

(19)日本国特許庁(JP)

## (12)特許公報(B2)

(11)特許番号

特許第7235678号

(P7235678)

(45)発行日 令和5年3月8日(2023.3.8)

(24)登録日 令和5年2月28日(2023.2.28)

(51)国際特許分類

F I

H 0 1 L 21/31 (2006.01)

H 0 1 L 21/31

E

H 0 1 L 21/683 (2006.01)

H 0 1 L 21/68

N

H 0 1 L 21/324 (2006.01)

H 0 1 L 21/324

G

H 0 1 L 21/316 (2006.01)

H 0 1 L 21/316

P

請求項の数 18 (全15頁)

(21)出願番号 特願2019-559058(P2019-559058)

(86)(22)出願日 平成30年4月19日(2018.4.19)

(65)公表番号 特表2020-519018(P2020-519018  
A)

(43)公表日 令和2年6月25日(2020.6.25)

(86)国際出願番号 PCT/US2018/028258

(87)国際公開番号 WO2018/204078

(87)国際公開日 平成30年11月8日(2018.11.8)

審査請求日 令和3年4月19日(2021.4.19)

(31)優先権主張番号 62/492,700

(32)優先日 平成29年5月1日(2017.5.1)

(33)優先権主張国・地域又は機関  
米国(US)

(73)特許権者 390040660

アプライド マテリアルズ インコーポレ  
イテッドAPPLIED MATERIALS ,  
INCORPORATED

アメリカ合衆国 カリフォルニア 950

54, サンタ クララ, パウアーズ ア

ヴェニュー 3050

3050 Bowers Avenue

Santa Clara CA 95054

U.S.A.

(74)代理人 110002077

園田・小林弁理士法人

(72)発明者 フランクリン, ティモシー ジョセフ

アメリカ合衆国 カリフォルニア 950

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 真空分離及び前処理環境を伴う高圧アニールチャンバ

## (57)【特許請求の範囲】

## 【請求項1】

下側シェルと、

前記下側シェルを通して形成された基板移送ポートと、

前記下側シェルの上に配置された上側シェルと、

前記上側シェルの中に配置された内側シェルであって、内側シェルと前記上側シェルが  
外側チャンバを囲んでおり、内側シェルと前記下側シェルが、前記外側チャンバから分離  
されている内側チャンバを囲んでいる、内側シェルと、

前記内側シェルを加熱するよう動作可能なヒータと、

前記下側シェルの中に可動式に配置されたリフトプレートであって、リフトプレートが  
、上昇位置にある時に、前記内側チャンバを高圧領域と低圧領域とに密封分離させ、前記  
高圧領域がリフトプレート及び前記内側シェルに囲まれる、リフトプレートと、前記リフトプレートの上に配置されたカセットであって、複数の基板を保持するよう構  
成されたカセットと、

前記内側チャンバに流体を導入するよう構成された注入ポートと、

前記内側シェルの底面に取り外し可能に連結された注入リングと、

前記リフトプレートが上昇位置にある時に前記注入リングを前記リフトプレートに密封  
するよう構成された、高圧シールと、前記高圧シールと前記内側シェルとの間であって、前記注入リング内に配置された冷却  
チャネルとを備える、

10

20

バッチ処理チャンバ。

【請求項 2】

前記リフトプレートは、上昇位置にある時に前記高圧シールに接触し、前記高圧シールが、前記内側チャンバを高圧領域と低圧領域とに密封分離させる、請求項 1 に記載のバッチ処理チャンバ。

【請求項 3】

前記高圧シールに隣接して配置された冷却チャネルを更に備え、前記冷却チャネルは、前記高圧シールと前記ヒータとの間に配置される、請求項 2 に記載のバッチ処理チャンバ。

【請求項 4】

前記内側チャンバを横切って前記注入ポートに面している、一又は複数の出口ポートを更に備える、請求項 1 に記載のバッチ処理チャンバ。

10

【請求項 5】

前記注入リングの内部に前記注入ポートが配置されている、請求項 1 に記載のバッチ処理チャンバ。

【請求項 6】

前記注入リングを通して形成された一又は複数の出口ポートであって、前記内側チャンバを介して前記注入ポートに面している、一又は複数の出口ポートを更に備える、請求項 5 に記載のバッチ処理チャンバ。

【請求項 7】

前記内側チャンバに流体連結された遠隔プラズマ源を更に備える、請求項 1 に記載のバッチ処理チャンバ。

20

【請求項 8】

前記リフトプレートとインターフェース接続された加熱素子を更に備える、請求項 1 に記載のバッチ処理チャンバ。

【請求項 9】

下側シェルと、

前記下側シェルを通して形成された基板移送ポートと、

前記下側シェルの底面に連結された底部プレートと、

前記下側シェルの上に配置された上側シェルと、

前記上側シェルの中に配置された内側シェルであって、高圧領域と低圧領域とを有する内側チャンバの一部分を囲んでいる、内側シェルと

30

前記内側シェルと前記上側シェルに囲まれた外側チャンバであって、前記内側チャンバから分離された外側チャンバと、

前記外側チャンバ内に配置された一又は複数のヒータであって、前記内側シェルを加熱するよう動作可能な、一又は複数のヒータと、

前記下側シェルの中に可動式に配置されたリフトプレートであって、上昇して前記高圧領域を密封し、下降して、前記高圧領域と前記低圧領域との間の流体連結を可能にするよう構成された、リフトプレートと、

前記リフトプレートに連結された加熱素子と、

前記リフトプレートの上に配置されたカセットであって、複数の基板を保持するよう構成されたカセットと、

40

前記内側シェルの底面に取り外し可能に連結された注入リングと、

前記注入リングの中に配置された注入ポートであって、前記内側チャンバに流体を導入するよう構成された注入ポートと、

前記高圧領域において前記注入リングと前記リフトプレートとを連結するよう構成された、高圧シールと、

前記高圧シールと前記内側シェルとの間であって、前記注入リング内に配置された冷却チャネルと、

前記注入リングを通して形成された一又は複数の出口ポートであって、前記内側チャンバを横切って前記注入ポートに面している、一又は複数の出口ポートと、

50

前記内側チャンバに連結された遠隔プラズマ源とを備える、  
バッチ処理チャンバ。

【請求項 10】

バッチ処理チャンバ内に配置された複数の基板を処理する方法であって、  
リフトプレート上に配置されたカセットに複数の基板を装填することであって、前記カセット及び前記リフトプレートが前記バッチ処理チャンバの内側チャンバ内に配置され、  
装填される前の前記複数の基板のうちの少なくとも第1の基板が、前記基板の外面に露出した流動可能材料を有する、複数の基板を装填することと、

処理位置まで前記カセットを上昇させることであって、前記処理位置では、前記内側チャンバの高圧領域内の前記カセットが、前記内側チャンバの低圧領域から分離される、前記カセットを上昇させることと、

10

前記第1の基板の前記外面に露出した前記流動可能材料を流動させることであって、

前記第1の基板を、前記高圧領域の中にある時に、処理流体を蒸気相に維持する温度及び圧力において、前記処理流体に曝露することを更に含む、前記流動可能材料を流動させることとを含む、

方法。

【請求項 11】

前記第1の基板を前記処理流体に曝露することが、

前記第1の基板を水蒸気又は水に曝露することを含む、請求項 10 に記載の方法。

【請求項 12】

20

前記リフトプレートの上昇に先立って、前記内側チャンバ内で、前記第1の基板を湿潤剤に曝露することを更に含む、請求項 10 に記載の方法。

【請求項 13】

前記内側チャンバの前記高圧領域を部分的に取り囲んでいる外側チャンバ内を、真空中に維持することを更に含む、請求項 10 に記載の方法。

【請求項 14】

遠隔プラズマ源からラジカルを流すことによって前記内側チャンバを洗浄することを更に含む、請求項 10 に記載の方法。

【請求項 15】

前記外側チャンバが、前記内側チャンバから流体分離されている、請求項 1 に記載のバッチ処理チャンバ。

30

【請求項 16】

前記ヒータが、前記外側チャンバ内に配置されている、請求項 15 に記載のバッチ処理チャンバ。

【請求項 17】

前記リフトプレートが、前記上昇位置にある時に、前記高圧領域で前記カセットを密封する、請求項 1 に記載のバッチ処理チャンバ。

【請求項 18】

前記リフトプレートが、下降位置にある時に、前記高圧領域と前記低圧領域の間の流体連結を可能にする、請求項 17 に記載のバッチ処理チャンバ。

40

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本開示の実施形態は概して、基板上の間隙及びトレンチを充填するための方法及び装置、並びに、基板をバッチアニーリングするためのツールに関する。

【背景技術】

【0002】

関連技術の説明

半導体デバイスの形状寸法は、数十年前に半導体デバイスが導入されて以来、サイズが著しく減少してきた。デバイス密度の増大により、構造フィーチャの空間寸法の減少がも

50

たらされた。最新の半導体デバイスの構造フィーチャを形成する間隙及びトレンチのアスペクト比（深さと幅の比率）は、間隙を材料で充填することが極めて困難になるほどに、狭長化している。これを困難にしている大きな原因の１つは、間隙内に堆積される材料に、間隙が完全に充填される前に間隙の開口に詰まりやすいという傾向があることである。

【０００３】

ゆえに、基板上の高アスペクト比の間隙及びトレンチを充填するための、改良型の装置及び方法が必要とされている。

【発明の概要】

【０００４】

本開示の実施形態は概して、基板上の間隙及びトレンチを充填するための方法及び装置、並びに、基板をバッチアニーリングするためのツールに関する。一実施形態では、バッチ処理チャンバが開示される。このバッチ処理チャンバは、下側シェルと、下側シェルを通過して形成された基板移送ポートと、下側シェルの上に配置された上側シェルと、上側シェルの中に配置された内側シェルと、内側シェルを加熱するよう動作可能なヒータと、下側シェルの中に可動式に配置されたリフトプレートと、リフトプレートの上に配置されたカセットであって、内側チャンバ内で複数の基板を保持するよう構成されたカセットと、注入ポートとを、含む。内側シェルと上側シェルが外側チャンバを囲んでいる一方、内側シェルと下側シェルが、外側チャンバから分離されている内側チャンバを囲んでいる。注入ポートは、内側チャンバ内に流体を導入するよう構成される。

【０００５】

本開示の別の実施形態では、バッチ処理チャンバが開示される。このバッチ処理チャンバは、下側シェルと、下側シェルを通過して形成された基板移送ポートと、下側シェルの底面に連結された底部プレートと、下側シェルの上に配置された上側シェルと、上側シェルの中に配置された内側シェルと、内側シェルと上側シェルに囲まれた外側チャンバと、外側チャンバ内に配置された一又は複数のヒータと、下側シェルの中に可動式に配置されたリフトプレートと、リフトプレートに連結された加熱素子と、リフトプレートの上に配置されたカセットであって、複数の基板を保持するよう構成されたカセットと、内側シェルの底面に取り外し可能に連結された注入リングと、注入リングの中に配置された注入ポートと、注入リングとリフトプレートとを連結するよう構成された高圧シールと、高圧シールに隣接して配置された冷却チャンネルと、注入リングを通過して形成された一又は複数の出口ポートと、遠隔プラズマ源とを、含む。内側シェルは内側チャンバの一部分を囲んでおり、内側チャンバは、高圧領域と低圧領域とを有する外側チャンバは、内側チャンバから分離されている。外側チャンバ内に配置された一又は複数のヒータは、内側シェルを加熱するよう動作可能である。リフトプレートは、上昇して高圧領域を密封し、下降して高圧領域と低圧領域との間の流体連結を可能にするよう、構成される。注入リングの中に配置された注入ポートは、内側チャンバ内に流体を導入するよう構成される。高圧シールは、高圧領域において注入リングとリフトプレートとを連結するよう構成される。一又は複数の出口ポートは、内側チャンバを介して注入ポートに面している。遠隔プラズマ源は内側チャンバに連結される。

【０００６】

本開示の更に別の実施形態では、バッチ処理チャンバ内に配置された複数の基板を処理するための方法が開示される。この方法は、リフトプレートの上に配置されたカセットに複数の基板をローディング（装填）することであって、複数の基板のうちの流動可能材料を有する少なくとも第１の基板が、基板の外面に露出するように、カセット及びリフトプレートがバッチ処理チャンバの内側チャンバ内に配置される、複数の基板をローディングすることと、処理位置までカセットを上昇させることであって、この処理位置では、内側チャンバの高圧領域内のカセットが、内側チャンバの低圧領域から分離される、カセットを上昇させることと、第１の基板の外面に露出した流動可能材料を流動させることとを、含む。流動可能材料を流動させることは、高圧領域を約５０バールを上回る圧力に加圧すること、第１の基板を摂氏約４５０度を上回る温度に加熱すること、及び第１の基板を処

10

20

30

40

50

理流体に曝露すること、と同時に実施される。

【 0 0 0 7 】

本開示の上述の特徴を詳しく理解しうるように、上記で簡単に要約されている本開示のより詳細な説明が、実施形態を参照することによって得られる。一部の実施形態は付随する図面に示されている。しかし、本開示は他の等しく有効な実施形態も許容しうるので、付随する図面は例示的な実施形態のみを示しており、したがって、本開示の範囲を限定すると見なすべきではないことに、留意されたい。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 0 8 】

【図 1】カセットが低圧領域内にある、バッチ処理チャンバの簡略正面断面図である。

10

【図 2】カセットが高圧領域内にある、バッチ処理チャンバの簡略正面断面図である。

【図 3】バッチ処理チャンバの内側シェルに接続された注入リングの簡略正面断面図である。

【図 4】複数の基板ストレージスロット上に複数の基板が配置されている、カセットの簡略正面断面図である。

【図 5】バッチ処理チャンバでの処理の前の基板の概略図である。

【図 6】バッチ処理チャンバでの処理の後の基板の概略図である。

【図 7】図 1 のバッチ処理チャンバ内に配置された複数の基板を処理するための方法のブロック図である。

【発明を実施するための形態】

20

【 0 0 0 9 】

理解を容易にするために、可能な場合には、複数の図に共通する同一の要素を指し示すのに同一の参照番号を使用した。一実施形態の要素及び特徴は、更なる記述がなくとも、他の実施形態に有益に組み込まれうると想定される。

【 0 0 1 0 】

本開示の実施形態は概して、基板上の間隙及びトレンチを充填するための方法及び装置、並びに、基板をバッチアニーリングするためのツールに関する。バッチアニーリングは、流動可能材料で高アスペクト比の間隙及びトレンチを充填するのに特に適している。

【 0 0 1 1 】

図 1 は、バッチ処理チャンバの簡略正面断面図である。バッチ処理チャンバ 1 0 0 は、下側シェル 1 1 4 の上に配置された上側シェル 1 1 2 を有する。外側チャンバ 1 1 0 及び内側チャンバ 1 2 0 が形成されるように、内側シェル 1 1 3 が上側シェル 1 1 2 の中に配置される。内側シェル 1 1 3 と上側シェル 1 1 2 は外側チャンバ 1 1 0 を囲む。内側シェル 1 1 3 と下側シェル 1 1 4 が内側チャンバ 1 2 0 を囲む。外側チャンバ 1 1 0 は、内側チャンバ 1 2 0 から分離されている。底部プレート 1 7 0 が、下側シェル 1 1 4 の底面に連結される。内側チャンバ 1 2 0 は、高圧領域 1 1 5 及び低圧領域 1 1 7 を有する。上側シェル 1 1 2 及び下側シェル 1 1 4 の外面は、ステンレス鋼などであるがそれに限定されるわけではない、耐食鋼 (C R S) から作製されうる。内側シェル 1 1 3、上側シェル 1 1 2、及び下側シェル 1 1 4 の内面、並びに底部プレート 1 7 0 は、H A S T E L L O Y (登録商標) などであるがそれに限定されるわけではない、高い耐食性を示すニッケルベースの鋼合金から作製されうる。

30

【 0 0 1 2 】

一又は複数のヒータ 1 2 2 が、外側チャンバ 1 1 0 内に配置される。以下で詳述するように、ヒータ 1 2 2 の動作性能を向上させるために、外側チャンバ 1 1 0 内の環境は真空中に維持される。図 1 に示している実施形態では、ヒータ 1 2 2 は、内側シェル 1 1 3 に連結されている。他の実施形態では、ヒータ 1 2 2 は上側シェル 1 1 2 に連結されることもある。ヒータ 1 2 2 は、オンにされると、内側シェル 1 1 3 を加熱すること、ひいては、内側チャンバ 1 2 0 内の高圧領域 1 1 5 を加熱することも可能になるように、動作可能である。ヒータ 1 2 2 は、抵抗性コイル、ランプ、セラミックヒータ、グラファイトベースの炭素繊維複合物 (C F C) ヒータ、ステンレス鋼ヒータ、又はアルミニウムヒータであ

40

50

りうる。ヒータ 1 2 2 への供給電力は、内側チャンバ 1 2 0 の温度をモニタしているセンサ（図示せず）から受信されるフィードバックを通じて、コントローラ 1 8 0 によって制御される。

#### 【 0 0 1 3 】

リフトプレート 1 4 0 は、内側チャンバ 1 2 0 内に配置される。リフトプレート 1 4 0 は、内側チャンバ 1 2 0 の底部プレート 1 7 0 上の一又は複数のロッド 1 4 2 によって支持される。底部プレート 1 7 0 は、リフト機構 1 7 8 に接続されたプラットフォーム 1 7 6 に連結される。一部の実施形態では、リフト機構 1 7 8 は、リフトモータ又はその他の好適なリニアアクチュエータでありうる。図 1 に示している実施形態では、プラットフォーム 1 7 6 を底部プレート 1 7 0 に密封するために、ベローズ 1 7 2 が利用される。ベローズ 1 7 2 は、締結機構（クランプなどであるがそれに限定されるわけではない）によって、底部プレート 1 7 0 に取り付けられる。ゆえに、リフトプレート 1 4 0 はリフト機構 1 7 8 に連結され、リフト機構 1 7 8 が、内側チャンバ 1 2 0 内でリフトプレート 1 4 0 を上昇させ、下降させる。リフト機構 1 7 8 は、リフトプレート 1 4 0 を上昇させて、高圧領域 1 1 5 を密封する。リフトプレート 1 4 0 及びリフト機構 1 7 8 は、リフトプレート 1 4 0 が上昇位置にある時に、典型的には内側チャンバ 1 2 0 の高圧領域 1 1 5 において下向きに作用する高圧（例えば約 5 0 パールの圧力）に抗して機能するよう、構成される。リフト機構 1 7 8 は、高圧領域 1 1 5 と低圧領域 1 1 7 との間の流体連結を可能にするため、及び、バッチ処理チャンバ 1 0 0 との間での基板移送を促進するために、リフトプレート 1 4 0 を下降させる。リフト機構 1 7 8 の動作は、コントローラ 1 8 0 によって制御される。

#### 【 0 0 1 4 】

加熱素子 1 4 5 が、リフトプレート 1 4 0 とインターフェース接続（面接触）される。加熱素子 1 4 5 は、処理中だけでなく前処理においても、内側チャンバ 1 2 0 内の高圧領域 1 1 5 を加熱するよう操作される。加熱素子 1 4 5 は、抵抗性コイル、ランプ、又はセラミックヒータでありうる。図 1 に描かれている実施形態では、加熱素子 1 4 5 は、リフトプレート 1 4 0 の中に連結又は配置された、抵抗加熱器である。加熱素子 1 4 5 への供給電力は、内側チャンバ 1 2 0 の温度をモニタしているセンサ（図示せず）から受信されるフィードバックを通じて、コントローラ 1 8 0 によって制御される。

#### 【 0 0 1 5 】

高圧シール 1 3 5 は、処理のために高圧領域 1 1 5 を密封するようにリフトプレート 1 4 0 を内側シェル 1 1 3 に密封するために利用される。高圧シール 1 3 5 は、ポリマー（パーフルオロエラストマなどであるがそれに限定されるわけではない）から作製されうる。処理中に、高圧シール 1 3 5 の最高安全動作温度を下回る温度に高圧シール 1 3 5 を維持するために、冷却チャンネル 3 3 7（図 3）が高圧シール 1 3 5 に隣接して配置される。高圧シール 1 3 5 の劣化を防止する温度（例えば摂氏約 2 5 0 ~ 2 7 5 度）に高圧シール 1 3 5 を維持するために、冷却チャンネル 3 3 7 の中で、冷却剤（不活性で誘電性であり、かつ高性能の熱伝達流体などであるがそれに限定されるわけではない）が循環しうる。冷却チャンネル 3 3 7 内の冷却剤の流れは、温度センサ及び／又は流れセンサ（図示せず）から受信されるフィードバックを通じて、コントローラ 1 8 0 によって制御される。

#### 【 0 0 1 6 】

バッチ処理チャンバ 1 0 0 は、少なくとも 1 つの注入ポート 1 3 4 と、一又は複数の出口ポート 1 3 6 とを含む。注入ポート 1 3 4 は内側チャンバ 1 2 0 に流体を導入するよう構成される一方、一又は複数の出口ポート 1 3 6 は、内側チャンバ 1 2 0 から流体を除去するよう構成される。注入ポート 1 3 4 と一又は複数の出口ポート 1 3 6 とは、高圧領域 1 1 5 の中で基板の端から端までクロスフローを誘発するよう、内側チャンバ 1 2 0 を介して互いに面している。

#### 【 0 0 1 7 】

一部の実施形態では、内側シェル 1 1 3 は図 3 に示している注入リング 1 3 0 に連結されてよく、注入リング 1 3 0 は、内側チャンバ 1 2 0 の周りに円筒環形状を有する。注入

10

20

30

40

50

リング１３０は、内側シェル１１３の底面に取り外し可能に連結される。図３に描かれている実施形態では、注入ポート１３４及び一又は複数の出口ポート１３６は、注入リング１３０の中に形成されている。注入ポート１３４は、注入リング１３０を通して形成された通路３３３を含む。入口チューブ１３２を介する注入ポート１３４と流体源１３１との連結を促進するよう、付属部品３３１が通路３３３に連結される。内側チャンバ１２０に処理流体を提供するために、ノズル３３９が、注入リング１３０の内部壁の、通路３３３の端部に連結される。一又は複数の出口ポート１３６は、内側チャンバ１２０内に流体があればそれを、出口チューブ１３８を通じて除去するよう構成される。

#### 【００１８】

注入リング１３０は、ファスナ３４０によって、内側シェル１１３に取り付けられる。一部の実施形態では、ファスナ３４０は、内側シェル１１３を通して形成されたクリアランス孔３４２を貫通するボルトであって、注入リング１３０に形成されたネジ孔と係合するボルトである。

#### 【００１９】

図３に示している実施形態では、上述の高圧シール１３５がリフトプレート１４０と注入リング１３０との間に配置されており、これによって、リフトプレート１４０が注入リング１３０に当接するように付勢されてシール１３５を圧縮すると、高圧領域１１５が処理のために密封される。内側シェル１１３及び上側シェル１１２を加熱するヒータ１２２によって生成される熱からシール１３５を分離するために、上述した冷却チャンネル３３７が、高圧シール１３５に隣接して、注入リング１３０の中に配置される。注入リング１３０は、ファスナ３４０によって内側シェル１１３に取り付け可能であるので、別個に購買され、処理に先立ってバッチ処理チャンバ１００に取り付けられうる、異色の（*distinctive*）構成要素である。この状態では、注入リング１３０は、別の注入リング１３０であって、注入ポート１３４及び出口ポート１３６の異なるセットを有する注入リング１３０と交換されうる。これにより、バッチ処理チャンバ１００は、最少の費用及びダウンタイムで、種々のプロセスのために容易に再構成されうる。

#### 【００２０】

カセット１５０はリフトプレート１４０上に配置される。カセット１５０は、上面１５２、底面１５４、及び壁１５３を有する。カセット１５０の壁１５３は、複数の基板ストレージスロット１５６を有する。基板ストレージスロット１５６の各々は、内部に基板１５５を保持するよう構成される。基板ストレージスロット１５６の各々は、カセット１５０の壁１５３に沿って均等に離間している。例えば、図４に示している実施形態では、カセット１５０に３つの基板ストレージスロット１５６が図示されており、その各々がそれぞれ１つの基板１５５を保持している。カセット１５０は、２４かそれを上回る程度の数の基板ストレージスロットを有しうる。

#### 【００２１】

下側シェル１１４を通して形成された基板移送ポート１１６が、基板１５５をカセット１５０にローディングするために利用される。基板移送ポート１１６はドア１６０を有する。ドア１６０は、基板１５５のローディングの前後に基板移送ポート１１６を覆うよう構成される。ドア１６０は、高い耐食性を示すニッケルベースの鋼合金（*HASTELLOY*（登録商標）などであるがそれに限定されるわけではない）から作製されてよく、かつ水冷式でありうる。ドア１６０と基板移送ポート１１６とを密封し、ひいては、ドア１６０が閉位置にある時に内側チャンバ１２０内に空気が漏れることを防止するために、真空シール１６２が設けられる。

#### 【００２２】

図５と図６は、バッチ処理チャンバ１００内で基板１５５を処理する前と後の、基板１５５の一部分の断面図を示している。基板１５５は、いくつかのトレンチ５５７を有する。バッチ処理チャンバ１００における処理の前に、基板１５５は、トレンチ５５７の側壁と底部の両方だけでなく、基板１５５の上にも堆積された、流動可能材料５５８を有している。流動可能材料５５８は、図５に示しているように、トレンチ５５７を完全には充填

10

20

30

40

50

していないことがある。流動可能材料 558 は、炭化ケイ素 (SiC)、酸化ケイ素 (SiO)、炭窒化ケイ素 (SiCN)、二酸化ケイ素 (SiO<sub>2</sub>)、シリコンオキシカーバイド (SiOC)、炭酸窒化ケイ素 (SiOCN)、酸窒化ケイ素 (SiON)、及び/又は窒化ケイ素 (SiN) といった、誘電体材料でありうる。流動可能材料 558 は、高密度プラズマ CVD システム、プラズマ CVD システム、及び/又は準大気圧 CVD システム (ただしこれらのシステムに限定されない) を使用して堆積されうる。流動層を形成することが可能な CVD システムの例は、ULTIMA HDP CVD (登録商標) システムと PRODUCER (登録商標) システムの ETERNA CVD (登録商標) を含み、これらは両方とも、カリフォルニア州 Santa Clara の Applied Materials, Inc. から入手可能である。他の製造業者による同様に構成された他の CVD システムも利用されうる。

10

#### 【0023】

基板 155 がバッチ処理チャンバ 100 内で処理されている時に、処理流体が基板 155 の端から端まで (矢印 658 で示しているように) 流され、これにより、図 6 に示しているように、流動可能材料 558 がトレンチ 557 に流入し、トレンチ 557 を充填する。この処理流体は、酸素含有ガス及び/又は窒素含有ガス (例えば、酸素、水蒸気 (steam)、水、過酸化水素、及び/又はアンモニア) を含みうる。処理流体は、酸素含有ガス及び/又は窒素含有ガスに代えて又は加えて、ケイ素含有ガスを含みうる。水蒸気は、例えば乾燥水蒸気でありうる。一例では、水蒸気は過熱水蒸気でありうる。ケイ素含有ガスの例は、有機ケイ素ガス、テトラアルキルオルソシリケートガス、及びジシロキサンを含む。有機ケイ素ガスは、少なくとも 1 つの炭素 - ケイ素結合を有する有機化合物のガスを含む。テトラアルキルオルソシリケートガスは、SiO<sub>4</sub><sup>4-</sup> イオンに付着した 4 つのアルキル基からなるガスを含む。より詳細には、この一又は複数のガスは、(ジメチルシリル)(トリメチルシリル)メタン ((Me)<sub>3</sub>SiCH<sub>2</sub>SiH(Me)<sub>2</sub>)、ヘキサメチルジシラン ((Me)<sub>3</sub>SiSi(Me)<sub>3</sub>)、トリメチルシラン ((Me)<sub>3</sub>SiH)、トリメチルシリルクロライド ((Me)<sub>3</sub>SiCl)、テトラメチルシラン ((Me)<sub>4</sub>Si)、テトラエトキシシラン ((EtO)<sub>4</sub>Si)、テトラメトキシシラン ((MeO)<sub>4</sub>Si)、テトラキス - (トリメチルシリル)シラン ((Me<sub>3</sub>Si)<sub>4</sub>Si)、(ジメチルアミノ)ジメチル - シラン ((Me<sub>2</sub>N)SiHMe<sub>2</sub>)、ジメチルジエトキシシラン ((EtO)<sub>2</sub>Si(Me)<sub>2</sub>)、ジメチル - ジメトキシシラン ((MeO)<sub>2</sub>Si(Me)<sub>2</sub>)、メチルトリメトキシシラン ((MeO)<sub>3</sub>Si(Me))、ジメトキシテトラメチル - ジシロキサン ((Me)<sub>2</sub>Si(OMe)<sub>2</sub>O)、トリス(ジメチルアミノ)シラン ((Me<sub>2</sub>N)<sub>3</sub>SiH)、ビス(ジメチルアミノ)メチルシラン ((Me<sub>2</sub>N)<sub>2</sub>CH<sub>3</sub>SiH)、ジシロキサン ((SiH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>O)、及びこれらの組み合わせ、でありうる。

20

30

#### 【0024】

図 1 を再度参照するに、遠隔プラズマ源 (RPS) 190 は、入口 195 により内側チャンバ 120 に接続されており、かつガス状ラジカルを生成するよう構成される。このガス状ラジカルは、基板 155 の一又は複数のバッチを処理した後に、内側チャンバ 120 の内部を洗浄するために、入口 195 を通じて内側チャンバ 120 に流し込まれる。遠隔プラズマ源 190 は、高周波 (RF) 又は超高周波 (VHRF) の、容量結合プラズマ (CCP) 源、誘導結合プラズマ (ICP) 源、マイクロ波誘起 (MW) プラズマ源、DC グロー放電源、電子サイクロトロン共鳴 (ECR) チャンバ、又は高密度プラズマ (HDP) チャンバでありうる。遠隔プラズマ源 190 は、ガス状ラジカルの一又は複数のソースに動作可能に連結される。ここで、ガスは、ジシラン、アンモニア、水素、窒素、又はアルゴン若しくはヘリウムなどの不活性ガス、のうちの少なくとも 1 つでありうる。コントローラ 180 は、ガス状ラジカル (遠隔プラズマ源 190 において活性化される) の生成だけでなく分配も制御する。

40

#### 【0025】

図 1 に示しているように、真空ポンプ 125 がバッチ処理チャンバ 100 に接続される

50



。真空ポンプ１２５は、排気パイプ１１１を通じて外側チャンバ１１０を排気し、排気パイプ１２４を通じて内側チャンバ１２０の高圧領域１１５を排気し、かつ、排気パイプ１１９を通じて内側チャンバ１２０の低圧領域１１７を排気するよう、構成される。真空ポンプ１２５は出口チューブ１３８にも接続され、出口チューブ１３８は、流体があればそれを内側チャンバ１２０から除去するための、一又は複数の出口ポート１３６に接続されている。ベントバルブ１２６が、内側チャンバ１２０の高圧領域１１５に接続される。ベントバルブ１２６は、ベントパイプ１２７を通じて内側チャンバ１２０を開放する（vent）よう構成されており、これにより、リフトプレート１４０及びカセット１５０の下降に先立って、高圧領域１１５内の圧力が放出される。真空ポンプ１２５及びベントバルブ１２６の動作は、コントローラ１８０によって制御される。

10

#### 【００２６】

コントローラ１８０は、バッチ処理チャンバ１００だけでなく、遠隔プラズマ源１９０の動作も制御する。コントローラ１８０は、ワイヤ１８１と１８３のそれぞれに接続されることによって、流体源１３１及び内側チャンバ１２０の様々なパラメータを測定するセンサ（図示せず）に、通信可能に接続されている。コントローラ１８０は、ワイヤ１８５と１８７のそれぞれに接続されることによって、ポンプ１２５とベントバルブ１２６にも通信可能に接続されている。コントローラ１８０は、コネクタ１８８と１８９のそれぞれによって、リフト機構１７８と遠隔プラズマ源１９０にも通信可能に接続されている。コントローラ１８０は、中央処理装置（ＣＰＵ）１８２、メモリ１８４、及びサポート回路１８６を含む。ＣＰＵ１８２は、産業用設定で使用されうる任意の形態の汎用コンピュータプロセッサでありうる。メモリ１８４は、ランダムアクセスメモリ、読み出し専用メモリ、フロッピー若しくはハードディスクドライブ、又はその他の形態のデジタルストレージでありうる。サポート回路１８６は、従来的にはＣＰＵ１８２に接続され、キャッシュ、クロック回路、入／出力システム、電源などを含みうる。

20

#### 【００２７】

バッチ処理チャンバ１００は、内側チャンバ１２０内での高圧領域と１１５と低圧領域１１７との間の分離を、有利に作り出す。これにより、基板１５５が高温に維持されている間に、処理流体６５８が高圧領域１１５内に置かれた基板１５５の端から端まで流されうる。プロセス中、高圧領域１１５はアニーリングチャンバとなり、ここで、基板１５５に事前に堆積された流動可能材料５５８が、基板１５５に形成されたトレンチ５５７を充填するよう再分配される。

30

#### 【００２８】

バッチ処理チャンバ１００は、複数の基板１５５を同時に処理するために利用される。複数の基板１５５がローディングされる前に、ポンプ１２５は、オンにされ、排気パイプ１１１と１１９を通じて外側チャンバ１１０と内側チャンバ１２０をそれぞれ排気するよう連続稼働する。外側チャンバ１１０と内側チャンバ１２０の両方が、真空まで排気され、プロセス中ずっと真空中に保たれる。この時点では、真空ポンプ１２５に接続された排気パイプ１２４はまだ稼働していない。これと同時に、外側チャンバ１１０内に配置されたヒータ１２２は、内側チャンバ１２０を加熱するよう操作される。リフトプレート１４０とインターフェース接続している加熱素子１４５も、少なくとも前処理段階において、カセット１５０を加熱するよう操作される。これにより、カセット１５０にローディングされた基板１５５が、高圧領域１１５内へと上昇する前に予加熱される。次いで、基板移送ポート１１６を通じて複数の基板１５５をカセット１５０にローディングするために、基板移送ポート１１６のドア１６０が開かれる。基板１５５は、図５に示しているように表面上に堆積された、流動可能材料５５８を有する。

40

#### 【００２９】

複数の基板１５５がカセット１５０にローディングされた後、基板移送ポート１１６のドア１６０が閉ざされる。ドア１６０が閉ざされると、真空シール１６２により、内側チャンバ１２０内への空気の漏れがないことが確実になる。前処理段階において、基板１５５を湿潤処理するために、注入ポート１３４を通じて内側チャンバ１２０に流体が導入さ

50

れうる。湿潤剤は界面活性剤でありうる。湿潤剤により、処理中の、処理流体とカセット 150 内に配置された基板 155 との間の相互作用が、より良好になる。

【0030】

カセット 150 に基板 155 をローディングした後、リフトプレート 140 を上昇させ、その上に配置されたカセット 150 を内側シェル 113 の中の処理位置まで動かすために、リフト機構 178 が利用される。リフトプレート 140 は、内側シェル 113 の中に画定された内側チャンバ 120 内の高圧領域 115 を封入し、ひいては、リフトプレート 140 の下に位置する低圧領域 117 から高圧領域 115 を分離させるために、内側シェル 113 に当接して密封される。基板 155 の処理中、高圧領域 115 の環境は、高圧領域内の処理流体が蒸気相に維持される温度及び圧力に、維持される。かかる圧力及び温度は、処理流体の組成に基づいて選択される。一例では、高圧領域 115 は、大気圧を上回る（例えば約 10 バールを上回る）圧力まで加圧される。別の例では、高圧領域 115 は、約 10 ～ 約 60 バール（例えば約 20 ～ 約 50 バール）の圧力まで加圧される。別の例では、高圧領域 115 は、最大で約 200 バールの圧力まで加圧される。更に、処理中に、高圧領域 115 は、外側チャンバ 110 内に配置されたヒータ 122 によって、高温（カセット 150 に配置された基板 155 の熱収支によって制限されるが、例えば、摂氏約 300 度～摂氏約 450 度といった、摂氏 225 度を超える温度）に維持される。リフトプレート 140 とインターフェース接続している加熱素子 145 は、基板 155 の加熱を支援しうるが、オプションでオフにされることもある。基板 155 は、注入ポート 134 を通じて導入される処理流体 658 に曝露される。処理流体 658 は、ポンプ 125 を使用して、一又は複数の出口ポート 136 を通じて除去される。基板 155 を高温に維持しつつ、高圧において処理流体 658 に曝露することで、基板 155 上に事前に堆積された流動可能材料 558 が、再分配され、基板 155 のトレンチ 557 の中にしっかりと詰まることになる。

【0031】

処理後に、ベントバルブ 126 はまず、ベントパイプ 127 を通じて内側チャンバ 120 を開放し、ひいては、高圧領域 115 内部の圧力を約 1 アトムの圧力まで漸減させるよう、操作される。高圧領域 115 内部の圧力が 1 アトムに到達すると、ベントバルブ 126 は閉ざされ、ポンプ 125 は、排気パイプ 124 を通じて高圧領域 115 を排気するよう操作される。高圧領域 115 内の温度を低下させ、結果として、基板移送のための基板 155 の冷却開始を可能にするために、オプションで、外側チャンバ 110 内に配置されたヒータ 122 及び/又はリフトプレート 140 とインターフェース接続された加熱素子 145 がオフにされうる。これと同時に、注入ポート 134 が閉ざされる。高圧領域 115 が真空条件まで排気された後、バッチ処理チャンバ 100 の外への基板移送を可能にするために、リフトプレート 140 及びその上に配置されたカセット 150 が下降する。リフトプレート 140 の下降中、高圧領域 115 と低圧領域 117 とは、流体連結状態のもとに置かれる。この時点では、高圧領域 115 と低圧領域 117 の両方が真空条件下にあるので、処理済みの基板 155 は、基板移送ポート 116 を通じて、バッチ処理チャンバ 100 から取り出されうる。

【0032】

基板 155 が取り出された後に、遠隔プラズマ源 190 は、ガス状ラジカルを生成するよう操作される。このガス状ラジカルは、入口 195 を通って内側チャンバ 120 に流入する。ガス状ラジカルは、内側チャンバ 120 内に存在する不純物と反応し、揮発性生成物及び副生成物を形成する。これらの揮発性生成物及び副生成物は、真空ポンプ 125 によって、一又は複数の出口ポート 136 を通じて除去され、ゆえに、内側チャンバ 120 は、洗浄され、基板 155 の次のバッチに備えて準備される。

【0033】

図 7 は、本開示の別の実施形態による、バッチ処理チャンバ内に配置された複数の基板を処理するための方法のブロック図である。方法 700 は、ブロック 710 において、リフトプレート上に配置されたカセットに、複数の基板をローディングすることにより始ま

10

20

30

40

50

る。基板のうちの一又は複数は、その基板の外面に露出した流動可能材料を有する。カセット及びリフトプレートは、バッチ処理チャンバの、真空中に維持されている内側チャンバ内に配置される。例えば（限定するわけではないが）、工程の全ての段階において、バッチ処理チャンバ内に配置され、かつ内側チャンバの高圧領域を部分的に取り囲んでいる外側チャンバは、真空条件に維持される。一部の実施形態では、基板は、内側チャンバに接続された基板移送ポートを通じて、カセットにローディングされる。カセットは、複数の基板を収容するための複数の基板ストレージスロットを有する。カセットの基板ストレージスロットの各々は、基板をそこにローディングするために基板移送ポートと位置を合わせるよう、定寸送りされる（indexed）。これと同時に、リフトプレート及びカセットは、カセットにローディングされた基板の温度上昇を開始して処理時間を短縮するために、予加熱されうる。カセットに基板がローディングされると、オプションで、高圧領域内での処理に先立って基板を湿潤処理するために、湿潤剤が注入ポートを通じて内側チャンバに導入されうる。

10

#### 【0034】

カセットに基板がローディングされるか、又は別様に処理の準備が整うと、ブロック720において、カセットは処理位置まで上昇する。この処理位置では、高圧領域内のカセットが、内側チャンバの中にある低圧領域から分離される。リフト機構は、内側チャンバの中で高圧領域が分離されるように、リフトプレート及びリフトプレート上に配置されたカセットを処理位置まで上昇させるために、使用される。

#### 【0035】

20

高圧領域が低圧領域から分離されると、ブロック730において、高圧領域の真空条件が高圧条件に置き換えられる。基板を処理流体に曝露すること、及び、高圧領域内の処理流体を蒸気相に維持する圧力及び温度まで高圧領域を加圧し加熱することによって、基板上に配置された流動可能材料が基板表面全体に再分配される。一例では、高圧領域は約10～約60バールの圧力まで加圧され、基板は摂氏約225度を上回る温度に加熱される。外側チャンバ内に配置されたヒータと、オプションでカセットを支持するリフトプレートとインターフェース接続された加熱素子を用いて、内側チャンバ内の高圧領域を摂氏約250度を上回る温度（例えば摂氏約300度～摂氏約450度）に維持することによって、基板は加熱される。処理流体は、注入ポートを通じてバッチ処理チャンバに導入される。一部の実施形態では、処理流体は水蒸気又は水でありうる。例えば、水蒸気は乾燥水蒸気でありうる。別の例では、水蒸気は、チャンバへの流入前に或いはチャンバ内で、例えばヒータによって過熱される。処理流体は、内側チャンバの一又は複数の出口ポートを通じて除去される。基板が処理される際に、基板表面上に露出した流動可能材料が再分配されて、基板に形成された間隙及びトレンチを充填する。

30

#### 【0036】

処理後に、高圧領域内部の圧力は真空まで低減される。内側チャンバはオプションで冷却されてよく、注入ポートは閉ざされる。高圧領域が真空条件まで排気されると、カセットが上に配置されているリフトプレートは下降して、高圧領域と低圧領域との間の流体連結が可能になる。この時点で真空下にある処理済みの基板は、基板移送ポートを通じてバッチ処理チャンバから取り出される。基板が取り出された後に、内側チャンバ内に存在する不純物と反応して揮発性生成物及び副生成物を形成するラジカルが遠隔プラズマ源から流されることによって、バッチ処理チャンバは洗浄される。その後、これらの揮発性生成物及び副生成物は、内側チャンバから吸い出され（pumped out）、除去される。ゆえに、バッチ処理チャンバは、基板の次のバッチの処理に備えて準備される。

40

#### 【0037】

バッチ処理チャンバ、及び、このバッチ処理チャンバ内で複数の基板を処理するための方法により、高圧及び高温のもとで複数の基板を処理することが可能になる。本開示のアーキテクチャは、処理中に高圧領域と低圧領域とを分離させると共に、低圧領域を真空中に保つことによって、バッチ処理チャンバの内側チャンバ内での分離を有利に作り出す。基板は、分離が解消されている時に、カセットにローディングされ、カセットからアンロー

50

ディング（取り外し）される。この分離により、２つの個別の環境（一方は高圧領域における処理のための環境であり、他方は低圧領域における基板のローディング／アンローディングのための環境である）の間の、熱分離が可能になる。更に、分離により、処理中に高圧領域を封止状態に保つことによって、チャンバの構成要素間の熱的不整合が防止される。

【 0 0 3 8 】

内側チャンバの高圧領域の周りに配置された外側チャンバであって、連続して真空中に維持される外側チャンバは、追加的に、処理環境内への空気のいかなる漏れも、チャンバ外部の大気への処理流体のいかなる損失も防止するために、内側チャンバ内部の高圧領域の処理環境と、バッチ処理チャンバ外部の大気との間の安全閉じ込め装置（*s a f e t y c o n t a i n m e n t*）としても機能する。更に、外側チャンバは真空中に維持され、かつバッチ処理チャンバ外部の大気から分離されているので、外側チャンバ内に設置されるヒータであって、内側チャンバを加熱するよう構成されるヒータを選択する上での、柔軟性を供する。ゆえに、真空条件下でより有効に機能するヒータが利用されうる。

10

【 0 0 3 9 】

上述のバッチ処理チャンバは、追加的に、スタンドアロンプロセスチャンバ若しくはクラスタツール内のファクトリインターフェースにドッキングされるチャンバとして動作可能であり、プロセスチャンバの一部としてインシトゥ（*i n - s i t u*）でも動作可能であるという、柔軟性も供する。これにより、基板を処理するために維持されうる、クリーンルームレベルの環境が確保される。

20

【 0 0 4 0 】

本明細書の記載は本開示の特定の実施形態を対象としているが、これらの実施形態は、本発明の原理及び応用の単なる例示であることを理解されたい。したがって、付随する特許請求の範囲により規定されている本発明の本質及び範囲から逸脱しなければ、例示的な実施形態には、他の実施形態に到達するよう多数の改変がなされうることを、理解すべきである。

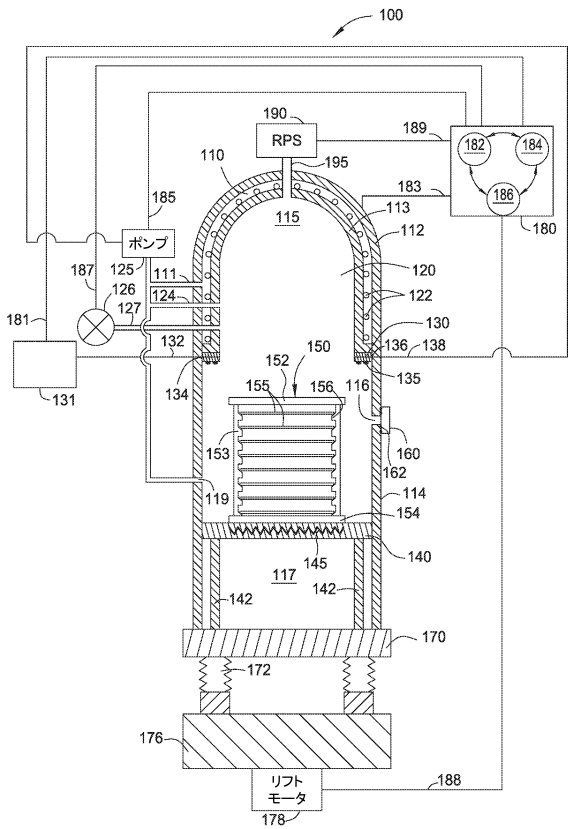
30

40

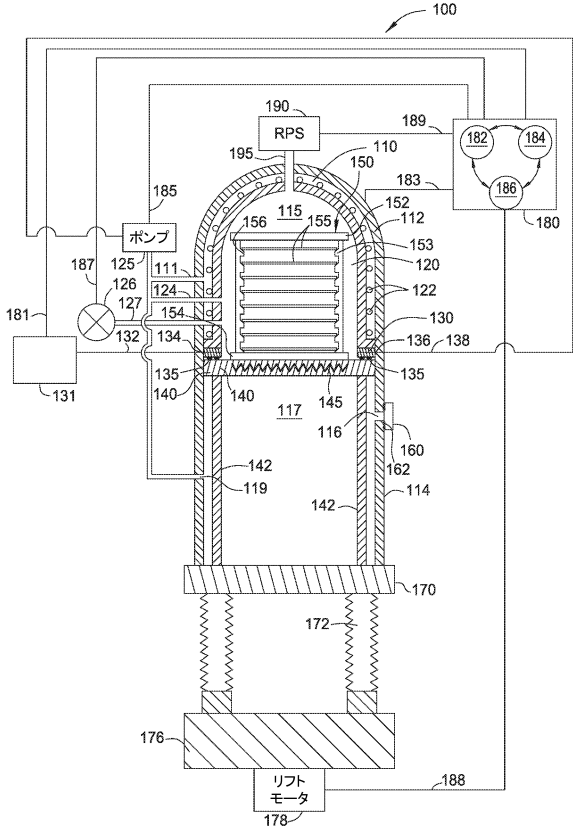
50

【図面】

【図 1】



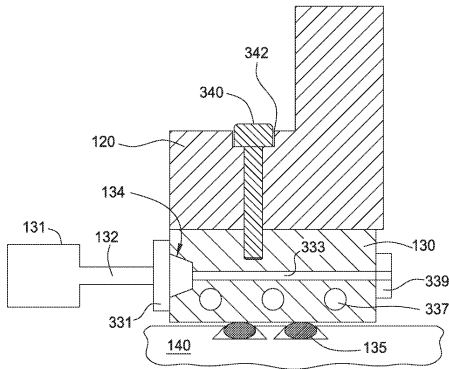
【図 2】



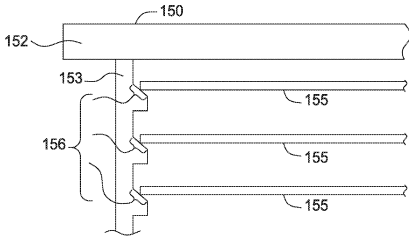
10

20

【図 3】



【図 4】

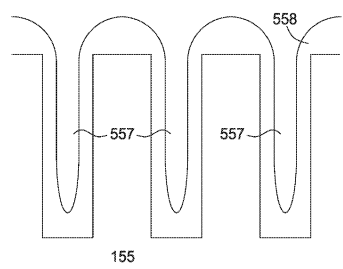


30

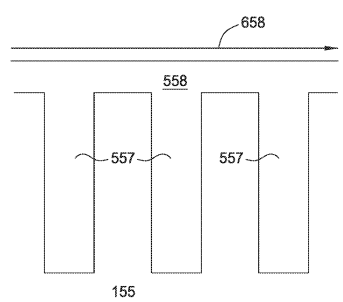
40

50

【図 5】

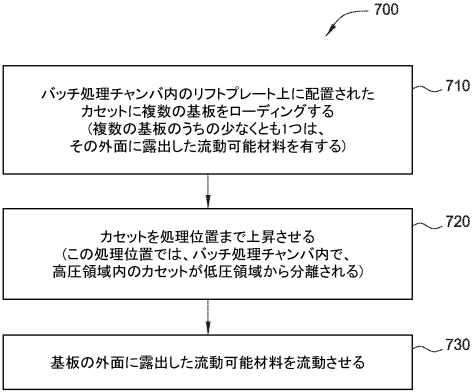


【図 6】



10

【図 7】



20

30

40

50

## フロントページの続き

08, キャンベル, レガス ドライブ 671

審査官 桑原 清

- (56)参考文献 特開平02-130925(JP,A)  
特開2007-180331(JP,A)  
特表2015-530477(JP,A)  
特開平08-139045(JP,A)  
特開2007-242785(JP,A)  
特表2014-512687(JP,A)  
特開2013-084643(JP,A)  
特表2016-526279(JP,A)

- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)

H01L 21/31  
H01L 21/683  
H01L 21/324  
H01L 21/316