

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号

特許第7148598号

(P7148598)

(45)発行日 令和4年10月5日(2022.10.5)

(24)登録日 令和4年9月27日(2022.9.27)

(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)

B 2 9 C 59/02

Z

請求項の数 20 (全23頁)

(21)出願番号	特願2020-506151(P2020-506151)	(73)特許権者	000001007
(86)(22)出願日	平成30年8月23日(2018.8.23)		キヤノン株式会社
(65)公表番号	特表2020-535628(P2020-535628 A)		東京都大田区下丸子3丁目30番2号
(43)公表日	令和2年12月3日(2020.12.3)	(74)代理人	110003281
(86)国際出願番号	PCT/US2018/047723		特許業務法人大塚国際特許事務所
(87)国際公開番号	WO2019/067118	(72)発明者	パテル, メユール エヌ.
(87)国際公開日	平成31年4月4日(2019.4.4)		アメリカ合衆国 7 8 7 5 8 テキサス州
審査請求日	令和3年6月17日(2021.6.17)		オースティン ウェスト・ブレイカー・
(31)優先権主張番号	62/565,363		レーン 1 8 0 7 ビルディング シー - 3
(32)優先日	平成29年9月29日(2017.9.29)	(72)発明者	0 0
(33)優先権主張国・地域又は機関	米国(US)		フレッチャー, エドワード ブライアン
			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】 インプリント方法および装置

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

成形可能材料の複数の液滴を基板のインプリント領域に供給する工程であって、前記成形可能材料の流体-気体界面で該成形可能材料の分圧が発生する工程と、

初期接触時にテンプレート上のメサのインプリント面の一部を前記成形可能材料の複数の液滴と接触させることにより、前記成形可能材料の複数の液滴を融合させ、前記インプリント面のメサ側壁と前記基板との間のインプリントエッジ界面に向かって流動させる工程と、

前記初期接触時の前に、前記インプリント領域を含む第1領域へ第1気体の供給を開始する工程と、

前記初期接触時の後に、前記インプリントエッジ界面と、前記テンプレートと前記基板との間のギャップ領域の少なくとも一部と、を含む第2領域へ、第2気体を供給する工程と、を有し、

前記第2気体を供給する工程は、真空装置を使用して前記ギャップ領域内に前記第2気体の気流を形成することにより、前記インプリントエッジ界面における前記流体-気体界面に隣接する前記ギャップ領域の一部において前記成形可能材料の分圧を該成形可能材料の蒸気圧未満に低減させることを含む、

ことを特徴とするインプリント方法。

【請求項2】

前記第2気体は、酸素、クリーンドライエア、窒素、アルゴン、二酸化炭素、ヘリウム

のうちの 1 つであることを特徴とする請求項 1 に記載のインプリント方法。

【請求項 3】

前記第 2 気体は第 1 気体とは異なることを特徴とする請求項 2 に記載のインプリント方法。

【請求項 4】

前記第 1 気体はヘリウムであり、前記第 2 気体は、酸素、クリーンドライエア、窒素、アルゴン、および二酸化炭素のうちの 1 つである、ことを特徴とする請求項 1 に記載のインプリント方法。

【請求項 5】

前記第 1 気体は、前記テンプレートの縁部から前記第 1 領域に流入し、
前記第 2 気体は、前記テンプレートの前記縁部から前記ギャップ領域を通して前記メサ側壁に向かって流れ、
前記ギャップ領域は、前記テンプレートの前記縁部から前記メサ側壁への前記第 2 気体の流れを実質的に減少させないために十分な厚さを有する、
ことを特徴とする請求項 1 に記載のインプリント方法。

10

【請求項 6】

前記第 1 気体と前記第 2 気体の両方が、同じ気体ノズルを通して前記テンプレートの前記縁部に向かって流れる、ことを特徴とする請求項 5 に記載のインプリント方法。

【請求項 7】

前記ギャップ領域の厚さは 100 μm 以上であることを特徴とする請求項 5 に記載のインプリント方法。

20

【請求項 8】

前記第 2 気体は、前記テンプレートの複数の孔を通して前記ギャップ領域に流れ、
前記ギャップ領域への前記第 2 気体の前記供給が、前記ギャップ領域を出入りする気体を循環させ、前記インプリントエッジ界面における前記流体-気体界面に隣接する前記ギャップ領域の前記一部において、前記成形可能材料の分圧を、該成形可能材料の前記蒸気圧未満に低減させるように構成されている、
ことを特徴とする請求項 1 に記載のインプリント方法。

【請求項 9】

前記第 1 気体は、前記テンプレートの縁部から前記テンプレートの前記複数の孔を通して前記第 1 領域に流入する、ことを特徴とする請求項 8 に記載のインプリント方法。

30

【請求項 10】

前記第 1 気体は、前記テンプレートの縁部から前記第 1 領域に流入する、ことを特徴とする請求項 8 に記載のインプリント方法。

【請求項 11】

前記第 1 気体は、前記テンプレートの前記複数の孔を通して流れることを特徴とする請求項 8 に記載のインプリント方法。

【請求項 12】

前記ギャップ領域は、前記メサ側壁、前記基板、テンプレート面、および前記テンプレート面のエッジ、によって境界が定められることを特徴とする請求項 1 に記載のインプリント方法。

40

【請求項 13】

前記第 2 気体は、前記複数の孔を通して前記ギャップ領域に対して流入および流出し、
前記第 2 気体を供給する工程は、
前記複数の孔のうちの 1 つ以上に正圧を加えることにより、前記第 2 気体を前記ギャップ領域に流入させることと、
前記複数の孔のうちの 1 つ以上に負圧を加えることにより、前記第 2 気体を前記ギャップ領域から流出させることと、
を交互に行うことを含み、
前記交互に行われるそれぞれの前記第 2 気体の供給の期間における前記正圧と前記負圧と

50

の時間平均圧力がゼロまたはゼロ未満となるように設定されている、

ことを特徴とする請求項 8 に記載のインプリント方法。

【請求項 14】

前記成形可能材料の分圧を前記成形可能材料の蒸気圧未満に低減させるための、前記複数の孔を介した前記第 2 気体の流量は、 $0.001 \text{ s l p m} \sim 1 \text{ s l p m}$ であることを特徴とする請求項 8 に記載のインプリント方法。

【請求項 15】

前記第 2 気体の流量は、前記成形可能材料の分圧が前記成形可能材料の蒸気圧の 1 %、10 %、20 %、50 %、70 %、90 % のうちのいずれかに低減されることを特徴とする請求項 1 に記載のインプリント方法。

10

【請求項 16】

前記第 1 気体は、前記インプリント領域から望ましくない気体を移動させ、
前記望ましくない気体は重合を阻害するものであり、
前記第 2 気体は、前記望ましくない気体であるか、またはそれを含み、
前記第 2 気体は、前記成形可能材料が前記インプリント領域の関心領域に充填した後に流れ始める、

ことを特徴とする請求項 1 に記載のインプリント方法。

【請求項 17】

前記第 2 気体は、酸素、クリーンドライエア、および酸素含有混合物のうちの 1 つであることを特徴とする請求項 1 に記載のインプリント方法。

20

【請求項 18】

前記第 2 気体の前記供給は、前記初期接触時またはその後に開始され、
前記第 2 気体の前記供給は、フィードバックベースの位置合わせ期間の開始時に、減少または終了される、

ことを特徴とする請求項 1 に記載のインプリント方法。

【請求項 19】

インプリント装置コントローラであって、
メモリと、
インプリント装置に命令を送信するプロセッサと、を有し、
前記命令は、

30

成形可能材料の複数の液滴を基板のインプリント領域に供給するための命令であって、前記成形可能材料の流体-気体界面で該成形可能材料の分圧が発生する、命令と、

初期接触時にテンプレート上のメサのインプリント面の一部を前記成形可能材料の複数の液滴と接触させることにより、前記成形可能材料の複数の液滴を融合させ、前記インプリント面のメサ側壁と前記基板との間のインプリントエッジ界面に向かって流動させるための命令と、

前記初期接触時の前に、前記インプリント領域を含む第 1 領域へ第 1 気体の供給を開始するための命令と、

前記初期接触時の後に、前記インプリントエッジ界面と、前記テンプレートと前記基板との間のギャップ領域の少なくとも一部と、を含む第 2 領域へ、第 2 気体を供給するための命令と、を含み、

40

前記インプリント装置コントローラは、真空装置を使用して前記ギャップ領域内に前記第 2 気体の気流を形成することにより、前記インプリントエッジ界面における前記流体-気体界面に隣接する前記ギャップ領域の一部において前記成形可能材料の分圧を該成形可能材料の蒸気圧未満に低減させるように、前記第 2 気体の供給を行う、

ことを特徴とするインプリント装置コントローラ。

【請求項 20】

物品を製造する方法であって、
基板をパターニングする工程と、
前記基板に追加的な処理を行い前記物品を製造する工程と、を有し、

50

前記基板をパターニングする工程は、

成形可能材料の複数の液滴を基板のインプリント領域に供給する工程であって、前記成形可能材料の流体-気体界面で該成形可能材料の分圧が発生する工程と、

初期接触時にテンプレート上のメサのインプリント面の一部を前記成形可能材料の複数の液滴と接触させることにより、前記成形可能材料の複数の液滴を融合させ、前記インプリント面のメサ側壁と前記基板との間のインプリントエッジ界面に向かって流動させる工程と、

前記初期接触時の前に、前記インプリント領域を含む第1領域へ第1気体の供給を開始する工程と、

前記初期接触時の後に、前記インプリントエッジ界面と、前記テンプレートと前記基板との間のギャップ領域の少なくとも一部と、を含む第2領域へ第2気体を供給する工程と、を含み、

前記第2気体を供給する工程は、真空装置を使用して前記ギャップ領域内に前記第2気体の気流を形成することにより、前記インプリントエッジ界面における前記流体-気体界面に隣接する前記ギャップ領域の一部において前記成形可能材料の分圧を該成形可能材料の蒸気圧未満に低下させることを含む、

ことを特徴とする方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

関連出願の参照

本特許出願は、2017年9月29日に出願された米国仮出願第62/565,363号の優先権を主張するものである。

【0002】

本開示は、ナノインプリントシステムにおける気体の供給を制御するためのシステムおよび方法に関する。

【背景技術】

【0003】

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フィーチャを有する非常に小さい構造体の製造を含む。ナノファブリケーションがかなりの影響を及ぼした1つの用途は、集積回路の処理である。半導体プロセス産業は、半導体ウエハのような基板の上に形成される単位面積当たりの回路を増加させながら生産歩留まりを向上させることを求めて努力を続けており、そのため、ナノファブリケーションがますます重要になっている。ナノファブリケーションは、形成される構造の最小フィーチャ寸法の継続的な縮小を可能にしながら、より大きなプロセス制御を提供する。

【0004】

今日使用されている例示的なナノファブリケーション技術は、一般にナノインプリントリソグラフィと呼ばれる。ナノインプリントリソグラフィは例えば、CMOSロジック、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、MRAM、3Dクロスポイントメモリ、Re-RAM、Fe-RAM、STT-RAMなどの集積デバイスの加工層を含む様々な用途に有用である。例示的なナノインプリントリソグラフィ・プロセスは米国特許第8,349,241号、米国特許第8,066,930号、および米国特許第6,936,194号など、多数の刊行物に詳細に記載されており、これらはすべて引用により本明細書に組み込まれる。

【0005】

前述の米国特許の各々に開示されたナノインプリントリソグラフィ技術は、インプリントテンプレートを成形可能材料の上に押し付けることを含む。インプリントテンプレートが成形可能材料に押し付けられた後、成形可能材料は、パターンを形成するようにインプリントテンプレート内の凹部に流入する。成形可能材料は、テンプレートの縁部にも向かって流れる。過剰な成形可能材料がテンプレートからはみ出すことありうる。成形可能材

10

20

30

40

50

料がインプリントテンプレート内の全ての凹部に充填された後、成形可能材料は硬化される。硬化処理によって、成形可能材料のはみ出し部もが硬化されうる。硬化した成形可能材料のはみ出し部はテンプレートに粘着し、その後のインプリントにおいて欠陥を生じさせる可能性がある。はみ出した材料が硬化されること、または、はみ出しをすべて防止する方法が必要である。

【発明の概要】

【0006】

少なくとも第1の実施形態は、インプリント方法でありうる。インプリント方法は、成形可能材料の複数の液滴を基板のインプリント領域に供給する工程を含みうる。ここで、成形可能材料の流体-気体界面で該成形可能材料の分圧が発生する。インプリント方法は、初期接触時にテンプレート上のメサのインプリント面の一部を成形可能材料の複数の液滴と接触させることにより、成形可能材料の複数の液滴を融合させ、インプリント面のメサ側壁と基板との間のインプリントエッジ界面に向かって流動させることを含みうる。インプリント方法は、初期接触時の前に、インプリント領域を含む第1領域へ第1気体の供給を開始することを含みうる。インプリント方法は、初期接触時の後に、インプリントエッジ界面と、テンプレートと基板との間のギャップ領域の少なくとも一部と、を含む第2領域内へ、第2気体を供給することを含みうる。テンプレートおよび第2気体の供給が、インプリントエッジ界面における流体-気体界面に隣接するギャップ領域の一部において、成形可能材料の分圧を該成形可能材料の蒸気圧未満に低下させる。

【0007】

第1の実施形態の一態様において、第2気体は、酸素、クリーンドライエア、窒素、アルゴン、二酸化炭素、およびヘリウムの中の1つとすることができる。第2気体は、第1気体と異なっていてよい。第1気体はヘリウムであり、第2気体は、酸素、クリーンドライエア、窒素、アルゴン、および二酸化炭素の中の1つであってもよい。

【0008】

第1の実施形態の一態様において、第1気体は、テンプレートの縁部から第1領域に流入することができる。第2気体は、テンプレートの縁部からギャップ領域を通してメサ側壁に向かって流れることができる。ギャップ領域は、テンプレートの縁部からメサ側壁への第2気体の流れを実質的に減少させないために十分な厚さを有しうる。

【0009】

第1の実施形態の一態様において、第1気体と第2気体の両方が、同じ気体ノズルを通してテンプレートの縁部に向かって流れることができる。

【0010】

第1の実施形態の一態様において、ギャップ領域の厚さは100 μm以上でありうる。

【0011】

第1の実施形態の一態様において、第2気体は、テンプレートの複数の孔を通してギャップ領域に流れることができる。ギャップ領域への第2気体の供給が、ギャップ領域を出入りする気体を循環させ、インプリントエッジ界面における流体-気体界面に隣接するギャップ領域の一部において、成形可能材料の分圧を、該成形可能材料の蒸気圧未満に低減させる。

【0012】

第1の実施形態の一態様において、第1気体は、テンプレートの複数の孔を通してテンプレートの縁部から第1領域に流入することができる。

【0013】

第1の実施形態の一態様において、第1気体は、テンプレートの縁部から第1領域に流入することができる。

【0014】

第1の実施形態の一態様において、第1気体は、テンプレートの複数の孔を通して流れることができる。

【0015】

10

20

30

40

50

第 1 の実施形態の一態様において、ギャップ領域は、メサ側壁、基板、テンプレート面、およびテンプレート面のエッジ、によって境界が定められうる。

【 0 0 1 6 】

第 1 の実施形態の一態様において、第 2 気体は、複数の孔を通してギャップ領域に対して流入および流出することができる。複数の孔のうちの 1 つ以上に正圧が加えられる。複数の孔のうちの 1 つ以上に負圧が加えられる。正圧と負圧との正味圧力は、ゼロまたはゼロ未満でありうる。

【 0 0 1 7 】

第 1 の実施形態の一態様において、正味圧力は時間平均圧力でありうる。

【 0 0 1 8 】

第 1 の実施形態の一態様において、第 2 気体の流量は第 1 気体の流量よりも低くてもよい。

【 0 0 1 9 】

第 1 の実施形態の一態様において、第 1 気体は、インプリント領域から望ましくない気体を移動させることができる。望ましくない気体は重合を阻害するものでありうる。第 2 気体は、望ましくない気体であるか、またはそれを含む。第 2 気体は、成形可能材料がインプリント領域内の関心領域に充填した後に流れ始めることができる。

【 0 0 2 0 】

第 1 の実施形態の一態様において、第 2 気体は、酸素、クリーンドライエア (C D A)、および酸素含有混合物のうちの 1 つとすることができる。

【 0 0 2 1 】

第 1 の実施形態の一態様において、第 2 気体の供給は、初期接触時またはその後に開始されることができる。第 2 気体の供給は、フィードバックベースの位置合わせ期間の開始時に、減少または終了されることができる。

【 0 0 2 2 】

少なくとも第 2 の実施形態は、メモリと、インプリント装置に命令を送信するプロセッサとを備えるインプリント装置コントローラでありうる。プロセッサは、成形可能材料の複数の液滴を基板のインプリント領域に供給するための命令を送信することができる。ここで、成形可能材料の流体-気体界面で成形可能材料の分圧が発生する。プロセッサは、初期接触時にテンプレート上のメサのインプリント面の一部を成形可能材料の複数の液滴と接触させることにより、成形可能材料の複数の液滴を融合させ、インプリント面のメサ側壁と基板との間のインプリントエッジ界面に向かって流動させるための命令を送信することができる。プロセッサは、初期接触時の前に、インプリント領域を含む第 1 領域へ第 1 気体の供給を開始するための命令を送信することができる。プロセッサは、初期接触時の後に、インプリントエッジ界面と、テンプレートと基板との間のギャップ領域の少なくとも一部と、を含む第 2 領域へ、第 2 気体を供給するための命令を送信することができる。テンプレートと第 2 気体の供給とが、インプリントエッジ界面における流体-気体界面に隣接するギャップ領域の一部において、成形可能材料の分圧を、該成形可能材料の蒸気圧未満に低下させる。

【 0 0 2 3 】

少なくとも第 3 の実施形態は、物品を製造する方法でありうる。製造方法は、基板をパターニングする工程と、基板に追加的な処理を行い物品を製造する工程とを含みうる。基板をパターニングする工程は、成形可能材料の複数の液滴を基板のインプリント領域に供給する工程を含みうる。ここで、成形可能材料の流体-気体界面で該成形可能材料の分圧が発生する。基板をパターニングする工程は、初期接触時にテンプレート上のメサのインプリント面の一部を成形可能材料の複数の液滴と接触させることにより、成形可能材料の複数の液滴を融合させ、インプリント面のメサ側壁と基板との間のインプリントエッジ界面に向かって流動させる工程をさらに含む。基板をパターニングする工程は、初期接触時の前に、インプリント地域を含む第 1 領域へ第 1 気体の供給を開始する工程をさらに含む。基板をパターニングする工程は、初期接触時の後に、インプリントエッジ界面と

10

20

30

40

50

、テンプレートと基板との間のギャップ領域の少なくとも一部と、を含む第2領域へ第2気体を供給する工程をさらに含む。テンプレートと第2気体の供給とが、インプリントエッジ界面における流体-気体界面に隣接するギャップ領域の一部において、成形可能材料の分圧を、該成形可能材料の蒸気圧未満に低下させる。

【0024】

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。

【図面の簡単な説明】

【0025】

本発明の特徴および利点が深く理解されるよう、添付図面に示される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具体的な説明がなされる。しかし、添付図面は、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みなされるべきではないことに留意されたい。

【0026】

【図1】図1は、基板から離間したテンプレートおよびモールドを有するナノインプリントリソグラフィシステムの図である。

【0027】

【図2】図2は、その上に形成された硬化したパターン化層を有する基板の図である。

【0028】

【図3A】図3Aは、基板、テンプレート、未硬化成形可能材料、および、はみ出した成形可能材料の図である。

【図3B】図3Bは、基板、テンプレート、未硬化成形可能材料、および、はみ出した成形可能材料の図である。

【図3C】図3Cは、基板、テンプレート、未硬化成形可能材料、および、はみ出した成形可能材料の図である。

【0029】

【図4】図4は、基板と、テンプレートと、未硬化成形可能材料と、はみ出した成形可能材料と、蒸気を有するギャップ領域とを示す図である。

【0030】

【図5A】図5Aは、一実施形態で使用され得る例示的なテンプレートの図である。

【図5B】図5Bは、一実施形態で使用され得る例示的なテンプレートの図である。

【図5C】図5Cは、一実施形態で使用され得る例示的なテンプレートの図である。

【図5D】図5Dは、一実施形態で使用され得る例示的なテンプレートの図である。

【図5E】図5Eは、一実施形態で使用され得る例示的なテンプレートの図である。

【図5F】図5Fは、一実施形態で使用され得る例示的なテンプレートの図である。

【0031】

【図6A】図6Aは、例示のタイミング図である。

【図6B】図6Bは、例示のタイミング図である。

【図6C】図6Cは、例示のタイミング図である。

【0032】

【図7A】図7Aは、インプリント処理の図である。

【図7B】図7Bは、インプリント処理の図である。

【図7C】図7Cは、インプリント処理の図である。

【0033】

【図8A】図8Aは、インプリント処理の結果を示す図である。

【図8B】図8Bは、インプリント処理の結果を示す図である。

【0034】

図面全体を通して、別段の記載がない限り、同じ参照番号および文字は、例示された実

10

20

30

40

50

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、それらは例示的な実施形態に関連して行われる。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主旨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いうることが意図されている。

【発明を実施するための形態】

【0035】

必要とされているのは、はみ出しを効果的に減少させる方法である。

【0036】

第1の実施形態

図1は、一実施形態を実施することができるナノインプリントリソグラフィシステム10を示す図である。ナノインプリントリソグラフィシステム10は、基板12上にレリーフパターンを形成するために使用される。基板12は、半導体ウエハのような平坦な表面でありうる。基板12は、基板チャック14に結合されうる。基板チャック14は、真空チャック、ピン型、溝型、静電型、電磁型等でありうるが、これらに限定されない。

【0037】

基板12および基板チャック14は、位置決めステージ16によってさらに支持されうる。ステージ16は、x軸、y軸、z軸、およびθ軸のうちの1つまたは複数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。ステージ16、基板12、および基板チャック14は、ベース(図示せず)上に配置されうる。

【0038】

基板12から離間してテンプレート18がある。テンプレート18は、第1の側面と第2の側面とを有する本体を含み、一方の側面は、基板12に向かって延びるメサ20を有する。メサ20は、パターン面22(インプリント面またはインプリント面とも呼ばれる)を有しうる。メサ20は、モールド20とも呼ばれる。

【0039】

テンプレート18および/またはモールド20は、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がこれらに限定されない材料から形成されうる。パターン面22は、複数の離間した凹部24および/または凸部26によって画定されるフィーチャを含むが、本発明の実施形態はそのような構成に限定されない(例えば、平面)。パターン面22は、基板12上に形成されるパターンの基礎をなす任意の原版パターンを画定することができる。離間した凹部24および/または凸部26は、パターン面22の全体にわたって広がっていてもよいし、あるいは、パターン面22のインプリント領域だけにわたって広がっていてもよい。インプリント領域は、パターン化され、成形可能材料34で充填されることが意図される領域でありうる。

【0040】

テンプレート18は、テンプレートチャック28に結合されうる。テンプレートチャック28は、真空、ピン型、溝型、静電型、電磁型、および/または他の同様のチャック型でありうるが、これらに限定されない。さらに、テンプレートチャック28はインプリントヘッドに結合され、インプリントヘッドはブリッジに移動可能に結合されており、テンプレートチャック28、インプリントヘッド、およびテンプレート18が少なくともz軸方向、および潜在的には他の方向および/または角度に移動可能である。

【0041】

ナノインプリントリソグラフィシステム10は、流体分配システム32をさらに含むうる。流体分配システム32は、成形可能材料34(例えば、重合可能材料)を、成形可能材料の複数の液滴として基板12上に堆積させるために使用されうる。追加的な成形可能材料34はまた、ドロップディスペンス、スピンコーティング、ディップコーティング、化学蒸着(CVD)、物理蒸着(PVD)、薄膜堆積、厚膜堆積などの技術を使用して基板12上に配置されてもよい。成形可能材料34は、設計上の考慮事項に応じて、型22

10

20

30

40

50

と基板 1 2 との間に所望の体積が画定される前および / または後に、基板 1 2 上に配置されうる。例えば、成形可能材料 3 4 は米国特許第 7, 1 5 7, 0 3 6 号および米国特許第 8, 0 7 6, 3 8 6 号に記載されているようなモノマー混合物を含みうる。両文献はこの引用により本明細書に組み込まれる。

【0042】

ナノインプリントリソグラフィシステム 1 0 は、プロセッサ 5 4 と通信可能な気体・真空システム (gas and/or vacuum system) 3 6 のようなインプリントフィールド雰囲気制御システムを含み、その例が米国特許公報第 2 0 1 0 / 0 0 9 6 7 6 4 号に記載されている。この引用により同文献は本明細書に組み込まれる。気体・真空システム 3 6 は、異なる時間および異なる領域で気体を供給するように構成されたポンプ、バルブ、ソレノイド、気体源、気体管などのうちの 1 つまたは複数を含みうる。気体・真空システム 3 6 は、基板 1 2 の縁部へ、および縁部から気体を輸送し、基板 1 2 の縁部での気体の流れを制御することによってインプリントフィールド雰囲気を制御する気体輸送システム 3 6 a に接続されうる。気体・真空システム 3 6 は、テンプレート 1 8 の縁部へ及び縁部から気体を搬送し、テンプレート 1 8 の縁部における気体の流れを制御することによってインプリントフィールド雰囲気を制御する気体搬送システム 3 6 b に接続されうる。気体・真空システム 3 6 は、テンプレート 1 8 の頂部へおよび頂部から気体を輸送し、テンプレート 1 8 を通る気体の流れを制御することによってインプリントフィールド雰囲気を制御する気体輸送システム 3 6 c に接続されうる。気体輸送システム 3 6 a、3 6 b、および 3 6 c のうちの 1 つ、2 つ、または 3 つを組み合わせ使用して、インプリントフィールド内およびその周りの気体の流れを制御することができる。

【0043】

流体-気体界面は、成形可能材料 3 4 とインプリントフィールド雰囲気との境界に形成される。温度およびインプリントフィールド雰囲気に応じて、成形可能材料 3 4 の一部が蒸発し、成形可能材料の分圧が成形可能材料の流体-気体界面で発生する。この分圧の上限は、温度に依存する成形可能材料の蒸気圧 (飽和圧力) である。成形可能材料の分圧が成形可能材料の蒸気圧に近づくにつれて、正味の蒸発速度は、分圧が蒸気圧に等しくなると最終的に停止するまで減速する。

【0044】

ナノインプリントリソグラフィシステム 1 0 は、経路 4 2 に沿ってエネルギーを導くエネルギー源 3 8 をさらに含みうる。インプリントヘッドおよびステージ 1 6 は、テンプレート 1 8 と基板 1 2 とを経路 4 2 において重ね合わせて位置決めするように構成されうる。カメラ 5 8 は、同様に、経路 4 2 と重ね合わせて配置されうる。ナノインプリントリソグラフィシステム 1 0 は、ステージ 1 6、インプリントヘッド、流体分配システム 3 2、エネルギー源 3 8、および / またはカメラ 5 8 と通信するプロセッサ 5 4 によって調整され、非一時的コンピュータ可読メモリ 5 6 に記憶されたコンピュータ可読プログラム上で動作することができる。

【0045】

インプリントヘッド、ステージ 1 6 のいずれか、またはその両方は、成形可能材料 3 4 によって充填される所望の体積を画定するために、モールド 2 0 と基板 1 2 との間の距離を変化させる。例えば、インプリントヘッドは、モールド 2 0 が成形可能材料 3 4 に接触するようにテンプレート 1 8 に力を加えることができる。所望の体積が成形可能材料 3 4 で満たされた後、エネルギー源 3 8 はエネルギー、例えば、紫外線を生成し、成形可能材料 3 4 を、基板 1 2 の表面 4 4 およびパターン面 2 2 の形状に一致して固化および / または架橋結合させ、基板 1 2 上にパターン化層 4 6 を画定する。パターン化層 4 6 は、残膜層 4 8 と、凸部 5 0 および凹部 5 2 として示される複数のフィーチャとを含むことができ、凸部 5 0 は、図 2 に示されるように、インプリント厚 h_1 を有し、残膜層は残膜層厚 h_2 を有する。

【0046】

図 3 A ~ 図 3 C は、テンプレート 2 0 を使用して図 2 のパターン化層 4 6 を形成する方

10

20

30

40

50

法を示す図である。テンプレート 18 は、成形可能材料 34 と接触させられる。テンプレート 18 に圧力が加えられると、成形可能材料 34 はインプリント領域を越えて押し出される。成形可能材料 34 はメサ側壁伝いにせり上がり、UV 硬化後に固化して、はみ出し欠陥 358 が形成される。分離後、はみ出し欠陥 358 はテンプレート 18 または基板 12 に付着する。いずれの場合においても、はみ出しは、歩留まりおよび / またはテンプレート寿命に影響を及ぼす様々なインプリントおよびインプリント後の欠陥につながりうる。はみ出し欠陥 358 は、テンプレート 20 上に蓄積する可能性があり、後続のインプリント中に脱落する可能性がある。はみ出し欠陥 358 はまた、基板 12 からテンプレート 12 を分離する間に基板 12 から離脱し、基板 12 の異なる領域に着地することがある。はみ出し欠陥はスピンコーティングの均一性などの後の処理に影響を及ぼすことがあり、および / または、後のエッチング処理に影響を及ぼすことがある。

10

【0047】

メサ 20 が成形可能材料 34 に接触した後、成形可能材料は図 3A ~ 図 3C に示すように、メサ領域の外側に押し出され、メサ側壁伝いにせり上がりうる。図 3A に示すように、基板 12 と、メサ 20 の外側のテンプレートの領域のテンプレート面 359 との間には、ギャップ高さ h_3 を有する小さなギャップがある。ギャップ高さ h_3 は、 $30\text{ }\mu\text{m}$ のオーダーでありうる。ギャップが狭いため、成形可能材料蒸気はメサ側壁の周りの領域を迅速に飽和させ、テンプレートの下ギャップ領域全体にわたってその蒸気圧に達しうる。これは、メサと成形可能材料 34 との初期接触と同じくらい早くに起こりうる。メサの縁部にある成形可能材料 34 はメサ縁部付近の小さなギャップ領域内の成形可能材料蒸気

20

【0048】

本出願人は、図 4 に示すように、正圧および / または負圧のいずれかでギャップ領域 460 内に気体流を生成すると、ギャップ領域 460 内およびメサ側壁 462 またはその近傍の成形可能材料蒸気

30

【0049】

メサ側壁 462 上に成形可能材料 34 がほとんどないか全くない場合、硬化および分離後に生成されるはみ出し 358 はほとんどないか全くない。さらに、気体の流れは、テンプレート 18 の領域全体における成形可能材料蒸気

40

50

ばすことができる。成形可能材料蒸気の分圧は、インプリントエッジ界面で飽和される。分圧はインプリントエッジ界面からテンプレートエッジまでにおいてわずかに減少し、ギャップ領域の外側になるとすぐにゼロに減少する。インプリントエッジ界面における流体-気体界面に隣接するギャップ領域の一部の中またはそのすぐ近くに成形可能材料蒸気を含まない気体を供給することによって、成形可能材料の分圧が蒸気圧まで飽和した領域では成形可能材料の分圧を低下させることができ、成形可能材料蒸気は飽和領域から新たな不飽和領域に拡散する。これにより、インプリントエッジ界面での成形可能材料のさらなる蒸発が可能になり、はみ出し 358 の発生が低減または防止される。

【0050】

図 5 A は、第 1 の実施形態において使用されうるテンプレート 18 の一例であり、これは米国特許第 9,227,361 号に記載されている。この引用により同文献の内容は本明細書に組み込まれる。テンプレート 18 は、気体輸送システム 36 c に接続された複数の孔 564 を含む。孔 564 は、コアアウト領域 566 の外側の領域においてテンプレート 18 を貫通するよう機械加工され。孔 564 は、気体がテンプレート 18 を通過することを可能にする任意の開口部をいい、気体をギャップ領域 460 内に入れるタスクを達成する他の幾何学的形状もまた、この実施形態の文脈においてこの基準を満たすのであれば、明確な直径を有する開口部であることが必要ではない。

【0051】

図 5 A に示すように、孔 564 は、コアアウト領域 566 に隣接して、コアアウト領域 566 の縁から 40 mm までの位置に、配置することができる。代替的な実施形態では、孔 564 は、コアアウト領域 566 内に配置されてもよい。代替の実施形態は、コアアウト領域 566 がなく、孔 564 は、メサ 20 に隣接して、テンプレート縁部の近くに、またはその間のどこかに配置される。図 5 A に示すように、テンプレート 18 は、4 つの孔 564 を含む。代替の実施形態は、追加の孔 564 を含むことができ、例えば、テンプレート 18 は、2、4、8、16、または 32 個の孔を含む。図 5 B は、テンプレート 18 を貫通する孔を示す、B-B 線に沿う、テンプレート 18 の断面図である。図 5 B は、テンプレート 18 側方の 2 つの孔 564 と、テンプレート 18 のコアアウト領域の向う側にある 1 つの孔 564 (破線) とを示している。図 5 C は、基板 12 上の気体の速度を示す図 5 A に示される領域 C の数値シミュレーションであり、ここでは、ギャップ高さ h_3 は $30\text{ }\mu\text{m}$ であり、気体は 0.05 s l p m (標準リットル/分) で孔 564 を通って流れるものとしている。図 5 C においては、基板 12 の $15\text{ }\mu\text{m}$ 上空の速度が示されている。

【0052】

図 5 A に示すように、孔 564 は、メサ 20 に対して対称線上に配置することができる。代替の実施形態では、孔 564 は、メサ 20 のコーナーなどの他の位置に配置される。一実施形態では、孔 564 は、テンプレート 18 の構造的完全性を損なうことなく、コアアウト領域 566 の約 1 mm 外側に、またはコアアウト領域 566 の近くに配置することができる。

【0053】

孔 564 の目的は、気体がテンプレート 18 の本体を通してギャップ領域 460 および/またはメサ側壁 462 内に輸送され得る導管を提供することであり、テンプレート 18 の本体を横切る圧力差を生成することによって気体流が得られ。例えば、気体が孔の上流で加圧されると、気体は、基板 12 に向かってテンプレート 18 と基板 12 との間のギャップに流れる。真空を適用することによってテンプレート 18 の上流で圧力が低減される場合、ギャップ内気体は、孔に向かって流れる。米国特許第 7,462,028 号には、活性領域内の圧力を低下させるために部分真空が適用される孔を有するテンプレートの例が記載されており、同文献はこの引用により本明細書に組み込まれる。一実施形態において、(周囲に対して)正圧および負圧の両方が孔 564 に加えられる。1 つの孔は正圧で動作し、他の孔は(周囲に対して)減圧または負圧で動作する。

【0054】

一実施形態において、プロセッサ 54 により、各孔で個別に、気体供給が制御される。プロセッサ 54 は、マスフローコントローラ、圧力センサ、圧力レギュレータ、ソレノイド弁、および、気体・真空システム 36 に組み込まれる気体供給を制御するための他の方法のうちの 1 つ以上と通信することができる。孔 564 を通過する気体は、乾燥剤、フィルタ、浄化器、および温度制御システムのうちの 1 つまたは複数を使用することによって、インプリント処理のために調整されうる。

【0055】

第 2 の実施形態

第 2 の実施形態は、他のテンプレートデザインを利用することができる。例えば、1 つのテンプレートデザインは図 3 B に示されるように、 $30\text{ }\mu\text{m}$ より大きく、 $100\text{ }\mu\text{m}$ 以上のオーダーであり得るギャップ高さ h_3 を有するディープエッチングメサを含み得る。ギャップ高さ h_3 のこの増加は、任意のはみ出した材料 358 の露出表面積に対して、図 4 に示すギャップ領域 460 の体積を増加させる。成形可能材料の所与の蒸気圧に対して、この体積の増加は、メサ縁部から蒸発する成形可能材料の比例するより大きな体積を可能にする。別のテンプレートデザインは、独立したメサ側壁 462 を含む図 3 C に図示されるようなダブルエッジメサを含みうる。さらに別のテンプレートデザインでは、はみ出しの減少を助けるようにメサ側壁が湾曲または角度付けされてもよい。テンプレート 18 と基板 12 との間のギャップを大きくすることにより（例えば、 $100\text{ }\mu\text{m}$ ）、テンプレート 18 と基板 12 との間の気体流に対する抵抗が減少する。テンプレート 18 の外側からメサ側壁 462 までの長さを減少させることにより、抵抗も減少する。気体輸送システム 36 b から流れる気体はまた、ギャップに向けられたノズルを使用してテンプレート 18 領域の外側から導入されてもよい。テンプレート 18 の周りに配置された任意の数のノズル（例えば、4 個または 20 個のノズル）をメサ側壁に向けることができる。例えば、図 5 D は、12 個のノズルを含む実施形態を示す。ノズルは、気体流が実質的にメサ側壁に向かって導かれるように配置されうる。ノズルはまた、テンプレート 18 に対してある角度で配置され、基板 12 の表面を使用して、気体流をメサ側壁に向け直すことができる。気体輸送システム 36 c から気体を受け取るノズルは気体流がテンプレート 18 から偏向され、メサ側壁に向けられるように、基板 12 の周りに配置されてもよい。ノズルに印加される正圧または負圧、あるいはそれらの組み合わせを使用して、テンプレート 18 と基板 12 との間に気体流を発生させることができる。図 5 E ~ F は、図 5 D に示す領域 D の数値シミュレーションであり、基板 12 上の気体の速度を示し、気体は、一辺当たり 15 s l p m でノズル 36 b を通って流れる。図 5 E ~ F では、基板 12 の上方のギャップ内の中央平面での速度が示されている。図 5 E では、ギャップ高さ h_3 は $30\text{ }\mu\text{m}$ である。一方、図 5 F では、ギャップ高さ h_3 は $250\text{ }\mu\text{m}$ である。メサを取り囲むギャップ領域における速度は、 $30\text{ }\mu\text{m}$ の場合よりも $250\text{ }\mu\text{m}$ の場合の方がはるかに高いことに留意されたい。

【0056】

気体流の速度および持続時間は、成形可能材料 34 の蒸発がメサ側壁 462 上で起こる速度に影響を及ぼしうる。気体が孔 564 を通って流れる実施形態では、気体流量は $0.001\text{ s l p m} \sim 1\text{ s l p m}$ の範囲でありうる。図 5 D に示すような気体がテンプレートの縁部に沿って流れる実施形態では、気体流量は $1\text{ s l p m} \sim 100\text{ s l p m}$ の範囲でありうる。気体流量の下限は、成形可能材料の蒸気圧およびテンプレート 18 の幾何学的形状によって決定され、成形可能材料の分圧を減少させる気体流量の能力に依存する。気体流量の上限は、テンプレート 18 の安定性および気体流量に応答して移動するのに抵抗するテンプレート 18 の能力によって決定される。気体流の持続時間は、 0.005 秒（秒） ~ 5 秒の範囲でありうる。別の実施形態では、気体流の持続時間は 5 秒を超える。一例として、メサ側壁で成形可能材料を蒸発させるために、気体流量は、 0.5 秒間に対して 0.03 s l p m でありうる。別の例として、メサ側壁で成形可能材料を蒸発させるために、気体流量は 0.5 秒間に対して 0.005 s l p m でありうる。気体流量および流動の持続時間は、気体流の不在下で形成されるであろうはみ出しのサイズに基づくことがで

きる。気体流量が高いほど、はみ出しを抑制することができる。一実施形態では、気体流量は、成形可能材料の分圧が成形可能材料の蒸気圧の1%、10%、20%、50%、70%、または90%に低減されるように設定されうる。成形可能材料の分圧が低いほど、成形可能材料がはみ出さないことを確実にするために気体の流れる必要がある時間が短くなる。成形可能材料が過剰に蒸発または過剰に重合阻害(poisoned)される前に、気体流は停止されるか減少されるべきである。

【0057】

一実施形態において、メサ20と成形可能材料34との初期接触が行われるのと同時に、気体流が導入される。一実施形態において、メサ20が成形可能材料34と完全に接触した後に、気体流は遮断される。一実施形態において、流体充填時間中は気体流が停止される。一実施形態において、流体充填期間の終了時に気体流が止められる。一実施形態において、UV硬化中に気体流は止められる。一実施形態において、UV硬化の終了時に気体流が止められる。

10

【0058】

一実施形態では、はみ出し制御気体と考えることができる、成形可能材料34を蒸発させるために使用される気体のタイプは、クリーンドライエア(CDA)、窒素、酸素、二酸化炭素、アルゴン、およびヘリウムの中の1つまたは複数を含みうる。気体は、純粋な気体、異なる気体の組み合わせ、または連続的に使用される異なる気体であってもよい。気体の温度は、室温(20 ~ 25)を超える温度に調節されうる。一実施形態においては、成形可能材料34が蒸発する速度を増大させるために気体の温度を100に上昇させる。

20

【0059】

第3の実施形態

第3の実施形態では、気体は、酸素または酸素含有混合物などの硬化禁止剤であり、気体流量がはみ出した成形可能材料358内のみに気体が拡散しインプリント領域の下では実質的に気体が拡散しないような、気体の流れるタイミングおよび気体流量とされる。例えば、酸素が存在すると、成形可能材料は重合阻害されうる。酸素は、成形可能材料内のラジカルと反応することによるラジカル重合禁止剤となりうる。ラジカル数が減少すると、UV硬化中の連鎖伝播は、はみ出した材料が重合しない点まで減少しうる。酸素を一定量供給することによって、成形可能材料34が硬化することが防止されうる。重合阻害された成形可能材料は、連鎖伝播が抑制されるので硬化したはみ出しを形成しないので、UV硬化後に液体のままである。また、重合阻害された成形可能材料は、メサ側壁から蒸発し続ける。この実施形態では、酸素または酸素含有混合物の流れはメサ20が成形可能材料34と完全に接触し、インプリント領域の下の成形可能材料が重合阻害されないように、注意深く計時されなければならない。

30

【0060】

一実施形態では、気体伝達および気体供給の方法は、基板12上のインプリントフィールドの位置に依存する。例えば、テンプレート18の一部の下に基板12が存在しないインプリントフィールドの場合、その部分にギャップ領域460は存在しない。この場合、1つ以上の孔564がメサ側壁462に向かって気体を流すのに効果的でないことがある。この場合、メサと基板の縁部との交点に気体を向けるように外部ノズルが配置されうる。

40

【0061】

第1の例示的な実施形態では、ヘリウムが~0.03slpmの速度で4つの孔564の各々に供給される。メサ20が成形可能材料34と0.5秒間完全に接触した後0.1秒で気体供給が開始される。別の例示的な実施形態では、ヘリウムが~0.005slpmの速度で4つの孔564の各々に供給される。

【0062】

第2の例示的な実施形態では、2つの孔564を介してCDAが供給され、2つの他の孔564を通して真空が適用される。CDAを提供する孔564はメサ20の反対側であってもよい。真空を提供する孔564はメサ20の両側であってもよい。各孔564は、

50

メサ 20 の異なる側にあってもよい。C D A がメサの周りを円形に流れるように孔 5 6 4 が配置されてもよい。初期接触が 0 . 2 秒持続された後 0 . 1 秒で気体供給が開始されてもよい。

【 0 0 6 3 】

第 3 の例示的な実施形態では、メサ領域 20 の外側に配置されメサ側壁 4 6 2 に向けられたノズルを通して C D A が流れる。h₃ が 1 0 0 μm より大きい深くエッチングされたテンプレート 18 を用いて、メサ側壁における成形可能材料分圧を低減するのに十分な速度で成形可能材料 3 4 にメサ 20 が完全に接触した後、C D A が 20 個（メサ 20 の各辺に 5 個）のノズルを通して吹き出される。UV 硬化後までノズルはオンに保たれ、その時点でノズルがオフにされてもよい。

10

【 0 0 6 4 】

図 6 A ~ C は、インプリント処理における様々なステップのタイミングおよび配置の図であり、これには粗位置合わせ、酸素などの大きな分子を置換するためにインプリント領域内に気体（ヘリウムなど）を供給すること、テンプレートと成形可能材料との初期接触、成形可能材料が広がって押し出される充填時間、テンプレートと成形可能材料との最終接触、はみ出した材料を蒸発または重合阻害させるために気体を供給すること、フィードバックベースの位置合わせ、および硬化が含まれるが、これらに限定されない。

【 0 0 6 5 】

図 7 A は、インプリント処理 7 0 0 a の図である。第 1 工程 S 7 0 2 は、図 6 A に示すように、時刻 T₀ の前に基板 12 のインプリントフィールド上に成形可能材料 3 4 を分配することを含みうる。次に、図 6 A に示すように、時刻 T₀ で開始する工程 S 7 0 4 で、粗位置合わせ処理における以前の位置決め情報に基づいて、非フィードバックベースの処理により、テンプレート 18 は、インプリントフィールドのおおまかな領域に持ち込まれる。粗位置合わせ処理は、処理の他の工程が開始されている間、継続することができる。粗位置合わせ処理は、工程 S 7 1 4 のフィードバックベースの位置合わせが開始される図 6 A に示されるような時刻 T₆ で、または時刻 T₆ より前の任意の時刻で終了される。

20

【 0 0 6 6 】

工程 S 7 0 6 a において、図 6 A に示すように、気体輸送システム 3 6 a および / または 3 6 b を介してテンプレート 18 の周りに置換気体を供給することによって、時刻 T₁ で、置換気体がインプリントフィールド領域に流入し始める。一実施形態において、置換気体はヘリウムである。置換気体は、テンプレートの凹部および他のフィーチャの充填を妨害せず、充填を妨げ得る酸素および / または他の大きな分子を置換する気体である。例えば、ヘリウムは、成形可能材料 3 4 及びテンプレート 18 の両方を容易に通過する。他の気体は、成形可能材料 3 4 及びテンプレート 18 の特性に応じて選択することができる。置換気体の追加の特徴は、工程 S 7 1 6 の間に成形可能材料の硬化を阻害しうる気体を置換することであってもよい。置換気体の供給は、インプリント領域において重合を妨害しうる気体が存在しないことを確実にするために、成形可能材料 3 4 が硬化された後まで、絶えず継続しうる。代替の実施形態では、十分な量の気体が好ましくは時刻 T₂ または時刻 T₄ の後に置換される任意の時刻に置換気体が停止されうる。気体を早期に停止させる利点は、置換気体とは異なる活性を有する気体を導入すること、または置換気体を保存

30

40

【 0 0 6 7 】

工程 S 7 0 8 では、図 6 A に示すように時刻 T₂ で、テンプレート 18 のインプリント面 22 の一部を基板 12 上の成形可能材料 3 4 と初期接触させうる。その直後に、工程 S 7 1 0 で、テンプレート 18 のインプリント面 22 の残りの部分を、インプリント面 22 全体が成形可能材料 3 4 と接触する図 6 A に示す時刻 T₄ まで、制御された方法で基板 12 上の成形可能材料 3 4 と徐々に接触させうる。インプリント面 22 の異なる部分を成形可能材料 3 4 と接触させることができ、これにより、成形可能材料 3 4 は、制御された方法で広がり、図 6 A に示すように時刻 T₂ から時刻 T₆ までの充填時間中に、はみ出す可能性がある。時刻 T₆ は、時刻 T₄ の後である。

50

【 0 0 6 8 】

工程 S 7 1 2 では、はみ出し制御気体をギャップ領域 4 6 0 内に放出することによって、はみ出した成形可能材料 3 4 を蒸発させるか硬化するのを抑制するために、はみ出し制御気体を放出することができる。はみ出し制御気体は、気体輸送システム 3 6 b および / または 3 6 c を介して排出されうる。はみ出し制御気体は、図 6 A に示すように時刻 T₂ から時刻 T₇ の間に放出されうる。代替の実施形態では、はみ出し制御気体は、時刻 T₃、T₄、または T₅ で供給され始める。代替の実施形態では、はみ出し制御気体の供給は、時刻 T₆、T₇、または T₈ で停止される。工程 S 7 1 4 において、時刻 T₆ と時刻 T₇ との間の期間中における基板 1 2 とテンプレート 1 8 とのフィードバックベースの位置合わせの精度を改善するため、はみ出し制御気体の放出速度を低減してもよい。位置合わせが完了すると、工程 S 7 1 6 において、時刻 T₇ と時刻 T₈ との間の期間中に、成形可能材料 3 4 が硬化される。成形可能材料 3 4 が硬化された後、工程 S 7 1 8 で、時刻 T₈ の後にテンプレート 1 8 は基板 1 2 から分離されうる。一実施形態において、製品（半導体デバイス）を生成するために、基板 1 2 上に追加の処理が実行される。一実施形態では、各インプリントフィールドは複数のデバイスを含む。

10

【 0 0 6 9 】

さらなる処理は、パターン化層 4 6 のパターンに対応するレリーフ画像を基板 1 2 に転写するためのエッチングプロセスを含みうる。さらなる処理はまた、例えば、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、物品製造のための既知の工程およびプロセスを含んでもよい。基板 1 2 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。

20

【 0 0 7 0 】

図 7 B は、第 1 または第 2 の実施形態と組み合わせて使用されうる、方法 7 0 0 a と実質的に同様の代替方法 7 0 0 b の図である。代替方法 7 0 0 b では、置換気体およびはみ出し制御気体は同じ気体であり、図 6 B に示すタイミング図による、工程 S 7 0 6 a と実質的に同様の工程 S 7 0 6 b の間に供給される。方法 7 0 0 b は、テンプレート 1 8 と基板 1 2 との間に、より大きなギャップ（例えば、1 0 0 μm）を有するテンプレートと組み合わせて使用され、テンプレート 1 8 と基板 1 2 との間の気体の流れに対して抵抗性が低く、孔 5 6 4 を含まなくてもよい。方法 7 0 0 b は、気体がテンプレート 1 8 の孔 5 6 4 を通って流れる狭いギャップを有する実施形態と共に使用することもできる。

30

【 0 0 7 1 】

図 7 C は、第 1 または第 2 の実施形態と組み合わせて使用されうる、方法 7 0 0 b と実質的に同様の代替方法 7 0 0 c の図である。代替方法 7 0 0 c では、図 6 C のタイミング図に示すように、工程 S 7 1 0 の前に、または工程 S 7 1 0 と同時に、はみ出し制御気体が供給され始める。はみ出し制御気体が時刻 T₂ より前に放出される場合、はみ出し制御気体は、成形可能材料 3 4 が凹部を充填するのを妨げず、硬化プロセスを妨げない気体（ヘリウムなど）である。

【 0 0 7 2 】

プロセッサ 5 4 は、インプリント装置 1 0 の様々な構成要素に命令を送ることによって、方法 7 0 0 a、7 0 0 b、および / または 7 0 0 c を実施するように構成されうる。方法 7 0 0 a、7 0 0 b、および / または 7 0 0 c は、一連のコンピュータ可読命令として、非一時的なコンピュータ可読媒体に格納されうる。

40

【 0 0 7 3 】

第 4 の実施形態

出願人は、孔 5 6 4 を通して気体を供給し、排気することにより、基板 1 2 とテンプレート面 3 5 9 との間に圧力を発生させることができると判断した。基板 1 2 とテンプレート面 3 5 9 との間のこの圧力は、テンプレート 1 8 を保持するインプリントヘッドと基板チャック 1 4 との両方に力を発生させることができる。この力は補償されない限り、力制御中にインプリントヘッドおよび基板チャック 1 4 の一方または両方の変位量をもたらす

50

可能性がある。例えば、時刻 T_4 の 50 ミリ秒後に開始して 550 ミリ秒間、孔あたり約 0.05 s l p m の CDA を孔 564 を介して供給することにより、エッジはみ出しをうまく除去することができる。これらの条件下では、テンプレート 18 が約 $9 \mu\text{m}$ だけ上方向に移動することができ、その結果、角部が縁部から剥がれることがある。この変位量はナノインプリントのような小さなインプリントを処理するときに、多くの欠陥を引き起こす可能性がある。

【0074】

一実施形態では、プロセス気体を孔 564 に供給するときにテンプレート面 359 と基板 12 との間に正味のゼロ圧力分布を生成するために、バランスのとれた圧力および/または気流のアプローチを利用することによって、この変位量を防止することができる。ギャップ領域 460 に正味ゼロ圧力不均衡を発生させる 1 つの方法は、 180° 離間した 2 つの孔に正圧を供給し、 180° 離間した他の 2 つの孔に同じ大きさの負圧を供給することである。より一般的には、偶数個の孔 564 を中心軸の周りに均等に広げることができる。正負の圧力は、偶数個の穴の間で交互に加えることができる。一方、交互の穴に加えられる圧力の絶対値は、実質的に同じ大きさを有することができる。本出願人はこの方法により、テンプレート 18 または基板チャック 14 の垂直変位を最小限に抑えることができることを見出した。

【0075】

第 3 の方法は気体（ヘリウムなど）を孔 564 のうちの 1 つだけに供給することを含むことができ、一方、残りの孔（例えば 3 つ）には、気体供給による正味の力がゼロになるように、ちょうど十分な真空が供給される。1 つの代替例では、真空が他の孔の各々に均等に供給される。第 2 の代替例では、真空が他の孔に均等には供給されない。

【0076】

第 4 の方法は、ギャップ領域に負圧を意図的に生成するために、正味の正圧よりも大きい正味の負圧を孔 564 または孔 564 の組み合わせに供給することを含みうる。この方法の利点は、パターン面 22 のコーナーが剥がれるのを防止するのに役立つことである。

【0077】

第 5 の方法は、時間平均ゼロ正味圧力スキームを有することを含みうる。この第 5 の方法は、孔 564 の全てにわたる時間平均圧力がゼロまたはわずかに負になるように、正圧と負圧との間で切り替えることを含みうる。例えば、全ての孔 564 には、最初に正圧（すなわち、 250 m s e c に対して 10 k P a ）が供給され、次いで、同じ時間（すなわち、 250 m s e c に対して -10 k P a ）にわたって同じ逆圧が供給される。これは、ウエハとマスクとの間の時間平均ゼロ正味圧力をもたらし、気体および真空システム 36 および気体輸送システム 36 c は、圧力と真空との間で切り替わる高速動作スイッチを含みうる。これらの方法は、充填工程、位置合わせ工程、および硬化工程のうちの 1 つまたは複数の間にテンプレート 18 内の孔 564 を介して気体を供給することによって引き起こされ得る、充填工程、欠陥、画像配置重畳、および位置合わせに対する任意の負の影響を最小限に抑えることができる。

【0078】

図 8 A は、一実施形態による、気体が循環されなかったインプリント処理の結果の図であり、ストリートとインプリント領域との間のはみ出しに注目されたい。図 8 B は、一実施形態に従って気体が循環されたインプリント処理の結果の図であり、ストリートとインプリント領域との間のはみ出しがないことに注目されたい。

【0079】

ナノインプリントリソグラフィシステム 10 は、ピエゾ流体分配システム 32 と共に、CMOS ロジック、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、MRAM、3D クロスポイントメモリ、Re-RAM、Fe-RAM、STT-RAM、オプトエレクトロニクス、およびナノインプリントリソグラフィが製造プロセスの一部として使用される他のデバイスなどのデバイスを基板上に製造するために使用することができる。

10

20

30

40

50

【 0 0 8 0 】

他の基板材料としてはガラス、石英ガラス、GaAs、GaN、InP、サファイア、AlTiC、および当技術分野で周知の他の基板を挙げることができるが、これらに限定されない。これらの基板上に製造されるデバイスには、パターン化媒体、電界効果トランジスタデバイス、ヘテロ構造電界効果トランジスタ、発光ダイオード、読取り／書込みヘッドなどが含まれる。

【 0 0 8 1 】

様々な態様のさらなる修正および代替実施形態は、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う。

10

20

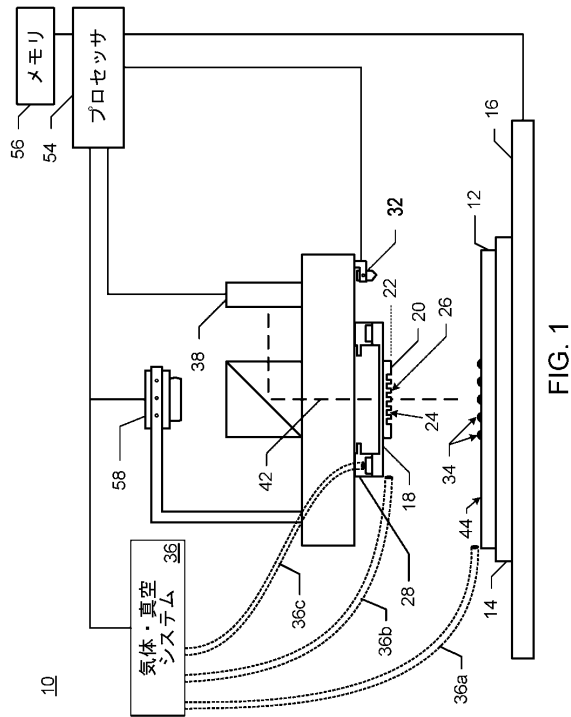
30

40

50

【図面】

【図 1】



【図 2】

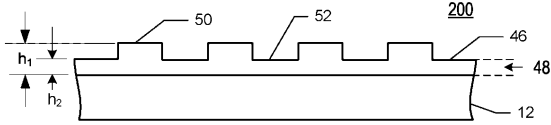


FIG. 2

【図 3 A】

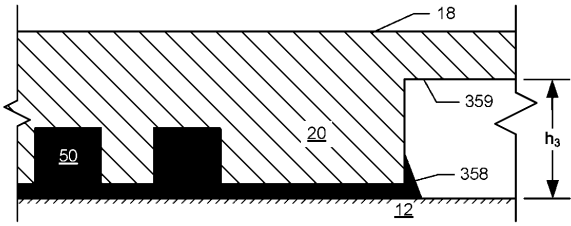


FIG. 3A

【図 3 B】

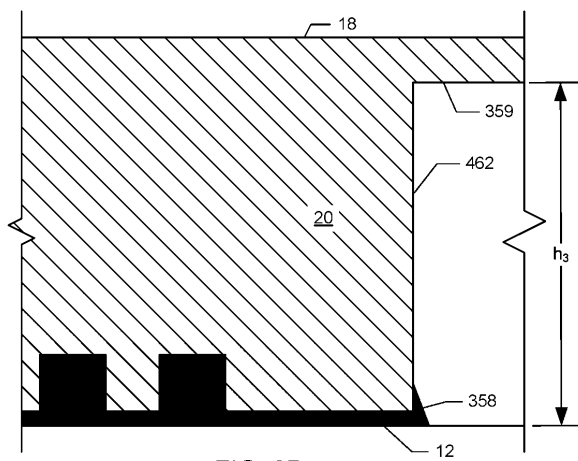


FIG. 3B

10

20

30

40

50

【 図 3 C 】

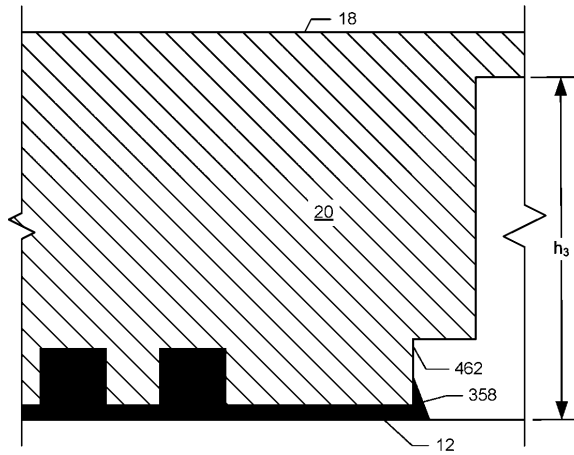


FIG. 3C

【 図 4 】

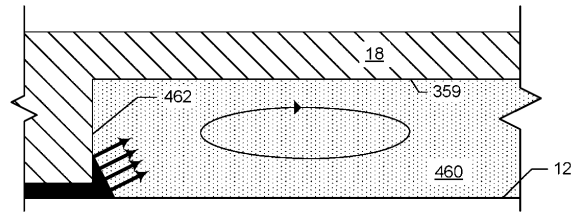


FIG. 4

【 図 5 A 】

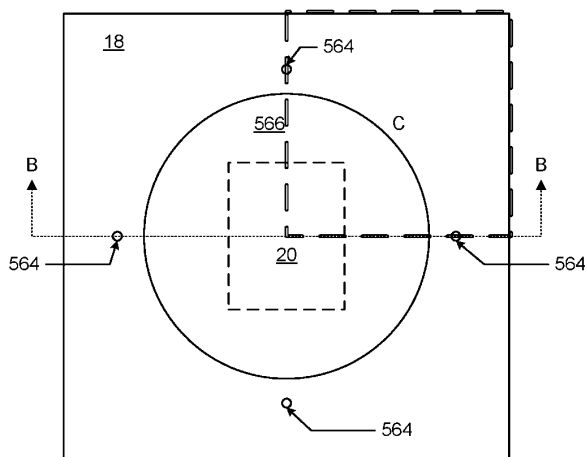


FIG. 5A

【 図 5 B 】

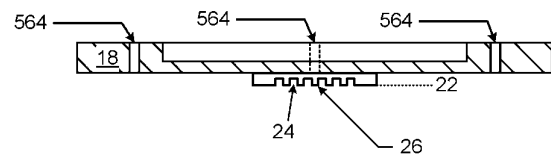


FIG. 5B

【図 5 C】

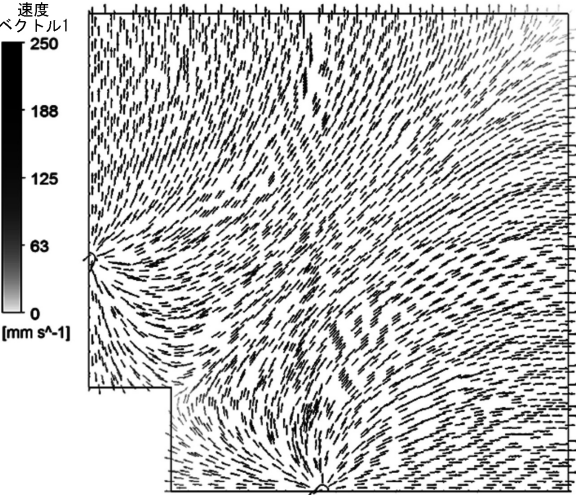


FIG. 5C

【図 5 D】

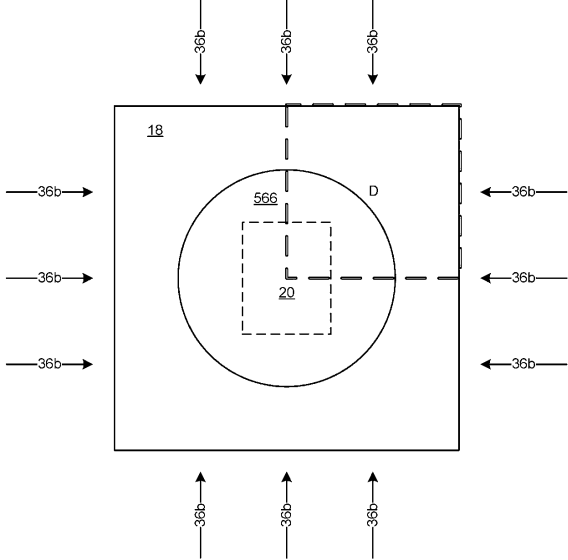


FIG. 5D

【図 5 E】

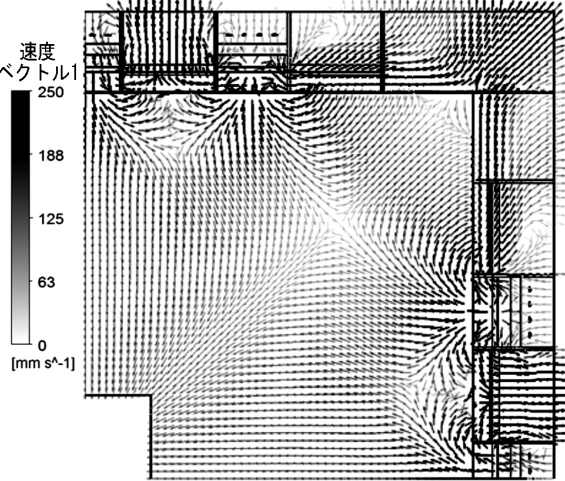


FIG. 5E

【図 5 F】

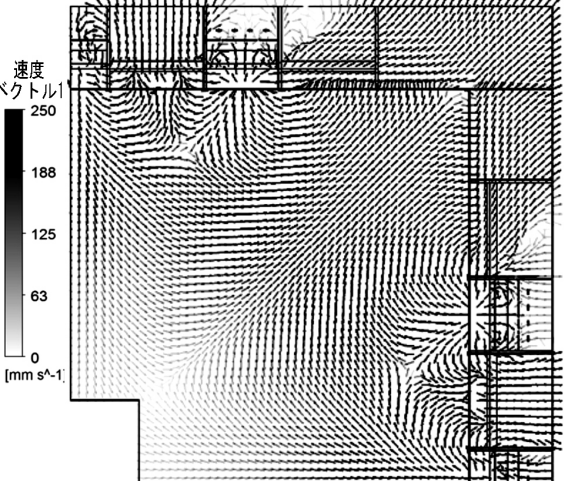


FIG. 5F

10

20

30

40

50

【図 6 A】

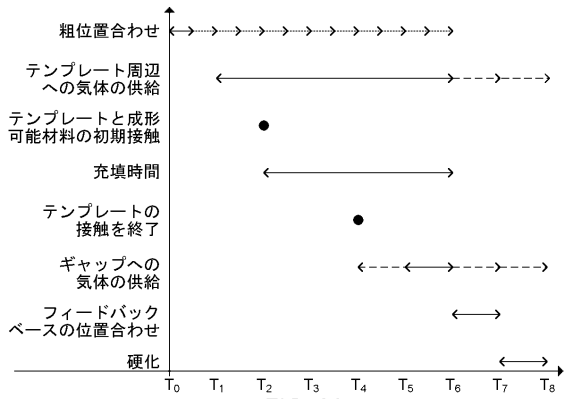


FIG. 6A

【図 6 B】

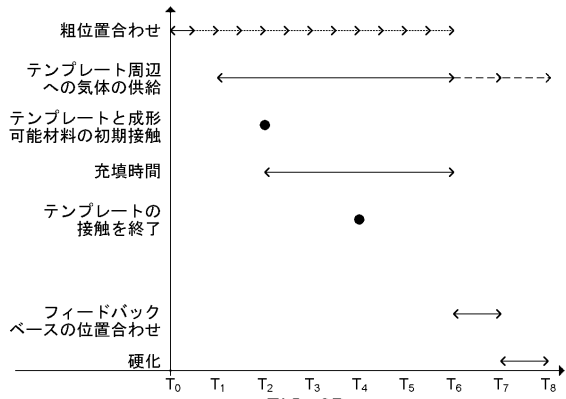


FIG. 6B

【図 6 C】

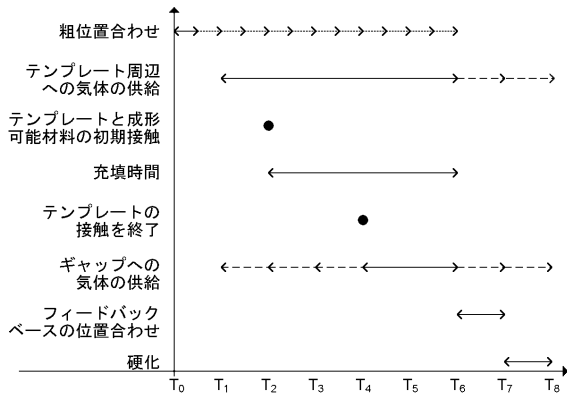


FIG. 6C

【図 7 A】

700a

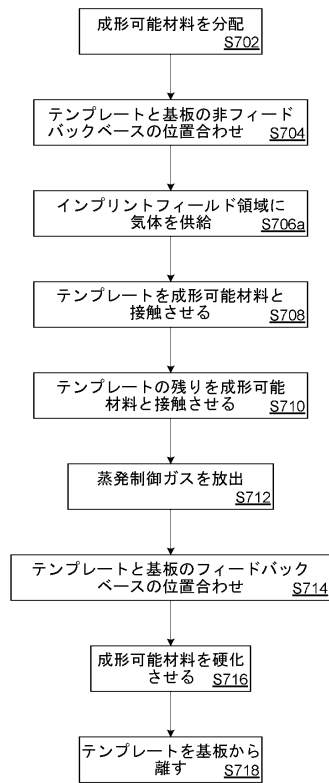


FIG. 7A

【 図 7 B 】

700b

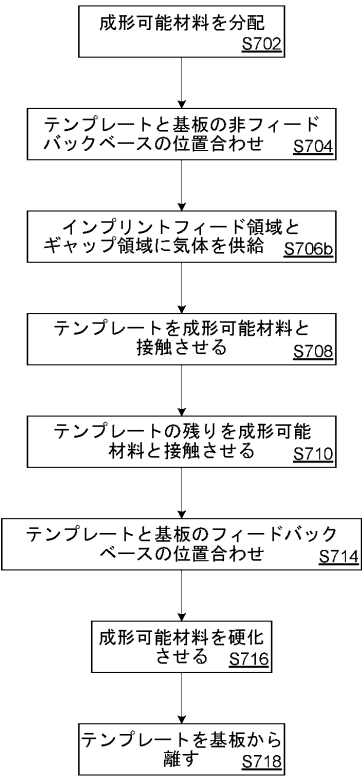


FIG. 7B

【 図 7 C 】

700c

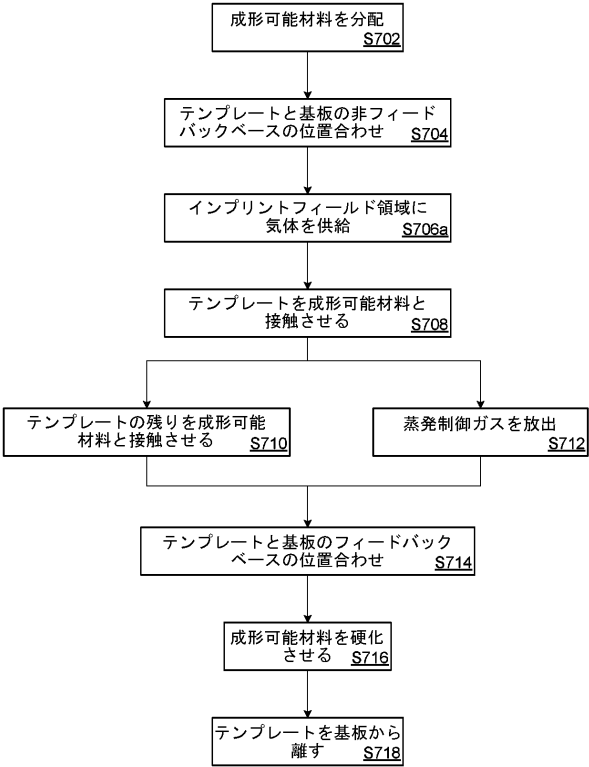


FIG. 7C

【 図 8 A 】

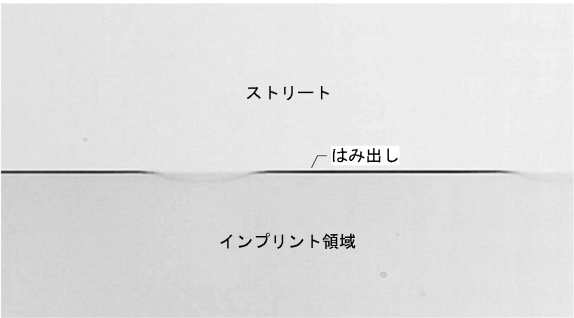


FIG. 8A

【 図 8 B 】

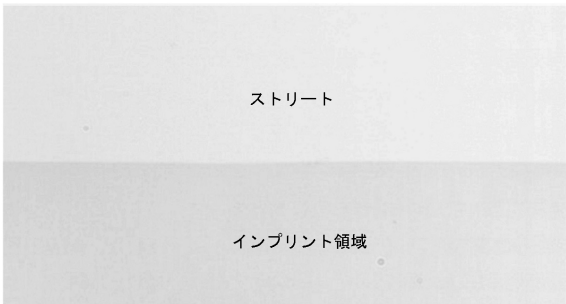


FIG. 8B

フロントページの続き

(72)発明者 バーマスバーガー, セス ジェイ.

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

(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

審査官 植木 隆和

(56)参考文献 特開 2 0 1 1 - 1 0 8 8 0 5 (J P , A)

特開 2 0 1 3 - 2 5 1 5 6 0 (J P , A)

特表 2 0 1 3 - 5 1 3 9 5 0 (J P , A)

特開 2 0 1 5 - 0 4 6 6 0 5 (J P , A)

特開 2 0 1 6 - 0 3 1 9 5 2 (J P , A)

特開 2 0 1 6 - 1 1 1 2 0 1 (J P , A)

(58)調査した分野 (Int.Cl., D B 名)

H 0 1 L 2 1 / 0 2 7

G 0 3 F 7 / 2 0

B 2 9 C 5 9 / 0 2