

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号  
特許第7691439号  
(P7691439)

(45)発行日 令和7年6月11日(2025.6.11)

(24)登録日 令和7年6月3日(2025.6.3)

(51)国際特許分類 F I  
 H 0 1 L 21/31 (2006.01) H 0 1 L 21/31 C  
 H 0 1 L 21/3065(2006.01) H 0 1 L 21/302 1 0 1 G  
 C 2 3 C 16/448(2006.01) C 2 3 C 16/448

請求項の数 18 (全21頁)

(21)出願番号	特願2022-564501(P2022-564501)	(73)特許権者	592010081 ラム リサーチ コーポレーション L A M R E S E A R C H C O R P O R A T I O N アメリカ合衆国, カリフォルニア 9 4 5 3 8 , フレモント, クッシング パー クウェイ 4 6 5 0
(86)(22)出願日	令和3年4月27日(2021.4.27)	(74)代理人	110000028 弁理士法人明成国際特許事務所
(65)公表番号	特表2023-523945(P2023-523945 A)	(72)発明者	シャルマ・ダヴィンダー アメリカ合衆国 カリフォルニア州 9 5 1 4 8 サン・ホセ, サン・リバス・ド ライブ, 3 3 1 6
(43)公表日	令和5年6月8日(2023.6.8)	(72)発明者	ラウ・クリストファー・ジェイ. アメリカ合衆国 カリフォルニア州 9 5
(86)国際出願番号	PCT/US2021/029452		最終頁に続く
(87)国際公開番号	WO2021/222292		
(87)国際公開日	令和3年11月4日(2021.11.4)		
審査請求日	令和6年4月24日(2024.4.24)		
(31)優先権主張番号	63/018,288		
(32)優先日	令和2年4月30日(2020.4.30)		
(33)優先権主張国・地域又は機関	米国(US)		

(54)【発明の名称】 化学物質送達システム用のヒーター設計ソリューション

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

半導体基板処理装置であって、前記装置は、  
 半導体基板を処理するための化学的分離チャンバと、  
 前記化学的分離チャンバと流体連通している化学物質送達モジュールであって、前記化学物質送達モジュールは、

前駆体を所定温度まで加熱し、加熱された前記前駆体を使用してプロセスガスを生成するように構成された、キャニスタオープンと、

前記半導体基板を処理するために、第1のガスラインを介して前記プロセスガスを受け取り、第2のガスラインを介して前記プロセスガスを前記化学的分離チャンバに供給するように構成された制御オープンであって、前記第1のガスラインは、前記キャニスタオープンの内面と前記制御オープンの内面との間に延在している、制御オープンと、

前記キャニスタオープンの前記内面と前記制御オープンの前記内面との間で前記第1のガスラインの一部分を加熱するように構成された加熱要素と、を備える、化学物質送達モジュールと、

前記化学物質送達モジュール及び前記化学的分離チャンバに結合されたコントローラモジュールであって、前記コントローラモジュールは、前記第1のガスラインの前記一部分の温度を検出し、検出された前記温度に基づいて、前記加熱要素の加熱温度を調整するように構成された、コントローラモジュールと、  
 を備え、

前記化学物質送達モジュールは、前記制御オープンの前記内面と前記制御オープンの外面との間で前記第2のガスラインの一部分を加熱するように構成された第2の加熱要素を備える、装置。

【請求項2】

請求項1に記載の装置であって、前記所定温度は前記前駆体の昇華温度であり、前記コントローラモジュールは、前記加熱要素の前記加熱温度を前記昇華温度に調整するように構成されている、装置。

【請求項3】

請求項1に記載の装置であって、前記化学物質送達モジュールは、  
第2の前駆体を第2の所定温度まで加熱し、加熱された前記第2の前駆体を使用して第2のプロセスガスを生成するように構成された、第2のキャニスタオープンと、  
前記制御オープンは、前記半導体基板を処理するために、第3のガスラインを介して前記第2のプロセスガスを受け取り、前記第2のガスラインを介して前記第2のプロセスガスを前記化学的分離チャンバに供給するように構成され、前記第3のガスラインは、前記第2のキャニスタオープンの内面と前記制御オープンの前記内面との間に延在している、  
装置。

10

【請求項4】

請求項3に記載の装置であって、前記化学物質送達モジュールは、  
前記第2のキャニスタオープンの前記内面と前記制御オープンの前記内面との間で前記第3のガスラインの一部分を加熱するように構成された第3の加熱要素を備える、装置。

20

【請求項5】

請求項4に記載の装置であって、前記化学物質送達モジュールは、前記第1のガスラインの前記一部分、前記第2のガスラインの前記一部分、及び前記第3のガスラインの前記一部分の表面温度を測定するように構成された複数の温度センサを備える、装置。

【請求項6】

請求項5に記載の装置であって、前記コントローラモジュールは、前記加熱要素の前記加熱温度、前記第2の加熱要素の加熱温度、及び前記第3の加熱要素の加熱温度を、前記所定温度と測定された前記表面温度のうちの少なくとも1つとの間の差に基づいて調整するように構成されている、装置。

【請求項7】

請求項1に記載の装置であって、前記加熱要素は、  
ファイヤロッドヒーターを有するクラムシェル、  
手巻きヒーターを有するクラムシェル、  
接着されたヒーターを有するクラムシェル、  
ガスライン取付け型の手巻きヒーター、及び、  
ガスライン取付け型の接着されたヒーター、  
のうちの1つを備える、装置。

30

【請求項8】

半導体基板処理装置の化学的分離チャンバにプロセスガスを供給するための化学物質送達モジュールであって、前記化学物質送達モジュールは、

40

前駆体を所定温度まで加熱し、加熱された前記前駆体を使用して前記プロセスガスを生成するように構成された、キャニスタオープンと、

半導体基板を処理するために、第1のガスラインを介して前記プロセスガスを受け取り、第2のガスラインを介して前記プロセスガスを前記化学的分離チャンバに供給するように構成された制御オープンであって、前記第1のガスラインは、前記キャニスタオープンの内面と前記制御オープンの内面との間に延在している、制御オープンと、

前記キャニスタオープンの前記内面と前記制御オープンの前記内面との間で前記第1のガスラインの一部分を加熱するように構成された加熱要素と、

前記第1のガスラインの前記一部分の温度を検出し、検出された前記温度に基づいて、前記加熱要素の加熱温度を調整するように構成された、コントローラモジュールと、

50

を備え、

前記第2のガスラインは前記制御オープンの前記内面と前記制御オープンの外面との間に延在し、前記化学物質送達モジュールは、前記制御オープンの前記内面と前記外面との間で前記第2のガスラインの一部分を加熱するように構成された第2の加熱要素を備える  
化学物質送達モジュール。

【請求項9】

請求項8に記載の化学物質送達モジュールであって、前記所定温度は、前記前駆体の昇華温度である、化学物質送達モジュール。

【請求項10】

請求項9に記載の化学物質送達モジュールであって、前記コントローラモジュールは、前記加熱要素の前記加熱温度及び前記第2の加熱要素の加熱温度を前記昇華温度に調整するように構成されている、化学物質送達モジュール。

10

【請求項11】

請求項8に記載の化学物質送達モジュールであって、前記化学物質送達モジュールは、前記第1のガスラインの前記一部分及び前記第2のガスラインの前記一部分の表面温度を定期的に測定するように構成された複数の温度センサを備える、化学物質送達モジュール。

【請求項12】

請求項11に記載の化学物質送達モジュールであって、前記コントローラモジュールは、前記所定温度と、測定された前記表面温度のうちの少なくとも1つとの差に基づいて、前記加熱要素の前記加熱温度及び前記第2の加熱要素の加熱温度を調整するように構成されている、化学物質送達モジュール。

20

【請求項13】

請求項8に記載の化学物質送達モジュールであって、前記加熱要素は、  
ファイヤロッドヒーターを有するクラムシェル、  
手巻きヒーターを有するクラムシェル、  
接着されたヒーターを有するクラムシェル、  
ガスライン取付け型の手巻きヒーター、及び、  
ガスライン取付け型の接着されたヒーター、  
のうちの1つを備える、化学物質送達モジュール。

【請求項14】

半導体基板を処理する方法であって、前記方法は、  
キャニスタオープン内の前駆体を所定温度に加熱してプロセスガスを生成させることと、  
前記プロセスガスをガスラインを介して化学的分離チャンバに供給することと、  
前記化学的分離チャンバ内で前記半導体基板が処理され、前記ガスラインは、前記キャニスタオープンと前記化学的分離チャンバとの間に延在している、ことと、  
前記キャニスタオープンの内面と外面との間に延在する前記ガスラインの一部分を、加熱要素を使用して加熱することと、  
前記加熱要素の表面温度をモニタすることと、  
前記表面温度に基づいて前記加熱要素の加熱温度を調整することと、  
を含む方法。

30

40

【請求項15】

請求項14に記載の方法であって、  
前記所定温度からの前記表面温度の偏差を決定することと、  
前記偏差に基づいて前記加熱温度を調整することと、  
を更に含む方法。

【請求項16】

請求項14に記載の方法であって、  
前記化学的分離チャンバの内面と外面との間に延在する前記ガスラインの第2の部分を第2の加熱要素を使用して加熱すること、を更に含む方法。

【請求項17】

50

請求項 1 6 に記載の方法であって、

第 2 の表面温度をモニタすることであって、前記第 2 の表面温度は前記第 2 の加熱要素に関連する、ことと、

前記第 2 の表面温度に基づいて前記第 2 の加熱要素の加熱温度を調整することと、を更に含む方法。

【請求項 1 8】

請求項 1 7 に記載の方法であって、前記加熱要素及び前記第 2 の加熱要素は、ファイヤロッドヒーターを有するクラムシェル、手巻きヒーターを有するクラムシェル、接着されたヒーターを有するクラムシェル、ガスライン取付け型の手巻きヒーター、及び、ガスライン取付け型の接着されたヒーター、のうちの 1 つを備える、方法。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

[優先権の主張]

本出願は、2020年4月30日に出願された米国仮特許出願第63/018,288号の優先権の利益を主張し、その全体が参照により本明細書に組み込まれる。

【0002】

本明細書で開示される主題は、全般的には、基板処理装置用の化学物質送達システム用のヒーター設計ソリューションに関連するシステム、方法、装置、及び機械可読媒体に関する。

20

【背景技術】

【0003】

半導体基板処理装置は、エッチング、物理気相堆積(PVD)、化学気相堆積(CVD)、プラズマ強化化学気相堆積(PECVD)、原子層堆積(ALD)、プラズマ強化原子層堆積(PEALD)、パルス堆積層(PDL)、プラズマ強化パルス堆積層(PEPDL)処理、及びレジスト除去を含む技術によって、半導体基板を処理するために使用される。基板処理装置の1つのタイプは、上部電極及び底部電極を含む反応チャンバを含み、反応チャンバでは、反応チャンバ内で半導体基板を処理するために、無線周波数(RF)電力が電極間に印加されて、プロセスガスが励起されてプラズマになる。

30

【0004】

別のタイプの基板処理装置はALDツールを含み、これは、化学的分離チャンバ(例えば、ALD処理チャンバ)内にプロセスガスとして導入された2種以上の化学種間でALD反応が生じる特別なタイプのCVD処理システムである。プロセスガス(例えば、前駆体ガス)は、半導体産業において使用されるようなシリコンウェハーなどの基板の上に材料の薄膜堆積物を形成するために使用される。前駆体ガスは引き続き、ガス供給源からALD処理チャンバ内へと導入され、その結果、ガスは基板の表面と反応し、結合した時点で堆積層が形成される。

40

【0005】

プロセスガスをガス供給源から化学的分離チャンバに供給するために、複数のガスラインを使用することができる。しかしながら、ガスラインは、ガスラインに冷点を形成する不均一な環境(例えば、断熱壁)を通過する場合がある。そのような冷点は、ガスラインを目詰まりさせ、化学的分離チャンバ内へのプロセスガスの流れを減らす結果をもたらす。

【0006】

本明細書で提供される背景技術の説明は、本開示の文脈を全般的に提示する。このセクションに記載される情報は、以下の開示された主題のいくつかの状況を当業者に提供するために提示されており、認められた先行技術として見なされるべきではないことに留意されたい。より具体的には、本明細書の「背景技術」に記載されている範囲における、本明

50

細書にて名前を挙げた発明者の業績、並びに、出願時点で先行技術と見なされないかも知れない本明細書の態様は、明示的にも暗黙的にも本開示に対する先行技術として認められていない。

【発明の概要】

【0007】

半導体基板処理のための方法、システム、及びコンピュータプログラムが提示され、これは、半導体基板を処理するために使用される化学的分離チャンバ用の化学物質送達システム用のヒーター設計ソリューションのための技術を含む。

【0008】

例示的な実施形態では、半導体基板処理装置が、半導体基板を処理するための化学的分離チャンバを含む。半導体基板処理装置は、化学的分離チャンバと流体連通する化学物質送達モジュールを更に含む。化学物質送達モジュールは、キャニスタオープン、制御オープン、及び加熱要素を含む。キャニスタオープンは、前駆体を所定温度まで加熱し、加熱された前駆体を使用してプロセスガスを生成するように構成されている。制御オープンは、半導体基板を処理するために、第1のガスラインを介してプロセスガスを受け取り、第2のガスラインを介してプロセスガスを化学的分離チャンバに供給するように構成されている。第1のガスラインは、キャニスタオープンの内面と制御オープンの内面との間に延在する。加熱要素は、キャニスタオープンの内面と制御オープンの内面との間で第1のガスラインの一部を加熱するように構成されている。半導体基板処理装置は、化学物質送達モジュール及び化学的分離チャンバに結合されたコントローラモジュールを更に含む。コントローラモジュールは、第1のガスラインの一部の温度を検出し、検出された温度に基づいて、加熱要素の加熱温度を調整するように構成されている。

10

20

【0009】

別の例示的な実施形態では、半導体基板処理装置の化学的分離チャンバにプロセスガスを供給するための化学物質送達モジュールが、キャニスタオープン、制御オープン、加熱要素、及びコントローラモジュールを含む。キャニスタオープンは、前駆体を所定温度まで加熱し、加熱された前駆体を使用してプロセスガスを生成するように構成されている。制御オープンは、半導体基板を処理するために、第1のガスラインを介してプロセスガスを受け取り、第2のガスラインを介してプロセスガスを化学的分離チャンバに供給するように構成されている。第1のガスラインは、キャニスタオープンの内面と制御オープンの内面との間に延在する。加熱要素は、キャニスタオープンの内面と制御オープンの内面との間で第1のガスラインの一部を加熱するように構成されている。コントローラモジュールは、第1のガスラインの一部の温度を検出し、検出された温度に基づいて、加熱要素の加熱温度を調整するように構成されている。

30

【0010】

更に別の例示的な実施形態では、半導体基板を処理する方法は、キャニスタオープン内で前駆体を所定温度に加熱してプロセスガスを生成させることを含む。方法は、半導体基板が処理される化学的分離チャンバにガスラインを介してプロセスガスを供給することを更に含む。ガスラインは、キャニスタオープンと化学的分離チャンバとの間に延在する。方法は、キャニスタオープンの内面と制御オープンの内面との間に延在するガスラインの一部を加熱要素を使用して加熱することを更に含む。方法は、加熱要素の表面温度をモニタすることを更に含む。方法は、表面温度に基づいて加熱要素の加熱温度を調整することを更に含む。

40

【図面の簡単な説明】

【0011】

添付図面の様々な図面は、単に本開示の例示的な実施形態を示すものであり、その範囲を限定するものと見なすことはできない。

【0012】

【図1】図1は、本開示の実施例が使用されてよい基板処理システムの一実施例の機能ブロック図である。

50

【0013】

【図2】図2は、いくつかの実施形態による、化学的分離チャンバに結合された単一のキャニスタオープンを含む化学物質送達モジュールを示す。

【0014】

【図3】図3は、いくつかの実施形態による、化学的分離チャンバに結合されたキャニスタオープン及び制御オープンを含む化学物質送達モジュールを示す。

【0015】

【図4】図4は、いくつかの実施形態による、化学物質送達モジュールにおいて使用される、ガスライン用のコラムシェル型加熱要素を示す。

【0016】

【図5】図5は、いくつかの実施形態による、化学物質送達モジュールにおいて使用される、ガスライン用の手巻き加熱要素を示す。

【0017】

【図6】図6は、いくつかの例示的な実施形態による、化学物質送達モジュールを1つ以上のガスライン加熱モジュールと共に使用して半導体基板を処理する方法のフローチャートである。

【0018】

【図7】図7は、1つ以上の例示的な方法の実施形態が実装されてよい、又は1つ以上の例示的な実施形態が制御されてよい、マシンの一実施例を示すブロック図である。

【発明を実施するための形態】

【0019】

以下の説明は、本開示の例示的な実施形態を具体化するシステム、方法、技術、命令シーケンス、及び計算機プログラム製品（例えば、機械可読媒体に格納される）を含む。以下の記載では、説明の目的で、熱間割れを減らすために音波励起（例えば、超音波振動及びメガソニック振動）を使用する（金属レーザー焼結などの）付加製造を対象とする例示的な実施形態の完全な理解を提供するために、多数の具体的な詳細が概説される。しかしながら、これらの具体的な詳細がなくても、本実施形態を実施できることが当業者には明白であろう。

【0020】

本特許文書の開示の一部は、著作権保護の対象である資料を含む。著作権所有者は、特許商標庁の特許ファイル又は記録に記載されている特許文書又は特許開示の、何人による複製にも異議を唱えないが、それ以外の場合、一切の著作権を留保する。次の告知：Copyright Lam Research Corporation, 2020, All Rights Reservedが、本明細書の一部を構成する後述するあらゆるデータ及び図面に適用される。

【0021】

図1は、本開示の実施例が使用されてよい基板処理システム100の一実施例の機能ブロック図である。ここで図1を参照すると、図示するように、例示的な基板処理システム100は堆積を実施するように構成されている。システム100としてPECVD基板処理システムが示されているが、PEALD基板処理システム又は他の基板処理システムが使用されてよい。基板処理システム100は、基板処理システム100の他の構成要素を包囲しプラズマを含む、化学的分離チャンバ（処理チャンバ又は基板処理チャンバとも称される）102を含む。基板処理チャンバ102は、ガス分配デバイス104と、静電チャック（ESC）などの基板支持体106とを含む。動作中、基板108は、基板支持体106上に配置される。

【0022】

いくつかの実施例では、ガス分配デバイス104は、プロセスガスを基板108にわたって分配しイオン衝撃を誘起する、給電されるシャワーヘッド109を含んでよい。シャワーヘッド109は、処理チャンバ102の上部表面に接続されている一端を含むステム部分を含んでよい。ベース部分は略円筒形であり、処理チャンバ102の上部表面から間

10

20

30

40

50

隔を空けて配置された位置において、ステム部分の反対側の端部から半径方向外向きに延在している。シャワーヘッド109のベース部分の、基板に面する表面又はフェースプレートは、プロセスガス（複数可）が流れる複数の分散された穴を含む。ガス分配デバイス104は、金属材料で作製されてよく、上部電極として機能してよい。代わりに、ガス分配デバイス104は、非金属材料で作製されてよく、埋め込まれた電極を含んでよい。他の実施例では、上部電極は導電性プレートを含んでよく、プロセスガスは別の形態で導入されてよい。

【0023】

基板支持体106は、下部電極として機能する導電性ベースプレート110を含む。ベースプレート110は、セラミックマルチゾーン加熱プレートに対応してよい加熱プレート112を支持している。加熱プレート112とベースプレート110との間に熱抵抗層114が配置されてよい。ベースプレート110は、ベースプレート110を通して冷却剤を流すための1つ以上の冷却剤チャンネル116を含んでよい。

10

【0024】

無線周波数（RF）生成システム120はRF電圧を生成し、それを上部電極（例えば、ガス分配デバイス104）及び下部電極（例えば、基板支持体106のベースプレート110）の一方に出力する。上部電極及び下部電極の他方は、143でDC接地されるか、AC接地されるか、又はフローティングであってよい。いくつかの実施例では、RF生成システム120は、高周波（HF）電力及び低周波（LF）電力を（それぞれ所定周波数及び出力レベルで）生成するHF発生器121及びLF発生器122を含む二重周波数電力を供給してよく、これは、整合及び分配ネットワーク124により上部電極又は下部電極（又はシャワーヘッド）に供給される。

20

【0025】

化学物質送達システム（化学物質送達モジュールとも称される）130は、1つ以上のキャニスタオープン132-1、132-2、...、及び132-N（集合的に、プロセスガス供給源又はキャニスタオープン132）などのプロセスガス供給源を含み、Nはゼロより大きい整数である。プロセスガス供給源は、（例えば、複数のガスラインを介して）制御オープン133に流体的に結合され、制御オープンは、キャニスタオープン132により供給されるプロセスガスの温度の制御、並びに対応する弁134-1、134-2、...、及び134-Nへのプロセスガスの分配を制御するように構成されている。

30

【0026】

プロセスガス供給源132は、1つ以上のプロセスガス混合物、ドーパント、キャリアガス、液体前駆体、及び/又はパージガスを供給する。いくつかの実施例では、化学物質送達システム130は、前駆体ガス、例えば、テトラエチルオルトケイ酸塩（TEOS）ガスの混合物、堆積中に酸素種及びアルゴン（Ar）ガスを含むガス、並びにトリエチルホスフェイト（TEPO）及び/又はトリエチルボレート（TEB）を含むドーパント、を送達する。いくつかの実施例では、ドーパントの拡散は気相から生じる。例えば、キャリアガス（例えば、窒素、アルゴン等）が、所望のドーパント（やはり気相であって、例えば、トリエチルホスフェイト（TEPO）及び/又はトリエチルボレート（TEB））を高濃度で含み、シリコンウェハーに供給され、そこで濃度を均衡させることができる。それ以降のプロセスにおいて、ウェハーが、特定の温度まで加熱された石英管内に配置されてよい。

40

【0027】

図1に戻ると、プロセスガス供給源132及び制御オープン133は、バルブ134-1、134-2、...、及び134-N（集合的に、バルブ134）と、マスフローコントローラ（MFC）136-1、136-2、...、及び136-N（集合的に、マスフローコントローラ（MFC）136）とにより、混合マニホールド140に接続されている。プロセスガスは、混合マニホールド140に供給され、そこで混合される。混合マニホールド140の出力は、基板処理チャンバ102に供給される。いくつかの実施例では、混合マニホールド140の出力は、シャワーヘッド109に供給される。2次パージガス170が、

50

バルブ 172 及び MFC 174 を介して、例えばシャワーヘッド 109 の背後から、処理チャンバ 102 に供給されてよい。別個に示されているが、混合マニホールド 140 は化学物質送達システム 130 の一部であってよい。

#### 【0028】

例示的な実施形態では、プロセスガス供給源 132、制御オープン 133、バルブ 134、MFC 136、混合マニホールド 140、及び基板処理チャンバ 102 の間のガスラインが、本明細書で論じるように、所定温度に基づいてガスラインの 1 つ以上の部分を加熱するように構成された加熱要素を用いて構成されてよい。例示的な部分は、断熱壁領域、又は他の位置、例えば、冷点を生じさせ得る、ガスラインが通過するデッドゾーンを含む。より具体的には、ガスラインは、ガスラインの 1 つ以上の部分の表面温度を決定する温度センサを含んでよい。制御モジュール（例えば、システムコントローラ 160）は、温度センサにより測定された表面温度を検出し、所定温度に基づいて加熱要素の加熱温度を調整する。例示的な一実施形態では、所定温度は、固体前駆体の昇華をトリガする、プロセスガス供給源 132 において維持されている昇華温度である。この関連で、ガスラインを加熱するための加熱要素の使用に関連する、本明細書で論じられる技術を使用することは、ガスラインの目詰まりを防止し、プロセスガスの流れ効率を増加させる。化学物質送達モジュール内でのキャニスタ及び制御オープンの異なる組み合わせが図 2 及び図 3 に関連して示される。図 4 及び図 5 は、開示される技術に関連して使用することができる異なるタイプの加熱要素を示す。

10

#### 【0029】

温度コントローラ 142 が、加熱プレート 112 内に配置された複数の熱制御要素（TC E）144 に接続されてよい。例えば、TC E 144 は、マルチゾーン加熱プレート内の各ゾーンに対応するそれぞれのマクロ TC E、及び/又はマルチゾーン加熱プレートの複数のゾーンにわたって配置されたマイクロ TC E のアレイを含んでよいが、これらに限定されない。温度コントローラ 142 を使用して、複数の TC E 144 を制御して、基板支持体 106 及び基板 108 の温度を制御してよい。温度コントローラ 142 は、冷却剤アセンブリ 146 と通信して、チャンネル 116 を流れる冷却剤の流れを制御してよい。例えば、冷却剤アセンブリ 146 は、冷却剤ポンプ及びリザーバを含んでよい。温度コントローラ 142 は、冷却剤アセンブリ 146 を動作させて、冷却剤を、選択的にチャンネル 116 を通して流して基板支持体 106 を冷却する。バルブ 150 及びポンプ 152 を使用して、圧力を制御し、処理チャンバ 102 から反応物質を排気してよい。

20

30

#### 【0030】

システムコントローラ 160 を使用して、化学物質送達システム 130 内のガスラインの加熱要素の表面温度を動的にモニタ及び調整することを含めて、基板処理システム 100 の構成要素を制御してよい。温度コントローラ 142 は別個のコントローラとして示されているが、システムコントローラ 160 内に実装されてよい。

#### 【0031】

本開示のいくつかの実施例は、プロセスガスを生成する 1 つ以上のキャニスタオープンと、プロセスガスを化学的分離チャンバ（例えば、チャンバ 102）に供給する制御オープンとを含む化学物質送達システムを対象とし、プロセスガスをキャニスタオープンから制御オープンに、そして制御オープンから化学的分離チャンバに送達するために使用されるガスラインは、本明細書で論じられる技術を使用する加熱要素で構成される。

40

#### 【0032】

図 2 は、いくつかの実施形態による、化学的分離チャンバに結合された単一のキャニスタオープンを含む化学物質送達モジュール 200 を示す。図 2 を参照すると、化学物質送達モジュール 200 は、プロセスガス（例えば、前駆体ガス）を生成するように構成されたキャニスタオープン 202 を含み、プロセスガスは、ガスライン 236 を介して化学的分離チャンバ 204 に送達される。

#### 【0033】

キャニスタオープン 202 は断熱壁 206 により形成されたエンクロージャであり、固

50

体前駆体又は液体前駆体（又は別の種類の化学物質）を有する前駆体キャニスタ 218 を保持するために使用される。キャニスタオープン 202 は、前駆体キャニスタ 218 を加熱してプロセスガス 220 を生成させるように構成されたヒーター 216 を更に含む。いくつかの態様では、ヒーター 216 はファンを含むことができ、キャニスタオープン 202 内で対流式の熱を発生させて、前駆体キャニスタ 218 内の前駆体の昇華をトリガし、プロセスガス 220 を発生させるように構成されている。例えば、ヒーター 216 は、最大で所定温度（例えば、前駆体キャニスタ 218 内の前駆体に関連する昇華温度）にて、キャニスタオープン 202 内で対流式の熱を発生させ、その結果、プロセスガス 220 が発生する。

#### 【0034】

ガスライン 236 は、キャニスタオープン 202 の断熱壁のうちの 1 つにある開口部 234、並びに化学的分離チャンバ 204 の断熱壁にある開口部 232 を通過する。より具体的には、ガスライン 236 は、開口部 234 を通過する際に、キャニスタオープン 202 の内面 210 と外面 208 との間を延在する。同様に、ガスライン 236 は、開口部 232 を通過する際に、化学的分離チャンバ 204 の内面 228 と外面 226 との間を延在する。ガスライン 236 がキャニスタオープン 202 及び化学的分離チャンバ 204 の断熱壁にある開口部 234 及び 232 を通過する際に、断熱壁に近接した位置においてガスライン 236 内に冷点 222 及び 224 が形成される場合がある。本明細書で使用する場合、オープン又はチャンバの「内面」という用語は、オープン又はチャンバの内部、例えば内部壁を指す。本明細書で使用する場合、「外面」という用語は、オープン又はチャンバの表面、例えば外壁を指す。

#### 【0035】

例示的な一実施形態では、化学物質送達モジュール 200 は、加熱要素 230 を更に含み、加熱要素は、ガスライン 236 に取り付けられ、開口部 232 及び 234 を通って延在して、冷点 222 及び 224 を含むガスラインの一部分を覆っている。より具体的には、加熱要素 230 は、（冷点 222 を覆うために）キャニスタオープン 202 の内面 210 と外面 208 との間、並びに（冷点 224 を覆うために）化学的分離チャンバ 204 の内面 228 と外面 226 との間に延在する。加熱要素 230 は、ガスライン 236 の表面に沿って熱を発生させ、冷点 222 及び 224 の形成を防止するように構成され、これはその結果、前駆体ガスの凝固及びガスライン 236 の目詰まりを防止する。

#### 【0036】

例示的な一実施形態では、加熱要素 230 は、キャニスタオープン 202 の開口部 234 の寸法に基づいて設置及び/又は作動できる。例えば、開口部 234 は、断熱壁 206 の幅（ $t$ ）212 及び開口部 234 の直径（ $d$ ）214 によって特徴付けられる。開口部 234 が正方形又は矩形である態様では、直径（ $d$ ）が開口部の最短距離であり得る。いくつかの態様では、 $t/d = 0.05$  の場合に、加熱要素 230 を設置及び/又は作動できる。

#### 【0037】

例示的な実施形態では、化学物質送達モジュール 200 は、1 つ以上の温度センサ、例えば温度センサ 238 を更に含み、温度センサは、ガスライン 236 の少なくとも 1 つの部分（例えば、キャニスタオープン 202 の内面 210 と外面 208 との間の、ガスライン 236 の一部分）の表面温度を測定するように構成されている。コントローラモジュール（例えば、図 1 のシステムコントローラ 160）が、測定された表面温度を温度センサ 238 から受け取り、キャニスタオープン 202 内の所定温度（例えば、前駆体キャニスタ 218 内の前駆体の昇華温度）と測定された表面温度とに基づき加熱要素 230 の加熱温度を調整する。例えば、システムコントローラ 160 は、測定された表面温度を受け取り、所定温度と測定された表面温度との差に基づき加熱要素 230 の加熱温度を調整する。

#### 【0038】

いくつかの態様では、そのような、表面温度の測定及び加熱要素 230 の加熱温度の調整は、所定のスケジュールに基づいて動的に実施することができ、又は外部コマンド若し

10

20

30

40

50

くは他の測定トリガによりトリガできる。図2は、冷点222に関連する、ガスライン236の一部分に近接した、単一の温度センサ238を示すが、本開示はこの点に関して限定されず、ガスライン236に沿った複数の他のセンサを使用して、ガスラインの異なるゾーンにおける表面温度を測定し、それに応じて加熱要素230の加熱温度を調整することができる。いくつかの態様では、加熱要素230は複数の加熱ゾーンを含むことができ、各加熱ゾーンの加熱温度は、システムコントローラ160により独立して制御できる（例えば、特定の加熱ゾーンに対して測定された表面温度に基づいて）。例示的な加熱要素が、図4に関連して図5に示される。

#### 【0039】

図3は、いくつかの実施形態による、化学的分離チャンバに結合されたキャニスタオープン及び制御オープンを含む化学物質送達モジュール300を示す。図3を参照すると、化学物質送達モジュール300は、プロセスガス（例えば、前駆体ガス）を生成するように構成されたキャニスタオープン304を含み、プロセスガスは、ガスライン318を介して制御オープン302に、そして制御オープン302からガスライン318を介して化学的分離チャンバ306に送達される。

10

#### 【0040】

キャニスタオープン304は断熱壁352により形成されたエンクロージャであり、固体前駆体又は液体前駆体（又は別の種類の化学物質）を有する前駆体キャニスタ334を保持するために使用される。キャニスタオープン304は、前駆体キャニスタ334を加熱してプロセスガス336を生成させるように構成されたヒーター332を更に含む。いくつかの態様では、ヒーター332はファンを含むことができ、前駆体キャニスタ334内で対流式の熱を発生させて、キャニスタオープン304内の前駆体の昇華をトリガし、プロセスガス336を発生させるように構成されている。例えば、ヒーター332は、最大で所定温度（例えば、前駆体キャニスタ334内の前駆体に関連する昇華温度）にて、キャニスタオープン304内で対流式の熱を発生させ、その結果、プロセスガス336が発生する。

20

#### 【0041】

ガスライン318は、キャニスタオープン304の断熱壁のうちの1つにある開口部330、並びに制御オープン302の断熱壁354のうちの1つにある開口部328を通過する。より具体的には、ガスライン318は、開口部330を通過する際に、キャニスタオープン304の内面340と外面310との間に延在する。同様に、ガスライン318は、開口部328を通過する際に、制御オープン302の内面312と外面308との間に延在する。ガスライン318が、制御オープン302及びキャニスタオープン304の断熱壁にある開口部328及び330を通過する際に、開口部328及び330の近くの、断熱壁354及び352に近接した位置において、ガスライン318内に冷点358が形成される場合がある。

30

#### 【0042】

制御オープン302は、1つ以上のキャニスタオープンからプロセスガス（例えば、キャニスタオープン304からのプロセスガス336）を受け取り、（オープン内で熱気を循環させるためのファンを含む対流式ヒーターであり得る）ヒーター332を使用してプロセスガス（複数可）を加熱する。例示的な実施形態では、制御オープン302は、（図3に図示するような）単一のキャニスタオープン、又は各オープンがプロセスガスを制御オープン302に供給する複数のキャニスタオープンに接続できる。制御オープン302は、受け取ったプロセスガスの追加の処理を実施するように、並びにプロセスガスを化学的分離チャンバ306に供給するように構成できる。

40

#### 【0043】

ガスライン356は、制御オープン302の断熱壁354のうちの1つにある開口部326、並びに化学的分離チャンバ306の断熱壁のうちの1つにある開口部338を通過する。より具体的には、ガスライン318は、開口部326を通過する際に、制御オープン302の内面346と外面348との間に延在する。同様に、ガスライン356は、開

50

口部 338 を通過する際に、化学的分離チャンバ 306 の内面 342 と外面 344 との間に延在する。ガスライン 356 が、制御オープン 302 及び化学的分離チャンバ 306 の断熱壁にある開口部 326 及び 338 を通過する際に、開口部 326 及び 338 の近くの、断熱壁に近接した位置において、ガスライン 356 内に冷点 322 が形成されてもよい。

#### 【0044】

例示的な一実施形態では、化学物質送達モジュール 300 は加熱要素 320 を更に含み、加熱要素は、ガスライン 318 に取り付けられ、開口部 328 及び 330 を通って延在して、冷点 358 を含むガスラインの一部分を覆っている。より具体的には、加熱要素 320 は、キャニスタオープン 304 の内面 340 と外面 310 との間、並びに（冷点 358 を覆うために）制御オープン 302 の内面 312 と外面 308 との間に延在する。加熱要素 320 は、ガスライン 318 の表面に沿って熱を発生させ、冷点 358 の形成を防止するように構成され、これはその結果、前駆体ガスの凝固及びガスライン 318 の目詰まりを防止する。

10

#### 【0045】

例示的な一実施形態では、化学物質送達モジュール 300 は加熱要素 324 を更に含み、加熱要素は、ガスライン 356 に取り付けられ、開口部 326 及び 338 を通って延在して、冷点 322 を含むガスラインの一部分を覆っている。より具体的には、加熱要素 324 は、化学的分離チャンバ 306 の内面 342 と外面 344 との間、並びに（冷点 322 を覆うために）制御オープン 302 の内面 346 と外面 348 との間に延在する。加熱要素 324 は、ガスライン 356 の表面に沿って熱を発生させ、冷点 322 の形成を防止するように構成され、これはその結果、前駆体ガスの凝固及びガスライン 356 の目詰まりを防止する。

20

#### 【0046】

例示的な実施形態では、加熱要素 320 及び 324 は、開口部 328、330、326 及び 338 の寸法に基づいて設置及び/又は作動できる。例えば、開口部 328 は、断熱壁 354 の幅（ $t$ ）314 及び開口部 328 の直径（ $d$ ）316 によって特徴付けられる。開口部 328 が正方形又は矩形である態様では、直径（ $d$ ）が開口部の最短距離であり得る。いくつかの態様では、 $t/d = 0.05$  の場合に、加熱要素 320 を設置及び/又は作動できる。

#### 【0047】

例示的な実施形態では、化学物質送達モジュール 300 は、1つ以上の温度センサ、例えば温度センサ 350 を更に含み、温度センサは、ガスライン 318 の少なくとも1つの部分（例えば、制御オープン 302 の内面 312 と外面 308 との間の、ガスライン 318 の一部分）の表面温度を測定するように構成されている。コントローラモジュール（例えば、図1のシステムコントローラ 160）が、測定された表面温度を温度センサ 350 から受け取り、キャニスタオープン 304 内の所定温度（例えば、前駆体キャニスタ 334 内の前駆体の昇華温度）と測定された表面温度とに基づき加熱要素 320 の加熱温度を調整する。例えば、システムコントローラ 160 は、測定された表面温度を受け取り、所定温度と測定された表面温度との差に基づき加熱要素 320 の加熱温度を調整する。

30

#### 【0048】

いくつかの態様では、そのような、表面温度の測定及び加熱要素 320 の加熱温度の調整は、所定のスケジュールに基づいて動的に実施することができ、又は外部コマンド若しくは他の測定トリガによりトリガできる。図3は、冷点 358 に関連する、ガスライン 318 の一部分に近接した、単一の温度センサ 350 を示すが、本開示はこの点に関して限定されず、化学物質送達モジュール 300 の複数のガスラインに沿って複数の他のセンサを使用して、ガスラインの異なるゾーンにおける表面温度を測定し、それに応じて、対応する加熱要素の加熱温度を調整することができる。例えば、加熱要素 320 は、複数の加熱ゾーンを含むことができ、各加熱ゾーンの加熱温度は、システムコントローラ 160 により独立して制御できる（例えば、特定の加熱ゾーンに対して測定された表面温度に基づいて）。例示的な加熱要素が、図4に関連して図5に示される。

40

50

## 【 0 0 4 9 】

図 4 は、いくつかの実施形態による、化学物質送達モジュールにおいて使用される、ガスライン 4 0 2 用のクラムシェル型加熱要素 4 0 0 を示す。図 4 を参照すると、加熱要素 4 0 0 が分解された状態で示され、これはガスライン 4 0 2 の周囲に固定させることができるクラムシェル 4 0 4 A 及び 4 0 4 B を含んでよい。クラムシェル 4 0 4 A 及び 4 0 4 B は、1 つ以上のファイヤロッドヒーターを有するクラムシェル、1 つ以上の手巻きヒーターを有するクラムシェル、及び 1 つ以上の接着されたヒーターを有するクラムシェルを含むことができる。同様に、他のタイプの加熱要素が、クラムシェル 4 0 4 A 及び 4 0 4 B と共に使用されてよい。図 2 及び図 3 は、クラムシェルタイプの加熱要素などの加熱要素の側面図を示し、加熱要素は、クラムシェルが取り付けられてガスラインを包囲するときにガスラインを取り囲む。

10

## 【 0 0 5 0 】

図 5 は、いくつかの実施形態による、化学物質送達モジュールにおいて使用される、ガスライン 5 0 2 用の手巻き加熱要素 5 0 4 を示す。いくつかの態様では、加熱要素 5 0 4 は、接着されたヒーター、又は接着剤、取付けブラケット、クラムシェル、又は他のタイプの取付け手段を介してガスライン 5 0 2 に取り付けることができる別のタイプの加熱要素を含むことができる。

## 【 0 0 5 1 】

図 6 は、いくつかの例示的な実施形態による、化学物質送達モジュールを 1 つ以上のガスライン加熱モジュールと共に使用して半導体基板を処理する方法 6 0 0 のフローチャートである。方法 6 0 0 は動作 6 0 2、6 0 4、6 0 6、6 0 8、及び 6 1 0 を含み、これら動作は、基板処理システム 1 0 0 の動作を管理する、図 1 のシステムコントローラ 1 6 0 などの制御ロジックにより実施されてよい（制御ロジックが他のモジュールを構成して機能を実施させる、又は制御ロジックが他のモジュールに機能を実施させる）。図 6 を参照すると、動作 6 0 2 において、キャニスタオープン内で前駆体が所定温度に加熱されてプロセスガスを生成される。例えば、図 2 に関して、前駆体キャニスタ 2 1 8 及びキャニスタオープン 2 0 2 内の前駆体がヒーター 2 1 6 により加熱されてプロセスガス 2 2 0 が生成される。動作 6 0 4 において、プロセスガスは、ガスラインを介して、半導体基板が処理される化学的分離チャンバに供給される。例えば、プロセスガス 2 2 0 が、ガスライン 2 3 6 を介して化学的分離チャンバ 2 0 4 に供給される。ガスライン 2 3 6 は、キャニスタオープン 2 0 2 と化学的分離チャンバ 2 0 4 との間に延在する。

20

30

## 【 0 0 5 2 】

動作 6 0 6 において、キャニスタオープンの内面と外面との間に延在するガスラインの一部が、加熱要素を使用して加熱される。例えば、キャニスタオープン 2 0 2 の内面 2 1 0 との外面 2 0 8 との間に延在するガスライン 2 3 6 の一部が、加熱要素 2 3 0 を使用して加熱される。動作 6 0 8 において、加熱要素の表面温度がモニタされる。例えば、加熱要素 2 3 0 の表面温度は、システムコントローラ 1 6 0 により温度センサ 2 3 8 を使用してモニタされる。動作 6 1 0 において、加熱要素の加熱温度は、表面温度に基づいて調整される。例えば、加熱要素 2 3 0 の加熱温度は、温度センサ 2 3 8 から受け取った表面温度に基づいてシステムコントローラ 1 6 0 により調整される。

40

## 【 0 0 5 3 】

図 7 は、1 つ以上の例示的な方法の実施形態を実装できる、又は 1 つ以上の例示的な実施形態を制御できる、マシン 7 0 0 の一実施例を示すブロック図である。代替的实施形態では、マシン 7 0 0 は、独立型デバイスとして動作してよく、又は他のマシンに接続（例えば、ネットワーク化）されてよい。ネットワーク展開では、マシン 7 0 0 は、サーバクライアントネットワーク環境において、サーバマシン、クライアントマシン、又はその両方の能力において動作してよい。一例では、マシン 7 0 0 は、ピアツーピア（P2P）（又は他の分散型）ネットワーク環境においてピアマシンとして機能してよい。更に、単一のマシン 7 0 0 のみが示されているが、「マシン」という用語はまた、命令のセット（又は複数のセット）を個別に又は共同で実行して、クラウドコンピューティング、サー

50

ピス型ソフトウェア ( SaaS )、又は他のコンピュータクラスタ構成を介するような本明細書に記載される方法論のうちの任意の1つ以上を実行するマシンの任意の集合を含むと解釈されるものとする。

【 0054 】

本明細書に記載される例は、ロジック、いくつかの構成要素、又はメカニズムを含んでよく、又はそれらにより動作してよい。回路機構は、ハードウェア (例えば、単純な回路、ゲート、ロジック) を含む有形のエンティティにおいて実装される回路の集合である。回路機構の帰属関係は、時間の経過に対して、及び基礎をなすハードウェアのばらつきに対して柔軟であってよい。回路機構は、動作時に、特定の動作を単独で又は組み合わせで実施されてよい要素を含む。一例では、回路機構のハードウェアは、特定の動作 (例えば、ハードワイヤード) を実行するように不変に設計されてよい。一例では、回路機構のハードウェアは、特定の動作の命令を符号化するように物理的に (例えば、磁氣的に、電気的に、不変質量粒子 (invariant massed particle) の可動配置によって) 変更されたコンピュータ可読媒体を含む、可变的に接続された物理的構成要素 (例えば、実行ユニット、トランジスタ、単純な回路) を含んでよい。物理的構成要素を接続する際に、ハードウェア構成要素の基礎をなす電気的特性は変更される (例えば、絶縁体から導体へ、又はその逆に)。命令は、組み込みハードウェア (例えば、実行ユニット又はローディング機構) が、可変な接続を介して、ハードウェア内に回路機構の要素を構築して、動作時に特定の動作の一部を実行させることを可能にする。それに応じて、コンピュータ可読媒体は、デバイスが動作している時に、回路機構の他の構成要素に通信可能に結合される。いくつかの態様では、物理的構成要素のいずれも、複数の回路機構の複数の要素において使用されてよい。例えば、動作中、実行ユニットは、ある時点で第1の回路機構内第1の回路で使用され、別の時点で第1の回路機構内の第2の回路によって、又は第2の回路機構内の第3の回路によって再利用されてよい。

【 0055 】

マシン (例えば、コンピュータシステム) 700 は、ハードウェアプロセッサ 702 (例えば、中央処理装置 (CPU)、ハードウェアプロセッサコア、グラフィックス処理装置 (GPU)、又はこれらの任意の組み合わせ)、メインメモリ 704、及びスタティックメモリ 706 を含んでもよく、これらの一部又は全てが、インターリンク (例えば、バス) 708 を介して互いに通信してよい。マシン 700 は、ディスプレイデバイス 710、英数字入力デバイス 712 (例えば、キーボード)、及びユーザインターフェース (UI) ナビゲーションデバイス 714 (例えば、マウス) を更に含んでよい。一例では、ディスプレイデバイス 710、英数字入力デバイス 712、及び UI ナビゲーションデバイス 714 は、タッチスクリーンディスプレイであってよい。マシン 700 は、加えて、大容量記憶装置 (例えば、駆動ユニット) 716、信号生成デバイス 718 (例えば、スピーカ)、ネットワークインターフェースデバイス 720、及び1つ以上のセンサ 721、例えば全地球測位システム (GPS) センサ、コンパス、加速度計、又は別のセンサ、を含んでよい。マシン 700 は、シリアル (例えば、ユニバーサルシリアルバス (USB)) 接続、又は他の有線若しくは無線 (例えば、赤外線 (IR)、近距離無線通信 (NFC)) 接続などの出力コントローラ 728 を含んで、1つ以上の周辺デバイス (プリンタ、カードリーダー) と通信するか又はこれらを制御してよい。

【 0056 】

例示的な実施形態では、ハードウェアプロセッサ 702 は、システムコントローラ 160 及び上述したいずれかの制御ロジックの機能を実施して、(例えば、少なくとも図 1 ~ 図 6 に関連して論じるような) 本明細書に記載される機能を構成及び制御してよい。

【 0057 】

大容量記憶装置 716 は機械可読媒体 722 を含んでもよく、これには、本明細書に記載される技術又は機能のうちの任意の1つ以上を具体化する又はそれらにより利用されるデータ構造又は命令 724 (例えば、ソフトウェア) の1つ以上のセットが格納される。命令 724 はまた、マシン 700 による命令の実行中に、完全に又は少なくとも部分的に

10

20

30

40

50

、メインメモリ704内、スタティックメモリ706内、又はハードウェアプロセッサ702内に存在してよい。一例では、ハードウェアプロセッサ702、メインメモリ704、スタティックメモリ706、又は大容量記憶装置716のうちの1つ、又はこれらの任意の組み合わせが、機械可読媒体を構成してよい。

【0058】

機械可読媒体722は単一の媒体として示されているが、用語「機械可読媒体」は、1つ以上の命令724を格納するように構成された単一の媒体又は複数の媒体（例えば集中型若しくは分散型データベース、及び/又は関連するキャッシュ及びサーバー）を含んでよい。

【0059】

用語「機械可読媒体」は、マシン700による実行のために、命令724を格納、エンコード、及び保持することが可能な、及び本開示の技術のうちの任意の1つ以上をマシン700に実施させる、又はそのような命令724により使用されるか若しくはそのような命令に関連付けられたデータ構造を格納、エンコード、及び保持することが可能な、任意の媒体を含んでよい。非限定的な機械可読媒体の例には、固体メモリ並びに光学及び磁気媒体が含まれてよい。一例では、集合的な(mass ed)機械可読媒体は、不変(例えば、静止)質量を有する複数の粒子を有する機械可読媒体722を備える。それに応じて、集合的な機械可読媒体は、一時的な伝搬信号ではない。集合的な機械可読媒体の具体例としては、半導体メモリデバイス(例えば、電気的プログラマブル読み出し専用メモリ(EPROM; Electrically Programmable Read-Only Memory)、電気的消去可能プログラマブル読み出し専用メモリ(EEPROM; Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory))及びフラッシュメモリデバイスなどの不揮発性メモリ、内部ハードディスク及びリムーバブルディスクなどの磁気ディスク、光磁気ディスク、並びにCD-ROM及びDVD-ROMディスクを挙げることができる。

【0060】

命令724は更に、ネットワークインターフェースデバイス720を介して伝送媒体を使用して、通信ネットワーク726上を送信又は受信されてよい。

【0061】

前述した技術の実装は、ハードウェア及びソフトウェアの任意の数の仕様、構成、又は例示的な配備により達成してもよい。本明細書に記載される機能単位又は能力は、それら実装の独立性をより具体的に強調するために、構成要素又はモジュールとして参照されているか又はそのようにラベル付けされている場合があることを理解すべきである。そのような構成要素は、任意の数のソフトウェア又はハードウェアの形態により具体化されてよい。例えば、構成要素又はモジュールは、カスタム超大規模集積(VLSI)回路若しくはゲートアレイ論理チップなどの市販の半導体、トランジスタ、又は他の個別構成要素、を備えるハードウェア回路として実装されてよい。構成要素又はモジュールはまた、フィールドプログラマブルゲートアレイ、プログラマブルアレイロジック、プログラマブルロジックデバイス等のプログラマブルハードウェアデバイスに実装されてよい。構成要素又はモジュールはまた、ソフトウェアに実装されて、様々なタイプのプロセッサにより実行されてよい。実行可能コードの特定の構成要素又はモジュールが、例えば、コンピュータ命令の1つ以上の物理ブロック又は論理ブロックを含んでよく、それは、例えば、オブジェクト、プロシージャ、又は機能として構成されてよい。しかしながら、特定の構成要素又はモジュールの実行可能形式は、物理的に一緒に位置する必要はなく、異なる位置に格納された異種の命令を含んでよく、これら命令は、物理的に一緒に結合された場合に構成要素又はモジュールを含み、構成要素又はモジュールに対して規定された目的を実現する。

【0062】

実際、実行可能コードの構成要素又はモジュールは、単一の命令又は多数の命令であってよく、いくつかの異なるコード部分にわたって、異なるプログラムの間に、及びいくつかのメモリデバイス又は処理システム全体にわたって、分散してよい。特に、記載さ

10

20

30

40

50

れたプロセス（例えば、コード書き換え及びコード分析）のいくつかの態様は、そのコードが展開された処理システム（例えば、センサ又はロボットに埋め込まれたコンピュータ）とは異なる処理システム（例えば、データセンタのコンピュータ）で生じてよい。同様に、本明細書において、動作データが特定され、構成要素又はモジュール内で例示されてよく、任意の好適な形で具体化され、任意の好適な形のデータ構造内で構成されてよい。動作データは、単一のデータセットとして収集されてよく、又は異なる記憶装置を含む異なる場所にわたって分散されてよく、少なくとも部分的に単にシステム又はネットワーク上の電子信号として存在してよい。構成要素又はモジュールは、所望の機能を実施するように動作可能なエージェントを含んで、受動的又は能動的であってよい。

【0063】

付記及び実施例

【0064】

実施例1は、半導体基板処理装置であり、装置は、半導体基板を処理するための化学的分離チャンバと、化学的分離チャンバと流体連通している化学物質送達モジュールであって、前駆体を所定温度まで加熱し、加熱された前駆体を使用してプロセスガスを生成するように構成されたキャニスタオープンを用意する、化学物質送達モジュールと、半導体基板を処理するために、第1のガスラインを介してプロセスガスを受け取り、第2のガスラインを介してプロセスガスを化学的分離チャンバに供給するように構成された制御オープンであって、第1のガスラインは、キャニスタオープンの内面と制御オープンの内面との間に延在している、制御オープンと、キャニスタオープンの内面と制御オープンの内面との間で第1のガスラインの一部分を加熱するように構成された加熱要素と、化学物質送達モジュール及び化学的分離チャンバに結合されたコントローラモジュールであって、第1のガスラインの一部分の温度を検出し、検出された温度に基づいて、加熱要素の加熱温度を調整するように構成された、コントローラモジュールと、を用意する。

【0065】

実施例2では、実施例1の主題が、所定温度が前駆体の昇華温度であるという主題を含み、制御モジュールは、加熱要素の加熱温度を昇華温度に調整するように構成されている。

【0066】

実施例3では、実施例1～2の主題が、第2の前駆体を第2の所定温度まで加熱し、加熱された第2の前駆体を使用して第2のプロセスガスを生成するように構成された、第2のキャニスタオープンを、化学物質送達モジュールが用意するという主題を含み、制御オープンは、半導体基板を処理するために、第3のガスラインを介して第2のプロセスガスを受け取り、第2のガスラインを介して第2のプロセスガスを化学的分離チャンバに供給するように構成され、第3のガスラインは、第2のキャニスタオープンの内面と制御オープンの内面との間に延在している。

【0067】

実施例4では、実施例3の主題が、化学物質送達モジュールが第2のキャニスタオープンの内面と制御オープンの内面との間で第3のガスラインの一部分を加熱するように構成された第2の加熱要素を用意するという主題を含む。

【0068】

実施例5では、実施例4の主題が、化学物質送達モジュールが制御オープンの内面と制御オープンの外面との間で第2のガスラインの一部分を加熱するように構成された第3の加熱要素を用意するという主題を含む。

【0069】

実施例6では、実施例5の主題が、化学物質送達モジュールが第1のガスラインの一部分、第2のガスラインの一部分、及び第3のガスラインの一部分の表面温度を測定するように構成された複数の温度センサを用意するという主題を含む。

【0070】

実施例7では、実施例6の主題が、コントローラモジュールが加熱要素の加熱温度、第2の加熱要素の加熱温度、及び第3の加熱要素の加熱温度を、所定温度と測定された表面

10

20

30

40

50

温度のうちの少なくとも1つとの間の差に基づいて調整するように構成されているという主題を含む。

【0071】

実施例8では、実施例1～7の主題が、加熱要素がファイヤロッドヒーターを有するクラムシェル、手巻きヒーターを有するクラムシェル、接着されたヒーターを有するクラムシェル、ガスライン取付け型の手巻きヒーター、及びガスライン取付け型の接着されたヒーターのうちの1つを備えるという主題を含む。

【0072】

実施例9は、半導体基板処理装置の化学的分離チャンバにプロセスガスを供給するための化学物質送達モジュールであって、化学物質送達モジュールは、前駆体を所定温度まで加熱し、加熱された前駆体を使用してプロセスガスを生成するように構成された、キャニスタオープンと、半導体基板を処理するために、第1のガスラインを介してプロセスガスを受け取り、第2のガスラインを介してプロセスガスを化学的分離チャンバに供給するように構成された制御オープンであって、第1のガスラインは、キャニスタオープンの内面と制御オープンの内面との間に延在している、制御オープンと、キャニスタオープンの内面と制御オープンの内面との間で第1のガスラインの一部分を加熱するように構成された加熱要素と、第1のガスラインの一部分の温度を検出し、検出された温度に基づいて、加熱要素の加熱温度を調整するように構成された、コントローラモジュールと、を備える。

10

【0073】

実施例10では、実施例9の主題が、所定温度が前駆体の昇華温度であるという主題を含む。

20

【0074】

実施例11では、実施例10の主題が、制御オープンが第2の加熱要素を含み、制御モジュールが加熱要素の加熱温度及び第2の加熱要素の加熱温度を昇華温度に調整するように構成されているという主題を含む。

【0075】

実施例12では、実施例9～11の主題が、第2のガスラインが制御オープンの内面と制御オープンの外面との間に延在し、化学物質送達モジュールが制御オープンの内面と外面との間で第2のガスラインの一部分を加熱するように構成された第2の加熱要素を備えるという主題を含む。

30

【0076】

実施例13では、実施例12の主題が、化学物質送達モジュールが第1のガスラインの一部分及び第2のガスラインの一部分の表面温度を定期的に測定するように構成された複数の温度センサを備えるという主題を含む。

【0077】

実施例14では、実施例13の主題が、コントローラモジュールが加熱要素の加熱温度及び第2の加熱要素の加熱温度を所定温度と測定された表面温度のうちの少なくとも1つとの間の差に基づいて調整するように構成されているという主題を含む。

【0078】

実施例15では、実施例1～14の主題が、加熱要素がファイヤロッドヒーターを有するクラムシェル、手巻きヒーターを有するクラムシェル、接着されたヒーターを有するクラムシェル、ガスライン取付け型の手巻きヒーター、及びガスライン取付け型の接着されたヒーターのうちの1つを備えるという主題を含む。

40

【0079】

実施例16は、半導体基板を処理する方法であって、方法は、キャニスタオープン内の前駆体を所定温度に加熱してプロセスガスを生成させることと、プロセスガスをガスラインを介して化学的分離チャンバに供給することであって、化学的分離チャンバ内で半導体基板が処理され、ガスラインは、キャニスタオープンと化学的分離チャンバとの間に延在している、ことと、キャニスタオープンの内面と外面との間に延在するガスラインの一部分を、加熱要素を使用して加熱することと、加熱要素の表面温度をモニタすることと、表

50

面温度に基づいて加熱要素の加熱温度を調整することと、を含む。

【0080】

実施例17では、実施例16の主題が、所定温度からの表面温度の偏差を決定することと、偏差に基づいて加熱温度を調整することと、を含む。

【0081】

実施例18では、実施例16～17の主題が、化学的分離チャンバの内面と外面との間に延在するガスラインの第2の部分を第2の加熱要素を使用して加熱することを含む。

【0082】

実施例19では、実施例18の主題が、第2の表面温度をモニタすることによって、前記第2の表面温度は前記第2の加熱要素に関連する、ことと、第2の表面温度に基づいて第2の加熱要素の加熱温度を調整することと、を含む。

10

【0083】

実施例20では、実施例19の主題が、加熱要素及び第2の加熱要素がファイヤロッドヒーターを有するクラムシェル、手巻きヒーターを有するクラムシェル、接着されたヒーターを有するクラムシェル、ガスライン取付け型の手巻きヒーター、及びガスライン取付け型の接着されたヒーターのうちの1つを備えるという主題を含む。

【0084】

実施例21では、処理回路機構により実行されると処理回路機構に実施例1～20のいずれかを実装するための動作を実施させる命令を含む少なくとも1つの機械可読媒体である。

20

【0085】

実施例22は、実施例1～20のいずれかを実装する手段を含む装置である。

【0086】

実施例23は、実施例1～20のいずれかを実装するシステムである。

【0087】

実施例24は、実施例1～20のいずれかを実装する方法である。

【0088】

本明細書の全体にわたって、単一のインスタンスとして記載されている構成要素、動作動作、又は構造を、複数のインスタンスが実装してよい。1つ以上の方法の個々の動作が、別個の動作として示され記載されているが、個々の動作のうちの1つ以上が同時に実施されてよく、それら動作が、示される順序で実施される必要はない。例示的な構成において別個の構成要素として提示される構造及び機能が、組み合わせられた構造又は構成要素として実装されてよい。同様に、単一の構成要素として提示された構造及び機能が、別個の構成要素として実装されてよい。これら及び他の変形形態、修正形態、追加形態、及び改善形態が、本明細書の趣旨の範囲に含まれる。

30

【0089】

本明細書に示される実施形態は、開示される教示を当業者が実施することを可能にするのに十分に詳細に説明されている。構造的及び論理的置換及び変更を、本開示の範囲から逸脱することなく行うことができるように、他の実施形態を使用してよく、またそれから導出してよい。したがって、「発明を実施するための形態」は限定的な意味で解釈されるべきではなく、様々な実施形態の範囲は、添付の特許請求の範囲と、そのような特許請求の範囲が権利を有する等価物の全範囲とによってのみ規定される。

40

【0090】

請求項が、本明細書で開示される全ての特徴形態を記載していなくてもよい。なぜなら、実施形態がそれら特徴形態のサブセットを特徴としてもよいからである。更に、実施形態は、特定の実施例で開示される特徴よりも少ない特徴を含んでよい。したがって、以下の請求項は、「発明を実施するための形態」に組み込まれ、請求項は、別個の実施形態としてそれ自体で成立している。

【0091】

本明細書で使用する場合、用語「又は」は、包括的又は排他的な意味のいずれかで解釈

50

されてよい。更に、本明細書において単一のインスタンスとして記載されているリソース、動作、又は構造に対して、複数のインスタンスが提供されてよい。加えて、様々なリソース、動作、モジュール、エンジン、及びデータ格納の間の境界はいくぶん恣意的であり、特定の動作が、特定の例示的な構成と関連付けて例示されている。機能性の他の割り当てが想定され、それらが本開示の様々な実施形態の範囲に含まれてよい。一般に、例示的な構成において別個のリソースとして提示された構造及び機能性が、組み合わせられた構造又はリソースとして実装されてよい。同様に、単一のリソースとして提示された構造及び機能性が、別個のリソースとして実装されてよい。これら及び他の変形形態、修正形態、追加形態、及び改善形態が、添付の特許請求の範囲により示されるような本開示の実施形態の範囲に含まれる。それに応じて、本明細書及び図面は、限定的な意味というよりも例示的な意味で考えるべきである。

10

【図面】

【図 1】

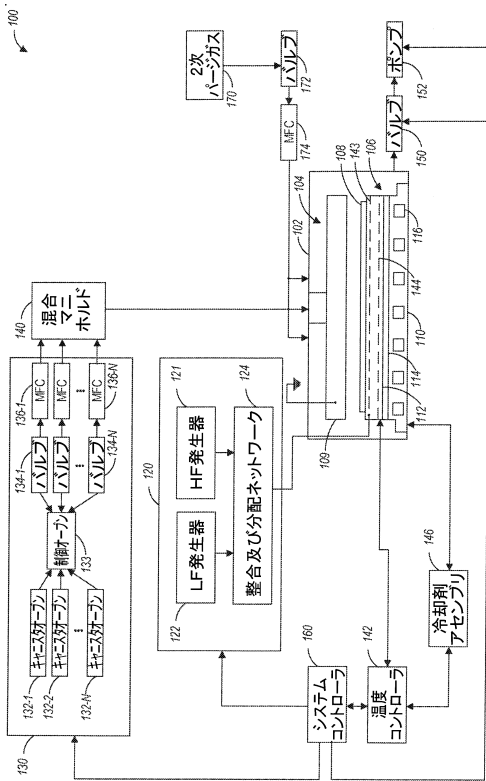


FIG. 1

【図 2】

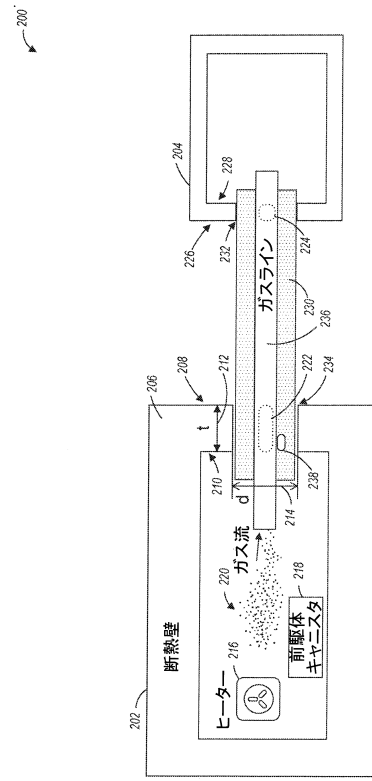


FIG. 2

20

30

40

50

【図3】

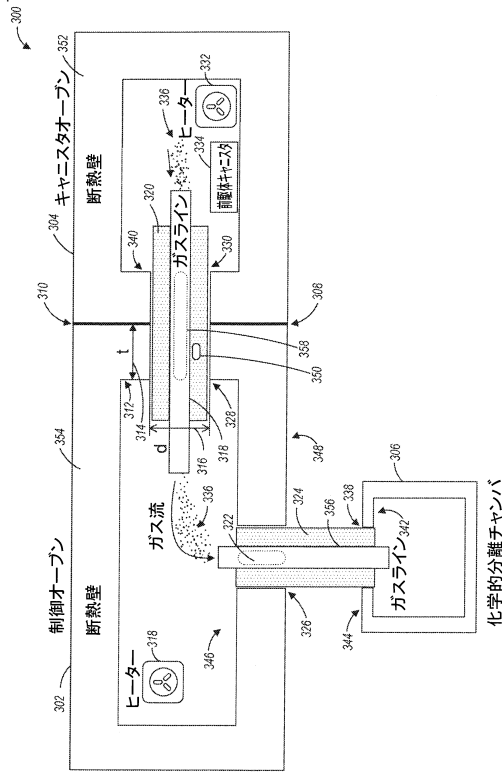


FIG. 3

【図4】

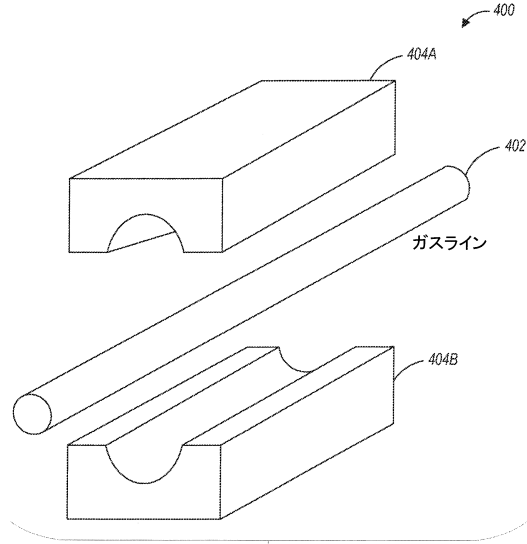


FIG. 4

【図5】

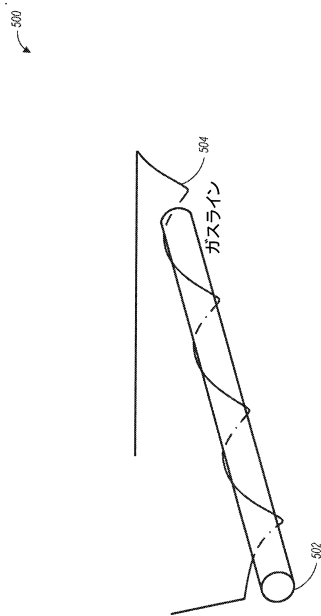


FIG. 5

【図6】

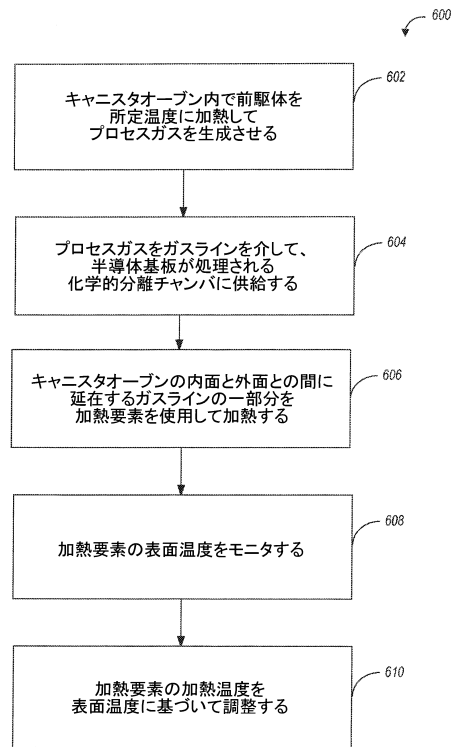


FIG. 6

10

20

30

40

50

【 図 7 】

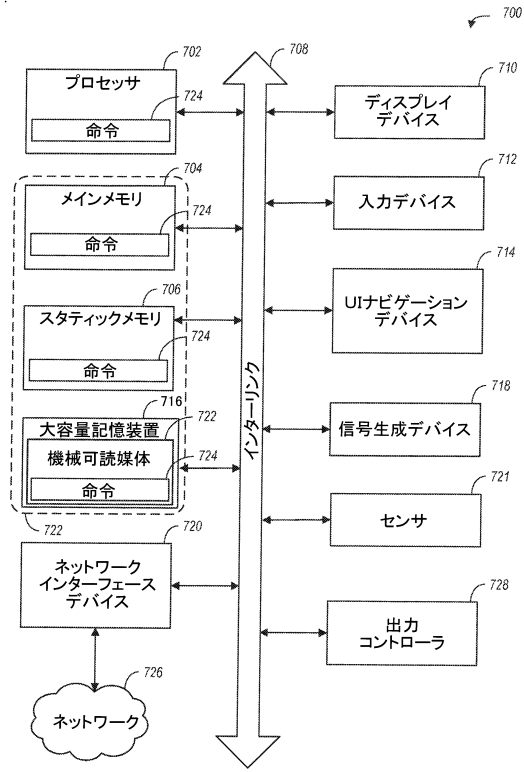


FIG. 7

10

20

30

40

50

## フロントページの続き

- 035 ミルピタス, パーク・グレン・コート, 1186
- (72)発明者 ウォングセナム・パンヤ  
アメリカ合衆国 カリフォルニア州94555 フレモント, カーディナル・テラス, 3809
- (72)発明者 ダマソ・チャーリー  
アメリカ合衆国 カリフォルニア州95131 サン・ホセ, シルク・ウッド・レーン, 1838
- (72)発明者 ブリース・マーヴィン・クレイトン  
アメリカ合衆国 カリフォルニア州95006 ボルダー・クリーク, ビッグ・ベイジン・ウェイ,  
20190
- 審査官 原島 啓一
- (56)参考文献 特開平02-210822(JP,A)  
特開2009-084625(JP,A)  
国際公開第00/036640(WO,A1)  
特開2016-191140(JP,A)  
特表平10-500733(JP,A)  
特開平08-097160(JP,A)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
- H01L 21/31  
H01L 21/205  
H01L 21/302  
H01L 21/3065  
H01L 21/365  
H01L 21/461  
H01L 21/469  
H10D 86/03  
C23C 16/00-16/56