

(19) 日本国特許庁(JP)

## (12) 公表特許公報(A)

(11) 特許出願公表番号

特表2011-524948  
(P2011-524948A)

(43) 公表日 平成23年9月8日(2011.9.8)

(51) Int.Cl.	F 1	テーマコード (参考)
<b>C23C 16/455 (2006.01)</b>	C 23 C 16/455	4 K 03 0
<b>C23C 16/50 (2006.01)</b>	C 23 C 16/50	5 F 00 4
<b>H01L 21/31 (2006.01)</b>	H 01 L 21/31	C
<b>H01L 21/205 (2006.01)</b>	H 01 L 21/205	5 F 04 5
<b>H01L 21/3065 (2006.01)</b>	H 01 L 21/302	1 O 1

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 21 頁)

(21) 出願番号	特願2011-514723 (P2011-514723)	(71) 出願人	592010081 ラム リサーチ コーポレーション LAM RESEARCH CORPORATION アメリカ合衆国, カリフォルニア 945 38, フレモント, クッシング パークウ エイ 4650
(86) (22) 出願日	平成21年6月12日 (2009.6.12)	(74) 代理人	110000028 特許業務法人明成国際特許事務所
(85) 翻訳文提出日	平成23年2月17日 (2011.2.17)	(72) 発明者	ユン・グンス アメリカ合衆国 カリフォルニア州 945 38 フレモント, クッシング・パークウ エイ, 4650
(86) 國際出願番号	PCT/US2009/047279		
(87) 國際公開番号	W02009/155221		
(87) 國際公開日	平成21年12月23日 (2009.12.23)		
(31) 優先権主張番号	61/074, 539		
(32) 優先日	平成20年6月20日 (2008.6.20)		
(33) 優先権主張国	米国(US)		
(31) 優先権主張番号	12/477, 196		
(32) 優先日	平成21年6月3日 (2009.6.3)		
(33) 優先権主張国	米国(US)		

最終頁に続く

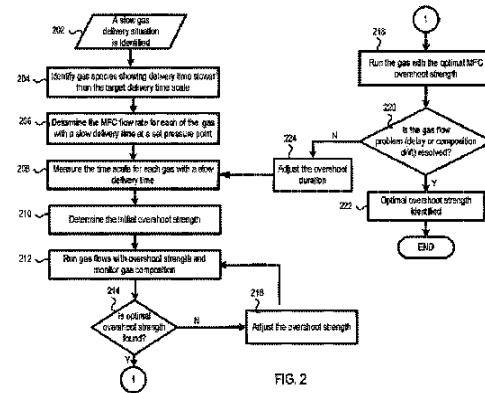
(54) 【発明の名称】処理チャンバ内へのガス供給のタイムスケールを制御するための方法

## (57) 【要約】

## 【課題】

【解決手段】レシピに対してマスフローコントローラ (MFC) 制御スキームを確立する方法が提供されており、MFC制御スキームは、処理チャンバ内へのガス供給のタイムスケールを短縮するよう構成される。その方法は、レシピの実行中に利用され、目標供給タイムスケールよりも遅い1組の供給時間を有する1組の遅延ガス種を特定する工程を備える。その方法は、さらに、1組の遅延ガス種に含まれる各ガス種の初期オーバーシュート強度および初期オーバーシュート持続時間を確立する工程を含む。方法は、さらに、レシピの実行中に各ガス種のMFCハードウェアを調整することによってMFC制御スキームを確立する工程を含む。MFCハードウェアの調整は、MFC制御スキームが、各ガス種に、処理チャンバの平衡圧の目標精度の範囲内にある圧力プロファイルを提供するか否かを判定するために、初期オーバーシュート強度を初期オーバーシュート持続時間にわたって適用することを含む。

【選択図】図2



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

レシピに対してマスフローコントローラ（MFC）制御スキームを確定する方法であって、前記MFC制御スキームは、プラズマ処理システムの処理チャンバ内へのガス供給のタイムスケールを短縮するよう構成されており、

前記方法は、

前記レシピの実行中に利用され、目標供給タイムスケールよりも遅い1組の供給時間占有する1組の遅延ガス種を特定する工程と、

前記1組の遅延ガス種に含まれる各ガス種の初期オーバーシュート強度を確立する工程であって、前記初期オーバーシュート強度は、MFC流量を増大させるための因子である、工程と、

前記1組の遅延ガス種に含まれる前記各ガス種の初期オーバーシュート持続時間を決定する工程であって、前記初期オーバーシュート持続時間は、前記初期オーバーシュート強度を前記MFC流量に適用する持続時間である、工程と、

前記1組の遅延ガス種に含まれる前記各ガス種のMFCハードウェアを調整して前記レシピを実行することによって前記MFC制御スキームを確立する工程と、を備え、

前記MFCハードウェアの調整は、前記MFC制御スキームが、前記1組の遅延ガス種に含まれる前記各ガス種に、前記処理チャンバの平衡圧の目標精度の範囲内にある圧力プロファイルを提供するか否かを判定するために、前記初期オーバーシュート強度を前記初期オーバーシュート持続時間にわたって適用することを含む、方法。

10

20

20

**【請求項 2】**

請求項1に記載の方法であって、さらに、

前記1組の遅延ガス種に含まれる前記各ガス種の前記MFC流量を特定する工程と、

前記1組の遅延ガス種に含まれる前記各ガス種のタイムスケールを決定する工程と、を備え、

前記タイムスケールは、ガスラインの形状、前記各ガス種の質量、および、前記各ガス種の前記MFC流量のうちの少なくとも1つの関数である、方法。

**【請求項 3】**

請求項1に記載の方法であって、

前記初期オーバーシュート持続時間は、前記MFCハードウェアの遅延応答時間と、前記1組の遅延ガス種に含まれる前記各ガス種のタイムスケールと、の内の少なくとも一方の因子であり、

前記タイムスケールは、ガスラインの形状、前記各ガス種の質量、および、前記各ガス種の前記MFC流量のうちの少なくとも1つの関数である、方法。

30

**【請求項 4】**

請求項1に記載の方法であって、

前記初期オーバーシュート強度は、前記初期オーバーシュート持続時間と、前記1組の遅延ガス種に含まれる前記各ガス種のタイムスケールとの関数であり、

前記タイムスケールは、ガスラインの形状、前記各ガス種の質量、および、前記各ガス種の前記MFC流量のうちの少なくとも1つの関数である、方法。

40

**【請求項 5】**

請求項1に記載の方法であって、さらに、

前記1組の遅延ガス種に含まれる前記各ガス種の前記圧力プロファイルが、前記処理チャンバの前記平衡圧の前記目標精度の範囲内にない場合に、前記初期オーバーシュート強度を調整する工程を備える、方法。

**【請求項 6】**

請求項5に記載の方法であって、

前記1組の遅延ガス種に含まれる前記各ガス種の前記初期オーバーシュート持続時間は、調整されたMFC流量が前記MFCハードウェアの最大MFC流量の所定の割合よりも大きい場合に修正され、

50

前記調整されたMFC流量は、前記初期オーバーシュート持続時間にわたって前記初期オーバーシュート強度によって修正された前記MFC流量である、方法。

【請求項7】

請求項6に記載の方法であって、

前記初期オーバーシュート強度が前記平衡圧の前記目標精度の範囲内にあり、前記調整されたMFC流量が、前記MFCハードウェアの前記最大MFC流量の前記所定の割合よりも小さいときに、前記1組の遅延ガス種に含まれる前記各ガス種の最適オーバーシュート強度が決定される、方法。

【請求項8】

レシピに対してマスフローコントローラ(MFC)制御スキームを確立する方法であって、前記MFC制御スキームは、プラズマ処理システムの処理チャンバ内へのガス供給のタイムスケールを短縮するよう構成されており、

前記方法は、

前記レシピの実行中に利用され、目標供給タイムスケールよりも遅い1組の供給時間有する1組の遅延ガス種を特定する工程と、

前記1組の遅延ガス種に含まれる各ガス種の初期オーバーシュート強度を確立する工程であって、前記初期オーバーシュート強度は、初期オーバーシュート持続時間中にMFC流量を増大させる第1の因子であり、前記初期オーバーシュート持続時間は、前記MFC流量に前記初期オーバーシュート強度を適用するための第1の持続時間である、工程と、

前記1組の遅延ガス種に含まれる前記各ガス種の第2のオーバーシュート強度を確立する工程であって、前記第2のオーバーシュート強度は、第2のオーバーシュート持続時間中に前記MFC流量を増大させる第2の因子であり、前記第2のオーバーシュート持続時間は、前記MFC流量に前記第2のオーバーシュート強度を適用するための第2の持続時間である、工程と、

前記1組の遅延ガス種に含まれる前記各ガス種のためのMFCハードウェアを調整して前記レシピを実行することによって前記MFC制御スキームを確立する工程と、を備え、

前記MFCハードウェアの調整は、前記MFC制御スキームが、前記1組の遅延ガス種に含まれる前記各ガス種に、前記処理チャンバの平衡圧の目標精度の範囲内にある圧力プロファイルを提供するか否かを判定するために、前記初期オーバーシュート強度および前記第2のオーバーシュート強度を適用することを含む、方法。

【請求項9】

請求項8に記載の方法であって、さらに、

前記1組の遅延ガス種に含まれる前記各ガス種の前記MFC流量を特定する工程と、

前記1組の遅延ガス種に含まれる前記各ガス種のタイムスケールを決定する工程と、を備え、

前記タイムスケールは、ガスラインの形状、前記各ガス種の質量、および、前記各ガス種の前記MFC流量の内の少なくとも1つの関数である、方法。

【請求項10】

請求項9の方法であって、

前記各ガス種の前記初期オーバーシュート強度は、前記MFCハードウェアの最大MFC流量に設定される、方法。

【請求項11】

請求項10に記載の方法であって、

前記各ガス種の前記初期オーバーシュート持続時間は、前記初期オーバーシュート強度および圧力上昇期間の因子であり、

前記圧力上昇期間は、前記各ガス種の圧力がキャリアガスの圧力と少なくとも同じになるために増大されている期間であり、前記キャリアガスは、前記各ガス種よりも高い流量で流れる、方法。

【請求項12】

10

20

30

40

50

請求項 1 1 の方法であって、

前記第 2 のオーバーシュート持続時間は、前記 MFC ハードウェアの遅延応答時間の因子である、方法。

【請求項 1 3】

請求項 1 2 に記載の方法であって、

前記第 2 のオーバーシュート強度は、前記初期オーバーシュート強度に設定され、

前記第 2 のオーバーシュート強度は、収集された経験的データを適用することによって調整され、

前記第 2 のオーバーシュート強度は、前記 1 組の遅延ガス種に含まれる前記各ガス種の前記圧力プロファイルが、前記処理チャンバの前記平衡圧の前記目標精度の範囲内にない場合に、調整される、方法。 10

【請求項 1 4】

請求項 1 3 に記載の方法であって、

前記 1 組の遅延ガス種に含まれる前記各ガス種の前記第 2 のオーバーシュート持続時間は、前記第 2 のオーバーシュート強度および前記第 2 のオーバーシュート持続時間に基づいて調整された MFC 流量が、前記 MFC ハードウェアの前記最大 MFC 流量の所定の割合より大きい場合に、調整される、方法。

【請求項 1 5】

請求項 1 4 に記載の方法であって、

前記第 2 のオーバーシュート強度が前記平衡圧の前記目標精度の範囲内にあり、前記調整された MFC 流量が、前記 MFC ハードウェアの前記最大 MFC 流量の前記所定の割合よりも小さいときに、前記 1 組の遅延ガス種に含まれる前記各ガス種の最適オーバーシュート強度が決定される、方法。 20

【請求項 1 6】

レシピの実行中に、プラズマ処理システムの処理チャンバ内へのガス供給タイムスケールを短縮するための最適オーバーシュート強度を決定する方法であって、

前記レシピの前記実行中に利用され、目標供給タイムスケールよりも遅い 1 組の供給時間を有する 1 組の遅延ガス種を特定する工程と、

各ガス種の初期オーバーシュート強度を確立する工程であって、前記初期オーバーシュート強度は、マスフローコントローラ (MFC) 流量を増大させるための因子である、工程と、 30

前記各ガス種の初期オーバーシュート持続時間を決定する工程であって、前記初期オーバーシュート持続時間は、前記初期オーバーシュート強度を前記各ガス種の前記 MFC 流量に適用する持続時間である、工程と、

前記初期オーバーシュート持続時間にわたって前記初期オーバーシュート強度を適用することによって調整された前記各ガス種の MFC 流量を用いて前記レシピを実行する工程と、

前記初期オーバーシュート強度が前記最適オーバーシュート強度であるか否かを判定するために、前記レシピの前記実行中に確立された前記各ガス種の圧力プロファイルを、前記処理チャンバの平衡圧の目標精度と比較する工程と、 40

前記各ガス種の前記圧力プロファイルが、前記処理チャンバの前記平衡圧の前記目標精度の範囲内にない場合に、前記初期オーバーシュート強度を調整する工程と、を備える、方法。

【請求項 1 7】

請求項 1 6 に記載の方法であって、さらに、

前記 1 組の遅延ガス種に含まれる前記各ガス種の前記 MFC 流量を特定する工程と、

前記 1 組の遅延ガス種に含まれる前記各ガス種のタイムスケールを決定する工程と、を備え、

前記タイムスケールは、ガスラインの形状、前記各ガス種の質量、および、前記各ガス種の前記 MFC 流量の内の少なくとも 1 つの関数である、方法。 50

**【請求項 1 8】**

請求項 1 7 に記載の方法であって、

前記初期オーバーシュート強度は、前記 1 組の遅延ガス種に含まれる前記各ガス種の前記初期オーバーシュート持続時間および前記タイムスケールの関数である、方法。

**【請求項 1 9】**

請求項 1 8 に記載の方法であって、

前記 1 組の遅延ガス種の前記各ガス種の前記初期オーバーシュート持続時間は、前記調整された MFC 流量が MFC ハードウェアの最大 MFC 流量の所定の割合よりも大きい場合に、修正される、方法。

**【請求項 2 0】**

請求項 1 9 に記載の方法であって、

前記初期オーバーシュート強度が前記平衡圧の前記目標精度の範囲内にあり、前記調整された MFC 流量が、前記 MFC ハードウェアの前記最大 MFC 流量の前記所定の割合よりも小さいときに、前記 1 組の遅延ガス種に含まれる前記各ガス種の前記最適オーバーシュート強度が決定される、方法。

10

**【発明の詳細な説明】****【背景技術】****【0 0 0 1】**

プラズマ処理の進歩は、半導体業界の成長を促進した。競争の激しい半導体業界において、製造業者は、スループットを最大化すること、および／または、品質の高いデバイスを製造することができれば、競争力を高めることができる。スループットを制御するための一方法は、処理チャンバ内へのガスの流入を制御することである。

20

**【0 0 0 2】**

通常、基板処理のために、レシピは、2 以上のガス種を必要としる。理想的には、それらのガス種は、混合されて、同時に処理チャンバ内で平衡圧状態（例えば、設定圧力）に達する。しかし、いくつかの因子によって、ガス種は異なるタイムスケール（時間尺度、すなわち、供給時間）を有することがある。

**【0 0 0 3】**

ガス供給時間に影響しる 1 つの因子は、ガス種の質量である。より重い分子量のガス種が、より軽い分子量のガス種よりもゆっくりと進みうることは、当業者にとって周知である。ガス種の間の質量差は、低圧環境で各ガス種の流量に影響しる。低圧環境では、ガス流は分子になる場合があり、各ガス種は、実質的には互いに独立したものになりうる。結果として、複数のガス種の分離が起こって、チャンバでのガス組成の変動 ( drift ) につながる。換言すれば、ガス種は、異なる時間に平衡状態に達しる。したがって、各ガスに対するタイムスケール（例えば、供給時間）が異なりうる。

30

**【0 0 0 4】**

ガス供給タイムスケールに影響しる別の因子は、ガスラインの形状である。前述したように、レシピは、基板処理を実行するために、2 以上のガス種を必要としる。各ガスは、ガスラインから混合マニホールド（メインガスライン）に流れ込んでよい。各ガスラインの形状は、ガスの流れに影響しる。一例として、ガスが流れるガスラインが長いほど、供給時間は長くなる。

40

**【0 0 0 5】**

いくつかのレシピは、低流量ガスを高流量ガスと混合させてよい。このタイプのガス供給は、キャリアガスによる供給として知られており、高流量ガス（キャリアガス）が、分子衝突によって低流量ガス（プロセスガス）の流れを推進する。キャリアガスが流れている混合マニホールド内にプロセスガスが入るためには、プロセスガスは、混合マニホールドの圧力と同程度に圧力を上昇させる必要がある。しかし、キャリアガスがプロセスガスよりもずっと高い流量で流れている場合、プロセスガスが、十分に圧力を高めてキャリアガスと混合するには、非常に長い時間がかかる場合がある。この場合、キャリアガスは、プロセスガスを搬送することなく処理チャンバに到達する。したがって、キャリアは、プロセ

50

スガスよりも前に平衡状態に到達する結果、ガス組成の変動を引き起こす。

【0006】

以上からわかるように、望ましくない結果が、ガス組成変動によって生じうる。ほとんどのレシピでは、ガス組成変動にかかわらず、処理チャンバ内の圧力が安定した時に、基板処理が開始されうる。適切なガス混合物なしに基板処理を実行することにより、不良デバイスが製造される場合がある。他のレシピとして、処理チャンバ内の各ガス種が、処理の開始前に必要な平衡状態に到達することを求める場合もある。しかし、さらなる時間が必要とされる結果、処理時間が長くなり、基板の処理量が少なくなりうる。

【発明の概要】

【0007】

本発明は、一実施形態において、レシピに対してマスフローコントローラ(MFC)制御スキームを確立する方法に関し、MFC制御スキームは、プラズマ処理システムの処理チャンバ内へのガス供給のタイムスケールを短くするよう構成される。その方法は、レシピの実行中に利用され、目標供給タイムスケールよりも遅い1組の供給時間を有する1組の遅延ガス種を特定する工程を備える。方法は、さらに、1組の遅延ガス種に含まれる各ガス種の初期オーバーシュート強度を確立する工程を備えており、初期オーバーシュート強度は、MFC流量を増大させる因子である。その方法は、さらに、1組の遅延ガス種に含まれる各ガス種の初期オーバーシュート持続時間を決定する工程を含む。初期オーバーシュート持続時間は、初期オーバーシュート強度をMFC流量に適用するための持続時間である。方法は、さらに、1組の遅延ガス種に含まれる各ガス種のMFCハードウェアを調整してレシピを実行することによってMFC制御スキームを検証する工程を備えており、MFCハードウェアを調整することは、MFC制御スキームが、1組の遅延ガス種に含まれる各ガス種に、処理チャンバの平衡圧の目標精度の範囲内にある圧力プロファイルを提供するか否かを判定するために、初期オーバーシュート強度を初期オーバーシュート持続時間にわたって適用することを含む。

10

20

30

【0008】

上述の発明の概要は、本明細書に開示された本発明の多くの実施形態の内の1つのみに関するものであり、特許請求の範囲に記載される本発明の範囲を限定する意図はない。添付の図面を参照しつつ行う本発明の詳細な説明において、本発明の上述の特徴およびその他の特徴を詳述する。

30

【図面の簡単な説明】

【0009】

添付の図面では、限定ではなく例示を目的として本発明を図示する。なお、これらの添付図面においては、同様の構成要素には同様の符号が付されている。

【0010】

【図1A】ガス供給システムの部分概略図。

【0011】

【図1B】キャリアガスによる流動環境におけるガスの流れを示した簡単なブロック図。

【0012】

【図2】本発明の一実施形態に従って、圧力制御スキームを実装するための工程を示す簡単なフローチャート。

40

【0013】

【図3】本発明の一実施形態に従って、いくつかのオーバーシュート強度を示した簡単なグラフ。

【0014】

【図4】一実施形態において、複数工程のオーバーシュート処理を実行するための工程を示す簡単なフローチャート。

【発明を実施するための形態】

【0015】

以下では、添付図面に例示されたいいくつかの実施形態を参照しつつ、本発明の詳細な説

50

明を行う。以下の説明では、本発明の完全な理解を促すために、数多くの具体的な詳細事項が示されている。しかしながら、当業者にとって明らかのように、本発明は、これらの具体的な詳細事項の一部または全てがなくとも実施することが可能である。また、本発明が不必要に不明瞭となるのを避けるため、周知の処理工程および／または構造については、詳細な説明を省略した。

【0016】

以下では、方法および技術を含め、様々な実施形態について説明する。本発明は、本発明の技術の実施形態を実行するためのコンピュータ読み取り可能な命令を格納するコンピュータ読み取り可能な媒体を含む製品も含みうることに留意されたい。コンピュータ読み取り可能な媒体としては、例えば、コンピュータ読み取り可能な暗号を格納するための半導体、磁気、光磁気、光学、または、その他の形態のコンピュータ読み取り可能な媒体が挙げられる。さらに、本発明は、本発明の実施形態を実施するための装置も含んでよい。かかる装置は、本発明の実施形態に関するタスクを実行するために、専用および／またはプログラム可能な回路を備えてよい。かかる装置の例は、汎用コンピュータおよび／または適切にプログラムされた専用コンピュータデバイスを含み、本発明の実施形態に関する様々なタスクに適合したコンピュータ／コンピュータデバイスおよび専用／プログラム可能な回路を組み合わせたものを含んでもよい。

【0017】

上述したように、従来技術では、処理チャンバが平衡圧状態（すなわち、設定圧力点）に到達した後に1または複数のガス種が処理チャンバ内に流れ込む場合に、供給遅延が起こりうる。異なるガス種が異なる時間にチャンバに到達しうるため、ガス組成変動が起こりうる。説明を容易にするために、図1Aは、ガス供給システムの部分概略図を示す。

【0018】

処理ツール100は、処理チャンバ114内にガスを供給するガス供給システムを備えてよい。ガス供給システムは、メインガスライン102（すなわち、混合マニホールド）と、1または複数のガスライン（104および106）とを備えてよい。各ガスラインを通るガスの流れは、MFC110およびMFC112などのマスフローコントローラ（MFC）によって制御されてよい。

【0019】

通例、処理チャンバ114に流入するガス流は、高圧のガス混合物および低圧の処理チャンバ114の圧力差によって推進される。処理チャンバ114の圧力は、センサによって監視される。センサの測定値に基づいて、真空ポンプ118は、真空ポンプ流入口に位置するスロットルバルブ130を調節してよい。スロットルバルブ130を調節することによって、真空ポンプ118は、処理チャンバ114内の圧力を制御してよい。スロットルバルブ130の開度は、処理チャンバ114から真空ポンプ118までのガスコンダクタンス（体積ガス流量）を制御し、それによって、処理チャンバ114内の圧力を、指定の平衡圧に維持する。以下の式1は、平衡状態において、チャンバの所与のガス種の分圧（ $p_2$ ）が、MFCによって制御されたガス流（Q）と、ポンプに対するチャンバのコンダクタンス（ $k_2$ ）と、の比に等しい平衡圧（ $p_e$ ）に到達することを示している。

【0020】

【数1】

$$p_2 = \frac{Q}{k_2} \equiv P_e \quad (\text{式1})$$

【0021】

実際には、スロットルバルブ130の初期のバルブ開度を設定するために、所与の流量および圧力の各ガスについて、ガスコンダクタンス曲線が経験的に決定されてよい。処理チャンバ114内の圧力が設定圧力点に到達すると、基板処理が開始されてよい。

【0022】

10

20

30

40

50

## 【数2】

$$p_2(t) = \left(1 - \frac{\tau_1 \text{Exp}[-t/\tau_1] - \tau_2 \text{Exp}[-\tau/\tau_2]}{\tau_1 - \tau_2}\right) Q/k_2 \quad (\text{式2})$$

## 【0023】

しかし、チャンバ圧力が安定したとしても、処理環境が、基板処理に理想的なものではない場合がある。理想的には、異なるガス種は、処理チャンバ114に到達する前に混合される。しかし、処理チャンバ114に供給された混合ガスが、必要なガス種を正確な比率で含んでいない場合がある。換言すると、ガス組成が、処理チャンバ114内で変動する場合がある。上記の式2は、特定の時刻( $t$ )での分圧( $p_2$ )が、ガスラインを通るガス流タイムスケール( $\tau_1$ )、処理チャンバからポンプへのガス流タイムスケール( $\tau_2$ )、MFCガス流量( $Q$ )、および、チャンバとポンプとの間のコンダクタンス( $k_2$ )に依存することを示す。

10

## 【0024】

典型的な処理環境において、タイムスケール( $\tau_2$ )および流量コンダクタンス( $k_2$ )は、両方が処理チャンバの形状およびポンプ速度の関数であるため、通常は変化がない。したがって、時刻 $t$ における分圧( $p_2$ )は、ガスラインのタイムスケール( $\tau_1$ )および所与のガスのMFC流量( $Q$ )に主に依存する。

20

## 【0025】

## 【数3】

$$\tau_1 \approx 10^{-4} L^2 / D x \sqrt{M/M_{N2}} \quad (\text{式3})$$

## 【0026】

## 【数4】

$$\tau_1 \equiv V_1/k_1 = \frac{\pi D^2 L/4}{10^4 D^3/L} \approx 10^{-4} L^2 / D \quad (\text{式4})$$

30

( $L$ と $D$ の単位は[cm]、 $\tau_1$ の単位は[秒])

## 【0027】

ガスラインのタイムスケール( $\tau_1$ )は、ガスラインの形状によって決定され、式3に示すように、ガス種の質量の平方根に反比例する。簡単のために、ガスの質量は因子でないと仮定する。一例において、ガスライン104およびガスライン106を流れるガスは、同じガスである。ガスの質量が因子でない場合、ガスラインのタイムスケール( $\tau_1$ )は、上記の式4に示すように、ガスラインの形状の因子である。

## 【0028】

上記の式4によると、ガスラインのタイムスケール( $\tau_1$ )は、ガスラインの体積( $V_1$ )およびガスラインのコンダクタンス( $k_1$ )の関数である。ガスラインの体積および流量コンダクタンスは両方とも、ガスラインの長さおよび/または直径の関数であるため、ガスラインのタイムスケール( $\tau_1$ )は、ガスラインの長さおよび/または直径の関数でもある。一例において、ガスライン106はガスライン104よりも短い長さを有すると仮定する。上記の式4に基づくと、ガスライン104の体積はガスライン106の体積よりも大きく、ガスライン104の流量コンダクタンスはガスライン106よりも小さい。したがって、ガスライン104のガス供給タイムスケールは、ガスライン106のガス供給タイムスケールよりも大きい。

40

## 【0029】

式3に戻ると、ガスラインの形状に加えて、ガスラインのタイムスケール( $\tau_1$ )は、

50

ガスの分子量の関数である。生産環境において、レシピによって必要とされるガス種は、通常、異なる分子量を有しうる。ガスの質量は、低圧環境で特に重要である。低圧環境では、ガス流は分子になりうる。換言すると、ガス流は互いに独立しうる（すなわち、衝突の運動量移行がガス分子間で最小になりうる）。いくつかの異なるガス種を有するレシピについて、ガスの質量は、ガスの供給時間を決定しうる。同じ物理的条件（各ガスラインが同じガスライン形状を有する、各ガス種が同じ質量流量で流れている、など）を仮定すると、重いガス種は、軽いガス種よりも遅い速度で流れる。一例として、H<sub>2</sub>の供給時間は、C<sub>4</sub>F<sub>8</sub>よりも約3倍速くなる。結果として、軽いガス種は、重いガス種の前に処理チャンバ内で平衡圧に達しうる。換言すると、ガス種は、分離して、各ガスは、異なる時間に平衡状態に達しうる。

10

## 【0030】

したがって、処理チャンバ114内の圧力安定化は、正確なガス混合物が処理チャンバ内に供給されていなくても到達されうる。一部のレシピについては、適切なガス混合物が存在しえない場合でも基板処理が始まりうるため、それにより、不良デバイスが製造される結果となる。他のレシピについては、適切なガス混合物が存在するまで基板処理が遅延されうるが、遅延時間によって処理時間が長くなるために製造コストが増大しうる。

## 【0031】

処理環境が低圧環境ではなくても、プロセスガスの圧力がキャリアガスの圧力よりもかなり小さい場合には、ガス供給が遅延されうる。図1Bは、キャリアガスによる流動環境におけるガスの流れを示した簡単なブロック図である。この例では、アルゴンなどのキャリアガスが、プロセスガスよりもはるかに大きい流量でメインガス供給ライン102（例えば、混合マニホールド）内に注入されてよい。キャリアガスによる流動環境において、プロセスガスは、通常、衝突運動量移送を通じてキャリアガスによって処理チャンバ114内に搬送される。しかし、交差部分150（ガスラインが混合マニホールドと交わる部分）のキャリアガス圧力（p<sub>c</sub>）がプロセスガス圧力（p<sub>1</sub>）よりも高いと、プロセスガスはキャリアガスと混合することができない場合がある。結果として、プロセスガスは、プロセスガス圧力（p<sub>1</sub>）がキャリアガス圧力（p<sub>c</sub>）に到達するまで、交差部分150で「滞留」する。

20

## 【0032】

換言すると、ガスライン（例えば、ガスライン104）内のプロセスガスが、メインガスライン102を流れるキャリアガスと混合しうる前に、ガスライン104内で十分な圧力上昇がなされる必要がありうる。一部の例では、プロセスガスがMFC110からガスライン104に放出された時間から、プロセスガスがキャリアガスと混合することを可能にするために十分な圧力上昇がなされるまでの間に、非常に長い遅延が生じうる。以下の式5は、交差部分150での圧力上昇に必要なタイムスケールを示す。図5に示すように、遅延時間は、ガスラインの体積が大きいほど、そして、流量（Q）が小さいほど、長くなる。

30

## 【0033】

## 【数5】

40

$$t_c = p_c V_1 / Q \quad (式5)$$

## 【0034】

図1Aおよび図1Bで説明したように、低圧チャンバ環境に流入するプロセスガスの遅延により、設定圧力点よりも後にプロセスガス流の安定化に到達することになる。換言すると、特定のガス種のガス供給タイムスケールが、ガス組成変動を引き起こしうる。遅延を最小化するため、および/または、処理チャンバ内の平衡圧を制御するために、少なくとも1つのパラメータ（ガスラインのコンダクタンス、MFC流量、または、ポンプ速度）を修正しなければならない場合がある。本発明の一態様において、発明者は、短期間でMFC流量を増大させることによって、ハードウェアの変更を必要とすることなく、ガス

50

供給タイムスケールを制御できることを認識した。

【0035】

本発明の実施形態によると、処理チャンバへのガス供給のタイムスケールを短縮するためのマスフロー制御（MFC）スキームが提供される。本発明の実施形態は、実効ガス供給タイムスケールを短縮するために、MFCをオーバーシュートさせることを含む。本発明の実施形態は、さらに、キャリアガスによる流動環境の間に供給時間を短縮するためにオーバーシュートを実行するための複数工程の処理を含む。

【0036】

本発明の一実施形態では、1つのガスについて処理チャンバへの供給遅延を短縮するためにMFCをオーバーシュートさせる単一工程のオーバーシュート方法が提供されている。供給遅延を最小化するために、最適オーバーシュート強度が決定されてよい。最適オーバーシュート強度は、処理チャンバ内のガス組成変動を確実に最小化するためにMFC流量を増大させうる因子である。供給遅延の短縮は基板処理の質を向上させるため、最適なオーバーシュート強度とすることが望ましい。最適なオーバーシュート強度を決定するために、初期オーバーシュート強度が算出されてよい。初期オーバーシュート強度は、オーバーシュート持続時間と、遅延したガス種のタイムスケール（<sub>1</sub>）との関数である。本明細書に記載のように、オーバーシュート持続時間とは、オーバーシュート強度がMFC流量に適用されうる経過時間を指す。

10

【0037】

一実施形態において、オーバーシュート持続時間は、MFCの応答時間に設定される（例えば、MFCが一連の命令に応答できる速度）。典型的なMFCについては、MFC設定が変更された時に、応答遅延が存在しうる。換言すると、MFC設定が変更されると、ガス流量が変更されるまでに、数秒が経過しうる。一例において、MFCが2秒間の応答遅延を有すると仮定する。ツールのオペレータが、最初にMFCを20sccmに設定し、その後すぐにMFC設定を10sccmに変更した場合、MFCは、10sccmでガスを放出する前に2秒間20sccmでガスを放出しうる。遅延は、MFC応答時間によるものであり、ツールオペレータの故意によるものではない。その意図は、処理チャンバへのガス供給のタイムスケールを最小化することであるため、MFC応答時間に設定されたオーバーシュート持続時間は、供給時間全体に、ほとんどまたは全く時間を追加する事なく、それにより、ガス供給のタイムスケールを制御するための方法としてオーバーシュート強度を利用することを可能にしつつ、オーバーシュート持続時間を適用する必要がある時間を最小化することができる。

20

30

【0038】

以上からわかるように、応答時間は、MFCに固有のものであってよい。換言すると、第1のMFCが第2のMFCと異なる応答時間を有する場合、第1のMFCに関連する第1のガス種の初期オーバーシュート強度は、第2のMFCに関連する第2のガス種の初期オーバーシュート強度と異なっていてよい。したがって、オーバーシュート持続時間は、MFC応答時間によって制限される。

30

【0039】

前述したように、オーバーシュート強度は、遅延したガス種のタイムスケール（<sub>1</sub>）の関数である。タイムスケール<sub>1</sub>は、ガスラインの形状およびガスの分子量によって決まるため、より長いガスラインに対応するには、オーバーシュート強度を増大させなければならない場合がある。同様に、重い分子量のガスに対しても、オーバーシュート強度を増大させなければならない場合がある。

40

【0040】

初期オーバーシュート強度が決定されると、初期オーバーシュート強度の因子によって増大されたMFC流量で、試験運転が実行されてよい。一例では、設定MFC流量が20sccmであり、初期オーバーシュート強度が1.5である場合、MFCは、最初に30sccmに設定される。試験中、チャンバ圧力プロファイルは、所定の期間（例えば、10秒間）観察されてよい。チャンバ圧力プロファイルを分析することによって、初期オーバーシュート強度を算出する。

50

バーサュート強度は、最適オーバーシュート強度を特定するために調整されてよい。一実施形態において、所定の目標期間（例えば2秒間）のチャンバ圧が目標精度（例えば、設定圧力点の1パーセント）以内になるチャンバ圧力プロファイルをオーバーシュート強度が生成するまで、初期オーバーシュート強度を調整することによって、オーバーシュート強度は決定されてよい。通常は、安定化した圧力環境を確立するために提供される時間が限られているため、所定の目標期間は、処理チャンバ圧力を安定化させるために割り当てられた時間よりも短い期間に設定されなければならない場合がある。

【0041】

代替的または追加的に、初期オーバーシュート強度がMFCの能力の範囲内にない場合に、オーバーシュート持続時間が調整されてもよい。前述したように、オーバーシュート持続時間は、オーバーシュートによって追加される時間を最小化するために、MFCの応答時間に設定されてよい。ただし、修正されたMFC流量（すなわち、オーバーシュート強度の因子によって増大された質量流量）が、MFCの最大流量に近すぎる場合、オーバーシュート強度を低減するために、オーバーシュート持続時間を長くしてもよい。換言すると、オーバーシュート持続時間は、修正された質量流量が最大MFC流量の所定の割合（95%など）以上である場合に修正されてよい。一実施形態において、所定の割合は、MFCに存在しうる潜在的なハードウェア誤差を考慮して、100%未満である。各MFCは異なる仕様を有しうるため、最大MFC流量は、MFCによって変わりうる。

10

【0042】

一実施形態において、供給遅延を引き起こした可能性のある因子および／または物理条件（例えば、ガスラインの形状、ガスの分子量、ガスの運動量など）が、特定の持続時間（オーバーシュート持続時間）中、MFC流量をオーバーシュートすることによって管理されてよい。したがって、処理チャンバに流入するガスのタイムスケールは、平衡圧に到達する際のガス種間の時間差を最小化するよう修正されうる。

20

【0043】

一実施形態において、複数工程のオーバーシュート方法が、キャリアガスによる流動環境で適用されてよい。単一工程のオーバーシュート方法は、キャリアガスによる流動環境で供給遅延を短縮するために適用されてよいが、複数工程のオーバーシュート方法は、供給遅延を短縮するための別の方法を提供しうる。

30

【0044】

前述したように、キャリアガスによる流動環境において、低流量プロセスガスは、高流量キャリアガスと混合しうる前に、十分な圧力に到達する必要がありうる。圧力上昇を加速するために、一実施形態では、初期オーバーシュートが、低流量プロセスガスのMFC流量に適用されてよい。一実施形態において、圧力上昇オーバーシュート持続時間は、上昇期間のタイムスケールと初期オーバーシュート強度との比の関数であってよい。一実施形態において、第1のオーバーシュート強度（初期オーバーシュート強度）は上昇期間を最小化するために適用されるので、圧力上昇オーバーシュート持続時間は、一実施形態では、上昇期間よりも短い。しかし、制御できない圧力プロファイル（急上昇など）を防ぐために、圧力上昇オーバーシュート持続時間は、一実施形態では、少なくともMFC応答時間になるように設定される。単一工程のオーバーシュート方法と同様に、初期オーバーシュート強度は、オーバーシュート持続時間と低流量プロセスガスのタイムスケールとの関数であってよい。

40

【0045】

低流量ガスの圧力上昇を加速させた後、MFC流量は、ある期間、第2のオーバーシュート強度によって修正されてよい。一実施形態において、第2のオーバーシュート強度のための第2のオーバーシュート持続時間は、MFC応答時間に設定されてよい。単一工程のオーバーシュート方法と同様に、第2のオーバーシュート強度は経験的に決定されてよい。換言すると、第2のオーバーシュート強度は、最適オーバーシュート強度が特定されるまで調整されてよい。

【0046】

50

したがって、複数工程のオーバーシュート方法は、ガス種間の流量の差によって存在する異なる処理条件に対応するために、複数のオーバーシュート強度を適用することを可能にする。単一工程のオーバーシュート方法と同様に、複数工程のオーバーシュート方法は、より高速なガス供給を可能にしつつ、そのオーバーシュートスキームを適用するために必要な時間を最小化する。

【0047】

本発明の特長および利点は、図面と以下の説明を参照すれば、よりよく理解できる。

【0048】

図2は、本発明の一実施形態に従って、圧力制御スキームを実装するための工程を示す簡単なフローチャートである。

10

【0049】

第1の工程202で、遅延ガス供給状況が特定される。遅延ガス供給は、多くの理由に起因しうる。一例として、遅延ガス供給は、複数のガス種が異なる時間にガスチャンバ内の平衡状態に到達しているガス組成変動として知られる条件に起因しうる。前述したように、ガス組成変動は、低圧環境および/またはキャリアガスによる流動環境で生じうる。当業者は、この状況の発生時を特定するための様々な技術を有しうる。

10

【0050】

1つの方法は、圧力時間プロファイルを測定する工程を含んでよい。処理チャンバ内に配置された測定ツールを用いることによって、処理チャンバ内の圧力が、各ガスについて測定されてよい。あるガス種が設定圧力点に到達する期間が他のガス種よりも長い場合、ガス組成変動が生じている可能性がある。

20

【0051】

キャリアガスによる流動環境におけるガス組成変動は、プラズマツールの構成を観察することによって特定されてもよい。一部のプラズマツールは、プロセスガス用のガスラインの下流に配置されたキャリアガス用のガスラインを有してよい。キャリアガスが下流に位置するため、プロセスガスがキャリアガスの圧力に到達できない限りは、キャリアガスは、下流の処理チャンバにプロセスガスを搬送することができない。

30

【0052】

ガス組成変動は、ガスライン構成によっても生じうる。長いガスラインは、通常、ガス供給時間を長くしうる。さらに、複数のガス種が異なる質量を有する場合、従来技術によると、重いガスは、軽いガスよりも遅い速度で流れる傾向にあるため、より遅い速度で、処理チャンバ内で平衡状態に到達しうる。追加的または代替的に、ガスライン構成は、キャリアガス（通常は、より高い流量で流れている）と適切に混合するのに十分な圧力までプロセスガスの圧力を高めるために、数多くのプロセスガス分子がガスラインの体積内に蓄積されることを必要としうる。したがって、ガスラインが長いほど、所与のガス種についての供給遅延が大きくなりうる。

30

【0053】

次の工程204で、目標供給時間よりも遅い供給時間を有するガス種が特定されてよい。目標供給時間は通常、レシピに固有であるが、目標供給時間が10秒未満であることは珍しいことではない。一例では、1セットの分圧プロファイルを分析して、遅延供給時間を持つうるガス種のセットを特定してよい。

40

【0054】

次の工程206で、設定圧力点（すなわち、平衡圧）での所与のガス種のMFC流量（Q）が決定されてよい。一実施形態では、MFC流量は、コンダクタンス曲線を参照することによって決定されてよい。ガス種のコンダクタンス曲線は、所与の流量についてチャンバ圧力を測定することによって決定されてよい。当業者であれば、所与の設定圧力での所与のガス種の流量は、予め測定されてよく、容易に取得されうることがわかる。コンダクタンス曲線および/または流量チャートから、遅延供給時間を有する各ガス種について、所与の設定圧力での流量が決定されてよい。

40

【0055】

50

次の工程 208 で、遅延供給ガスと特定された各ガス種のタイムスケール (  $\tau_1$  ) が算出される。タイムスケール (  $\tau_1$  ) を決定するための 1 つの方法は、固定されたスロットルバルブ開度 ( すなわち、一定のポンプ速度 ) での所与の MFC 流量 ( Q ) について処理チャンバ内の圧力上昇を追跡する方法である。

【 0056 】

次の工程 210 で、オーバーシュート強度 (  $\alpha$  ) が、特定の MFC の特定のガス種に対して最初に設定されてよい。一実施形態では、初期オーバーシュート強度 (  $\alpha$  ) は、以下の式 6 を用いて設定されてよい。

【 0057 】

【 数 6 】

10

$$\alpha = \frac{1}{1 - \exp(-t_0/\tau_1)} \quad (式6)$$

【 0058 】

上の式 6 によると、オーバーシュート強度 (  $\alpha$  ) は、オーバーシュート持続時間 (  $t_0$  ) と、遅延したガス種のタイムスケール (  $\tau_1$  ) との関数である。一実施形態において、ガス種のオーバーシュート持続時間 (  $t_0$  ) は、ガス流量を制御する MFC に依存してよい。通例、MFC は、遅延応答時間を有しうる。一例において、MFC 制御は、40 sec の流量に切り替えられてよい。処理ツールは、MFC が新たな流量でガスを流し始めることができる前に、数秒間の遅延を経験しうる。通例、遅延は、約 0.5 ~ 2 秒間であるが、個々の MFC に依存して変わりうる。したがって、オーバーシュート持続時間 (  $t_0$  ) は、MFC の仕様に依存して変化してよい。

20

【 0059 】

別の実施形態において、オーバーシュート持続時間 (  $t_0$  ) は、遅延したガス種のタイムスケール (  $\tau_1$  ) に依存して変化してよい。前述したように、ガス種のタイムスケール (  $\tau_1$  ) は、ガスラインの形状およびガス種の質量に依存しうる。キャリアガスによる流動環境では、ガス種のタイムスケール (  $\tau_1$  ) は、キャリアガスの流量にも依存しうる。キャリアガスは、通常、プロセスガスよりも速い速度で流れているため、プロセスガスは、キャリアガスとうまく混合することができる前に、十分な圧力まで上昇する必要がある。したがって、さらなる時間遅延は、上記の式 5 で上述したように、プロセスガスが十分な圧力まで上昇するために必要な時間の関数である。

30

【 0060 】

次の工程 212 で、初期オーバーシュート強度 (  $\alpha$  ) で MFC 流量 ( Q ) を修正することによって、試験運転が実行されてよい。試験運転が実行されている間に、処理チャンバ内のガス組成が測定されてよい。

【 0061 】

次の工程 214 で、オーバーシュート強度 (  $\alpha$  ) が十分であるか否かについて判定がなされる。一実施形態では、その判定は、所定の期間 ( 例えば、10 秒間 ) 、処理チャンバ内のガスの圧力プロファイルを追跡することによってなされてよい。

40

【 0062 】

所定の目標期間の圧力プロファイルに示される圧力が、平衡圧の目標精度内にある場合、オーバーシュート強度 (  $\alpha$  ) は、ガスの供給遅延を最小化するために十分または最適でありうる。通常は、安定化した圧力環境を確立するために提供される時間が限られているため、所定の目標期間は、処理チャンバ圧力を安定化させるために割り当てられた時間よりも短く設定される必要がありうる。

【 0063 】

図 3 は、本発明の一実施形態に従って、いくつかのオーバーシュート強度 (  $\alpha$  ) を示した簡単なグラフである。例えば、平衡圧が 1.00 に設定されている状況を考える。一実施形態において、オーバーシュート強度 (  $\alpha$  ) は、チャンバ圧力が所定の目標期間で目標

50

精度（すなわち、1%）の範囲内になった場合、最適であるとみなされる。この例において、オーバーシュート持続時間が1秒間であり、所定の目標期間がオーバーシュート持続時間の2倍（すなわち、2秒間）であるとする。図からわかるように、圧力は、目標時間（2秒間）に目標精度の範囲内の設定圧力（1.00）に到達するため、2.52のオーバーシュート強度（）（曲線302）は、最適であるとみなされる。結果として、目標圧力精度は、ガスの圧力プロファイルが、設定圧力点にごく接近した範囲内にあり、所定の期間の前に平衡に達するように設定される。

## 【0064】

曲線304および306など、最適なオーバーシュート強度（）が特定されない場合、次の工程216で、オーバーシュート強度（）は、目標平衡圧力（ $p_e$ ）とオーバーシュート強度（）によって実現される時間 $t_0$ での圧力（ $p$ ）について、以下の式7に示すように調整されてよい。工程212～216は、反復可能であり、最適オーバーシュート強度が決定されるまで繰り返されてよい。

10

## 【0065】

## 【数7】

$$\alpha_* = ap_e p(2t_0) \quad (\text{式7})$$

## 【0066】

オーバーシュート強度（）が得られた場合、次の工程218で、ガスは、最適MFCオーバーシュート強度（\*）で再び流される。

20

## 【0067】

最適オーバーシュート強度が決定されてもよいが、最適オーバーシュート強度によって、MFC流量があまりに高く設定されると、誤差が生じうる。理想的には、ハードウェア（例えば、MFC）は、異常なしに機能しうる。当業者に周知のように、ほとんどのハードウェアは、極端な範囲（例えば、最大値および最小値）では設計通りに機能しない場合がある。MFCに存在しうる潜在的な誤差を考慮するために、所望の修正MFC流量は、最大MFC流量未満であってよい。次の工程220で、遅延ガス供給状況が、ハードウェア誤差を経験することなしに解決されたか否かについて判定がなされる。分析を実行するための1つの方法は、修正されたMFC流量（すなわち、 $Q \times *$ ）が最大MFC流量の所定の割合（例えば、95%）未満であるか否かを計算することである。一実施形態において、所定の割合は、100%未満に設定される。最大MFC流量は、MFCの仕様によって変わりうるため、許容範囲は、実定数として設定されるのではなく、最大MFC流量の割合として設定される。

30

## 【0068】

条件が満たされた場合、最適オーバーシュート強度（\*）が、特定のレシピのガス種について特定されることになる（工程222）。

## 【0069】

しかし、条件が満たされない場合、次の工程224で、オーバーシュート持続時間（ $t_0$ ）が延長されてよい。前述したように、オーバーシュート持続時間は、処理チャンバにガスを供給する時間が増大する可能性を最小化するために、MFC応答時間に設定されてよい。しかし、修正MFC流量がMFCの最大流量に近すぎる場合、ハードウェア誤差の可能性が存在しうる。ハードウェアの限界による誤差の可能性を最小化するには、一実施形態において、オーバーシュート持続時間は、最適オーバーシュート強度を低減することによって修正MFC流量を低減するために延長される必要がありうる。

40

## 【0070】

工程208～224は、最適オーバーシュート強度が決定されるまで反復されてよい。

## 【0071】

図2からわかるように、最適オーバーシュート強度（\*）は、特定のガスに対して決定されてよい。最適オーバーシュート強度（\*）を特定することによって、供給遅延が大幅に低減されうる。したがって、最適オーバーシュート強度（\*）は、1または複数

50

のガス種のMFC流量を操作することによってガス組成変動を最小化するために用いられてよい。

【0072】

キャリアガスが駆動する流れについて、図2に示した方法は、ガスに関連するタイムスケールを低減しうる。しかし、上昇した圧力( $t_c$ )に関連するタイムスケールによってさらなる時間遅延が生じうことから、図2の方法は、供給遅延をさらに低減できる複数工程のオーバーシュート処理を可能にするために変形されてもよい。図4は、一実施形態において、複数工程のオーバーシュート処理を実行するための工程を示す簡単なフローチャートである。例えば、供給時間の遅いガスが、キャリアガスによる流動環境で特定される状況を考える。

10

【0073】

第1の工程402で、初期オーバーシュート強度( )が決定される。前述したように、キャリアガスによる流動環境において、ガスラインの形状および/またはガスの分子量に起因する供給遅延に加えて、低流量プロセスガスの供給遅延も、低流量ガスが高流量キャリアガスと混合するのに十分な圧力まで上昇するために必要なタイムスケールに依存しうる。この種の供給に対処するために、一実施形態において、第1のオーバーシュート強度は、最大MFC流量に設定されてよい。

【0074】

次の工程404で、第1のオーバーシュート持続時間が算出される。一実施形態において、第1のオーバーシュート持続時間(すなわち、圧力上昇オーバーシュート持続時間)は、圧力上昇期間および初期オーバーシュート強度の比の関数であってよい。一実施形態において、初期オーバーシュート強度は上昇期間を最小化するために適用されるので、圧力上昇オーバーシュート持続時間は、上昇期間未満である。第1のオーバーシュート工程のオーバーシュート持続時間は、以下の式8を用いて算出されてよい。制御されない圧力プロファイル(急上昇など)を最小化するために、第1のオーバーシュート持続時間( $t_x$ )は、一実施形態では、MFC応答時間( $t_0$ )以上の値に設定されてよい。

20

【0075】

【数8】

$$t_{c\alpha} \equiv \frac{t_c}{\alpha} = \frac{p_c V_1}{\alpha Q} \quad (式8)$$

30

【0076】

低流量プロセスガスの圧力上昇を加速した後、MFC流量は、ガスラインの形状および/またはガスの分子量に関するタイムスケールを管理するために修正されてよい。次の工程406で、第2のオーバーシュート持続時間が、単一工程オーバーシュートと同様に決定されてよい。第2のオーバーシュート持続時間は、ガスラインの形状および/またはガスの分子量に関する時間を管理するために必要な時間であるため、一実施形態において、圧力安定化時間全体に追加されるさらなる時間を最小化するために、第2のオーバーシュート持続時間は、(図2のオーバーシュート持続時間と同じ)MFC応答時間に設定されてよい。

40

【0077】

第2のオーバーシュート持続時間が決定された後、次の工程408で、第2のオーバーシュート強度が決定される。一実施形態では、第2のオーバーシュート強度は、試験運転を実行することによって決定されてよい。一実施形態において、試験運転は、初期オーバーシュート強度(すなわち、第1のオーバーシュート強度)によってMFC流量( $Q$ )を増大させる工程を含んでよい。単一工程のオーバーシュート方法と同様に、第2のオーバーシュート強度は経験的に決定されてよい。一例において、第2のオーバーシュート強度は、(所定の目標期間のチャンバ圧力が、平衡圧の目標精度内になるように)最適オーバーシュート強度( )が特定されるまで調整されてよい。工程406は、図2の工程2

50

12~216と同様である。

【0078】

第2のオーバーシュート強度が決定されると、次の工程410で、別の試験運転が実行されてよい。一実施形態において、試験運転は、複数のオーバーシュート強度およびオーバーシュート持続時間を含んでよい。

【0079】

次の工程412で、遅延ガス供給状況が解決されたか否かが判定される。図2と同様に、その判定は、第1のオーバーシュート持続時間および第2のオーバーシュート持続時間にわたって修正されたMFC流量が、最大MFC流量の所定の割合の範囲内にあるか否かを判定することによってなされてよい。

10

【0080】

条件が満たされた場合、最適シート強度( \* )が、特定のレシピのガス種について特定された(工程414)ため、処理は終了してよい。

【0081】

しかし、条件が満たされない場合、次の工程416で、第2のオーバーシュート持続時間が変更されてよい。

【0082】

工程406~416は、最適MFCスキームが決定されるまで反復されてよい。

【0083】

したがって、複数工程のオーバーシュート方法は、ガスの総供給時間に影響しうる様々なタイムスケールに対応するために、複数のオーバーシュート強度を適用することを可能にする。単一工程のオーバーシュート方法と同様に、複数工程のオーバーシュート方法は、供給遅延を短縮する修正MFC流量を決定しつつ、オーバーシュート強度を適用するために必要な時間を最小化するための方法を提供する。図2および図4に示した方法は両方とも、技術者によって手動で実行されてよい。一実施形態において、図2および図4に示したようなMFCスキームは、自動的に適用されてもよく(例えば、ソフトウェアアプリケーション)、そうすれば、人件費を削減し人的エラーのリスクを最小化することができる。

20

【0084】

本発明の1または複数の実施形態からわかるように、ガス種のタイムスケールを管理するための方法が提供されている。最適オーバーシュート強度を決定することによって、MFC流量を調整して、ガス組成変動を大幅に低減することができる。修正されたMFC流量により、ガススループットをより良好に制御することが可能であり、それにより、不良基板の製造を減らすことができる。したがって、オーバーシュート方法は、総処理時間をほとんどまたは全く延長することなく、より高品質の基板を製造するための安価な解決策を提供する。

30

【0085】

以上、いくつかの好ましい実施形態を参照しつつ本発明を説明したが、本発明の範囲内で、種々の代替物、置換物、および、等価物が可能である。本明細書では様々な例を提供したが、これらの例は、例示を目的としたものであり、本発明を限定するものではない。

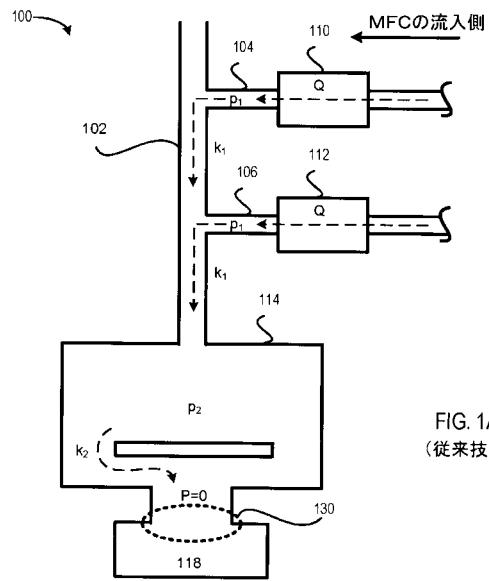
40

【0086】

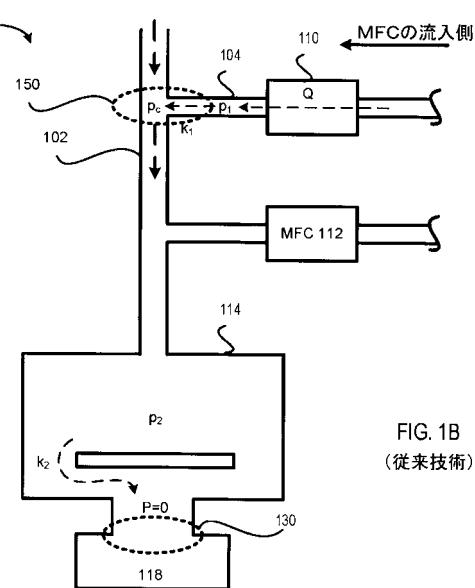
また、発明の名称および発明の概要は、便宜上、本明細書で提供されているものであり、特許請求の範囲を解釈するために用いられるべきものではない。さらに、要約書は、非常に簡潔に書かれており、便宜上、提供されているものであるため、特許請求の範囲に記載された発明全体を解釈または限定するために用いられるべきではない。「セット(組)」という用語が用いられている場合には、かかる用語は、一般的に理解される数学的な意味を持ち、0、1、または、2以上の要素を網羅するよう意図されている。また、本発明の方法および装置を実施する他の態様が数多く存在することにも注意されたい。したがって、以下に示す特許請求の範囲は、本発明の真の趣旨および範囲内に含まれる代替物、置換物、および、等価物の全てを網羅するものとして解釈される。

50

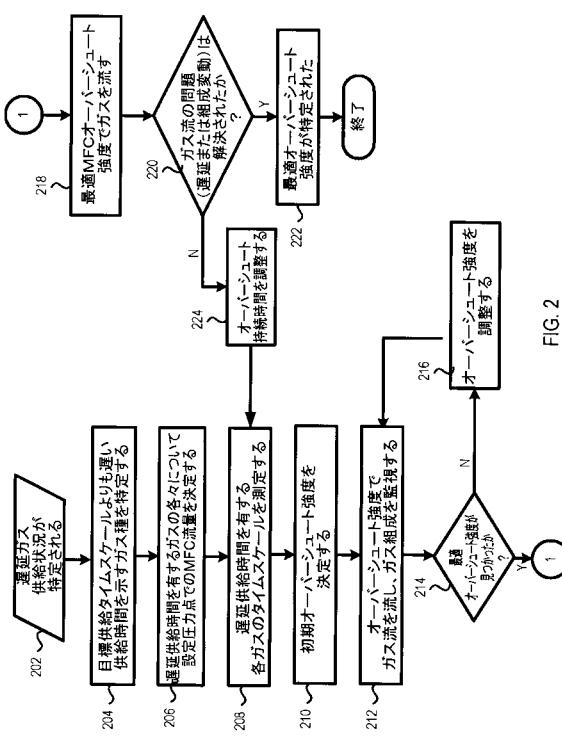
【図1A】



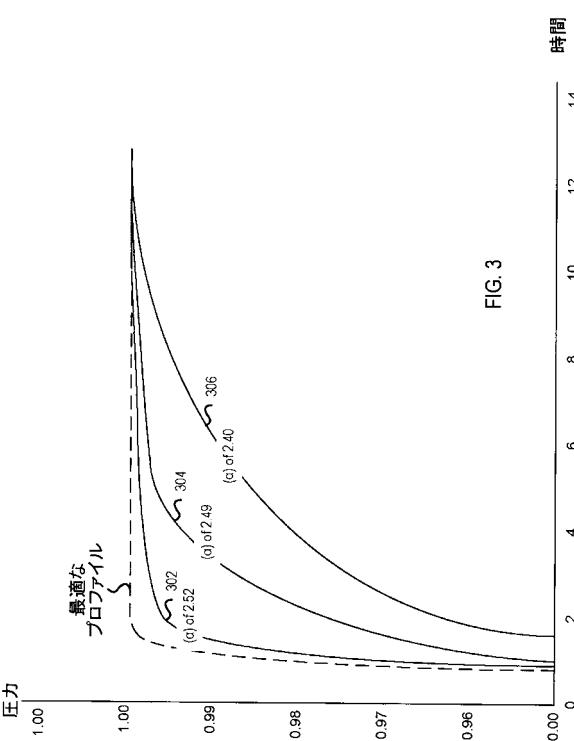
【図1B】



【図2】



【図3】



【図4】

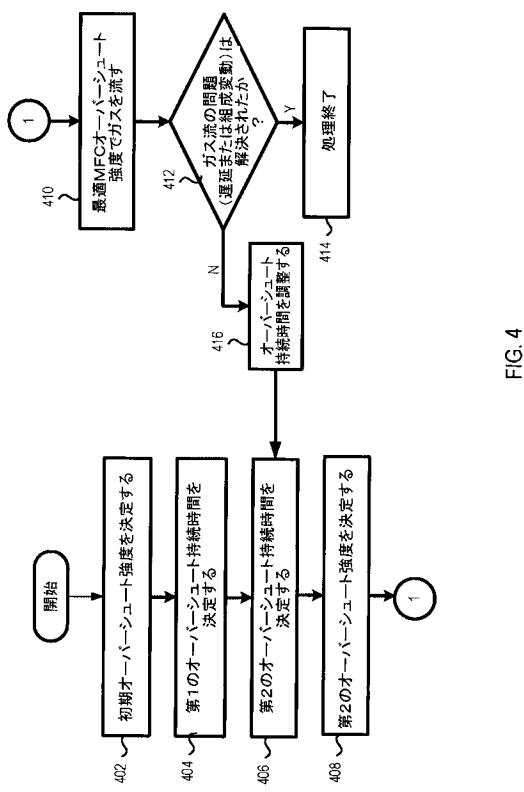


FIG.4

## 【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		International application No. <b>PCT/US2009/047279</b>
<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b>		
<b>H01L 21/00(2009.01)i, H01L 21/02(2006.01)i</b>		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
<b>B. FIELDS SEARCHED</b>		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) H01L 21/00; G05D 11/00; G05D 7/00; G05D 7/06		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Korean utility models and applications for utility models Japanese utility models and applications for utility models (Chinese Patents and application for patent)		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) eKOMPASS(KIPO internal) & Keywords:MFC, control, delay, slow, speed, gas, species		
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 2004-0154664 A1 (TADAHIRO OHMI et al.) 12 August 2004 See abstract, Figures 1-18 and claims 1-8	1-20
A	US 2005-0288825 A1 (KENNETH TINSLEY et al.) 29 December 2005 See abstract, Figures 1-13 and claims 1-53	1-20
A	US 2003-0211015 A1 (CHIH-PEN YEN et al.) 13 November 2003 See abstract, Figures 1-2 and claims 1-20	1-20
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C.		<input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.
<p>* Special categories of cited documents:</p> <p>"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date</p> <p>"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of citation or other special reason (as specified)</p> <p>"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p> <p>"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention</p> <p>"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone</p> <p>"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art</p> <p>"&amp;" document member of the same patent family</p>		
Date of the actual completion of the international search  02 FEBRUARY 2010 (02.02.2010)	Date of mailing of the international search report  <b>03 FEBRUARY 2010 (03.02.2010)</b>	
Name and mailing address of the ISA/KR  Korean Intellectual Property Office Government Complex-Daejeon, 139 Seonsa-ro, Seo-gu, Daejeon 302-701, Republic of Korea  Facsimile No. 82-42-472-7140	Authorized officer  KIM, Jun Hak  Telephone No. 82-42-481-5785	

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

Information on patent family members

International application No.

**PCT/US2009/047279**

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2004-0154664 A1	12.08.2004	EP 1096351 A1 EP 1096351 A4 EP 2028577 A2 JP 03-387849 B2 JP 03-626874 B2 JP 2000-305630 A JP 2000-322130 A JP 3387849 B2 KR 10-0427563 B1 TW 445401 A US 2001-0004903 A1 US 2002-0179149 A1 US 6422264 B2 US 6820632 B2 US 6848470 B2 WO 00-63756 A1	02.05.2001 15.12.2004 25.02.2009 10.01.2003 09.03.2005 02.11.2000 24.11.2000 17.03.2003 27.04.2004 11.07.2001 28.06.2001 05.12.2002 23.07.2002 23.11.2004 01.02.2005 26.10.2000
US 2005-0288825 A1	29.12.2005	US 7216019 B2 WO 2006-014557 A2 WO 2006-014557 A3	08.05.2007 09.02.2006 20.04.2006
US 2003-0211015 A1	13.11.2003	US 7354555 B2	08.04.2008

---

フロントページの続き

(81)指定国 AP(BW,GH,GM,KE,LS,MW,MZ,NA,SD,SL,SZ,TZ,UG,ZM,ZW),EA(AM,AZ,BY,KG,KZ,MD,RU,TJ,TM),EP(AT,BE,BG,CH,CY,CZ,DE,DK,EE,ES,FI,FR,GB,GR,HR,HU,IE,IS,IT,LT,LU,LV,MC,MK,MT,NL,NO,PL,PT,RO,SE,SI,S,K,TR),OA(BF,BJ,CF,CG,CI,CM,GA,GN,GQ,GW,ML,MR,NE,SN,TD,TG),AE,AG,AL,AM,AO,AT,AU,AZ,BA,BB,BG,BH,BR,BW,BY,BZ,CA,CH,CL,CN,CO,CR,CU,CZ,DE,DK,DM,DO,DZ,EC,EE,EG,ES,FI,GB,GD,GE,GH,GM,GT,HN,HR,HU,ID,IL,IN,IS,J,P,KE,KG,KM,KN,KP,KR,KZ,LA,LC,LK,LR,LS,LT,LU,LY,MA,MD,ME,MG,MK,MN,MW,MX,MY,MZ,NA,NG,NI,NO,NZ,OM,PE,PG,PH,PL,PT,RO,RS,RU,SC,SD,SE,SG,SK,SL,SM,ST,SV,SY,TJ,TM,TN,TR,TT,TZ,UA,UG,US,UZ,VC,VN,ZA,ZM,ZW

(72)発明者 シャリーフ・イクバル・エー .

アメリカ合衆国 カリフォルニア州 94538 フレモント, クッシング・パークウェイ, 4650

(72)発明者 イエルゲンセン・カート

アメリカ合衆国 カリフォルニア州 94538 フレモント, クッシング・パークウェイ, 4650

(72)発明者 チャラタン・ロバート

アメリカ合衆国 カリフォルニア州 94538 フレモント, クッシング・パークウェイ, 4650

F ターム(参考) 4K030 CA04 CA12 EA03 FA01 JA05 LA15

5F004 BC03 CA01 CA02 CA08

5F045 AA08 EE01 EE04 EE12 EE14 EE17 EE18 GB04 GB16