にとり危険であるので、従来技術の質量流量装置は、標準的には、窒素またはアルゴンのような不活性流体について、もしくは質量流量装置により制御されるプロセス流体の特性と同様な特性を有する流体について検量される。検量流体と変換係数を使用するこのプロセスは、質量流量装置の作動にエラーが導入され、時間がかかり、かくして費用がかかる。従来技術の質量流量装置の不正確さ、および初期設定中と取換手順においてコントローラを検量するのに必要な費用と時間は、流体の質量流量装置の一定の改良が強く望まれている程に、半導体素子の製造を含む多くの製造プロセスのコストをかなり増加する。

【0007】

したがって、特に上述のような製造プロセスに使用される型式の圧力センサと、および

10

20

30

40

50

そのような圧力センサを組込む流体の質量流量装置とに対する幾つかの願望が明らかにされている。そのような願望には、コントローラ設定値の数パーセント以内（1パーセント未満が好ましい）のコントローラ精度と、熱に基づいた質量流量装置により生じるような、「通常」温度より高い温度または低い温度で、かつ種々の位置または姿勢（すなわち、表を上、横向き、または表を下の姿勢）で、精度を低下することがない作動と、広範囲の流量にわたる正確な測定と制御と、作動開始から安定した流量状態を達成するまでの迅速な応答時間と、製造の経済性と、および質量流量装置の使用を容易にするために、かつ製造プロセス用に、流体流量分布システムから質量流量装置への変更を容易にするために、複雑でないモジュール式機械的構造とが含まれる。流体の質量流量装置に望ましい他の特徴には、製造時にそれぞれの完備したコントローラ器具の検量、および使用後の再検量の必要がないことと、確実かつ容易に交換される流量規制部材またはオリフィス部材の提供と、使用後または流量規制部材を交換後に質量流量装置の作動性と精度の確認が容易なことと、半導体製造プロセスに使用される広範囲の毒性および/または反応性の流体、特に気体状の数百種類の流体について流量を正確に制御する能力と、および種々の気体または液体状の流体に対する流量についてコントローラ作動データの変更が容易なこととがある。

10

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

したがって、必要とされるものは、多様な範囲の圧力と温度にわたって1種類以上の流体を正確に測定または制御できる質量流量装置を作製するシステム及び方法である。

20

【課題を解決するための手段】

【0009】

少なくとも1種類の流体に使用される質量流量装置を作製する新規な方法とシステムにより、技術的な進歩が提供されている。1つの実施例において、その方法には、流量規制部材を選択するステップが含まれ、そこにおいて流量規制部材は流量規制部材オフセット量に関連する。流量規制部材オフセット量は、流体に関連する基準流量特性データで処理されて、制御用流量特性データを生成する。制御用流量特性データが装置にダウンロードされるので、装置は、環境条件の範囲にわたり流体の流量を監視できる。

【0010】

30

他の実施例において、質量流量装置へ情報を提供する方法は、流量規制部材に関連する流量規制部材情報、および少なくとも1つのセンサに関連するセンサ情報を特定するステップを含む。流量規制部材情報とセンサ情報は、流量規制部材とセンサの特性をそれぞれ特定する。流体に関連する基準流量特性の情報が特定される。特定された流量規制部材とセンサの情報が基準流量特性の情報で処理されて、その装置用の制御用流量特性データを生成するので、装置は流体を制御できる。制御用流量特性データは、装置にアクセスできるメモリに格納される。

【0011】

さらに他の実施例において、少なくとも1種類の流体流量を制御する装置は、流体流量を制約する流量規制部材と、プロセッサと、流体流量を制御するためにプロセッサへアクセスできるバルブと、流体流量を表す流量データを生成する少なくとも1つのセンサと、プロセッサにアクセスできるメモリとから構成される。そのメモリは、流量規制部材、センサおよび流体に関連する制御用流量特性データと、プロセッサが処理する命令とを含む。その命令は、センサからの流量データを受信し、受信された流量データと制御用流量特性データとに基づいて流量を計算し、そしてバルブを作動するためのものである。作動の程度は、計算された流量に関連する。

40

【発明を実施するための最良の形態】

【0012】

本開示は、一般に流量システム、特に質量流量装置を作製および使用する方法に関する。しかしながら下記の開示は、本発明の種々の特徴を実現する多くの種々の実施例または

50

例を提供するものであることが理解されよう。コンポーネントと器具の特定の例が、本開示を単純化するために以下に述べられる。勿論これらは、単なる例であり、限定を意図したものではない。加えて本開示は、種々の例において参照数字および/または文字を繰返すことができる。この繰返しは、単純化および明瞭化のためのものであり、検討される種々の実施例および/または種々の構成の間の関係に影響するものではない。

【 0 0 1 3 】

図 1 を参照すると、質量流量装置（図 2 乃至 6）を作製する方法 1 0 が示されている。この方法 1 0 は、流量測定装置のような流体流量システムに使用される他の装置またはコンポーネントに等しく適用できることが理解されよう。後に詳細に述べるように、質量流量装置は、流体の基準流量特性に影響し得る環境条件の範囲にわたり 1 種類以上の流体を制御するように作動できる。たとえば、流体の圧力、または流体の圧力および温度、ならびに装置の入力圧力と出力圧力の変動は、装置を通る流体の流量に影響することがある。さらに 1 つの流体の基準流量特性は、流体の特性の相違により、他の流体の基準流量特性と非常に異なることがある。したがって装置は、特定の流体について所望の流量を維持する必要があるならば、これらの変動に応じて流体流量を調整しなければならない。方法 1 0 のステップ 1 2 において、基準流量特性データは、種々の圧力、または種々の圧力および温度における流体の基準流量特性を実験的に求めることにより、収集される。たとえば、データを、圧力が真空（たとえば、平方インチ当りゼロポンド（ psi ）すなわちゼロトール）から 1 気圧（たとえば、 14.7 psi すなわち 760 トール）まで増加するときの種々の圧力点で得ることができる。別のデータを、種々の温度点で得て、流体の基準流量特性をさらに規定することができる。

【 0 0 1 4 】

基準流量特性データがステップ 1 2 において収集された後に、方法 1 0 は、ステップ 1 4 へ続き、そこにおいて、センサや流量規制部材のような流体制御装置の種々のコンポーネントについての特性データを得ることができる。後に詳細に述べるように、センサにより、流体流量の或る特性（たとえば、圧力または温度）を検出できるし、また流量規制部材は、予め規定された流量規制部材特性に従って流量を変えるように機能する。本例において、複数のセンサと流量規制部材についての特性データが得られ、これらの特性データは特定のセンサまたは流量規制部材に関連付けられる。たとえば、所定の流量規制部材についての一組の特性データを得、ついでその特性データを、その流量規制部材へ割当てられた独自の通し番号で、データベースにおいて、関連させることができる。

【 0 0 1 5 】

ステップ 1 6 において、質量流量装置に使用するために、流量規制部材と 1 つ以上のセンサが選択される。センサ及び流量規制部材は各々が 1 組の特性データに関連するので、選択された流量規制部材とセンサとのコンポーネントの基準流量特性は既知であり、かつ選択をするときには特定の注意を必要としない。続いてステップ 1 8 において、流量規制部材の特性データが基準流量特性データで処理される。他の実施例において圧力センサ補正式も基準流量特性データで処理される。本例において質量流量装置は、単一の流体についての使用を意図しているが、複数の流体用の基準流量特性データを処理できることが理解されよう。この処理により、流体に関する装置の基準流量特性を規定する制御用流量特性データが得られる。ステップ 2 0 において制御用流量特性データを、装置へ（たとえば、装置へアクセスできるメモリへ）ダウンロードすることができる。したがって 1 つ以上のバルブを使用すると、装置は、センサと、流量規制部材とおよび流体との間の既知の関係を使用して流体の流量を制御できる。方法 1 0 により、センサ/流量規制部材の特性データおよび流体の基準流量特性データが既知である限り、種々のセンサ/流量規制部材の組合せを使用して装置を作製することができるし、かつ多くの種々の流体で装置を作動することができる。

【 0 0 1 6 】

ここで図 2 を参照すると、図 1 の方法 1 0 を使用して作成できるような流体の質量流量

装置 2 1 が示されている。質量流量装置 2 1は、協働する平面 2 4 a と 2 6 a のそれぞれにおいて従来の機械的締付具（図示されない）により互いに適切に接合することができるほぼ矩形ブロック状の第 1 及び第 2 の本体部分 2 4 と 2 6 から構成される二部分モジュール式本体 2 2 を有する。本体部分 2 4 と 2 6 には、たとえば、半導体製造に使用される特に気体状の毒性または反応性流体を供給する半導体製造システム 2 9（図 3）のような、流体供給システムの適切な導管へ接続するための適切なコネクタ 2 5 および 2 7 がそれぞれ設けられる。

【 0 0 1 7 】

一例として、図 3 に示されるように、質量流量装置 2 1を半導体製造システム 2 9 に介入させることができ、このシステムは、六弗化タングステン、塩素、六弗化硫黄のような流体、またはたとえば、製造プロセスに使用できる 2 0 0 種類を超える流体の 1 つを加圧下で供給する圧力源容器 2 8 を備える。圧力源容器 2 8 は、適切な導管 3 0 を介して質量流量装置 2 1へ接続される。パージ導管 3 2 も、導管 3 0 と、および図示されないパージ気体源へ接続されて、必要なときに質量流量装置を適切なレシーバまたはスクラバ 3 4 へパージする。しかしながら質量流量装置 2 1の作動中、流体の正確な流量が、制御されて、導管 3 3 を経て半導体製造チャンバまたは容器 3 6 へ導入される。チャンバ 3 6 は、一般には、たとえば、1 つ以上の真空ポンプ 3 7 によりほぼ減圧状態に維持される。図 3 に示されるように、質量流量装置 2 1が介入されたシステム 2 9 は、質量流量装置の 1 つの好ましい用途を図示するために、一例として、簡略化された形態で示される。質量流量装置 2 1は他のシステムに使用できることが理解されよう。

【 0 0 1 8 】

図 3 乃至 6 も参照すると、第 1 の本体部分 2 4 により、電氣的に制御される流量制御バルブ 4 0（以下単にバルブ 4 0 と記載する）が支承され、このバルブ 4 0 は、従来の機械的締付け具 4 0 a により第 1 の本体部分 2 4 の面 2 4 b 上に着脱自在に取付けられる。バルブ 4 0は、所定の位置において第 1 の本体部分 2 4 に容易に取付けできて、一旦取付けられるとバルブ 4 0の調整が必要ないようにするために、好ましくは予め組立られたモジュール構造のものである。これは、バルブ 4 0 がモジュール式でなくて調整が必要となり、その調整は一般に比較的長い時間を要する従来技術のシステムよりも有利である。バルブ 4 0 は、第 1 の本体部分 2 4 の第 1 の内部流路 4 2 から第 2 の内部流路 4 4 への流体の流れを絞るように作動自在である電氣的に作動される閉止部材 4 1（図 4）を備える。第 1 の内部流路 4 2 は、圧力源容器 2 8 からの流体を受容するために導管 3 0 と流体連通する。バルブ 4 0 は、閉止部材 4 1 を全開位置と全閉位置との間で動かすアクチュエータ 4 3 も備える。アクチュエータ 4 3 は、好ましくは、閉止部材 4 1 の位置を高精度で全開位置と全閉位置との間で迅速かつ正確に制御するソレノイド型またはピエゾ型のものである。第 1 の圧力変換器 4 6 が、第 1 の本体部分 2 4 の面 2 4 b にも取付けられ、かつ第 1 の本体部分 2 4 に形成される第 2 の内部流路 4 4 および第 3 の内部流路 4 7 と流体連通する。第 2 の圧力変換器 4 8 が、第 2 の本体部分 2 6 の面 2 6 b に取付けられ、かつ第 2 の本体部分 2 6 に形成される第 1 の内部流路 4 9 および第 2 の内部流路 5 0 と流体連通する。第 2 の内部流路 5 0 は、製造チャンバ 3 6 へ導かれる導管 3 3 へも流体接続される。流体の質量流量装置 2 1のコンポーネントを収納する着脱自在のカバー（図示されない）を設けることができる。

【 0 0 1 9 】

図 5 に最も明確に示されるように、それぞれの本体部分 2 4 と 2 6 に、円筒形窪み 5 2 が形成されるのが好ましい。それぞれの窪み 5 2 は好ましくは、底壁 5 4、およびその底壁から延びて周方向に延びる側壁 5 6 を有する。カップ状ダイアフラム 5 8 が、それぞれの窪みに固定配置される。それぞれのカップ状ダイアフラムは、好ましくは底壁 5 4 へ密接しかつそれと平行に延びて測定隙間 6 2 を形成する下部ダイアフラム壁 6 0 と、好ましくは側壁 5 6 に隣接しかつそれと平行して延びて環状流路 6 6 を形成する環状側壁 6 4 とを有する。測定隙間 6 2 は、高さがほぼ 0 . 0 0 3 乃至 0 . 0 2 0 インチ（0 . 0 0 7 6 c m 乃至 0 . 0 5 1 c m）、好ましくは高さが約 0 . 0 1 0 インチ（0 . 0 2 5 c m）で

10

20

30

40

50

ある一方、環状流路 66 は、好ましくは高さがより大きい。ダイヤフラム壁 60 は、平坦または波形にできるし、また好ましくは、流体圧力を受けるときに屈曲性を示す厚さで形成される。ダイヤフラム壁 60 の厚さは、ダイヤフラム壁が受ける流体圧力範囲に応じて変えることができる。比較的低い圧力範囲の場合にダイヤフラム壁は、比較的薄くできるが、比較的高い圧力範囲の場合には、比較的厚くできる。高腐蝕性の環境の場合には、ダイヤフラム 58、および特にダイヤフラム壁 60 は、好ましくは、ステンレス鋼、サファイア、インコネル、アルミナ、およびセラミックなどのような耐蝕材料から構成される。圧力変換器 46 と 48 は、ダイヤフラム壁 60 におけるたわみ量、ひいては質量流量装置 21 内の流体圧力を測定するための抵抗ひずみ計型または容量型のものにできる。

【0020】

上述の配置により、環状流路 66 を通る流体流量は、実質的に妨げられことなく、一方、測定隙間 62 を通る流体流量は制約されるので、環状流路 66 に存在するであろう流体乱流が減衰され、従来技術の解決策において一般に生じる雑音が減少される。測定隙間 62 および環状流路 66 により、これらの空間を通じて流体が、滞留することなく確実に流される。したがって、これらの空間内のデッドスペースが無くなり、パージ性が向上し、かつ乾燥停止時間が短くなる。好ましくは、第 1 の本体部分 24 の環状流路 66 は、第 2 の本体部分 26 の環状流路 66 よりも幅が狭い。というのは、第 1 の本体部分の流量は、第 1 の本体部分の流体圧力の方が通常高いので、第 2 の本体部分の流体圧力よりも通常低いからである。このようにして、流体流量を遮断または開始する遅延時間を減少できる。

【0021】

本体部分 24、26 は好ましくは、ステンレス鋼またはアルミニウムなどのような熱伝導性材料から構成されて、それを通る流体を加熱または冷却するように機能する。ダイヤフラム壁 60 が、その対応する本体部分 24 または 26 に比較的近接して配置されるので、ダイヤフラム壁 60 の温度は、流体温度に影響されにくく、従来技術システムに比べて測定精度が向上する。

【0022】

ここで図 6A を参照すると、本発明の別の実施例に従う圧力センサ 70 が図示され、そこにおいて前の実施例における同様な部材は、同様な数字で表されている。圧力センサ 70 は、第 1 の導管コネクタ 76 と第 2 の導管コネクタ 78 との間において本体部分 74 を通って延びる主内部流路 72 を除いて、上述の本体部分 24 および 26 と構造において同様である。主内部流路 72 は、第 1 の内部流路 75 および第 2 の内部流路 77 へ流体接続される。ついで第 1 と第 2 の内部流路 75、77 が、前の実施例におけるように、測定隙間 62 および環状流路 66 と流体連通される。この実施例は、比較的高い流量で流れる流体の圧力を測定する場合に特に有利であり、そこにおいて流体の一部が圧力測定チャンバを迂回するので、そうでないと生じることがある乱流が減少する。

【0023】

質量流量装置 21 の本体部分 24 および 26 を、比較的高い流量を測定および制御する場合に主内部流路 72 を備えるように同様な仕方に変更できることが理解されよう。

【0024】

ここで図 6B を参照すると、本発明のさらに別の実施例に従う圧力センサ 80 が図示され、そこにおいて前の実施例における同様な部材は、同様な数字により表されている。圧力センサ 80 は、主内部流路 72 を除き圧力センサ 70 と構造において同様であり、主内部流路 72 が、第 2 の内部流路 84 と流体連通する第 1 の内部流路 82 により、かつ第 3 の内部流路 88 と流体連通する第 4 の内部流路 86 により置換えられる。第 2 と第 3 の内部流路 84、88 も、前の実施例におけるように、測定隙間 62 および環状流路 66 と流体連通する。この実施例は好ましくは、前の実施例よりも低い流量で流れる流体の圧力を測定するのに使用される。

【0025】

図 4、5A および 5B を再び参照すると、第 1 の本体部分 24 は好ましくは、第 1 の本体部分 24 の第 3 の内部流路 47 と同心である第 1 の円筒形座ぐり穴 110 を備え、また

10

20

30

40

50

第2の本体部分26は好ましくは、第1の円筒形座ぐり穴110に面し、かつ第2の本体部分26の第1の内部流路49と同心である第2の円筒形座ぐり穴112を備える。流量規制部材114が好ましくは、第1と第2の座ぐり空洞110、112内に位置決めされる。流量規制部材114は好ましくは、チューブ状スリーブ116内で支承できる材料のディスク118から構成される。スリーブ116は、適切なチューブ状アダプタ内に取付けられ、かつシールリング113a、113b間で座ぐり空洞110、112内で支承される。したがって流量規制部材114は、本体部分24と26を分離し、流量規制部材114を取外し、ついで同様な流量特性または異なる流量特性の適切な代替流量規制部材に取換えることにより、本体22から容易に取外すことができる。ディスク118は好ましくは、流体が流通できる、所定の空隙率を有する焼結金属材料から構成され、それによつて、圧力変換器46と48により感知できる差圧をディスクの前後に生じるに十分に流れを規制する。流量規制部材114は、たとえば、所望の空隙率と流れ規制特性を提供するように、適切に圧縮および焼結されたステンレス鋼またはニッケルの粒子から製造することができる。流量規制部材114は好都合には、バルブ40の下流側において質量流量装置21内に配設される。流量規制部材114は、他の材料から製造できること、および/またはコイル状毛細管、オリフィスまたは他の規制手段として具体化できることが理解されよう。

10

【0026】

本発明によれば、流量規制部材114は、個別の上流側または下流側の流体フィルタを無くすことができるように、規制手段として、かつ流体フィルタとして機能するように配置することができる。一般的な制流手段の場合、制御された圧力降下は、ろ過特性に関係なく特定される。一般的な流体フィルタの場合、ろ過特性は、制御された圧力降下に関係なく特定される。かくして本発明の流量規制部材114は、制御された圧力降下と、通過する特定の流体についての特定のろ過特性とを有するように製作することができる。

20

【0027】

質量流量装置21に使用できる流量規制部材の他の実施例は、2002年8月28日出願された米国仮特許出願第60/406,511号に記載され、その開示が、ここに参照によって全体で組込まれる。

【0028】

流量規制部材114の温度を検出するために、座ぐり穴110に近接する空間中に温度プローブ136(図3)を挿入できるように、スロット(図示されない)を、第1の本体部分24内に設けることができる。流体の実際の温度に基づいて流量規制部材特性情報を使用できるように、温度プローブ136から得られた温度信号を制御回路(図3)に使用できる。

30

【0029】

図2および3を再び参照すると、質量流量装置21は好ましくは、本体22から延びる取付けブラケット124へ固定される一対の離間する回路基板(PCB)120、122に取付けられる制御回路または制御システムをさらに備える。制御回路には、デジタル信号プロセッサ(DSP)130として特徴づけられるマイクロコントローラまたはマイクロプロセッサが備えられ、そのプロセッサ130は、EEPROMのような不揮発性メモリ132と、データ入力装置134とへ作動可能に接続される。プロセッサ130は、閉止位置と開放位置との間で閉止部材41(図3)を動かすことができるバルブ40へ作動可能に接続される。プロセッサ130はまた、信号増幅器138及び140をそれぞれ介して圧力変換器46及び48へ、および所要の位置においてコントローラ21を通れる流体温度を検知するように配置できる温度センサ136へ作動可能に接続される。マイクロプロセッサ130は、種々の送信源から命令信号、データセットおよびプログラム作成変更を受信するプラグコネクタ142(図1)のような適切なインターフェースへ作動可能に接続される。質量流量装置21が作動しているときを表示するインジケータ発光ダイオード(LED)144を設けることができる。

40

【0030】

50

プロセッサ130は好ましくは、テキサス・インスツルメンツ・インコーポレーテッドから入手できるTMS320LF2406固定小数点式マイクロコントローラである。しかしながら、本発明の精神と範囲から逸脱することなく、他の固定小数点式または浮動小数点式のプロセッサを使用できることが理解されよう。圧力センサ46と48は好ましくは、自身でA/DおよびD/A変換器を有するプロセッサ130へのアナログ入力部として、14乃至16ビットの分解能をもってプラス/マイナス0.5ボルトの範囲で作動する。他のアナログ入力部は、温度センサ136用のものと、および12ビットの分解能を有するゼロ乃至5ボルトの設定点命令信号入力部(図示されない)とであろう。プロセッサ130は、パルブドライバ(図示されない)を介してパルブ40の作動を制御するアナログ出力信号も送信できる。プロセッサ130との通信は、他の通信手段も使用できるが、RS485の4線通信リンクおよび/またはCAN(コントローラエリアネットワーク)を経て実施できる。プロセッサ130は好ましくは、エミュレーションとデバッグ用のジョイント試験アクショングループ(JTAG)インターフェース、およびプログラム作成用のパワーアップブートロード機能にも対応できる。メモリ132は好ましくは、少なくとも32キロバイトのシリアル方式の電氣的に消去可能なROM(EEPROM)から構成される。

【0031】

プロセッサ130は好ましくは、圧力センサ46と48用の入力とパルブ40の制御用の出力信号との間で毎秒約200回の速度で実行される閉ループ制御機能を作動する。インターフェース142を通じての通信は、制御ループの更新が維持されていないとき新規データの転送またはメモリ132への転送を供給できるけれども、制御ループが機能している間に実施される。

【0032】

質量流量装置21の各コンポーネントは、通し番号のような識別コードを有することができる。たとえば、質量流量装置21は、パルブ40、圧力変換器46、48、流量規制部材114、PCBの120、122、DSP130、メモリ132および温度センサ136が有するように、独自の通し番号を有することができる。これらの通し番号をデータベースまたは他の記憶手段に入力できるので、特定の質量流量装置21に関連するコンポーネントを容易に特定できる。後で詳細に述べるように、データベースは、その開示が、ここに参照によって全体で組込まれた2001年10月12日に出願された米国仮特許出願第60/329,031号に記載されているように、それぞれのコンポーネントに関する情報も含むことができる。

【0033】

ここで図7を参照すると、図2乃至6の質量流量装置21を作製する方法200が図示される。方法200は、組立前、組立および組立後の段階に分割されるステップ210乃至228を使用して、質量流量装置コンポーネントが未組立状態から組立状態までの種々の状態をとるように操作できる。組立前、組立および組立後の段階は、単なる説明のためのものであり、1つの組立方法を明らかにするためのものである。下記のステップの順序は変わることがあること、および一部のステップを自動化できることが分かる。さらに或るステップは、同一型式の複数のコンポーネントを加工するためにバッチ処理モードを利用することができる。

【0034】

ステップ210乃至218において、方法200の組立前は、質量流量装置21をプログラムするに必要な種々の情報を得ること、および1つ以上のデータベースにその情報を記憶することを含む。これらのステップは、流体の基準流量特性を規定するステップ(ステップ210)、および質量流量装置21に使用すべき物理的コンポーネント用の特性データを規定するステップ(ステップ212乃至216)を含む。

【0035】

ここで図7のステップ210およびさらに図8を参照すると、複数の流体についての基準流量特性データが実験的に求められる。流体の基準流量特性は、圧力と温度の変動によ

10

20

30

40

50

り変わり得る。一般的に、一定の温度に保持されてオリフィス（流量規制部材に相当）を通過する流体は、或る質量流量／差圧の比で、質量流量と差圧（たとえば、下流側圧力／上流側圧力）との間で比較的直線関係を示すことがある。この直線領域は、「抑制された流通」領域であると名付けられ、またたとえば、差圧に対する質量流量の比が1.6:1を超える場合に生じ得る。抑制された流れの際、流体速度は、音速（たとえば、音の速さ）に達し、上流側圧力がさらに増加すると、オリフィスを通る流体速度の対応する増加を生じない。しかしながら質量流量は、上流側圧力の増加に伴い直線的に増加し続け得る。これは、上流側圧力の増加により流体密度が高くなり、それが質量流量に直接影響するからである。この直線関係のために、抑制された流通領域において流体の質量流量を制御する質量流量装置を設計および使用することは、非抑制流通領域（たとえば、差圧に対する質量流量の比が1.6:1未満の場合）において流体を制御することに比べて比較的容易である。

10

【0036】

非抑制流通領域において、流量と差圧との間の関係は、非直線であるので、制御は一層難しくなるであろう。しかしながら非抑制流通領域における流れ制御は、半導体処理産業のような或る産業において特に関心があることがある。さらに或る用途においていくつかの流体は、非抑制流通領域においてだけ利用できることがあるので、抑制された流通領域における制御が、非常に不適切になる。たとえば流体は、非抑制流通領域における気体から抑制された流通領域における液体へ変化することがあるので、気体状で流体を使用することは、抑制されない流れ操作を必要とすることがある。したがって非抑制流通領域における流体の正確な測定と制御が望ましいし、また図8に図示されるように、データは、種々の流体の基準流量特性をモデル化するために収集する必要がある。このデータは、圧力と温度の変動が、一定サイズの流量規制部材を通る流体の流量（SCCM (standard cc/min) で測定）にどのように影響するかを特定するのに重要である。様々な流体が様々な特性を有するので、質量流量装置 21により使用できるそれぞれの流体の基準流量特性を求める必要がある。

20

【0037】

ここで図8だけを参照すると、基準流量特性データを収集するプロセス229は、ステップ230において、或る数（たとえば、12個）の流量規制部材の選択と設置で開始する。ステップ232において、差圧、下流側圧力および温度の或る組合せについての流体の基準流量特性を表すデータ点を得るために、1種類以上の流体を流量規制部材に通過させる。説明のために、流体の試験は、真空から1気圧までの範囲の圧力を流体に受けさせること、および特定の圧力点（たとえば、本例においては14点）においてデータを集めることを含む。流体の基準流量特性は抑制された流通領域においてはより少ないデータ点を使用して予測できるけれども、これらのデータ点の大部分は、非抑制流通領域に位置するであろうことに注目されたい。別のデータを、流体の温度を変えることにより得ることができる。これらの変動を種々の流量規制部材について行って、特定の流量規制部材設計に関しての流体の基準流量特性を規定できる。したがって、3種類の温度と12個の流量規制部材が14回の圧力測定に使用されるならば、合計 $14 \times 3 \times 12 = 504$ 箇所のデータ点をサンプリングして、単一の流体の基準流量特性を規定することができる。ついで別の流体の基準流量特性を、同様な仕方で規定することができる。本例において合計32種類の流体が数千箇所のデータ点を使用して規定される。これらのデータ点は、抑制された流通領域と非抑制流通領域との両方における所定の流量規制部材を通る流体の流れを求めるのに使用できる。

30

40

【0038】

図8のプロセスに続き、ステップ234において、試験プロセスにより得られたデータが記録される。記録されたデータはついで、ステップ236において解析され、最適な補間式を生成して、三次元グラフ（図9）に別の点を規定する。この解析により、特定の流量規制部材に関して特定の気体の基準流量特性を提供するように補間できる、それぞれの流体についての多項式係数が得られる。ステップ238において多項式係数は、データペー

50

スに記憶される。

【0039】

本発明の1つの側面は、質量流量装置21の通常の作動範囲において、流体流量は、流量規制部材114前後の差圧の関数であるばかりではなく、製造チャンバ36における圧力にはほぼ対応する下流側絶対圧力の関数でもあることの発見にある。この関係は、2000年9月20日に出願された米国特許出願第09/666,039号に詳細に記載されており、この開示はここに参照によって全体が組込まれる。

【0040】

ここで図9を参照すると、流量と下流側絶対圧力との間の関係がグラフ239に示され、このグラフは、下流側圧力(トール単位でy軸244により表される)と差圧(トール単位でx軸240により表される)に対する流量(SCCM単位でz軸242により表される)の依存関係を示す。グラフ239は、それぞれが異なる流体温度を示す3つの表面246、248、250も含む。

【0041】

流量規制部材を通る質量流量は、差圧、下流側絶対圧力および温度で変わるが、上流側圧力と、下流側圧力と流量との間の関係は直線関係ではないことに注目されたい。たとえば、下流側圧力が約0.0トールであり流量規制部材前後の差圧が約1575.0トールならば、試験される特定の流量規制部材についての流量は、約280SCCM(データ点252により示される)である。しかしながら、下流側圧力が760.0トールならば、流量規制部材前後の同一の差圧(たとえば、1575.0トール)についての流量は、約500SCCM(データ点254により示される)である。ここで図7のステップ212、およびさらに図10Aと10Bを参照すると、PCB120、122およびDSP130についての特性データが得られる。たとえば、DSPに関連する増幅器のゲイン値SP1, SP2を得るために、ベッドオブネイルズ(bed of nails)(BON)試験を使用できる。同様に、+5ボルト(V)、+3.3V、および/または+3.0V(DSP基準電圧であり得る)の理想値からの変動のようなPCB120、122の電圧を求めるために、BON試験を使用できる。この変動は、質量流量装置21の性能に影響するので、所望のレベルの流体制御を達成するために、考慮する必要がある。後述するように、これらの特性データにより、コンポーネントの理想値と実際値との間の変動についての補正が可能となる。

【0042】

ここで特に図10Aを参照すると、アナログまたはデジタルの入出力(I/O)基板を、以下のように方法259を使用して試験できる。ステップ260において、試験用の基板が選択および設置される。その基板に関連する電圧は、ステップ262において合格/不合格基準を使用して測定され、ついでその結果が記録される。ステップ264においてデジタル通信路が、合格/不合格基準を使用して試験され、ついでその結果が記録される。パルス駆動信号(たとえば、図2のパルス40を駆動するために使用される信号)も、ステップ266において合格/不合格基準を使用して試験される。それぞれの試験結果は、ついで、ステップ268において、試験された基板に関連する通し番号とともにデータベースに記憶される。

【0043】

ここで特に図10Bを参照すると、DSP基板を、以下のように方法269を使用して試験できる。ステップ270において、試験用の基板が選択されて設置される。ステップ272において、3Vのアナログ・デジタル基準電圧が測定されて記録される。ステップ274において、増幅器A1、A2(図3)のそれぞれに関連するゲインSP1およびSP2が、温度センサ136(図3)に関連するゲインと同様に、測定され記録される。ついでDSPはステップ276においてプログラムされ、アナログ入力回路がステップ278において試験される。DSP基板に関連する流れ回路の試験は、ステップ280において実施される。それぞれの試験の結果は、ついでステップ282において、試験された基板に関連する通し番号とともにデータベースに記憶される。ここで図7のステップ214お

10

20

30

40

50

よび特に図 1 1 の方法 2 8 3 を参照すると、圧力変換器 4 6、4 8 は以下のように特徴づけられる。ステップ 2 8 4 において、変換器および関連するブロックが、選択されて固定部に設置される。ステップ 2 8 6、2 8 8 において、各変換器はついで、ゼロパーセント圧力から 1 0 0 パーセント圧力までの範囲を通して 2 5 パーセント増分で段階的に変化され、ついで 1 0 0 パーセント圧力からゼロパーセント圧力まで下げた圧力まで変化されて、応答曲線とヒステリシス値が得られる。たとえば、それぞれの変換器は、ゼロから 5 0 p s i (1 2 . 5 p s i 増分を使用して) までの範囲の圧力を受け、ついで 5 0 p s i からゼロまで下げた圧力を受けることができる。ついでステップ 2 9 0 において、応答曲線を多項式係数 A_0 、 A_1 および A_2 、で近似でき、また多項式係数を、該当する変換器に関連する通し番号とともに記憶できる。ついでこれらの係数を、D S P 1 3 0 で使用して、各圧力変換器 4 6、4 8 により検知される絶対圧力を計算できる。上述のように、このプロセスは変換器の変動の特定に役立ち、かつこのプロセスにより、質量流量装置 2 1 が、絶対圧力を求めるときの変動を明らかにすることができる。

10

【 0 0 4 4 】

ここで図 7 のステップ 2 1 6、およびさらに図 1 2 の方法 2 9 1 を参照すると、ステップ 2 1 0 において使用される 1 2 個の流量規制部材のような、様々なサイズの複数の流量規制部材の各々に関して、「短期試験」を実施できる。短期試験は、「標準」となる流量規制部材についての特性を規定することと、他の流量規制部材（たとえば、製造業者により様々な時間で生産される流量規制部材のバッチ）の測定をそれに基づいて行なうことができるベースラインを確立することとの、少なくとも 2 つの目的に役立つ。

20

【 0 0 4 5 】

本例において、1 2 種類の異なるサイズ (S C C M での) の流量規制部材を、流量規制部材の特性を規定するために識別できる。各サイズにおいて、或る数 (たとえば、1 0 0 個) の流量規制部材を選択し試験して、平均流量を求める。本例において、2 つのデータ点が、3 種類の流体からなる組について収集され、この組は、ステップ 2 1 0 において基準流量特性が特徴づけられた流体の一部である。たとえば、第 1 の試験では、流量規制部材に定格流量を流した場合の圧力低下値が測定される。これにより、0 乃至 9 9 (理想値を 5 0 として) の値を有する係数 Q_1 が求められる。ついで第 2 の試験が実施されて、定格流量の何分の一かの値 (たとえば、2 分の 1 の値) における流量規制部材の圧力低下値が測定される。 Q_1 とゼロ切片値と第 2 の試験結果とを使用して、同じく 0 乃至 9 9 (理想値を 5 0 として) の値を有する係数 Q_2 を求めることができる。したがって Q_1 および Q_2 は、流量規制部材の基準流量特性を特徴づける。一旦、流量規制部材の基準流量特性が求められると、プラスまたはマイナス 1 0 パーセントのような許容範囲を特定できる。この許容範囲は、組立てられた質量流量装置により補正できる流量範囲を特定できる。質量流量装置 2 1 を組立てる際に使用される全ての流量規制部材は、短期試験を受けて、許容範囲 (たとえば、範囲 0 乃至 9 9 における Q_1 と Q_2 の値を有する) に入るか、または不合格とされることになる。

30

【 0 0 4 6 】

ここで特に図 1 2 を参照すると、流量規制部材は、ステップ 2 9 2 において試験のために選択されて設置される。ステップ 2 9 4 において流体 (たとえば、窒素) が、定格流量 (たとえば、1 0 0 S C C M) で流量規制部材を通して流される。ステップ 2 9 6 において上流側と下流側の圧力が測定され記録される。ステップ 2 9 8 において、その圧力は、上流側圧力の何分の一かの値 (たとえば、2 分の 1 の値) まで減少され、上流側と下流側の圧力が再び測定されて記録される。先に得られた (図 7 のステップ 2 1 0) 基準流量特性データを使用して、ステップ 3 0 0 において Q_1 と Q_2 についての値が、その流量規制部材について確定される。 Q_1 と Q_2 の値が許容範囲外にある場合、流量規制部材は不合格とされることが分かる。流量規制部材についての短期試験が実施された後に、その流量規制部材を、圧力と直線性とを座標軸とする二次元座標におけるデータ点として表すこと

40

50

ができる（図13）。

【0047】

ここで図13を参照すると、グラフ302は、100SCCM流量規制部材の標準的なグループの圧力と非直線性の特徴を測定する過程においてプロットされ得る情報を示す106箇所のデータ点304を含む。グラフ302は、圧力降下（1140乃至1380トールの範囲での）を表すx軸306、および非直線性を表すy軸（10.5乃至13.5の範囲での）308を含む。かくして各データ点は、圧力降下と非直線性の特定の組合せを有する流量規制部材を表す。このデータは、各流量規制部材についてのQ1とQ2の値を確定するのに使用できる。たとえば、グラフ302において、Q1 = 50とQ2 = 50の値を有する流量規制部材は、最大で1273トールの圧力値、および12.1%の非直線性を有するであろう。

10

【0048】

ここで図7だけを参照し、ステップ218へ進むと、ステップ210乃至216で得られたデータを、1つ以上のデータベースに入力できる。或るデータは一度だけ得ることができるのが理解されよう。たとえば、所定の流体についての基準流量特性データは、一度だけで得てデータベースに記憶される必要がある。ついでそれは、将来の使用に利用できることになる。同様に、各コンポーネント（たとえば、PCB、DSP、変換器および流量規制部材など）は、複数のコンポーネントを所定の試験サイクル中に試験できるけれども、一度で試験できる。コンポーネントを表すデータは、通し番号のような独自の識別マークにより特定のコンポーネントに関連させることができる。一部の制御用流量特性データは、コンポーネントを製造し、ついで発送する間に、またはその後で識別できることが理解されよう。これにより、所定の特性データを有するコンポーネントの取得ができるので、質量流量装置21の組立中に特性データを求める必要性が無くなる。

20

【0049】

ステップ220において、PCB、DSP、変換器、流量規制部材およびバルブなどが、質量流量装置21用に選択される。各コンポーネントが所定の特性データに関連するので、特定の規準に厳格に合致するコンポーネントを選択する必要はない。たとえば、特定の流体を使用すべきならば、選択されたそれぞれのコンポーネントについての特性データが、所定の範囲の許容値に入る限り、狭い規制に合致するコンポーネントを選択する必要はない。これにより、Q1とQ2の特定の値を有する流量規制部材を見出そうとすることなく、流量規制部材をサイズにより選択できる。

30

【0050】

ステップ222において、流量規制部材オフセット量と圧力センサ補正式とが基準流量特性データで処理されて、制御用流量特性データが生成される。この処理は先のステップにおいて得られた情報を収集して、プロセッサが、特定の流体についての電圧変動値、流量規制部材特性、圧力センサ補正式および基準流量特性パターンを明らかにできるようにする。これにより、A₀、A₁、A₂、B_{BACKPRESSURE}、切片値および同様な情報を使用した最適化がなされる。この情報は、特定の質量流量装置については流体により異なり得るので、この処理は、質量流量装置により制御されるべき流体毎に実施できる。

40

【0051】

ステップ224（図7に図示されるようにステップ222と並列にできる）において、装置は、上述のように物理的に組立てられ、またステップ226において制御用流量特性データが、装置にダウンロードされる。ステップ228の組立後段階において、適正な作動を確実にするために、装置についての確認試験が実施される。

【0052】

ここで図14を参照すると、方法309は、図2乃至6の質量流量装置21に関する図7のステップ220乃至228で説明された組立プロセスを要約したものである。ステップ310において、質量流量装置21についての要件（たとえば、25psiの入口圧力での三塩化ホウ素（BCl₃）の500SCCMフルスケール流量、および100ミリトルで作動するプロセスチャンバ中への出口）が規定される。ステップ312において、流

50

量規制部材 114 についての流量規制部材サイズ（たとえば、窒素で 1000 S C C M）が規定される。Q1 と Q2 の特性データが一旦記録されると、1000 S C C M の流量規制部材サイズを有するいかなるユニットも使用できることに注目されたい。バルブ 40 は、流体が流通できるオリフィスを有するように選択されるが、この特性データ以外の特徴を有する必要はない。ステップ 314 において圧力変換器 46、48、および使用されるベースブロックが選択される。所要の流量が 250 S C C M 窒素相当量未満であるならば、低流量モデルについての入口ブロックも選択される。入口と出口ブロックの両方は、3 S L M (standard liter/min) 窒素相当量を超える流量についての高流量変更部を有する必要がある。これらの選択は、これらのブロックに溶接される変換器の特徴づけに影響しない。変換器毎についての曲線のあてはめ係数を、質量流量装置 21 について記録する必要がある。

10

【0053】

ステップ 316 において、P C B（たとえば、I / O 基板および D S P 基板）が選択され、また質量流量装置 21 についての電圧とゲイン値が記録される。ステップ 318 において、記録されたデータが、質量流量装置 21 に関連する装置データベースファイルに記憶される。選択された気体と流量規制部材のサイズについての流量規制部材データベースからの多項式データが、ステップ 320 において取得される。ステップ 322 において、操作プログラムが、装置データベースファイルに記録された収集データと流量規制部材データベースからの多項式データとを取得して、質量流量装置 21 の作動のための特性データを設定するデータファイルを生成する。ついでデータファイルがメモリ 132 にダウンロードされるので、D S P は質量流量装置 21 の流量を制御できる。ステップ 324 において、窒素流量制御用の特性データも、質量流量装置 21 用の気体テーブル中にダウンロードすることができる。ステップ 326 において、質量流量装置 21 の作動が、仕上げられた質量流量装置 21 に窒素を流すことにより確認されて、装置の応答と精度が証明される。

20

【0054】

本発明を、その好ましい実施例を参照して特に図示および説明してきたが、形態と詳細における種々の変更を本発明の精神と範囲から逸脱することなく実施できることは、当業者により理解されるであろう。したがって特許請求の範囲は、本発明と矛盾しない広い形かたちで解釈されるべきである。

30

【図面の簡単な説明】

【0055】

【図 1】質量流量装置を作製する代表的な方法のフローチャートである。

【図 2】図 1 の方法を使用して組立できる代表的な質量流量装置と種々のコンポーネントの図である。

【図 3】図 1 の方法を使用して組立できる代表的な質量流量装置と種々のコンポーネントの図である。

【図 4】図 1 の方法を使用して組立できる代表的な質量流量装置と種々のコンポーネントの図である。

【図 5】図 1 の方法を使用して組立できる代表的な質量流量装置と種々のコンポーネントの図である。

40

【図 6】図 1 の方法を使用して組立できる代表的な質量流量装置と種々のコンポーネントの図である。

【図 7】図 2 乃至 6 の質量流量装置を作製する方法の別の実施例を図示するフローチャートである。

【図 8】図 7 の方法に従って基準流量特性データを取得する方法を図示するフローチャートである。

【図 9】図 8 の方法により得ることができる代表的な流体の基準流量特性を図示する三次元グラフである。

【図 10】図 7 の方法に従って或る制御用流量特性データを得る特定の方法を図示するフ

50

ローチャートである。

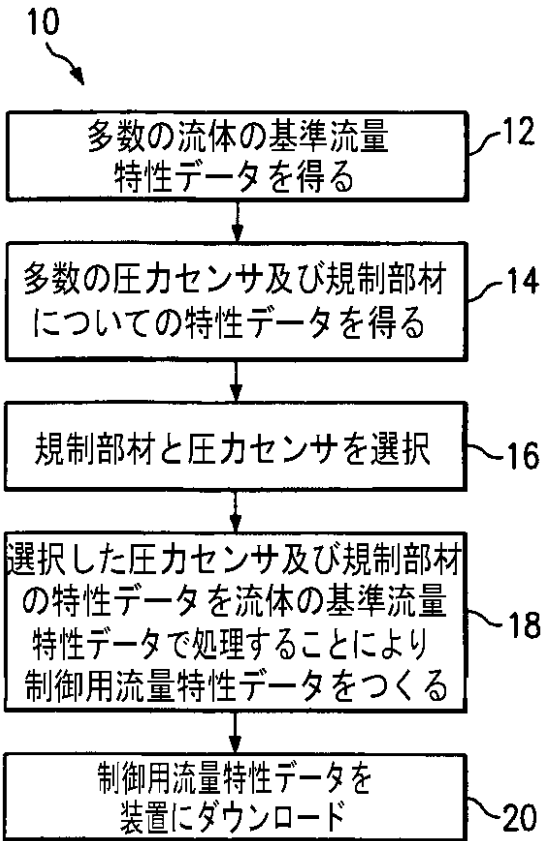
【図 1 1】 図 7 の方法に従ってセンサを特徴づける特定の方法を図示するフローチャートである。

【図 1 2】 図 7 の方法に従って流量規制部材を特徴づける特定の方法を図示するフローチャートである。

【図 1 3】 図 1 2 の方法により得ることができる代表的なデータ点を図示するグラフである。

【図 1 4】 特定の流体と流量についての図 2 ~ 図 6 の質量流量装置の組立を要約したフローチャートである。

【図 1】



【図 2】

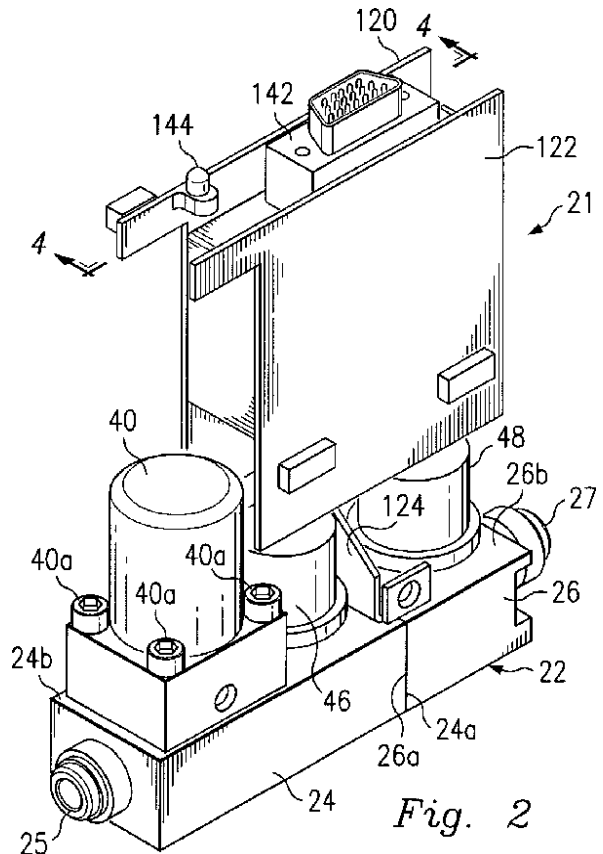
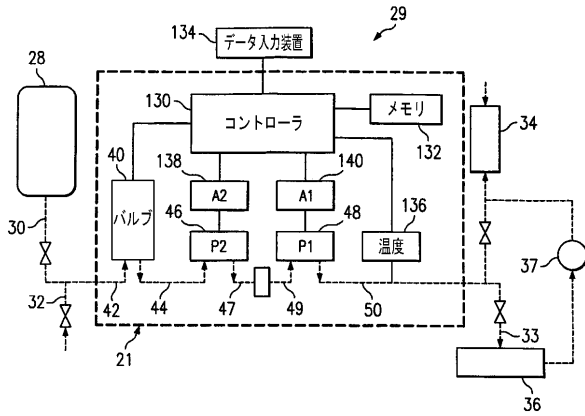
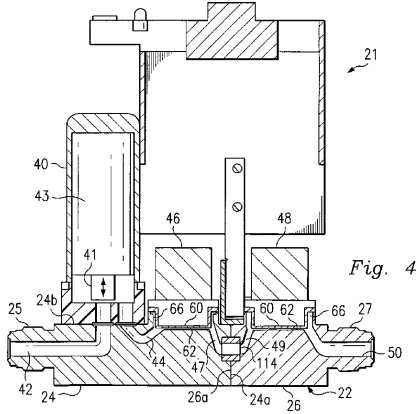


Fig. 2

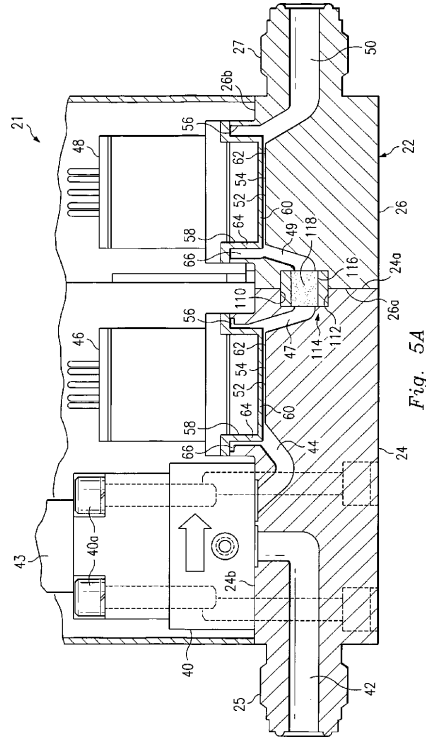
【図3】



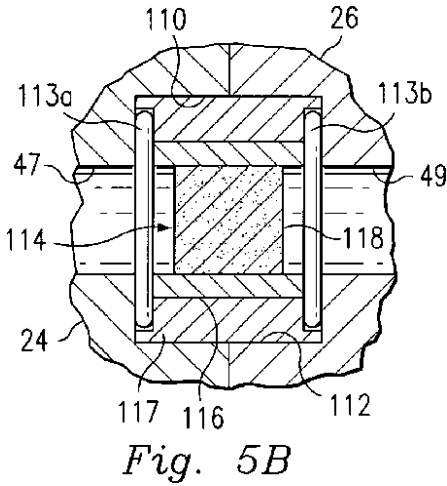
【図4】



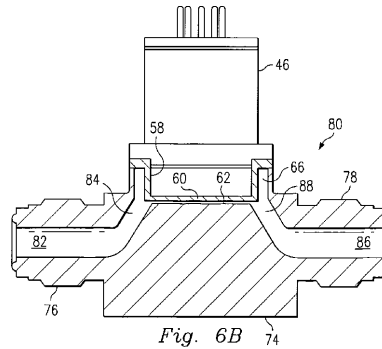
【図5A】



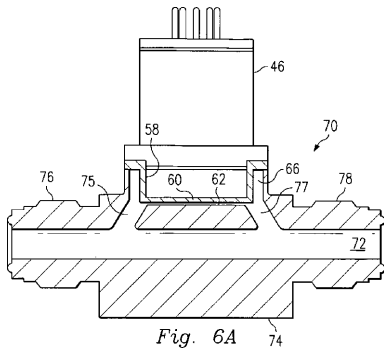
【図5B】



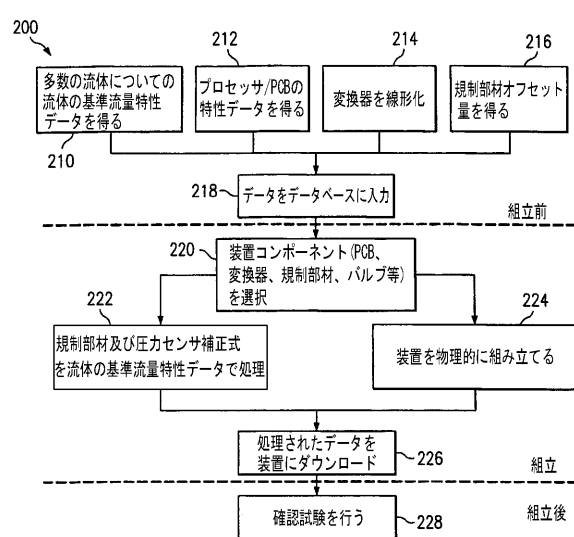
【図6B】



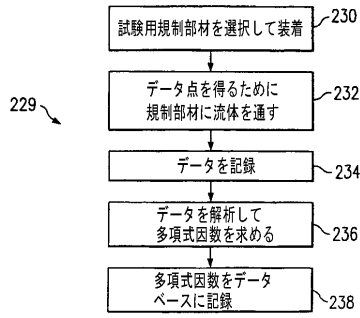
【図6A】



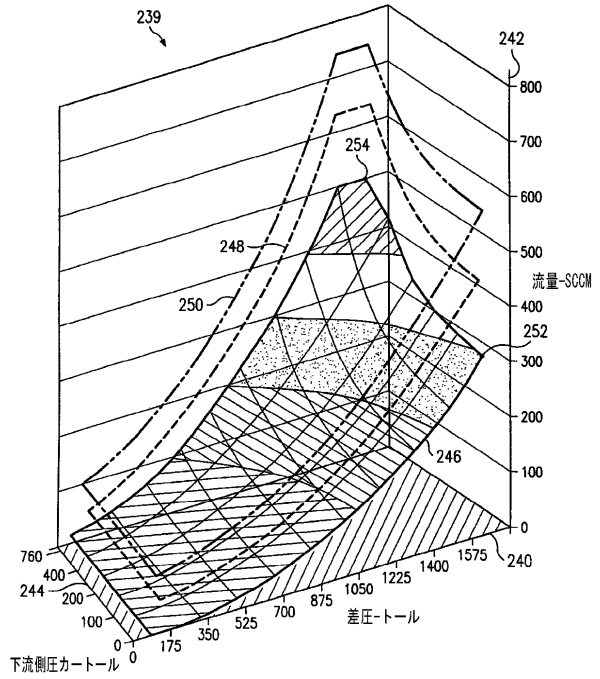
【図7】



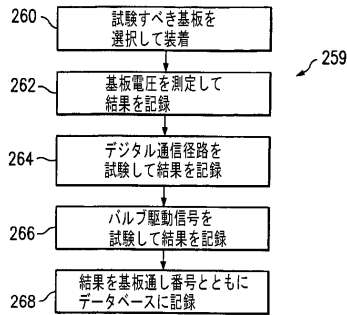
【図8】



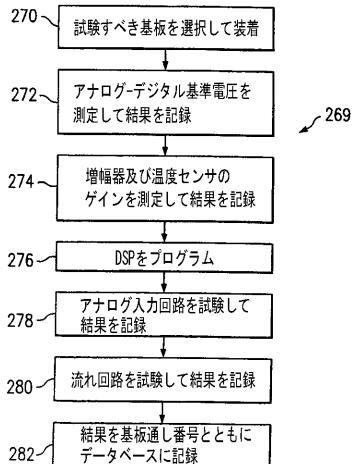
【図9】



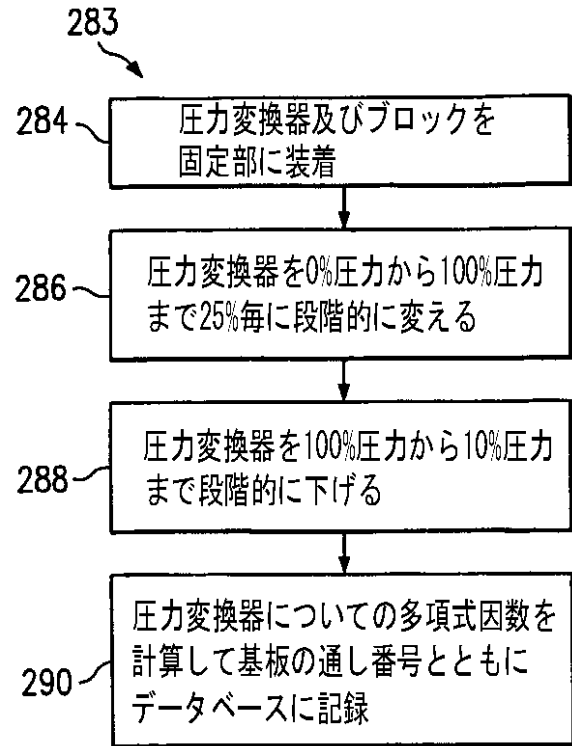
【図10A】



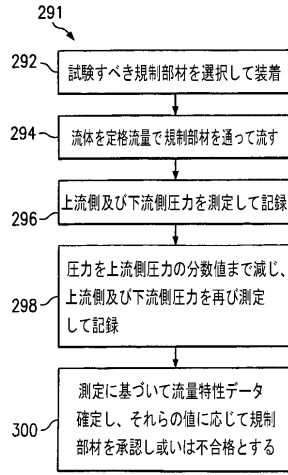
【図10B】



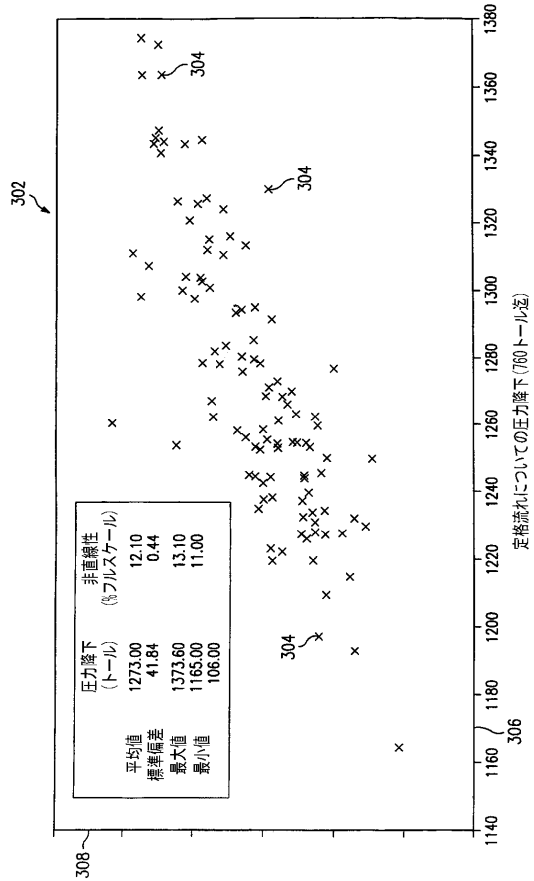
【図11】



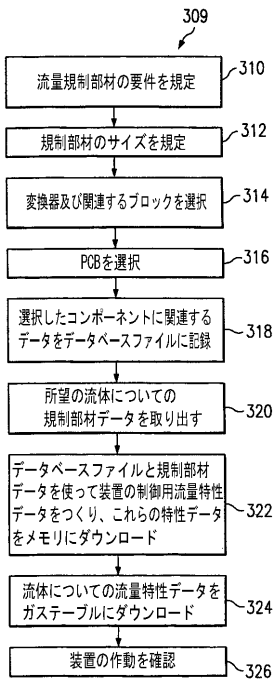
【 図 1 2 】



【 図 1 3 】



【 図 1 4 】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.

F I

G 0 5 D 7/00

Z

(72)発明者 ホワイト, ウィリアム, ダブリュ

アメリカ合衆国 8 9 4 3 1 ネバダ, スパークス, メイヤー ウエイ 2 3 4 0

(72)発明者 ホワイト, ウィリアム, エイチ

アメリカ合衆国 8 9 7 0 4 ネバダ, ウォシュアー パレイ, ワイルドライフ ウエイ 3 3 5

(72)発明者 マッド, ダニエル, ティー

アメリカ合衆国 8 9 5 2 3 ネバダ, レノ, パレイ ウッド ドライブ 6 4 6 1

(72)発明者 デイビス, クリストファー, ビー

アメリカ合衆国 7 5 0 0 2 テキサス, アレン, ハンチングトン レイン 6 1 6

(72)発明者 フォンテイン, ベンジャミン

アメリカ合衆国 0 1 4 5 3 マサチューセッツ, レオミンスター, アパートメント 2 0 7, ジ
ョンソン ストリート 1 7 1

審査官 石井 哲

(56)参考文献 特開平10 - 3 2 5 7 4 3 (J P , A)

特開平11 - 0 9 4 6 0 4 (J P , A)

国際公開第01 / 0 1 8 4 9 6 (W O , A 1)

特開平07 - 1 5 9 2 0 8 (J P , A)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

G01F 1/00- 1/30

G01F 1/34- 1/54

G01F 3/00- 9/02

G01F 25/00

G05D 7/00- 7/06