

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4887283号  
(P4887283)

(45) 発行日 平成24年2月29日 (2012.2.29)

(24) 登録日 平成23年12月16日 (2011.12.16)

(51) Int. Cl. F I  
**G05D 16/00 (2006.01)** G05D 16/00 C

請求項の数 31 (全 18 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2007-502811 (P2007-502811)                  (86) (22) 出願日 平成17年2月1日 (2005.2.1)                  (65) 公表番号 特表2007-528556 (P2007-528556A)                  (43) 公表日 平成19年10月11日 (2007.10.11)                  (86) 国際出願番号 PCT/US2005/003613                  (87) 国際公開番号 W02005/093304                  (87) 国際公開日 平成17年10月6日 (2005.10.6)                  審査請求日 平成20年2月1日 (2008.2.1)                  (31) 優先権主張番号 10/796,723                  (32) 優先日 平成16年3月9日 (2004.3.9)                  (33) 優先権主張国 米国 (US)</p>	<p>(73) 特許権者 592053963                  エム ケー エス インストルメンツ インコーポレーテッド                  MKS INSTRUMENTS, INCORPORATED                  アメリカ合衆国マサチューセッツ州01810, アンドーバー, テック・ドライブ 2, スイート 201                  (74) 代理人 100140109                  弁理士 小野 新次郎                  (74) 代理人 100075270                  弁理士 小林 泰                  (74) 代理人 100080137                  弁理士 千葉 昭男</p>
---	---

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 遠隔区域における圧力を制御するシステム及び方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

i を 1 から N までの整数として、i 個のチャンバに管を介してそれぞれが接続可能な i 個のラインを通過する流体フローを制御するシステムであって、

前記 i 個のラインのそれぞれにおける少なくとも 1 つの弁と、

前記 i 個のラインのそれぞれに動作的に接続された圧力トランスデューサと、

後述する物理パラメータを受け取る第 1 の入力手段と、

前記圧力トランスデューサと前記第 1 の入力手段とに接続されており、前記 i 個のラインのそれぞれに対して、前記圧力トランスデューサからフロー・ライン i における測定された圧力を受け取り、前記第 1 の入力手段から後述する物理パラメータを受け取り、前記チャンバ i の圧力を推計するようにプログラムされたチャンバ圧力推計手段と、

10

前記 i 個のチャンバのそれぞれに対する圧力設定点を受け取る第 2 の入力手段と、

前記ライン i の弁と前記チャンバ圧力推計手段と前記第 2 の入力手段とに接続されており、前記第 2 の入力手段から前記チャンバ i に対する圧力設定点を受け取り、前記チャンバ圧力推計手段から前記チャンバ i の圧力推計を受け取り、前記チャンバ i に対する圧力設定点と前記チャンバ i の圧力推計とを比較し、前記推計が前記設定点と等しくない場合には、前記推計が前記設定点と等しくなるまで前記ライン i の弁を動作させるようにプログラムされた制御手段と、

を含み、

物理パラメータは、前記ラインを前記チャンバ i に接続する管に関連する定数 ( C t u

20

$\beta_{e,i}$  及び  $\tau_{ube,i}$  ) と、それぞれのチャンバ  $i$  の体積 ( $V_{z,i}$  ) と、STP 条件の下にあるそれぞれのチャンバ  $i$  の初期体積 ( $V_{z0,i}$  ) と、体積拡張/縮小時定数 ( $\tau_v$  ) と、チャンバ  $i$  の膨張/縮小係数 ( $\gamma_{i,i}$  ) と、チャンバ  $i$  とチャンバ  $j$  との間の結合係数 ( $\gamma_{i,j}$  ) とを含み、

前記圧力推計手段は、前記チャンバ  $i$  の圧力推計の  $n$  番目のサンプルである次の  $P^{(n)}$   $_{z,i}$  (ただし、 $P$  の上に配置される) を計算するようにプログラムされており、

【数 1】

$$\hat{P}_{z,i}^{(n)} = \hat{P}_{z,i}^{(n-1)} + \Delta t \left( \frac{P_{STP}}{\hat{V}_{z,i}^{(n)}} \hat{Q}_{z,i}^{(n)} + \frac{\hat{P}_{z,i}^{(n-1)}}{\tau_v \hat{V}_{z,i}^{(n)}} \left[ \hat{V}_{z,i}^{(n)} - V_{x0,i} - \gamma_{ii} (\hat{P}_{z,i}^{(n-1)} - P_{STP}) - \sum_{k \neq j} \gamma_{ik} (\hat{P}_{z,i}^{(n-1)} - \hat{P}_{z,j}^{(n-1)}) \right] \right) \quad 10$$

$$\hat{Q}_{z,i}^{(n)} = \frac{\hat{Q}_{z,i}^{(n-1)} + \Delta t C_{pipe,i} (P_{b,i}^{(n)} - \hat{P}_{z,i}^{(n-1)})}{\left( 1 + \frac{\Delta t}{\tau_{pipe,i}} \right)} \quad 20$$

$$\hat{V}_{z,i}^{(n)} = \frac{\hat{V}_{z,i}^{(n-1)} + \frac{\Delta t}{\tau_v} \left[ V_{x0,i} + \gamma_{ii} (\hat{P}_{z,i}^{(n-1)} - P_{STP}) + \sum_{k \neq j} \gamma_{ik} (\hat{P}_{z,i}^{(n-1)} - \hat{P}_{z,j}^{(n-1)}) \right]}{\left( 1 + \frac{\Delta t}{\tau_v} \right)}$$

ここで、 $P_b$  は測定された圧力であり、 $n$  は時間に依存し、

前記制御手段は、前記第 2 の入力手段から前記  $i$  個のチャンバのそれぞれに対する  $n$  番目の圧力設定点を受け取り、前記チャンバ圧力推計手段から前記  $i$  個のチャンバのそれぞれに対する圧力推計の  $n$  番目のサンプルを受け取り、前記  $i$  個のチャンバのそれぞれに対する  $n$  番目の圧力設定点と前記チャンバ  $i$  の圧力推計の  $n$  番目のサンプルとを比較し、前記  $n$  番目のサンプルが前記  $n$  番目の設定点と等しくない場合には、前記サンプルが前記設定点と等しくなるまで前記弁を動作させるようにプログラムされていることを特徴とするシステム。

【請求項 2】

請求項 1 記載のシステムにおいて、前記  $i$  個のラインの入口に接続された圧力マニホールドを更を含むことを特徴とするシステム。

【請求項 3】

請求項 1 記載のシステムにおいて、前記  $i$  個のラインの出口に接続された真空マニホールドを更を含むことを特徴とするシステム。

【請求項 4】

請求項 1 記載のシステムにおいて、前記  $i$  個のラインのそれぞれの弁は、圧力源を前記ラインと接続する入口弁と、真空源を前記ラインと接続する出口弁とを含み、前記制御手段は、前記入口弁と前記出口弁とに接続されており、前記圧力推計が前記圧力設定点と等しくなるまで前記入口弁と前記出口弁とを動作させるようにプログラムされていることを特徴とするシステム。

【請求項 5】

請求項 4 記載のシステムにおいて、前記入口弁に接続された圧力源を更を含むことを特徴とするシステム。

【請求項 6】

請求項 5 記載のシステムにおいて、前記圧力源を前記入口弁に接続する圧力マニホールドを更に含むことを特徴とするシステム。

【請求項 7】

請求項 4 記載のシステムにおいて、前記出口弁に接続された真空源を更に含むことを特徴とするシステム。

【請求項 8】

請求項 7 記載のシステムにおいて、前記真空源を前記出口弁に接続する真空マニホールドを更に含むことを特徴とするシステム。

【請求項 9】

請求項 8 記載のシステムにおいて、前記真空マニホールドはベンチュリ管を含むことを特徴とするシステム。

10

【請求項 10】

請求項 1 記載のシステムにおいて、前記  $i$  個のチャンバは硬質の壁を有していることを特徴とするシステム。

【請求項 11】

請求項 1 記載のシステムにおいて、前記  $i$  個のチャンバは可撓性の壁を有していることを特徴とするシステム。

【請求項 12】

請求項 1 記載のシステムにおいて、前記  $i$  個のチャンバは連結されていることを特徴とするシステム。

20

【請求項 13】

請求項 1 記載のシステムにおいて、前記  $i$  個のチャンバは連結されていないことを特徴とするシステム。

【請求項 14】

請求項 1 記載のシステムにおいて、前記第 1 の入力手段はキーボードを含むことを特徴とするシステム。

【請求項 15】

$i$  を 1 から  $N$  までの整数として、請求項 1 記載のシステムを含み、前記  $i$  個のラインに管を介してそれぞれ接続された  $i$  個のチャンバを更に含むことを特徴とする機械。

【請求項 16】

30

請求項 15 記載の機械において、前記第 2 の入力手段に接続されておりこの機械の前記  $i$  個のチャンバのそれぞれに対して前記圧力設定点を提供するようにプログラムされている機械制御手段を更に含んでいることを特徴とする機械。

【請求項 17】

請求項 15 記載の機械において、前記  $i$  個のチャンバを含む C M P キャリア・ヘッドを更に含むことを特徴とする機械。

【請求項 18】

請求項 17 記載の機械において、前記キャリア・ヘッドのチャンバは少なくとも部分的には可撓的に弾力性を有するプラグによって形成されていることを特徴とする機械。

【請求項 19】

40

請求項 18 記載の機械において、前記キャリア・ヘッドのチャンバは相互に圧迫を加えることを特徴とする機械。

【請求項 20】

$i$  を 1 から  $N$  までの整数として、 $i$  個のチャンバに管を介してそれぞれが接続可能な  $i$  個のラインを通過する流体フローを制御する方法であって、

前記フロー・ラインにおける測定された圧力を受け取るステップと、

後述する物理パラメータを受け取るステップと、

後述する物理パラメータに基づいて前記チャンバ  $i$  の圧力を推計するステップと、

前記  $i$  個のチャンバのそれぞれに対する圧力設定点を受け取るステップと、

前記  $i$  個のチャンバのそれぞれに対する圧力設定点と前記  $i$  個のチャンバのそれぞれに

50

対する圧力推計とを比較し、前記圧力推計が前記設定点と等しくない場合には、前記圧力推計が前記設定点と等しくなるまで前記フロー・ライン  $i$  を流れるフローを修正するステップと、

を含み、

物理パラメータは、前記ラインを前記チャンバ  $i$  に接続する管に関連する定数 ( $C_{tube, i}$  及び  $\tau_{tube, i}$ ) と、それぞれのチャンバ  $i$  の体積 ( $V_{z, i}$ ) と、STP条件の下にあるそれぞれのチャンバの初期体積 ( $V_{z0, i}$ ) と、体積膨張/縮小時定数 ( $\tau_v$ ) と、チャンバ  $i$  の膨張/縮小係数 ( $\gamma_{ii}$ ) と、チャンバ  $i$  とチャンバ  $j$  との間の結合係数 ( $\gamma_{ij}$ ) とを含み、

前記チャンバ  $i$  の圧力推計の  $n$  番目のサンプルである次の  $P^{(n)}_{z, i}$  (ただし、 $P$  の上に配置される) を計算するようにプログラムされており、

【数 2】

$$\hat{P}_{z,i}^{(n)} = \hat{P}_{z,i}^{(n-1)} + \Delta t \left( \frac{P_{STP}}{\hat{V}_{z,i}^{(n)}} \hat{Q}_{z,i}^{(n)} + \frac{\hat{P}_{z,i}^{(n-1)}}{\tau_v \hat{V}_{z,i}^{(n)}} \left[ \hat{V}_{z,i}^{(n)} - V_{z0,i} - \gamma_{ii} (\hat{P}_{z,i}^{(n-1)} - P_{STP}) - \sum_{k \neq j} \gamma_{ik} (\hat{P}_{z,i}^{(n-1)} - \hat{P}_{z,k}^{(n-1)}) \right] \right)$$

$$\hat{Q}_{z,i}^{(n)} = \frac{\hat{Q}_{z,i}^{(n-1)} + \Delta t C_{pipe,i} (P_{b,i}^{(n)} - \hat{P}_{z,i}^{(n-1)})}{\left( 1 + \frac{\Delta t}{\tau_{pipe,i}} \right)}$$

$$\hat{V}_{z,i}^{(n)} = \frac{\hat{V}_{z,i}^{(n-1)} + \frac{\Delta t}{\tau_v} \left[ V_{z0,i} + \gamma_{ii} (\hat{P}_{z,i}^{(n-1)} - P_{STP}) + \sum_{k \neq j} \gamma_{ik} (\hat{P}_{z,i}^{(n-1)} - \hat{P}_{z,k}^{(n-1)}) \right]}{\left( 1 + \frac{\Delta t}{\tau_v} \right)}$$

ここで、 $P_b$  は測定された圧力であり、 $n$  は時間に依存し、

前記  $i$  個のチャンバのそれぞれに対する  $n$  番目の圧力設定点が受け取られ、前記  $i$  個のチャンバのそれぞれに対する  $n$  番目の圧力設定点と前記チャンバ  $i$  の圧力推計の  $n$  番目のサンプルとが比較され、前記  $n$  番目のサンプルが前記  $n$  番目の設定点と等しくない場合には、前記サンプルが前記設定点と等しくなるまで前記フロー・ラインを流れるフローが修正されることを特徴とする方法。

【請求項 2 1】

請求項 2 0 記載の方法において、前記  $i$  個のチャンバは硬質の壁を有していることを特徴とする方法。

【請求項 2 2】

請求項 2 0 記載の方法において、前記  $i$  個のチャンバは可撓性の壁を有していることを特徴とする方法。

【請求項 2 3】

請求項 2 0 記載の方法において、前記  $i$  個のチャンバは連結されていることを特徴とする方法。

【請求項 2 4】

請求項 2 0 記載の方法において、前記  $i$  個のチャンバは連結されていないことを特徴とする方法。

【請求項 2 5】

$i$  を 1 から  $N$  までの整数として、 $i$  個のチャンバにそれぞれが接続可能な  $i$  個のライン

10

20

30

40

50

のそれぞれの中に対応する圧力を制御することにより  $i$  個のチャンバのそれぞれの中の圧力を制御するシステムであって、

それぞれのラインを流れる流体フローを制御するように接続された少なくとも 1 つの制御弁と、

それぞれのラインにおける圧力を測定するように接続された圧力トランスデューサと、

それぞれの圧力トランスデューサに接続されており、前記  $i$  個のラインのそれぞれに対して、前記圧力トランスデューサからフロー・ライン  $i$  における測定された圧力を受け取り、前記チャンバ  $i$  における推計された圧力を、後述する物理パラメータと前記圧力トランスデューサによって提供された測定された圧力との関数として計算するようにプログラムされたチャンバ圧力推計手段と、

10

対応するライン  $i$  のそれぞれの弁と前記チャンバ圧力推計手段とに接続されており、前記弁を動作させ、圧力設定点と前記チャンバ圧力推計手段からの前記チャンバ  $i$  の推計された圧力との関数として、前記対応するライン  $i$  における流体フローを制御するようにプログラムされた制御手段と、

を含み、

物理パラメータは、前記ラインを前記チャンバ  $i$  に接続する管に関連する定数 ( $C_{tube, i}$  及び  $\tau_{tube, i}$ ) と、それぞれのチャンバ  $i$  の体積 ( $V_{z, i}$ ) と、STP 条件の下にあるそれぞれのチャンバ  $i$  の初期体積 ( $V_{z0, i}$ ) と、体積拡張/縮小時定数 ( $\tau_v$ ) と、チャンバ  $i$  の膨張/縮小係数 ( $\gamma_{ii}$ ) と、チャンバ  $i$  とチャンバ  $j$  との間の結合係数 ( $\gamma_{ij}$ ) とを含み、

20

前記圧力推計手段は、前記チャンバ  $i$  の圧力推計の  $n$  番目のサンプルである次の  $P_{z, i}^{(n)}$  (ただし、 $P$  の上に配置される) を計算するようにプログラムされており、

【数 3】

$$\hat{P}_{z,i}^{(n)} = \hat{P}_{z,i}^{(n-1)} + \Delta t \left( \frac{P_{STP}}{\hat{V}_{z,i}^{(n)}} \hat{Q}_{z,i}^{(n)} + \frac{\hat{P}_{z,i}^{(n-1)}}{\tau_v \hat{V}_{z,i}^{(n)}} \left[ \hat{V}_{z,i}^{(n)} - V_{z0,i} - \gamma_{ii} (\hat{P}_{z,i}^{(n-1)} - P_{STP}) - \sum_{k \neq j} \gamma_{ik} (\hat{P}_{z,i}^{(n-1)} - \hat{P}_{z,k}^{(n-1)}) \right] \right)$$

30

$$\hat{Q}_{z,i}^{(n)} = \frac{\hat{Q}_{z,i}^{(n-1)} + \Delta t C_{pipe,i} (P_{b,i}^{(n)} - \hat{P}_{z,i}^{(n-1)})}{\left( 1 + \frac{\Delta t}{\tau_{pipe,i}} \right)}$$

$$\hat{V}_{z,i}^{(n)} = \frac{\hat{V}_{z,i}^{(n-1)} + \frac{\Delta t}{\tau_v} \left[ V_{z0,i} + \gamma_{ii} (\hat{P}_{z,i}^{(n-1)} - P_{STP}) + \sum_{k \neq j} \gamma_{ik} (\hat{P}_{z,i}^{(n-1)} - \hat{P}_{z,k}^{(n-1)}) \right]}{\left( 1 + \frac{\Delta t}{\tau_v} \right)}$$

40

ここで、 $P_b$  は測定された圧力であり、 $n$  は時間に依存し、

前記制御手段は、前記第 2 の入力手段から前記  $i$  個のチャンバのそれぞれに対する  $n$  番目の圧力設定点を受け取り、前記チャンバ圧力推計手段から前記  $i$  個のチャンバのそれぞれに対する圧力推計の  $n$  番目のサンプルを受け取り、前記  $i$  個のチャンバのそれぞれに対する  $n$  番目の圧力設定点と前記チャンバ  $i$  の圧力推計の  $n$  番目のサンプルとを比較し、前記  $n$  番目のサンプルが前記  $n$  番目の設定点と等しくない場合には、前記サンプルが前記設定点と等しくなるまで前記弁を動作させるようにプログラムされていることを特徴とするシステム。

50

## 【請求項 26】

請求項 25 記載のシステムを含む機械において、前記  $i$  個のラインにそれぞれ接続された  $i$  個のチャンバを更に含むことを特徴とする機械。

## 【請求項 27】

請求項 26 記載の機械において、前記制御手段に接続されておりこの機械の前記  $i$  個のチャンバのそれぞれに対して前記圧力設定点を提供するようにプログラムされている機械制御手段を更に含んでいることを特徴とする機械。

## 【請求項 28】

請求項 27 記載の機械において、前記  $i$  個のチャンバを含む CMP キャリア・ヘッドを更に含むことを特徴とする機械。

10

## 【請求項 29】

請求項 28 記載の機械において、前記キャリア・ヘッドのチャンバは少なくとも部分的には可撓的に弾力性を有するブラダによって形成されていることを特徴とする機械。

## 【請求項 30】

請求項 29 記載の機械において、前記キャリア・ヘッドのチャンバは相互に圧迫を加えることを特徴とする機械。

## 【請求項 31】

$i$  を 1 から  $N$  までの整数として、 $i$  個のチャンバにそれぞれが接続可能な  $i$  個のフロー・ラインのそれぞれにおける対応する圧力を制御することによって、 $i$  個のチャンバのそれぞれの中の圧力を制御する方法であって、

20

少なくとも 1 つの制御弁を有するそれぞれのラインを通過する流体フローを制御するステップと、

それぞれのラインにおける圧力を測定するステップと、

前記チャンバ  $i$  の中の推計された圧力を、後述する物理パラメータと対応するフロー・ライン  $i$  における測定された圧力との関数として計算するステップと、

前記弁を動作させて、前記対応するフロー・ライン  $i$  における流体フローを、設定点と前記チャンバ  $i$  の中の推計された圧力との関数として制御するステップと、  
を含み、

物理パラメータは、前記ラインを前記チャンバ  $i$  に接続する管に関連する定数 ( $C_{tube, i}$  及び  $t_{tube, i}$ ) と、それぞれのチャンバ  $i$  の体積 ( $V_{z, i}$ ) と、STP 条件の下にあるそれぞれのチャンバ  $i$  の初期体積 ( $V_{z, 0, i}$ ) と、体積拡張/縮小時定数 ( $\tau_v$ ) と、チャンバ  $i$  の膨張/縮小係数 ( $\beta_{i, i}$ ) と、チャンバ  $i$  とチャンバ  $j$  との間の結合係数 ( $\beta_{i, j}$ ) とを含み、

30

前記圧力推計手段は、前記チャンバ  $i$  の圧力推計の  $n$  番目のサンプルである次の  $P^{(n)}_{z, i}$  (ただし、 $P$  の上に配置される) を計算するようにプログラムされており、

、

【数 4】

$$\hat{P}_{z,i}^{(n)} = \hat{P}_{z,i}^{(n-1)} + \Delta t \left( \frac{P_{STP}}{\hat{V}_{z,i}^{(n)}} \hat{Q}_{z,i}^{(n)} + \frac{\hat{P}_{z,i}^{(n-1)}}{\tau_v \hat{V}_{z,i}^{(n)}} \left[ \hat{V}_{z,i}^{(n)} - V_{x0,i} - \gamma_H (\hat{P}_{z,i}^{(n-1)} - P_{STP}) - \sum_{k \neq j} \gamma_{ij} (\hat{P}_{z,i}^{(n-1)} - \hat{P}_{z,j}^{(n-1)}) \right] \right)$$

$$\hat{Q}_{z,i}^{(n)} = \frac{\hat{Q}_{z,i}^{(n-1)} + \Delta t C_{pipe,i} (P_{b,i}^{(n)} - \hat{P}_{z,i}^{(n-1)})}{\left( 1 + \frac{\Delta t}{\tau_{pipe,i}} \right)}$$

10

$$\hat{V}_{z,i}^{(n)} = \frac{\hat{V}_{z,i}^{(n-1)} + \frac{\Delta t}{\tau_v} \left[ V_{x0,i} + \gamma_H (\hat{P}_{z,i}^{(n-1)} - P_{STP}) + \sum_{k \neq j} \gamma_{ij} (\hat{P}_{z,i}^{(n-1)} - \hat{P}_{z,j}^{(n-1)}) \right]}{\left( 1 + \frac{\Delta t}{\tau_v} \right)}$$

ここで、 $P_b$  は測定された圧力であり、 $n$  は時間に依存し、

20

前記  $i$  個のチャンバのそれぞれに対する  $n$  番目の圧力設定点が受け取られ、前記  $i$  個のチャンバのそれぞれに対する  $n$  番目の圧力設定点と前記チャンバ  $i$  の圧力推計の  $n$  番目のサンプルとが比較され、前記  $n$  番目のサンプルが前記  $n$  番目の設定点と等しくない場合には、前記サンプルが前記設定点と等しくなるまで前記フロー・ラインを流れるフローが修正されることを特徴とする方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、広くは、圧力制御システムに関し、更に詳しくは、半導体処理装置において見られるような遠隔区域など、遠隔チャンバ又は区域を加圧及び真空化するシステム及び方法に関する。この場合の遠隔区域は、硬質又は可撓性の壁を有しており、結合されている又は結合されていない。

30

【背景技術】

【0002】

多くの機械及び機器は、その機器の動作の間に加圧される又は真空化されるチャンバ又は区域（ゾーン、zone）を含む。この出願では、区域とは、包囲された体積と等しい意味である。遠隔区域は、可撓性の壁又は硬質の壁を有しており、相互に結合されている場合と結合されていない場合とがある。

【0003】

様々な区域の間の結合には、区域の壁が可撓的であり一方の区域が膨張して別の区域を圧迫する時に生じる体積結合（volumetric coupling）が含まれる。区域ドリフトに接続された真空圧力により出口フローが変更され結果としてフローの変遷が生じる場合には、出口結合（outlet coupling）が生じる。マニホールドの中への著しく急激なフローが存在しその結果として同一の源によって与えられる他の区域すべてに影響を及ぼすライン圧力の低下（過渡現象）が生じるときには、入口結合が生じる。

40

【0004】

化学的機械的研磨（CMP）機械は、使用される間に加圧され真空化される区域を含む機械の例である。CMPとは、半導体製造プロセスの一部として、特にシリコン・ウエハなどの基板を平坦化する方法である。このような基板は、一般に、導電性、半導電性又は絶縁性の層をシーケンシャルに積層して、その後でそれらの層にエッチングを行い回路の

50

形状を作成することによって形成される。一連の層がシーケンシャルに積層されエッチングされると、基板の外側又は最も上側の表面は、ますます非平坦になっていく。従って、そのような基板表面を周期的に平坦化する必要性が存在するのである。

【0005】

平坦化方法は、典型的には、基板がCMP機械のキャリア又は研磨ヘッドの上に搭載されていることを要求する。基板の露出された表面は、キャリア・ヘッドの回転している研磨パッドに接触するように配置され、キャリア・ヘッドは、制御可能な圧力を基板に対して提供し、基板を研磨パッドに押し付ける。少なくとも1つの化学的に反応性の薬剤を含み場合によっては研磨用の粒子を含むスラリが、回転している研磨パッドの表面に供給される。

10

【0006】

典型的なキャリア・ヘッドの内部チャンバ又は区域は、少なくとも部分的には、加圧されている区域の上に膨張し区域の内部の真空化によって生じる真空と接触する弾力性のブラダによって形成される。例えば、キャリア・ヘッドの中の区域への加圧は、基板を回転している研磨パッドに対して圧迫するのに用いることができ、他方で、区域の中に真空を生じさせることは、基板を研磨パッドとの間で転送する間に基板をキャリア・ヘッドに対して保持する吸引を提供するのに用いられる。それぞれの区域における圧力は、研磨パッドがキャリア・ヘッドによって保持されている基板に対して所望の力を加えるように制御することができる。

【0007】

20

キャリア・ヘッドの遠隔区域の中の圧力を制御する気圧制御システムは、圧力トランスデューサと制御可能な弁とを有するフロー制御ラインを含む。気圧制御システムのフロー制御ラインは、例えば1メートル以上の比較的長い管を介して、キャリア・ヘッドの区域に接続することができる。気圧制御システムは、キャリア・ヘッドの区域を、少なくとも1つの真空源と少なくとも1つの圧力源とに接続する。気圧制御システムは、また、圧力トランスデューサから測定値を受け取りキャリア・ヘッドの遠隔区域を真空源に接続することによってキャリア・ヘッドに気圧によって動力を与えることを弁に命令するようにプログラムされたコンピュータに適切に接続されている。

【0008】

従来技術による気圧制御システムに付随する問題点として、このシステムは、そのフロー制御ラインに配置されたトランスデューサによって測定された圧力だけに依存するという点がある。その結果として、制御システムは、気圧制御システムにおける圧力はキャリア・ヘッドの遠隔的に接続された区域における圧力と同じであると仮定することになる。しかし、それは、明らかに正しくないのであって、局所的な圧力過渡状態が気圧制御システムに生じ、それによって、システムの性能の深刻な劣化が生じるのである。

30

【0009】

従って、依然として望まれるのは、これに限定されることは意味しないが、CMPキャリア・ヘッドのチャンバなどの遠隔的に接続された区域を加圧及び真空化し、その区域に遠隔的に接続されたラインにおいてなされた圧力測定値を補償することに用いることができる改良型の圧力制御システム及び方法である。

40

【発明の開示】

【0010】

本発明は、区域の数である  $i = 1$  から  $N$  まで変動する複数区域型のシステムのための任意の圧力制御ソリューションにおいて用いることができるモデル・ベースの圧力観測器を提供する。更に、これらの区域は、硬質又は可撓性の壁を有し、結合型又は非結合型である。

【0011】

本発明のある実施例によると、 $i$  を1から  $N$  までの整数として、 $i$  個の区域に管を介してそれぞれが接続可能な  $i$  個のラインを通過する流体フローを制御するシステムが提供される。このシステムは、前記  $i$  個のラインのそれぞれにおける少なくとも1つの弁及び圧

50

カトランスデューサと、前記弁を制御する制御手段と、前記  $i$  個の区域における圧力を推計（以下、「評価」という場合もある）する区域圧力推計手段（以下、「区域圧力評価手段」という場合もある）と、を含む。

【0012】

前記区域圧力評価手段は、前記圧カトランスデューサと第1の入力手段とに接続されており、前記フロー・ラインにおける測定された圧力（ $P_b$ ）を前記圧カトランスデューサから受け取り、前記第1の入力手段からは、前記ラインを前記区域に接続する管と関連する定数（ $C_{tube, i}$  及び  $t_{tube, i}$ ）と、それぞれの区域の体積（ $V_{z, i}$ ）と、STP条件の下にあるそれぞれの区域の初期体積（ $V_{z0, i}$ ）と、体積膨張/縮小時定数（ $\gamma$ ）と、区域  $i$  の膨張/縮小係数（ $\beta_{ii}$ ）と、区域  $i$  と区域  $j$  との間の結合係数（ $\beta_{ij}$ ）とを受け取り、前記区域  $i$  の評価された圧力の  $n$  番目のサンプルを計算する。ここで、 $n$  は時間に依存し、前記評価された圧力は後述する方程式に従って計算される。

10

【0013】

制御手段は、前記ラインの弁と前記区域圧力評価手段と前記第2の入力手段とに接続されている。この制御手段は、前記第2の入力手段から前記  $i$  個の区域のそれぞれに対する  $n$  番目の圧力設定点を受け取り、前記区域圧力評価手段から前記  $i$  個の区域のそれぞれに対する評価された圧力の  $n$  番目のサンプルを受け取るようにプログラムされている。更に、この制御手段は、前記  $i$  個の区域のそれぞれに対する  $n$  番目の圧力設定点と前記区域圧力評価の  $n$  番目のサンプルとを比較し、前記  $n$  番目のサンプルが前記設定点と等しくない場合には、前記サンプルが前記設定点と等しくなるまで前記の弁を動作させるようにプログラムされている。

20

【0014】

本発明のある側面によると、複数区域型のシステムのすべての区域は、単一の圧力源からの供給を受けて単一の真空排気口に排出され、これらの区域の体積は膨張及び収縮可能であり、区域の体積は相互作用を行う（相互に押し合う）。

【0015】

本発明のこれ以外の側面及び効果として、このシステムは、限定を意味しないが、CMP キャリア・ヘッドのチャンバなど遠隔的に接続された複数の区域の加圧及び真空化に用いることができる。このシステムは、区域に遠隔的に接続されたラインにおいて測定された圧力測定値を補償し、複数区域型のシステムの加圧及び真空化に用いることができる。この場合、区域の壁は硬質であったり可撓性であったりしうるし、結合型の場合も非結合型の場合もある。

30

【0016】

本発明のこれ以外の特徴及び効果は、本発明の実施例を例示的に示し説明している以下の詳細な説明を読めば、当業者であれば理解できるはずである。理解できるように、本発明は、本発明から離れることなく様々な明らかな点において修正が可能である。従って、添付の図面及び詳細な説明は、制限を意味せず、あくまで例示的な性質を有する。

【発明を実施するための最良の形態】

【0017】

以下の説明では添付の図面を参照するが、添付の図面において、同一の参照符号を有する要素は同じ要素を表している。

40

図1は、本発明に従って構築されたシステム100の実施例を示しており、このシステム100は、化学的機械的平坦化（CMP）機械10などの機械の遠隔的な区域  $Z_i$  に真空源30と圧力源40とを接続する気圧マニホールド110を制御する。ここで、 $i$  は1から  $N$  までの整数である。これら複数の区域  $Z_i$  は、硬質の又は可撓性の壁を有し、結合型又は非結合型である。

【0018】

マニホールド110に加えて、図1のシステム100は、区域圧力評価計120と制御装置130とを含む。区域圧力評価計120と制御装置130とは、共に、別個に提供され

50

る又は一体のユニットとして提供されるコンピュータを含む。例えば、本発明の区域圧力評価計 120 は、別個の装置として提供されることもあるし、既存の圧力制御システムに「アフターマーケット」部品として追加されることもあり、更に、新規に製造される圧力制御システムにおいて制御装置 130 と一体化して提供されることもありうる。

【0019】

図 2 に示されているように、システム・マニホールド 110 は、フロー制御ライン  $b_i$  を含む。ここで  $i$  は 1 から  $N$  までの整数であり、遠隔区域  $Z_i$  の数と対応している。フロー制御ライン  $b_i$  は、入口マニホールド「L」とベンチュリを有するマニホールド「man」との間に接続されていて、真空源 30 と圧力源 40 とを遠隔区域  $Z_i$  に接続する。それぞれのフロー制御ライン  $b_i$  は、圧力源 40 を遠隔区域  $Z_i$  に接続する入口弁 112 と、フロー制御ライン  $b_i$  における圧力を測定する圧力トランスデューサ 114 と、遠隔区域  $Z_i$  を真空源 30 に接続する出口弁 116 とを含む。

10

【0020】

図 1 の区域圧力評価計 120 は、図 2 に示されているように、システム・マニホールド 110 のトランスデューサ 114 からの圧力測定値を受け取り、システム 100 の物理パラメータを受け取るようにプログラムされている。これらの物理パラメータは、第 1 の入力装置 122 を介して、図 1 に示されているように、オペレータによって入力される。入力装置 122 は、例えば、キーボードとマウスとモニタとで構成される。区域圧力評価計 120 は、更に、これらの圧力測定値と物理パラメータとを用い、後で詳述するアルゴリズムを用いて、それぞれの区域  $Z_i$  に対する圧力評価を計算して提供する。

20

【0021】

図 1 のシステム制御装置 130 は、図 2 に示されているように、区域圧力評価計 120 から区域圧力評価を受け取り、遠隔区域  $Z_i$  のそれぞれに対する圧力設定点を受け取り、これらの区域圧力評価と圧力設定点とを用いてシステム・マニホールド 110 の弁 112 及び 116 を制御する。圧力設定点は、第 2 の入力装置（又は、上述した第 1 の入力装置）を用いてオペレータによって入力されるが、図 1 に示されているように、処理機械 10 の制御装置 20 によって入力されることもある。

【0022】

図 2 の実施例では、すべての区域  $Z_i$  は、単一の圧力源呼吸センサ 30 からの供給を受け、単一の真空排気口 30 に排出がなされている。遠隔区域  $Z_i$  は、膨張及び収縮可能な体積を有し、区域  $Z_i$  の体積は相互作用（相互に押し合う）をする。

30

【0023】

本発明のシステムの使用例として、図 3 に、図 1 の気圧制御システム 100 が CMP 機械 10 のキャリア・ヘッド 16 のロータリ・ユニオンに接続された様子が示されている。キャリア・ヘッド 16 は、それ自体の軸の周囲を独立に回転し、回転モータ 14 をキャリア・ヘッド 16 に接続するキャリア駆動シャフト 12 を有している。駆動モータ 14 の上にあるロータリ・ユニオン 18 は、流体ライン  $F_i$  を駆動シャフト 12 のチャネル  $C_i$  に結合している。なおここで、 $i$  は 1 から  $N$  までの整数であり、遠隔区域  $Z_i$  の数に対応する。そして、チャネル  $C_i$  は、それぞれが、キャリア・ヘッド 16 の中に含まれる遠隔区域  $Z_i$  に接続される。

40

【0024】

明示的には示されていないが、キャリア・ヘッド 16 の遠隔区域  $Z_i$  は、少なくとも部分的には、区域  $Z_i$  が加圧されると膨張し区域  $Z_i$  の内部に真空が形成されると収縮する弾力的なブラダによって形成されている。例えば、キャリア・ヘッド 16 の中の 1 つの区域  $Z_i$  への加圧は、基板を回転している研磨パッドに押し付けるのに用いられ、同じ区域  $Z_i$  の中の真空形成は、基板を研磨パッドとの間で移動させる間に基板をキャリア・ヘッド 16 に対して保持する吸引を提供するのに用いられる。更に、それぞれの区域  $Z_i$  における圧力は、研磨パッドがキャリア・ヘッド 16 によって保持された基板に所望の力を加えるように制御される。気圧制御システム 100 は、ロータリ結合部 18 から延長する流体ライン  $F_i$  を真空源 30 と圧力源 40 とに接続する。システム 100 の制御装置 130

50

は、制御可能な弁 1 1 2 及び 1 1 6 を動作させて、キャリア・ヘッド 1 6 の遠隔区域  $Z_i$  を真空源 3 0 と圧力源 3 0 とに選択的に接続し、従って、キャリア・ヘッド 1 6 に気圧的な動力を与える。

【 0 0 2 5 】

従来技術の気圧制御システムに付随する問題として、システムが、マニホールド 1 1 0 のフロー制御ライン  $b_i$  の中に配置されたトランスデューサ 1 1 4 によって測定された圧力だけに依存するという点がある。しかし、フロー制御ライン  $b_i$  におけるトランスデューサ 1 1 4 は、これらのラインの中の圧力を測定するだけであり、キャリア・ヘッド 1 6 の遠隔的に接続された区域  $Z_i$  における圧力は測定しない。その結果として、制御システム 1 3 0 は、フロー制御ライン  $b_i$  の中の圧力はキャリア・ヘッド 1 6 の遠隔的に接続された区域  $Z_i$  における圧力と同じであると仮定することになる。しかし、フロー制御ライン  $b_i$  において局所的な圧力の過渡現象が生じると、これは必ずしも正しくなく、システム性能の深刻な低下につながる可能性がある。

10

【 0 0 2 6 】

本発明は、新規で改良型の圧力制御システム 1 0 0 を提供する。この圧力制御システム 1 0 0 は、例えば C M P キャリア・ヘッド 1 6 などの半導体処理機器の遠隔的に接続された区域  $Z_i$  を加圧し真空化するのに用いることができる。ただし、これに限定されるわけではない。更に、この圧力制御システム 1 0 0 は、区域  $Z_i$  に遠隔的に接続されたフロー制御ライン  $b_i$  において得られた圧力測定値を補償する。この新規で改良型の気圧制御システム 1 0 0 は、区域  $Z_i$  の数が  $i = 1$  から  $i = N$  まで変動する複数区域型のシステムを加圧し真空化するのに用いることができる。更に、この新規で改良型の気圧制御システム 1 0 0 は、硬質又は可撓性の壁を有し相互に結合された又は結合されていない遠隔的に接続された区域  $Z_i$  と共に用いることができる。

20

【 0 0 2 7 】

様々な区域  $Z_i$  の間の結合は、3つの態様で生じうる。区域における体積結合 (volume tric coupling) は、体積の膨張 / 収縮及び体積間の相互作用に起因して生じる。この相互作用は、例えば、一方の区域が膨張し別の区域を圧迫することにより第 2 の区域の内部圧力を上昇させることによって生じる。この場合には、区域の壁は可撓的 (そして、膨張及び収縮可能) である。

【 0 0 2 8 】

排気口における出口結合は、真空圧力レベルがドリフトし出口フローを変更させる場合に生じ、極端な場合には、結果的にフローが詰まった状態と詰まっていない状態との間で遷移する。これは、多くのフローがベンチュリ・ラインの中に投入されるベンチュリ・ポンプの場合に重要である。この場合には、区域の壁は、硬質でも可撓性でもありうる。

30

【 0 0 2 9 】

入口結合は、ある区域の設定点が十分に高く設定されていてそのマニホールドの中への著しいフローの流入があり、結果的にライン圧力が降下する場合 (過渡現象) に生じる。このライン圧力の低下は、圧力源によって圧力を供給されている他のすべての区域に影響する。この場合も、区域の壁は、硬質でも可撓性でもありうる。

【 0 0 3 0 】

注意すべきであるが、ただ 1 つの区域と硬質の壁とを有するシステムは、「非結合型の単一区域システム」と考えられる。独立の入口によって供給され独立の排気口に排出がなされるそのような硬質区域は、多くの場合、「非結合型の複数区域システム」の例である。膨張及び収縮が可能な可撓性の壁を有する単一区域は、「結合型の単一区域システム」と考えられる。図 1 及び図 2 に図解されているシステム 1 0 0 は、「結合型の複数区域システム」であり、その結合のレベルは、入口、出口及び体積結合に基づいて数量化がなされる。

40

【 0 0 3 1 】

区域圧力評価計 1 2 0 は、システム・マニホールド 1 1 0 におけるトランスデューサ 1 1 4 の圧力測定値とシステム 1 0 0 の物理パラメータとモデル・ベースのアルゴリズムとを

50

用いて区域  $Z_i$  の圧力を正確に評価することによって、区域  $Z_i$  のそれぞれにおける圧力を評価するのに用いられる。直接的な結果として、閉ループにおいて区域圧力評価計 120 を用い区域  $Z_i$  における圧力を制御する制御システム 100 は、区域  $Z_i$  において生じないシステム・マニホールド 110 における局所化された圧力過渡現象を克服し、従って、閉ループの制御性能を著しく向上させる。

【0032】

更に、区域圧力評価計 120 は、高度な制御システムの中への一体化が容易であり、入口圧力/フローと出口圧力/フローと区域容積相互作用との静的及び/又は動的な結合を示す複数の区域  $Z_i$  を補償する。区域圧力評価計 120 は、遠隔区域  $Z_i$  のサイズに対していかなる制約も課さない。区域圧力評価計 120 は、また、可撓性の壁を有する区域だけでなく、固定/硬質の壁を揺する区域  $Z_i$  と共に用いることができる。区域圧力評価計 120 は、圧力設定点の異なる範囲に対して有効であり、高度な制御システムの中に一体化されると、一貫した過渡現象と定常現象とを保証する。

10

【0033】

区域圧力評価計 120 を動作させるのに用いられるモデル・ベースのアルゴリズムは、システム・マニホールド 110 の力学と、遠隔区域  $Z_i$  の力学 (dynamics) 及び体積結合とに基づいている。

システム・マニホールド力学：

システム・マニホールド 110 のそれぞれのフロー・ライン  $b_i$  の内部の有効圧力は、次の数式によって定義される。

20

【0034】

【数3】

$$\frac{dP_{b,i}}{dt} = \frac{P_{STP}}{V_{b,i}} (Q_{in,i} - Q_{o,i} - Q_{z,i}) \quad \forall i = 1, 2, \dots, N,$$

【0035】

ここで、 $P_{b,i}$  は  $i$  番目の区域に対する測定チャンバの中のトランスデューサ 114 によって測定された圧力であり、 $P_{STP}$  は標準温度及び圧力 (STP) 状態における圧力であって、 $Q_{in,i}$  は入力フローを意味し、 $Q_{o,i}$  及び  $Q_{z,i}$  は出力フローを意味する。特に、 $Q_{o,i}$  は  $i$  番目のフロー・ライン  $b_i$  からベンチュリ・マニホールドへのフローであり、 $Q_{z,i}$  は  $i$  番目の区域へのフローである。数式 3 では、 $V_{b,i}$  は  $i$  番目の区域に対するフロー・ライン  $b_i$  の体積を意味する。

30

【0036】

ベンチュリ・マニホールド「man」への出力フローは、次の数式によって表すことができる。

【0037】

【数4】

$$Q_{o,i} = f(P_{b,i}, P_{man}, d_{orifice,i}) \quad \forall i = 1, 2, \dots, N,$$

40

【0038】

ここで、 $d_{orifice,i}$  はベンチュリ・マニホールドに供給する測定フロー・ライン  $b_i$  における固定オリフィスの直径であり、 $P_{man}$  は真空ポンプ 30 に接続されたベンチュリ・マニホールドにおける圧力を意味する。注意すべきであるが、オリフィスを流れるフローは、固定されたオリフィスにおける圧力差に応じて、詰まる場合も詰まらない場合もある。

50

区域力学及び体積結合：

それぞれの区域へのフローは、次の力学方程式によって記述することができる（ナビエ・ストークス（Navier-Stokes）方程式から導かれる）。

【0039】

【数5】

$$\frac{dQ_{z,i}}{dt} = (P_{b,i} - P_{z,i})C_{tube,i} - \frac{Q_{z,i}}{\tau_{tube,i}} \quad \forall i = 1, 2, \dots, N,$$

10

【0040】

ここで、 $Q_{z,i}$  及び  $P_{z,i}$  は  $i$  番目の区域への入口フローと  $i$  番目の区域における圧力とをそれぞれ表し、 $C_{tube,i}$  及び  $\tau_{tube,i}$  は測定フロー・ライン  $b$  から区域  $Z_i$  への管と関連する定数である。

【0041】

それぞれの区域  $Z_i$  の中の圧力力学は、次の数式によって記述することができる。

【0042】

【数6】

$$\frac{dP_{z,i}}{dt} = \frac{P_{STP}}{V_{z,i}} Q_{z,i} - \frac{P_{z,i}}{V_{z,i}} \frac{dV_{z,i}}{dt},$$

20

【0043】

ここで、それぞれの区域  $Z_i$  の体積は  $V_{z,i}$  によって表され、複数の区域  $Z_i$  の間の結合に起因する動的な体積相互作用は、次のように数学的に記述することができる。

【0044】

【数7】

$$\tau_v \frac{dV_{z,i}}{dt} + V_{z,i} = \left[ V_{z0,i} + \gamma_{ii}(P_{z,i} - P_{STP}) + \sum_{i \neq j} \gamma_{ij}(P_{z,i} - P_{z,j}) \right],$$

30

【0045】

ここで、 $V_{z0,i}$  は標準温度及び圧力（STP）条件の下でのそれぞれの区域の初期体積であり、 $\tau_v$  は体積膨張/収縮時定数であり、 $\gamma_{ii}$  は膨張/収縮係数であり、 $\gamma_{ij}$  は区域  $i$  と区域  $j$  との間の結合係数である。注意すべきであるが、質量/慣性効果は無視できると仮定する（従って、加速度項は存在しない）。

区域圧力評価計：

制御の目的は、遠隔区域  $Z_i$  の中の圧力を調整することである。しかし、圧力トランスデューサ 114 は、システム・マニホールド 110 のフロー・ライン  $b$  の中に囲われている（区域  $Z_i$  とは逆である）。図 1 に示されるように、システム・マニホールド 110 は、長い管  $F_i$  によって遠隔区域  $Z_i$  から隔てられている。

40

【0046】

1つの解決策は、上述の区域フロー方程式（数式5）を、次のような離散形式に書き直すことである。

【0047】

【数 8】

$$\hat{Q}_{z,i}^{(n)} = \frac{\hat{Q}_{z,i}^{(n-1)} + \Delta t C_{p(pz,i)} (P_{b,i}^{(n)} - \hat{P}_{z,i}^{(n-1)})}{\left(1 + \frac{\Delta t}{\tau_{p(pz,i)}}\right)}$$

【0048】

ここで、 $Q^{(n)}_{z,i}$ （実際の数式では  $Q$  の真上に書かれているが、ここでは、  
10 入力の場合、後に書かれている）は、 $i$  番目の区域へのフロー評価の  $n$  番目のサンプル  
である。なお、 $P_b$  はフロー・ライン圧カトランスデューサ 114 によって測定された圧  
力である。

【0049】

数式 7 による表現の離散的な解は、次のように得られる。

【0050】

【数 9】

$$\hat{V}_{z,i}^{(n)} = \frac{\hat{V}_{z,i}^{(n-1)} + \frac{\Delta t}{\tau_v} \left[ V_{z0,i} + \gamma_H (\hat{P}_{z,i}^{(n-1)} - P_{STP}) + \sum_{k \neq j} \gamma_Y (\hat{P}_{z,i}^{(n-1)} - \hat{P}_{z,j}^{(n-1)}) \right]}{\left(1 + \frac{\Delta t}{\tau_v}\right)}$$

【0051】

ここで、 $V^{(n)}_{z,i}$ （実際の数式では  $V$  の真上に書かれているが、ここでは、  
入力の場合、後に書かれている）は、 $i$  番目の区域への体積評価の  $n$  番目のサンプル  
である。以上の数式 6、8 及び 9 に基づいて、区域圧力評価計 120 のアルゴリズムは、次  
のように構成される。

【0052】

【数 10】

$$\hat{P}_{z,i}^{(n)} = \hat{P}_{z,i}^{(n-1)} + \Delta t \left( \frac{P_{STP}}{\hat{V}_{z,i}^{(n)}} \hat{Q}_{z,i}^{(n)} + \frac{\hat{P}_{z,i}^{(n-1)}}{\tau_v \hat{V}_{z,i}^{(n)}} \left[ \hat{V}_{z,i}^{(n)} - V_{z0,i} - \gamma_H (\hat{P}_{z,i}^{(n-1)} - P_{STP}) - \sum_{k \neq j} \gamma_Y (\hat{P}_{z,i}^{(n-1)} - \hat{P}_{z,j}^{(n-1)}) \right] \right)$$

【0053】

ここで、 $P^{(n)}_{z,i}$ （実際の数式では  $P$  の真上に書かれているが、ここでは、  
入力の場合、後に書かれている）は、 $i$  番目の区域への圧力評価の  $n$  番目のサンプル  
である。 $Q^{(n)}_{z,i}$ （実際の数式では  $Q$  の真上に書かれているが、ここでは、  
40 入力の場合、後に書かれている）は、数式 8 において定義されたフロー評価から得られる  
が、あるいは、直接的なフロー測定値  $Q_z$  が得られるときには  $Q_z$  によって代替すること  
ができる。 $V^{(n)}_{z,i}$ （実際の数式では  $V$  の真上に書かれているが、ここでは、  
入力の場合、後に書かれている）は数式 9 から得られる。

【0054】

構成上の理由から体積の膨張を示さず従って体積結合を示さない固定された体積（すな  
わち、硬質の壁）の場合には、1 から  $N$  までの任意の整数  $i$  及び  $j$  に対して、 $i_j = 0$   
である。その結果、数式 7 の表現は  $V_{z,i} = V_{z0,i}$  であり、任意の  $n$  に対して  $V^{(n)}_{z,i}$   
（実際の数式では  $V$  の真上に書かれているが、ここでは、入力の場合、  
後に書かれている）=  $V_{z0,i}$  である。従って、数式 10 から、硬質の壁を有し固定  
された体積を有する  $P^{(n)}_{z,i}$ （実際の数式では  $P$  の真上に書かれているが、  
50

ここでは、入力の都合上、後に書かれている)は、次のように書き直すことができる。

【0055】

【数11】

$$\hat{P}_{z,i}^{(n)} = \hat{P}_{z,i}^{(n-1)} + \Delta t \frac{P_{STP}}{V_{z0,i}} \hat{Q}_{z,i}^{(n)}$$

【0056】

注意すべきであるが、評価計方程式の離散的な実現は陽(explicit)の場合も陰(implicit)の場合もあり、この離散的な実現が周知の安定条件を満足する限りは、システムの性能に認識可能な影響を及ぼすことはない。

10

制御アルゴリズム：

区域圧力評価計120の性能を有効にするためには、数式8、9及び10において定義された計算は区域圧力評価計120の中にプログラムされた制御アルゴリズムの中に一体化され、以下の実験が図1に示されたシステム100と、従来技術に従って構築されたシステム(つまり、区域圧力評価計120を含まない)とを用いて実行された。図4から図7を参照すると、図1の評価計ベースの制御装置100によるライン「X」によって表された定常状態の性能は、体積及び圧力の設定点の範囲において、評価計ベースの制御装置100は無視できる発振しか生じておらず、はるかに小さな定常状態オフセットしか生じていないという点において、従来技術に従って構築されたシステムによるライン「Y」によって表された定常状態の性能よりもはるかに優れている。

20

【0057】

$N_2$  (窒素)に対する長さが1.2mで内径が4mmの管によってそれぞれの測定チャンバに接続された遠隔区域 $Z_i$ に対するシステム・パラメータの例を次に示す。

$P_{STP} = 14.7 \text{ psia}$  STP条件での圧力

$\rho_{STP} = 1.16 \text{ kg/m}^3$  STP条件での密度

$c_p = 1.4$  比熱

$T_I = 300 \text{ 度K}$  動作温度

$R = 297 \text{ J/kg} \cdot \text{K}$  理想気体定数

$\mu = 1.77 \times 10^{-4} \text{ poise}$  粘度係数

$C_{tube} = (\text{ほぼ}) 65400 \text{ kg/cc}$  管パラメータ

$\tau_{tube} = (\text{ほぼ}) 3 \text{ ms}$  管時定数

30

制御装置130は、CMP機械10のように、ライン $b_i$ の弁112及び116と区域圧力評価計120と第2の入力装置とに接続されている。一般に、制御装置130は、第2の入力装置20から*i*個の区域のそれぞれに対する*n*番目の圧力設定点を受け取り、区域圧力評価計120から*i*個の区域のそれぞれに対する区域圧力評価の*n*番目のサンプルを受け取り、*i*個の区域のそれぞれに対する*n*番目の圧力設定点と区域圧力評価の*n*番目のサンプルとを比較して、サンプルが設定点と等しくない場合には、サンプルが設定点と等しくなるまで、弁112及び116を動作させる。

40

【0058】

以上のように、本発明は、例えばCMPキャリア・ヘッドなどの半導体処理装置の遠隔的に接続された体積の加圧及び真空化に使用することができる新規で改良型の気圧制御システム100を提供する。ただし、この用途に限定はされない。そして、本発明によるシステム100は、体積に遠隔的に接続されたチャンバの中で得られた圧力測定値を補償する。更に、本発明による気圧制御システム100は、体積又は区域の数が*i* = 1から*i* = *N*まで変動する複数体積型のシステムを加圧し真空化するのに用いることができる。更に、この新規で改良型の気圧制御システム100は、硬質又は可撓性の壁を有し相互に結合された又は結合されていない遠隔的に接続された区域 $Z_i$ と共に用いることができる。

【0059】

50

理解すべきであるが、本発明は、CMP機械と共に又はその一部として用いることができる気圧制御システム100に関するものである。しかし、本発明による気圧制御システム100は、CMP機械と共に又はその一部としての使用には限定されず、CMP機械以外の気圧制御される機械の遠隔的な区域と共に用いることができる。

【0060】

この明細書に記載された実施例は限定ではなく例示の目的で提供されており、様々な修正、組合せ及び代替を、冒頭の特許請求の範囲に定義された本発明の精神及び範囲から逸脱することなく行うことが可能である。

【図面の簡単な説明】

【0061】

【図1】本発明に従って構築され、真空源と圧力源とを、化学的機械的平坦化(CMP)機械などの機械の遠隔的な区域に接続する気圧制御システムを制御するシステム及び方法の実施例を示す図である。

【図2】図1のシステムのマニホールドの実施例を示しており、この例では相互に結合された複数の遠隔区域に真空及び圧力源を接続するフロー制御ラインを含んでいる。

【図3】ロータリ・ユニオンを介して図1の気圧制御システムに接続された遠隔区域を含むCMP機械の一例の部分的に断面を示した側面図である。

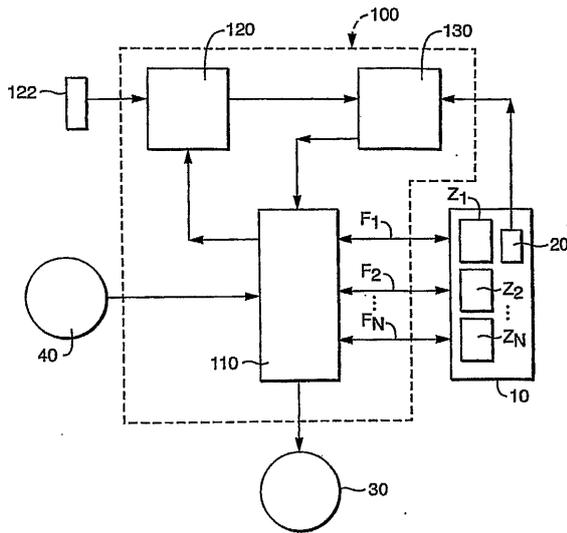
【図4】図1の気圧制御システムと従来技術による気圧制御システムとに関し、様々な体積及び圧力に対する圧力応答時間を図解するグラフである。

【図5】図1の気圧制御システムと従来技術による気圧制御システムとに関し、様々な体積及び圧力に対する圧力応答時間を図解するグラフである。

【図6】図1の気圧制御システムと従来技術による気圧制御システムとに関し、様々な体積及び圧力に対する圧力応答時間を図解するグラフである。

【図7】図1の気圧制御システムと従来技術による気圧制御システムとに関し、様々な体積及び圧力に対する圧力応答時間を図解するグラフである。

【図1】



【図2】

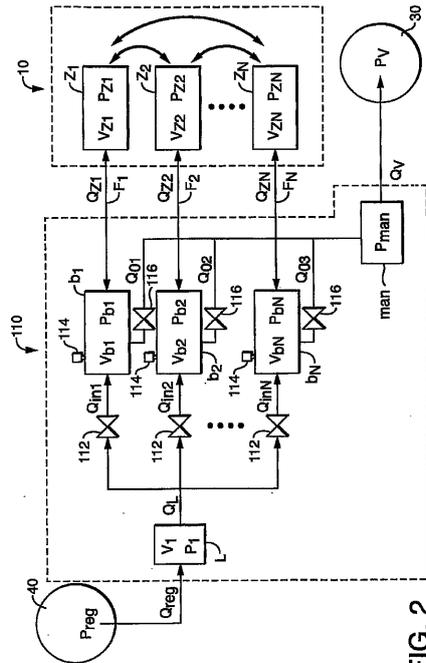
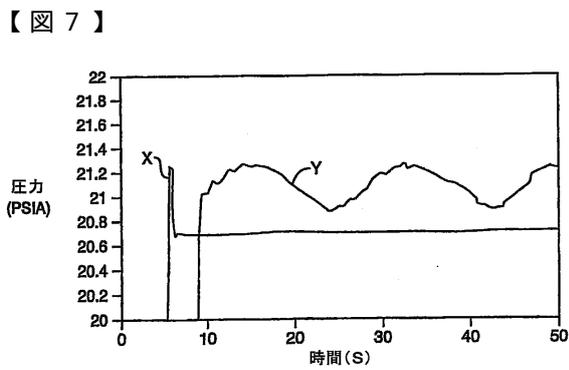
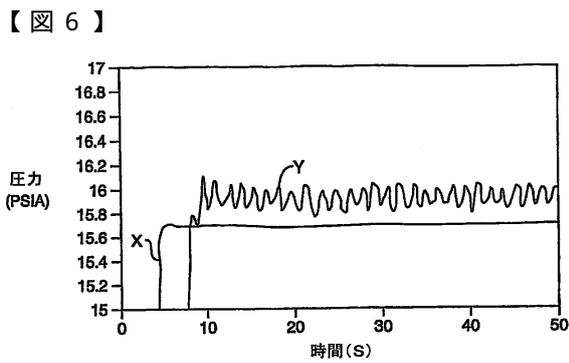
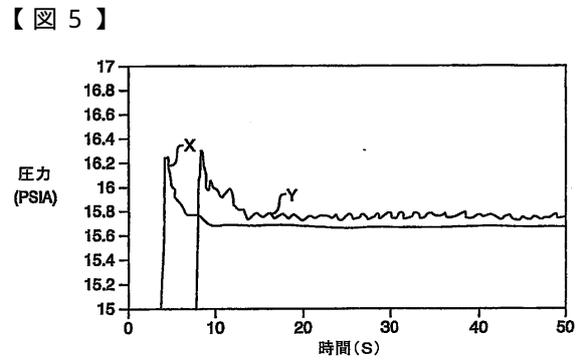
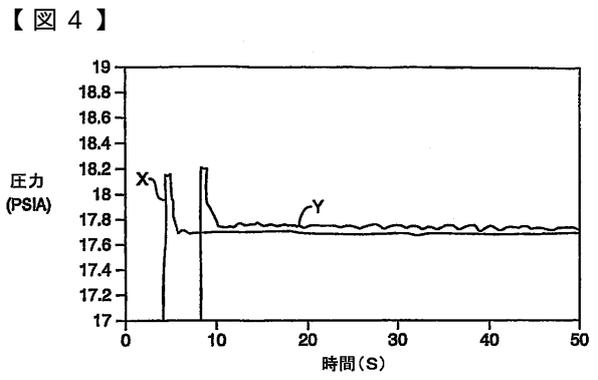
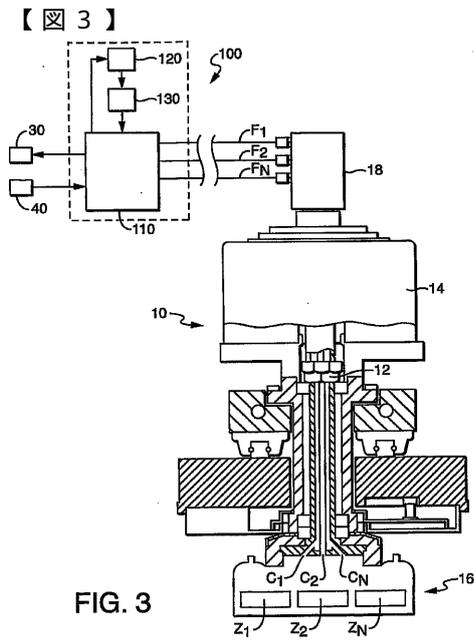


FIG. 2

10

20



---

フロントページの続き

(74)代理人 100096013

弁理士 富田 博行

(74)代理人 100096068

弁理士 大塚 住江

(72)発明者 シャジ, アリ

アメリカ合衆国マサチューセッツ州02021, カントン, スタンディッシュ・ドライブ 26

(72)発明者 ナガルカティ, シダハート

アメリカ合衆国マサチューセッツ州01720, アクトン, デイヴィッド・ロード 19, アパートメント ビー4

審査官 川東 孝至

(56)参考文献 特開平05-035338(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G05D 16/00-16/20

G05D 7/00- 7/06