

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6924828号
(P6924828)

(45) 発行日 令和3年8月25日(2021.8.25)

(24) 登録日 令和3年8月4日(2021.8.4)

(51) Int.Cl.		F I			
H O 1 L 21/027	(2006.01)	H O 1 L 21/30	5 O 2 D		
B 2 9 C 59/02	(2006.01)	B 2 9 C 59/02	Z		

請求項の数 17 (全 24 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2019-520551 (P2019-520551)</p> <p>(86) (22) 出願日 平成29年9月15日 (2017.9.15)</p> <p>(65) 公表番号 特表2019-532513 (P2019-532513A)</p> <p>(43) 公表日 令和1年11月7日 (2019.11.7)</p> <p>(86) 国際出願番号 PCT/US2017/051850</p> <p>(87) 国際公開番号 W02018/075174</p> <p>(87) 国際公開日 平成30年4月26日 (2018.4.26)</p> <p>審査請求日 令和2年9月14日 (2020.9.14)</p> <p>(31) 優先権主張番号 62/409,533</p> <p>(32) 優先日 平成28年10月18日 (2016.10.18)</p> <p>(33) 優先権主張国・地域又は機関 米国 (US)</p> <p>早期審査対象出願</p>	<p>(73) 特許権者 317000625 モレキュラー インプリント, インコー ポレイテッド Molecular Imprints, Inc. アメリカ合衆国 テキサス 78758, オースティン, メトリック ブールバー ド 9801, 스위트 100</p> <p>(74) 代理人 100078282 弁理士 山本 秀策</p> <p>(74) 代理人 100113413 弁理士 森下 夏樹</p> <p>(74) 代理人 100181674 弁理士 飯田 貴敏</p>
--	--

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 構造のマイクロリソグラフィ加工

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

可変の深度パターンを加工する方法であって、前記方法は、
回折効率出力マップに基づいて生成された所定のパターンを取得することと、
前記所定のパターンに従って、基板の表面上にインプリント流体を分注することであ
って、前記インプリント流体を分注することは、前記インプリント流体を液滴のパターンで
分注することを含み、前記基板の前記表面を横断して分注される液滴の体積は、前記所定
のパターンに従って変動する、ことと、
 前記インプリント流体がインプリントリソグラフィテンプレートの表面内の特徴を充填
 するように、前記インプリント流体と前記インプリントリソグラフィテンプレートの前記
 表面とを接触させることと、
 前記インプリント流体をパターン化された層に凝固させることであって、これにより、
 前記パターン化された層内に、
 前記インプリントリソグラフィテンプレートの前記特徴に対応する構造と、
 前記基板の前記表面から構造の基部まで延在する残留層厚 (R L T) を有する残留層
 と
 を形成し、前記パターン化された層の第1の部分の第1の R L T は、前記パターン化さ
 れた層の第2の部分の第2の R L T と異なり、前記第1の R L T および前記第2の R L T
 は、前記所定のパターンに依存する、ことと
 を含み、

10

20

前記回折効率出力マップは、以前に加工されたインプリントリソグラフィ回折パターン
の色分布および/または輝度分布を表し、前記以前に加工されたインプリントリソグラフィ
回折パターンは、前記インプリントリソグラフィテンプレートの前記特徴に対応する構
造と、均一な R L T とを有し、

前記第 1 の R L T と前記第 2 の R L T との間の差異は、前記以前に加工されたインプリ
ントリソグラフィ回折パターンから生成される回折パターンにおける非効率性を補償する
、方法。

【請求項 2】

前記第 1 の部分と前記第 2 の部分との間の領域内の R L T は、前記第 1 の R L T から前
記第 2 の R L T まで徐々に変動する、請求項 1 に記載の方法。

10

【請求項 3】

前記第 1 の R L T から前記第 2 の R L T までの R L T の変化は、前記第 1 の部分と前記
第 2 の部分との間の領域内の段階的変化である、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 4】

前記液滴のパターンは、所定の領域内の固定された液滴密度に対応する、請求項 1 に記
載の方法。

【請求項 5】

前記液滴のパターンは、所定の領域内の変動する液滴密度に対応する、請求項 1 に記載
の方法。

【請求項 6】

前記インプリント流体を分注することは、ジェット分注システムを用いて前記インプリ
ント流体を分注することを含む、請求項 1 に記載の方法。

20

【請求項 7】

前記方法は、前記パターン化された層および前記基板をエッチングすることをさらに含
み、前記基板の中にエッチングされる特徴の深度は、前記 R L T における変動に従って変
動する、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 8】

前記インプリントリソグラフィテンプレート内の前記特徴は、均一な特徴深度を有する
、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 9】

前記インプリントリソグラフィテンプレートは、マスタテンプレートであり、エッチン
グの後、前記基板は、サブマスタリソグラフィテンプレートであり、

30

前記方法は、

第 2 の基板の表面上に、第 2 のインプリント流体を分注することであって、前記第 2 の
インプリント流体の体積は、前記基板の前記表面を横断して実質的に均一である、ことと

、
前記インプリント流体が前記インプリントリソグラフィテンプレートの前記表面内の特
徴を充填するように、前記第 2 のインプリント流体と前記サブマスタテンプレートの表面
とを接触させることであって、これにより、前記第 2 のインプリント流体内に、構造と残
留層とを形成し、前記残留層は、前記サブマスタテンプレートの中にエッチングされる特
徴の寸法の変動に従って変動する R L T を有する、ことと

40

をさらに含む、請求項 8 に記載の方法。

【請求項 10】

前記インプリントリソグラフィテンプレート内の前記特徴は、変動する特徴深度を有す
る、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 11】

前記構造は、ナノ構造、マイクロ構造、または、これらの組み合わせである、請求項 1
に記載の方法。

【請求項 12】

前記第 1 の R L T と前記第 2 の R L T との間の差異は、5 nm ~ 500 nm である、請

50

求項 1 に記載の方法。

【請求項 1 3】

インプリント流体をパターン化する方法であって、前記方法は、
回折効率出力マップに基づいて生成された所定のパターンを取得することと、

基板の表面上にインプリント流体を分注することであって、前記インプリント流体の体積は、前記所定のパターンに従って前記基板の前記表面を横断して変動し、前記回折効率出力マップは、以前に加工されたインプリントリソグラフィ回折パターンの色分布および/または輝度分布を表し、前記以前に加工されたインプリントリソグラフィ回折パターンは、インプリントリソグラフィテンプレートの特徴に対応する構造と、均一な残留層厚（RLT）とを有する、ことと、

前記インプリント流体が前記インプリントリソグラフィテンプレートの表面内の特徴を充填するように、前記インプリント流体と前記インプリントリソグラフィテンプレートの前記表面とを接触させることであって、これにより、前記インプリント流体内に、構造と残留層とを形成し、前記残留層は、前記基板の前記表面から構造の基部まで延在する RLT を有し、前記 RLT は、前記インプリント流体の単位面積あたりの体積に従って前記基板の前記表面を横断して変動し、RLT 変動は、前記以前に加工されたインプリントリソグラフィ回折パターンの色分布、輝度分布またはその両方における不均一性を補償する、ことと

を含む、方法。

【請求項 1 4】

前記インプリント流体を分注することは、前記インプリントリソグラフィテンプレート内の前記特徴を充填するために必要とされる体積に対応する所定のパターンで前記インプリント流体を分注することを含む、請求項 1 3 に記載の方法。

【請求項 1 5】

前記第 1 の RLT と前記第 2 の RLT との間の差異は、均一な RLT 回折パターンの色分布、輝度分布またはその両方における不均一性を補償する対応するインプリント流体分注パターンから生成される、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 1 6】

前記所定のパターンは、均一な RLT を有するインプリントリソグラフィ回折パターンから生成される、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 1 7】

可変の深度パターンを加工する方法であって、前記方法は、
回折効率出力マップに基づいて生成された所定のパターンを取得することと、

前記所定のパターンに従って、第 1 の基板の表面上に、前記第 1 の基板の前記表面を横断して変化する体積の第 1 のインプリント流体を分注することと、

前記第 1 のインプリント流体がインプリントリソグラフィテンプレートの表面内の特徴を充填するように、前記第 1 のインプリント流体と前記インプリントリソグラフィテンプレートの前記表面とを接触させることであって、前記インプリントリソグラフィテンプレートは、マスタテンプレートであり、前記インプリントリソグラフィテンプレートの前記表面内の特徴は、均一な特徴深度を有する、ことと、

前記第 1 のインプリント流体を第 1 のパターン化された層に凝固させることであって、これにより、前記第 1 のパターン化された層内に、

前記インプリントリソグラフィテンプレートの前記特徴に対応する構造と、

前記第 1 の基板の前記表面から構造の基部まで延在する残留層厚（RLT）を有する第 1 の残留層と

を形成し、前記第 1 のパターン化された層の第 1 の部分の第 1 の RLT は、前記第 1 のパターン化された層の第 2 の部分の第 2 の RLT と異なり、前記第 1 の RLT および前記第 2 の RLT は、前記所定のパターンに依存する、ことと、

前記第 1 の基板をエッチングすることにより、サブマスタリソグラフィテンプレートを生じさせることと、

10

20

30

40

50

第2の基板の表面上に第2のインプリント流体を分注することであって、前記第2のインプリント流体の体積は、前記第2の基板の前記表面を横断して実質的に均一である、ことと、

前記第2のインプリント流体が前記サブマスタリソグラフィテンプレートの表面内の特徴を充填するように、前記第2のインプリント流体と前記サブマスタリソグラフィテンプレートの前記表面とを接触させることと、

前記第2のインプリント流体を第2のパターン化された層に凝固させることであって、これにより、前記第2のインプリント流体内に、構造と第2の残留層とを形成し、前記第2の残留層は、前記サブマスタリソグラフィテンプレートの中にエッチングされる特徴の寸法の変動に従って変動するRLTを有する、ことと

10

を含み、

前記回折効率出力マップは、以前に加工されたインプリントリソグラフィ回折パターンの色分布および/または輝度分布を表し、前記以前に加工されたインプリントリソグラフィ回折パターンは、前記インプリントリソグラフィテンプレートの前記特徴に対応する構造と、均一なRLTとを有し、

前記第1のRLTと前記第2のRLTとの間の差異は、前記以前に加工されたインプリントリソグラフィ回折パターンから生成される回折パターンにおける非効率性を補償する方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

20

【0001】

(関連出願の相互参照)

本願は、2016年10月18日に出願された米国仮出願第62/409,533号の出願日の利益を主張するものである。米国出願第62/409,533号の内容は、その全体が参照により本明細書中に援用される。

【0002】

本発明は、所望される幾何学形状を有するマイクロ構造およびナノ構造、およびそのような構造を加工するマイクロリソグラフィ方法に関する。

【背景技術】

【0003】

30

ナノ加工は、約100ナノメートルまたはより小さい特徴を有する、非常に小さい構造の加工を含む。ナノ加工が非常に大きい影響を及ぼしている1つの用途は、集積回路の処理におけるものである。半導体処理産業は、基板上に形成される単位面積あたりの回路を増加させながら、より大きい生産収率を求めて努力し続けており、したがって、ナノ加工は、ますます重要になる。ナノ加工は、形成される構造の最小特徴寸法の継続的縮小を可能にしながら、より優れたプロセス制御を提供する。ナノ加工が採用されている他の開発分野は、バイオテクノロジー、光学技術、機械システム、および同等物を含む。

【0004】

ナノ加工は、基板上にマイクロ構造およびナノ構造のパターンを含む、材料の層を形成するための基板の処理を含み得る。そのような構造を形成するための1つの例示的プロセスは、インプリントリソグラフィである。

40

【発明の概要】

【課題を解決するための手段】

【0005】

本明細書は、厚さにおいて変動する残留層と、基板内の種々のエッチング深度を伴う特徴とを有する、インプリント層におけるマイクロパターンおよびナノパターンの形成に関する。そのようなマイクロパターンおよびナノパターンは、例えば、光導波管のためのより効率的な回折パターンの加工において有用であり得る。本開示の実装は、インプリント流体を所定のパターンに従って基板の表面を横断して選択的に適用することによって、種々の薄さの残留層を有するインプリント層を加工するための方法を含む。例えば、基板表

50

面に適用されるインプリント流体の単位面積あたりの体積は、残留層厚における所望される変動のパターンに従って変動され得る。本開示の実装はまた、基板をエッチングするためのマスクングとして残留層厚における変動を伴うインプリントパターンを使用して、基板内の種々のエッチング深度を伴う特徴を加工するための方法を含む。

【0006】

一般に、本明細書に説明される主題の革新的な側面は、インプリント流体を基板の表面上に所定のパターンに従って分注するアクションと、インプリント流体が、インプリントリソグラフィテンプレートの表面内の特徴を充填するように、インプリント流体をインプリントリソグラフィテンプレートの表面と接触させるアクションと、インプリント流体をパターン化された層に凝固させ、それによって、パターン化された層内で、インプリントリソグラフィテンプレートの特徴に対応する、構造と、基板の表面から構造の基部まで延在する残留層厚(RLT)を有する残留層を形成するアクションであって、パターン化された層の第1の部分の第1のRLTは、パターン化された層の第2の部分の第2のRLTと異なる、アクションを含む、方法において具現化されることができる。本実装および他の実装はそれぞれ、随意に、以下の特徴のうちの一つ以上のものを含み得る。

10

【0007】

いくつかの実装では、第1の部分と第2の部分との間の領域内のRLTは、徐々に、第1のRLTから第2のRLTまで変動する。いくつかの実装では、第1のRLTから第2のRLTまでのRLTの変化は、第1の部分と第2の部分との間の領域内の段階的変化である。

20

【0008】

いくつかの実装では、インプリント流体を分注することは、インプリント流体をある液滴のパターンで分注することを含み、基板の表面を横断して分注される液滴の体積は、所定のパターンに従って変動する。

【0009】

いくつかの実装では、液滴のパターンは、所定の領域内の固定された液滴密度に対応する。いくつかの実装では、液滴のパターンは、所定の領域内の種々の液滴密度に対応する。

【0010】

いくつかの実装では、インプリント流体を分注することは、ジェット分注システムを用いてインプリント流体を分注することを含む。

30

【0011】

いくつかの実装では、本方法は、パターン化された層および基板をエッチングすることを含み得、基板の中にエッチングされる特徴の深度は、RLTにおける変動に従って変動する。

【0012】

いくつかの実装では、インプリントリソグラフィテンプレート内の特徴は、均一な特徴深度を有する。

【0013】

いくつかの実装では、インプリントリソグラフィテンプレートは、マスタテンプレートであり、エッチングの後、基板は、サブマスタリソグラフィテンプレートとなる。加えて、本方法は、第2の基板の表面上に、その体積が基板の表面を横断して実質的に均一である、第2のインプリント流体を分注することと、インプリント流体が、インプリントリソグラフィテンプレートの表面内の特徴を充填するように、第2のインプリント流体をサブマスタテンプレートの表面と接触させ、それによって、第2のインプリント流体内に、構造と、サブマスタテンプレートの中にエッチングされる特徴の寸法における変動に従って変動するRLTを有する、残留層とを形成することを含み得る。

40

【0014】

いくつかの実装では、インプリントリソグラフィテンプレート内の特徴は、種々の特徴深度を有する。いくつかの実装では、所定のパターンは、回折効率出力マップに対応する

50

。

【0015】

いくつかの実装では、構造は、ナノ構造である。いくつかの実装では、構造は、マイクロ構造である。

【0016】

いくつかの実装では、第1のRLTと第2のRLTとの間の差異は、5nm~500nmである。

【0017】

本明細書に説明される主題の別の一般的な側面は、その体積が所定のパターンに従って基板の表面を横断して変動する、インプリント流体を基板の表面上に分注するアクションと、インプリント流体が、インプリントリソグラフィテンプレートの表面内の特徴を充填するように、インプリント流体をインプリントリソグラフィテンプレートの表面と接触させ、それによって、インプリント流体内に、構造と、基板の表面から構造の基部まで延在する残留層厚(RLT)を有する、残留層とを形成するアクションであって、RLTは、インプリント流体の単位面積あたりの体積に従って基板の表面を横断して変動する、アクションを含む、方法において具現化されることができる。

10

【0018】

いくつかの実装では、インプリント流体を分注するステップは、インプリント流体をインプリントリソグラフィテンプレート内の特徴を充填するために必要とされる体積に対応する、所定のパターンで分注するステップを含む。

20

【0019】

別の一般的な側面は、基板と、基板の表面上のポリマーインプリントレジストとを含む、光学デバイスにおいて具現化され得る。ポリマーインプリントレジストは、回折パターンを形成する、複数の構造と、基板の表面から構造の基部まで延在する残留層厚(RLT)を有する残留層であって、RLTは、所定のパターンに従って基板の表面を横断して変動する、残留層とを含む。本実装および他の実装はそれぞれ、随意に、以下の特徴のうちの1つ以上のものを含み得る。

【0020】

いくつかの実装では、RLTにおける変動は、均一なRLTを有する異なる回折格子の回折効率マップに対応する。

30

【0021】

いくつかの実装では、ポリマーインプリントレジストは、紫外線光硬化ナノインプリントリソグラフィ(UV-NIL)レジストである。

【0022】

本明細書に説明される主題の特定の実装は、以下の利点うちの1つ以上のものを実現するように実装されることができる。本開示の実装は、インプリントリソグラフィプロセスを使用する、種々の残留層厚を有するマイクロパターン化された層またはナノパターン化された層の加工を可能にする。本実装は、基板(例えば、Siウエハ)の異なる領域にわたって種々のRLTを有するパターンの加工を可能にし得る。本実装は、より効率的な波(例えば、光波)回折パターンの加工を可能にし得る。本実装は、種々の特徴形状プロファイル、デューティサイクル、およびピッチのパターン下での均一な(非変動の)RLTの大きい面積加工を可能にし得る。本実装は、次いで、大量生産のためのサブマスタテンプレートとして使用され得る、基板の中への特徴のパターン化を可能にし得る。

40

【0023】

本明細書で使用されるように、用語「マイクロ」、「マイクロ構造」、および「マイクロ特徴」は、50マイクロメートル未満またはそれに等しい少なくとも1つの寸法を有する、構造または構造の特徴を表す。

【0024】

本明細書で使用されるように、用語「ナノ」、「ナノ構造」、および「ナノ特徴」は、500ナノメートル未満またはそれに等しい少なくとも1つの寸法を有する、構造または

50

構造の特徴を表す。

【0025】

本明細書で使用されるように、「等しい」、「実質的に等しい」、「同一」、「実質的に同一」、または「均一」であるような体積、パターン、または寸法の説明は、測定における厳密な同等性を示すように意図されない。代わりに、そのような説明は、特別に設計されたデバイスまたはインプリントリソグラフィパターンを生産するために要求される、特定の場および/または合理的な誤差公差において使用されている加工または測定機器の品質および精度を前提として、合理的な誤差公差以内で均等である体積、パターン、または寸法における類似性を示すために使用される。

【0026】

本明細書に説明される主題の1つ以上の実施形態の詳細が、付随する図面および下記の説明に記載される。本主題の他の潜在的な特徴、側面、および利点が、説明、図面、および請求項から明白となるであろう。

本発明は、例えば、以下を提供する。

(項目1)

可変の深度パターンを加工する方法であって、前記方法は、
所定のパターンに従って、基板の表面上に、インプリント流体を分注することと、
前記インプリント流体が、インプリントリソグラフィテンプレートの表面内の特徴を充填するように、前記インプリント流体をインプリントリソグラフィテンプレートの表面と接触させることと、

前記インプリント流体をパターン化された層に凝固させ、それによって、前記パターン化された層内で、

前記インプリントリソグラフィテンプレートの特徴に対応する構造と、
前記基板の表面から構造の基部まで延在する残留層厚(RLT)を有する残留層であって、前記パターン化された層の第1の部分の第1のRLTは、前記パターン化された層の第2の部分の第2のRLTと異なる、残留層と
を形成することと

を含む、方法。

(項目2)

前記第1の部分と前記第2の部分との間の領域内のRLTは、徐々に、前記第1のRLTから前記第2のRLTまで変動する、項目1に記載の方法。

(項目3)

前記第1のRLTから前記第2のRLTまでのRLTの変化は、前記第1の部分と前記第2の部分との間の領域内の段階的变化である、項目1に記載の方法。

(項目4)

前記インプリント流体を分注することは、前記インプリント流体を液滴のパターンで分注することを含み、前記基板の表面を横断して分注される液滴の体積は、前記所定のパターンに従って変動する、項目1に記載の方法。

(項目5)

前記液滴のパターンは、所定の領域内の固定された液滴密度に対応する、項目4に記載の方法。

(項目6)

前記液滴のパターンは、所定の領域内の種々の液滴密度に対応する、項目4に記載の方法。

(項目7)

前記インプリント流体を分注することは、ジェット分注システムを用いて前記インプリント流体を分注することを含む、項目1に記載の方法。

(項目8)

前記パターン化された層および前記基板をエッチングすることをさらに含み、前記基板の中にエッチングされる特徴の深度は、前記RLTにおける変動に従って変動する、項目

10

20

30

40

50

1 に記載の方法。

(項目 9)

前記インプリントリソグラフィテンプレート内の前記特徴は、均一な特徴深度を有する、項目 1 に記載の方法。

(項目 10)

前記インプリントリソグラフィテンプレートは、マスタテンプレートであり、エッチングの後、前記基板は、サブマスタリソグラフィテンプレートとなり、

前記方法はさらに、

第 2 の基板の表面上に、第 2 のインプリント流体を分注することであって、前記第 2 のインプリント流体の体積は、前記基板の表面を横断して実質的に均一である、ことと、

前記インプリント流体が、前記インプリントリソグラフィテンプレートの表面内の特徴を充填するように、前記第 2 のインプリント流体を前記サブマスタテンプレートの表面と接触させ、それによって、前記第 2 のインプリント流体内に、構造と、前記サブマスタテンプレートの中にエッチングされる特徴の寸法の変動に従って変動する R L T を有する残留層とを形成することと

を含む、項目 9 に記載の方法。

(項目 11)

前記インプリントリソグラフィテンプレート内の前記特徴は、種々の特徴深度を有する、項目 1 に記載の方法。

(項目 12)

前記所定のパターンは、回折効率出力マップに対応する、項目 1 に記載の方法。

(項目 13)

前記構造は、ナノ構造である、項目 1 に記載の方法。

(項目 14)

前記構造は、マイクロ構造である、項目 1 に記載の方法。

(項目 15)

前記第 1 の R L T と前記第 2 の R L T との間の差異は、5 nm ~ 500 nm である、項目 1 に記載の方法。

(項目 16)

インプリント流体をパターン化する方法であって、前記方法は、

基板の表面上に、インプリント流体を分注することであって、前記インプリント流体の体積は、所定のパターンに従って前記基板の表面を横断して変動する、ことと、

前記インプリント流体が、前記インプリントリソグラフィテンプレートの表面内の特徴を充填するように、前記インプリント流体をインプリントリソグラフィテンプレートの表面と接触させ、それによって、前記インプリント流体内に、構造と、前記基板の表面から構造の基部まで延在する残留層厚 (R L T) を有する残留層とを形成することであって、前記 R L T は、前記インプリント流体の単位面積あたりの体積に従って前記基板の表面を横断して変動する、ことと

を含む、方法。

(項目 17)

前記インプリント流体を分注することは、前記インプリント流体を前記インプリントリソグラフィテンプレート内の前記特徴を充填するために必要とされる体積に対応する所定のパターンで分注することを含む、項目 16 に記載の方法。

(項目 18)

光学デバイスであって、

基板と、

前記基板の表面上のポリマーインプリントレジストであって、前記ポリマーインプリントレジストは、

回折パターンを形成する複数の構造と、

前記基板の表面から構造の基部まで延在する残留層厚 (R L T) を有する残留層であ

10

20

30

40

50

って、前記 R L T は、所定のパターンに従って前記基板の表面を横断して変動する、残留層と

を備える、ポリマーインプリントレジストと

を備える、デバイス。

(項目 19)

前記 R L T における変動は、均一な R L T を有する異なる回折格子の回折効率マップに対応する、項目 18 に記載のデバイス。

(項目 20)

前記ポリマーインプリントレジストは、紫外線光硬化ナノインプリントリソグラフィ (UV - NIL) レジストである、項目 18 に記載のデバイス。

10

【図面の簡単な説明】

【0027】

【図1】図1は、リソグラフィシステムの簡略側面図を図示する。

【0028】

【図2】図2は、その上に位置付けられたパターン化された層を有する、基板の簡略側面図を図示する。

【0029】

【図3】図3は、種々の残留層厚 (R L T) を伴うパターン化された層を有する基板の簡略側面図を図示する。

【0030】

20

【図4A】図4Aは、本開示の実装による、可変の R L T パターンおよび可変のエッチング深度パターンを加工するための、例示的プロセスを図示する。

【0031】

【図4B】図4B - 4Dは、図4Aに示されるプロセスに対するいくつかの例示的変形例を図示する。

【図4C】図4B - 4Dは、図4Aに示されるプロセスに対するいくつかの例示的変形例を図示する。

【図4D】図4B - 4Dは、図4Aに示されるプロセスに対するいくつかの例示的変形例を図示する。

【0032】

30

【図5】図5は、本開示の実装による、種々の例示的インプリント流体パターンを伴う基板の上面図を図示する。

【0033】

【図6】図6は、本開示の実装による、インプリント流体内に可変の R L T パターンを生産するために使用され得る、いくつかの例示的インプリントリソグラフィテンプレート設計を図示する。

【0034】

【図7】図7は、本開示の実装による、可変の R L T パターンおよび可変のエッチング深度パターンを加工するための例示的方法の、フローチャートを示す。

【0035】

40

【図8】図8A - 8Bは、可変の R L T を有するパターンおよび可変のエッチング深度特徴が使用され得る、例示的デバイスを示す。

【発明を実施するための形態】

【0036】

インプリント層におけるマイクロパターンおよびナノパターンの加工の種々の実施例は、厚さにおいて変動する残留層と、基板内の種々のエッチング深度を伴う特徴とを有する。そのようなマイクロパターンおよびナノパターンは、例えば、光導波管のためのより効率的な回折パターンの加工において有用であり得る。概して、これらの実施例は、インプリント流体を所定のパターンに従って基板の表面を横断して選択的に適用し、基板を横断して厚さにおいて変動する残留層を有するインプリント層を加工することを含む。例えば

50

、基板表面に適用されるインプリント流体の単位面積あたりの体積は、残留層厚における所望される変動のパターンに従って変動され得る。本開示の実装はまた、基板をエッチングするためのマスクとして残留層厚における変動を伴うインプリントパターンを使用することによって、基板内の種々のエッチング深度を伴う特徴を加工するためのことを含む。

【0037】

図1は、基板102上にレリーフパターンを形成するインプリントリソグラフィシステム100を図示する。基板102は、基板チャック104に結合されてもよい。いくつかの実施例では、基板チャック104は、真空チャック、ピンタイプチャック、溝タイプチャック、電磁チャック、および/または同等物を含み得る。いくつかの実施例では、基板102および基板チャック104はさらに、空気ベアリング106上に位置付けられてもよい。空気ベアリング106は、x軸、y軸、および/またはz軸を中心とした運動を提供する。いくつかの実施例では、基板102および基板チャック104は、段上に位置付けられる。空気ベアリング106、基板102、および基板チャック104はまた、基部108上に位置付けられてもよい。いくつかの実施例では、ロボットシステム110が、基板102を基板チャック104上に位置付ける。

【0038】

基板102は、基板チャック104の反対側に位置付けられる、平面111を含むことができる。いくつかの実施例では、基板102は、基板102を横断して実質的に均一な(一定の)厚さと関連付けられることができる。

【0039】

インプリントリソグラフィシステム100は、設計考慮事項に応じて、1つ以上のローラ114に結合される、インプリントリソグラフィ可撓性テンプレート112を含む。ローラ114は、可撓性テンプレート112の少なくとも一部の移動を提供する。そのような移動は、基板102と重畳している可撓性テンプレート112の異なる部分を選択的に提供し得る。いくつかの実施例では、可撓性テンプレート112は、複数の特徴、例えば、離間される陥凹部および突出部を含む、パターン化表面を含む。しかしながら、いくつかの実施例では、特徴の他の構成も可能である。パターン化表面は、基板102上に形成されるべきパターンの基礎を形成する、任意の原パターンを画定してもよい。いくつかの実施例では、可撓性テンプレート112は、テンプレートチャック、例えば、真空チャック、ピンタイプチャック、溝タイプチャック、電磁チャック、および/または同等物に結合されてもよい。

【0040】

インプリントリソグラフィシステム100はさらに、流体分注システム120を含んでもよい。流体分注システム120は、限定ではないが、ジェット分注システム、噴霧分注システム、またはスロットダイコーティングシステムを含み得る。流体分注システム120は、基板102上に重合性材料(例えば、「インプリント流体」)を堆積させるために使用されてもよい。重合性材料は、液滴分注、スピンコーティング、浸漬コーティング、化学蒸着(CVD)、物理蒸着(PVD)、薄膜蒸着、厚膜蒸着、および/または同等物の技法を使用して基板102上に位置付けられてもよい。いくつかの実施例では、重合性材料は、複数の液滴として基板102上に位置付けられる。例えば、流体分注システム120は、所定のパターンに従って重合性材料の液滴を分注するように構成される、ジェット分注システムであり得る。

【0041】

図1および2を参照すると、インプリントリソグラフィシステム100は、基板102に向かってエネルギーを指向するように結合される、エネルギー源122を含む。いくつかの実施例では、ローラ114および空気ベアリング106は、可撓性テンプレート112および基板102の所望される部分を所望される位置に位置付けるように構成される。インプリントリソグラフィシステム100は、空気ベアリング106、ローラ114、流体分注システム120、および/またはエネルギー源122と通信するプロセッサによって調整されてもよく、メモリ内に記憶されるコンピュータ可読プログラム上で動作しても

10

20

30

40

50

よい。

【 0 0 4 2 】

いくつかの実施例では、ローラ 1 1 4、空気ベアリング 1 0 6、または両方は、可撓性テンプレート 1 1 2 と基板 1 0 2 との間の距離を変動させ、その間に、重合性材料によって充填される、所望される容積を画定する。例えば、可撓性テンプレート 1 1 2 は、重合性材料に接触する。所望される容積が重合性材料によって充填された後、エネルギー源 1 2 2 が、エネルギー、例えば、広帯域紫外線放射を生成し、重合性材料を凝固および/または架橋結合させて、基板 1 0 2 の表面および可撓性テンプレート 1 1 2 のパターン化表面の一部の形状に共形化させ、基板 1 0 2 上にパターン化された層 1 5 0 を画定する。いくつかの実施例では、パターン化された層 1 5 0 は、残留層 1 5 2 と、突出部 1 5 4 および陥凹部 1 5 6 として示される複数の構造とを備えてもよい。残留層 1 5 2 は、基板 1 0 2 の表面 1 5 8 から構造の基部 1 6 0 まで延在する、残留層厚 (R L T) T_1 を有する。R L T は、基板を横断して (自然変動を考慮して) 実質的に均一である。

10

【 0 0 4 3 】

図 3 は、種々の R L T (T_1 および T_2) を伴うパターン化された層 1 8 0 を有する基板 1 0 2 の、簡略側面図を図示する。残留層 1 8 2 は、所定のパターンに従って基板を横断して変動する R L T を有する。図示されるように、残留層は、ある領域内に厚さ T_1 と、別の領域内に異なる厚さ T_2 とを有する。さらに、パターン化された層 1 8 0 内の構造のプロファイルは、パターン化された層 1 8 0 を横断する R L T における変動に従って変動する。例えば、R L T における変動は、隣接する突出部 1 8 2 a、1 8 2 b のアスペクト比を相応して変更する、浅い陥凹部 1 8 4 a および深い陥凹部 1 8 4 b を作成する。

20

【 0 0 4 4 】

下記により詳細に説明される技法に従って、パターン化された層 1 8 0 を横断する R L T における変動が、5 nm ~ 5 0 0 nm の範囲に及び得る。すなわち、 T_1 と T_2 との間の差異が、5 nm ~ 5 0 0 nm の範囲に及び得る。いくつかの実装では、例えば、示されるように、残留層 1 8 2 は、R L T における急激または段階的な変化を有するように加工される。いくつかの実装では、残留層 1 8 2 は、破線 1 8 6 によって示されるような、R L T における緩やかな変化を有するように加工される。

【 0 0 4 5 】

いくつかの実装では、残留層 1 8 2 は、(図 2 におけるような) 均一な R L T を有するが、種々の形状、デューティサイクル、および/またはピッチを有する突出部 1 8 2 a、1 8 2 b を伴うように加工される。デューティサイクルは、突出部 1 8 2 a の幅の隣接する陥凹部 1 8 4 a に対する比率を指す。例えば、本明細書に開示される技法を使用して、特徴は、突出部 1 8 2 a の陥凹部 1 8 4 a に対するデューティサイクルが他の突出部および陥凹部のそれと異なりながら、依然として、均一な R L T を維持するようにパターン化されることができる。ピッチは、突出部 1 8 2 a、1 8 2 b の合計幅 + 隣接する陥凹部 1 8 4 a、1 8 4 b の幅を指す。例えば、本明細書に開示される技法を使用して、特徴は、突出部および陥凹部の 1 つのセットのピッチが、突出部および陥凹部の隣接したセットと異なりながら、均一な R L T を維持するようにパターン化されることができる。

30

【 0 0 4 6 】

図 4 A は、インプリント流体内に可変の R L T パターンと、基板内に可変のエッチング深度パターンとを加工するための、例示的プロセス 4 0 0 を図示する。ステップ (4 0 2) において、分注システムは、インプリント流体を基板 1 0 2 に適用する。インプリント流体は、不均一なパターンに従って、基板 1 0 2 の表面に適用される。インプリント流体は、インプリント流体の単位面積あたりの平均体積が所定のパターンに従って基板を横断して変動するように、適用される。単位面積あたりのインプリント流体の体積における変動は、部分的に、インプリント流体内に加工されたパターン化された層の R L T における変動を決定するであろう。

40

【 0 0 4 7 】

例えば、基板 1 0 2 上に分注されるインプリント流体の体積は、種々の体積内にインプ

50

リント流体 420、422 の液滴を適用することによって変動されることができる。例えば、分注システムは、大きい液滴 420 を基板のある領域 421 内に、そしてより小さい液滴 422 を基板 102 の別の領域 423 内に適用することができる。単位面積あたりのインプリント流体のより大きい体積は、より大きい RLT を作成する傾向にある一方で、単位面積あたりのインプリント流体のより小さい体積は、より小さい RLT を作成する傾向にある。しかしながら、インプリントリソグラフィテンプレート内の特徴のサイズおよび深度もまた、RLT に影響を及ぼし得る。異なるインプリント流体分注パターンを生産するための種々の技法が、図 5 を参照して下記により詳細に説明される。

【0048】

インプリント流体は、限定ではないが、アクリル酸イソボルニル (IBOA)、Medol 10、HDODA (ヘキサンジオールジアクリレート)、Irgacure 907、Darocur 4265、MASURF FS-2000 界面活性剤 2、アクリル酸 n-ヘキシル、ジアクリル酸エチレングリコール、または 2-ヒドロキシ-2-メチル-1-フェニル-プロパン-1-オン等のバルクインプリントレジスト材料を含み得る。

【0049】

インプリント流体は、コンピュータ制御分注システム、例えば、ジェット分注システム、噴霧分注システム、またはスロットダイコーティング分注システムによって分注されることができる。例えば、ジェット分注システムは、ジェットヘッドが基板の表面にわたって移動されるにつれて液滴体積を制御することによって、所定のパターンに従って基板上にインプリント流体の液滴を分注するように制御されることができる。噴霧分注システムは、インプリント流体が基板の上に分注される間、基板が位置付けられる段の運動を制御することによって、単位面積あたり種々の体積を伴うインプリント流体を分注するように制御されることができる。スロットダイコーティングシステムは、所定のパターンに従ってインプリント流体を分注するための型板と併用されることができる。

【0050】

ステップ (404) において、インプリントリソグラフィシステムは、可撓性テンプレート 112 をインプリント流体 420、422 に適用する。すなわち、可撓性テンプレート 112 は、インプリント流体 420、422 と接触させられる。可撓性テンプレートは、テンプレート 112 の表面 426 内の陥凹部 424 によって画定される特徴を含む。陥凹部 424 は、インプリント流体内の対応する形状およびサイズの構造を形成するために、種々の形状およびサイズを有し得る。テンプレート 112 は、基板 102 上のインプリント流体から連続するパターン化された層 180 を生成するように、インプリント流体と接触し、インプリント流体液滴 420、422 を広げる。例えば、テンプレートと基板との間の距離「d」が、基板 102 上のインプリント流体がテンプレート 112 の表面 426 内の陥凹部 424 の中に進入することを可能にするように低減される。

【0051】

テンプレート 112 の所望される体積がインプリント流体 420、422 によって充填された後、例えば、所望される距離「d」が到達されると、インプリント流体 420、422 は、パターン化された層 180 に凝固される。例えば、インプリント流体 420、422 は、インプリント流体 420、422 を、硬化剤、例えば、紫外線 (UV) エネルギー源に暴露することによって凝固されることができる。硬化剤は、インプリント流体を重合および架橋結合させる。

【0052】

ステップ (406) において、テンプレート 112 が、ここで、凝固されたパターン化された層 180 から除去される。パターン化された層 180 は、テンプレート 112 内の個別の陥凹部 424 および残留層 182 に対応する構造 428 を含む。残留層の厚さは、基板 102 の各個別の領域上に分注された、単位面積あたりのインプリント流体の体積に関連して変動する。インプリント流体の性質に起因して、インプリント流体は、各領域内の残留層 182 が、テンプレート陥凹部 424 を充填するために要求されていないインプリント流体の余分な体積によって形成されるように、テンプレート 112 内の凹部 424

10

20

30

40

50

を優先的に充填する傾向にある。その結果、基板102の各領域内のRLTは、その領域内に分注される単位面積あたりのインプリント流体の体積に関連する。示される実施例では、インプリント流体の大きい液滴420が分注された領域421は、インプリント流体のより小さい液滴422が分注された領域423よりも厚いRLTを有する。

【0053】

いくつかの実装では、インプリント流体は、(図2および3を参照して上記に議論されるように)種々の形状、デューティサイクル、および/またはピッチを有しながら、均一なRLTを有する残留層182を維持する構造428を伴うパターン化された層180を加工するように、所定のパターンで適用されることができる。例えば、インプリント流体の体積は、構造428の1つのセットのデューティサイクルが構造428の別の隣接するセットのそれと異なりながら、依然として、均一なRLTを維持するように適用されることができる。例えば、インプリント流体分注パターンは、高デューティサイクル構造のためにテンプレート112の対応する部分を充填するために要求され得るインプリント流体のより大きい体積を考慮するために、それにわたって高デューティサイクルを伴う構造(例えば、幅広い構造および狭小な陥凹部)が加工され得る基板の面積に、それにわたって低デューティサイクルを伴う構造が加工され得る面積と比較して、より多いインプリント流体を適用することを要求し得る。同様に、いくつかの実装では、インプリント流体の体積は、構造428の1つのセットのピッチが構造428の別の隣接するセットのそれと異なりながら、依然として、均一なRLTを維持するように適用されることができる。

【0054】

いくつかの実装では、プロセス400は、パターン化された層180を形成した後、完了してもよい。例えば、いくつかの用途では、インプリント流体のパターン化された層180は、光学回折パターンを形成するために使用されてもよい。他の実装では、パターン化された層180および基板102は、基板102自体(例えば、ステップ(416)参照)内にマイクロ構造またはナノ構造440を形成するためにエッチングされることができる。パターン化された層180の種々のRLTは、基板102内に種々のエッチング深度を生産しながら、パターン化された層180および基板102を均一なエッチング率でエッチングする役割を果たし得る。

【0055】

ステップ(408)-(416)において、パターン化された層180および基板102が、エッチングされる。パターン化された層180および基板102は、限定ではないが、湿式エッチングプロセス、プラズマエッチングプロセス、乾式エッチングプロセス、またはイオンビームエッチング/ミリングプロセスを含む、エッチングプロセスを使用して、エッチングされ得る。エッチングプロセスは、均一なエッチング率のプロセスであり得る。ステップ(408)-(416)は、パターン化された層180および基板102がエッチングされるにつれて種々のエッチング深度を有する、基板102内の陥凹部442の形成を図示する。ステップ(408)において、領域423内の残留層182が、完全にエッチングされて除去され、領域423内の基板表面を剥き出しの状態にする。ステップ(410)において、陥凹部442が、領域423における基板102内で形成し始める一方で、残留層182の一部が、依然として、領域421内に残存する。加えて、領域423内の残りのパターン化された層180は、領域が、基板102の下層部分がエッチングされないように保護し、したがって、基板構造440が、領域423内に形成し始めるという点において、構造428に対応する。ステップ(412)において、領域423内の陥凹部442が、より深くエッチングされ、基板102の表面が、領域421内で暴露される。ステップ(414)において、陥凹部442は、基板102が領域421においてエッチングされるにつれて、その領域内にも形成し始める一方で、領域421および423内の残りのパターン化された層180は、基板構造440を形成するであろう基板102の部分を保護する。ステップ(416)において、プロセス400は、完了する。パターン化された層180は、エッチングされて完全に除去され得る、または所望されるエッチング深度が到達されると、いかなる残りのパターン化された層180もが、基板

10

20

30

40

50

102から剥取され得る。

【0056】

いくつかの実装では、不均一なエッチング率を有するエッチングプロセスまたはエッチング材料が、パターン化された層180および基板102をエッチングするために使用されることができる。例えば、パターン化されたレジスト層および基板のエッチング選択性は、1:1~1:3のパターン化された層(例えば、レジスト)の基板に対するエッチング選択比を達成するように調整されることができる。言い換えると、基板は、パターン化された層より最高3倍急速にエッチングされ得る。

【0057】

図4B-4Dは、それぞれ、インプリント流体内に種々の異なるRLTパターンを生産するために使用されることができる、プロセス400のステップ(402)-(406)の例示的変形例を図示する。図4Bは、各領域422、423内に類似する寸法を伴う特徴(例えば、陥凹部424)を有するテンプレート112が使用されるとき、基板102の領域421および423内に異なるRLTを生産するために使用されることができる、例示的ステップ(402b)-(406b)を図示する。言い換えると、図4Bに図示される技法は、均一な寸法の均一な特徴を伴うテンプレート112が両方の領域に適用されるとき、パターン化された層180の2つの領域を横断してRLTに変動をもたらすであろう。ステップ(402b)において、本分注システムは、インプリント流体の単位面積あたりの体積が領域421において領域423内のそれよりも大きい、あるパターンでインプリント流体を分注する。例えば、基板の領域421内に適用されるインプリント流体の液滴420は、基板102の領域423内に適用される液滴422よりも大きい。

【0058】

ステップ(404b)において、類似する寸法を伴う陥凹部424を有する可撓性テンプレート112が、インプリントリソグラフィシステムによってインプリント流体420、422に適用される。例えば、テンプレート112内の陥凹部424は、インプリント流体420、422がその中に流動し得る、類似する体積を有する。可撓性テンプレート112がインプリント流体420、422に接触させられると、各領域421、423からの流体が、テンプレート112の個別の陥凹部424を充填する。領域423内に単位面積あたりのより少ないインプリント流体しか存在しないため、いったん個別のテンプレート陥凹部424が充填されると、領域423内に残留層183を形成するための流体もまた、基板上にあまり多く残されていないであろう。その結果、インプリント流体420、422が凝固された後、テンプレート112が除去されると、ステップ(406b)において、ここで、凝固されたパターン化された層180は、領域421内よりも領域423内に薄いRLTを有するであろう。

【0059】

図4Cは、各領域422、423内に異なる寸法を伴う特徴(例えば、陥凹部424)を有するテンプレート112が使用されるとき、基板102の領域422および423内に異なるRLTを生産するために使用され得る、例示的ステップ(402c)-(406c)を図示する。言い換えると、図4Cに図示される技法は、各領域421、423内に異なる寸法を有する特徴を伴うテンプレート112が基板102に適用されるとき、パターン化された層180の2つの領域を横断してRLTに変動をもたらすであろう。ステップ(402c)において、本分注システムは、インプリント流体の単位面積あたりの体積が領域421と領域423との両方を横断して比較的均一である、あるパターンでインプリント流体を分注する。例えば、領域421および423内に適用されるインプリント流体の液滴420は、ほぼ同一の体積を有する。

【0060】

ステップ(404c)において、インプリントリソグラフィシステムによってインプリント流体420に適用される可撓性テンプレート112は、領域421内により小さい寸法(例えば、より小さい総体積)を伴う陥凹部424と、領域423内により大きい寸法(例えば、より大きい総体積)を伴う陥凹部424とを有する。可撓性テンプレート11

10

20

30

40

50

2が、インプリント流体420、422と接触させられると、各領域421b、423からの流体が、テンプレート112の個別の陥凹部424を充填する。領域423内のインプリント流体に適用される陥凹部424の体積が、領域421内のインプリント流体に適用される陥凹部424のそれよりも大きいため、いったん個別のテンプレート陥凹部424が充填されると、領域423内に残留層183を形成するための流体もまた、基板上にあまり多く残されていないであろう。その結果、インプリント流体420が凝固された後、テンプレート112が除去されると、ステップ(406c)において、ここで、凝固されたパターン化された層180は、領域421内よりも領域423内に薄いRLTを有するであろう。

【0061】

図4Cに図示される技法は、インプリント流体の均一な体積が領域421と423との間で単位面積あたりで使用されることを除いては、図4Aのステップ(402)-(406)に図示されるものと類似する。したがって、領域421と423との間のRLTにおける差異は、より大きい体積のテンプレート陥凹部424が適用される領域423内に、単位面積あたりのインプリント流体のより少ない体積が適用される、図4Aに示すもの未満であり得る。

【0062】

図4Dは、各領域422、423内に異なる寸法を伴う特徴(例えば、陥凹部424)を有するテンプレート112を適用するとき、基板102の領域422および423を横断して均一なRLTを生産するために使用され得る、例示的ステップ(402d)-(406d)を図示する。言い換えると、図4Bに図示される技法は、各領域内に異なる寸法を有する特徴を伴うテンプレート112が基板102に適用されるとき、パターン化された層180の2つの領域421、423を横断して均一なRLTをもたらすであろう。ステップ(402d)において、本分注システムは、インプリント流体の単位面積あたりの体積が領域423において領域421内のそれより大きい、あるパターンでインプリント流体を分注する。例えば、基板の領域423内に適用されるインプリント流体の液滴420は、基板102の領域421内に適用される液滴422よりも大きい。

【0063】

ステップ(404d)において、インプリントリソグラフィシステムによってインプリント流体420、422に適用される可撓性テンプレート112は、領域421内により小さい寸法(例えば、より小さい総体積)を伴う陥凹部424と、領域423内により大きい寸法(例えば、より大きい総体積)を伴う陥凹部424とを有する。可撓性テンプレート112がインプリント流体420、422と接触させられると、各領域421、423からの流体が、テンプレート112の個別の陥凹部424を充填する。各領域421、423内に適用されるインプリント流体420、422の体積は、対応するテンプレート構造を充填しながら、各領域内にほぼ同一のRLTを残すために十分なインプリント流体が各領域内に存在するように、各個別の領域421、423内にパターン化されるであろう、テンプレート特徴(例えば、陥凹部424)の寸法に調節され得る。例えば、領域421内に適用されるインプリント流体の体積は、所望されるRLTのために必要とされる体積+領域421に適用されるであろうテンプレート112の一部の狭小な陥凹部424を充填するために要求される体積に等しいであろう。同様に、領域423内に適用されるインプリント流体の体積は、領域421内のRLTに均等なRLTを達成するために必要とされる体積+領域423に適用されるであろうテンプレート112の一部の幅広い陥凹部424を充填するために要求される体積に等しいであろう。その結果、インプリント流体420、422が凝固された後、テンプレート112が除去されると、ステップ(406d)において、ここで、凝固されたパターン化された層180は、領域421および423を横断して均一なRLTを有するが、異なる寸法を伴う構造428も有するであろう。

【0064】

インプリント流体パターンおよびインプリントリソグラフィテンプレートパターン(例

10

20

30

40

50

えば、特徴の幾何学形状および寸法)におけるいくつかの変形例が、議論されているが、インプリント流体およびテンプレートパターンの多くの付加的な組み合わせもまた、本開示の範囲内であり、構造およびRLTの種々の他のパターンをインプリント流体のパターン化された層内に生産するために使用され得る。

【0065】

図5は、種々の例示的インプリント流体分注パターンを伴う基板の上面図を図示する。最初に、基板500を参照すると、インプリント流体は、基板の所定の領域内に、固定された単位面積あたりの体積に従って分注されることができる。例えば、基板500は、それぞれが異なるインプリント流体分注パターンを図示する、3つの領域502、504、506を含む。各領域502、504、506は、それぞれがインプリント流体の同一の体積を有する、複数のインプリント流体液滴508、510を含む。しかしながら、領域502および506内の液滴508は、領域504内の液滴510よりも少ないインプリント流体の体積を有する。さらに、各領域502、504、506は、インプリント流体液滴の固定された密度を有するが、インプリント流体の単位面積あたりの異なる体積を有する。具体的には、示される実施例では、インプリント流体の単位面積あたりの体積は、各領域における液滴密度および液滴サイズ(または液滴体積)の関数である。したがって、単位面積あたりのインプリント流体の体積は、液滴密度、液滴体積、または両方を変動させることによって、基板の領域間で変動され得る。

10

【0066】

例えば、領域504は、単位面積あたりのインプリント流体の最大の体積を有し、領域506は、単位面積あたりのインプリント流体の最小の体積を有し、領域506は、領域504を下回るが、領域506を上回る、単位面積あたりインプリント流体の体積を有する。領域502と504との間の単位面積あたりのインプリント流体の体積における差異は、液滴体積を変動させることによってインプリント流体パターンを変動させることの実施例である。すなわち、領域502と504との間の単位面積あたりのインプリント流体の体積における差異は、各個別の領域内のインプリント流体液滴508、510の体積によって定義される。例えば、領域502および504の両方は、同一の液滴密度(例えば、単位面積あたりの液滴数)を含有するが、領域504内の液滴510の体積は、領域502内の液滴508を上回る。

20

【0067】

領域502と506との間の単位面積あたりのインプリント流体の体積における差異は、液滴密度を変動させることによってインプリント流体パターンを変動させることの実施例である。すなわち、領域502と506との間の単位面積あたりのインプリント流体の体積における差異は、各個別の領域内のインプリント流体液滴508の密度によって定義される。例えば、領域502および506の両方は、同一の液滴体積を有するインプリント流体液滴508を含有するが、領域506内の液滴508の密度は、領域502内の液滴508の密度を下回る。

30

【0068】

領域504と506との間の単位面積あたりのインプリント流体の体積における差異は、液滴密度および液滴体積の両方を変動させることによって種々のインプリント流体パターンを変動させることの実施例である。すなわち、領域504と506との間の単位面積あたりのインプリント流体の体積における差異は、各個別の領域内のインプリント流体液滴508、510の体積および液滴508、510の密度の両方における変動によって定義される。例えば、領域504内の液滴510は、領域506内の液滴508よりもより大きい体積を有し、かつそれよりもより高密度のパターンで適用されることの両方が該当する。

40

【0069】

基板525を参照すると、インプリント流体は、基板の所定の領域内の単位面積あたりの種々の体積に従って分注されることができる。例えば、基板525は、それぞれが異なるインプリント流体分注パターンを図示する、2つの領域530および532を含む。各

50

領域 530、532 は、複数のインプリント流体液滴 534、536、538 を含む。領域 530 は、単位面積あたりのインプリント流体の固定された体積（領域 502 に類似する）を有し、領域 532 は、単位面積あたりのインプリント流体の種々の体積を有する。例えば、領域 532 は、矢印 540 の方向に減少する体積勾配を形成する、単位面積あたりのインプリント流体体積を有する。勾配は、領域内の液滴の体積、領域内の液滴の密度、または両方を変動させることによって形成されることができる。具体的には、領域 532 は、液滴体積および液滴密度の両方を変動させることによって単位面積あたりのインプリント流体体積を変動させることの実施例である。示されるように、インプリント流体液滴の連続する列は、体積および密度の両方を矢印 540 の方向に減少させる。そのようなパターンは、パターン化された層内の RLT 内に連続的または近連続的な勾配を作成するために使用されることができる。

10

【0070】

基板 575 は、回折パターンの回折効率出力マップ 550 に対応するインプリント流体分注パターンの実施例を図示する。基板 575 のより明るい部分 580 は、より大きい体積インプリント流体液滴を表し、より暗い部分 582 は、より小さい体積インプリント流体液滴を表す。基板 575 上に分注される単位面積あたりのインプリント流体の体積は、回折効率マップ 550 に従って変動する。回折効率マップ 550 は、例えば、均一な RLT を有するインプリントリソグラフィ回折パターンから生成されることができる。基板 575 上のインプリント流体分注パターンは、基板 575 上の分注パターン化によって生産されるインプリントリソグラフィ回折パターンで生産される RLT における変動が、均一な RLT 回折パターンから生産される回折パターンにおける非効率性を補償するように生成されることができる。例えば、RLT 変動は、均一な RLT 回折パターンの色および/または輝度分布における不均一性を補償する、対応するインプリント流体分注パターンから生産されることができる。

20

【0071】

図 6 および 7 は、インプリント流体内に可変の RLT パターンを生産するために使用され得る、いくつかの例示的インプリントリソグラフィテンプレート設計を図示する。テンプレートは、マスタテンプレートまたはサブマスタテンプレートであり得る。マスタテンプレートは、概して、表面内に新しい特徴設計を伴って生産される、第 1 のテンプレートである。マスタテンプレートは、例えば、電子ビームリソグラフィによって生産されることができる。サブマスタテンプレートは、概して、マスタテンプレートの複製または近複製である。サブマスタテンプレートは、上記に説明されるプロセス 400 等のインプリントリソグラフィおよびエッチングプロセスから生産されることができる。より具体的には、いくつかの実装では、プロセス 400 は、均一なエッチング深度特徴を有するマスタテンプレートから可変のエッチング深度特徴を有する、サブマスタテンプレートを生産するために使用されることができる。

30

【0072】

例えば、図 6 を参照すると、図 4A およびプロセス 400 を参照して説明されたテンプレート 112 は、マスタテンプレートであり得る。示されるように、テンプレート 112 は、均一な深度を有する複数の特徴（陥凹部 424）を含む。テンプレート 112 は、種々の RLT を伴う残留層 182 を有するパターン化された層 180 を作成するために、（上記に議論される）プロセス 400 において使用されることができる。いくつかの実装では、プロセス 400 は、マスタテンプレート 112 から、種々のエッチング深度を伴う特徴 624a、624b を有するサブマスタテンプレート 612 を作成するために使用されることができる。すなわち、プロセス 400 が（例えば、ステップ（416）において）完了すると、図 4A に示されるエッチングされた基板 102 は、（テンプレート 612 として図 6 に図示される）完成されたサブマスタテンプレートとなり得る。プロセス 400 は、次いで、例えば、パターン化された層 680 等のパターン化された層内により複雑な構造的な幾何学形状およびパターンを形成するために、サブマスタテンプレート 612 を使用して繰り返されてもよい。

40

50

【 0 0 7 3 】

例えば、インプリントリソグラフィ分注システムは、インプリント流体を新しい基板 6 0 2 に適用するために使用されることができる。基板 6 0 2 上に分注されるインプリント流体の体積は、種々の体積内にインプリント流体の液滴 6 2 0、6 2 2 を適用することによって変動されることができる。例えば、分注システムは、基板のある領域 6 2 1 内に小さい液滴 6 2 0 を適用し、基板 6 0 2 の別の領域 6 2 3 内により大きい液滴 6 2 2 を適用することができる。テンプレート 6 1 2 は、パターン化された層 6 8 0 を形成するためにインプリント流体に適用され、硬化剤も、パターン化された層 6 8 0 を凝固させるためにインプリント流体に適用されることができる（例えば、ステップ（4 0 4）参照）。テンプレート 6 1 2 における種々のエッチング深度特徴 6 2 4 a、6 2 4 b と、種々のインプリント流体分注体積との組み合わせは、種々の R L T を伴う残留層 6 8 2 と、種々の高さの構造 6 8 4、6 8 6、6 8 8 との両方を有するパターン化された層を生産するために使用されてもよい。所望される場合、パターン化された層 6 8 0 および基板 6 0 2 は、パターン化された層 6 8 0 上のパターンを基板 6 0 2 に転写するように（例えば、ステップ（4 0 8） - （4 1 6）を参照して説明されるように）エッチングされることができる。

10

【 0 0 7 4 】

いくつかの実装では、種々のエッチング深度特徴 6 2 4 a、6 2 4 b を有するサブマスタテンプレートが使用されると、インプリント流体の均一な体積が適用されるときでさえ、種々の R L T が、パターン化された層内に作成されることができる。例えば、インプリントリソグラフィシステムは、インプリント流体を均一な体積を伴う新しい基板 6 0 2 に適用することができる。したがって、液滴 6 2 0 および 6 2 2 の体積および密度は、インプリントシステムの公差内で均一であり得る。テンプレート 6 1 2 をパターン化された層 6 8 0 を形成するためにインプリント流体に適用することは、テンプレート内の特徴の寸法に従って変動する R L T を有する残留層を生産し得る。例えば、残留層は、より深いエッチング深度を伴う特徴等のテンプレート内の特徴の体積に従って変動する R L T を有する。

20

【 0 0 7 5 】

いくつかの実装では、本明細書に説明される技法は、階段形状プロファイル等の種々の特徴形状プロファイルを伴う特徴を含む、サブマスタテンプレートを加工するために使用されることができる。いくつかの実装では、本明細書に説明される技法を使用して加工されるサブマスタテンプレートは、パターン化された基板の大量生産のためのテンプレートとして使用されることができる。

30

【 0 0 7 6 】

図 7 は、本開示の実装による、可変の R L T パターンおよび可変のエッチング深度パターンを加工するための例示的方法 7 0 0 のフローチャートを示す。プロセス 7 0 0 は、論理フロー図に配列される、参照された行為の集合として図示される。行為が説明される順序は、限定として解釈されることを意図せず、任意の数の説明される行為が、プロセスを実装するように、他の順序で、および/または並行して組み合わせられ得る。

【 0 0 7 7 】

インプリント流体が、所定のパターンに従って基板上に分注される（7 0 2）。例えば、インプリントリソグラフィ分注システムは、インプリント流体を基板に適用するために使用されることができる。インプリント流体は、不均一なパターンに従って基板の表面に適用されることができる。例えば、インプリント流体は、インプリント流体の単位面積あたりの平均体積が所定のパターンに従って基板を横断して変動するように適用されることができる。そのうえ、単位面積あたりのインプリント流体の平均体積は、上記に議論されるようないくつかの異なる技法に従って変動されることができる。

40

【 0 0 7 8 】

インプリントリソグラフィテンプレートの表面が、インプリント流体と接触させられる（7 0 4）。例えば、インプリントリソグラフィシステムは、インプリント流体に接触するように、テンプレートを流体にわたって重ね、テンプレートと基板との間の距離を低減

50

させることによって、インプリントリソグラフィテンプレートをインプリント流体上に押し付けることができる。テンプレートと基板との間の距離は、インプリント流体の所望される量がテンプレート内のパターン化された陥凹部の中に流動することを可能にする、所望される距離が達成されるまで、さらに低減されることことができる。

【 0 0 7 9 】

インプリント流体が、パターン化された層に凝固される(706)。インプリントリソグラフィシステムは、インプリント流体を硬化剤に暴露することによってインプリント流体をパターン化された層に凝固させることができる。例えば、テンプレートと基板との間の所望される距離が到達された後、インプリント流体は、インプリント流体を硬化剤に暴露することによって凝固されることができ。硬化剤は、エネルギー源、例えば、インプリント流体を重合および架橋結合させることによって凝固させるUVエネルギー源であり得る。

10

【 0 0 8 0 】

パターン化された層および基板が、随意にエッチングされる(708)。例えば、パターン化された層が凝固され、テンプレートが除去された後、パターン化された層および基板が、エッチングされることができ。例示的エッチングプロセスは、限定ではないが、湿式エッチングプロセス、プラズマエッチングプロセス、乾式エッチングプロセス、およびイオンビームエッチング/ミリングプロセスを含む。エッチングプロセスは、パターン化された層および下層の基板が、同一率(例えば、1:1のエッチング選択比)でエッチングされるような、均一なエッチング率プロセスであり得る。いくつかの実装では、パターン化されたレジスト層および基板のエッチング選択性は、パターン化された層(例えば、レジスト)および基板の不均一なエッチング率を達成するように調整されることができ。例えば、パターン化されたレジスト層および基板のエッチング選択性は、1:1~1:3までのパターン化された層(例えば、レジスト)の基板に対するエッチング選択比を達成するように調整されることができ。

20

【 0 0 8 1 】

基板内に種々のエッチング深度を伴う、厚さおよび特徴を変動させる残留層を有するインプリント層内のマイクロパターンおよびナノパターンは、光学デバイスにおける使用のための回折パターンを作成するために使用されることができ。例えば、マイクロパターンおよびナノパターンを含む回折パターンは、光導波管において使用される回折レンズまたは光結合器等のデバイスのためのより効率的な光学回折パターンを提供し得る。

30

【 0 0 8 2 】

図8A-8Bは、非対称構造が使用される例示的デバイスを示す。図8Aは、例示的光学システム800の斜視図を示す。光学システム800は、例えば、一对の仮想現実または拡張現実グラスとして図示される、光学投影システムである。例示的光学システムは、システム800のレンズ804上に画像を投影するための回折レンズおよび結合器を含み得る。システム800は、(例えば、プロセッサから)画像を表すデータを受信し、画像をシステム800のレンズ804上の領域802の上に投影することができる。故に、ユーザは、レンズ804を通して可視である場面上にオーバーレイされたものとして、領域802内に投影された画像を両方とも視認することができる。他の例示的投影システムは、限定ではないが、ビデオプロジェクタ、モバイルビデオプロジェクタ、ヘッドアップディスプレイ(例えば、車両用ヘッドアップディスプレイ)、顕微鏡、望遠鏡、および他の光学デバイスを含み得る。他の例示的光学システム900では、非対称構造は、反射偏光子フィルム(例えば、GLADワイヤグリッド偏光子)内で使用されることができ。例えば、非対称構造は、スマートフォン、LCDモニタ、LCDテレビ、タブレットコンピュータ等において使用されるもの等のLCDディスプレイシステムのための反射偏光フィルム内で使用されることができ。

40

【 0 0 8 3 】

図8Bは、ユーザの眼の正面に位置付けられることができる、レンズ852内に画像を投影するための導波管850の上面図を示す。例えば、導波管850は、ユーザに拡張現

50

実画像を提供するための一対のガラス 8 5 4 に取り付けられることができる。導波管 8 5 0 は、プロセッサから画像データを受信し、導波管 8 5 0 のレンズ 8 5 2 内に画像を投影する。

【 0 0 8 4 】

投影システム 8 0 0 内の回折レンズおよび光結合器および導波管 8 5 0 は、（上記に開示されるような）種々の特徴エッチング深度を有する種々の R L T またはパターン化された基板を有する、インプリント流体のパターン化された層から加工される回折パターンを含むことができる。種々の R L T またはエッチング深度を伴う回折パターンが使用され、そのようなレンズおよび光結合器の回折効率を改良することができる。例えば、改良された回折効率は、ユーザに、より明るく、より可視的な画像をもたらす得る。改良された回折効率はまた、拡張現実および他の光学システムのためのエネルギー節約をもたらす得る。

10

【 0 0 8 5 】

回折パターンが、光学システムを参照して説明されるが、本開示の実装は、可視光のための回折パターンに限定されないことを理解されたい。代わりに、本明細書に説明されるパターン化された層、およびエッチングされた基板、およびそれを加工するためのプロセスが、加工される構造の特徴に対応する波長を有する、種々の電磁波のための回折パターンを生成するために使用されることができる。例えば、本明細書に説明されるパターン化された層およびエッチングされた基板は、赤外線（ I R ）波長から紫外線（ U V ）波長、および潜在的には X 線にまで及ぶ、電磁波のための回折パターンで機能的であり得る。

20

【 0 0 8 6 】

いくつかの実施例が、例証の目的のために説明されているが、前述の説明は、添付の請求項の範囲によって定義される、本発明の範囲を限定することを意図していない。以下の請求項の範囲内の他の実施例および修正も存在し、存在するであろう。

【 図 1 】

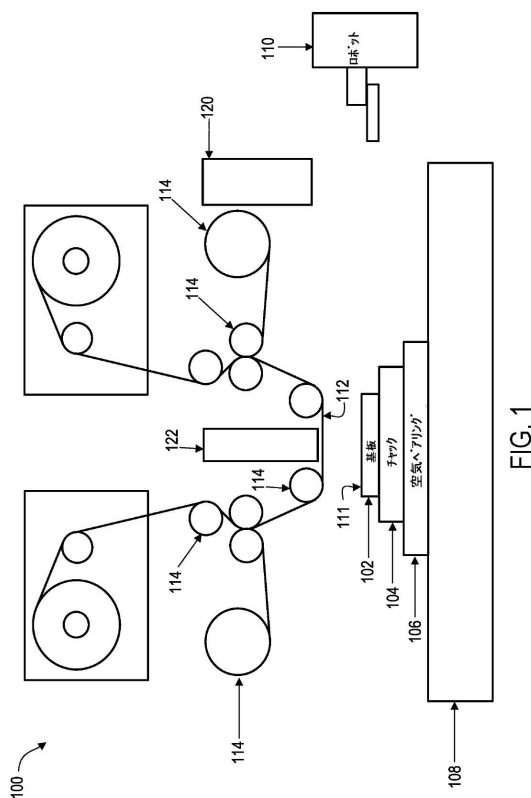


FIG. 1

【 図 2 】

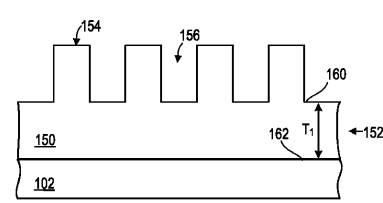


FIG. 2

【 図 3 】

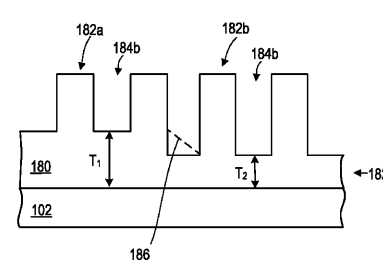


FIG. 3

【 4 A 】

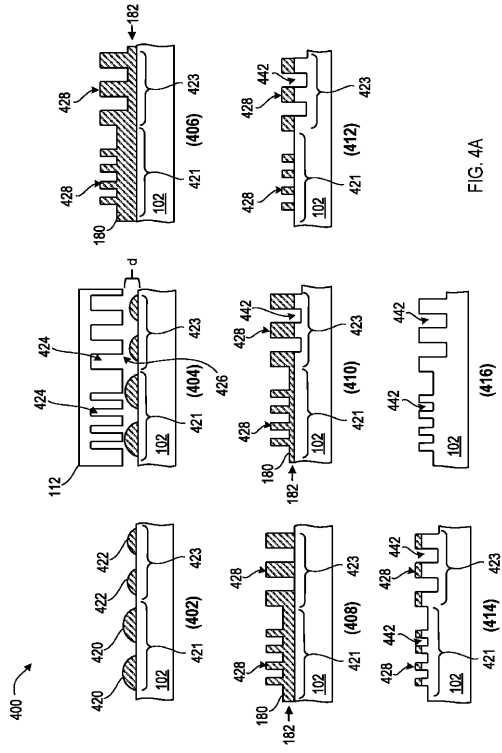


FIG. 4A

【 4 B 】

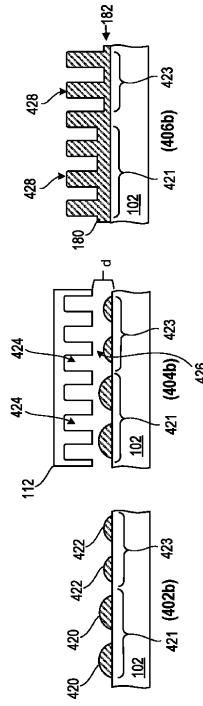


FIG. 4B

【 4 C 】

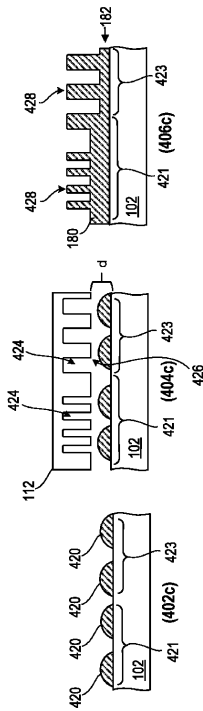


FIG. 4C

【 4 D 】

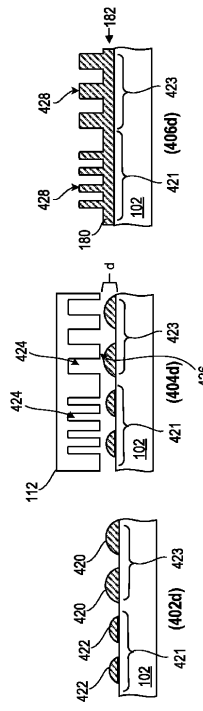


FIG. 4D

【 図 5 】

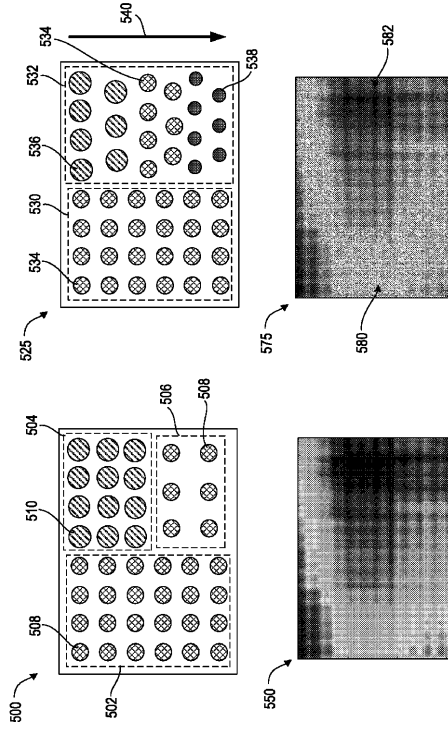


FIG. 5

【 図 6 】

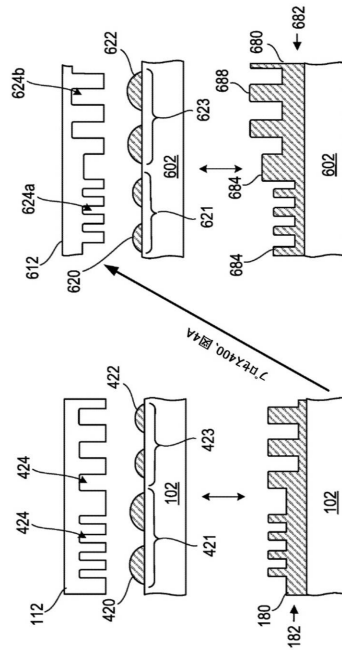


FIG. 6

【 図 7 】

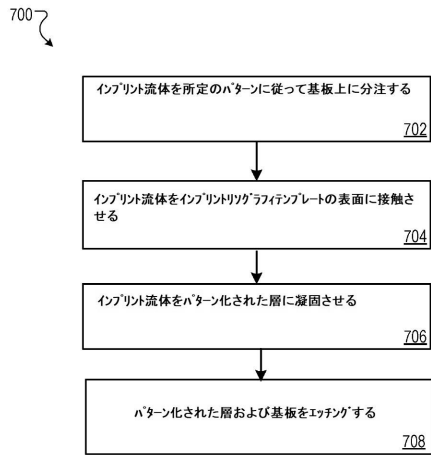


FIG. 7

【 図 8 A 】

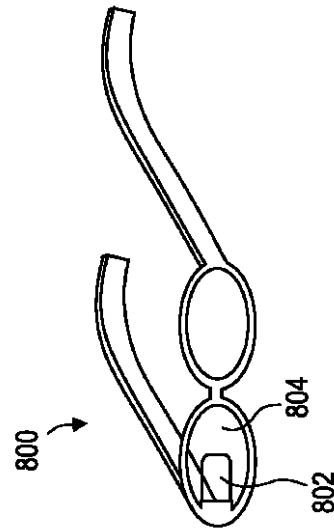


FIG. 8A

【 8 B 】

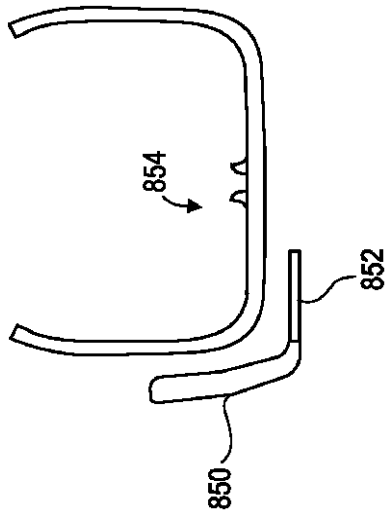


FIG. 8B

フロントページの続き

- (74)代理人 100181641
弁理士 石川 大輔
- (74)代理人 230113332
弁護士 山本 健策
- (72)発明者 シン, ビクラムジット
アメリカ合衆国 フロリダ 33322, プランテーション, ダブリュー. サンライズ
ールバード 7500
- (72)発明者 ルオ, カン
アメリカ合衆国 フロリダ 33322, プランテーション, ダブリュー. サンライズ
ールバード 7500
- (72)発明者 ミラー, マイケル ネビン
アメリカ合衆国 フロリダ 33322, プランテーション, ダブリュー. サンライズ
ールバード 7500
- (72)発明者 ヤン, シューチャン
アメリカ合衆国 フロリダ 33322, プランテーション, ダブリュー. サンライズ
ールバード 7500
- (72)発明者 シュー, フランク ワイ.
アメリカ合衆国 フロリダ 33322, プランテーション, ダブリュー. サンライズ
ールバード 7500

審査官 今井 彰

- (56)参考文献 特開2015-182278(JP,A)
特開2007-328096(JP,A)
特開2016-058701(JP,A)
特開平02-070412(JP,A)
特表2012-506635(JP,A)
特開2005-150335(JP,A)
特開2009-053271(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 21/027、21/30
B29C 59/02