

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5586958号
(P5586958)

(45) 発行日 平成26年9月10日 (2014. 9. 10)

(24) 登録日 平成26年8月1日 (2014. 8. 1)

(51) Int. Cl.	F I
F O 4 B 49/06 (2006. 01)	F O 4 B 49/06 3 1 1
F O 4 B 49/02 (2006. 01)	F O 4 B 49/02 3 1 1

請求項の数 29 (全 38 頁)

(21) 出願番号	特願2009-539238 (P2009-539238)	(73) 特許権者	505307471
(86) (22) 出願日	平成19年7月30日 (2007. 7. 30)		インテグリス・インコーポレーテッド
(65) 公表番号	特表2010-511824 (P2010-511824A)		アメリカ合衆国、マサチューセッツ・O 1
(43) 公表日	平成22年4月15日 (2010. 4. 15)		8 2 1-4 6 0 0、ビレリカ、コンコード
(86) 国際出願番号	PCT/US2007/017017		・ロード・1 2 9
(87) 国際公開番号	W02008/066589	(74) 代理人	100108453
(87) 国際公開日	平成20年6月5日 (2008. 6. 5)		弁理士 村山 靖彦
審査請求日	平成22年5月25日 (2010. 5. 25)	(74) 代理人	100064908
(31) 優先権主張番号	60/861, 856		弁理士 志賀 正武
(32) 優先日	平成18年11月30日 (2006. 11. 30)	(74) 代理人	100089037
(33) 優先権主張国	米国 (US)		弁理士 渡邊 隆
前置審査		(74) 代理人	100110364
			弁理士 実広 信哉

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ポンプ操作のためのシステムおよび方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

室、前記室の上流に配設されている隔離弁、及び、前記室の下流に配設されている出口弁を有しているポンプと、

前記室の内部における流体の圧力を測定するために前記ポンプに結合されている圧力センサと、

前記ポンプにおける前記流体の圧力を制御するように、前記ポンプおよび前記圧力センサに連結される、ポンプ制御器と

を備える、ポンプの動作を監視するシステムであって、

前記ポンプ制御器は、

処方に関連する前記ポンプのパラメータに対する動作プロファイルを生成するステップであって、前記動作プロファイルの生成が、前記ポンプの動作中の一式の点の点それぞれにおいて、前記パラメータの値を決定することを含む、ステップと、

前記動作プロファイルの少なくとも1つの適合度の尺度であって、基準プロファイルが前記動作プロファイルをどの程度良好に予測するかを統計的に測定する前記少なくとも1つの適合度の尺度の値を決定するために、前記処方に関連する前記パラメータに対する動作プロファイルと、前記処方に関連する前記パラメータに対する前記基準プロファイルとを比較するステップであって、前記少なくとも1つの適合度の尺度が全体的適合度の尺度を含む、ステップと、

前記動作プロファイルに対する前記少なくとも1つの適合度の尺度が所定範囲内にあ

10

20

るか否かを決定するステップと、

前記少なくとも1つの適合度の尺度が前記所定範囲内には、警報を生成するステップと、

を行うように動作可能である、システム。

【請求項2】

前記ポンプ制御器はさらに、前記全体的適合度の尺度を、全体的適合度閾値と比較するように動作可能である、請求項1に記載のシステム。

【請求項3】

前記全体的適合度の尺度は、R2乗値である、請求項1に記載のシステム。

【請求項4】

前記パラメータが、流体の圧力、圧力降下、モータ速度、モータ電流、モータの距離、モータ位置、及び時間のうち少なくとも1つの数値である、請求項1に記載のシステム。

【請求項5】

前記一式の点が、時間間隔、時間の割合、及び動作の分注区分の割合のうちの1つである、請求項4に記載のシステム。

【請求項6】

前記ポンプは、第1段階ポンプと第2段階ポンプとを有している多段ポンプである、請求項1に記載のシステム。

【請求項7】

前記ポンプは、単段ポンプである、請求項1に記載のシステム。

【請求項8】

ポンプの動作を監視する方法であって、

処方に関連するポンプのパラメータに対する基準プロファイルを確立するステップであって、前記ポンプが、室、前記室の上流に配設されている隔離弁、及び、前記室の下流に配設されている出口弁を有している、前記ステップと、

前記処方に関連する前記ポンプのパラメータに対する動作プロファイルを生成するステップであって、前記動作プロファイルの生成が、前記ポンプの動作中の一式の点の点それぞれにおいて、前記パラメータの値を決定することを含む、ステップと、

前記動作プロファイルの少なくとも1つの適合度の尺度であって、前記基準プロファイルが前記動作プロファイルをどの程度良好に予測するかを統計的に測定する前記少なくとも1つの適合度の尺度の値を決定するために、前記処方に関連する前記パラメータに対する前記動作プロファイルと、前記処方に関連する前記パラメータに対する基準プロファイルとを比較するステップであって、前記少なくとも1つの適合度の尺度が全体的適合度の尺度を含む、ステップと、

前記動作プロファイルに対する前記少なくとも1つの適合度の尺度が所定範囲内にあるか否かを決定するステップと、

前記少なくとも1つの適合度の尺度が前記所定範囲内には、警報を生成するステップと、

を含む、方法。

【請求項9】

前記少なくとも1つの適合度の尺度は、前記基準プロファイルの対応する部分と比較した、前記動作プロファイルの一部分に対する適合度の尺度を含む、請求項8に記載の方法。

【請求項10】

前記少なくとも1つの適合度の尺度は、R2乗値を含む、請求項8に記載の方法。

【請求項11】

前記パラメータは、流体の圧力、圧力降下、モータ速度、モータ電流、モータの距離、モータの位置、及び時間のうち少なくとも1つの数値である、請求項8に記載の方法。

【請求項12】

前記ポンプは、第1段階ポンプと第2段階ポンプとを有している多段ポンプである、請

10

20

30

40

50

求項 1 1 に記載の方法。

【請求項 1 3】

前記ポンプは、単段ポンプである、請求項 1 1 に記載の方法。

【請求項 1 4】

一式のコンピュータ命令を記憶するコンピュータ可読媒体を含む、コンピュータプログラム製品であって、前記コンピュータ命令は、

室、前記室の上流に配設されている隔離弁、及び、前記室の下流に配設されている出口弁を有しているポンプにおいて、処方に関連する前記ポンプのパラメータに対する基準プロファイルを確立することと、

前記処方に関連する前記ポンプの前記パラメータに対する動作プロファイルを生成するステップであって、前記動作プロファイルの生成が、前記ポンプの動作中の一式の点の点それぞれにおいて、前記パラメータの値を決定することを含む、ステップと、

前記基準プロファイルが前記動作プロファイルをどの程度良好に予測するかを統計的に測定する少なくとも 1 つの適合度の尺度の値を決定するために、前記処方に関連する前記パラメータに対する前記動作プロファイルと、前記処方に関連する前記パラメータに対する基準プロファイルとを比較するステップであって、前記少なくとも 1 つの適合度の尺度が全体的適合度の尺度を含む、ステップと、

前記動作プロファイルに対する前記少なくとも 1 つの適合度の尺度が所定範囲内にあるか否かを決定するステップと、

前記少なくとも 1 つの適合度の尺度が前記所定範囲内には、警報を生成するステップと、

を実行可能な命令を備える、

コンピュータプログラム製品。

【請求項 1 5】

前記少なくとも 1 つの適合度の尺度は、前記基準プロファイルの対応する部分と比較した、前記動作プロファイルの一部分に対する適合度の尺度を含む、請求項 1 4 に記載のコンピュータプログラム製品。

【請求項 1 6】

前記少なくとも 1 つの適合度の尺度は、R²乗値を含む、請求項 1 5 に記載のコンピュータプログラム製品。

【請求項 1 7】

前記パラメータは、流体の圧力、圧力降下、モータ速度、モータ電流、モータの距離、モータの位置、及び時間のうち少なくとも 1 つの数値である、請求項 1 4 に記載のコンピュータプログラム製品。

【請求項 1 8】

室、前記室の上流に配設されている隔離弁、及び、前記室の下流に配設されている出口弁を有しているポンプと、

前記室の内部における流体の圧力を測定する圧力センサと、

前記ポンプにおける前記流体の圧力を制御するように、前記ポンプおよび前記圧力センサに連結される、ポンプ制御器と、

を備える、ポンプを監視するシステムであって、

前記ポンプ制御器は、

処方に関連する前記ポンプのパラメータに対する動作プロファイルを生成するステップであって、前記動作プロファイルの生成が、前記ポンプの動作中の一式の点の点それぞれにおいて、前記パラメータの値を決定することを含む、ステップと、

前記動作プロファイルに対する複数の適合度の尺度を決定するために、前記処方に関連する前記パラメータに対する前記動作プロファイルと、前記処方に関連する前記パラメータに対する基準プロファイルとを比較するステップであって、前記複数の適合度の尺度が全体的適合度の尺度を含む、ステップと、

前記複数の適合度の尺度のうち任意の適合度の尺度が所定範囲外にあるか否かを決定す

10

20

30

40

50

るステップと、

前記複数の適合度の尺度のうち少なくとも1つの適合度の尺度が前記所定範囲内
場合には、警報を生成するステップと、

を行うように動作可能である、システム。

【請求項19】

前記全体的適合度の尺度は、R2乗値である、請求項18に記載のシステム。

【請求項20】

前記ポンプ制御器はさらに、前記動作プロファイルの一部分に対する前記適合度の尺度を、前記一部分に対する適合度閾値と比較するように動作可能である、請求項18に記載のシステム。

10

【請求項21】

前記ポンプの動作中の一式の点のそれぞれにおいて記録された前記パラメータの値は、分注区分の間の前記動作プロファイルの平均値に対応する第1の値と、

前記分注区分を約10%終えた第1の点に対応する第2の値と、

前記分注区分を約50%終えた第2の点に対応する第3の値と、

前記分注区分を約90%終えた第3の点に対応する第4の値と、

を含む、請求項20に記載のシステム。

【請求項22】

室、前記室の上流に配設されている隔離弁、及び、前記室の下流に配設されている出口弁を有しているポンプを監視する方法であって、

20

処方に関連する前記ポンプのパラメータに対する基準プロファイルを確立するステップと、

前記処方に関連する前記ポンプの前記パラメータに対する動作プロファイルを生成するステップであって、前記動作プロファイルの生成が、前記ポンプの動作中の一式の点の点
それぞれにおいて、前記パラメータの値を決定することを含む、ステップと、

前記動作プロファイルに対する複数の適合度の尺度を決定するために、前記処方に関連する前記パラメータに対する前記動作プロファイルと、前記処方に関連する前記パラメータに対する前記基準プロファイルとを比較するステップであって、前記複数の適合度の尺度が全体的適合度の尺度を含む、ステップと、

前記複数の適合度の尺度のうち任意の適合度の尺度が所定範囲外にあるか否かを決定するステップと、

30

前記複数の適合度の尺度のうち少なくとも1つの適合度の尺度が前記所定範囲内
場合には、警報を生成するステップと、

を含む、方法。

【請求項23】

前記全体的適合度の尺度は、R2乗値である、請求項22に記載の方法。

【請求項24】

前記全体的適合度の尺度は、前記基準プロファイルの対応する部分と比較した、前記動作プロファイルの一部分に対する適合度の尺度を含む、請求項22に記載の方法。

【請求項25】

40

前記ポンプの動作中の一式の点のそれぞれにおいて記録された前記パラメータの値は、分注区分の間の前記動作プロファイルの平均値に対応する第1の値と、

前記分注区分を約10%終えた第1の点に対応する第2の値と、

前記分注区分を約50%終えた第2の点に対応する第3の値と、

前記分注区分を約90%終えた第3の点に対応する第4の値と、

を含む、請求項24に記載の方法。

【請求項26】

一式のコンピュータ命令を記憶するコンピュータ可読媒体を含む、コンピュータプログラム製品であって、前記コンピュータ命令は、

室、前記室の上流に配設されている隔離弁、及び、前記室の下流に配設されている出口

50

弁を有しているポンプにおいて、処方に関連する前記ポンプのパラメータに対する基準プロファイルを確立するステップと、

前記処方に関連する前記ポンプの前記パラメータに対する動作プロファイルを生成するステップであって、前記動作プロファイルの生成が、前記ポンプの動作中の一式の点の点それぞれにおいて、前記パラメータの値を決定することを含む、ステップと、

前記動作プロファイルに対する複数の適合度の尺度を決定するために、前記処方に関連する前記パラメータに対する前記動作プロファイルと、前記処方に関連する前記パラメータに対する前記基準プロファイルとを比較するステップであって、前記複数の適合度の尺度が全体的適合度の尺度を含む、ステップと、

前記複数の適合度の尺度のうち任意の適合度の尺度が所定範囲外にあるか否かを決定するステップと、

前記複数の適合度の尺度のうち少なくとも1つの適合度の尺度が前記所定範囲内にない場合には、警報を生成するステップと、

を実行可能な命令を備える、
コンピュータプログラム製品。

【請求項 27】

前記全体的適合度の尺度は、R²乗値を含む、請求項 26 に記載のコンピュータプログラム製品。

【請求項 28】

前記全体的適合度の尺度は、前記基準プロファイルの対応する部分と比較した、前記動作プロファイルの一部分に対する適合度の尺度を含む、請求項 26 に記載のコンピュータプログラム製品。

【請求項 29】

前記ポンプの動作中の一式の点のそれぞれにおいて記録された前記パラメータの値は、分注区分の間の前記動作プロファイルの平均値に対応する第1の値と、
前記分注区分を約10%終えた第1の点に対応する第2の値と、
前記分注区分を約50%終えた第2の点に対応する第3の値と、
前記分注区分を約90%終えた第3の点に対応する第4の値と、
を含む、請求項 28 に記載のコンピュータプログラム製品。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

(関連出願)

本出願は、米国仮特許出願第60/861,856号(2006年11月30日、名称「System and Method for Operation of a Pump」)に基づく優先権を主張し、この仮出願の内容は、あらゆる目的において参照により本明細書に援用される。

【0002】

(技術分野)

本発明は、概して、流体ポンプに関する。より具体的には、本発明の実施形態は、単段および多段ポンプに関する。さらに具体的には、本発明の実施形態は、ポンプを操作するステップ、および／または半導体製造で使用するポンプの種々の動作または作用を確認するステップに関する。

【背景技術】

【0003】

ポンプ装置によって流体が分注される量および／または速度の精密制御を必要とする、多くの用途がある。例えば、半導体加工では、フォトリソ化学物質等の光化学物質が半導体ウエハに塗布される量および速度を制御することが重要である。加工中に半導体ウエハに塗布される被膜は、典型的には、オングストロームで測定されるウエハの表面にわたる平坦性を必要とする。フォトリソ化学物質等の加工化学物質がウエハに塗布され

10

20

30

40

50

る速度は、加工液が均一に塗布されることを確実にするために、制御されなければならない。

【0004】

現在、半導体産業で使用されている多くの光化学物質は、非常に高価であり、しばしば、1リットルにつき\$1,000もかかる。したがって、最小限であるが適正な量の化学物質が使用されること、および化学物質がポンプ装置によって損害されないことを確実にすることが好ましい。現在の多段階ポンプは、液体の急激な圧力上昇を引き起こし得る。そのような圧力上昇および圧力の後続低下は、流体に悪影響を及ぼす場合がある（すなわち、流体の物理的特性を不利に変化させる場合がある）。加えて、圧力上昇は、分注ポンプに意図されるよりも多くの流体を分注させる、または流体の分注に不利な動態を導入させる場合がある、蓄積流圧につながり得る。

10

【0005】

多段階ポンプ内で発生する他の状態もまた、化学物質の適切な分注を妨げる場合がある。これらの状態は、大部分は、過程のタイミング変化に起因する。これらのタイミング変化は、例えば、信号遅滞等、意図的（例えば、処方の変化）または非意図的であってもよい。

【0006】

これらの状態が発生すると、結果は、化学物質の不適切な分注となり得る。場合によっては、化学物質がウエハ上に分注されない場合がある一方で、他の場合においては、化学物質は、ウエハの表面にわたって不均一に分配される場合がある。次いで、ウエハは、製造過程の1つ以上の残りのステップを受けてもよく、ウエハを使用に不適当とし、最終的に、スクラップとして廃棄されるウエハをもたらす。

20

【0007】

この問題を悪化させているのは、多くの場合において、スクラップウエハが、なんらかの形の品質管理手順を使用してのみ、検出される場合があるという事実である。しかしながら、一方で、不適切な分注、したがってスクラップウエハをもたらした状態は、持続している。その結果として、第1の不適切な分注と、この不適切な分注によって生成されたスクラップウエハの検出との間に、多くのさらなる不適切な沈着が他のウエハ上で発生している。同様に、これらのウエハもまた、スクラップとして廃棄されなければならない。

【0008】

30

以上のように、適切な分注が発生したことを検出または確認することが望ましい。この確認は、過去に、種々の技術を使用して達成されてきた。これらのうちの1つ目は、分注が行われたことを確認するために、ポンプの分注ノズルにおけるカメラシステムを利用することを伴う。しかしながら、これらのカメラシステムは、通常、ポンプから独立しており、したがって、別個に設置および較正しなければならないため、この解決法は最適ではない。さらに、非常に多くの場合、これらのカメラシステムは、極めて高価となる傾向がある。

【0009】

別の方法は、分注を確認するために、ポンプの流体通路での流量計の使用を伴う。この方法もまた、問題がある。ポンプの流路に挿入される追加構成要素は、ポンプ自体の費用を引き上げるだけでなく、化学物質がポンプを通して流れる際に、化学物質の汚染の危険性も増加させる。

40

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0010】

したがって、上記のように、必要とされるものは、ポンプの動作および作用の適切な完了を迅速かつ正確に検出し得る、これらの動作および作用を確認するための方法およびシステムである。

【課題を解決するための手段】

【0011】

50

ポンプの動作または作用を検証するステップを含む、ポンプの動作を監視するためのシステムおよび方法を開示する。ポンプの1つ以上のパラメータに対する基準プロファイルが確立されてもよい。次いで、ポンプの後続動作中に同じ一式のパラメータに対する1つ以上の値を記録することによって、動作プロファイルが生成されてもよい。基準プロファイルおよび動作プロファイルに基づいて、適合度の尺度が決定されてもよい。次いで、所望に応じて、適合度の尺度に基づいて、分注の有効性が決定されてもよい。例えば、適合度の尺度が、ある閾値を上回る場合、分注は、有効なものとなみなされてもよい一方で、そうでなければ、警報が鳴らされるか、または、ユーザに通知する、またはポンプシステムを運転停止する等、別の措置が取られてもよい。

【0012】

10

一実施形態では、多段階ポンプは、第2段階のポンプにおける流体の圧力を決定する圧力センサを伴う、第1段階のポンプ（例えば、供給ポンプ）および第2段階のポンプ（例えば、分注ポンプ）を有する。ポンプ制御器は、ポンプの動作を監視することができる。ポンプ制御器は、第1段階のポンプ、第2段階のポンプ、および圧力センサに連結され（すなわち、第1段階のポンプ、第2段階のポンプ、および圧力センサと連通するように動作可能である）、パラメータに対応する第1の動作プロファイルを生成し、第1の動作プロファイルの少なくとも一部分および基準プロファイルの対応する部分に基づいて適合度の尺度を生成するように動作可能である。

【0013】

20

特定の実施形態では、動作プロファイルおよび基準プロファイルに基づいて適合度の尺度を生成するために、R2乗統計値が使用される。

【0014】

本発明の実施形態は、ポンプシステムの動作および作用に関する種々の問題を検出することによって、利点を提供することができる。例えば、基準圧力の1つ以上の点およびポンプの動作中に測定される圧力プロファイルの1つ以上の点に基づいて、適合度の尺度を決定することによって、不適切な分注が検出されてもよい。同様に、基準圧力の1つ以上の点と、モータの基準稼働率に対するポンプの動作の1つ以上の段階中のこのモータの稼働率の1つ以上の点とに基づいて、適合度の尺度を判断することによって、ポンプシステム内のフィルタの目詰まりが検出されてもよい。

【0015】

30

本発明の実施形態によって提供される別の利点は、ポンプの構成要素の誤動作または切迫した故障が、より良好に検出され得ることである。例えば、実証的検定は、i) 分注流体中の気泡によって引き起こされる不良な分注は、他の方法を使用して検出されない場合がある、またはii) 比較限度が小さすぎる場合があるため、他の方法は、過度に多くの誤警報を生成する場合がある（例えば、不適切な分注の間違った、または不要な通知）ことを示している。次いで、適合度の尺度を使用することによって、不良な分注の検出が向上され、同時に誤警報の数を低減し得る。

【0016】

40

本発明のこれらの側面および他の側面は、次の説明および添付図面と併せて考慮すると、さらに認識および理解されるであろう。次の説明は、本発明の種々の実施形態およびそれらの多数の具体的詳細を示す一方で、限定ではなく、例証として与えられる。本発明の範囲内で、多くの置換、修正、追加、または再編成が行われてもよく、本発明は、全てのそのような置換、修正、追加、または再編成を含む。

本発明は、さらに以下の手段を提供する。

(項目1)

第1のポンプと、

流体の圧力を測定する圧力センサと、

該第1のポンプにおける流体圧を制御するように、該第1のポンプおよび該圧力センサに連結される、ポンプ制御器と

を備える、ポンプを監視するシステムであって、

50

該ポンプ制御器は、
パラメータに対応する第1の動作プロファイルを生成することと、
基準プロファイルに基づいて該第1の動作プロファイルの少なくとも1つの適合度の尺
度の値を決定することと
を行うように動作可能である、システム。

(項目2)

上記第1の動作プロファイルを生成することは、上記ポンプの動作中の一式の点のそれ
ぞれにおいて、上記パラメータの値を記録することを含む、項目1に記載のシステム。

(項目3)

上記少なくとも1つの適合度の尺度は、全体的適合度の尺度を含む、項目2に記載のシ
ステム。

10

(項目4)

上記制御器はさらに、上記全体的適合度の尺度の値を、全体的適合度閾値と比較するよ
うに動作可能である、項目3に記載のシステム。

(項目5)

上記全体的適合度の尺度は、R2乗値である、項目3に記載のシステム。

(項目6)

上記少なくとも1つの適合度の尺度は、上記動作プロファイルの一部分に対する適合度
の尺度を含む、項目2に記載のシステム。

(項目7)

20

上記制御器はさらに、上記動作プロファイルの一部分に対する適合度閾値に対する、該
動作プロファイルの一部分に対する上記適合度の尺度の値をコンピュータ計算するように
動作可能である、項目6に記載のシステム。

(項目8)

上記第1のポンプに流体連結される第1段階のポンプをさらに含み、該第1のポンプは
、第2段階のポンプである、項目1に記載のシステム。

(項目9)

上記第1のポンプは、単段ポンプである、項目1に記載のシステム。

(項目10)

ポンプを監視する方法であって、
ポンプに対する基準プロファイルを確立することと、
流体ポンプのパラメータに対応する動作プロファイルを生成することと、
該基準プロファイルがどのくらいよく該動作プロファイルを予測するかを決定するた
めに、少なくとも1つの適合度の尺度に対する値を決定することと
を含む、方法。

30

(項目11)

上記少なくとも1つの適合度の尺度に対する上記値を決定することは、全体的適合度の
測定を含む、項目10に記載の方法。

(項目12)

上記少なくとも1つの適合度の尺度は、上記基準プロファイルの対応する部分と比較し
た、上記動作プロファイルの一部分に対する適合度の尺度を含む、項目10に記載の方法
。

40

(項目13)

上記少なくとも1つの適合度の尺度は、R2乗値を含む、項目10に記載の方法。

(項目14)

上記パラメータは、圧力である、項目13に記載の方法。

(項目15)

上記ポンプは、多段ポンプである、項目14に記載の方法。

(項目16)

上記ポンプは、単段ポンプである、項目14に記載の方法。

50

(項目 17)

一式のコンピュータ命令を記憶するコンピュータ可読媒体を含む、コンピュータプログラム製品であって、該コンピュータ命令は、
ポンプに対する基準プロファイルを確立することと、
流体ポンプのパラメータに対応する動作プロファイルを生成することと、
該基準プロファイルがどのくらいよく該動作プロファイルを予測するかを決定するために、少なくとも1つの適合度の尺度に対する値を決定することと
を実行可能な命令を備える、
コンピュータプログラム製品。

(項目 18)

上記少なくとも1つの適合度の尺度に対する上記値を決定することは、全体的適合度の測定を含む、項目17に記載のコンピュータプログラム製品。

(項目 19)

上記少なくとも1つの適合度の尺度は、上記基準プロファイルの対応する部分と比較した、上記動作プロファイルの一部分に対する適合度の尺度を含む、項目18に記載のコンピュータプログラム製品。

(項目 20)

上記少なくとも1つの適合度の尺度は、R2乗値を含む、項目19に記載のコンピュータプログラム製品。

(項目 21)

上記パラメータは、圧力である、項目20に記載のコンピュータプログラム製品。

【図面の簡単な説明】【0017】

本明細書に付随し、その一部を形成する図面は、本発明のある側面を描写するように含まれる。本発明のより明確な印象、および本発明に関し提供されるシステムの構成要素および動作のより明確な印象は、実施例、したがって図面に例示される非限定的な実施形態を参照することによって、より容易に明白となる。図中、同一参照数字は、同じ構成要素を指定する。図面に図示される特徴は、必ずしも一定の縮尺で描かれないことに留意されたい。

【図1】図1は、ポンプシステムの一実施形態の図表示である。

【図2】図2は、本発明の一実施形態による多段階ポンプ（「多段ポンプ」）の図表示である。

【図3】図3は、本発明の一実施形態に対する弁およびモータのタイミングの図表示である。

【図4】図4は、多段ポンプの一実施形態の図表示である。

【図5】図5A－5Cは、多段ポンプの一実施形態の図表示である。

【図6】図6は、多段ポンプの部分アセンブリの一実施形態の図表示である。

【図7】図7は、多段ポンプの部分アセンブリの別の実施形態の図表示である。

【図8A】図8Aは、多段ポンプの一部分の一実施形態の図表示である。

【図8B】図8Bは、図8Aの多段ポンプの実施形態の断面A－Aの図表示である。

【図8C】図8Cは、図8Bの多段ポンプの実施形態の断面Bの図表示である。

【図9】図9は、多段ポンプ中の圧力を制御するための方法の一実施形態を図示するフロー図である。

【図10】図10は、本発明の一実施形態による多段ポンプの圧力プロファイルである。

【図11】図11は、多段ポンプ中の圧力を制御するための方法の別の実施形態を図示するフロー図である。

【図12】図12は、多段ポンプの別の実施形態の図表示である。

【図13】図13は、本発明による方法の一実施形態のフロー図である。

【図14】図14は、本発明の一実施形態による多段ポンプの圧力プロファイルである。

【図15】図15は、本発明の一実施形態による、多段ポンプの基準圧力プロファイルお

10

20

30

40

50

よび多段ポンプの動作圧力プロファイルである。

【図16A】図16A-16Gは、ポンプの動作に対する種々の圧力プロファイルを図示する図表である。

【図16B】図16A-16Gは、ポンプの動作に対する種々の圧力プロファイルを図示する図表である。

【図16C】図16A-16Gは、ポンプの動作に対する種々の圧力プロファイルを図示する図表である。

【図16D】図16A-16Gは、ポンプの動作に対する種々の圧力プロファイルを図示する図表である。

【図16E】図16A-16Gは、ポンプの動作に対する種々の圧力プロファイルを図示する図表である。

10

【図16F】図16A-16Gは、ポンプの動作に対する種々の圧力プロファイルを図示する図表である。

【図16G】図16A-16Gは、ポンプの動作に対する種々の圧力プロファイルを図示する図表である。

【図17】図17は、ポンプが正しく動作しているかどうかを決定する精度を増加させるための方法の一実施形態を図示するフロー図である。

【図18】図18は、単段ポンプの図表示である。

【発明を実施するための形態】

【0018】

20

本発明の好ましい実施形態を図に図示し、類似数字は、種々の図面の類似部品および対応する部品を指すために使用されている。

【0019】

本発明の実施形態は、ポンプを使用して流体を正確に分注する、ポンプシステムに関連する。より具体的には、本発明の実施形態は、ポンプの動作または作用を確認または検証するステップを含む、ポンプの動作を監視するためのシステムおよび方法に関連する。一実施形態によれば、本発明は、ポンプからの流体の正確な分注、ポンプ内のフィルタの適切な動作等を検証するための方法を提供する。ポンプの1つ以上のパラメータに対する基準プロファイルが確立されてもよい。次いで、ポンプの後続動作中に同じ一式のパラメータに対する1つ以上の値を記録することによって、動作プロファイルが生成されてもよい。動作プロファイルに対して、1つ以上の適合度の尺度を決定することができる。適合度の尺度が許容できない場合、警報が送信されてもよく、または他の措置が取られてもよく、例えば、ポンプシステムが運転停止等されてもよい。適合度の尺度は、R2乗値、または適合度の他の統計的尺度となり得る。

30

【0020】

これらのシステムおよび方法は、ポンプの動作および作用に関する種々の問題を検出するために使用されてもよい。例えば、1つ以上の点における基準圧力を、ポンプの動作中に測定される圧力プロファイルの1つ以上の点と比較することによって、不適切な分注が検出されてもよい。同様に、ポンプの動作の1つ以上の段階中のモータの稼働率を、このモータに対する基準稼働率と比較することによって、ポンプのフィルタの目詰まりが検出されてもよい。本発明のシステムおよび方法のこれらの使用法および他の使用法は、次の開示の再検討後に明白となるであろう。

40

【0021】

本発明の実施形態を説明する前に、本発明の種々の実施形態とともに利用されてもよい、ポンプまたはポンプシステムの例示的实施形態を説明することが有用となる場合がある。図1は、ポンプシステム10の図表示である。ポンプシステム10は、流体源15、ポンプ制御器20、および多段ポンプ100を含むことができ、それらはウエハ25上に流体を分注するように共働する。多段ポンプ100の動作は、多段ポンプ100上に搭載されるか、または、制御信号、データ、または他の情報を伝達するための1つ以上の通信リンクを介して多段ポンプ100に接続することができる、ポンプ制御器20によって制御

50

することができる。ポンプ制御器20は、多段ポンプ100の動作を制御するための一式の制御命令30を含む、コンピュータ可読媒体27（例えば、RAM、ROM、フラッシュメモリ、光ディスク、磁気ドライブ、または他のコンピュータ可読媒体）を含むことができる。プロセッサ35（例えば、CPU、ASIC、DSP、RISC、または他のプロセッサ）は、命令を実行することができる。プロセッサの一例は、Texas Instruments TMS320F2812PGFA 16-bit DSPである（Texas Instrumentsは、テキサス州ダラスを拠点とする企業である）。図1の実施形態では、制御器20は、通信リンク40および45を介して多段ポンプ100と通信する。通信リンク40および45は、ネットワーク（例えば、Ethernet（登録商標）、無線ネットワーク、グローバルエリアネットワーク、DeviceNetネットワーク、または当該分野で公知である、または開発された他のネットワーク）、バス（例えば、SCSIバス）、または他の通信リンクとなり得る。制御器20は、内蔵PCBボード、遠隔制御器として、または他の適当な方法で実装することができる。ポンプ制御器20は、ポンプ制御器20が多段ポンプ100と通信することを可能にするように、適切なインターフェース（例えば、ネットワークインターフェース、I/Oインターフェース、アナログ・デジタル変換器、および他の構成要素）を含むことができる。ポンプ制御器20は、プロセッサ、メモリ、インターフェース、表示デバイス、周辺機器、または他のコンピュータ構成要素を含む、当該分野で公知の種々のコンピュータ構成要素を含むことができる。ポンプ制御器20は、多段ポンプの種々の弁およびモータを制御して、多段ポンプに低粘度流体（すなわち、5センチポイズ未満）または他の流体を含む流体を正確に分注させることができる。ポンプ制御器20はまた、本明細書に記載のシステムおよび方法の実施形態を実施するように動作可能な命令を実行してもよい。

【0022】

図2は、多段ポンプ100の図表示である。多段階ポンプ100は、供給段階部分105および別個の分注段階部分110を含む。流体流れの観点から、供給段階部分105と分注段階部分110との間には、プロセス流体から不純物を濾過するようにフィルタ120が位置する。例えば、入口弁125、隔離弁130、障壁弁135、浄化弁140、排出弁145、および出口弁147を含む、多数の弁が、多段ポンプ100を通る流量を制御することができる。分注段階部分110はさらに、分注段階110における流体の圧力を決定する、圧力センサ112を含むことができる。圧力センサ112によって決定される圧力は、下記のように種々のポンプの速度を制御するために使用することができる。圧力センサの例は、ドイツ・コルプのMetalux AG製造のセンサを含む、セラミックおよびポリマーの圧電抵抗および容量圧力センサを含む。他の圧力センサを使用することができ、圧力センサは、分注段階室に加えて、またはその代わりに、供給段階室の圧力を読み取るように位置付けることができる。

【0023】

供給段階105および分注段階110は、多段ポンプ100中の流体をポンプ注入するように回転ダイアフラムポンプを含むことができる。供給段階ポンプ150（「供給ポンプ150」）は、例えば、流体を収集する供給室155、供給室155内で移動して流体を変位させる供給段階ダイアフラム160、供給段階ダイアフラム160を移動させるピストン165、主ネジ170、およびステッピングモータ175を含む。主ネジ170は、モータから主ネジ170へエネルギーを付与するために、ナット、歯車、または他の機構を通して、ステッピングモータ175に連結する。一実施形態によれば、供給モータ170は、ナットを回転させ、次に、主ネジ170に直線運動を付与して、ピストン165を作動させる。分注段階ポンプ180（「分注ポンプ180」）は、同様に、分注室185、分注段階ダイアフラム190、ピストン192、主ネジ195、および分注モータ200を含むことができる。他の実施形態によれば、供給段階105および分注段階110はそれぞれ、空気圧作動ポンプ、油圧ポンプ、または他のポンプを含む、種々の他のポンプを含むことができる。供給段階に対する空気圧作動ポンプ、およびステッピングモータ駆動油圧ポンプを使用する、多段ポンプの一例は、参照することにより完全に本願に組み

込まれる、米国特許出願第 11 / 051, 576 号に記載されている。

【0024】

供給モータ 175 および分注モータ 200 は、任意の適当なモータとなり得る。一実施形態によれば、分注モータ 200 は、永久磁石同期モータ（「PMSM」）である。PMSM は、モータ 200、制御器内蔵多段ポンプ 100、または別個のポンプ制御器（例えば、図 1 に示されるような）において、電場配向制御（「FOC」）または他の種類の速度／位置制御を利用して、デジタル信号プロセッサ（「DSP」）によって制御することができる。PMSM 200 はさらに、分注モータ 200 の位置のリアルタイムフィードバックのためのエンコーダ（例えば、細線回転位置エンコーダ）を含むことができる。位置センサの使用は、ピストン 192 の位置の正確かつ反復可能な制御を与え、それは分注室 185 中の流体移動の正確かつ反復可能な制御につながる。例えば、DSP に 8, 000 カウントを与える、2, 000 ラインエンコーダを使用して、0. 045 度の回転を正確に測定および制御することが可能である。また、PMSM は、振動がほとんどないか、または全くない、低速度で作動することができる。供給モータ 175 はまた、PMSM またはステッピングモータとなり得る。本発明の一実施形態によれば、供給段階モータ 175 は、部品番号 L1LAB-005 のステッピングモータとすることができ、分注段階モータ 200 は、部品番号 DA23DBBL-13E17A のブラシレス DC モータとすることができ、両方とも、米国ニューハンプシャー州ドーヴァーの EAD motors から市販されている。

10

【0025】

多段ポンプ 100 の弁は、多段ポンプ 100 の種々の部分の流体流れを可能にする、または制限するように開放または閉鎖される。一実施形態によれば、これらの弁は、圧力または真空が有効化されるかどうかによって開放または閉鎖する、空気圧作動（すなわち、ガス駆動）ダイヤフラム弁となり得る。しかしながら、本発明の他の実施形態では、任意の適当な弁を使用することができる。

20

【0026】

動作中、多段ポンプ 100 は、準備完了区分、分注区分、充填区分、濾過前区分、濾過区分、排出区分、浄化区分、および静的浄化区分を含むことができる。供給区分の間に、入口弁 125 が開放され、供給段階ポンプ 150 が供給段階ダイヤフラム 160 を移動させ（例えば、引っ張る）、供給室 155 内に流体を引き込む。いったん十分な量の流体が供給室 155 を充填すると、入口弁 125 は閉鎖される。濾過区分の間に、供給段階ポンプ 150 が供給段階ダイヤフラム 160 を移動させて、供給室 155 から流体を変位させる。流体がフィルタ 120 を通って分注室 185 へと流れることを可能にするように、隔離弁 130 および障壁弁 135 が開放される。隔離弁 130 は、一実施形態によれば、圧力がフィルタ 120 中で高まることを可能にするように、最初に（例えば、「濾過前区分」で）開放することができ、次いで、分注室 185 内への流体流れを可能にするように障壁弁 135 を開放することができる。濾過区分の間に、分注ポンプ 180 をその定位置に運ぶことができる。それぞれ参照することにより完全に本願に組み込まれる、2004 年 11 月 23 日出願の Laverdiere らによる「可変定位置分注システムのためのシステムおよび方法（System and Method for a Variable Home Position Dispense System）」と題された、米国仮特許出願第 60 / 630, 384 号、および 2005 年 11 月 21 日出願の Laverdiere らによる「可変定位置分注システムのためのシステムおよび方法（System and Method for Variable Home Position Dispense System）」と題された、PCT 出願第 PCT / US 2005 / 042127 号に記載のように、分注ポンプの定位置は、分注サイクルに対して分注ポンプにおける最大の利用可能容積を与えるが、分注ポンプが提供し得る最大利用可能容積未満である、位置となり得る。定位置は、多段ポンプ 100 の未使用のホールドアップ容積を低減するように、分注サイクルに対する種々のパラメータに基づいて選択される。同様に、供給ポンプ 150 を、その最大利用可能容積未満の容積を提供する定位置に運ぶこ

30

40

50

とができる。

【0027】

流体が分注室185に流れ込むにつれて、流体の圧力が増加する。本発明の一実施形態によれば、分注室185中の流体圧が所定の圧力設定点（例えば、圧力センサ112によって決定されるような）に到達すると、分注段階ポンプ180は、分注段階ダイヤフラム190を撤収し始める。言い換えれば、分注段階ポンプ180は、分注室185の利用可能な容積を増加させて、流体が分注室185に流れ込むことを可能にする。このことは、例えば、所定の速度で分注モータ200を逆転させ、分注室185中の圧力を減少させることによって、行うことができる。分注室185中の圧力が設定点を下回る（システムの許容内）場合、分注室185中の圧力を設定点に到達させるように、供給モータ175の速度が増加される。圧力が設定点を越える（システムの許容内）場合、供給ステッピングモータ175の速度は減少し、下流の分注室185中の圧力の減少につながる。供給段階モータ175の速度を増加および減少させる過程は、分注段階ポンプが定位置に到達するまで反復することができ、定位置の時点で両方のモータを停止することができる。

10

【0028】

別の実施形態によれば、濾過区分の間の第1段階モータの速度は、「不感帯」制御の仕組みを使用して、制御することができる。分注室185中の圧力が初期閾値に到達すると、分注段階ポンプは、分注段階ダイヤフラム190を移動させて、流体が分注室185により自由に流れ込むことを可能にでき、それにより、分注室185中の圧力を低下させる。圧力が最小圧力閾値を下回って低下する場合、供給段階モータ175の速度は増加され、分注室185中の圧力を増加させる。分注室185中の圧力が最大圧力閾値を超えて増加する場合、供給段階モータ175の速度は減少される。再度、供給段階モータ175の速度を増加および減少させる過程は、分注段階ポンプが定位置に到達するまで反復することができる。

20

【0029】

排出区分の初めに、隔離弁130が開放され、障壁弁135が閉鎖され、排出弁145が開放される。別の実施形態では、障壁弁135は、排出区分の間に開いたままとなり、排出区分の終了時に閉鎖することができる。この時期の間、障壁弁135が開いている場合、圧力センサ112によって測定することができる分注室中の圧力が、フィルタ120中の圧力によって影響されるため、圧力は、制御器によって理解することができる。供給段階ポンプ150は、流体に圧力を印加し、開いた排出弁145を通してフィルタ120から気泡を除去する。供給段階ポンプ150は、排出が所定の速度で発生させられるように制御することができ、より長い排出時間およびより低い排出速度を可能にし、それにより、排出廃棄物の量の正確な制御を可能にする。供給ポンプが空気圧型ポンプである場合、流量制限を排出流体通路に設けることができ、「排出」設定点圧力を維持するために、供給ポンプに印加される空気圧を増加または減少させることができ、そうでなければ非制御の方法のなんらかの制御を与える。

30

【0030】

浄化区分の初めに、隔離弁130が閉鎖され、障壁弁135が排出区分で開いている場合に閉鎖され、排出弁145が閉鎖され、浄化弁140が開放され、入口弁125が開放される。分注ポンプ180は、分注室185中の流体に圧力を印加して、浄化弁140を通して気泡を排出する。静的浄化区分の間に、分注ポンプ180は停止されるが、浄化弁140は開いたままであり、空気を排出し続ける。浄化または静的浄化区分の間に除去された、あらゆる過剰な流体は、多段ポンプ100から外へ送る（例えば、流体源へ戻すか、または廃棄する）か、または供給段階ポンプ150へと再循環させることができる。準備完了区分の間に、供給段階ポンプ150が流体源（例えば、流体源ボトル）の周囲圧力に到達することができるように、隔離弁130および障壁弁135を開放することができ、浄化弁140を閉鎖することができる。他の実施形態によれば、準備完了区分時に全ての弁を閉鎖することができる。

40

【0031】

50

分注区分の間に、出口弁１４７が開き、分注ポンプ１８０が分注室１８５中の流体に圧力を印加する。出口弁１４７は、分注ポンプ１８０よりもゆっくりと制御に反応してもよい。出口弁１４７を最初に開放することができ、ある既定期間後に分注モータ２００を起動することができる。このことは、分注ポンプ１８０が部分的に開いた出口弁１４７に流体を押し通すことを防ぐ。さらに、このことは、弁開放によって引き起こされる、分注ノズルを上昇する流体、続いてモータ作用によって引き起こされる、前進流体運動を防ぐ。他の実施形態では、出口弁１４７を開放することができ、同時に分注ポンプ１８０によって分注を開始することができる。

【００３２】

分注ノズル中の過剰な流体が除去される、付加的な再吸入区分を行うことができる。再吸入区分の間に、出口弁１４７は閉鎖することができ、出口ノズルから過剰な流体を吸い出すために、２次モータまたは真空を使用することができる。代替として、出口弁１４７は開いたままとなることができ、流体を分注室内へ再吸入するように分注モータ２００を逆転させることができる。再吸入区分は、ウエハ上への過剰な流体の液垂れを防ぐのに役立つ。

【００３３】

図３を簡潔に参照して、この図は、図１の多段ポンプ１００の動作の様々な区分に対する弁および分注モータのタイミングの図表示を提供する。いくつかの弁が区分変化中に同時に閉鎖するとして示されている一方で、弁の閉鎖は、圧力上昇を低減するようにわずかに離して時期を選ぶことができる（例えば、１００ミリ秒）。例えば、排出区分と浄化区分との間で、排出弁１４５の直前に隔離弁１３０を閉鎖することができる。しかしながら、他の弁のタイミングを本発明の種々の実施形態で利用することに留意されたい。加えて、区分のうちのいくつかをともに行うことができる（例えば、充填／分注段階を同時に行うことができ、その場合、入口弁および出口弁の両方を分注／充填区分で開放することができる）。各サイクルに対して特定の区分は反復される必要がないことにさらに留意されたい。例えば、浄化および静的浄化区分は、各サイクルに対して行われなくてもよい。同様に、排出区分は、サイクルごとに行われなくてもよい。

【００３４】

種々の弁の開放および閉鎖は、流体の圧力上昇を引き起こすことができる。静的浄化区分の終了時の浄化弁１４０の閉鎖は、例えば、分注室１８５中の圧力増加を引き起こすことができる。各弁が閉鎖する時に少量の流体を変位させる場合があるため、このことが発生し得る。浄化弁１４０は、例えば、閉鎖するにつれて、少量の流体を分注室１８５内へ変位させることができる。浄化弁１４０の閉鎖により圧力増加が発生する時に出口弁１４７が閉鎖されるため、圧力が低減されなければ、後続分注区分の間にウエハ上への流体の「吐出」が発生する場合がある。静的浄化区分または付加的な区分の間にこの圧力を放出するために、ピストン１９２を既定距離に後退させて障壁弁１３５および／または浄化弁１４０の閉鎖によって引き起こされる、あらゆる圧力増加を補償するように、分注モータ２００が逆転されてもよい。

【００３５】

圧力上昇は、浄化弁１４０だけでなく、他の弁を閉鎖（または開放）することによって引き起こすことができる。準備完了区分の間に、ダイアフラムの性質、温度、または他の因子に基づいて、分注室１８５中の圧力が変化し得ることにさらに留意されたい。分注モータ２００は、この圧力動向を補償するように制御することができる。

【００３６】

したがって、本発明の実施形態は、穏やかな流体取扱特性を伴う多段ポンプを提供する。分注ポンプにおける圧力センサからのリアルタイムフィードバックに基づいて、供給ポンプの動作を制御することによって、損害を与える可能性のある圧力上昇を回避することができる。本発明の実施形態はまた、プロセス流体に対する圧力の悪影響を低減するのに役立つように、他のポンプ制御機構および弁裏層を採用することもできる。

【００３７】

図4は、多段ポンプ100のためのポンプアセンブリの一実施形態の図表示である。多段ポンプ100は、多段ポンプ100を通る種々の流体流路を画定する、分注ブロック205を含むことができる。分注ポンプブロック205は、一実施形態によれば、PTFE、変性PTFE、または他の材料の単一ブロックとなり得る。これらの材料は多くのプロセス流体と反応しないか、または最小限に反応するため、これらの材料の使用は、流路およびポンプ室が、最小限の追加ハードウェアで分注ブロック205内へと直接機械加工されることを可能にする。その結果として、分注ブロック205は、流体多岐管を提供することによる配管の必要性を低減する。

【0038】

分注ブロック205は、例えば、それを通して流体が受容される入口210、排出区分の間に流体を排出するための排出出口215、および分注区分の間にそれを通して流体が分注される分注出口220を含む、種々の外部入口および出口を含むことができる。分注ブロック205は、図4の例では、浄化された流体が供給室（図5Aおよび図5Bに示されるような）に再び送られるため、外部浄化出口を含まない。しかしながら、本発明の他の実施形態では、流体を外部浄化することができる。

【0039】

分注ブロック205は、供給ポンプ、分注ポンプ、およびフィルタ120に流体を送る。ポンプカバー225は、供給モータ175および分注モータ200を損害から保護することができる一方で、ピストンハウジング227は、ピストン165およびピストン192に対する保護を提供することができる。弁プレート230は、流体を多段ポンプ100の種々の構成要素に方向付けるように構成することができる、弁システム（例えば、図2の入口弁125、隔離弁130、障壁弁135、浄化弁140、および排出弁145）のための弁ハウジングを提供する。一実施形態によれば、入口弁125、隔離弁130、障壁弁135、浄化弁140、および排出弁145のそれぞれは、弁プレート230に統合され、対応するダイヤフラムおよび出口弁147に圧力または真空が印加されるかどうかに応じて、開放されるか閉鎖されるかのいずれかであるダイヤフラム弁であり、出口弁147は、分注ブロック205の外部にある。各弁に対して、PTFE、変性PTFE、複合物、または他の材料のダイヤフラムは、弁プレート230と分注ブロック205との間で挟持される。弁プレート230は、対応するダイヤフラムに圧力または真空を印加するように、各弁に対する弁制御入口を含む。例えば、入口235は障壁弁135に、入口240は浄化弁140に、入口245は隔離弁130に、入口250は排出弁145に、および入口255は入口弁125に対応する。入口への圧力または真空の選択的印加によって、対応する弁が開放または閉鎖される。

【0040】

弁制御ガスおよび真空は、弁制御多岐管（カバー263の下領域に位置する）から分注ブロック205を通して弁プレート230へと続く、弁制御補給ライン260を介して、弁プレート230に提供される。弁制御ガス補給入口265は、弁制御多岐管に加圧ガスを提供し、真空入口270は、弁制御多岐管に真空（または低圧）を提供する。弁制御多岐管は、三方弁の役割を果たし、補給ライン260を介して弁プレート230の適切な入口に加圧ガスまたは真空を送り、対応する弁を作動させる。

【0041】

図5Aは、それを通して画定された流体流路を示すように透明にされた分注ブロック205を伴う、多段ポンプ100の一実施形態の図表示である。分注ブロック205は、多段ポンプ100に対する種々の室および流体流路を画定する。一実施形態によれば、供給室155および分注室185を分注ブロック205内へと直接機械加工することができる。加えて、種々の流路を分注ブロック205へと直接機械加工することができる。流体流路275（図5Cに示される）は、入口210から入口弁へと続く。流体流路280は、入口弁から供給室155へと続いて、入口210から供給ポンプ150への経路を完成させる。弁ハウジング230中の入口弁125は、入口210と供給ポンプ150との間の流動を調節する。流路285は、供給ポンプ150から弁プレート230中の隔離弁13

0に流体を送る。隔離弁130の出力は、別の流路（図示せず）によってフィルタ120に送られる。流体は、フィルタ120から、フィルタ120を排出弁145および障壁弁135に接続する流路を通して流れる。排出弁145の出力が排出出口215に送られる一方で、障壁弁135の出力は、流路290を介して分注ポンプ180に送られる。分注ポンプは、分注区分の間に流路295を介して出口220に、または浄化区分において流路300を通して浄化弁に、流体を出力することができる。浄化区分の間に、流体は、流路305を通して供給ポンプ150に戻ることができる。流体流路は、P T F E（または他の材料）ブロックの中に直接形成することができるため、分注ブロック205は、多段ポンプ100の種々の構成要素間のプロセス流体に対する配管の役割を果たすことができ、追加管類の必要性を排除または低減する。他の場合において、流体流路を画定するように管類を分注ブロック205に挿入することができる。図5Bは、一実施形態による、その中の流路のうちのいくつかを示すように透明にされた分注ブロック205の図表示を提供する。

10

【0042】

図5Aはまた、供給段階モータ190を含む供給ポンプ150、分注モータ200を含む分注ポンプ180、および弁制御多岐管302を示すようにポンプカバー225および多岐管カバー263が除去された、多段ポンプ100も示す。本発明の一実施形態によれば、供給ポンプ150、分注ポンプ180、および弁プレート230の各部分は、分注ブロック205の対応する空洞に挿入される棒（例えば、金属棒）を使用して、分注ブロック205に連結することができる。各棒は、ネジを受容するように1つ以上のネジ穴を含むことができる。一例として、分注モータ200およびピストンハウジング227は、分注ブロック205のネジ穴を通り抜けて棒285の対応する穴の中へ螺入する、1つ以上のネジ（例えば、ネジ275およびネジ280）を介して、分注ブロック205に取り付けることができる。構成要素を分注ブロックに連結するためのこの機構は一例として提供され、任意の適当な取着機構を使用できることに留意されたい。

20

【0043】

図5Cは、弁プレート230に圧力または真空を提供するための補給ライン260を示す、多段ポンプ100の図表示である。図4と併せて論じられるように、弁プレート230中の弁は、流体が多段ポンプ100の種々の構成要素へと流れることを可能にするように構成することができる。弁の作動は、圧力または真空のいずれかを各補給ライン260に方向付ける、弁制御多岐管302によって制御される。各補給ライン260は、小型開口部（すなわち、制限）を伴う継手（一例の継手は318において示される）を含むことができる。各補給ラインの開口部は、補給ラインへの圧力の印加と真空の印加との間の急激な圧力差の影響を軽減するのに役立つ。このことは、弁がより平滑に開放および閉鎖することを可能にする。

30

【0044】

図6は、多段ポンプ100の一実施形態の部分アセンブリを図示する図表示である。図6では、弁プレート230はすでに、上記のように分注ブロック205に連結されている。供給段階ポンプ150に対して、主ネジ170を伴うダイアフラム160が、供給室155に挿入されることができ、分注ポンプ180に対しては、主ネジ195を伴うダイアフラム190が、分注室185に挿入されることができる。ピストンハウジング227は、それを通り抜ける主ネジにより、供給および分注室の上に配置される。分注モータ200は、主ネジ195に連結し、回転雌ネジ式ナットを通して主ネジ195に直線運動を付与することができる。同様に、供給モータ175も、主ネジ170に連結され、回転雌ネジ式ナットを通して主ネジ170に直線運動を付与することができる。ピストンハウジング227から分注モータ200を離隔するために、スペーサ310を使用することができる。示された実施形態でのネジが、図5と併せて論じられるように、分注ブロック205に挿入されるネジ穴を伴う棒を使用して、供給モータ175および分注モータ200を多段ポンプ100に取り付ける。例えば、ネジ315は、棒320のネジ穴に螺入することができ、ネジ325は、供給モータ175を取り付けるように棒330のネジ穴に螺入す

40

50

ることができる。

【0045】

図7は、多段ポンプ100の一実施形態の部分アセンブリをさらに図示する図表示である。図7は、分注ブロック205にフィルタ付属品335、340、および345を追加するステップを図示する。フィルタ付属品335、340、345を保持するために、ナット350、355、360を使用することができる。任意の適当な付属品を使用することができ、図示される付属品は一例として提供されることに留意されたい。各フィルタ付属品は、供給室、排出出口、または分注室への流路のうちの1つにつながる（全て弁プレート230を介する）。圧力センサ112は、圧力感知面を分注室185に暴露させて、分注ブロック205に挿入することができる。Oリング365は、分注室185との圧力センサ112の接合面を密封する。圧力センサ112は、ナット310によってしっかりと適所に保持される。弁制御多岐管302は、ピストンハウジング227に螺合することができる。弁制御ライン（図示せず）は、弁制御多岐管302の出口から開口375において分注ブロック205の中へ、分注ブロック205の上方から出て、弁プレート230（図4に示されるような）へと続く。

10

【0046】

図7はまた、ポンプ制御器（例えば、図1のポンプ制御器20）との連通のためのいくつかのインターフェースも図示する。圧力センサ112は、1つ以上のワイヤ（380において表される）を介して制御器20に圧力測定値を伝達する。分注モータ200は、ポンプ制御器20から信号を受信して分注モータ200を移動させるように、モータ制御インターフェース205を含む。加えて、分注モータ200は、（例えば、位置ラインエンコーダからの）位置情報を含む、情報をポンプ制御器20に伝達することができる。同様に、供給モータ175は、ポンプ制御器20から制御信号を受信し、それに情報を伝達するように、通信インターフェース390を含むことができる。

20

【0047】

図8Aは、分注ブロック205、弁プレート230、ピストンハウジング227、主ネジ170、および主ネジ195を含む、多段ポンプ100の一部分の側面図を図示する。図8Bは、分注ブロック205、分注室185、ピストンハウジング227、主ネジ195、ピストン192、および分注ダイヤフラム190を示す、図8Aの断面図を図示する。図8Bに示されるように、分注室185は、分注ブロック205によって少なくとも部分的に画定することができる。主ネジ195が回転するにつれて、ピストン192は上方へ移動して（図8Bに示される配列に対して）分注ダイヤフラム190を変位させることができ、それにより、出口流路295を介して分注室185中の流体を退出させる。図8Cは、図8Bの詳細を図示する。図8Cに示される実施形態では、分注ダイヤフラム190は、分注ブロック200の溝400に嵌入するトング395を含む。したがって、この実施形態では、分注ダイヤフラム190の縁は、ピストンハウジング227と分注ブロック205との間で密封される。一実施形態によれば、分注ポンプおよび／または供給ポンプ150は、回転ダイヤフラムポンプとなり得る。

30

【0048】

図1-8Cと併せて説明される多段ポンプ100は、限定ではなく一例として提供され、本発明の実施形態は、他の多段ポンプ構成に対して実施できることに留意されたい。

40

【0049】

上記のように、本発明の実施形態は、多段ポンプ（例えば、多段ポンプ100）の動作の濾過区分の間に、圧力制御を提供することができる。図9は、濾過区分の間に圧力を制御するための方法の一実施形態を図示するフロー図である。図9の方法論は、多段ポンプを制御するようにプロセッサによって実行可能である、コンピュータ可読媒体に記憶されたソフトウェア命令を使用して実施することができる。濾過区分の初めに、モータ175が既定の速度で供給室155から流体を押し出し始め（ステップ405）、流体を分注室185に進入させる。分注室185中の圧力が所定の設定点に到達すると（ステップ410において圧力センサ112によって決定されるように）、分注モータが移動し始めて、

50

ピストン１９２およびダイヤフラム１９０を後退させる（ステップ４１５）。分注モータは、一実施形態によれば、所定の速度でピストン１６５を後退させることができる。したがって、分注ポンプ１８０は、より多くの容積を分注室１８５中の流体に利用可能とし、それにより、流体の圧力を減少させる。

【００５０】

圧力センサ１１２が、分注室１８５中の流体の圧力を継続的に監視する（ステップ４２０）。圧力が設定点であるか、またはそれを上回る場合、供給段階モータ１７５は、減少した速度で動作し（ステップ４２５）、そうでなければ、供給モータ１７５は、増加した速度で動作する（ステップ４３０）。分注室１８５におけるリアルタイム圧力に基づいて、供給段階モータ１７５の速度を増加および減少させる過程は、分注ポンプ１８０が定位置に到達するまで（ステップ４３５において決定されるように）継続することができる。分注ポンプ１８０が定位置に到達すると、供給段階モータ１７５および分注段階モータ２００を停止することができる。

【００５１】

分注ポンプ１８０がその定位置に到達したかどうかは、種々の方法で決定することができる。例えば、参照することにより完全に本願に組み込まれる、Laverdiereによる、２００４年１１月２３日出願の「可変定位置分注システムのためのシステムおよび方法（System and Method for a Variable Home Position Dispense System）」と題された米国仮特許出願第６０／６３０，３８４号、および２００５年１１月２１日出願のLaverdiereによる「可変定位置分注システムのためのシステムおよび方法（System and Method for Variable Home Position Dispense System）」と題された、PCT特許出願第PCT/US2005/042127号で論じられるように、このことは、主ネジ１９５、およびしたがってダイヤフラム１９０の位置を位置センサが決定することによって行うことができる。他の実施形態では、分注段階モータ２００は、ステッピングモータとなり得る。この場合、各ステップがダイヤフラム１９０を特定量変位させるので、分注ポンプ１８０がその定位置にあるかどうかは、モータのステップを数えることによって決定することができる。図９のステップは、必要または所望に応じて反復することができる。

【００５２】

図１０は、本発明の一実施形態によろう多段ポンプを動作させるための分注室１８５における圧力プロファイルを図示する。点４４０において、分注が開始され、分注ポンプ１８０が出口から流体を押し出す。分注は、点４４５において終了する。分注ポンプ１８０は典型的には充填区分に関与しないため、分注室１８５における圧力は、この区分の間にほぼ一定のままである。点４５０において、濾過区分が開始し、供給段階モータ１７５が所定の速度で前進して供給室１５５から流体を押し出す。図１０で見ることができるよう、分注室１８５中の圧力が上昇し始め、点４５５において所定の設定点に到達する。分注室１８５中の圧力が設定点に到達すると、分注モータ２００は一定の速度で逆転して、分注室１８５中の利用可能な容積を増加させる。点４５５と点４６０との間の圧力プロファイルの比較的平坦な部分において、供給モータ１７５の速度は、圧力が設定点を下回って低下する時はいつでも増加され、設定点に到達すると減少される。このことは、分注室１８５中の圧力をほぼ一定の圧力に保つ。点４６０において、分注モータ２００が定位置に到達し、濾過区分が終了する。点４６０における急激な圧力上昇は、濾過の終了時の障壁弁１３５の閉鎖によって引き起こされる。

【００５３】

図９および１０と併せて説明される制御の仕組みは、単一の設定点を使用する。しかしながら、本発明の他の実施形態では、最小および最大圧力閾値を使用することができる。図１１は、最小および最大圧力閾値を使用する方法の一実施形態を図示するフロー図である。図１１の方法論は、多段ポンプを制御するようにプロセッサによって実行可能である、コンピュータ可読媒体に記憶されたソフトウェア命令を使用して実施することができる

。濾過区分の初めに、モータ１７５が既定速度で供給室１５５から流体を押し出し始め（ステップ４７０）、流体を分注室１８５に進入させる。分注室１８５中の圧力が所定の初期閾値に到達すると（ステップ４８０において圧力センサ１１２からの測定結果によって決定されるように）、分注モータが移動し始めて、ピストン１９２およびダイアフラム１９０を後退させる（ステップ４８５）。初期閾値は、最大閾値または最小閾値のいずれかと同じか、または異なり得る。分注モータは、一実施形態によれば、所定の速度でピストン１６５を後退させる。したがって、分注ポンプ１８０は、後退して多くの容積を分注室１８５中の流体に利用可能とし、それにより、流体の圧力を減少させる。

【００５４】

圧力センサ１１２は、分注室１８５中の流体の圧力を継続的に監視する（ステップ４９０）。圧力が最大圧力閾値に到達する場合、供給段階モータ１７５は、減少した速度で動作する（ステップ４９５）。圧力が最小圧力閾値を下回る場合、供給段階モータ１７５は、増加した速度で動作する（ステップ５００）。分注室１８５における圧力に基づいて、供給段階モータ１７５の速度を増加および減少させる過程は、分注ポンプ１８０が定位置に到達するまで（ステップ５０５において決定されるように）継続することができる。分注ポンプ１８０が定位置に到達すると、供給段階モータ１７５および分注段階モータ２００を停止することができる。再度、図１１のステップは、必要または所望に応じて反復することができる。

【００５５】

したがって、本発明の実施形態は、供給ポンプによって流体上で有効化される圧力を制御することによって、分注ポンプ１８０における圧力を制御する機構を提供する。分注ポンプ１８０における圧力が所定の閾値（例えば、設定点または最大圧力閾値）に到達すると、供給段階ポンプ１５０の速度を低減することができる。分注ポンプ１８０における圧力が所定の閾値（例えば、設定点または最小圧力閾値）を下回ると、供給段階ポンプ１５０の速度を増加させることができる。本発明の一実施形態によれば、供給段階モータ１７５は、分注室１８５における圧力に応じて、所定の速度を循環させることができる。他の実施形態では、供給段階モータ１７５の速度は、分注室１８５中の圧力が所定の閾値（例えば、設定点または最大圧力閾値）を上回れば、継続的に減少させ、分注室１８５中の圧力が所定の閾値（例えば、設定点または最小圧力閾値）を下回れば、継続的に増加させることができる。

【００５６】

上記のように、多段ポンプ１００は、分注室１８５における圧力に応じて速度を変化させることができるモータ１７５（例えば、ステップモータ、ブラシレスＤＣモータ、または他のモータ）を伴う、供給ポンプ１５０を含む。本発明の別の実施形態によれば、供給段階ポンプは、空気圧作動ダイアフラムポンプとなり得る。図１２は、空気圧供給ポンプ５１５を含む多段ポンプ５１０の一実施形態の図表示である。多段ポンプ１００と同様に、多段ポンプ５１５は、供給段階部分１０５および別個の分注段階部分１１０を含む。流体流れの観点から、供給段階部分１０５と分注段階部分１１０との間には、プロセス流体から不純物を濾過するようにフィルタ１２０が位置する。例えば、入口弁１２５、隔離弁１３０、障壁弁１３５、浄化弁１４０、排出弁１４５、および出口弁１４７を含む、多数の弁が、多段ポンプ１００を通る流量を制御することができる。分注段階部分１１０はさらに、分注段階１１０における流体の圧力を決定する、圧力センサ１１２を含むことができる。圧力センサ１１２によって決定される圧力は、下記のように種々のポンプの速度を制御するために使用することができる。

【００５７】

供給ポンプ５１５は、開いた入口弁１２５を通して流体補給部から流体を引き込んでもよい、供給室５２０を含む。供給室５２０を出入りする液体の進入を制御するために、供給弁５２５が、真空、供給陽圧、または大気が供給ダイアフラム５３０に印加されるかどうかを制御する。一実施形態によれば、供給圧力を提供するために加圧Ｎ２を使用することができる。流体を供給室５２０内に引き込むために、ダイアフラムが供給室５２０の壁

10

20

30

40

50

に対して引っ張られるように、真空がダイアフラム 530 に印加される。供給室 520 から流体を押し出すために、供給圧力がダイアフラム 530 に印加されてもよい。

【0058】

一実施形態によれば、濾過区分の間に、分注室 185 における圧力は、ダイアフラム 530 への供給圧力の選択的印加によって調節することができる。濾過の開始時に、供給圧力が供給ダイアフラム 530 に印加される。この圧力は、分注室 185 において所定の圧力閾値（例えば、初期閾値、設定点、または他の所定の閾値）に到達するまで（例えば、圧力センサ 112 によって決定されるように）、印加され続ける。初期閾値が満たされると、分注ポンプ 180 のモータ 200 が後退し始め、分注室 185 中の流体に対するより多くの利用可能な容量を提供する。圧力センサ 112 は、分注室 185 中の圧力を継続的に読み取ることができる。流体圧が所定の閾値（例えば、最大圧力閾値、設定点、または他の閾値）を超える場合、供給ポンプ 515 における供給圧力を除去または低減することができる。分注室 185 における流体圧が所定の閾値（例えば、最小圧力閾値、設定点、または所定の閾値）を下回る場合、供給ポンプ 515 において供給圧力を再有効化することができる。

10

【0059】

したがって、本発明の実施形態は、分注ポンプにおいて決定される圧力に基づいて供給ポンプの動作を調整することによって、濾過区分の間に流体の圧力を調節するためのシステムおよび方法を提供する。供給ポンプの動作は、例えば、供給ポンプモータの速度を増加または減少させる、供給ポンプにおいて印加される供給圧力を増加または減少させる、あるいは下流工程の流体の圧力の増加または減少を引き起こすように供給ポンプの動作を調整することによって、変更することができる。

20

【0060】

本発明の実施形態はまた、排出区分の間に流体圧の制御も提供する。図 2 を参照して、障壁弁 135 が排出区分の間に開いたままである場合、圧力センサ 112 が分注室 185 中の流体の圧力を決定し、それはフィルタ 120 中の圧力の変化に影響される。圧力が所定の閾値（例えば、最大圧力閾値または設定点）を超える場合、供給モータ 175 の速度を低減することができ（または、図 12 の例では供給圧力が低減される）、圧力が所定の閾値（例えば、最小圧力閾値または設定点）まで低下する場合、供給モータ 175 の速度を増加させることができる（または、図 12 の例では供給圧力が増加される）。別の実施形態によれば、ユーザは、排出速度（例えば、0.05 cc/秒）および排出量（例えば、0.15 cc または 3 秒）を提供することができ、供給モータは、指定量の時間にわたって適切な速度で流体を変位させることができる。

30

【0061】

前述のものから理解できるように、本発明の一実施形態は、第 2 段階ポンプにおける流体の圧力を決定する圧力センサを伴う、第 1 段階ポンプ（例えば、供給ポンプ）および第 2 段階ポンプ（例えば、分注ポンプ）を有する、多段階ポンプ中の圧力を制御するためのシステムを提供する。ポンプ制御器は、第 1 段階ポンプの動作を調整することによって第 2 段階ポンプにおける流体圧を調節することができる。ポンプ制御器は、第 1 段階ポンプ、第 2 段階ポンプ、および圧力センサに連結され（すなわち、第 1 段階ポンプ、第 2 段階ポンプ、および圧力センサと連通するように動作可能である）、圧力センサから圧力測定結果を受信するように動作可能である。第 2 段階ポンプにおける圧力が第 1 の所定閾値（例えば、設定点、最大圧力閾値、または他の圧力閾値）に到達したことを圧力センサからの圧力測定結果が示す場合、ポンプ制御器は、より少ない圧力を流体上で第 1 段階ポンプに有効化させることができる（例えば、そのモータ速度を減速する、供給圧力を低減する、あるいは流体にかかる圧力を減少させることによって）。第 2 段階ポンプにおける圧力が閾値（例えば、設定点、最小圧力閾値、または他の閾値）を下回っていることを圧力測定結果が示す場合、制御器は、より大きい圧力を流体上で第 1 段階ポンプに有効化させることができる（例えば、第 1 段階ポンプのモータ速度を増加させる、または供給圧力を増加させる、あるいは流体にかかる圧力を増加させることによって）。

40

50

【0062】

本発明の別の実施形態は、多段ポンプ中の分注ポンプの流体圧を制御するための方法を含む。方法は、供給ポンプにおける流体に圧力を印加するステップ、供給ポンプの下流にある分注ポンプにおける流体圧を決定するステップ、分注ポンプにおける流体圧が所定の最大圧力閾値に到達する場合に、供給ポンプにおける流体にかかる圧力を減少させるステップ、または、分注ポンプにおける流体圧が所定の最小圧力閾値を下回っている場合に、供給ポンプにおける流体にかかる圧力を増加させるステップを含むことができる。最大および最小圧力閾値は、両方とも設定点となり得ることに留意されたい。

【0063】

本発明のさらに別の実施形態は、ポンプを制御するためのコンピュータプログラム製品を備える。コンピュータプログラム製品は、1つ以上のコンピュータ可読媒体に記憶された一式のコンピュータ命令を備えることができる。命令は、圧力センサから圧力測定結果を受信し、圧力測定結果を第1の所定閾値（最大圧力閾値、設定点、または他の閾値）と比較し、そして、第2段階ポンプにおける圧力が第1の所定閾値に到達したと圧力センサからの圧力測定値が示す場合に、例えば、モータ速度を減少させる、より少ない供給圧力を印加する、あるいは第1段階ポンプによって流体に印加される圧力を減少させるように、第1段階ポンプに指図することによって、より少ない圧力を流体上で有効化するように第1の段階ポンプに指図するように、1つ以上のプロセッサによって実行可能となり得る。加えて、コンピュータプログラム製品は、第2段階ポンプにおける圧力が第2の閾値を下回ったと圧力センサからの圧力測定値が示す場合に、より大きい圧力を流体上で有効化するように第1の段階ポンプに指図するように実行可能な命令を備えることができる。

【0064】

本発明の別の実施形態は、供給ポンプと、供給ポンプと流体連通しているフィルタと、フィルタと流体連通している分注ポンプと、供給ポンプとフィルタとの間の隔離弁と、フィルタと分注ポンプとの間の障壁弁と、分注ポンプにおける圧力を測定する圧力センサと、圧力センサに接続される制御器（すなわち、供給ポンプ、分注ポンプ、供給ポンプ、および圧力センサと連通するように動作可能である）とを備える、半導体製造過程での使用に適合される多段階ポンプを含むことができる。供給ポンプはさらに、供給室と、供給室中の供給ダイヤフラムと、供給ダイヤフラムを変位させるように供給ダイヤフラムと接触している供給ピストンと、供給ピストンに連結される供給主ネジと、供給主ネジに運動を付与して供給ピストンを移動させるように供給主ネジに連結される供給モータとを備える。分注ポンプはさらに、分注室と、分注室中の分注ダイヤフラムと、分注ダイヤフラムを変位させるように分注ダイヤフラムと接触している分注ピストンと、分注室中の分注ピストンを変位させるように分注ピストンに連結される分注主ネジと、分注ピストンに連結される分注主ネジと、分注主ネジに運動を付与して分注ピストンを移動させるように分注主ネジに連結される分注モータとを備える。制御器は、圧力センサから圧力測定結果を受信するように動作可能である。分注室中の流体の圧力が最初に設定点に到達したと圧力測定結果が示すと、制御器は、ほぼ一定の速度で動作して分注ピストンを後退させるように分注モータに指図する。後続の圧力測定結果に対して、制御器は、分注室中の流体の圧力が設定点を下回っていると後続の圧力測定結果が示す場合は、減少した速度で動作するように供給モータに指図し、後続の圧力測定結果が設定点を上回っていれば、増加した速度で動作するように供給モータに指図する。

【0065】

ポンプのための上記のシステムおよび方法が流体の正確かつ確実な分注を提供する一方で、時折、プロセスタイミングの変動、またはこれらのポンプの通常の摩耗（例えば、停止弁の誤動作、流体管類のねじれ、目詰まりしたノズル、流体通路野中の空気等）が、ポンプの不適切な動作を通して現れる場合がある。上記で論じられるように、これらの切迫した故障または不適切な動作を検出することが望ましい。これを達成するために、一実施形態によれば、本発明は、ポンプの適切な動作を検証するステップ、およびポンプの切迫した故障状態を検出するステップを含む、ポンプを監視するための方法を提供する。具体

的には、本発明の実施形態は、動作や状態の中でも特に、ポンプからの流体の正確な分注、またはポンプ内のフィルタの適切な動作を確認してもよい。

【0066】

図13は、上記のポンプの実施形態を含む、不適切な動作（または、逆に適切な動作を検証する）、切迫した故障状態、またはポンプの他のほぼあらゆる欠陥を検出するための、そのような1つの方法の実施形態を表すフロー図であり、そのようなポンプの一例は、Entegris Inc. 製のIGミニポンプである。より具体的には、基準プロファイルが1つ以上のパラメータに対して確立されてもよい（ステップ1310）。次いで、ポンプ100の動作中に、これらのパラメータは、動作プロファイルを生成するように測定されてもよい（ステップ1320）。次いで、基準プロファイルは、1つ以上の対応する点または部分における動作プロファイルと比較されてもよい（ステップ1330）。動作プロファイルが、ある許容範囲を超えて基準プロファイルと異なる場合（ステップ1340）、警報状態が存在してもよく（ステップ1350）、そうでなければ、ポンプ100は動作し続けてもよい。

10

【0067】

あるパラメータに関して基準プロファイルを確立させるために（ステップ1310）、基準または「絶対標準」作動中にパラメータが測定されてもよい。一実施形態では、ポンプ100のオペレータまたはユーザは、ポンプ100の正常な使用または動作中にポンプ100が用いられる条件または機器と略同様または同一である、液体、条件、および機器を使用して、ポンプ100を自身の仕様に設定してもよい。次いで、ポンプ100は、ユーザの処方に従って流体を分注するように、分注サイクルに対して動作される（図3に関して上記のように）。この分注サイクルの間に、パラメータは、そのパラメータに対する動作プロファイルを生成するように、略連続的に、または一式の点において、測定されてもよい。1つの特定の実施形態では、パラメータのサンプリングは、約1ミリ秒から10ミリ秒の間の間隔で発生してもよい。

20

【0068】

次いで、ユーザは、この分注サイクルの間にポンプ100が適切に動作しており、この分注サイクルの間にポンプ100によって行われた分注が自身の許容範囲または仕様内であったかどうかを検証してもよい。ユーザがポンプ動作および分注の両方に満足した場合、ユーザは、動作プロファイル（例えば、分注サイクルの間に得られたパラメータに対する測定結果）がパラメータに対する基準プロファイルとして利用されることが所望されると、ポンプ制御器20を通して示してもよい。このようにして、1つ以上のパラメータに対する基準プロファイルが確立されてもよい。

30

【0069】

図10は、本発明の一実施形態による多段ポンプの動作中の分注室185における圧力プロファイルの一実施形態を図示する。ユーザがポンプ100を使用することを所望する各処方に対して、1つ以上のパラメータのそれぞれに対する基準プロファイルが確立されてもよい。この処方とともにポンプ100が使用される場合、この処方に関連する基準プロファイルが任意の後続の比較に利用されてもよいことが、上記から明白であろう。

【0070】

パラメータに対する基準プロファイルがユーザによって確立されてもよい一方で、他の方法もまた、基準プロファイルを確立させるために使用されてもよい（ステップ1310）。例えば、ポンプ100のユーザによって利用されるものと同様の試験台を使用する、ポンプ100の製造業によるポンプ100の較正の間に、1つ以上のパラメータに対する基準プロファイルもまた、生成され、ポンプ制御器20に記憶されてもよい。基準プロファイルはまた、基準プロファイルとして動作プロファイルを利用することによって、確立されてもよく、その場合、特定の処方を使用して分注サイクルを実行しながら動作プロファイルが保存され、その分注サイクルの間に制御器20によってエラーが検出されていない。実際、一実施形態では、基準プロファイルは、制御器20によってエラーが検出されていない、以前に保存した動作プロファイルを使用して、定期的に更新されてもよい。

40

50

【0071】

基準プロファイルが1つ以上のパラメータに対して確立された後（ステップ1310）、ポンプ100の動作中に、これらのパラメータのそれぞれは、1つ以上のパラメータのそれぞれに対応する動作プロファイルを生成するように（ステップ1320）、ポンプ制御器20によって監視されてもよい。次いで、これらの動作プロファイルのそれぞれは、制御器20によって記憶されてもよい。再度、一実施形態では、これらの動作プロファイルは、約1ミリ秒から10ミリ秒の間の間隔でパラメータをサンプリングすることによって生成されてもよい。

【0072】

ポンプ100の動作中に発生した種々の問題を検出するために、ポンプ100の動作中に生成されるパラメータに対する動作プロファイルは、同じパラメータに対応する基準プロファイルと比較されてもよい（ステップ1330）。これらの比較は、制御器20によって行われてもよく、想像できるように、この比較は、種々の形を成してもよい。例えば、基準プロファイルの1つ以上の点におけるパラメータの値が、動作プロファイルの略同等の点におけるパラメータの値と比較されてもよく、基準プロファイルの平均値が、動作プロファイルの平均値と比較されてもよく、基準プロファイルの一部分の間のパラメータの平均値が、動作プロファイルの略同一の部分の間のパラメータの平均値と比較されてもよい、等である。

【0073】

説明された比較の種類は例示的であるにすぎず、基準プロファイルと動作プロファイルとの任意の適当な比較が利用されてもよいことが理解されるであろう。実際、多くの場合において、特定の問題または状態が発生したかどうかを決定するために、2つ以上の比較または比較の種類が利用されてもよい。また、利用される比較の種類は、少なくとも部分的には、検出されようとする状態に依存してもよいことも理解されるであろう。同様に、比較される動作および基準プロファイルの点または部分もまた、他の因子の中でも特に、検出されようとする状態に依存してもよいことが理解されるであろう。加えて、利用される比較は、特定の分注サイクルの間、または特定の分注サイクルの完了後、ポンプの動作中に略リアルタイムで行われてもよい。

【0074】

比較がある許容範囲外の差をもたらす場合（ステップ1340）、警報が制御器20において登録されてもよい（ステップ1350）。この警報は、制御器20によって示されてもよく、または、警報は、制御器20とインターフェース接続されるツール制御器に送信されてもよい。上記で論じられる比較の種類と同様に、所与の比較とともに利用される特定の許容範囲は、多種多様な因子、例えば、比較が行われるプロファイルの点または部分、ユーザがポンプ100を使用する工程または処方、ポンプ100によって分注されている流体の種類、利用されているパラメータ、検出することを所望する状態または問題、ユーザの所望、または許容範囲のユーザ調整等に依存してもよい。例えば、許容範囲は、基準プロファイルの比較点におけるパラメータの値の割合、または設定した数であってもよく、許容範囲は、比較の点（または部分）に応じて、基準プロファイルを動作プロファイルと比較する時に異なってもよく、比較点における動作プロファイルの値が基準プロファイルの比較点におけるパラメータの値よりも低い場合、その値を上回る場合とは異なる許容範囲があってもよい、等である。

【0075】

上記で提示されるシステムおよび方法の実施形態の説明は、具体的実施形態を参照して、さらに理解することができる。前述のように、流体の正確な分注が行われたことを確認することが極めて望ましいことがある。ポンプ100の分注区分の間に、出口弁147が開放し、分注ポンプ180が分注室185中の流体に圧力を印加する。出口弁147は、分注ポンプ180よりもゆっくりと制御に反応し得るので、出口弁147を最初に開放し、ある既定期間後に分注モータ200を起動することができる。このことは、分注ポンプ180が部分的に開いた出口弁147に流体を押し通すことを防ぐ。さらに、このことは

10

20

30

40

50

、弁開放によって引き起こされる、分注ノズルを上昇する流体、続いてモータ作用によって引き起こされる、前進流体運動を防ぐ。他の実施形態では、出口弁 147 を開放することができ、同時に分注ポンプ 180 によって分注を開始することができる。

【0076】

分注モータ 210 の起動の不適切なタイミングおよび／または出口弁 147 のタイミングによって、不適切な分注が引き起こされる場合があるため、多くの場合、不適切な分注は、ポンプ 100 の分注区分の間に分注室 185 中の圧力で現れる場合がある。例えば、出口弁 147 の閉塞が発生した、または出口弁 147 の開放が遅延したと仮定する。これらの状態は、分注モータ 222 が強制的に流体を出口弁 147 に押し通そうとするので、分注区分の開始の間に圧力の上昇を引き起こすか、または、分注区分の全体を通して、一貫してより高い圧力を引き起こす。同様に、出口弁 147 の早期閉鎖もまた、分注区分の終了時に圧量上昇を引き起こす場合がある。

10

【0077】

したがって、一実施形態では、許容できる分注が発生したことを確認するため、またはポンプ 100 からの流体の分注に関する問題を検出するために、分注サイクルの間の分注室 185 中の圧力のパラメータを使用して、基準プロファイルが生成されてもよい（ステップ 1310）。次いで、動作プロファイルを生成する（ステップ 1320）ために圧力センサ 112 を使用して、後続の分注サイクルの間の分注室 185 中の圧力が監視されてもよい。次いで、この動作プロファイルは、基準プロファイルと比較され（ステップ 1330）、警報を鳴らすべきかどうかを決定してもよい（ステップ 1350）。

20

【0078】

上記で論じられるように、不適切な分注は、ポンプ 100 の動作の分注区分の間に、分注室 185 の圧力変動を通して現れる場合がある。しかしながら、より具体的には、不適切な分注の原因の性質により、これらの圧力変動は、分注区分の間のある点において、よりよく見られる場合がある。したがって、一実施形態では、基準圧力プロファイルおよび動作圧力プロファイルを比較する（ステップ 1330）時に、4つの比較が行われてもよい。第1の比較は、基準プロファイルに従った分注区分の間の圧力の平均値と、動作プロファイルに従った分注区分の間の圧力の平均値との比較であってもよい。この比較は、分注区分の間に発生する場合のある、任意の種類の突然閉塞を検出することに役立ち得る。

【0079】

第2の比較は、分注時間の開始に近い点における圧力値の比較であってもよい。例えば、基準プロファイル上で分注区分を約 15% 終えた 1 つ以上の点における圧力の値が、動作プロファイルの分注区分の略同一の点における圧力の値と比較されてもよい。この比較は、分注の開始の間に弁の不適切な作動によって引き起こされる、流動制限を検出する働きをしてもよい。

30

【0080】

第3の比較は、分注区分の中間に近い点における圧力値の比較であってもよい。例えば、基準プロファイル上で分注区分を約 50% 終えた 1 つ以上の点における圧力の値が、動作プロファイルの分注区分の略同一の点における圧力の値と比較されてもよい。

【0081】

最後の比較は、分注時間の終了に近い点における圧力値の比較であってもよい。例えば、基準プロファイル上で分注区分を約 90% 終えた 1 つ以上の点における圧力の値が、動作プロファイルの分注区分の略同一の点における圧力の値と比較されてもよい。この比較は、分注の終了部分の間に弁の不適切な作動によって引き起こされる、流動制限を検出する働きをしてもよい。

40

【0082】

ある実施形態に関与する種々の比較（ステップ 1330）は、本発明の一実施形態による多段ポンプの動作中の分注室 185 における圧力プロファイルの一実施形態を図示する、図 14 を参照して、さらに理解することができる。ほぼ点 1440 において、分注区分が開始され、分注ポンプ 180 が出口から流体を押し出す。分注区分は、ほぼ点 1445

50

において終了する。

【0083】

したがって、上記で論じられるように、本発明のシステムおよび方法の一実施形態では、基準圧力プロファイルと動作圧力プロファイルと比較する時に、第1の比較は、ほぼ点1440と点1445との間の圧力の平均値の比較であってもよく、第2の比較は、基準圧力プロファイルの値と分注区分を約15%終えたほぼ点1410における動作圧力プロファイルの値との間でであってもよく、第3の比較は、基準圧力プロファイルの値と分注区分を約50%終えたほぼ点1420における動作圧力プロファイルの値との間でであってもよく、第4の比較は、基準圧力プロファイルの値と分注区分を約90%終えたほぼ点1430における動作圧力プロファイルの値との間でであってもよい。

10

【0084】

上述のように、これらの比較のそれぞれの結果は、許容範囲と比較され（ステップ1340）、警報を惹起するべきかどうかを決定してもよい（ステップ1350）。再度、所与の比較とともに利用される特定の許容範囲は、上記のような多種多様の因子に依存してもよい。しかしながら、多くの場合、利用されているパラメータが分注区分の間の分注室185中の圧力である時、分注区分の間の圧力には相違がほとんどないはずである。その結果として、この場合に利用される許容範囲は、非常に小さく、例えば、0.01から0.5PSIの間であってもよい。言い換えれば、所与の点における動作圧力プロファイルの値が、略同一の点における基準圧力プロファイルと約0.02PSIより大きく異なる場合、警報が惹起されてもよい（ステップ1350）。

20

【0085】

基準圧力プロファイルと動作圧力プロファイルとの比較は、多段ポンプの一実施形態の動作中の分注室185における基準圧力プロファイル、および多段ポンプの後続動作中の分注室185における動作圧力プロファイルを表す、図15を参照してより良好に図示することができる。ほぼ点1540において、分注区分が開始され、分注ポンプ180が出口から流体を押し出す。分注区分は、ほぼ点1545において終了する。動作圧力プロファイル1550が分注区分の各部分の間の基準圧力プロファイル1560とは顕著に異なり、動作圧力プロファイル1550の分注区分の間に発生した分注に関する起こり得る問題を示すことに留意されたい。この起こり得る問題は、上記のように、本発明の実施形態を使用して検出されてもよい。

30

【0086】

具体的には、上記で図示される比較を使用して、第1の比較は、ほぼ点1540と点1545との間の平均値の比較であってもよい。動作圧力プロファイル1550が分注区分の開始および終了の間の基準圧力プロファイル1540とは異なるため、この比較は、有意差を生じる。第2の比較は、基準圧力プロファイル1540の値と、分注区分を約15%終えたほぼ点1510における動作圧力プロファイル1550の値との間でであってもよい。以上のように、点1510において、動作圧力プロファイル1550の値は、基準圧力プロファイル1540の値とは約1PSI異なる。第2の比較は、基準圧力プロファイル1540の値と、分注区分を約50%終えたほぼ点1520における動作圧力プロファイル1550の値との間でであってもよい。以上のように、点1520において、動作圧力プロファイル1550の値は、基準圧力プロファイル1540の値とは約5PSI異なる。したがって、上記の4つの比較のうちの3つは、ある許容範囲外の比較をもたらしてもよい（ステップ1340）。

40

【0087】

結果として、図15で表される例では、警報が惹起されてもよい（ステップ1350）。この警報は、ユーザに検出された相違を警告し、ポンプ100を運転停止する働きをしてもよい。この警報は、制御器20を通して提供されてもよく、加えて、パラメータに対

50

する基準プロファイル、警報を惹起させたパラメータに対する動作プロファイル、または、例えば互いに重ね合わされた（図15で表されるように）、動作プロファイルおよび基準プロファイルと一緒に表示する選択肢のいずれかをユーザに提示してもよい。場合によっては、ユーザは、ポンプ100が動作を再開する前に、そのような警報を消去せざるを得ないことがある。ポンプ100または工程が再開する前に、強制的にユーザに警報を消去させることによって、検出された、または発生した略直後にスクラップを引き起こす場合のある状態を、強制的にユーザに改善させることによってスクラップが防止されてもよい。

【0088】

別の例の使用を通して、本発明のシステムおよび方法の広範囲にわたる性能を図示することが役立つ場合がある。ポンプ100の動作中、ポンプ100の流路を通過する流体は、上記のように、動作の1つ以上の区分の間にフィルタ120を通過させられてもよい。これらのフィルタ区分の間に、フィルタが新しい時、フィルタ120での無視できる程度の圧力低下を引き起こす場合がある。しかしながら、ポンプ100のフィルタ120の反復動作を通して、フィルタ120の孔が詰まり、フィルタ120を通る流動に対するさらに大きい抵抗をもたらす場合がある。最終的に、フィルタ120の目詰まりは、ポンプ100の不適切な動作、または分注されている流体の損害をもたらす場合がある。したがって、フィルタ120の目詰まりが問題となる前に、フィルタ120の目詰まりを検出することが望ましい。

【0089】

上記のように、一実施形態によれば、濾過区分の間に、分注室185における圧力は、ダイヤフラム530への供給圧力の選択的印加によって調節することができる。濾過区分の開始時に、供給圧力が供給ダイヤフラム530に印加される。この圧力は、分注室185において所定の圧力閾値（例えば、初期閾値、設定点、または他の所定の閾値）に到達するまで（例えば、圧力センサ112によって決定されるように）、印加され続ける。初期閾値が満たされると、分注ポンプ180のモータ200が後退し始め、分注室185中の流体に対するより多くの利用可能な容量を提供する。圧力センサ112は、分注室185中の圧力を継続的に読み取ることができる。流体圧が所定の閾値（例えば、最大圧力閾値、設定点、または他の閾値）を超える場合、供給ポンプ515における供給圧力を除去または低減することができる。分注室185における流体圧が所定の閾値（例えば、最小

【0090】

したがって、本発明の実施形態は、分注ポンプにおいて決定される圧力に基づいて供給ポンプの動作を調整することによって、濾過区分の間に流体の圧力を調節するためのシステムおよび方法を提供する。供給ポンプの動作は、例えば、供給ポンプモータの速度を増加または減少させる、供給ポンプにおいて印加される供給圧力を増加または減少させる、あるいは下流工程の流体の圧力の増加または減少を引き起こすように供給ポンプの動作を調整することによって、変更することができる。

【0091】

次いで、上記の説明から分かるように、フィルタ120がさらに目詰まりし、比例してフィルタ120での圧力低下がさらに大きくなるにつれて、供給段階モータ175は、フィルタ区分の間に分注室185中の等価な圧力を維持するために、より急速に、より頻繁に、またはより高速で動作する必要があるとしてもよく、ある場合においては、供給段階モータ175は、分注室185中の等価な圧力を全く維持できない場合がある（例えば、フィルタが完全に目詰まりしている場合）。次いで、フィルタ区分の間に供給段階モータ175の速度を監視することによって、フィルタ120の目詰まりが検出されてもよい。

【0092】

そのために、一実施形態では、フィルタ120の目詰まりを検出するために、フィルタ120が新しい時に（または、なんらかの他のユーザ設定点等において）フィルタ区分の

間の供給段階モータ１７５の速度のパラメータ（または、供給段階モータ１７５の速度を制御する信号）を使用して、基準プロファイルが生成され（ステップ１３１０）、制御器２０に記憶されてもよい。次いで、後続フィルタ区分の間の供給段階モータ１７５の速度（または、供給段階モータ１７５の速度を制御する信号）が、制御器２０によって記録され、動作プロファイルを生成してもよい（ステップ１３２０）。次いで、この供給段階モータ速度動作プロファイルは、供給段階モータ速度基準プロファイルと比較され（ステップ１３３０）、警報を鳴らすべきかどうかを決定してもよい（ステップ１３５０）。

【００９３】

一実施形態では、この比較は、基準プロファイルのフィルタ区分の間の１つ以上の点における供給段階モータの速度の値を、動作プロファイルの略同一の一式の点における供給段階モータの速度の値を比較する形を成してもよい一方で、他の実施形態では、この比較は、基準プロファイル中の時間の何割が供給段階モータ１７５の制御限度のある距離内で発生したかを比較し、これを、供給段階モータ１７５の制御限度のある距離内で発生する動作プロファイル中の時間の割合と比較してもよい。

10

【００９４】

同様に、フィルタ１２０内の空気が本発明の実施形態によって検出されてもよい。一実施形態では、濾過前区分の間に、供給段階モータ１７５は、分注室１８５において所定の圧力閾値（例えば、初期閾値、設定点、または他の所定の閾値）に到達するまで（例えば、圧力センサ１１２によって決定されるように）、圧力を印加し続ける。フィルタ１２０内に空気がある場合、流体が分注室１８５中で初期圧力に到達する時間が、より長くかかる場合がある。例えば、フィルタ１２０が完全に準備できている場合、分注室１８５中で５ＰＳＩに到達するまで、供給段階モータ１７５が１００ステップおよび約１００ミリ秒かかる場合があるが、空気がフィルタ１２０内に存在する場合、この時間またはステップ数は、顕著に増加する場合がある。結果として、濾過前区分の間に分注室１８５中の初期圧力閾値に到達するまで、供給段階モータ１７５が作動する時間を監視することによって、フィルタ１２０内の空気が検出されてもよい。

20

【００９５】

そのために、一実施形態では、フィルタ１２０内の空気を検出するために、濾過前区分の間に分注室１８５中の設定点圧力に到達する時間のパラメータを使用して、基準プロファイルが生成され（ステップ１３１０）、制御器２０に記憶されてもよい。次いで、後続濾過前区分の間に分注室１８５中の設定点圧力に到達する時間が、制御器２０によって記録され、動作プロファイルを生成してもよい（ステップ１３２０）。次いで、この時間動作プロファイルは、時間基準プロファイルと比較され（ステップ１３３０）、警報を鳴らすべきかどうかを決定してもよい（ステップ１３５０）。

30

【００９６】

本発明の他の実施形態は、分注モータ２００の位置の監視を通した、正確な分注の検証を含んでもよい。上記で詳述するように、分注区分の間に、出口弁１４７が開き、分注が完了するまで、分注ポンプ１８０が分注室１８５中の流体に圧力を印加する。次いで、以上のように、分注区分の初めに、分注モータ２００が第１の位置にある一方で、分注区分の終わりに、分注モータ２００は、第２の位置にあってもよい。

40

【００９７】

一実施形態では、正確な分注を確認するために、分注区分の間に分注モータ２００の位置のパラメータ（または、供給段階モータ２００の位置を制御する信号）を使用して、基準プロファイルが生成されてもよい（ステップ１３１０）。次いで、後続分注区分の間に分注モータ２００の位置（または、供給段階モータ２００の位置を制御する信号）が、制御器２０によって記録され、動作プロファイルを生成してもよい（ステップ１３２０）。次いで、この分注モータ位置動作プロファイルは、分注モータ位置基準プロファイルと比較され（ステップ１３３０）、警報を鳴らすべきかどうかを決定してもよい（ステップ１３５０）。

【００９８】

50

本発明のある実施形態はまた、ポンプ100の他の種々の機械的構成要素の切迫した故障を検出するために有用であってもよい。例えば、多くの場合、ポンプシステム10は、モータ200をある距離に移動させるように分注モータ200に提供される電流が、分注モータ200への負荷とともに変動し得るように、閉ループシステムであってもよい。この性質は、起こり得るモータの故障またはポンプ100内の他の機械的故障、例えば、回転ピストンまたはダイアフラムの問題、主ネジの問題等を検出するために利用されてもよい。

【0099】

したがって、差し迫ったモータの故障を検出するために、本発明のシステムおよび方法の実施形態は、分注区分の間に分注モータ200に提供される電流のパラメータ（または、供給段階モータ200に提供される電流を制御する信号）を使用して、基準プロファイル

10

を生成してもよい（ステップ1310）。次いで、後続分注区分の間に分注モータ200に提供される電流（または、供給段階モータ200に提供される電流を制御する信号）が、制御器20によって記録され、動作プロファイルを生成してもよい（ステップ1320）。次いで、この分注モータ電流動作プロファイルは、分注モータ位置基準プロファイルと比較され（ステップ1330）、警報を鳴らすべきかどうかを決定してもよい（ステップ1350）。

【0100】

上記の例では、ポンプの動作プロファイルの種々の点が、基準プロファイルと比較され（ステップ1330）、動作プロファイルが既定限度外である場合（ステップ1340）、警報が生成される（ステップ1350）。しかしながら、基準プロファイルについての限度を使用することにより、いくつかの状態が未検出のままとなり得る。例えば、実証的検定は、i）限度が寛大すぎるため、分注流体中の気泡によって引き起こされる不良な分注が検出されない場合がある、またはii）限度が小さすぎるため、過度に多くの誤警報が生成されることを示している。不良な分注の検出および誤警報の低減を平衡する、基準についての限度を設定することができるが、処方に対する適切な限度を決定する実証的検定の工程は、時間がかかる場合がある。この問題を次のいくつかの図で図示する。

20

【0101】

図16Aは、ミネソタ州チャスカのEntegris Inc. によるIntelli Gen Mini Pumpを使用した、いくつかの分注のデータを図示するグラフである。圧力プロファイルは、2.6秒のデータに対する、毎秒1.0mLで2.0mLのIPAを分注する（すなわち、2秒の分注）処方に対応する。分注流体が良好である（すなわち、空気があったとしても、ほとんど含有しない）ことが分かっている条件下で、3つの試験が行われた。3つの追加試験では、シリンジを使用して、ポンプの出口と分注ノズルとの間の分注ラインに、2、5、および10ccの空気が注入された。明確にするために、個々の圧力プロファイルを図16B-16Gに示す。

30

【0102】

ポンプ制御器によって実施されたプロファイル比較ルーチンは、基準プロファイルとして基準1を使用し、他のプロファイル（基準2、基準3、注入した空気=2cc、注入した空気=5cc、および注入した空気=10cc）を、初期点（分注を約22%終えた）および上記のような他の点で基準1と比較した。0.5psiの許容範囲を使用して、ポンプ制御器は、10ccの空気が初期比較点において分注流体に注入された分注に対する警報を生成したのみであり、初期点または任意の他の比較点における他の分注のうちのいずれかに対する警報を生成しなかった。しかしながら、分注した流体の質量を測定すると、表1に示されるように、空気注入された分注の3つ全ては、基準と比較して分注不足であった。

40

【0103】

【表 1】

表 1

空気量	質量 (g)	差
空気なし	1.751	
2cc	1.739	-.0012
5cc	1.321	-.430
10cc	0.579	-1.172

表 1 に示されるように、分注ライン内の少量の空気さえも、良好な分注と比較して分注不足を引き起こすため、使いやすい方法を提供して、誤警報を生成することなく問題を検出する感度を増加させることが望ましい。

【0104】

一実施形態によれば、基準に対するプロファイルの「適合度」を決定するために、R²乗統計値を使用することができる。R²乗値は、別の変数の移動によって説明される 1 つの変数の変動の割合を識別する、適合度の尺度である。上記の例では、後続分注動作からのデータが比較される予測モデルとして、基準 1 プロファイルを選択することができる。本質的には、基準として基準 1 プロファイルを使用する R²乗値は、基準 1 プロファイルが、所与の一式のデータに対する時間による圧力の変動をどのくらいよく予測するかを決定する。R²乗値が高いほど（割合を考慮して）、データは予測モデルにさらに適合する。

【0105】

一例として、図 16 A に表される種々の分注に対応する 2.0 秒に値するデータ点を比較するために、Microsoft Excel RSQ 関数が使用された。R²乗分析を使用して、2 つのさらなる既知の適合度試験には、それぞれ 100 % および 99 % の R²乗値があった。2 cc、5 cc、および 10 cc の空気を注入させた試験は、それぞれ 78 %、18 %、および 6 % の R²乗値しかなかった。このことは、R²乗値を使用し、尺度を最小要件、例えば、90 % または 95 % に設定することによって、気泡を含む分注が検出される可能性が高いことを示す。したがって、R²乗値等の適合度の尺度は、基準について 0.5 psi の許容範囲を設定することによっては検出されなかった、不良な分注が検出されることを可能にした。

【0106】

図 17 は、ポンプの不適切な動作を検出するための方法の一実施形態を図示するフロー図である。本発明の実施形態は、例えば、ポンプ制御器においてコンピュータ可読媒体に記憶された一式のコンピュータ命令として実施されるか、またはそれらによって促進されてもよい。ステップ 1610 において、上記のように、パラメータに対する基準プロファイルが確立されてもよい。主に圧力に関して論じられる一方で、基準プロファイルは、モータ電流または他のパラメータ等の、他のパラメータに対するプロファイルとなり得る。基準プロファイルに対するデータは、基準プロファイルを確立させるために使用される、ポンプの作動中にサンプリングされるデータの全てまたは一部分を含むことができる。例えば、ポンプが 1 ミリ秒ごとに圧力をサンプリングする場合、基準プロファイルは、記憶を低減するように、20 ミリ秒ごとにサンプリングされた測定結果を含んでもよい。ポンプ 100 の動作中、パラメータを測定し、動作プロファイルを生成してもよい（ステップ 1620）。再度、動作プロファイルに対するデータは、動作に対するそのパラメータのサンプリングしたデータの全て、またはそのある一部（例えば、20 ミリ秒または他の期間ごとに収集されたデータ）を表してもよい。次いで、基準プロファイルを使用して、動作プロファイルに対して適合度の尺度が決定されてもよい（ステップ 1630）。例えば、対応する基準プロファイルデータを使用して、20 ミリ秒ごとに収集された動作プロファイルデータに対して R²乗値を決定することができる。適合度の尺度が許容範囲外である場合（ステップ 1640）、警報状態が存在してもよい（ステップ 1650）。図 17

のステップは、必要または所望に応じて反復することができる。

【0107】

上記の例では、適合度を検査するために、20ミリ秒ごとに記憶されたデータが使用される一方で、ポンプは、より高速で（例えば、1ミリ秒ごとに）パラメータをサンプリングしてもよい。異なる速度で、例えば、1ミリ秒ごと、または30ミリ秒ごとに記憶されたデータが使用されてもよいが、記憶したサンプルの間の時間が減少するにつれて、メモリ使用量が増加し、時間が増加するにつれて、適合度の尺度の精度が減少し得る。したがって、適合度の尺度に対してデータが記憶される頻度は、データ記憶性能および適合度の尺度の精度の平衡を保つように選択することができる。さらに、上記の例では、R2乗値が適合度の尺度として使用される一方で、相関係数およびピアソンの積率相関係数等の他の尺度が使用されてもよい。

10

【0108】

実証的検定に基づいて、適合度は、分注動作の終了時により低くなる傾向がある。一例として、1mLの空気がノズルから15cmのところにある場合について、1.0～1.9秒に対するR2乗値が6%しかない一方で、全体的R2乗値は95%である。したがって、全体的適合度の尺度を許容値と比較するだけでなく、動作の一部分に対する適合度の尺度も比較することが望ましいことがある。例えば、全体的適合度の尺度が95%以上であるが、1.0～1.9秒の範囲に対する適合度の尺度が25%未満である場合、警報を生成することができる。したがって、ポンプが適切に動作しているかどうかを決定するために、動作の複数部分に対する適合度の尺度を使用することができる。

20

【0109】

多段ポンプに関して説明されているものの、本発明の実施形態は、単段ポンプでも利用することができる。図18は、ポンプ4000のためのポンプアセンブリの一実施形態の図表示である。ポンプ4000は、上記の多段ポンプ100の1つの段階、例えば、分注段階と同様となり得、ステッピング、ブラシレスDC、または他のモータによって駆動される回転ダイアフラムポンプを含むことができる。ポンプ4000は、ポンプ4000を通る種々の流体流路を画定し、ポンプ室を少なくとも部分的に画定する、分注ブロック4005を含むことができる。分注ポンプブロック4005は、一実施形態によれば、PTFE、変性PTFE、または他の材料の単一ブロックとなり得る。これらの材料は多くのプロセス流体と反応しないか、または最小限に反応するため、これらの材料の使用は、流路およびポンプ室が、最小限の追加ハードウェアで分注ブロック4005内へと直接機械加工されることを可能にする。その結果として、分注ブロック4005は、流体多岐管を提供することによる配管の必要性を低減する。

30

【0110】

分注ブロック4005は、例えば、それを通して流体が受容される入口4010、流体を浄化／排出するための浄化／排出出口4015、および分注区分の間にそれを通して流体が分注される分注出口4020を含む、種々の外部入口および出口を含むことができる。分注ブロック4005は、図18の例では、ポンプが1室しかもたないため、外部浄化出口4010を有する。

【0111】

40

分注ブロック4005は、入口から入口弁へ（例えば、弁プレート4030によって少なくとも部分的に画定される）へ、入口弁からポンプ室へ、ポンプ室から排出／浄化弁へ、およびポンプ室から出口4020へ流体を送る。ポンプカバー4225は、ポンプモータを損害から保護することができる一方で、ピストンハウジング4027は、ピストンに対する保護を提供し、本発明の一実施形態によれば、ポリエチレンまたは他のポリマーで形成することができる。弁プレート4030は、流体流れをポンプ4000の種々の構成要素に方向付けるように構成することができる、弁システム（例えば、入口弁および浄化／排出弁）のための弁ハウジングを提供する。弁プレート4030および対応する弁は、上記の弁プレート230と併せて説明される方法と同様に形成することができる。一実施形態によれば、入口弁および浄化弁／排出弁のそれぞれは、弁プレート4030に少なく

50

とも部分的に統合され、対応するダイアフラムに圧力または真空が印加されるかどうかに応じて、開放されるか閉鎖されるかのいずれかである、ダイアフラム弁である。他の実施形態では、弁のいくつかは、分注ブロック4005の外部にあるか、または追加弁プレートに配設されてもよい。一実施形態によれば、種々の弁のダイアフラムを形成するように、PTFEのシートが弁プレート4030と分注ブロック4005との間で挟持される。弁プレート4030は、対応するダイアフラムに圧力または真空を印加するように、各弁に対する弁制御入口（図示せず）を含む。

【0112】

上記の実施形態を参照して、本発明のシステムおよび方法を詳細に説明したが、本発明のシステムおよび方法はまた、他の幅広く多様な使用法を包含してもよい。例えば、分注サイクルに対する1つまたは複数パラメータに対応する基準プロファイルを記録することによって、ポンプの全分注サイクル中のポンプの動作を確認し、これを後続分注サイクル中に生成される動作プロファイルと比較するために、本発明のシステムおよび方法の実施形態が利用されてもよい。分注サイクルの全体にわたって2つのプロファイルを比較することによって、ハードウェア故障または他の問題の早期検出が達成されてもよい。

【0113】

例証的实施形態を参照して、本発明を本明細書で詳細に説明したが、本説明は一例にすぎず、限定的な意味で解釈されるものではないことに留意されたい。したがって、本発明の実施形態の詳細の多数の変更および本発明の付加的な実施形態が、本説明を参照する当業者にとって明白となり、かつ当業者によって行われてもよいことをさらに理解されたい。そのような変更および付加的な実施形態は、下記で請求されるような本発明の範囲内であることが検討される。

【図1】

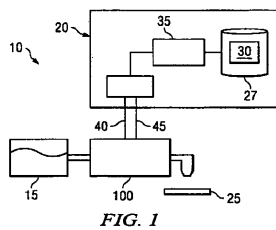


FIG. 1

【図2】

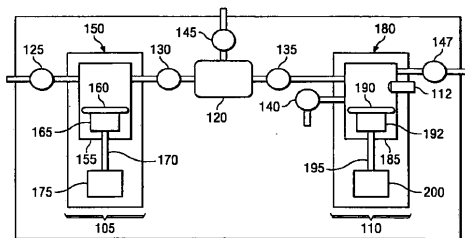


FIG. 2

【図3】

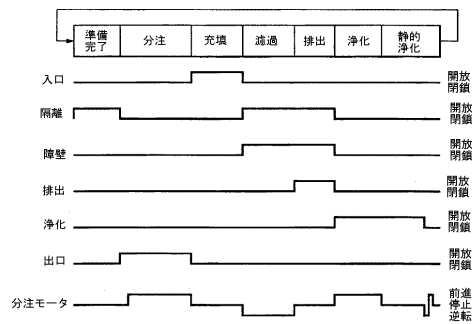
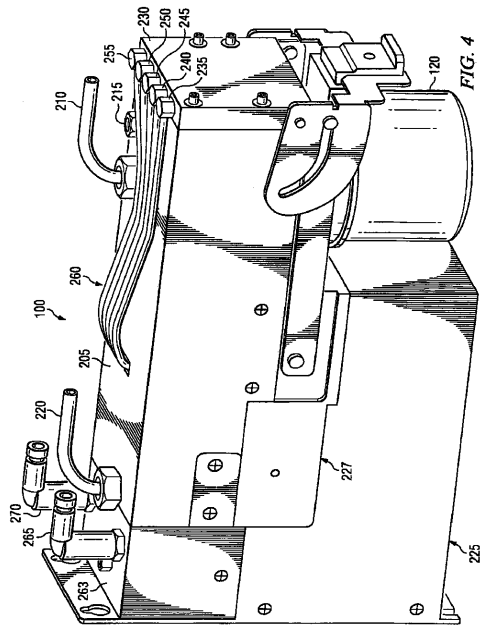
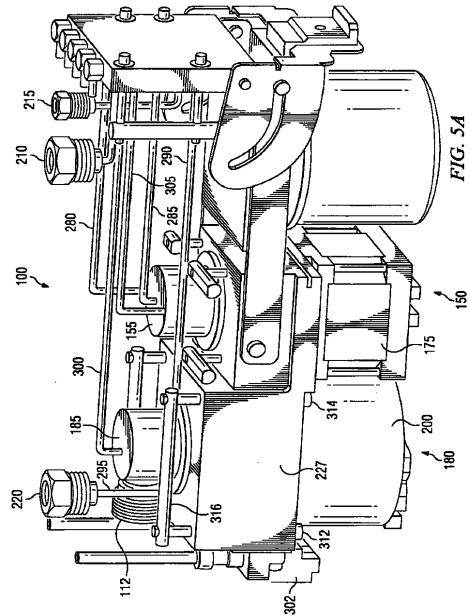


FIG. 3

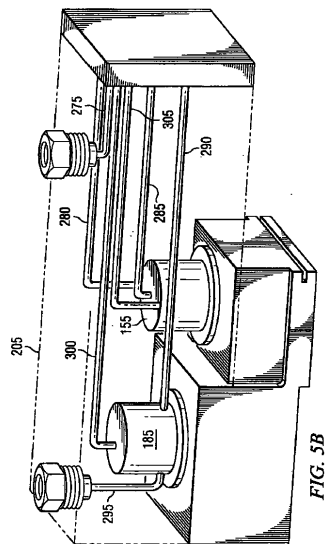
【図 4】



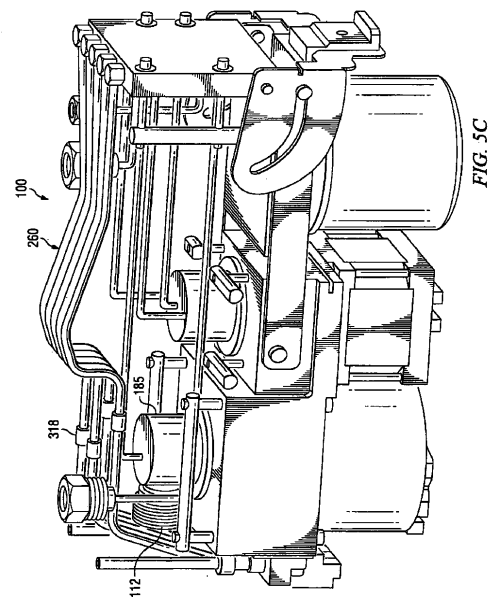
【図 5 A】



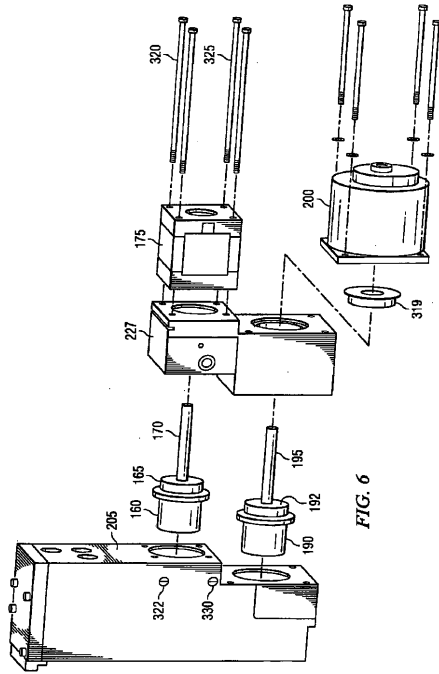
【図 5 B】



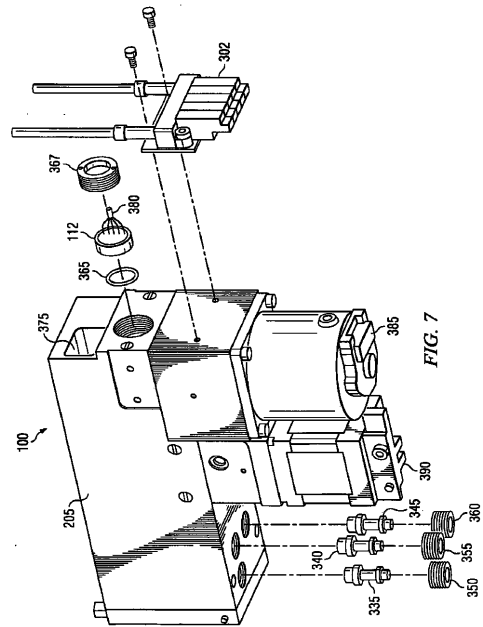
【図 5 C】



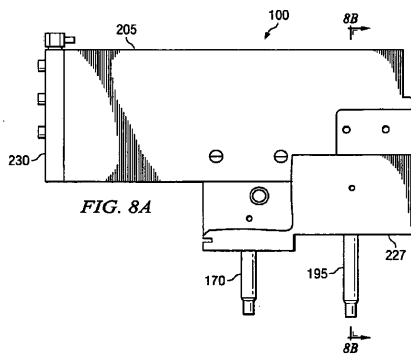
【図 6】



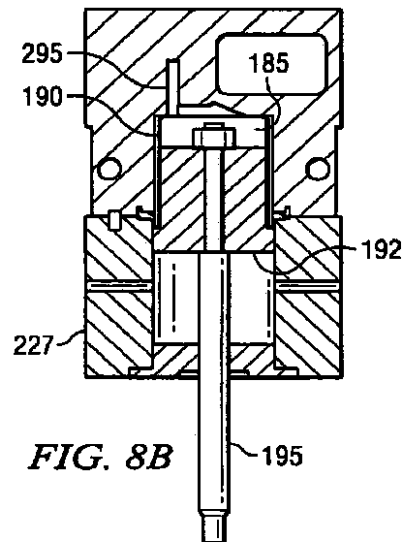
【図 7】



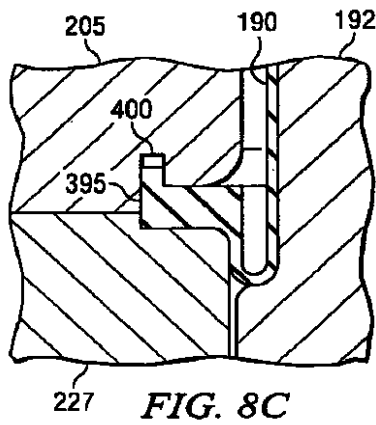
【図 8 A】



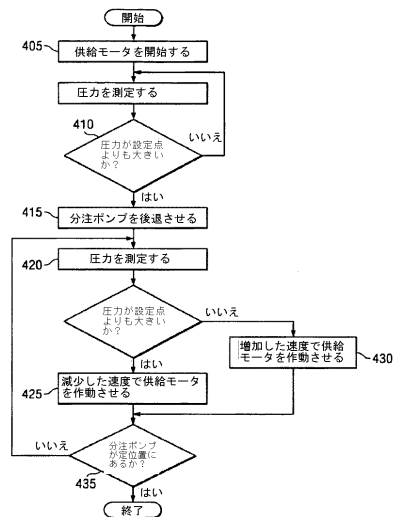
【図 8 B】



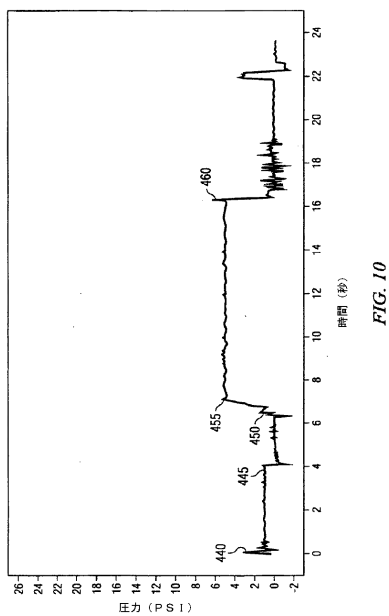
【図 8 C】



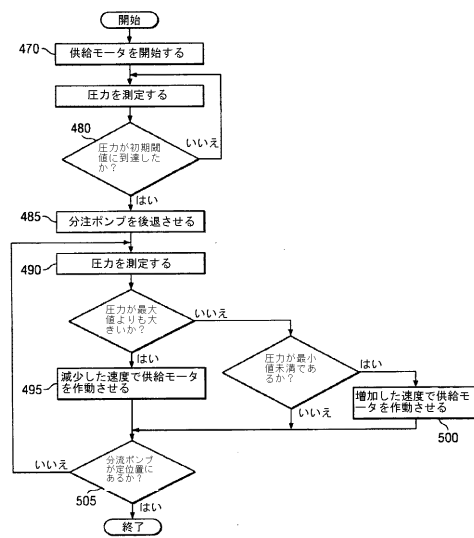
【図 9】



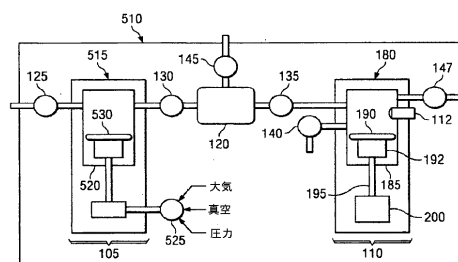
【図 10】



【図 11】



【図 12】



【図 13】

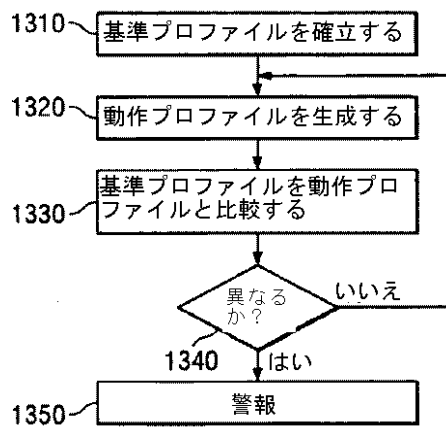


FIG. 13

【図 14】

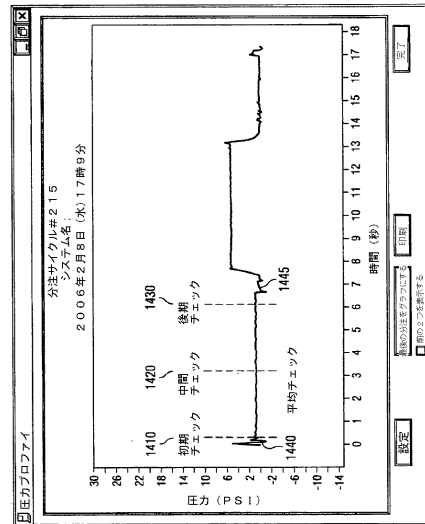


FIG. 14

【図 15】

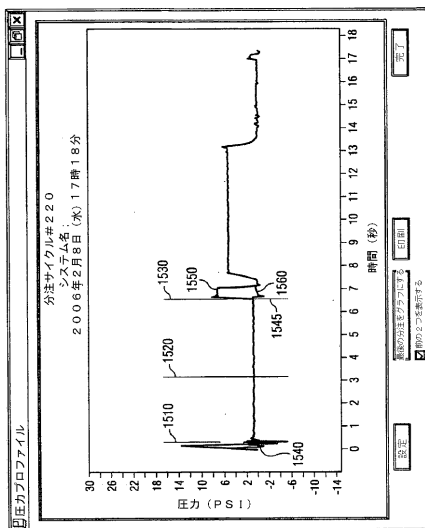


FIG. 15

【図 16 A】

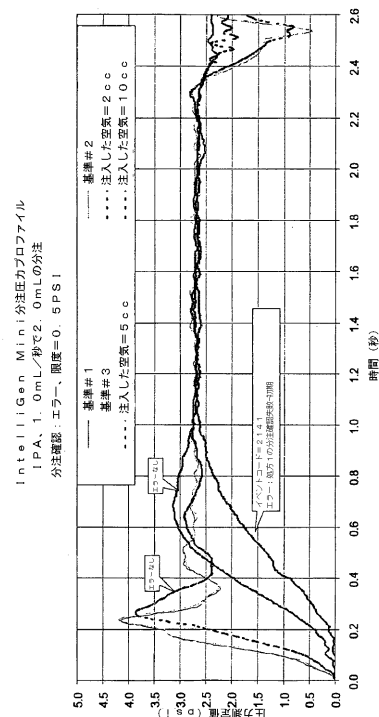


FIGURE 16A

【図 16 B】

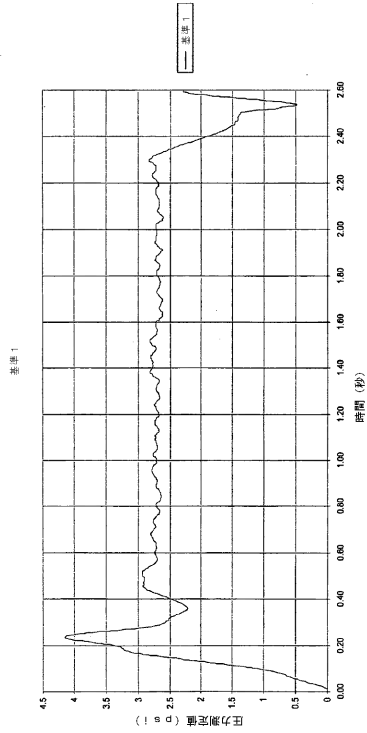


FIGURE 16B

【図 16 C】

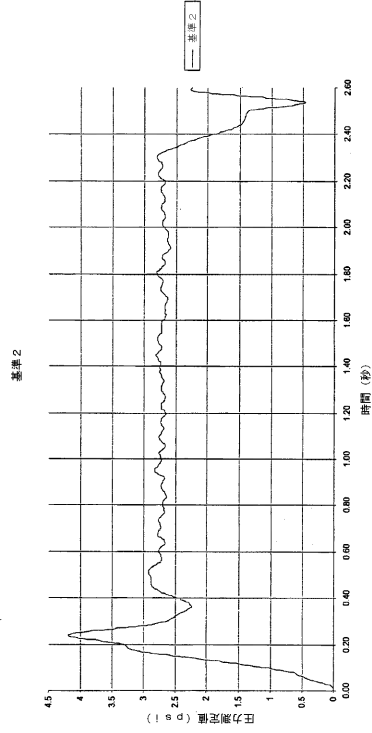


FIGURE 16C

【図 16 D】

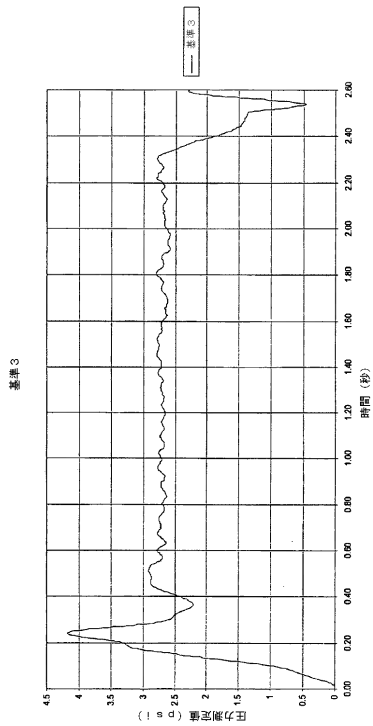


FIGURE 16D

【図 16 E】

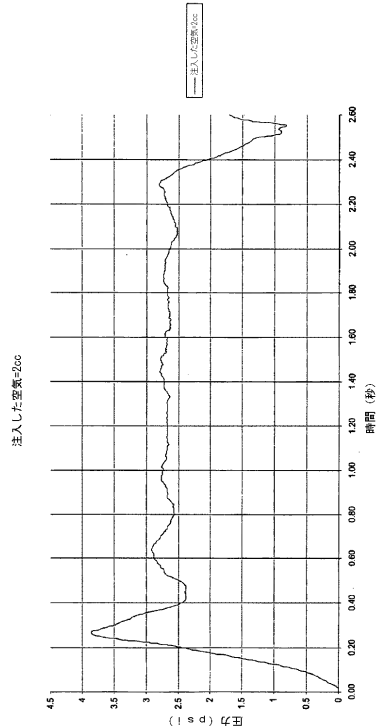


FIGURE 16E

【図 16 F】

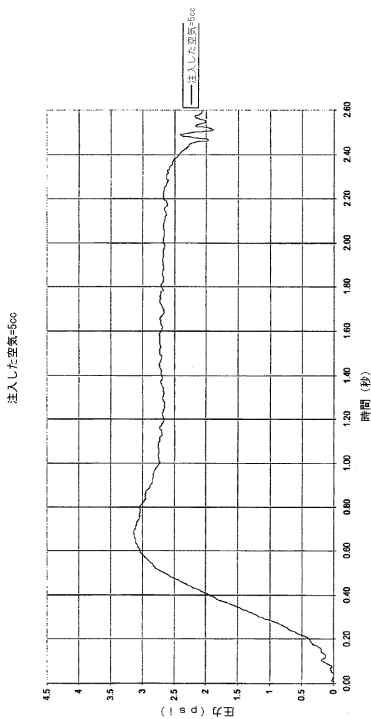


FIGURE 16F

【図 16 G】

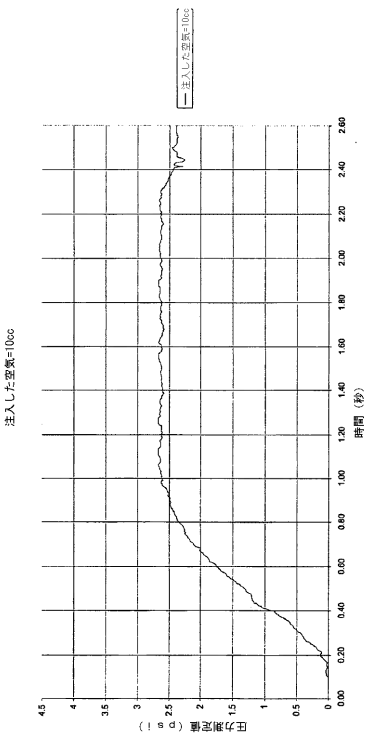


FIGURE 16G

【図 17】

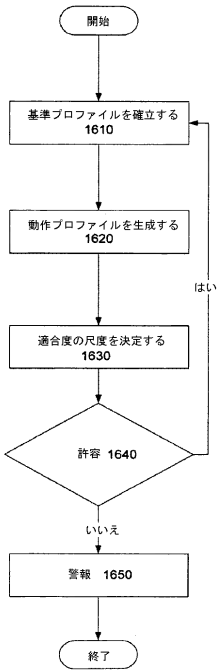


FIGURE 17

【図 18】

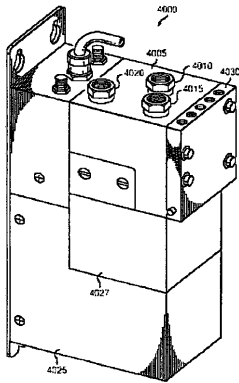


FIGURE 18

フロントページの続き

- (72)発明者 ゴネッラ, ジョージ
アメリカ合衆国 マサチューセッツ 01463-0412, ペPPERレル, エリオット ス
トリート 24
- (72)発明者 セドロン, ジェームス
アメリカ合衆国 マサチューセッツ 02184, ブレーントリー, マグノリア ストリート
104
- (72)発明者 マグーン, ポール
アメリカ合衆国 ニューハンプシャー 03054, メリマック, サラ ドライブ 20

審査官 尾崎 和寛

- (56)参考文献 特開平07-253081 (JP, A)
米国特許第03977255 (US, A)
特開2006-161677 (JP, A)
特開2001-203196 (JP, A)
特開平10-196550 (JP, A)
米国特許第07029238 (US, B1)
米国特許第07013223 (US, B1)
特開2001-304650 (JP, A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
F04B49/00 ~ 51/00