

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7555967号
(P7555967)

(45)発行日 令和6年9月25日(2024.9.25)

(24)登録日 令和6年9月13日(2024.9.13)

(51)国際特許分類

F I

H 0 1 L 21/027 (2006.01)

H 0 1 L 21/30 5 0 2 D

B 2 9 C 59/02 (2006.01)

H 0 1 L 21/30 5 7 8

B 2 9 C 59/02 Z

請求項の数 15 (全22頁)

(21)出願番号	特願2021-568423(P2021-568423)	(73)特許権者	000001007
(86)(22)出願日	令和2年7月17日(2020.7.17)		キャノン株式会社
(65)公表番号	特表2022-544891(P2022-544891 A)	(74)代理人	東京都大田区下丸子3丁目30番2号 110003281
(43)公表日	令和4年10月24日(2022.10.24)		弁理士法人大塚国際特許事務所
(86)国際出願番号	PCT/US2020/070292	(72)発明者	ウストゥルク, ウスカン
(87)国際公開番号	WO2021/030823		アメリカ合衆国 7 8 7 5 8 テキサス州
(87)国際公開日	令和3年2月18日(2021.2.18)		オースティン ウェスト・ブレイカー・
審査請求日	令和5年3月28日(2023.3.28)		レーン 1 8 0 7 ビルディング シー - 3
(31)優先権主張番号	16/541,618		0 0
(32)優先日	令和1年8月15日(2019.8.15)	(72)発明者	バーメスパーガー, セス ジェイ
(33)優先権主張国・地域又は機関	米国(US)		アメリカ合衆国 7 8 7 5 8 テキサス州
			オースティン ウェスト・ブレイカー・
			レーン 1 8 0 7 ビルディング シー - 3
			0 0
			最終頁に続く

(54)【発明の名称】 方法、平坦化システム、および物品の製造方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

基板とスーパーストレートとの間に硬化層を挟んだスタックに対して、前記基板のエッジより外側の位置であって前記スーパーストレートの外周のうち一部の領域に機械的接触で外力を加えることにより、前記スーパーストレートと前記硬化層とが接する面の外周のうち一部の領域において前記スーパーストレートと前記硬化層とを分離して、前記スーパーストレートと前記硬化層との分離を開始する工程と、
前記一部の領域から、前記スーパーストレートと前記硬化層とが接する面の外周に沿って、前記スーパーストレートと前記硬化層とが分離した分離領域を広げる工程と、
前記外周に沿って前記分離領域を広げた状態で前記基板と前記スーパーストレートとが離れる方向に前記基板と前記スーパーストレートとの相対的な移動を開始して、前記スーパーストレートと前記硬化層との分離を完了させる工程と、
を含む方法。

【請求項2】

スーパーストレートチャックに前記スーパーストレートを保持させることと、
前記分離領域を広げる工程において、前記スーパーストレートの外周領域を撓ませるように、負の流体圧力を前記スーパーストレートチャックの周囲ゾーンに適用することと、
を含む、請求項1に記載の方法。

【請求項3】

前記周囲ゾーンに前記負の流体圧力を適用しながら、前記スーパーストレートと前記硬

化層とが分離した前記一部の領域に正の流体圧力を導入し続けることを更に含む、請求項 2 に記載の方法。

【請求項 4】

前記スーパーストレートと前記硬化層との分離を完了させるために、前記スーパーストレートを保持するスーパーストレートチャックの中央ゾーンに負の流体圧力を加えることを更に含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 5】

ピンが前記基板側から前記スーパーストレート側へ移動することで前記スーパーストレートに機械的接触で外力を加える、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 6】

前記基板に対して前記スーパーストレートが張り出しエッジ部分を含むように、前記基板と前記スーパーストレートとを積層することと、

前記一部の領域に前記分離領域を生成するように前記張り出しエッジ部分に力を加えることと、

を更に含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 7】

前記スーパーストレートに前記外力を加える位置と、前記基板のノッチとを位置合わせすることと、

前記ノッチを介して前記スーパーストレートの前記位置に前記外力を加えることと、

を含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 8】

スーパーストレートを保持するためのスーパーストレートチャックと、

基板を保持するための基板チャックと、

前記基板と前記スーパーストレートとの間に硬化層を挟んだスタックに対して、前記基板のエッジより外側の位置であって前記スーパーストレートの外周のうち一部の領域に機械的接触で外力を加えて、前記スーパーストレートと前記硬化層とが接する面の外周のうち一部の領域において前記スーパーストレートと前記硬化層との分離を開始するように構成された力の供給源と、

を備える平坦化システム。

【請求項 9】

前記スーパーストレートチャックはランドのパターンを含み、前記スーパーストレートチャックのエッジ付近に位置する前記ランドの 1 つは、前記スーパーストレートが前記スーパーストレートチャックに向かって撓むことを可能にするように、前記スーパーストレートチャックの内側部分に位置する他のランドの下方に窪んでいる、請求項 8 に記載の平坦化システム。

【請求項 10】

前記基板チャックはランドのパターンを含み、前記基板チャックのエッジに位置する前記ランドの 1 つは、前記基板が前記基板チャックに向かって撓むことを可能にするように、前記基板チャックの内側部分に位置する他のランドの下方に窪んでいる、請求項 8 に記載の平坦化システム。

【請求項 11】

前記力の供給源は、前記スタックの前記基板側から前記スーパーストレート側の方向への機械的押力を生成する機構を含む、請求項 8 に記載の平坦化システム。

【請求項 12】

前記基板は、そのエッジに配置されたノッチを含み、前記力の供給源は、前記ノッチを介して前記スーパーストレートに前記外力を加える、請求項 8 に記載の平坦化システム。

【請求項 13】

前記力の供給源は、前記スーパーストレートに機械的接触で外力を加えるピンを含み、前記ピンが前記基板側から前記スーパーストレート側へ移動することで前記スーパーストレートに機械的接触で外力を加える、請求項 8 に記載の平坦化システム。

10

20

30

40

50

【請求項 14】

前記スーパーストレートチャックは、前記基板に対して前記スーパーストレートが張り出し部分を含むように前記スーパーストレートを保持するように構成され、

前記力の供給源は、前記スーパーストレートの前記張り出し部分に力を加えて前記一部の領域に分離領域を生成するように構成されている、

請求項 8 に記載の平坦化システム。

【請求項 15】

基板とスーパーストレートとの間に硬化層を形成する工程と、

請求項 1 乃至 7 のいずれか 1 項に記載の方法を用いて、前記スーパーストレートと前記硬化層との分離を完了させる工程と、

前記硬化層を加工することによって物品を製造する工程と、

を含む物品の製造方法。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本開示は、基板プロセスに関し、より詳細には、半導体製造における表面の平坦化に関する。

【背景技術】**【0002】**

平坦化技術は、半導体デバイスを製造する際に有用である。例えば、半導体デバイスを作成するためのプロセスは、基板への材料の追加と基板からの材料の除去とを繰り返し含む。このプロセスは、不規則な高さばらつき（即ち、トポグラフィ）を有する層状の基板を生成することができ、より多くの層が追加されるにつれて、基板高さばらつきが増大しうる。高さばらつきは、層状の基板にさらなる層を追加する能力に負の影響を及ぼす。これとは別に、半導体基板（例えば、シリコンウェハ）自体は、常に完全な平坦ではなく、初期表面高さばらつき（即ち、トポグラフィ）を含みうる。この問題に対処する 1 つの方法は、積層ステップの間に基板を平坦化することである。種々のリソグラフィパターンニング方法は、平面表面上のパターンニングから利益を得る。ArF i レーザベースのリソグラフィにおいて、平坦化は、焦点深度（DOF）、臨界寸法（CD）、および臨界寸法の均一性を改善する。極端紫外リソグラフィ（EUV）では、平坦化は、フィーチャ配置および DOF を改善する。ナノインプリントリソグラフィ（NIL）では、平坦化は、フィーチャ充填およびパターン転写後の CD 制御を改善する。

【0003】

インクジェットベース適応平坦化（IAP）と呼ばれることもある平坦化技術は、基板とスーパーストレートとの間に重合性材料の可変の滴下パターンを分配することを含み、ここで滴下パターンは基板トポグラフィに依存して変化する。次いで、スーパーストレートを重合性材料と接触させ、その後、材料を基板上で重合させ、スーパーストレートを除去する。IAP 技法を含む平坦化技術の改良は、例えば、全ウエハプロセスおよび半導体デバイス製造を改良するために望まれている。

【発明の概要】**【0004】**

方法が提供される。当該方法は、少なくとも基板とスーパーストレートとのスタックのエッジ上のポイントに少なくとも 1 つのクラックを生成することと、前記クラックを外周に沿って伝播させることと、前記基板からの前記スーパーストレートの分離を完了させるように前記スーパーストレートを前記基板に対して移動させることと、を含む。当該方法は、前記クラックを生成するために、前記エッジ上の前記ポイントにおける前記基板と前記スーパーストレートとの間に正の流体圧力を導入することを更に含んでもよい。前記正の流体圧力は、クリーンドライエア、ヘリウム、または窒素の流れを含む。当該方法は、負の流体圧力でスーパーストレートチャックに前記スーパーストレートを保持させることと、前記スタックの前記エッジに沿って前記クラックを伝搬させるように、負の流体圧力

10

20

30

40

50

の高い流れを前記スーパーストレート上の周囲ゾーンに適用することと、を更に含んでもよい。

【 0 0 0 5 】

前記スーパーストレート上の前記周囲ゾーンに前記負の流体圧力の高い流れが適用されている間、前記正の流体圧力が前記分離された部分に連続的に導入される。前記スーパーストレートは、スーパーストレートチャックで前記基板から離れる方向に移動されてもよい。当該方法は、スーパーストレートチャックで前記基板からの前記スーパーストレートの前記分離を完了させるように、前記スーパーストレート上の中央ゾーンに負の流体圧力を加えることを更に含んでもよい。当該方法は、前記クラックを生成するように前記スーパーストレートのエッジ上の前記ポイントに力を加えることを更に含んでもよい。前記スタックの前記エッジの他のポイントにおける前記基板と前記スーパーストレートとの間に正の流体圧力を加えることによって、他のクラックが生成されてもよい。前記力は、正の流体圧力または機械的接触を導入することによって加えられてもよい。

10

【 0 0 0 6 】

当該方法は、前記スーパーストレートが張り出しエッジ部分を含むように、前記基板と前記スーパーストレートとを積層することと、クラックを生成するように前記張り出しエッジ部分に力を加えることと、を更に含んでもよい。前記スーパーストレートの他のエッジ部分は、前記基板のエッジ部分のノッチと位置合わせされてもよく、前記基板と前記スーパーストレートとの間に他のクラックを生成するように、前記他のエッジ部分に力が加えられる。

20

【 0 0 0 7 】

チャッキングシステムも提供される。当該システムは、負の流体圧力でスーパーストレートを保持するように構成されたスーパーストレートチャックと、基板と共に積層された前記スーパーストレートのエッジ上のポイントに力を加え、前記エッジの前記ポイントにおける前記基板と前記スーパーストレートとの間にクラックを生成するように構成された力の供給源と、を含む。前記スーパーストレートチャックはランドのパターンを含み、前記スーパーストレートチャックのエッジ付近に位置する前記ランドの1つは、前記スーパーストレートが前記クラックを生成しながら前記スーパーストレートチャックに向かって撓むことを可能にするように、前記スーパーストレートチャックの内側部分に位置する他のランドの下方に窪んでいる。当該チャッキングシステムは、負の流体圧力で前記基板を保持するように構成された基板チャックを更に備えてもよい。前記基板チャックはランドのパターンを含み、前記基板チャックのエッジに位置する前記ランドの1つは、前記基板が前記クラックを生成しながら前記基板に向かって撓むことを可能にするように、前記基板チャックの内側部分に位置する他のランドの下方に窪んでいる。

30

【 0 0 0 8 】

前記力の供給源は、横方向の機械的押力を生成する機構、または、前記スーパーストレートの前記エッジに向かう正の流体圧力の供給源を含む。前記基板は、そのエッジに配置されたノッチを含み、前記力の供給源は、前記ノッチを介して前記スーパーストレートに加えられる負の流体圧力の供給源を含む。当該チャッキングシステムは、前記スーパーストレートチャックを通して前記負の流体圧力を前記スーパーストレートに加えるための負の流体圧力の供給源を更に備えてもよい。前記スーパーストレートチャックは、前記スーパーストレートが張り出し部分を含むように前記スーパーストレートを保持するように構成されている。前記力の供給源は、前記スーパーストレートの前記張り出し部分に力を加えて前記クラックを発生させるように構成されている。

40

【 0 0 0 9 】

物品を製造する方法が提供される。当該方法は、基板とスーパーストレートとの間に積層された硬化材料を形成することと、基板とスーパーストレートとの間のエッジにおけるポイントに少なくとも1つのクラックを生成することと、前記クラックを外周に沿って伝播させることと、前記硬化材料から前記スーパーストレートを分離することと、を含む。

【 0 0 1 0 】

50

本開示のこれらおよび他の目的、特徴、および利点は、添付の図面および提供される特許請求の範囲と併せて、本開示の例示的な実施形態の以下の詳細な説明を読むことによって明らかになるのであろう。

【図面の簡単な説明】

【0011】

本発明の特徴および利点が詳細に理解されうるように、本発明の実施形態のより具体的な説明は、添付の図面に示される実施形態を参照することによってなされう。しかしながら、添付の図面は本発明の典型的な実施形態を示すに過ぎず、したがって、本発明は他の等しく有効な実施形態を認めることができるので、本発明の範囲を限定するものと見なされるべきではないことに留意されたい。

10

【0012】

【図1】図1は、平坦化システムを示す図である；

【0013】

【図2A】図2aは、平坦化プロセスを示す；

【図2B】図2bは、平坦化プロセスを示す；

【図2C】図2cは、平坦化プロセスを示す；

【0014】

【図3A】図3aは、一実施形態におけるマルチゾーンストレートチャックを示す；

【図3B】図3bは、一実施形態におけるマルチゾーンストレートチャックを示す；

【0015】

【図4A】図4aは、基板上に層を形成するためのスーパーストレートチャックの動作を示す；

【図4B】図4bは、基板上に層を形成するためのスーパーストレートチャックの動作を示す；

【図4C】図4cは、基板上に層を形成するためのスーパーストレートチャックの動作を示す；

【図4D】図4dは、基板上に層を形成するためのスーパーストレートチャックの動作を示す；

【図4E】図4eは、基板上に層を形成するためのスーパーストレートチャックの動作を示す；

20

30

【0016】

【図5】図5は、図4a～図4eに示される平坦化処理のフローチャートである；

【0017】

【図6A】図6aは、一実施形態における基板とスーパーストレートとのスタックの縁部で開始される分離クラックを示す；

【図6B】図6bは、このような分離クラックを開始させるための格納式ピンと基板ノッチとの位置合わせを示す；

【0018】

【図6C】図6bは、別の実施形態における基板とスーパーストレートのスタックのエッジで開始される分離クラックを示す；

40

【0019】

【図7A】図7aは、分離クラックが開始されてスタックの周囲に伝播されるとき、基板とスーパーストレートとのスタックの上面図を示す；

【図7B】図7bは、分離クラックが開始されてスタックの周囲に伝播されるとき、基板とスーパーストレートとのスタックの上面図を示す；

【図7C】図7cは、分離クラックが開始されてスタックの周囲に伝播されるとき、基板とスーパーストレートとのスタックの上面図を示す；

【0020】

【図8】図8は、分離された基板およびスーパーストレートを示す；

【0021】

50

【図 9】図 9 は、図 7 および図 8 に示される分離プロセスのフローチャートである；

【0022】

【図 10】図 10 は、更なる実施形態における基板とスーパーストレートとのスタックの縁部で開始される分離クラックを示す；

【0023】

【図 11A】図 11 a は、改善されたゾーン封止を有する別の実施形態におけるマルチゾーン・スーパーストレートチャックを示す；

【図 11B】図 11 b は、改善されたゾーン封止を有する別の実施形態におけるマルチゾーン・スーパーストレートチャックを示す；

【0024】

【図 12】図 12 は、図 11 a および図 11 b のスーパーストレートチャックのゾーン内の例示的なトレンチ構造の拡大図を示す。

【0025】

図面全体を通して、別段の記載がない限り、同じ参照符号および文字は、例示された実施形態の同様の特徴、要素、構成要素または部分を示すために使用される。さらに、本開示は、図面を参照して詳細に説明されるが、説明に役立つ例示的な実施形態に関連してそのように行われる。添付の特許請求の範囲によって定義される主題の開示の真の範囲および精神から逸脱することなく、記載された例示的な実施形態に対して変更および修正を行うことができることが意図される。

【発明を実施するための形態】

【0026】

平坦化システム

図 1 は、平坦化のためのシステムを示す。平坦化システム 100 は、基板 102 上の膜を平坦化するために使用される。基板 102 は、基板チャック 104 に結合されうる。基板チャック 104 は、真空チャック、ピン型チャック、溝型チャック、静電チャック、電磁チャック等であってもよいが、これらに限定されない。

【0027】

基板 102 および基板チャック 104 は、基板位置決めステージ 106 によってさらに支持されうる。基板位置決めステージ 106 は、 x -、 y -、 z -、 θ -、 ψ 、及び ϕ - 軸のうちの 1 以上に沿った並進運動および / または回転運動を提供することができる。また、基板位置決めステージ 106、基板 102、および基板チャック 104 は、ベース（図示せず）上に位置決めされてもよい。基板位置決めステージは、位置決めシステムの一部であってもよい。

【0028】

基板 102 から離間して配置されているのは、基板 102 に対向する作用面 112 を有するスーパーストレート 108 である。スーパーストレート 108 は、限定されるものではないが、熔融シリカ、石英、シリコン、有機ポリマー、シロキサンポリマー、ホウケイ酸ガラス、フルオロカーボンポリマー、金属、硬化サファイアなどを含む材料から形成されてもよい。一実施形態では、スーパーストレートは、UV 光を容易に透明する。表面 112 は、一般に、基板 108 の表面と同じ面積サイズであるか、または僅かに小さい。

【0029】

スーパーストレート 108 は、スーパーストレートチャック 118 に連結され、または保持されうる。スーパーストレートチャック 118 は、真空チャック、ピン型チャック、溝型チャック、静電チャック、電磁チャック、および / または他の同様のチャック型であってもよいが、これらに限定されない。スーパーストレートチャック 118 は、スーパーストレート 108 を横切って変化する応力、圧力、および / または歪みをスーパーストレート 108 に加えるように構成することができる。一実施形態では、スーパーストレートチャックは、同様に、UV 光を容易に透過する。スーパーストレートチャック 118 は、ゾーンベースの真空チャック、アクチュエータアレイ、圧力ブラダ（bladder）などのシステムを含んでもよく、このシステムは、テンプレートを湾曲させて変形させるためにス

10

20

30

40

50

ーパーストレート 108 の裏面に圧力差を加えることができる。一実施形態では、スーパー
パーストレートチャック 118 は、圧力差をスーパーストレートの裏面に加えることができ
るゾーンベースの真空チャックを含み、本明細書で更に詳述するようにスーパーストレート
を湾曲させて変形させる。

【0030】

スーパーパーストレートチャック 118 は、位置決めシステムの一部である平坦化ヘッド 1
20 に結合されうる。平坦化ヘッド 120 は、ブリッジに移動可能に結合されうる。平坦
化ヘッド 120 は、スーパーパーストレートチャック 118 を少なくとも z 軸方向、および潜
在的に他の方向（例えば x、y、 θ 、 ψ 、 ϕ 軸）に基板 102 に対して移動させ
るように構成された、ボイスコイルモータ、圧電モータ、リニアモータ、ナットおよびネ
ジモータなどの 1 以上のアクチュエータを含みうる。

10

【0031】

平坦化システム 100 は、流体ディスペンサ 122 を更に備えうる。また、流体ディス
ペンサ 122 は、ブリッジに移動可能に連結されうる。一実施形態では、流体ディス
ペンサ 122 および平坦化ヘッド 120 は、すべての位置決め構成要素のうちの 1 以上を共有
する。代替の実施形態では、流体ディスペンサ 122 および平坦化ヘッドは互いに独立し
て移動する。流体ディスペンサ 122 は、液体の形成可能材料 124（例えば、光硬化性
重合可能材料）の液滴を基板 102 上に堆積させるために使用されてもよく、堆積される
材料の体積は、そのトポグラフィプロファイルに少なくとも部分的に基づいて基板 102
の領域にわたって変化する。異なる流体ディスペンサ 122 は、成形可能材料 124 を分配
（ディスペンス、供給）するために異なる技術を使用することができる。成形可能材料
124 が噴射可能である場合、インクジェットタイプのディスペンサが、成形可能材料を
分配するために使用されうる。例えば、サーマルインクジェットング、マイクロエレクト
ロメカニカルシステム（MEMS）ベースのインクジェットング、パルプジェット、
および圧電インクジェットングは、噴射可能な液体を分配するための一般的な技術であ
る。

20

【0032】

平坦化システム 100 は、露光経路 128 に沿って化学線エネルギー、例えば UV 放射線
を方向付ける放射線源 126 を含む硬化システムを更に含みうる。平坦化ヘッド 120 お
よび基板位置決め状態 106 は、露光経路 128 と重ね合わせてスーパーパーストレート 10
8 と基板 102 とを位置決めするように構成されうる。放射線源 126 は、スーパースト
レート 108 が成形可能材料 128 に接触した後、露光経路 128 に沿って化学線エネル
ギを送る。図 1 は、スーパーパーストレート 108 が成形可能材料 124 と接触していないと
きの露光経路 128 を示す。これは、個々の構成要素の相対位置を容易に識別することが
できるように、例示の目的で行われる。当業者であれば、上板 108 が成形可能材料 12
4 と接触したときに、露光経路 128 が実質的に変化しないことを理解するのであろう。

30

【0033】

平坦化システム 100 は、平坦化プロセス中にスーパーパーストレート 108 が成形可能材
料 124 に接触するときに成形可能材料 124 の拡がりを見るように配置されたカメラ 1
36 をさらに備えてもよい。図 1 は、フィールドカメラの画像フィールドの光軸 138 を
示している。図 1 に示されるように、平坦化システム 100 は、化学線とカメラ 136 に
よって検出される光とを組み合わせる 1 以上の光学要素（ダイクロイックミラー、ビーム
コンバイナ、プリズム、レンズ、ミラーなど）を含んでもよい。カメラ 136 は、形成可
能材料 124 に接触するスーパーパーストレート 108 の下の領域と、形成可能材料 124 に
接触しないスーパーパーストレート 108 の下の領域との間のコントラストを示す波長で光を
集めるように構成された、CCD、センサアレイ、ラインカメラ、および光検出器のうち
の 1 以上を含んでもよい。カメラ 136 は、スーパーパーストレート 108 の下の成形可能材
料 124 の拡がり、および / または、硬化した成形可能材料 124 からのスーパースト
レート 108 の分離の画像を提供するように構成されてもよい。また、カメラ 136 は、形
成可能材料 124 が表面 112 と基板表面との間のギャップの間に広がるにつれて変化す

40

50

る干渉縞を測定するように構成されてもよい。

【 0 0 3 4 】

平坦化システム 1 0 0 は、基板チャック 1 0 4、基板位置決めステージ 1 0 6、スーパーストレートチャック 1 1 8、平坦化ヘッド 1 2 0、流体ディスペンサ 1 2 2、放射線源 1 2 6、および/またはカメラ 1 3 6 などの 1 以上の構成要素および/またはサブシステムと通信する 1 以上のプロセッサ 1 4 0 (コントローラ) によって、調整、制御、および/または指示されうる。プロセッサ 1 4 0 は、非一時的コンピュータメモリ 1 4 2 に記憶されたコンピュータ可読プログラム内の命令に基づいて動作することができる。プロセッサ 1 4 0 は、C P U、M P U、G P U、A S I C、F P G A、D S P、および汎用コンピュータのうちの 1 以上でありうるか、またはそれらを含みうる。プロセッサ 1 4 0 は、汎用のコントローラであってもよく、またはコントローラであるように構成された汎用のコンピューティングデバイスであってもよい。非一時的コンピュータ可読可能メモリの例としては、R A M、R O M、C D、D V D、B l u - R a y、ハードドライブ、ネットワーク接続されたアタッチドストレージ (N A S)、イントラネット接続された非一時的コンピュータ可読可能ストレージデバイス、およびインターネット接続された非一時的コンピュータ可読可能ストレージデバイスが挙げられるが、これらに限定されない。

10

【 0 0 3 5 】

動作中、平坦化ヘッド 1 2 0、基板位置ステージ 1 0 6、又は両方は、スーパーストレート 1 1 8 と基板 1 0 2 との間の距離を変化させて、成形可能材料 1 2 4 で満たされる所望の空間 (3 次元における有界の物理的拡がり) を規定する。例えば、平坦化ヘッド 1 2 0 は、本明細書で更に詳述されるように、スーパーストレートが成形可能材料 1 2 4 の液滴に接触し、それを拡げるように、基板に向かって移動され、スーパーストレート 1 0 8 に力を加える。

20

【 0 0 3 6 】

平坦化プロセス

平坦化プロセスは、図 2 a ~ 図 2 c に概略的に示されるステップ (工程) を含む。図 2 a に示されるように、成形可能材料 1 2 4 は、基板 1 0 2 上に液滴の形状で分配される。前述したように、基板表面は、以前のプロセス操作に基づいて既知でありうる、または、プロファイルメータ、A F M、S E M、または Zygo NewView 8200 のような光学干渉効果に基づく光学表面プロファイラを使用して測定されうる幾つかのトポグラフィを有する。堆積された成形可能材料 1 2 4 の局所体積密度は、基板トポグラフィに応じて変化する。次いで、スーパーストレート 1 0 8 は、成形可能材料 1 2 4 と接触させるように位置決めされる。

30

【 0 0 3 7 】

図 2 b は、スーパーストレート 1 0 8 が成形可能材料 1 2 4 と完全に接触した後であるが、重合プロセスが開始する前の接触後ステップを示す。スーパーストレート 1 0 8 が成形可能材料 1 2 4 に接触すると、液滴は、スーパーストレート 1 0 8 と基板 1 0 2 との間の空間を満たす成形可能材料の膜 1 4 4 を形成するように合併 (merge) する。好ましくは、充填プロセスは、非充填欠陥を最小限に抑えるために、スーパーストレート 1 0 8 と基板 1 0 2 との間に空気またはガスの気泡が捕捉されることなく、均一に行われる。成形可能材料 1 2 4 の重合プロセスまたは硬化は、化学線 (例えば、U V 線) で開始されうる。例えば、図 1 の放射線源 1 2 6 は、形成可能材料の膜 1 4 4 を硬化、固化、および/または架橋させ、硬化した平坦化層 1 4 6 を基板 1 0 2 上に画定する化学線を提供することができる。あるいは、成形可能材料の膜 1 4 4 の硬化は、熱、圧力、化学反応、他の種類の放射線、またはこれらの任意の組合せを使用することによって開始されてもよい。一旦硬化されると、平坦化層 1 4 6 が形成され、スーパーストレート 1 0 8 がそこから分離されうる。図 2 c は、スーパーストレート 1 0 8 の分離後における基板 1 0 2 上の硬化した平坦化層 1 4 6 を示す。次いで、基板および硬化層は、例えば、パターニング、硬化、酸化、層形成、堆積、ドーピング、平坦化、エッチング、成形可能材料の除去、ダイシング、ボンディング、およびパッケージングなどを含む、デバイス (物品) 製造のための追加

40

50

の公知のステップおよびプロセスを受けることができる。基板は、複数の物品（デバイス）を製造するために処理されてもよい。

【0038】

スーパーストレートと基板との間の平坦化材料の拡がり、充填および硬化

成形可能材料液滴が拡がり、合併し、スーパーストレートと基板との間のギャップを充填するときに、スーパーストレート108と基板との間の空気またはガスの気泡の捕捉を最小限に抑えるための1つのスキームは、基板の中央における成形可能材料と初期接触させ、更に接触してから、中心から周囲に向かって放射状に進むように、スーパーストレートを位置決めすることである。これには、スーパーストレート内に曲率プロファイルを作り出すために、スーパーストレートまたは基板またはその両方の撓み（deflection）または湾曲（bowing）が必要である。しかしながら、スーパーストレート108が典型的には基板102と同じまたは類似の面積寸法であるとする、有用なスーパーストレート全体の湾曲曲率プロファイルは、スーパーストレートの大きな垂直方向の撓みと、スーパーストレートチャックおよび平坦化アセンブリによる付随する垂直方向の動作との両方を必要とする。このような大きな垂直方向の撓みおよび動作は、制御、精度、およびシステム設計上の考慮事項にとって望ましくない場合がある。このようなスーパーストレート・プロファイルは、例えば、スーパーストレートの内部領域に背圧を加えることによって得ることができる。しかしながら、そうすることにより、スーパーストレートチャック上にスーパーストレートを保持したままにするためには、依然として外周保持領域が必要とされる。成形可能材料の液滴が拡がって合併する間にスーパーストレートおよび基板の周辺縁部の両方が平坦にチャックされる場合、この平坦なチャック領域には利用可能なスーパーストレートの曲率プロファイルが存在しないであろう。これは、液滴の拡がりおよび合併を損なうことがあり、これはまた、当該領域において非充填欠陥をもたらさう。加えて、成形可能材料の拡がりおよび充填が完了すると、結果として生じるスーパーストレートチャック、チャックされたスーパーストレート、成形可能材料、基板、および基板チャックのスタックは、過拘束システムとなりうる。これは、結果として生じる平坦化膜の層の不均一な平坦化プロファイルを引き起こさう。即ち、このような過拘束システムでは、表裏面の平坦度を含む、スーパーストレートチャックからの全ての平坦度誤差またはばらつきが、スーパーストレートに伝達され、平坦化膜の層の均一性に影響を与える可能性がある。

【0039】

上記課題を解決するために、一実施形態では、図3aおよび図3bに示されるように、マルチゾーン・スーパーストレートチャック118が提供される。スーパーストレートチャック118は、中心ゾーン301と、中心ゾーン301の周りの一連のリングゾーン303とを含む。リングゾーン303は、スーパーストレートチャック118のエッジ、外周、または周縁の周囲の周囲リングゾーン303bと、中心ゾーン301と周囲リングゾーン303bとの間に位置する複数の内側リングゾーン303aとに画定されうる。複数のリングゾーン303は、スーパーストレートチャック118の表面から突出する一連のランド307によって画定されうる。図3aおよび図3bに示されるように、ランド307は、中央ゾーン301の周りに形成されうる。リングゾーン303の各々には、スーパーストレートチャック118を介して接続し、それによって保持されたスーパーストレートに圧力源が正圧（陽圧）または負圧（陰圧）、例えば真空、を加えることを可能にするために、少なくとも1つのポート305が形成される。

【0040】

図3bは、スーパーストレートチャック118の側断面図を示す。ランド307の各々は、高さを有するスーパーストレートチャック118の表面から突出する。ランド307は、周囲リングゾーン303bを取り囲む周囲ランド307bと、中央ゾーン301と周囲リングゾーン303bとの間の一連の内側ランド307aとを含む。図3bに示されるように、内側ランド307aは実質的に同じ高さを有するが、周囲ランド307bの高さは内側ランド307aの高さよりも低い。スーパーストレートチャック118の中心ゾー

ン 3 0 1 は、圧力源（図示せず）が、関連するチャネル 3 0 8 およびポート 3 0 5 を通して空気またはガスの圧力を加えて、保持されたスーパーストレートの中心部分を撓ませることができるように、円形キャビティの形状でありうる。同様に、真空圧力は、同じチャネルおよびポートを通して中心ゾーン 3 0 1 に加えられてもよい。スーパーストレートチャック 1 1 8 の中心ゾーン 3 0 1 は、保持されたスーパーストレートの中心部分と位置合わせされうる。同様に、周囲リングゾーン 3 0 3 a は、保持されたスーパーストレートの外周または周縁と位置合わせされうる。周囲リングゾーン 3 0 3 には、同様に、圧力または真空を加えるためのそれぞれのチャネル 3 0 8 およびポート 3 0 5 が設けられている。

【 0 0 4 1 】

図 4 a ~ 図 4 e を参照すると、堆積された成形可能材料 1 2 4 の液滴を接触させ、拡げ、合併させるためのプロセスが示されている。図 4 a に示すように、スーパーストレート 1 0 8 を成形可能材料 1 2 4 に接触させる前に、正圧（矢印 P で示す）がポート 3 0 5 を通してスーパーストレートチャック 1 1 8 の中心ゾーン 3 0 1、保持されたスーパーストレート 1 0 8 に加えられ、スーパーストレート 1 0 8 の中心部分を成形可能材料 1 2 4 に向かって撓ませる。圧力 P は、図 4 a に示されるように、所定の範囲で初期撓みを制御し、スーパーストレート 1 0 8 の所定の曲率を維持するために、中心ゾーン 3 0 1 に加えられる。一方、負圧、好ましくは真空（矢印 V で示す）は、リングゾーン 3 0 3 内のポート 3 0 5 を通してスーパーストレート 1 0 8 に加えられ、スーパーストレートチャック 1 1 8 と共にスーパーストレート 1 0 8 を保持する。次いで、スーパーストレート 1 0 8 を、図 4 b に示すように、成形可能材料 1 2 4 の液滴と初期接触させる。

【 0 0 4 2 】

次いで、中心ゾーン 3 0 1 に近位の内側リングゾーン 3 0 3 a から逐次的に真空（V）を解放することにより、スーパーストレート 1 0 8 の撓みは、中心部分から半径外側方向に拡張される。このようにして、成形可能材料の液滴は、接触され、拡げられ、合併されて、スーパーストレートが基板と接触し、基板に一致するにつれて半径方向外向きに進む流体フロントエンドを有する膜層を形成する。真空が内側リングゾーン 3 0 3 a から逐次的に解放されるとき、中心ゾーン 3 0 1 を通して加えられる圧力 P は、所望の値に維持される。また、真空が解放された内側リングゾーン 3 0 3 a 内のチャネル 3 0 8 及びポート 3 0 5 を通して、圧力 P がスーパーストレート 1 0 8 に加えられうる。図 4 c に示される実施形態では、真空は、内側ゾーン 3 0 1 に最も近い 3 つの内側リング 3 0 3 a から逐次的に解放され、真空が逐次的に解放されるにつれて圧力 P が逐次的に加えられる。平坦化ヘッドは、この逐次的な真空解放および加圧中に下方に移動されうる。

【 0 0 4 3 】

次いで、スーパーストレート 1 0 8 の撓みは、周辺リングゾーン 3 0 3 b を介して印加される真空 V が維持される間、真空が全ての内側リングゾーン 3 0 3 a から解放されるまで逐次的に半径方向に更に拡張される。内輪ゾーン 3 0 3 a の各々に対して、真空が解放されると圧力 P も加えられる。図 4 d に示されるように、真空が全ての内側リングゾーン 3 0 3 a から解放されたとき、スーパーストレート 1 0 8 は、周囲ゾーン 3 0 3 b を通して加えられた真空 V を介してスーパーストレートチャック 1 1 8 によって保持されたままである基板 1 0 8 の周縁部を除いて、基板 1 0 2 に適合するように撓ませられる。したがって、スーパーストレート 1 0 8 のエッジは、基板 1 0 2 の周縁部上に分配された成形可能材料の液滴の最終的な拡がりおよび合併のために、撓んだ、湾曲した状態のままである。また、内側ランド 3 0 7 a よりも低い周囲ランド 3 0 7 b は、このような湾曲の維持を容易にする。

【 0 0 4 4 】

次いで、図 4 e において、スーパーストレート 1 0 8 を完全にスーパーストレートチャック 1 1 8 から解放するために、周囲リングゾーン 3 0 3 b を通して加えられる真空 V が解放される。これは、複数の利点を提供する。第一に、湾曲した状態で保持されていた周囲リングゾーン 3 0 3 b からスーパーストレート 1 0 8 の周縁部を解放することによって、残りの成形可能材料の液滴の拡がりおよび合併を同じ中心から外周の半径方向の様式で

完了させることができ、したがって、空気またはガスの捕捉および結果としての非充填欠陥を最小化し続けることができる。具体的には、内側ランド307aに対して窪んでいる周囲ランド307bは、スーパーストレート108が解放前に所望の曲率を維持することを可能にする。第二に、スーパーストレートチャック118からスーパーストレート108を完全に解放することによって、チャッキング条件によるスーパーストレート108のいずれの過拘束も除去され、それによって、このような拘束条件のために起こりうる局所的な不均一な平坦化が低減される。第三に、スーパーストレートチャック118からのスーパーストレート108の解放によって、いずれのチャックの非平坦性の誤差またはばらつきのスーパーストレート108への伝達が除去され、それによって、局所的な不均一な平坦化のばらつきも低減される。

10

【0045】

スーパーストレート108が解放されると、平坦化層を形成するように成形可能材料を硬化させるため、硬化エネルギーが印加される。前述のように、硬化源は、成形可能材料124を硬化させるための光ビームであってもよい。一実施形態では、光ビームのサイズは、スーパーストレートの直径を参照して調整または制御されうる。光ビームは、所定の角度で基板に入射するように制御することもできる。硬化中、硬化源に対する基板102の横方向位置（即ち、X-Y平面内）が調整されうる。硬化プロセスの後、スーパーストレート108は、スーパーストレートチャック118によって再保持され、その後、スーパーストレート108は、本明細書でさらに説明されるように基板から分離される。

【0046】

20

図5は、図3および図4に示されるように記載された平坦化プロセスのフローチャートを示す。ステップ501において、成形可能材料の液滴124が基板102上に分配される。スーパーストレート108の中心ゾーンは、ステップ502において成形可能材料の液滴124に向かって撓ませられる。次いで、撓んだスーパーストレート108は、ステップ503において、成形可能材料124と接触するようにスーパーストレートチャック118によって前進される。スーパーストレート108の撓みは、ステップ504において、中心ゾーンからスーパーストレート108の外周に向かって拡張される。次いで、スーパーストレートチャック118によって、例えば、スーパーストレート108の外周に印加された真空によってスーパーストレート108を保持するための力の印加が停止され、ステップ506においてスーパーストレート108がスーパーストレートチャック118から解放（即ち、デチャック）される。成形可能材料124は、ステップ507で硬化される。硬化後、スーパーストレート108は、硬化した成形可能材料146からスーパーストレート108を分離するために、スーパーストレートチャック118によって再保持される。

30

【0047】

例えば、成形可能材料124としてUV光硬化性材料を使用する場合、スーパーストレートチャック118は、高UV光透過性UV硬化で（例えば、図1に示されるように、カメラ136によって撮像するための高い光透過性と同様に）透明であることが望ましい。上述したように、空気供給チャネル308およびポート305、ゾーン303、並びにランド307は、図3および図4に示されるように、スーパーストレートに一体化されている。これらの構造は、UV硬化のための問題を引き起こしうる。特に、チャネル308およびランド307の下領域におけるUV透過率は、このようなフィーチャ（特徴）を有さない領域と比較して著しく減少する可能性があり、成形可能材料の硬化不足または不均一な硬化をもたらす。この現象は、「シャドウ効果」と呼ばれることがある。シャドウ効果は、ランド307のエッジにおいて特に重要である。さらに、スーパーストレート100がランド307にチャックされるとき、2つの表面が互いに光学的に接触しないので、薄いエアギャップが存在する。このタイプの薄いギャップは、UVを完全に遮断することがある。この現象は、ランドとスーパーストレートとの間の「薄膜効果」として知られている。

40

【0048】

50

上記の「シャドウ効果」に対する１つの解決策は、スーパーストレートチャックからスーパーストレートをデチャック（即ち、解放）した後に、 x 、 y および/または θ 座標におけるウェハステージ上のスーパーストレートおよび基板のスタックの移動を含む。UV露光中にこの様式でウェハステージを移動させることにより、チャネル、ポート、およびランドの下に残っていたであろうスーパーストレートおよび基板の領域を、チャックのフィーチャが存在しないスーパーストレートチャックの下に周期的に移動させることができる。必要とされる相対運動は、以下の式（１）から推定することができる：

$$I_m = \frac{I_h(w_h - w_l) + I_l w_l}{w_h} \quad (1),$$

10

ここで、 I_m は運動範囲にわたる所望の平均強度であり、 I_h はチャックのフィーチャのない領域にわたる高強度（即ち、最大または「最大」強度）であり、 I_l は対象フィーチャにおける強度（即ち、最低または「低」強度）であり、 w_h は I_m を達成するための推定運動範囲であり、 w_l は対象フィーチャ幅（例えば、ランド、ポート、またはチャネルの幅）である。例えば、フィーチャのない領域での１００％のUV透過を仮定し、所望の I_m をその値の９０％と仮定し、さらに $w_l = 1 \text{ mm}$ と仮定すると、式（１）から、相対運動の所望の範囲 $w_h = 8.0 \text{ mm}$ となる。あるいは、UV源は、スーパーストレートチャックに入射するUV光の角度を変化させるように、スーパーストレートチャックに対して当該UV源を傾けたり傾斜させたりすることによって移動することができ、これによって、対象フィーチャ付近のシャドウ効果も低減することができる。「薄膜効果」は、スーパーストレートとスーパーストレートチャックとの間に十分なギャップを作り出すように z 軸方向に相対的に移動させることによって、例えば、スーパーストレートをデチャックし、ウェハステージをスーパーストレートチャックから離れるように z 方向に移動させることによって回避することができる。上記の種々の解決策は、特定の領域における全UV線量の均一性を改善し、シャドウ効果および薄膜効果を最小限に抑えるために、個別にまたは組み合わせて適用することができる。様々な実施形態では、適用されるUV光ビームが基板またはスーパーストレートよりも小さくても、同じサイズであっても、または大きくてもよい。一実施形態では、適用されるUV光ビームは、基板の全体をUV光に露光し続けながら、上記の相対運動 w_h に適應する寸法だけ基板よりも大きくすることができる。

20

30

【００４９】

硬化された平坦化膜の層からのスーパーストレートの分離

成形可能材料が硬化され、平坦化膜の層が形成されると、形成された層からスーパーストレートを除去または剥離することが必要である。しかしながら、スーパーストレートおよび基板が同一または同様の面積寸法を有する場合には、形成された層からスーパーストレートを完全に分離するために、必要に応じてスーパーストレートと形成された層との間に分離クラックを開始および伝播させることは困難である。この問題は、図６～８に示される構造および方法によって解決することができる。図６aおよび図６bに示されるように、基板チャック６０４は、基板１０２上のノッチ６０８と位置合わせ可能なチャックの外周に位置する格納可能なピン６０６を含む。このようなノッチ（例えば、ウェハノッチ）は、プロセス中およびハンドリング中にウェハを配向する目的のために半導体ウェハに共通である。動作中、格納可能なピン６０６は、基板１０２上に位置するノッチ６０８と位置合わせされて位置決めされる。分離を開始するために、ピン６０６は、図６aに示されるように、ノッチ６０８を通して上方に移動し、スーパーストレート１０８のエッジのポイント６１０に接触する。ピン６０６によって加えられる力は、スーパーストレート１０８と基板１０２上の硬化層１４６との間の分離クラック６０１を開始させるのに十分である。クラック６０１が生成されると、スーパーストレートチャック１１８のポート３０５を通る真空圧力の適用によって、スーパーストレート１０８のエッジがスーパーストレートチャック１１８に向かって撓ませられる。これは、スーパーストレートチャック１１８のランド３０７bが隣接ランド３０７aより短いことによって容易になり、これによ

40

50

て、スーパーストレート 108 のエッジが基板 102 から離れてスーパーストレートチャック 118 に向かって撓ませられる空間が提供される。クラック 601 を生成するために加えられる力は、スーパーストレート、平坦化膜の層、および基板の幾何学的および物理的条件に依存することができる。あるいは、クラック 601 は、図 6 c に示されるように、基板 102 とスーパーストレート 108 との間に正圧を導入することによって生成されてもよい。ここで、基板チャック 614 は、正の流体圧力源（図示せず）に接続されたノズル 616 を含む。ノズル 616 の活性化により、正の流体圧力 P_I は、分離クラック 601 を開始するのに十分な力で、ノズル 616 を通してスーパーストレート 118 のエッジのポイント 610 に送達される。正の流体圧力は、クリーンドライエア、ヘリウム、または窒素の流れを含みうる。クラック 601 を生成する間、スーパーストレート 102 はスーパーストレートチャック 118 内に保持され、基板 102 は基板チャック 104 によって保持される。

10

【0050】

図 7 ~ 図 8 は分離の進行を示す。図 7 a は、スーパーストレート 118 が基板上に形成された層と（斜線領域によって示されるように）完全に接触している上下図を示す。図 7 b において、分離クラック 601 は、上述のように開始される。一旦クラック 601 が開始されると、スーパーストレート 108 のエッジと係合し、分離クラック 601 を外側ゾーンリング 303 b の周りに伝播させるように、スーパーストレートチャック 118 の外側リングゾーン 303 b に負圧または真空の高い流れが加えられる。この伝播は、矢印 C で示されるように、ノッチ 608 から両方向に円周方向に進行する。外側リングゾーン 303 b の周りのクラック 601 の伝播を補助するために、クラック伝播が進行することにつれて、基板 102 とスーパーストレート 108 との間に追加の横方向の空気の流れ（図示せず）が供給されうる。図 7 c は、外側リングゾーン 303 b の周りに完全に伝播したクラック 601 を示す。

20

【0051】

分離クラックが外側リングゾーンの周りに完全に伝播したら、上向き運動がスーパーストレート 108 の Z 軸方向に沿って加えられ、基板上の硬化層からのスーパーストレート 108 の分離を完了することができる。図 8 は、基板 102 から完全に分離されたスーパーストレート 108 を示す。分離を完了する際に、基板 102 に対するスーパーストレート 108 の著しい上向きの運動は、スーパーストレート 108 と基板 102 との間の残りの接触領域に剪断応力を誘起しうる。あるいは、Z 方向の運動は、より早い所望の位置で停止させることができ、分離は、内側および / または中央リングゾーンへの継続的な真空圧の印加を通して進め、結論付けることができる。このような剪断応力は、継続的な分離の間、内側リングゾーン 303 a および / または中央ゾーン 301 のうちの 1 以上に真空を加えることによって最小化することができる。

30

【0052】

図 9 は、図 7 および図 8 に記載され、示された分離プロセスのフローチャートを示す。ステップ S901 において、分離クラックがスーパーストレート 108 と硬化層との間で開始される。次いで、ステップ S902 において、分離クラックがスーパーストレート 108 の外周の周りに伝播される。ステップ S903 において、スーパーストレートの残りが硬化層から分離される。上述の実施形態では、スーパーストレート 108 と基板 102 との分離は、押しピンまたは空気圧などの機械的力によってクラックを生成するステップと、外側ゾーンに真空圧を加えてクラックを伝播させ、スーパーストレート 108 をしっかりと保持し、スーパーストレート 108 を Z 方向に上向きに移動させ、スーパーストレートが上向きにデチャックすることを回避するのに十分な安全な力で基板 102 から離すステップと、分離を完了するために上向きの Z 方向に移動中にスーパーストレート 108 の中央に真空を加えるステップとを含む。あるいは、または上記の Z 方向の運動方式と組み合わせて、分離の伝搬は、基板（図示せず）の 1 以上の側面から高圧で面内（または横方向）方向の流れを連続的に適用することによって影響を受けることもできる。

40

【0053】

50

図 6 の実施形態では、機械的ピン 6 0 6 (図 6 a) または流体ノズル 6 1 6 (図 6 b) のいずれかによって、ウェハノッチ 6 0 8 を通して加えられる上向きの力によって、クラック開始が開始される。図 1 0 は、分離クラックを開始するように構成された基板チャックの更なる実施形態を示す。ここで、基板チャック 6 2 4 は、スーパーストレート 1 0 8 と基板とが非同円円状に配置されたときに分離クラックを開始させることができる別個の格納可能なピン 6 2 6 を含む。この非同円円状の配置は、基板 1 0 2 を張り出すスーパーストレート 1 0 8 の部分 6 2 8 をもたらす。クラック 6 0 2 は、ピン 6 2 6 の移動を介して張り出し部分 1 1 0 に力を加えることによって生成されうる。あるいは、張り出し部分 6 0 8 は、基板よりもわずかに大きいスーパーストレートを使用することによって得ることもできる。このようにして、スーパーストレート 1 0 8 は、依然として、基板 1 0 2 と同心円状に配置されうる。いずれの場合も、基板チャック 6 2 4 は、分離クラックを開始させるためのスーパーストレート外周の周りの複数のポイントを生成するために、図 6 a または図 6 b の実施形態などにおいて、またはその他の方法で、ピン 6 2 6 から離間して配置された機械的ピンまたはノズルをさらに含むことができる。

【 0 0 5 4 】

スーパーストレートチャック

上述したように、スーパーストレート 1 0 8 は、好ましくは、スーパーストレートと、チャッキング表面から延びるランド 3 0 7 によって画定されるリングゾーン 3 0 3 内のチャッキング表面との間の容積に圧力または真空 (負圧) を加えるスーパーストレートチャック 1 1 8 によって保持または支持される。最も外側のランド 3 0 7 a とは別に、内側ランド 3 0 7 b は、隣接する内側ランド 3 0 7 b 間のギャップの深さが一定のままであるように、同じ高さを有することが好ましい。ランドの高さ (即ち、ギャップの深さ) は、通常、ガス充填または排気応答時間、ランド剛性特性、膨張または収縮などの熱効果の制限を最小化する等の理由から、非常に小さく、例えば、約数十ミクロンから数千ミクロンのオーダーに保たれる。作動中、ゾーンのランドに対してスーパーストレートを保持させるようにリングゾーンに真空が加えられると、スーパーストレート - ランド境界に真空シールが生成される。しかしながら、十分な力または圧力がチャッキング真空の反対方向にスーパーストレートに加えられると、基板は、チャックのランドから持ち上げられうる。スーパーストレートとランドとの間の特定のギャップでは、真空シールが破損するか、または漏れて、ゾーン内の真空圧力が低下するか、またはゼロにさえなる。次いで、スーパーストレートは、チャックから意図せずにデチャックされるようになる。更に、スーパーストレートがデチャック状態にならない場合であっても、例えば、図 4 および図 5 のプロセスにおいて隣接リングゾーンの真空圧を逐次的に解放する場合に、真空漏れは、必要とされる制御レベルを乱す可能性がある。また、外側ランドにおけるこのような漏れは、図 4 ~ 図 5 のプロセスにおいて、スーパーストレートの所望の外側エッジ曲率の制御された保持に負の影響を与える可能性がある。同様に、外側ランドの漏れは、図 7 ~ 図 9 のプロセスにおいて、分離クラックの開始・伝搬を妨げる可能性がある。

【 0 0 5 5 】

このような望ましくない漏れに対抗するために、図 1 1 a および図 1 1 b に示されるように、トレンチ構造 1 1 0 9 を組み込んだスーパーストレートチャック 1 1 1 8 が提供される。スーパーストレートチャック 1 1 1 8 と同様に、スーパーストレートチャック 1 1 1 8 は、一連の内側ランド 3 0 7 a と、スーパーストレートチャック 1 1 1 8 の表面 1 1 1 9 から突出する周囲ランド 3 0 7 b とに画定することができる複数のランド 3 0 7 を同様に含む。図 1 1 b および図 1 2 に示されるように、表面 1 1 1 9 は、スーパーストレート 1 0 8 を保持または維持するための保持または維持表面である。一連の内側ゾーン 3 0 3 a は、ランド 3 0 7 a によって画定される。リングゾーン 3 0 3 の少なくとも 1 つでは、チャック 1 1 1 8 の表面から窪んだトレンチ 1 1 0 9 が形成される。トレンチは、同心円状であってもよく、リングゾーンの対応するランドの間に配置されてもよい。内側リングゾーン 3 0 3 a に形成されたトレンチ 1 1 0 9 a は、関連する内側リングゾーンの幅に対して、チャック 1 1 1 8 の中心から遠位の位置に位置決めされる。対照的に、周辺リング

ゾーン 3 0 3 b に形成されたトレンチ 1 1 0 9 b は、外側ゾーンリングの幅に対して基板チャック 1 1 1 8 の中心に近接する領域に位置決めされる。すなわち、内側リングゾーン 3 0 3 a に形成されたトレンチ 1 1 0 9 a は、対応する内側リングゾーン 3 0 3 a の外径に形成されており、一方、周囲リングゾーン 3 0 3 b に形成されたトレンチ 1 1 0 9 b は、周囲ゾーン 3 0 3 b の内径に形成されている。

【 0 0 5 6 】

動作において、トレンチ 1 1 0 9 は、トレンチの遠位側のランドにスーパーストレートのギャップが存在してもスーパーストレートに作用し続ける高真空圧力の均一な供給源を提供するバッファとして作用する。このようにして、真空の逐次的な外向き半径方向の解放、および、中央ゾーンと隣接するリングゾーンとへの正圧の適用は、制御された方法で続行されうる。即ち、遠位ランドにギャップを生成するのに十分にスーパーストレートを撓ませることができる量で、隣接する内側ゾーンに正圧が加えられたとしても、所与のリングゾーン内に加えられた真空圧力を維持することができる。言い換えれば、トレンチ 1 1 0 9 を設けることにより、意図するプロセスを中断することなく、いくらかの漏れを許容することができる。同様に、より小さな外側ランドの高さを有する周囲リングゾーン内に位置するトレンチ 1 1 0 9 b は、外側ランドに小さなギャップが存在する場合でも、外側リングゾーン内で適切な真空圧力を維持するように動作する。これにより、多少の漏洩があっても、堆積された成形可能材料の液滴の最終的な拡がりおよび合併（図 4 d 参照）と、分離クラックの発生および伝搬（図 6 参照）との両方のために、スーパーストレートの外周を所望の曲率に保持することが可能になる。

【 0 0 5 7 】

図 1 2 は、例示的なトレンチ構造 1 1 0 9 b の拡大断面図である。所望の真空緩衝性能を達成するために必要なリングゾーン内の特定のトレンチ寸法および関連する位置は、スーパーストレートチャックのランド高さおよびリングゾーン幅に依存する。図 1 2 に示される例では、トレンチ 1 1 0 9 b がリングゾーン 3 0 3 b 内に位置し、チャック表面から窪んでいる。この例では、外側ランド 3 0 7 b は、内側ランド 3 0 7 a の高さ h_2 より低い高さ h_1 を有する。典型的な使用において、ランド高さの差は、約 5 ミクロン～約 50 ミクロンの範囲でありうる。リングゾーン 3 0 3 b は、幅 d を有する。トレンチ 1 1 0 9 b は、ランド 3 0 7 b から距離 d_1 のところに第 1 のエッジがあり、ランド 3 0 7 a から距離 d_2 のところに第 2 のエッジがあるように配置される。トレンチ 1 1 0 9 b は、深さ h_3 および幅 d_3 を有する。この実施形態では、これらのパラメータの関係が以下の条件を満たす：

$$\begin{aligned} h_1 &< h_2 \\ h_3 &> 10 h_2 \\ d_3 &< 0.5 d \\ d_1 &> d_2 + d_3 \end{aligned}$$

トレンチ 1 1 0 9 b を圧力供給源（図示せず）に接続するポート 3 0 5 は、トレンチと交差するか、さもなければトレンチ内に配置される。ポートがトレンチと交差しない場合、必要な高圧を維持することができず、トレンチは無効になる。上記実施形態では、外側ランド h_1 は、漏れの発生が予想される場所である。内側リングトレンチ 1 1 0 9 b の場合、ランド高さは同じ、即ち $h_1 = h_2$ とすることができる。この場合、距離 d_1 は、漏れが予想される指定のランド（即ち、 h_1 または h_2 ）から測定される。例えば、図 1 1 a および図 1 1 b の実施形態では、内側リングゾーン 3 0 3 a は、図 4～5 に関連するプロセスで説明したように、リングゾーンの逐次的な真空解放およびその後の加圧中の内側ランドでの漏れに対して緩和するために、それらのそれぞれのリングゾーンの外側ランド（チャック中心から半径方向に測定されるように）により近い位置に配置されたトレンチ 1 1 0 9 a を含む。

【 0 0 5 8 】

様々な態様の更なる修正および代替の実施形態は、この説明を考慮すれば当業者には明らかであろう。したがって、この説明は、例示としてのみ解釈されるべきである。本明細

書で示され、説明される形態は、実施形態の例として解釈されるべきであることが理解されるべきである。要素および材料は本明細書に図示され、説明されたものと置き換えることができ、部品およびプロセスは逆にすることができ、特定の特徴は独立して利用することができ、すべて、この説明の恩恵を受けた後に当業者には明らかになるのであろう。

【図面】

【 図 1 】

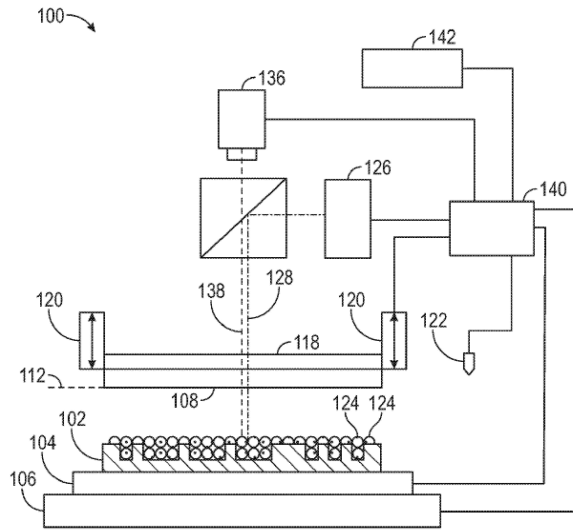


FIG. 1

【 図 2 A 】

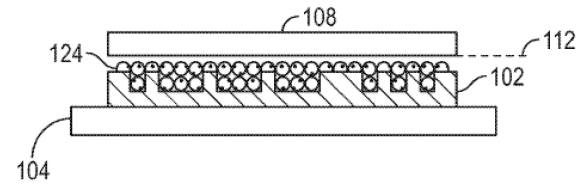


FIG. 2A

【 図 2 B 】

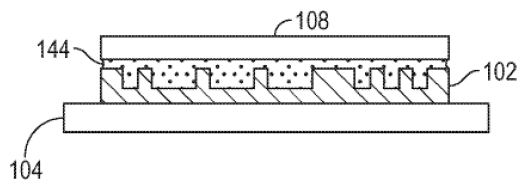


FIG. 2B

【 図 2 C 】

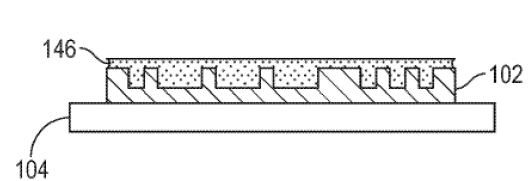


FIG. 2C

【図 3 A】

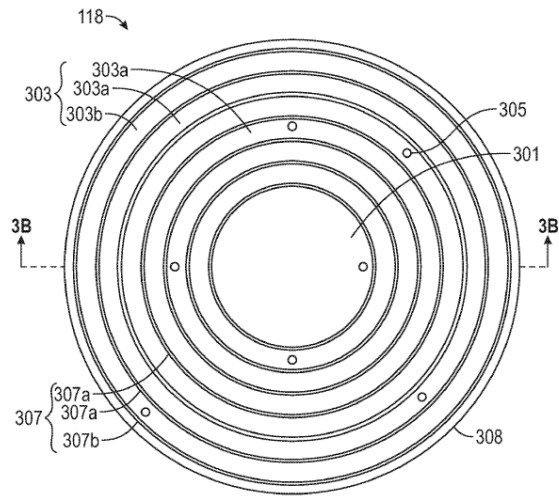


FIG. 3A

【図 3 B】

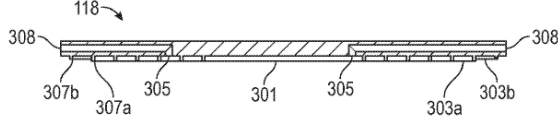


FIG. 3B

10

【図 4 A】

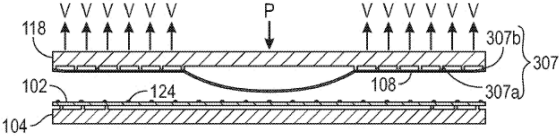


FIG. 4A

【図 4 B】

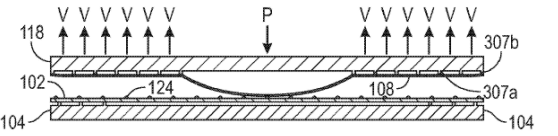


FIG. 4B

20

【図 4 C】

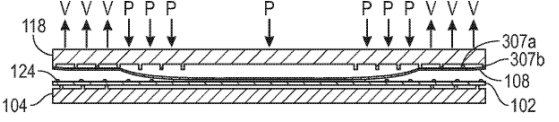


FIG. 4C

【図 4 D】

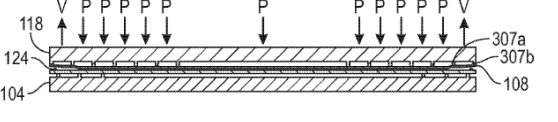


FIG. 4D

30

40

50

【図 4 E】

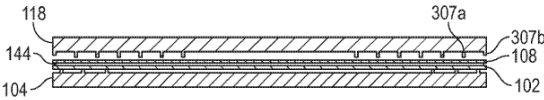


FIG. 4E

【図 5】

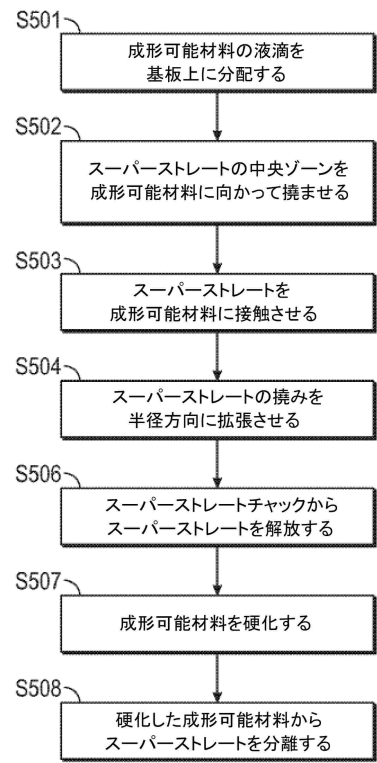


FIG. 5

【図 6 A】

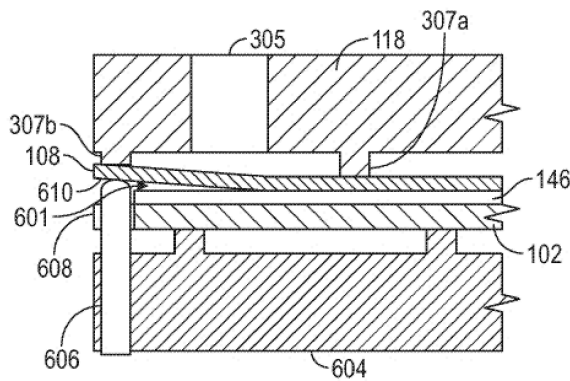


FIG. 6A

【図 6 B】

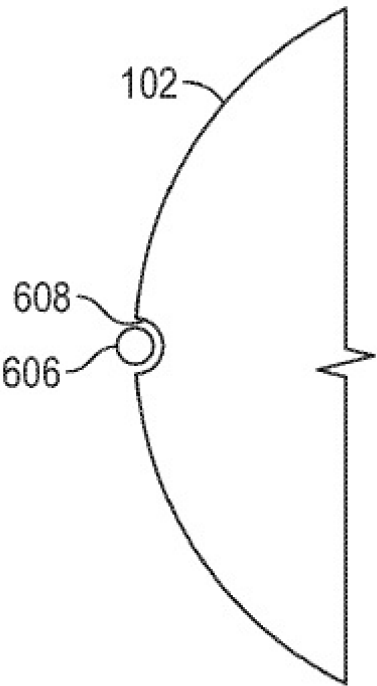


FIG. 6B

10

20

30

40

50

【図 6 C】

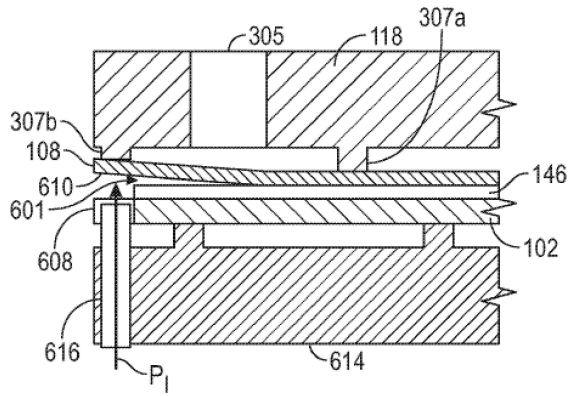


FIG. 6C

【図 7 A】

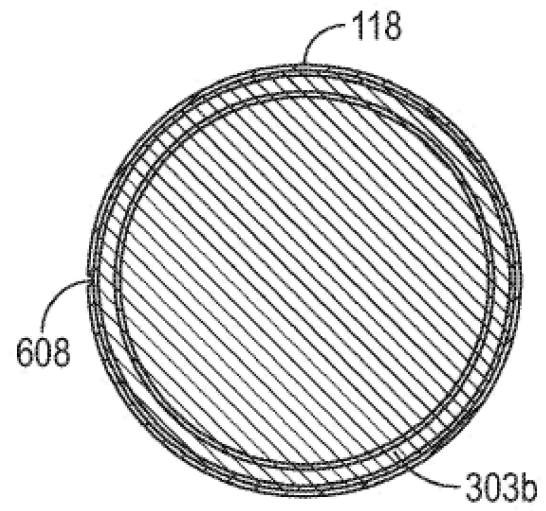


FIG. 7A

【図 7 B】

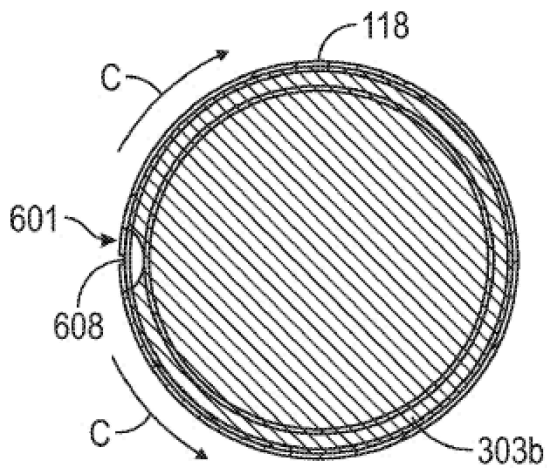


FIG. 7B

【図 7 C】

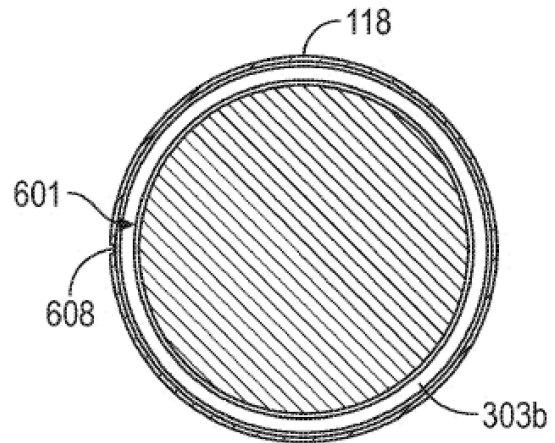


FIG. 7C

10

20

30

40

50

【図 8】

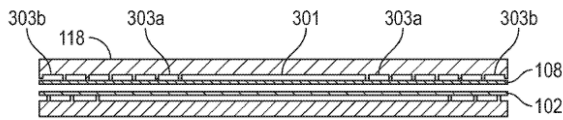


FIG. 8

【図 9】

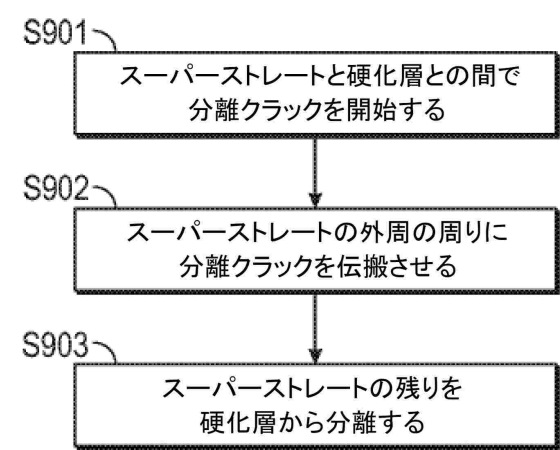


FIG. 9

【図 10】

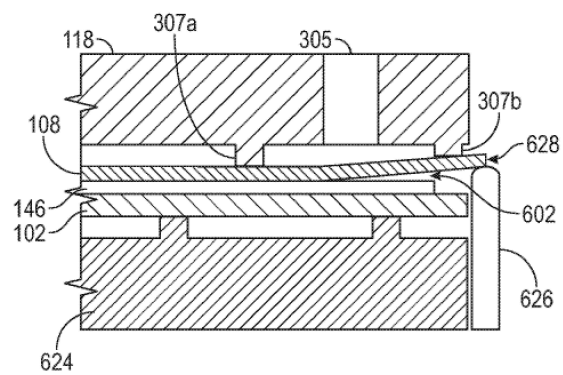


FIG. 10

【図 11 A】

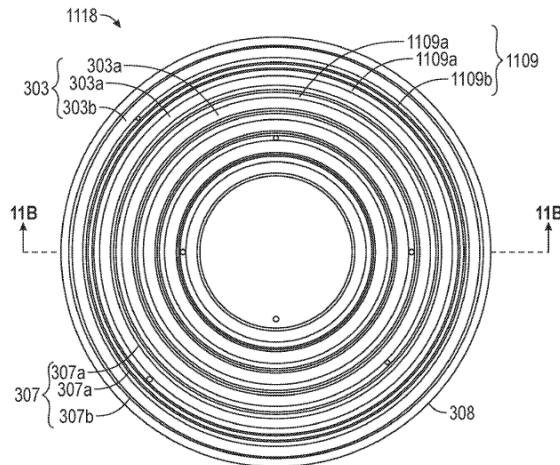


FIG. 11A

10

20

30

40

50

【 図 1 1 B 】

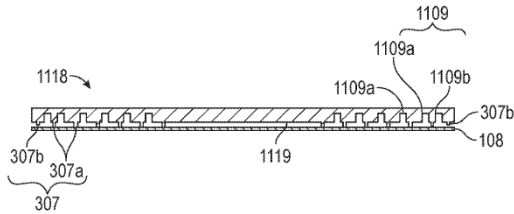


FIG. 11B

【 図 1 2 】

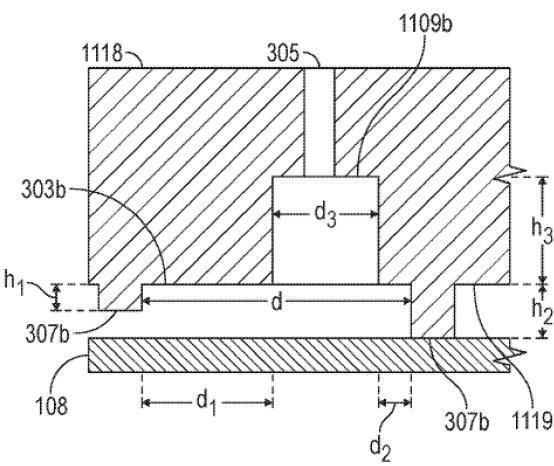


FIG. 12

10

20

30

40

50

フロントページの続き

- (72)発明者

齋藤 真樹

アメリカ合衆国 7 8 7 5 8 テキサス州 オースティン ウエスト・ブレイカー・レーン 1 8 0 7
ビルディング シー - 3 0 0
- (72)発明者

アギリ, アリレザ

アメリカ合衆国 7 8 7 5 8 テキサス州 オースティン ウエスト・ブレイカー・レーン 1 8 0 7
ビルディング シー - 3 0 0
- (72)発明者

シャックレトン, スティーブン シー

アメリカ合衆国 7 8 7 5 8 テキサス州 オースティン ウエスト・ブレイカー・レーン 1 8 0 7
ビルディング シー - 3 0 0
- (72)発明者

チョイ, ビュン - ジン

アメリカ合衆国 7 8 7 5 8 テキサス州 オースティン ウエスト・ブレイカー・レーン 1 8 0 7
ビルディング シー - 3 0 0
- 審査官

今井 彰
- (56)参考文献

特開 2 0 1 4 - 0 0 4 8 2 6 (J P , A)
特開 2 0 0 0 - 3 4 8 3 9 2 (J P , A)
特開 2 0 0 0 - 1 6 4 9 0 5 (J P , A)
特開 2 0 0 1 - 2 3 0 3 9 3 (J P , A)
特開 2 0 2 0 - 0 4 7 6 4 9 (J P , A)
特開 2 0 2 0 - 0 8 9 8 7 6 (J P , A)
特開 2 0 1 2 - 2 3 1 0 5 6 (J P , A)
- (58)調査した分野

(Int.Cl., D B 名)
H 0 1 L 2 1 / 0 2 7、2 1 / 3 0
B 2 9 C 5 9 / 0 2