

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6951226号  
(P6951226)

(45) 発行日 令和3年10月20日 (2021. 10. 20)

(24) 登録日 令和3年9月28日 (2021. 9. 28)

(51) Int. Cl.	F I
<b>H O 1 L 21/027 (2006. 01)</b>	H O 1 L 21/30 5 O 2 D
<b>B 2 9 C 33/38 (2006. 01)</b>	B 2 9 C 33/38
<b>B 2 9 C 59/02 (2006. 01)</b>	B 2 9 C 59/02 B

請求項の数 13 (全 13 頁)

(21) 出願番号	特願2017-237855 (P2017-237855)	(73) 特許権者	000001007
(22) 出願日	平成29年12月12日 (2017. 12. 12)		キヤノン株式会社
(65) 公開番号	特開2018-101780 (P2018-101780A)		東京都大田区下丸子3丁目30番2号
(43) 公開日	平成30年6月28日 (2018. 6. 28)	(74) 代理人	110003281
審査請求日	令和2年7月16日 (2020. 7. 16)		特許業務法人大塚国際特許事務所
(31) 優先権主張番号	15/385, 353	(72) 発明者	ビュンジン チョイ
(32) 優先日	平成28年12月20日 (2016. 12. 20)		アメリカ合衆国 78758 テキサス州
(33) 優先権主張国・地域又は機関	米国 (US)		オースティン ウェスト・ブレイカー・
			レーン1807 ビルディング C-30
			O

審査官 田中 秀直

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 インプリント・テンプレート複製処理中の押出しを制御する方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

第1世代レプリカ基板のメサである第1メサの上の重合性材料にマスタテンプレートのメサであるテンプレートメサのパターン面を接触させた状態で前記重合性材料を硬化させ、該硬化された重合性材料から前記マスタテンプレートを分離することにより、前記マスタテンプレートのレプリカである第1世代レプリカを製造する第1工程と、

第2世代レプリカ基板のメサである第2メサの上の重合性材料に前記第1世代レプリカの前記第1メサのパターン面を接触させた状態で前記重合性材料を硬化させ、該硬化された重合性材料から前記第1世代レプリカを分離することにより、前記第1世代レプリカのレプリカである第2世代レプリカを製造する第2工程と、を有し、

前記第1世代レプリカの前記第1メサは、第1面積のパターン領域を規定しており、  
前記第2世代レプリカ基板の前記第2メサは、前記第1面積より小さい第2面積の有効領域を規定している、

ことを特徴とする方法。

【請求項 2】

前記有効領域および前記パターン領域はそれぞれ、第1外周部および第2外周部を規定しており、かつ、前記第2工程において、前記第1外周部上の第1の点と前記第2外周部上の前記第1の点から最も近い点との間の最短距離が、前記第1世代レプリカの前記パターン領域と前記第2世代レプリカ基板の前記有効領域との間から押し出される重合性材料が前記第2メサの側壁に付着し前記第1メサの側壁には付着しないような距離となるよう

に定められていることを特徴とする請求項 1 に記載の方法。

【請求項 3】

前記最短距離は 1  $\mu$ m 乃至 50 mm の距離であることを特徴とする請求項 2 に記載の方法。

【請求項 4】

前記最短距離は、2  $\mu$ m 乃至 1 mm の距離であることを特徴とする請求項 2 に記載の方法。

【請求項 5】

前記第 1 世代レプリカ基板および前記第 2 世代レプリカ基板は、コアアウトされた裏側領域を有することを特徴とする請求項 1 乃至 4 のいずれか 1 項に記載の方法。

10

【請求項 6】

前記第 1 世代レプリカ基板と前記第 2 世代レプリカ基板とが同じ厚さ寸法を有することを特徴とする請求項 1 乃至 5 のいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 7】

前記第 1 世代レプリカ基板と前記第 2 世代レプリカ基板とが同じ材料であることを特徴とする請求項 1 乃至 6 のいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 8】

前記第 2 世代レプリカのパターンは、前記マスタテンプレートと同じレリーフパターンを有することを特徴とする請求項 1 乃至 7 のいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 9】

前記レリーフパターンは、ホールアレイであることを特徴とする請求項 8 に記載の方法。

20

【請求項 10】

物品を製造する方法であって、

請求項 1 乃至 9 のいずれか 1 項に記載の方法に従ってマスタテンプレートのレプリカである第 1 世代レプリカを製造し、更に前記第 1 世代レプリカのレプリカである第 2 世代レプリカを製造する工程と、

前記第 2 世代レプリカのパターンを他の基板に転写する工程と、

前記他の基板を処理して前記物品を製造する工程と、

を有することを特徴とする方法。

30

【請求項 11】

前記物品は半導体デバイスであることを特徴とする請求項 10 に記載の方法。

【請求項 12】

マスタテンプレートのレプリカを製造する装置であって、

テンプレートを保持するテンプレート保持部と、

基板を保持する基板保持部と、

制御部と、を備え、前記制御部は、

前記テンプレート保持部にマスタテンプレートを保持させ、前記基板保持部に第 1 世代レプリカ基板を保持させ、その後、前記第 1 世代レプリカ基板のメサである第 1 メサの上の重合性材料に前記マスタテンプレートのメサであるテンプレートメサのパターン面を接触させた状態で前記重合性材料を硬化させ、該硬化された重合性材料から前記マスタテンプレートを分離することにより、前記マスタテンプレートのレプリカである第 1 世代レプリカを製造し、

40

前記テンプレート保持部に前記第 1 世代レプリカを保持させ、前記基板保持部に第 2 世代レプリカ基板を保持させ、その後、前記第 2 世代レプリカ基板のメサである第 2 メサの上の重合性材料に前記第 1 世代レプリカの前記第 1 メサのパターン面を接触させた状態で前記重合性材料を硬化させ、該硬化された重合性材料から前記第 1 世代レプリカを分離することにより、前記第 1 世代レプリカのレプリカである第 2 世代レプリカを製造するように構成され、

前記第 1 世代レプリカの前記第 1 メサは、第 1 面積のパターン領域を規定しており、

50

前記第2世代レプリカ基板の前記第2メサは、前記第1面積より小さい第2面積の有効領域を規定している、

ことを特徴とする装置。

【請求項13】

前記有効領域および前記パターン領域はそれぞれ、第1外周部および第2外周部を規定し、かつ、前記パターン領域が前記有効領域と重なるように位置決めされるとき、前記第1外周部上の第1の点と前記第2外周部上の前記第1の点から最も近い第2の点との間の最短距離が、前記第1世代レプリカの前記パターン領域と前記第2世代レプリカ基板の前記有効領域との間から押し出される重合性材料が前記第2メサの側壁に付着し前記第1メサの側壁には付着しないような距離となるように、前記第1世代レプリカと前記第2世代レプリカ基板との距離が調整されることを特徴とする請求項12に記載の装置。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、インプリント・テンプレート複製処理中の押出しを制御する方法に関する。

【背景技術】

【0002】

ナノファブリケーションは、100ナノメートル以下のオーダーの特徴（フィーチャ：feature）を有する非常に小さい構造の製造を含む。ナノファブリケーションが大きな影響を有する1つの用途は、集積回路の処理にある。半導体処理産業においては、基板上に形成される単位面積当たりの回路を増やしつつ生産歩留まりを向上させるよう努力が続けられている。したがって、ナノファブリケーションはますます重要になっている。ナノファブリケーションによって、形成される構造の最小フィーチャ寸法のさらなる縮小を可能にしながら、より大規模なプロセス制御が提供される。

20

【0003】

今日使用されている典型的なナノファブリケーション技術には、一般にナノインプリント・リソグラフィと呼ばれるものがある。ナノインプリント・リソグラフィは、例えば、CMOS論理回路、マイクロプロセッサ、NANDフラッシュメモリ、NORフラッシュメモリ、DRAMメモリ、あるいは、MRAM、3Dクロスポイントメモリ、Re-RAM、Fe-RAM、STT-RAM等を含む他のメモリデバイスなどの集積デバイスの製造工程を含む様々な用途において有用である。典型的なナノインプリント・リソグラフィプロセスは、インプリント・テンプレート（またはマスク）上に用意されたレリーフ画像を、成形可能なレジスト材で充填し、例えばUV光をUV硬化性のレジスト材に当てることによってその材料を硬化させることにより、基板にパターンを形成する。硬化後、テンプレートは硬化されパターン化されたレジスト材料と分離される。このようなプロセスにおいて、成形可能な材料がテンプレートパターン面のまわりに押し出されるのを避けることが望まれる。そのような押出しが起こると、インプリント中およびインプリント後のさまざまな欠陥を引き起こす可能性がある。

30

【発明の概要】

【0004】

40

一側面において、本明細書で提供される方法は、（i）基板の表面から延びる基板メサを有する前記基板を提供する工程と、ここで、前記基板メサは、第1領域を含む有効領域を規定しており、（ii）テンプレートの表面から延びるテンプレートメサを有する前記テンプレートを提供する工程と、ここで、前記テンプレートメサは第2領域を含むパターン領域を規定し、前記第2領域は前記基板の前記第1表面領域より大きく、前記テンプレートメサはレリーフ画像が形成されたパターン面を有し、（iii）前記テンプレートメサの前記パターン領域が前記基板メサの前記有効領域と重なるように、前記テンプレートを前記基板とを重ね合わせて位置決めする位置決め工程と、（iv）前記テンプレートの前記パターン領域と前記基板の前記有効領域との間で画定される容積を重合性材料で満たす充填工程と、（v）前記重合性材料を硬化させて前記基板の上にパターン化層を形成す

50

る硬化工程と、(v i) 前記硬化されたパターン化層から前記テンプレートを分離する分離工程と、を有する。

【0005】

一実施形態において、前記第1領域および前記第2領域はそれぞれ、第1外周部および第2外周部を規定しており、かつ、前記位置決め工程、前記充填工程、および前記硬化工程の間で、前記第1外周部上の任意の点と前記第2外周部上の最も近い点との間の最短距離が、前記テンプレートの前記パターン領域と前記基板の前記有効領域との間から押し出される重合性材料が前記基板メサの側壁に付着し前記テンプレートメサの側壁には付着しないような距離となるように定められている。特定の実施形態において、前記最短距離は1  $\mu\text{m}$ 乃至50 mmの距離、または、2  $\mu\text{m}$ 乃至1 mmの距離である。他の実施形態において、前記テンプレートおよび前記基板は、コアアウトされた裏側領域を有し、または、同じ厚さ寸法を有し、あるいは、同じ材料で形成される。

10

【0006】

別の実施形態において、前記形成されたパターンは前記基板に転写されてレプリカテンプレートが形成される。さらなる実施形態においては、前記形成されたレプリカテンプレートは、マスタテンプレートと同じレリーフパターンを有する第2世代レプリカテンプレートである。さらに別の実施形態においては、前記レリーフパターンはホールアレイである。

【0007】

別の側面において、このように形成されたレプリカテンプレートを使用する方法が提供される。この方法は、本明細書で提供されるように形成されたレプリカテンプレートと基板との間で画定される容積を重合性材料で充填する工程と、前記重合性材料を硬化させて、前記基板上にパターン化層を形成する工程とを有する。

20

【0008】

さらに別の側面において、上記のように基板の上にパターンを形成する工程を含む、物品を製造する方法が提供される。この方法は、前記形成されたパターンを前記基板に転写する工程と、前記基板を処理して前記物品を製造する工程とを有する。一実施形態において、前記物品は半導体デバイスである。

【0009】

更なる側面において、(i) 基板の表面から延びる基板メサを有する基板と、ここで、前記基板メサは第1領域を含む有効領域を規定しており、(i i) テンプレートの表面から延びるテンプレートメサを有するテンプレートと、ここで、前記テンプレートメサは、前記基板の前記第1領域よりも大きい第2領域を含むパターン領域を規定し、前記テンプレートメサは、レリーフ像が形成されたパターン面を更に有する、とを有するシステムが提供される。

30

【0010】

一実施形態では、前記第1領域および前記第2領域はそれぞれ、第1外周部および第2外周部を規定し、かつ、前記第1領域および前記第2領域とが重なるとき、前記第1外周部上の任意の点と前記第2周辺部上の最も近い点との間に最短距離があるように定められている。特定の実施形態において、前記最短距離は、1  $\mu\text{m}$ 乃至50 mmの距離、または、2  $\mu\text{m}$ 乃至1 mmの距離である。他の実施形態において、前記テンプレートおよび前記基板は、コアアウトされた裏側領域を有し、または、同じ厚さ寸法を有し、あるいは、同じ材料で形成される。

40

【0011】

本発明の他の特徴および利点は、添付の図面および以下の詳細な説明から明らかになるであろう。

【図面の簡単な説明】

【0012】

添付の図面に示された実施形態を参照することによって、本発明の実施形態のより詳細な説明が得られ、本発明の特徴および利点が詳細に理解されよう。ただし、添付の図面は

50

、本発明の典型的な実施形態を示しているだけであり、したがって、発明の範囲を限定するものと解釈するべきではなく、本発明は、他の同等に有効な実施形態をも許容しうるものである。

【 0 0 1 3 】

【図 1】レプリカ基板から離間したマスタテンプレートに有するナノインプリント・リソグラフィシステムの概略側面図。

【図 2 A】第 1 レプリカテンプレートからの第 2 レプリカテンプレートの形成を説明する概略図。

【図 2 B】第 1 レプリカテンプレートからの第 2 レプリカテンプレートの形成を説明する概略図。

【図 3】実施形態における第 1 レプリカテンプレートおよび第 2 レプリカ基板の概略側面図。

【図 4】図 3 のレプリカテンプレートおよび基板の上面図。

【図 5 A】実施形態における第 1 レプリカテンプレートからの第 2 レプリカテンプレートの形成を説明する概略図。

【図 5 B】実施形態における第 1 レプリカテンプレートからの第 2 レプリカテンプレートの形成を説明する概略図。

【図 6】第 1 レプリカテンプレートから第 2 レプリカテンプレートを形成する例示的な方法のフローチャート。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 1 4 】

上述したように、インプリント・リソグラフィでは、テンプレート（またはマスク）と基板（例えば、デバイス製造用の半導体ウエハ）との間に配置された成形可能な材料とテンプレート（またはマスク）とを直接接触させることが必要である。このような接触により、テンプレートの寿命には限界があると、一般的には当業者に認識されている。その結果、そのようなテンプレート寿命の限界に対処する方策がとられている。典型的には、まず最初に、電子ビーム（e - ビーム）技術により、例えばガラスや溶融石英のようなテンプレート基板に所望のパターンを形成して、マスタテンプレートが作製される。マスタテンプレートは、通常、デバイスウエハ上にパターンを直接形成するのには使用されない。その代わりに、典型的には、テンプレート複製処理により複数のレプリカテンプレートを作製し、これらのテンプレートを用いて、例えば半導体ウエハなどのデバイス基板の上にパターンを形成する。

【 0 0 1 5 】

このようなテンプレート複製処理は、ナノインプリント・リソグラフィ処理自体をさらに組み込むことができる。このような処理では、レプリカテンプレート基板（または「ブランク」）の表面上に配置されたレジスト材料にパターンを転写するためにマスタテンプレートが使用される。レジスト材料が硬化され、マスタテンプレートのパターンの反転パターンを有する固体層が形成される。その後、基板と固体層には、固体層のパターンに対応するレリーフ像を基板に転写するために、エッチング処理などの追加の処理が施され、それにより、マスタテンプレートのパターンの反転パターンを有するレプリカテンプレートが形成される。このようなレプリカテンプレートは、その後、ナノインプリント・リソグラフィ製造目的に使用されうる。

【 0 0 1 6 】

図 1 には、最初にレプリカ基板 1 1 2 にレリーフパターンを形成することによってレプリカテンプレートを形成するために使用される例示的なナノインプリント・リソグラフィシステム 1 1 0 が示されている。基板 1 1 2 は、基板チャック 1 1 4 に結合されうる。図示のように、基板チャック 1 1 4 は、真空チャックである。ただし、基板チャック 1 1 4 は、真空、ピンタイプ、溝タイプ、静電、電磁気などのチャックでありうるが、それらに限定されず、いかなるチャックであってもよい。

【 0 0 1 7 】

基板 112 および基板チャック 114 は、ステージ 116 によってさらに支持されうる。ステージ 116 は、x 軸、y 軸および z 軸に沿って並進運動および / または回転運動を提供することができる。ステージ 116、基板 112、および基板チャック 114 は、ベース (図示せず) 上に配置することもできる。基板 112 は、その上に位置する表面 122 を有するメサ 120 をさらに含む。パターン面 124 を有するマスタテンプレート 118 は、基板 112 から離間して配置されている。パターン面 124 は、例えば複数の離間した凹部および / または凸部によって規定されるパターンフィーチャを有し、例えば、基板 112 の表面 122 に形成されるべきパターンの基礎を形成する原版パターンを画定することができる。

【0018】

10

テンプレート 118 は、チャック 128 に結合されうる。チャック 128 は、真空、ピンタイプ、溝タイプ、静電、電磁気、および / または他の同様のチャックタイプとして構成されうるが、これらに限定されない。さらに、チャック 128 は、インプリントヘッド 130 に結合されており、インプリントヘッド 130 は、チャック 128、インプリントヘッド 130 およびテンプレート 118 が少なくとも z 軸方向に移動可能であるように、ブリッジ 136 に移動可能に結合されている。

【0019】

テンプレート 118 および / または基板 112 は、熔融石英 (fused-silica)、石英 (quartz)、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、硬化サファイア等でありうるが、それらには限定されない。

20

【0020】

システム 110 は、流体供給システム 132 をさらに有しうる。流体供給システム 132 は、基板 112 の上に成形可能材料 134 (例えば、重合性材料。以下ではレジストともいう。) を配置するために使用されうる。成形可能材料 134 は、ドロップディスペンス、スピンコート、ディップコート、化学気相堆積 (CVD)、物理気相堆積 (PVD)、薄膜堆積、厚膜堆積などの技術を用いて、基板 112 上に配置されうる。成形可能材料 134 は、設計上の考慮事項に応じて、テンプレート 118 と基板 112 との間に所望の容積が画定される前および / または後に、基板 112 上に配置されうる。例えば、成形可能材料 134 は、米国特許第 7,157,036 号および米国特許第 8,076,386 号に記載されているようなモノマー混合物を含みうる。

30

【0021】

図 1 に示すように、システム 110 は、経路 142 に沿ってエネルギー 140 を誘導するエネルギー源 138 をさらに有しうる。インプリントヘッド 130 およびステージ 116 は、テンプレート 118 および基板 112 を経路 142 と重ね合わせて配置するように構成されうる。ナノインプリント・リソグラフィシステム 110 は、ステージ 116、インプリントヘッド 130、流体供給システム 132、光源 138、および / またはカメラ 158 と通信するプロセッサ 154 によって調整され、メモリ 156 に記憶されたコンピュータ読み取り可能なプログラムに従い動作することができる。

【0022】

インプリントヘッド 130 およびステージ 116 のいずれかまたはその両方が、テンプレート 120 と基板 112 との間の距離を変化させて、成形可能材料 134 によって充填されたそれらの間に所望の体積を画定する。例えば、インプリントヘッド 130 は、テンプレート 120 が成形可能材料 134 と接触するようにテンプレート 118 に力を加えることができる。所望の体積が成形可能材料 134 で充填された後、光源 138 は、エネルギー 140、例えば紫外線を生成して成形可能材料 134 を硬化させ、かつ / または、基板 112 の表面 122 とテンプレート 118 のパターン面 124 との形状を互いに合致させて、基板 112 上のパターン層を画定する。その後、基板および硬化されたパターン層は、エッチングプロセスなどの、パターンに対応するレリーフ画像を基板に転写するための追加のプロセスに供され、それによって複製テンプレートが得られる。

40

【0023】

50

多くの場合、上記のような第1世代レプリカテンプレートの形成は、所望のプロセス用途に適切である。例えば、パターニングされるべき半導体ウエハがレジスト内に形成されるべきコンタクトホールアレイを必要とする場合、レプリカテンプレートは、ピラーの反転アレイでパターニングされなければならない。このような場合、マスタテンプレートは、例えば、マスタテンプレート基板上に塗布されたポジ型電子ビームレジスト（電子ビームの露光された領域でレジストが除去される）を露光して、電子ビームレジスト内に所望のホールアレイを形成する。次いで、このアレイは、マスタテンプレート基板材料自体にパターン転写され、それにより、所望のホールアレイを有するマスタテンプレートが形成される。次のステップでは、反対のトーンパターン（tone pattern）がレプリカテンプレートに作成される。すなわち、マスタテンプレートは、レプリカテンプレート基板上に配置されたインプリントレジストにパターンを作成するために使用され、形成されるパターンは、マスタテンプレートのホールアレイによって形成されたレジストピラーアレイを含む。次いで、レジストピラーは、レプリカテンプレート基板自体にパターン転写され、それにより、ピラーアレイを有するレプリカテンプレートが形成される。次いで、そのピラーアレイを有するレプリカテンプレートは、例えば、基板上に配置されたレジストのホールアレイをパターニングするための作業テンプレートとして使用することができる。

#### 【0024】

しかし、そのような複製処理が、半導体ウエハ上に所望のレジストのパターントーンをインプリントすることができない場合がある。例えば、上記の例において、形成されたレプリカテンプレートがホールをインプリントすることができるが、半導体ウエハ上にピラーを直接インプリントすることはできない。ピラーを直接インプリントするためのホールトーンレプリカテンプレートは、ピラートーンマスタテンプレートの初期製造を必要とする可能性がある。このようなピラートーンマスタテンプレートは、例えば電子ビームがレジストと衝突する領域の後ろにレジストを残す、ネガ型電子ビームレジストを用いて製造することができる。そのような場合には、電子ビームレジストにピラーアレイを形成して、ピラートーンを有するマスタテンプレートを作成し、その後ホールトーンレプリカテンプレートを作成することができる。しかし、ネガ型電子ビームレジストの選択は、ナノスケール・フィーチャの作製には理想的ではない。ネガティブ作用の化学増幅型レジストは、正確な電子ビーム感度を有する傾向があり、マスタテンプレートの合理的な書き込み時間を可能にするが、解像度は限られる。25 nm以下のオーダーの柱や密集ラインアレイは解決できない。SU8やカリックスアレネ（calixerene）などの化学増幅されない高解像度ネガ型トーンレジストは所望の解像度を有するが、露光量は非常に高く、1つのマスタテンプレートの書き込み時間は数日または数週間となりうる。商業生産やコストの観点からすると、マスタテンプレートの製作のためにこのような書き込み時間を費やすことはできない。

#### 【0025】

別のアプローチは、単純にテンプレート作製シーケンスに追加の複製工程を追加することである。この場合、前述したように、マスタテンプレートが複製され、それによって最初のレプリカテンプレートが作成される。この第1世代レプリカテンプレート自体は、例えば半導体ウエハのパターニング等の生産に直接使用するための第2世代レプリカテンプレートを作成するために使用される。そのような複製処理では、第1世代レプリカテンプレートは、一回の複製シーケンスのマスタテンプレートに関して上述したのと同じ方法で使用され、第1世代レプリカテンプレートは第2世代レプリカテンプレートを作成するのに何度も（例えば数百回、あるいは何千回も）されうる。マスタテンプレートが、例えば、ホールトーンパターンを有する場合、結果として得られる第2世代レプリカテンプレートは、同様に半導体ウエハ上にピラーをインプリントするために使用されうるホールトーンパターンを有する。そのようなプロセスは、ピラーのインプリントに限定されず、ライン、四角、矩形などの他の隆起した構造のフィーチャをインプリントすることにも可能である。一般に、説明したプロセスは、オリジナルのマスタテンプレートに最初に反対のトーンを形成することができる限り、任意の隆起パターンフィーチャをインプリントするた

めの第2世代レプリカテンプレートを作成するために使用することができる。

【0026】

しかし、第1世代レプリカテンプレートを用いて第2世代レプリカテンプレートを生成すると、いくつかの問題が生じる。例えば、図2Aでは、第1世代レプリカテンプレート210と第2世代レプリカテンプレートブランク220の両方がそれぞれメサ212および222を含むことが分かる。そのようなメサは、様々な理由で設けられている。第1世代レプリカテンプレート210上のメサ212は、第1世代レプリカテンプレート自体の製造プロセス中に、マスタテンプレートの表面と第1世代テンプレートブランクとがパターン領域の外側で互いに接触しないように提供される。接触する場合には潜在的に欠陥を生じる可能性がある。同様に、第2世代テンプレートブランク220上のメサ222は、結果として得られるテンプレートが例えば半導体ウエハをインプリントするのに使用される場合におけるパターン領域を画定するのに必要であるとともに、テンプレートとウエハの所望のパターニングされる領域の外側とが接触するのを避けるためにも必要である。接触する場合には、テンプレートおよび/またはウエハに損傷および/または欠陥をもたらす可能性がある。

10

【0027】

図2Aに示すように、第1世代のテンプレート210のメサ212が、第2世代のレプリカ220のメサ222と同じサイズである場合、インプリント複製プロセス中に押し出されたレジストは、その後の複製プロセスにおける下流の欠陥につながる可能性がある。図2Aに示すように、押し出されたレジスト230は、各メサ212、222の境界を越えて延び、メサ212、222の側壁214、224に付着する。図2Bに示すように、押し出されたレジスト230の部分232および234はそれぞれ、側壁214および224に付着したまま残りうる。特に、第1世代レプリカテンプレート210の側壁214に残っている押し出されたレジスト部分234は、その後のテンプレート複製処理における潜在的な欠陥源である。例えば、押し出されたレジスト部分234は、次の第2世代レプリカの複製中に剥がれ、それにより、例えば、複製されたテンプレートのパターン領域や他の場所に望まない欠陥が生じる。そのような押し出されたレジストは、周知のウェット洗浄プロセスによりレプリカテンプレートから除去することはできる。しかし、そのようなプロセスは、時間が経つにつれて、テンプレート上のクリティカルなフィーチャを形成するレリーフ画像の変形を引き起こす可能性がある。つまり、そのようなクリーニングプロセスは、レプリカテンプレートのフィーチャのクリティカルディメンションを時間の経過とともに変化させてしまい、それにより、第2世代レプリカテンプレートの継続的な複製ができなくなる。

20

30

【0028】

以下、このような課題を解決することができるテンプレートレプリカの設計および処理を説明する。図3および図4を参照すると、第1世代テンプレート310は、テンプレート310の表面313から延びるメサ312を含む。メサ312は、レリーフ画像が形成されたパターン面315をさらに含む。第2世代レプリカテンプレート基板220は、同様に、基板220の表面223から延びるメサ222を含み、メサ222は、有効領域225をさらに規定する。第1世代テンプレート310のメサ312は、第2世代レプリカテンプレート基板220のメサ222と比べて大きい面積を有する。メサをオーバーサイズにすることにより、図5A、図5Bに示すように成形可能材料をインプリントし硬化させ分離した後、押し出されたレジスト234が、第2世代レプリカテンプレート基板220のメサ222の側壁224に優先的に付着し、第1世代テンプレート310の側壁314には押し出されたレジストは残存しない。これにより、第1世代テンプレート310を用いたその後の複製処理において欠陥が生じることを回避でき、なおかつ、時間の経過とともに第1世代テンプレート310のレリーフフィーチャの不都合な変形を引き起こす洗浄工程の不要な繰り返しを回避することもできる。これとは対照的に、第2世代レプリカテンプレート基板220の側壁224に付着される押し出されたレジスト234は、問題にはならない。これは、第2世代レプリカテンプレート基板を形成するために第2世代レ

40

50

プリカテンプレート基板 220 上にパターン転写が完了した後、押し出されたレジスト 234 は、硫酸および過酸化水素エッチングのような 1 回のウェットエッチング処理、または、酸素プラズマ、VUV 処理などのドライエッチング処理によって除去することができる。

#### 【0029】

第 2 世代レプリカテンプレート基板 222 に対する第 1 世代レプリカテンプレートのメサ 312 の最小のオーバーサイズは、インプリント処理中に押し出されるレジストの予想される距離の関数である。例えば、メサ 312 は、テンプレート 310 がインプリント処理中に基板 320 に対して位置決めされているとき、メサ 312 の外周部上の任意の点とメサ 222 の外周部上の最も近い点との間の最短距離が、テンプレートのパターン面 315 と基板の有効領域 (active region) 225 との間から押し出される重合性材料が基板の側壁 224 に優先的に付着しテンプレートの側壁 314 には接着しないような距離とする。例えば 100 nm 以上の厚いインプリントの場合、この距離は、6  $\mu$ m 程度の大きさでありうる。例えば nm 以下の、より薄いインプリントの場合、この距離は、1  $\mu$ m 程度の小ささでありうる。第 1 世代テンプレートのメサの最大のオーバーサイズは主に、使用されるインプリント複製ツールの最大露光フィールドサイズによって制限されるが、mm または 10 mm のオーダーのオーバーサイズも実現可能である。いくつかの例では、第 1 世代テンプレートのメサのオーバーサイズは、第 2 世代テンプレートのメサよりも、x 方向および y 方向の両方で、少なくとも 1  $\mu$ m 大きいサイズに設定することができる。オーバーサイズの範囲は、x 方向と y 方向の両方で 1  $\mu$ m 乃至 50 mm であり、典型的なオーバーサイズとしては、x 方向と y 方向の両方で 2  $\mu$ m 乃至 1 mm である。

#### 【0030】

図 6 は、ホールを有する第 2 世代テンプレートであって、対応するピラーを例えば半導体ウエハ上にインプリントするのに用いられる第 2 世代テンプレートを作製するための、上記のようなメサのオーバーサイジングを組み込んだテンプレート複製処理の例示的な方法を示している。ステップ 602 で、方法は、熔融石英マスタテンプレートブランクで開始する。熔融石英マスタテンプレートブランクは正の電子ビームレジストで露光され、電子ビームレジストにホールアレイが形成される。ステップ 604 で、レジスト内のホールパターンが熔融石英マスタテンプレートに転写され、それにより、ガラスにホールアレイを有するマスタテンプレートが形成される。次のステップ 606 で、第 1 世代レプリカテンプレートで反転トーンパターンが作成されるテンプレート複製処理が開始される。すなわち、ステップ 606 で、同じく熔融石英で形成され、上述のように所望のオーバーサイズのメサを有する第 1 世代レプリカブランク上に配置されたレジストにピラーアレイをインプリントするためにマスタテンプレートが使用される。ステップ 608 では、レジストピラーが熔融石英にパターン転写され、それによって、ピラーアレイを有する第 1 世代レプリカテンプレートが作成される。ステップ 610 において、この第 1 世代テンプレートは、同じく熔融石英で形成された第 2 世代レプリカブランク上に配置されたレジストのホールアレイをインプリントするために使用される。最後のステップ 612 として、ホールアレイを熔融石英にパターン転写して、マスタテンプレートと同じパターントーン、すなわちホール、を有する第 2 世代レプリカテンプレートを形成する。次いで、この第 2 世代レプリカを使用して、例えば半導体ウエハ上にピラーアレイをインプリントすることができる。

#### 【0031】

特定の実施形態において、第 1 世代テンプレートおよび第 2 世代テンプレートの双方は、6 インチ x 6 インチ x 0.25 インチのブランク熔融石英プレートから形成され、厚さ 1.1 mm にコアアウトされた直径 64 mm の中央裏側領域を有しうる。最大のパターン領域は、半導体業界の標準フィールドサイズである 26 mm x 33 mm (それぞれ x 方向および y 方向) のオーダーであり得る。

#### 【0032】

いくつかの実施形態では、テンプレートの厚さおよびコアアウトの直径は、第 1 世代テ

10

20

30

40

50

ンプレートと第2世代テンプレートの両方で同じであり得る。しかしこれは必要条件ではない。さらに、いくつかの実施形態では、コアアウトされた領域は1.1 mmの厚さを有するが、テンプレートの有効パターン領域の実際の厚さは、薄くて0.100 mm、厚くて6.35 mmとすることができる。テンプレートの裏側が6.35 mm未満になるようにコアアウトされる場合、コア領域の直径は、テンプレート上のパターン領域の最大対角長を超える最小値を有することができる。

【0033】

さらに、テンプレートのメサのサイズは、26 mm × 33 mmのフィールドサイズに限定される必要はない。例えば、本明細書で証明されたように形成されたレプリカテンプレートを使用して、複数のフィールドをインプリントすることができる。一例として、1つのインプリントで印刷された2つのフィールドを、テンプレート上に並べて配置すると、52 mm × 33 mmまたは66 mm × 26 mmの寸法になる。同様に、26 mm × 33 mmの2 × 2列のアレイは、52 mm × 66 mmの寸法を有する。1回のインプリントステップで転写される複数フィールドのうちの1つのフィールドの実際のサイズに基づいて、他の多くの組み合わせが可能である。

10

【0034】

テンプレートおよびテンプレートブランクは、前述したように、例えば溶融石英から形成されうるが、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、硬化サファイア及び/又は同様のものを含む材料から形成することもできるが、これらに限定されない。

20

【0035】

テンプレートおよびテンプレートブランクは、6インチ×6インチのプレート構成ならびに他の構成を有することができる。例えば、シリコン基板は多くの場合、円形であり、50 mm乃至450 mmの範囲の直径を有する。テンプレートはプレート形状でもよく、x寸法とy寸法が異なり、また厚さが変化してもよい。

【0036】

さらに、上記の方法、システム、およびテンプレートは、第1世代レプリカテンプレートおよび第2世代レプリカテンプレートとの間の押出し欠陥を回避する内容で説明されているが、そのような方法、システム、およびテンプレートはそれほど限定されないことが理解されよう。例えば、マスタテンプレート自体は、第1レプリカ基板に対してオーバーサイズのメサを有するように作製することができる。同様に、このアプローチは、第2世代以降の世代のレプリカテンプレートを作製する際にも適用可能である。

30

【0037】

本説明を考慮すれば、さまざまな態様の更なる改変及び代替の実施形態は、当業者には明らかであろう。したがって、本説明は、例示的なものとして解釈されるべきである。本明細書に示され記述された形態は、実施形態の例として解釈されるべきであることを理解されたい。本明細書に図示および説明したものに代わる要素および材料を使用してもよく、部品および方法を逆にしてもよく、特定の特徴を独立して利用してもよいことは、全て本明細書の恩恵を受けた後の当業者には明らかである。

【図 1】

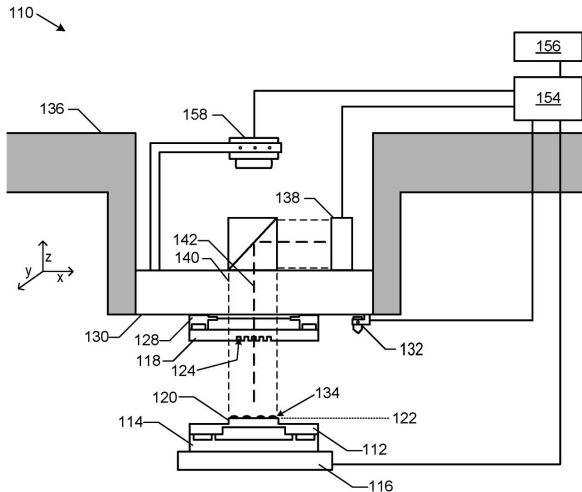


FIG. 1

【図 2 A】

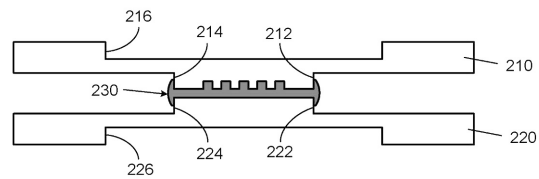


FIG. 2A

【図 2 B】

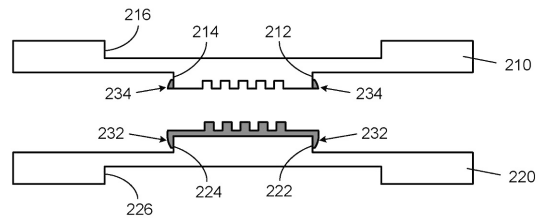


FIG. 2B

【図 3】

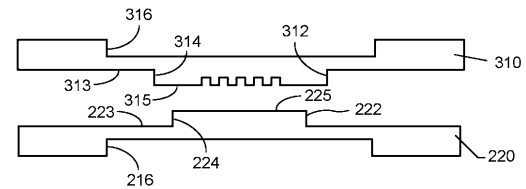


FIG. 3

【図 4】

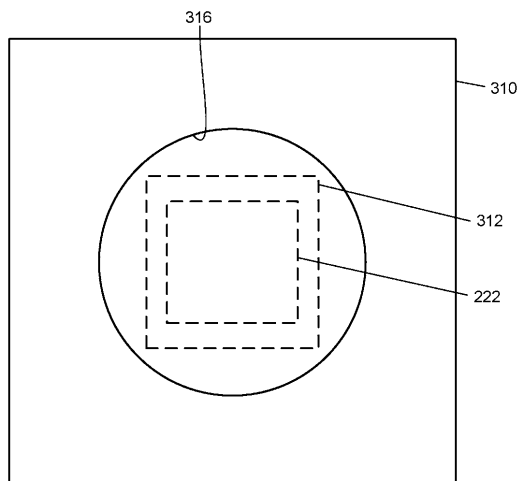


FIG. 4

【図 5 B】

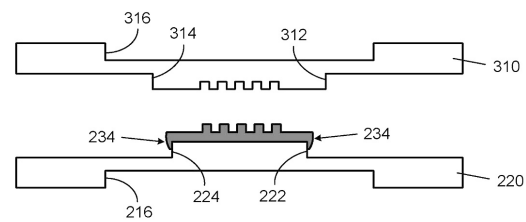


FIG. 5B

【図 5 A】

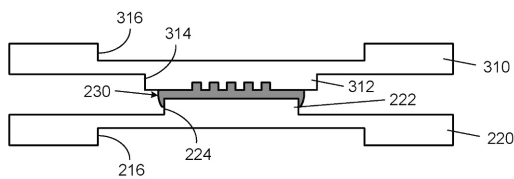


FIG. 5A

【図 6】

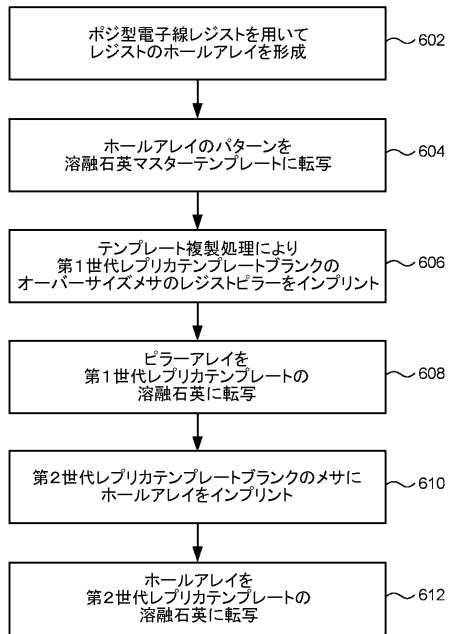


FIG. 6

---

フロントページの続き

(56)参考文献 特開 2015 - 050217 (JP, A)  
特開 2016 - 103603 (JP, A)  
特開 2016 - 149578 (JP, A)  
特開 2009 - 119641 (JP, A)  
特開 2015 - 035509 (JP, A)  
特開 2016 - 066791 (JP, A)  
特開 2012 - 019076 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 21/027  
B29C 33/38  
B29C 59/02